e-UT 07.01.13:20xx

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

KÖZÚTI HIDAK TERVEZÉSE (KHT 3.). ACÉLHIDAK

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

ÚTÜGYI MŰSZAKI ELŐÍRÁS

Az útügyi műszaki előírások kidolgozására, kiadására és közzétételére vonatkozó szabályokról szóló 16/2017. (V. 25.) NFM rendelet 7. § (1) bekezdésében kapott felhatalmazás alapján az **Útügyi Műszaki Szabályozási Bizottság a xx/202x. (xx. x.) ÚB számú határozattal** a Koordináló szerv által előkészített,

KÖZÚTI HIDAK TERVEZÉSE (KHT 3.). ACÉLHIDAK című,
e-UT 07.01.13 számú

útügyi műszaki előírást elfogadta.

Ez az útügyi műszaki előírás **202x. xx 15-én** lép hatályba.

Az e-UT 07.01.13:202x Közúti hidak tervezése (KHT 3.). Acélhidak című útügyi műszaki előírás hatálybalépésével egyidejűleg az

- *e-UT 07.01.13:2011 Acélhidak. Közúti hidak tervezése (KHT) 3.*

*című útügyi műszaki előírás hatályát veszti azzal, hogy az e-UT 07.01.13:202x számú útügyi műszaki előírás hatálybalépését megelőzően a közút építtetője vagy kezelője által megkötött szerződések esetében **203x. xxx 15-ig** alkalmazhatóak. Az alkalmazás feltétele a közút építtetőjének vagy kezelőjének erre irányuló nyilatkozata, amit a vonatkozó dokumentumokban meg kell hivatkozni.*

Koordináló szerv: Magyar Közút Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

TARTALOM

1. AZ ELŐÍRÁS TÁRGYA, HATÁLYA ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETE ... 8
2. JELÖLÉSEK, SZAKKIFEJEZÉSEK ÉS MEGHATÁROZÁSUK ... 9
2.1. Jelölések ... 9
2.1.1. Általánosan használt jelölések ... 9
2.1.2. Jelölések a 4. fejezethez ... 11
2.1.3. Jelölések az 5. fejezethez ... 11
2.1.4. Jelölések a 6. fejezethez ... 11
2.1.5. Jelölések a 7. fejezethez ... 12
2.1.6. Jelölések a 8. fejezethez ... 13
2.1.7. Jelölések a 9. fejezethez ... 14
2.2. Szakkifejezések és meghatározásuk ... 15
2.2.1. Általánosan használt fogalmak ... 15
2.2.2. Fogalmak az 5. fejezethez ... 15
2.2.3. Fogalmak a 6. fejezethez ... 16
2.2.4. Fogalmak a 8. fejezethez ... 17
2.2.5. Fogalmak a 9. fejezethez ... 19
3. ÁLTALÁNOS ELŐÍRÁSOK ... 20
4. ANYAGOK ... 21
4.1. Általános elvek ... 21
4.2. Szerkezeti acél ... 25
4.2.1. Anyagjellemzők ... 25
4.2.2. Duktilitási követelmények ... 25
4.2.3. Törési szívósság ... 26
4.2.4. Keresztirányú jellemzők ... 29
4.2.5. Tűrések ... 32
4.2.6. Az anyagállandók tervezési értékei ... 32
4.3. Kapcsolóelemek ... 32
4.3.1. Mechanikus kötőelemek ... 32
4.3.2. Hegesztőanyagok ... 33
4.4. Kábelek és egyéb húzott elemek ... 33
4.5. Saruk és dilatációk ... 36
4.6. Egyéb hídtartozékok ... 36
4.7. Tartósság ... 36
4.8. Numerikus modellben alkalmazandó anyagmodellek ... 36
5. ERŐTANI VIZSGÁLAT ... 38
5.1. A tartószerkezet modellezése az erőtani vizsgálathoz ... 38
5.1.1. A tartószerkezet modellezése, alapfeltevések ... 38
5.1.2. Csomópontok modellezése ... 38
5.1.3. A tartószerkezet és a talaj kölcsönhatása ... 38
5.1.4. Lemezes szerkezetek modellezése ... 38
5.1.5. Hibrid tartók ... 39
5.2. Globális erőtani vizsgálat ... 39
5.2.1. A tartószerkezet megváltozott alakjának hatásai ... 39
5.2.2. Keretek stabilitása ... 40
5.3. Imperfekciók ... 41
5.3.1. Alapelvek ... 41

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

5.3.2. Imperfekciók globális erőtani vizsgálathoz ... 41
5.3.3. Imperfekciók merevítőrendszerek erőtani vizsgálatához ... 45
5.3.4. Rúdelemek imperfekciói ... 47
5.3.5. Lemezes szerkezetek imperfekciói ... 47
5.4. Anyagi nemlinearitásokat figyelembe vevő erőtani vizsgálati módszerek ... 49
5.4.1. Általános elvek ... 49
5.4.2. Rugalmas globális erőtani vizsgálat ... 49
5.4.3. Földrengésvizsgálat ... 49
5.5. Keresztmetszetek osztályozása ... 49
5.5.1. Alapelvek ... 49
5.5.2. Osztályba sorolás ... 50
5.6. Nyírási torzulás figyelembevétele ... 54
5.6.1. Általános előírások ... 54
5.6.3. A nyírási torzulás hatásai teherbírási határállapotban ... 58
6. SZERKEZETI ELEMEK ELLENÁLLÁSA ... 59
6.1. Általános elvek ... 59
6.2. Keresztmetszetek ellenállása ... 59
6.2.1. Általános elvek ... 59
6.2.2. Keresztmetszeti jellemzők ... 61
6.2.3. Hatékony keresztmetszetek módszere a normálfeszültségek hatására bekövetkező lemezhorpadás vizsgálatára teherbírási határállapotban ... 63
6.2.4. Hatékony keresztmetszetek módszere a normálfeszültségek hatására bekövetkező lemezhorpadás vizsgálatára használhatósági határállapotban ... 81
6.2.5. Húzás ... 82
6.2.6. Nyomás ... 83
6.2.7. Hajlítónyomaték ... 84
6.2.8. Nyírás ... 86
6.2.9. Csavarás ... 88
6.2.10. Hajlítás, normálerő, nyírás és keresztirányú erők ... 89
6.2.11. Hajlítás és nyírás ... 89
6.2.12. Hajlítás és normálerő ... 90
6.2.13. Hajlítás, nyírás és normálerő ... 92
6.3. Rúdelemek stabilitási ellenállása ... 93
6.3.1. Állandó keresztmetszetű nyomott rúdelemek ... 93
6.3.2. Állandó keresztmetszetű hajlított rúdelemek ... 107
6.3.3. Szerkezeti komponensek egyszerűsített kifordulásvizsgálata ... 114
6.3.4. Állandó keresztmetszetű hajlított és nyomott rúdelemek ... 118
6.3.5. Általános módszer a szerkezeti komponensek kihajlásának és kifordulásának vizsgálatára ... 121
6.4. Osztott szelvényű nyomott rúdelemek ... 123
6.4.1. Általános előírások ... 123
6.4.2. Rácsozott nyomott rúdelemek ... 125
6.4.3. Hevederezett nyomott rúdelemek ... 127
6.4.4. Szorosan kapcsolt nyomott rúdelemek ... 129
6.5. Lemezhorpadási jelenségek vizsgálata ... 130
6.5.1. Nyírási horpadással szembeni ellenállás ... 130
6.5.2. Keresztirányú erőkkel szembeni ellenállás ... 137
6.5.3. Kölcsönhatás ... 140
6.5.4. A redukált feszültségek módszere összetett feszültségek hatására bekövetkező lemezhorpadás vizsgálatára teherbírási határállapotban ... 141
6.5.5. Gerinchorpadás az övlemez kihajlása következtében ... 145

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

7. KAPCSOLATOK ELLENÁLLÁSA ... 146
7.1. Csavarozott, szegecselt és csapos kapcsolatok ... 146
7.1.1. Csavarozott és szegecselt kapcsolatok típusai ... 146
7.1.2. Csavar- és furatméretek ... 147
7.1.3. Csavar- és szegecslyukak helye ... 147
7.1.4. Egy kötőelem tervezési ellenállása ... 149
7.1.5. Csoportos kötőelemek ... 155
7.1.6. Hosszú kapcsolatok ... 155
7.1.7. Hibrid kapcsolatok ... 155
7.1.8. Lyukgyengítések ... 155
7.1.9. Emelőerők ... 156
7.1.10. Erők megoszlása a kötőelemek között teherbírási határállapotban ... 156
7.1.11. Csapos kapcsolatok ... 157
7.2. Hegesztett kapcsolatok ... 159
7.2.1. Geometria és méretek ... 159
7.2.2. Sarokvarratok tervezési ellenállása ... 159
7.2.3. Körbevezetett sarokvarrat tervezési ellenállása ... 161
7.2.4. Tompavarratok tervezési ellenállása ... 161
7.2.5. Az erők megoszlása ... 161
7.2.6. Bekötések merevítetlen övekhez ... 161
7.2.7. Hosszú csomópontok ... 163
7.2.8. Külpontosan terhelt egyoldali sarokvarratok vagy egyoldali részleges beolvadású tompavarratok ... 163
7.2.9. Egyik száránál kapcsolt szögacél ... 163
7.2.10. Hegesztés hidegalakítási zónában ... 164
7.3. Kapcsolatok erőtani számítása, osztályozása és modellezése ... 164
7.3.1. Globális erőtani számítás ... 164
7.3.2. Csomópontok osztályozása ... 166
7.3.3. Oszlop-gerenda csomópontok modellezése ... 168
7.4. H és I szelvények szerkezeti csomópontjainak vizsgálata ... 168
7.5. Zárt szelvények szerkezeti csomópontjainak vizsgálata ... 168
8. FÁRADÁSVIZSGÁLAT ... 169
8.1. Általános elvek ... 169
8.2. Vizsgálandó elemek és részletek ... 169
8.3. Fáradásvizsgálati módszerek ... 170
8.4. Biztonsági és egyéb tényezők ... 171
8.5. Fárasztóterhek ... 171
8.6. Fárasztóhatásokból származó feszültségtartomány ... 171
8.6.1. Általános elvek ... 171
8.6.2. Névleges feszültségtartomány ... 173
8.6.3. Geometriai feszültségtartomány ... 175
8.7. Feszültségek számítása ... 176
8.7.1. Káregyenértékű feszültségek ... 176
8.7.2. A λ egyenértékű károsodási tényező közúti hidakra ... 177
8.7.3. A λ egyenértékű károsodási tényező vasúti hidakra ... 181
8.8. Fáradási szilárdság ... 184
8.9. A fáradás ellenőrzése ... 200
8.9.1. Normál- és nyírófeszültségekre ... 201
8.9.2. Egyidejű normál- és nyírófeszültségekre ... 201

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

9. FÜGGESZTŐ- ÉS FESZÍTŐRUDAK, KÁBELEK ... 202
9.1. Általános elvek ... 202
9.2. A tervezés alapjai ... 202
9.2.1. Általános elvek ... 202
9.2.2. Követelmények ... 203
9.2.3. Hatások ... 203
9.2.4. Tervezési állapotok és parciális tényezők ... 205
9.3. Anyagok ... 206
9.4. A huzalok, kötelek és pászmák tartóssága ... 206
9.4.1. Általános elvek ... 206
9.4.2. A kapcsolatok környezetének korrózióvédelme ... 206
9.5. Erőtani vizsgálat ... 206
9.5.1. Általános elvek ... 206
9.5.2. Az építés közbeni körülményeket leíró ideiglenes tervezési állapot ... 206
9.5.3. Működési körülményeket leíró tartós tervezési állapotok ... 207
9.5.4. Alakváltozásokból származó nemlineáris hatások ... 207
9.6. Teherbírási határállapotok ... 208
9.6.1. Húzott rudas rendszerek ... 208
9.6.2. Feszítőrudak, valamint B és C osztályú elemek ... 208
9.6.3. Nyergek ... 209
9.6.4. Szorítóelemek ... 212
9.6.5. Kábellehorgonyzások ... 213
9.7. Használhatósági határállapotok ... 213
9.7.1. Használhatósági kritériumok ... 213
9.7.2. Feszültségkorlátok ... 213
9.8. A kábelek rezgése ... 214
9.8.1. Általános elvek ... 214
9.8.2. Kábelrezgést csökkentő intézkedések ... 214
9.8.3. Kockázatbecslés ... 214
9.9. Fáradás ... 215
9.9.1. Általános elvek ... 215
9.9.2. Váltakozó húzóerők ... 215
10. HASZNÁLHATÓSÁGI HATÁRÁLLAPOTOK VIZSGÁLATA ... 216
10.1. Általános szabályok ... 216
10.2. Számítási módszerek ... 216
10.3. A feszültségek korlátozása ... 216
10.4. A gerinclélegzés korlátozása ... 217
10.5. A tervezett alak biztosítása ... 218
10.6. A szél hatásával kapcsolatos használati követelmények ... 218
10.7. Vízelvezetés ... 218
11. SZERKESZTÉSI SZABÁLYOK ... 219
11.1. Általános szerkesztési szabályok ... 219
11.1.1. A kivitelezés és fenntartás szempontjaival kapcsolatos előírások ... 219
11.1.2. A korrózió elleni védelem szerkesztési szabályai ... 219
11.1.3. Alkalmazható szelvényméretek korlátozása ... 220
11.1.4. Hegesztett szerkezetek kialakításának általános szabályai ... 220
11.2. Tartószerkezetek részletes szerkesztési szabályai ... 220

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

11.2.1. Gerinclemezes hajlított tartók és kötéseik ... 220
11.2.2. Rácsos tartók és kötéseik ... 221
11.2.3. Ortotrop lemezes szerkezetek ... 222
11.3. Szerkezeti elemek és kötések ... 231
11.3.1. Övlemezek ... 231
11.3.2. Gerinclemezek ... 233
11.3.3. Merevítések ... 233
11.3.4. Csomólemezek ... 235
11.3.5. Illesztések ... 235
11.3.6. Hegesztett kötések ... 237
11.3.7. Feszített csavarkötések ... 238
11.3.8. Illesztőcsavaros kötések ... 239
11.3.9. Normál csavaros és szegecselt kötések ... 239
11.4. Tűzihorganyzott elemek konstrukciós elvei ... 239
12. KÍSÉRLETTEL SEGÍTETT TERVEZÉS ... 242
A szövegben említett és kapcsolódó magyar nemzeti szabványok, útügyi műszaki előírások és jogszabályok ... 254
Szakirodalmi hivatkozások ... 259

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

1. AZ ELŐÍRÁS TÁRGYA, HATÁLYA ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETE

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

2. JELÖLÉSEK, SZAKKIFEJEZÉSEK ÉS MEGHATÁROZÁSUK

2.1. Jelölések

2.1.1. Általánosan használt jelölések

2.1.1.1. Latin nagybetűk

F_{cr}, N_{cr} – a megfelelő stabilitásvesztési módhoz tartozó, a teljes keresztmetszet jellemzői alapján számított rugalmas kritikus erő,

L – a rúdelem hossza,

L_{cr} – kihajlási hossz.

2.1.1.2. Latin kisbetűk

f_u – acél alapanyag szakítószilárdsága,

f_y – acél alapanyag folyáshatára,

h_w – egy gerinclemez párhuzamos részének magassága övlemezek között,

r – a gerincnyak lekerekítési sugara,

t – vastagság,

t_f – övvastagság,

t_w – gerincvastagság,

$x-x$ – a rúdelem hossztengelye,

$y-y$ – a keresztmetszet egy tengelye *(2.1. ábra)*,

$z-z$ – a keresztmetszet egy tengelye (2.1. ábra).

2.1.1.3. Görög kisbetűk

α_{cr} – az a szorzótényező, amellyel a terhek tervezési értékét meg kellene növelni ahhoz, hogy azok rugalmas stabilitásvesztést okozzanak,

$\alpha_{\mathrm{ult},k}$ – az a minimális növelőtényező, amellyel a terhek tervezési értékét megszorozva a mértékadó keresztmetszet igénybevétele eléri az ellenállás karakterisztikus értékét, nem számítva a síkra merőleges kihajlást és kifordulást, de figyelembe véve a síkbeli viselkedést, beleértve a keretsíkban fellépő deformációk, és ha szükséges, a globális és lokális imperfekciók hatásait,

ε – folyáshatártól függő tényező,

$\bar{\lambda}$ – viszonyított karcsúság,

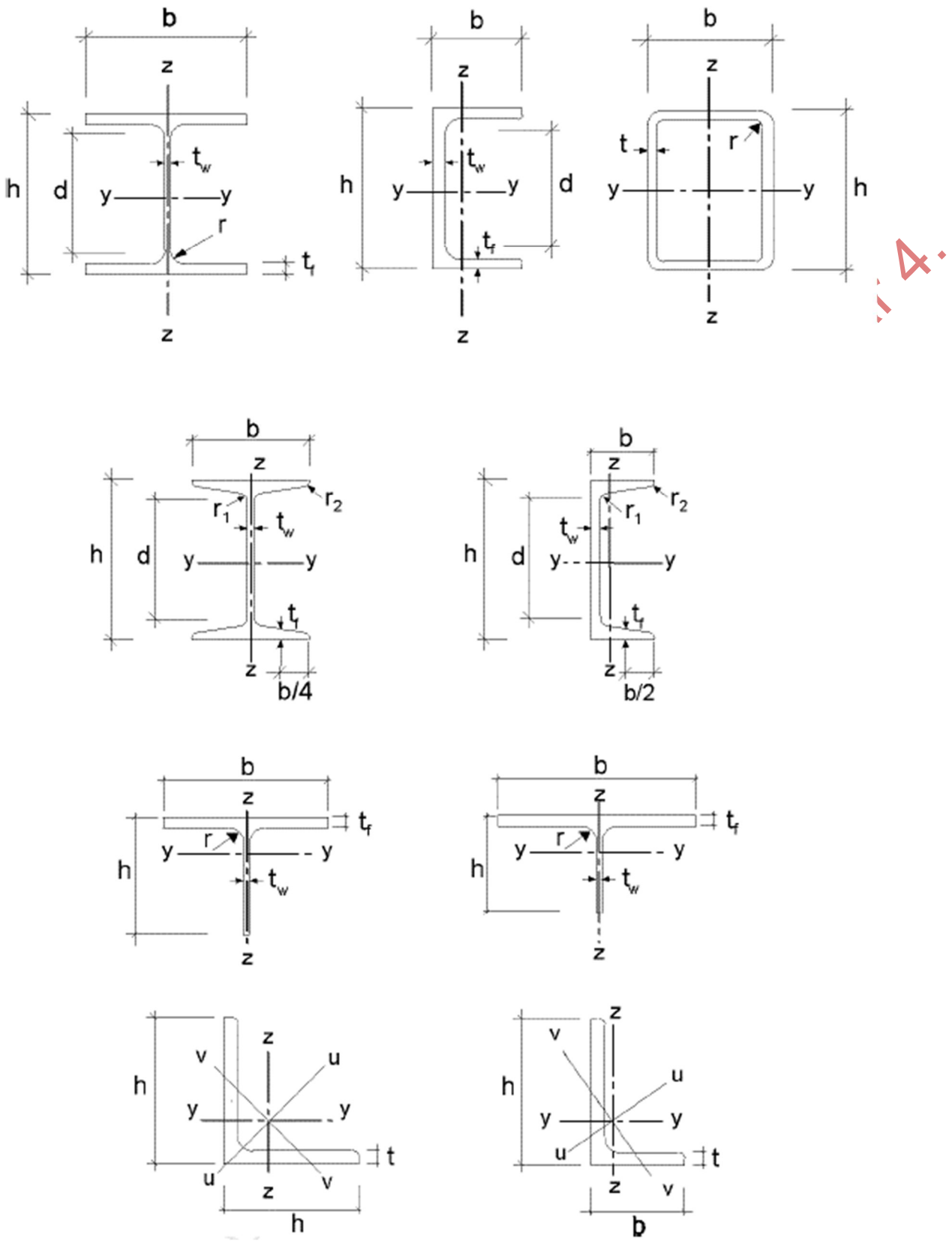
λ_1 – karcsúság a viszonyított karcsúság meghatározásához,

σ_{com,E_d} – egy elem maximális nyomófeszültségének tervezési értéke,

χ – a vonatkozó kihajlási görbe szerinti csökkentő tényező,

ψ – a feszültségek vagy fajlagos alakváltozások aránya.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



2.1. ábra – Szelvények méretei és tengelyei
(Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 1.1. ábrájával)

2.1.2. Jelölések a 4. fejezethez

2.1.2.1. Latin nagybetűk

A_0 – eredeti keresztmetszeti terület,

R_{eH} – a termékszabvány szerinti folyáshatár,

R_m – a termékszabvány szerinti szakítószilárdság,

Z_{Ed} – a szükséges Z-érték tervezési értéke, amely a hegesztési varrat alatti gátolt fémzsugorodásból származó alakváltozások nagyságából határozható meg,

Z_{Rd} – a rendelkezésre álló Z-érték tervezési értéke.

2.1.2.2. Görög kisbetűk

ε_u – a szakítószilárdsághoz tartozó alakváltozás,

ε_y – a folyáshoz tartozó fajlagos alakváltozás.

2.1.3. Jelölések az 5. fejezethez

2.1.3.1. Latin kisbetű

c – egy keresztmetszet egy alkotólemezének magassága vagy szélessége.

2.1.3.2. Görög kisbetűk

α – egy keresztmetszet egy alkotólemezének nyomott része,

β – a hatékony szélesség tényezője a rugalmas nyírási torzulás („shear lag”) hatásának számítására.

2.1.4. Jelölések a 6. fejezethez

2.1.4.1. Latin nagybetűk

A – keresztmetszeti terület,

A_{eff} – egy keresztmetszet hatékony területe,

I – egy keresztmetszet másodrendű nyomatéka, inercianyomaték,

M_{cr} – a kifordoláshoz tartozó rugalmas kritikus nyomaték,

$W_{\mathrm{eff,min}}$ – minimális hatékony keresztmetszeti tényező,

$W_{el,\mathrm{min}}$ – minimális rugalmas keresztmetszeti tényező,

W_{pl} – képlékeny keresztmetszeti tényező.

2.1.4.2. Latin kisbetűk

a – a merevített vagy merevítetlen lemez hossza,

b – a merevített vagy merevítetlen lemez szélessége,

b_{eff} – a hatékony szélesség a rugalmas nyírási torzulás („shear lag”) és/vagy a rugalmas lemezhorpadás hatására,

b_w – hegesztett keresztmetszetek esetén a varratok közötti, hengerelt keresztmetszetek esetén a lekerekítések végei közötti tiszta szélesség,

i – a megfelelő tengelyre vonatkozó, a teljes keresztmetszet jellemzői alapján számított inerciasugár,

k_σ – lemezhorpadási tényező.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

2.1.4.3. Görög kisbetűk

$\alpha_{cr,op}$ – az a minimális növelőtényező, amellyel a terhek tervezési értékét megszorozva azok elérik a kihajlási vagy kifordulási rugalmas kritikus terhet,

γ_{M0} – a keresztmetszeti ellenálláshoz tartozó, bármely osztályra érvényes parciális tényező,

γ_{M1} – a rúdelemek ellenőrzéséhez alkalmazott, a rúdelemek instabilitással szembeni ellenállásához tartozó parciális tényező,

γ_{M2} – a húzott keresztmetszetek képlékeny töréssel szembeni ellenállásához tartozó parciális tényező,

$\bar{\lambda}_{LT}$ – a kiforduláshoz tartozó viszonyított karcsúság,

$\bar{\lambda}_{OP}$ – a keretsíkra merőleges globális stabilitásvesztéshez tartozó viszonyított karcsúság,

$\sigma_{x,Ed}$ – az adott pontban fellépő hosszirányú feszültség tervezési értéke,

$\sigma_{z\,Ed}$ – az adott pontban fellépő keresztirányú feszültség tervezési értéke,

τ_{Ed} – az adott pontban fellépő nyírófeszültség tervezési értéke,

χ_{LT} – a kiforduláshoz tartozó csökkentő tényező,

χ_{OP} – a $\bar{\lambda}_{OP}$ viszonyított karcsúsághoz tartozó csökkentő tényező.

2.1.5. Jelölések a 7. fejezethez

2.1.5.1. Latin nagybetűk

A – a csavarszár vagy csap teljes keresztmetszeti területe,

A_s – a csavar vagy lehorgonyzócsavar feszültség-keresztmetszete,

A_0 – a szegecslyuk keresztmetszeti területe.

2.1.5.2. Latin kisbetűk

a – varrat gyökmérete (hasznos méret),

d – névleges csavarátmérő (illetve csap vagy szegecs átmérője),

d_0 – kötőelem furatának átmérője,

e_1 – szélső kötőelem tengelyének távolsága bármely elem közelebbi szélétől az erő irányában mérve,

e_2 – szélső kötőelem tengelyének távolsága bármely elem közelebbi szélétől az erőre merőleges irányban mérve,

e_3 – oválfurat hossztengelyének távolsága bármely elem közelebbi szélétől,

e_4 – oválfurat véglekerekítése középpontjának távolsága bármely elem közelebbi szélétől,

f_{ub} – csavar szakítószilárdsága,

f_{up} – csap szakítószilárdsága,

f_{ur} – szegecs szakítószilárdsága,

f_{yp} – csap folyáshatára,

g – rácsos tartók csomópontjainál a rácsrudak közötti hézag (értelmezése: *2.2. ábra),*

l_{eff} – a varrat hasznos hossza,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

n – a nyírt vagy súrlódó felületek száma,

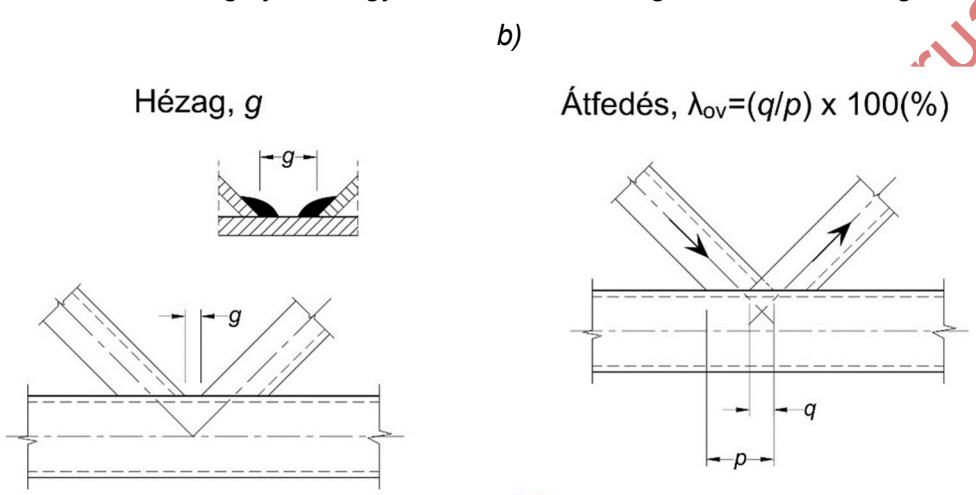
p, q – rácsos tartók csomópontjainál a rácsrudak közötti átfedés paraméterei (értelmezése: *2.2. ábra),*

p_1 – kötőelemek tengelyének egymástól mért távolsága az erő irányában,

$p_{1,0}$ – kötőelemek tengelyének egymástól mért távolsága az erő irányában mérve szélső csavarsor esetén, húzott elemeknél,

$p_{1,i}$ – kötőelemek tengelyének egymástól mért távolsága az erő irányában mérve belső csavarsor esetén, húzott elemeknél,

p_2 – kötőelemsorok tengelyének egymástól mért távolsága az erőre merőleges irányban.



2.2. ábra – Hézagos és átfedő csomópontok (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 1.3. ábrájával); a) A hézag értelmezése, b) Az átfedés értelmezése

2.1.6. Jelölések a 8. fejezethez

2.1.6.1. Latin nagybetűk

N_r – egy állandó feszültségtartományhoz tartozó tervezési élettartam, ismétlődési számmal kifejezve,

Q_k – valamely esetleges hatás karakterisztikus értéke.

2.1.6.2. Latin kisbetűk

k_f – feszültségkoncentrációs tényező,

k_s – a fáradási szilárdság csökkentő tényezője a mérethatások figyelembevételére,

k_1 – a névleges feszültségtartományok növelőtényezője rácsos tartók másodlagos hajlítónyomatékainak figyelembevételére,

m – a fáradási szilárdsági görbe meredeksége.

Jogszabályi véleményez... ruar 4.

2.1.6.3. Görög nagybetűk

$\Delta\sigma$ – feszültségtartomány (normálfeszültség),

$\Delta\sigma_c$, $\Delta\tau_C$ – a fáradási szilárdság referenciaértéke N_c = kétmillió ismétlődés esetén,

$\Delta\sigma_{c,\,\mathrm{red}}$ – a fáradási szilárdság csökkentett referenciaértéke,

$\Delta\sigma_D$, $\Delta\tau_D$ – az állandó amplitúdójú feszültségtartomány N_D számú ismétlődéshez tartozó fáradási határa,

$\Delta\sigma_{E,}$ $\Delta\tau_E$ – az $n_{\max}$ -hoz tartozó egyenértékű állandó amplitúdójú feszültségtartomány,

$\Delta\sigma_{E,2}$ $\Delta\tau_{E,2}$ – a kétmillió ismétlődéshez tartozó egyenértékű állandó amplitúdójú feszültségtartomány,

$\Delta\sigma_{eq}$ – egyenértékű feszültségtartomány ortotrop pályalemezek gerinceinek kapcsolataiban

$\Delta\sigma_L$ $\Delta\tau_{DL}$ – a feszültségtartomány N_L ismétlődési számhoz tartozó levágási határa,

$\Delta\tau$ – feszültségtartomány (nyírófeszültség),

ψ_1 – valamely esetleges hatás gyakori értékének kombinációs tényezője.

2.1.6.4. Görög kisbetűk

γ_{Ff} – a $\Delta\sigma_{E,}$ $\Delta\tau_E$ egyenértékű állandó amplitúdójú feszültségtartomány parciális tényezője,

γ_{Mf} – a $\Delta\sigma_c$, $\Delta\tau_C$ fáradási szilárdság parciális tényezője,

λ_1 – károsodási egyenértékűségi tényezők.

2.1.7. Jelölések a 9. fejezethez

2.1.7.1. Latin nagybetűk

$F_{0,1k}$,$F_{0,2k,}$ – az anyag névleges folyáshatárához (a feszültség-megnyúlás diagram rugalmas szakaszának érintőjét a teljes megnyúlás 0,1 vagy 0,2 százalékához eltolva kimetszett feszültség) tartozó erő karakterisztikus értéke,

K – szakítóerő-tényező, a kötél minimális szakítóerejének meghatározásához használt tapasztalati tényező a következő összefüggés szerint:

$$K = \frac{\pi f k}{4},$$

R_r – kötélszilárdsági osztály, a szakítóerőre vonatkozó követelményszint, számmal kijelölve (pl. 1770 N/mm^2, 1860 N/mm^2),

$F_{\min}$ – minimális szakítóerő.

2.1.7.2. Latin kisbetűk

f – kitöltöttségi tényező, a kötélben lévő összes fémhuzal névleges keresztmetszetének összege és a kötél névleges átmérője által körülzárt terület hányadosa,

k – sodrási veszteségtényező, a huzalok szakítóerejének csökkenése a sodrási folyamat következtében, melyet a kötél K szakítóerő-tényezője tartalmaz,

d – a kötél vagy a pászma külső átmérője,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

w – fajlagos súly, az egységnyi hosszúságú kötél fajlagos önsúlya, melybe az acél sűrűségével számított fémkeresztmetszet és a korrózióvédelmi rendszer súlya veendő figyelembe.

2.2. Szakkifejezések és meghatározásuk

Az alább ismertetett fogalmakon túl a következő szabványkötetek felsorolt szakaszainak szakkifejezései és azok meghatározásai érvényesek:

- MSZ EN 1990 szabvány 1.5.,
- MSZ EN 1993-1-1 szabvány 1.5.,
- MSZ EN 1993-1-5 szabvány 1.3.,
- MSZ EN 1993-1-8 szabvány 1.4.,
- MSZ EN 1993-1-9 szabvány 1.3.,
- MSZ EN 1993-1-10 szabvány 1.3.,
- MSZ EN 1993-1-11 szabvány 1.3.,
- MSZ EN 1993-2 szabvány 1.5.

Az e-UT 07.01.12 előírásban ismertetett szakkifejezések és azok meghatározásai érvényesek.

2.2.1. Általánosan használt fogalmak

2.2.1.1. Előjel-konvenció

Ha a szöveg másképp nem rendelkezik, a húzást tekintjük pozitívnak.

2.2.1.2. Ferdekábel

Húzott szerkezeti elem, amely a merevítőtartót és a pilont vagy pilonokat köti össze.

2.2.1.3. Feszítés

A szerkezeten belüli, előre tervezett erőkből és/vagy alakváltozásokból eredő folyamatos erőhatás. Kivitelezés szempontjából megkülönböztetünk kábelekkel vagy támaszmozgatással való feszítést.

2.2.1.4. Hibrid tartó

Olyan tartó, amelynek övlemezeit és gerincét különböző minőségi osztályú acélokból készítették. Ezen előírás azt feltételezi, hogy az övek acélosztálya magasabb, mint a gerincé.

2.2.1.5. Másodlagos szerkezeti elemek

Olyan szerkezeti elemek, amelyek nem tartoznak a híd elsődleges tartószerkezetéhez (például: szélrács, védőkorlátok, mellvédek, vizsgálólépcsők, védőrácsok stb.).

2.2.1.6. Nagy folyáshatárú acél

Nagyszilárdságú vagy nagy folyáshatárú, az S460-at meghaladó folyáshatárú acélanyag.

2.2.1.7. Prizmatikus rúdelem

Olyan rúdelem, melynek keresztmetszete állandó annak teljes hossza mentén.

2.2.2. Fogalmak az 5. fejezethez

2.2.2.1. Globális erőtani vizsgálat

Egy tartószerkezet olyan összetartozó belső erőinek és nyomatékainak meghatározása, amelyek egyensúlyban vannak a hatások egy meghatározott, a tartószerkezetre működő csoportjával.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

2.2.2.2. Nyírási torzulás

A nyírási alakváltozások hatására létrejövő nem egyenletes feszültségeloszlás széles övlemezekben. A méretezésben egy csökkentett „hatékony” övszélesség alkalmazásával vesszük figyelembe a biztonság javára való közelítésként.

2.2.2.3. Rugalmas kritikus feszültség

A szerkezet egy komponensében ébredő, tökéletes (imperfekciómentes) szerkezeten, kis elmozdulások és rugalmas elmélet alapján végrehajtott számításból nyert azon feszültség, amelynél a komponens elveszti stabilitását.

2.2.3. Fogalmak a 6. fejezethez

2.2.3.1. Almező

Merevítetlen lemezrész, amelyet övlemezek és/vagy merevítőbordák határolnak.

2.2.3.2. Hálózati hossz

Két olyan szomszédos pont közötti távolság egy adott síkban, amelyeknél a rúdelem oldalirányú elmozdulás ellen meg van támasztva az adott síkban; vagy: a távolság egy ilyen pont és az elem vége között.

2.2.3.3. Hatékony keresztmetszet és hatékony szélesség

Egy a teljes keresztmetszetnél vagy teljes lemezszélességnél kisebb keresztmetszet vagy lemezszélesség a lemezhorpadás, a nyírási torzulás vagy a kettő együttes hatásának figyelembevételére.

2.2.3.4. Kihajlási hossz

Egy olyan rúdelem hálózati hossza, mely hasonló a vizsgált rúdelemhez, végei csuklós megtámasztásúak, és a kritikus kihajlási teher ugyanakkora, mint a vizsgált rúdelemen vagy rúdszakaszon.

2.2.3.5. Lélegzés (lemezek lélegzése)

Egy lemeznek a saját síkjában ható ismétlődő terhelés hatására bekövetkező, a lemezsíkra merőleges irányú horpadása.

2.2.3.6. Lemezes szerkezet

Névlegesen sík lemezek egymáshoz kapcsolásával felépített szerkezet; a lemezek lehetnek merevítettek vagy merevítetlenek.

2.2.3.7. Merevített lemez

Lemez hosszirányban, keresztirányban vagy mindkét irányban elhelyezett merevítőbordákkal.

2.2.3.8. Merevítőborda

A merevítőborda egy olyan lemez vagy szelvény, amelyet valamely lemezhez kapcsolnak annak megerősítésére vagy a horpadással szembeni ellenállásának növelésére. A merevítőborda

- hosszirányú, ha iránya párhuzamos a szerkezeti elem irányával,
- keresztirányú, ha iránya merőleges a szerkezeti elem irányára.

2.2.3.9. Teljes keresztmetszet

Az elem teljes keresztmetszeti területe, amelybe azonban a nem folytonos hosszirányú merevítőbordák nem számítanak bele.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

2.2.4. Fogalmak a 8. fejezethez

2.2.4.1. Általános fogalmak

2.2.4.1.1. Fáradás

Repedések kialakulásának és/vagy terjedésének folyamata valamely szerkezeti részben a feszültségingadozások hatására.

2.2.4.1.2. Geometriai feszültség

A legnagyobb főfeszültség az alapanyagban a varratszegélynél, az adott szerkezeti részlet teljes geometriájából származó feszültségkoncentráció figyelembevételével. Nem szükséges figyelembe venni a helyi feszültségkoncentrációt, pl. a varrat alakjának hatását (amelyet 8.22. táblázatban szereplő részletosztályok már tartalmaznak).

Megjegyzés: geometric stress – veszélyes pontbeli feszültség (hot spot stress)

2.2.4.1.3. Maradó feszültség

A maradó feszültség olyan állandó feszültségállapot a szerkezetben, amely statikus egyensúlyban van és független bármilyen, a szerkezetre működő (külső) hatástól. Maradó feszültségek keletkezhetnek a hengerlésből, a vágásból, hegesztési zsugorodásból vagy az elemek illeszkedéseinek pontatlanságából, vagy bármilyen terhelési eseményből, amely a szerkezet valamely részében folyást okoz.

2.2.4.1.4. Módosított névleges feszültség

Egy megfelelő k_f feszültségkoncentrációs tényezővel szorzott névleges feszültség olyan geometriai diszkontinuitás figyelembevételére, amellyel nem számoltak az adott szerkezeti részlet osztályozásakor.

2.2.4.1.5. Névleges feszültség

Egy várható repedés helyén az alapanyagban vagy a varratban keletkező, rugalmas elmélettel, a feszültségkoncentráció figyelmen kívül hagyásával számított feszültség (lehet normálfeszültség, nyírófeszültség, főfeszültség vagy egyenértékű feszültség).

2.2.4.2. Fárasztóterhelési paraméterek

2.2.4.2.1. Egyenértékű amplitudójú fárasztóterhelés

Egyszerűsített, állandó amplitúdójú terhelés, amely ugyanolyan fáradási károsodást okoz, mint a tényleges, változó amplitúdójú terhelési eseménysorozat.

2.2.4.2.2. Egyenértékű állandó amplitúdójú feszültségtartomány

A tervezési spektrummal azonos fáradási élettartamot eredményező, állandó amplitúdójú feszültségtartomány, ha az összehasonlítás a Miner-összegzésen (lineáris károsodási hipotézisen) alapul.

2.2.4.2.3. Esővízmódszer

Ciklusszámláló módszer, amely meghatározza az adott feszültségtörténetből származó feszültségspektrumot.

2.2.4.2.4. Fáradási élettartam

Az a kiszámított időtartam, mely a tervezési spektrum alkalmazása esetén a fáradási tönkremenetelhez szükséges.

2.2.4.2.5. Fárasztóterhelés

A hídon áthaladó forgalom feszültségspektrumot hoz létre, amely fáradást okozhat. A feszültségspektrum a járművek geometriájától, a tengelyterhelésektől, a járművek távolságától, a

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

forgalom összetételétől és ennek dinamikus hatásaitól függ (lehetséges paraméterei: terhek helyzete, nagysága, előfordulási gyakorisága, sorrendje és időbeli helyzete egymáshoz képest). Az e-UT 07.01.12 előírásban szereplő fárasztóhatások a fárasztó járműteherből származó feszültségtörténet méréseinek kiértékelésén alapuló felső korlátok. A megadott hatások paraméterei vagy (i) $Q_{\max} n_{\max}$ szabványos spektrum esetén, vagy (ii) $n_{\max}$-hoz tartozó $Q_{\mathrm{E,n,max}}$ vagy (iii) az $n = 2 \cdot 10^6$ ismétlődési számhoz tartozó $Q_{\mathrm{E,2}}$. E paraméterek magukba foglalják a dinamikus hatásokat, hacsak nincs más előírás.

2.2.4.2.6. Feszültségspektrum

Valamely terhelési esemény során az összes különböző amplitúdójú feszültségtartomány mért vagy számított előfordulási számából készített hisztogram.

2.2.4.2.7. Feszültségtartomány

A feszültségtörténet egy adott feszültségi ciklusának két szélsőértéke közötti algebrai különbség.

2.2.4.2.8. Feszültségtörténet

Egy terhelési esemény hatására keletkező mért vagy számított feszültségváltozás a szerkezet egy adott pontjában.

2.2.4.2.9. Miner-összegzés

A károsodások halmozódásának a Palmgren–Miner-szabályon (lineáris károsodási hipotézisen) alapuló számítása.

2.2.4.2.10. Terhelési esemény

A szerkezetre működtetett és feszültségtörténetet eredményező terhelési sorozat, amely általában meghatározott számban ismétlődik a szerkezet élettartama alatt.

2.2.4.2.11. Tervezési spektrum

A szerkezet élettartama alatt előforduló, a fáradásvizsgálat szempontjából releváns valamennyi feszültségspektrum összessége.

2.2.4.2.12. Tervezett fáradási élettartam

Az az időtartam, amely alatt a szerkezetnek biztonságosan kell üzemelnie úgy, hogy elfogadható valószínűséggel nem keletkezik fáradási törés.

2.2.4.2.13. Víztartálymódszer

Lásd: Esővízmódszer

2.2.4.3. Fáradási szilárdság

2.2.4.3.1. Állandó amplitúdójú fáradási határ

A normál- vagy nyírófeszültségi feszültségtartomány határértéke, amely alatt fáradási károsodás nem következik be az állandó amplitúdójú feszültségekkel végzett kísérletekben. Változó amplitúdójú feszültségek esetén minden feszültségtartománynak e határ alatt kell maradnia, hogy ne következzen be fáradási károsodás.

2.2.4.3.2. Élettartam

Az ismétlődési számmal kifejezett, tönkremenetelhez tartozó élettartam, állandó amplitúdójú feszültségtartomány esetén.

2.2.4.3.3. Fáradási szilárdsági görbe (S–N-görbe, Wöhler-görbe)

A feszültségtartomány és a fáradási tönkremenetelhez szükséges ismétlődési szám közötti összefüggés, amelyet egy adott osztályú szerkezeti részlet fáradásvizsgálatára használnak.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Megjegyzés: Az ebben a részben megadott fáradási szilárdságok az MSZ EN 1990 szabvány D melléklete szerinti nagyméretű próbatesteken végzett fáradási kísérletek kiértékeléséből kapott alsó korlátok.

2.2.4.3.4. Fáradási szilárdság referenciaértéke

Egy adott osztályú szerkezeti részlet esetén az $N = 2 \cdot 10^6$ élettartamhoz tartozó $\Delta\sigma_c$ állandó amplitúdójú feszültségtartomány.

2.2.4.3.5. Levágási határ

Az a határ, amely alatt a tervezési spektrum feszültségtartományai nem járulnak hozzá a számított halmozódó károsodáshoz.

2.2.4.3.6. Részletosztály (a szerkezeti részlet fáradási osztálya)

Adott szerkezeti részlethez rendelt számjel, amely azt jelzi, hogy adott irányú ingadozó feszültség esetén melyik fáradási szilárdsági görbét kell alkalmazni a fáradás vizsgálatához. (Az osztály száma a $\Delta\sigma c$ referencia fáradási szilárdság N/mm²-ben megadott értéke.)

2.2.5. Fogalmak a 9. fejezethez

2.2.5.1. Huzal

A huzal hidegen húzott nagyszilárdságú elemi szál, a pászmák alkotóeleme. Jellemzően 3–8 mm átmérőjű köracélok, vagy egyedi keresztmetszetű acélok (pl. Z, vagy trapéz).

2.2.5.2. Kábel

Egy szerkezet elsődleges, húzott teherviselő eleme, amely jellemzően több pászmából áll.

2.2.5.3. Nyereg

Kábelek iránytörését szolgáló, jellemzően acélból készült szerkezet.

2.2.5.4. Pászma

Több huzalból álló csoport, mely rendszerint egy középpont körül egy vagy több rétegben, azonos vagy fordított irányú csavarvonal mentén elhelyezkedő huzalokból áll. Pászmának nevezzük a párhuzamosan vezetett vonalérintkezésű huzalok közös lehorgonyzású csoportját is.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

3. ÁLTALÁNOS ELŐÍRÁSOK

Jelen előírás az EC (MSZ EN 1993 szabványsorozat) alapján készült. A jelen kötetben nem tárgyalt esetekben az MSZ EN 1990 az irányadó. Az abban sem tárgyalt esetekben az EC az iránymutató.

Jelen útügyi műszaki előírás tárgya a közúti acélhidak és közúti acélszerkezetű kábelhidak tervezése. Az acélhidakat hegesztett szerkezetként, hegesztett vagy nagyszilárdságú feszített (NF) csavaros illesztésekkel, kivételes esetben illesztőcsavaros kötéssel kell tervezni. Szegecselt kötések csak különleges feltételek betartása mellett, az építtetővel történő előzetes egyeztetés után tervezhetőek, elsősorban meglévő szegecselt acélhidak felújítása kapcsán. A szegecsek pótlása történhet félerőre meghúzott NF csavarral is. Az egyeztetések során az anyagminőségeket és a technológiát rögzíteni szükséges.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4. ANYAGOK

4.1. Általános elvek

A *4.1.* és *4.2. táblázatban* felsorolt (normál szilárdságú), valamint a *4.4. táblázatban* és a *4.5. táblázatban* megadott (nagyszilárdságú) szerkezeti acélokból készült szerkezetek tervezésével foglalkozik. A hazai hídépítési gyakorlatban nem alkalmazott anyagminőség esetén előkészítő vizsgálat, szükség szerint kísérletek és gyártási vizsgálatok eredménye alapján kell eljárni. Más acélanyag is alkalmazható, amennyiben bebizonyítható, hogy a táblázatokban felsorolt hasonló minőségű anyagokra értelmezett mechanikai, szívóssági és hegeszthetőségi követelményeknek megfelel (kizárólag az üzemeltetővel történt előzetes egyeztetés alapján). A szerkezeti elemek, kapcsolatok erőtani ellenőrzésére, szerkezeti kialakítására vonatkozó előírások alapvetően S700-as acélminőségig értelmezendők. Ahol e főszabály nem alkalmazható, ott az anyagminőségek függvényében kiegészítő szabályok kerültek megadásra.

Az acélok anyagminőségét az MSZ EN 10 027-1 szabvány szerint az S (mint Szerkezeti acél) betűjel mellett a szilárdsági csoportjuk megadásával jelöljük, a legkisebb vastagságra vonatkozó garantált minimális folyáshatár értéke szerint. Ezek műszaki szállítási feltételeit az MSZ EN 10 025-1–6 szabványsorozat és az MSZ EN 10 149-2 szabvány tartalmazza.

A melegen hengerelt zártszelvények és csövek minősége az MSZ EN 10 210 szabványsorozat szerinti, a hidegen alakított zártszelvényeké (5% hidegalakításig) az MSZ EN 10 219 szabványsorozat szerinti.

Az MSZ EN 10 025-2 szabvány szerinti S235, S275 és S355 szilárdsági csoportba sorolt ötvözetlen szerkezeti acélok szívósságát a JR, J0, J2 és K2 ridegtörési kategóriák jelzik.

Az MSZ EN 10 025-3 és -4 szabványok szerinti S275, S 355, S420 és S460 szilárdsági csoportba tartozó finomszemcsés acélokat a hengerlési technológiára utaló N (normalizált vagy normalizálva hengerelt) és M (termomechanikusan hengerelt) betűjelzéssel, valamint az alacsony átmeneti hőmérsékletet jelentő L kiegészítő jelzéssel jelölik.

Az MSZ EN 10 025-5 szabvány szerinti acéloknál a W betű légköri korrózióállóságot jelöl.

Az MSZ EN 10 025-6 szabványnál a Q hengerlés utáni nemesítést jelöl.

Az MSZ EN 10 149-2 szabvány szerinti MC nagy szilárdságú termomechanikus acél.

Indokolt esetben a szerkezeteket légköri korróziónak ellenálló, MSZ EN 10 025-5 szabvány szerinti acélminőségekből is lehet tervezni (S235J0W, S235J2W, S355J0W, S355J2W, S355K2G) a megrendelő és az üzemeltető hozzájárulásával.

A szeizmikus hatásokra duktilis szerkezet tervezése esetén az MSZ EN 1998-2 szabvány további megkötéseket tesz az alkalmazható anyagokra vonatkozóan.

A 4.1–4.5. táblázatokban a (*)-gal jelölt anyagminőségek hídépítésben teherhordó szerkezetek tervezéséhez nem javasolt. (Beszerzési, minősítési nehézségek miatt nem járatos anyagminőségek.)

A 4.1–4.5. táblázatokban a (**)-gal jelölt anyagminőségek hídépítésben teherhordó szerkezetek tervezése esetén az azt is figyelembe vevő előkészítő vizsgálatok, szükség szerint kísérletek és gyártási vizsgálatok eredménye alapján alkalmazhatók.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4.1. táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei melegen hengerelt szerkezeti acélból készített lapos termékek esetén [1]. (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 3.1. táblázatával)

Acélfajta jele	**A szerkezeti elem névleges vastagsága t [mm]**			
	t ≤ 40 mm		**40 mm < t ≤ ≤ 80 mm**	
	f_y [N/mm²]	f_u [N/mm²]	f_y [N/mm²]	f_u [N/mm²]
MSZ EN 10025				
S 235 (*)	235	360	215	360
S 275 (*)	275	430	255	410
S 355	355	490	335	470
S 460	440	550	410	550
S 275 N/NL (*)	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
S 275 M/ML (*)	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S 235 W (*)	235	360	215	340
S 355 W	355	490	335	490
S 460 Q/QL/QL1 (**)	460	570	440	550

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4.2. a) táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei melegen hengerelt zárt szelvények és csövek ötvözetlen és finomszemcsés acélból készült termékek esetén [2]. (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 3.1. táblázatával)

Acélfajta jele	**A szerkezeti elem névleges vastagsága t [mm]**			
	t ≤ 40 mm		**40 mm < t ≤ ≤ 80 mm**	
	f_y	f_u	f_y	f_u
	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]
MSZ EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4.2. b) táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei hidegen alakított zártszelvények (5% hidegalakításig) esetén [2]. (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 3.1. táblázatával)

Acélfajta jele	**A szerkezeti elem névleges vastagsága t [mm]**	
	t ≤ 40 mm	
	f_y	f_u
	[N/mm²]	[N/mm²]
MSZ EN 10219-1		
S 235 H	235	360
S 275 H	275	430
S 355 H	355	510
S 275 NH/NLH	275	370
S 355 NH/NLH	355	470
S 460 NH/NLH	460	550
S 275 MH/MLH	275	360
S 355 MH/MLH	355	470
S 420 MH/MLH	420	500
S 460 MH/MLH	460	530

4.3. táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei melegen hengerelt nagy folyáshatárú szerkezeti acélból készült nemesített lapos termékek esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-12 szabvány 1. táblázatával)

Acélfajta jele	**A szerkezeti elem névleges vastagsága t [mm]**					
	t ≤ 50 mm		**50 mm < t ≤ ≤ 100 mm**		**100 mm < t ≤ ≤ 150 mm**	
	f_y	f_u	f_y	f_u	f_u	f_u
	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]
MSZ EN 10025-6						
S 500 Q/QL/QL1 (**)	500	590	480	590	440	540
S 550 Q/QL/QL1 (**)	550	640	530	640	490	590
S 620 Q/QL/QL1 (**)	620	700	580	700	560	650
S 690 Q/QL/QL1 (**)	690	770	650	760	630	710

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4.4. táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei hidegen alakítható, nagy folyáshatárú acélokból melegen hengerelt lapos termékek esetén.
(Megegyezik az MSZ EN 1993-1-12 szabvány 2. táblázatával)

Acélfajta jele	**A szerkezeti elem névleges vastagsága t [mm]**			
	1,5 mm < t ≤ 8 mm		**8 mm < t ≤ 16 mm**	
	f_y	f_u	f_y	f_u
	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]
MSZ EN 10149-2				
S 500 MC (**)	500	550	500	550
S 550 MC (**)	550	600	550	600
S 600 MC (**)	600	650	600	650
S 650 MC (**)	650	700	630	700
S 700 MC (**)	700	750	680	750

Megjegyzés: az MSZ EN 10 149-1 szabvány 11. fejezet 5) szakasz lehetősége alapján ki kell jelölni a fajlagos ütőmunkabírás bizonyítására szolgáló eljárást.

4.2. Szerkezeti acél

4.2.1. Anyagjellemzők

Az anyagjellemzők (f_y és f_u) megállapításához két módszert lehet alkalmazni:

- vagy a termékszabványban definiált értéket lehet elfogadni ($f_y = R_{eH}$, valamint $f_u = R_M$),
- vagy a 4.1–4.5. táblázatok értékeit lehet alkalmazni egyszerűsítésként.

4.2.2. Duktilitási követelmények

Annak érdekében, hogy a rideg tönkremenetelt el lehessen kerülni, az anyagoknak több duktilitási kritériumnak kell megfelelniük. Ezek a kritériumok eltérnek az alkalmazott analízis fajtája szerint. Rugalmas erőtani számítást alkalmazva a következő feltételeknek kell megfelelnie az anyagnak S460 szilárdsági osztályt nem meghaladó esetben:

- a szakítószilárdság legalább 10 százalékkal haladja meg a folyáshatár értékét,
- a szakadási nyúlás legalább 15% legyen (pálca hossza $5{,}65\sqrt{A_0}$),
- a szakítószilárdsághoz tartozó nyúlás legalább 15-szöröse legyen a folyáshoz tartozó nyúlásnak $(\varepsilon_y = f_y/E)$.

Képlékeny erőtani számítást alkalmazva a feltételek a következők S460 szilárdsági osztályt nem meghaladó esetben:

- a szakítószilárdság legalább 20 százalékkal haladja meg a folyáshatár értékét,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

- a szakadási nyúlás legalább 15% legyen (pálca hossza $5{,}65\sqrt{A_0}$),
- a szakítószilárdsághoz tartozó nyúlás legalább 20-szorosa legyen a folyáshoz tartozó nyúlásnak $(\varepsilon_y = f_y/E)$.

S460 és S700 szilárdsági osztályok között az alábbi feltételek érvényesek az erőtani számítás módjától függetlenül:

- a szakítószilárdság legalább 5 százalékkal haladja meg a folyáshatár értékét,
- a szakadási nyúlás legalább 10% legyen (pálca hossza $5{,}65\sqrt{A_0}$),
- a szakítószilárdsághoz tartozó nyúlás legalább 15-szöröse legyen a folyáshoz tartozó nyúlásnak $(\varepsilon_y = f_y/E)$.

Azok az acélok, amelyek megfeleltethetők a 4.1–4.5. táblázatok valamelyik acélminőségének, automatikusan teljesítik a fenti feltételeket.

Az acélszerkezetek alakváltozási képessége az azt alkotó acéltermékeknek mind a nyúlási, mind a szívóssági tulajdonságaitól függ. A szükséges globális teljesítőképesség a várt alakváltozásoktól függ, a lokális teljesítőképesség pedig az alkalmazott részletkialakításoktól. Nagyszilárdságú (S460 szilárdsági osztályt meghaladó) acélokat alkalmazó szerkezetek esetén a nagyobb feszültségszintek miatt különös gonddal kell az alakváltozásokat kontrollálni, valamint a részletkialakításokat megtervezni, hogy hibahelyek kialakulását, és más feszültségkoncentrációs gócok létrejöttét meg lehessen előzni. A globális erőtani számításban figyelembe kell venni terhelő alakváltozásokat, ahol szükséges.

4.2.3. Törési szívósság

A ridegtörés elkerülése érdekében a szerkezetnek megfelelő szívóssággal kell rendelkeznie a híd élettartama során várható legkisebb üzemi hőmérséklet (referencia-hőmérséklet) esetén is.

A várható legkisebb üzemi hőmérséklet szokásos terhelési sebesség esetén, hidegalakítással nem érintett szerkezetre egységesen –30 °C, ettől eltérő esetekben a lenti korrekciót el kell végezni.

A figyelembe veendő referencia-hőmérséklet általános esetben:

$$T_{ED} = T_{md} + \Delta T_r + \Delta T_\sigma + \Delta T_R + \Delta T_\varepsilon + \Delta T_{\varepsilon cf}$$

összefüggéssel számolható, ahol:

T_{md} – egy meghatározott visszatérési idejű legalacsonyabb levegő-hőmérséklet (acélhidak esetén 100 éves élettartamra vonatkozóan, a biztonság javára: −25 °C),

ΔT_r – sugárzási veszteség miatti korrekció (az MSZ EN 1991-1-5 szabvány előírása hiányában a javasolt érték hídszerkezetekre egységesen: –5 °C),

ΔT_σ – törésmechanikai vizsgálatokkal meghatározható korrekció a folyáshatár, feszültség, imperfekció, alak miatt, a csatolt táblázatok használata esetén az MSZ EN 1993-1-10 szabvány 2.2. szakasz 2. megjegyzése szerint $\Delta T_\sigma = 0$ °C feltételezhető,

ΔT_R – biztonsági pótlék, amennyiben szükséges, különböző megbízhatósági szintekhez, az MSZ EN 1993-1-10 szabvány nemzeti melléklete szerint értéke: 0 °C,

ΔT_ε – a szokványostól eltérő terhelési sebesség hatását figyelembe vevő növelő tényező (°C) értéke:

$$\Delta T_\varepsilon = \left(1440 - f_y(t)/550\right) \cdot (ln\varepsilon/\varepsilon^o)^{1,5}$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

A csatolt táblázatok feltételezik, hogy az alakváltozás sebessége $\varepsilon = 4 \cdot 10^{-4}/\mathrm{sec}$, amely tartalmazza a dinamikus hatásokat is a legtöbb ideiglenes és állandó tervezési állapot esetén. Ekkor $\Delta T_{\varepsilon} = 0$.

Eltérő alakváltozási sebesség esetén (pl. ütközési teher) a korrekciót el kell végezni.

(Amennyiben az ütközés veszélye fennáll, és egyéb adat nem áll rendelkezésre, $\Delta T_{\varepsilon} = -15$ °C értékkel lehet számolni.)

$\Delta T_{\sigma cf}$ – a hidegalakítás mértékétől függő növelő tényező: $\left(\Delta T_{\varepsilon_{cf}} = -3 \cdot \varepsilon_{cf},\ ^{\circ}\mathrm{C}\right)$

A ridegtörési hajlam a hidegalakítás mértékével együtt növekszik.

A szerkezeti acélok hidegalakítása a jelen előírás alapján kiválasztott anyagminőségek esetén a hegesztések környezetében külön intézkedés nélkül legfeljebb 5 százalékig engedélyezett. A hegesztés környezetében 5% feletti hidegalakítás igénye esetén az MSZ EN 10 025-2 szabványban szereplő normál szerkezeti acélokat az élhajlíthatóságot jelölő C kiegészítő betűjellel kell rendelni (pl. S355J2C), az MSZ EN 10 025-3, -4 szabványok szerinti acéloknál ilyen kiegészítő jelölés nem szükséges. Az említett hidegen hajlítható acélokból készíthető pl. szegély, trapézborda stb. A hajlítási sugár határértékeire az alkalmazott alapanyag termékszabványának (MSZ EN 10 025-1–6-ig kötetek) előírásai a mérvadóak.

A 2,5–5 százalékos hidegalakítás $20t$–$10t$ hajlítási sugárnak felel meg. (Ha a hajlítási sugár 10*t*-nél kisebb, akkor a hidegalakítás mértéke öt százaléknál nagyobb).

A szokványostól eltérő esetben szükséges módosító tényezők értékeihez az MSZ EN 1993-1-10 szabvány előírásai követendőek.

A fáradás hatása az MSZ EN 1993-1-10 szabvány 2.3.1. szakasz megjegyzése szerint van figyelembe véve.

Amennyiben a fenti feltételek nem teljesülnek, további részletes vizsgálat szükséges.

A szívósság biztosítása érdekében minden szerkezeti anyagfajtához meg kell állapítani az alkalmazható legnagyobb elemvastagság értékét a 4.5. táblázat alapján. Az eljárás első lépésében meg kell határozni a fellépő mértékadó húzó normálfeszültség értékét (σ_{Ed}) rendkívüli teherkombinációt alapul véve, mely kombinációban a rendkívüli hatás a hőmérsékleti teher. A számítás során rugalmas elvet kell követni, a másodrendű hatásokat figyelembe kell venni. Ezen feszültség ismeretében meg kell határozni a feszültségkategóriát a lemezvastagságot (*t*, mm) figyelembe vevő folyáshatár alapján $\left[f_y/(t)\right]$. Ezt az értéket két módon lehet meghatározni:

- vagy az anyagszabvány által az adott vastagsághoz definiált minimális értékként vehető fel,
- vagy a szilárdsági osztály jelében szereplő folyáshatárból kiindulva, az alábbi képlet segítségével határozható meg:

$$f_y(t) = f_{y,\mathrm{nom}} - 0{,}25t$$

A legkisebb üzemi hőmérséklet ismeretében magas, közepes és alacsony feszültség-kategória esetén kinyerhető a maximális lemezvastagság értéke adott anyagminőség esetén *(4.5. táblázat)*. A táblázat használata során interpolációt lehet alkalmazni mind a hőmérséklet, mind pedig a feszültségkategória szerint. Az extrapolálás azonban tilos.

Nyomott elemek esetén alacsony feszültségkategória figyelembevételével kell meghatározni a maximális vastagság értékét tekintet nélkül a tényleges feszültség értékére.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4.5. táblázat – Magas, közepes és alacsony feszültségkategóriához tartozó maximális lemezvastagságok milliméterben (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-10 szabvány 2.1. és az MSZ EN 1993-1-12 szabvány 4. táblázatával)

Szil. osztály jele	Al-csoport jele	Charpy ütőmunka CVN		Üzemi hőmérséklet T_{Ed} [°C]								
				σ_{Ed} = 0,75 $f_y(t)$ (magas)			σ_{Ed} = 0,50 $f_y(t)$ (közepes)			σ_{Ed} = 0,25 $f_y(t)$ (alacsony)		
		T [°C]	J_{min} [J]	-30	-40	-50	-30	-40	-50	-30	-40	-50
S235	JR (*)	20	27	30	25	20	45	40	35	75	65	60
	J0 (*)	0	27	40	35	30	65	55	45	100	85	75
	J2 (*)	-20	27	60	50	40	90	75	65	135	115	100
S275	JR (*)	20	27	25	20	15	40	35	30	70	60	55
	J0 (*)	0	27	35	30	25	55	50	40	95	80	70
	J2	-20	27	55	45	35	80	70	55	125	110	95
	M,N	-20	40	65	55	45	95	80	70	145	125	110
	ML,NL	-50	27	95	75	65	130	115	95	190	165	145
S355	JR (*)	20	27	15	15	10	30	25	25	60	55	45
	J0 (*)	0	27	25	20	15	45	40	30	80	70	60
	J2	-20	27	40	35	25	65	55	45	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	50	40	35	80	65	55	130	110	95
	ML,NL	-50	27	75	60	50	110	95	80	175	150	130
S420	M,N	-20	40	45	35	30	70	60	50	120	100	85
	ML,NL	-50	27	65	55	45	100	85	70	160	140	120
S460	Q (**)	-20	30	30	25	20	55	45	35	95	80	70
	M,N	-20	40	40	30	25	65	55	45	115	95	80
	QL (**)	-40	30	50	40	30	75	65	55	130	115	95
	ML,NL	-50	27	60	50	40	95	75	65	155	130	115
	QL1 (**)	-60	30	70	60	50	110	95	75	175	155	130
S500	Q (**)	0	40	20	15	15	40	35	25	80	65	55
	Q (**)	-20	30	30	20	15	50	40	35	90	80	65
	QL (**)	- 20	40	35	30	20	60	50	40	105	90	80
	QL (**)	-40	30	45	35	30	70	60	50	125	105	90
	QL1 (**)	-40	40	55	45	35	85	70	60	145	125	105
	QL1 (**)	-60	30	65	55	45	105	85	70	170	145	125
	MC (*)	-20	40	35	30	20	60	50	40	105	90	80
S550	Q (**)	0	40	20	15	10	35	30	25	75	60	50
	Q (**)	-20	30	25	20	15	45	35	30	85	75	60
	QL (**)	-20	40	30	25	20	55	45	35	100	85	75
	QL (**)	-40	30	40	30	25	65	55	45	120	100	85
	QL1 (**)	-40	40	50	40	30	80	65	55	140	120	100
	QL1 (**)	-60	30	60	50	40	95	80	65	160	140	120
	MC (*)	-20	40	30	25	20	55	45	35	100	85	75
S600	MC (*)	-20	40	30	20	15	50	40	35	95	80	70
S620	Q (**)	0	40	15	15	10	30	25	20	65	55	45
	Q (**)	-20	30	20	15	15	40	30	25	80	65	55
	QL (**)	-20	40	25	20	15	50	40	30	95	80	65
	QL (**)	-40	30	35	25	20	60	50	40	110	95	80

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Szil. osztály jele	Al-csoport jele	Charpy ütőmunka CVN		Üzemi hőmérséklet T_{Ed} [ºC]								
				σ_{Ed} = 0,75 $f_y(t)$ (magas)			σ_{Ed} = 0,50 $f_y(t)$ (közepes)			σ_{Ed} = 0,25 $f_y(t)$ (alacsony)		
		T [ºC]	J_{min} [J]	-30	-40	-50	-30	-40	-50	-30	-40	-50
	QL1 (**)	-40	40	45	35	25	70	60	50	130	110	95
	QL1 (**)	-60	30	55	45	35	85	70	60	150	130	110
S650	MC (*)	-20	40	25	20	15	45	35	30	90	75	65
S690	Q (**)	0	40	15	10	10	30	20	20	60	50	45
	Q (**)	-20	30	20	15	10	35	30	20	75	60	50
	QL (**)	-20	40	25	20	15	45	35	30	85	75	60
	QL (**)	-40	30	30	25	20	55	45	35	100	85	75
	QL1 (**)	-40	40	40	30	25	65	55	45	120	100	85
	QL1 (**)	-60	30	50	40	30	80	65	55	140	120	100
S700	MC (*)	-20	40	25	20	15	45	35	30	85	70	60

4.2.4. Keresztirányú jellemzők

Azokban a hegesztett kapcsolatokban, ahol egy lemezhez síkjára merőlegesen hozzáhegesztett másik lemezt vagy profilt húzóerővel terhelünk (pl. homloklemezes kapcsolat), ún. réteges tépődés alakulhat ki. A jelenség oka az, hogy a hegesztés utáni lehűlés miatt a lemez hosszfelületére merőleges irányban nagy belső húzófeszültségek keletkeznek és az átlagos minőségű acélokban mikrorepedések alakulhatnak ki, amelyek a keresztirányú húzás miatt törést okoznak.

Az ilyen szerkezeti elemeknél (pl. a homloklemezek, talplemezek, hegesztett oszlop-gerenda kapcsolatok) a *4.2. ábra* alapján, a kategóriánkénti Z-értékek összegzésével lehet meghatározni a szükséges Z_{Ed} értékét. Ennek ismeretében az MSZ EN 10 164 szerinti megnövelt alakváltozási képességgel Z_{Rd} bíró acélfajta kiválasztható.

Azaz réteges tépődés nem lép fel, ha:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd},$$

ahol Z_{Rd} az anyagra rendelkezésre álló tervezési Z-érték az MSZ EN 10 164 szabvány szerint: Z15, Z25, vagy Z35.

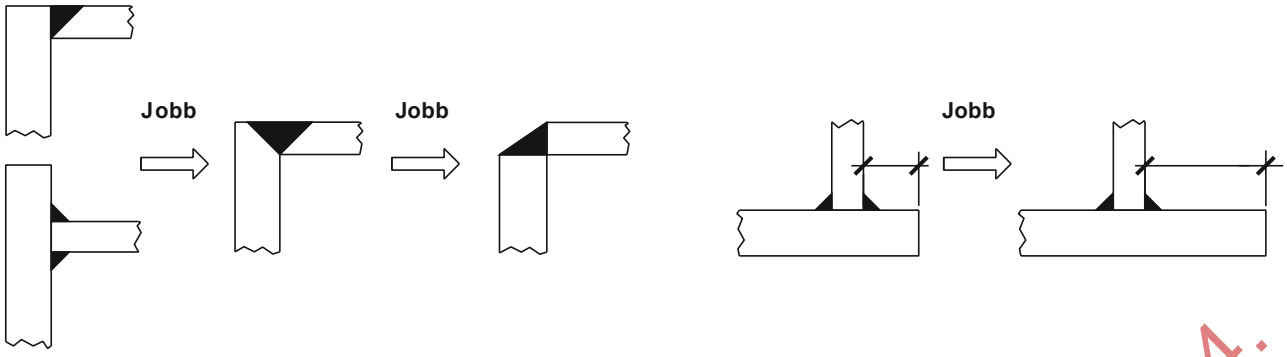
A megkövetelt Z-érték a következő képlettel számítható:

$$Z_{ED} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e$$

és a Z_a, Z_b, Z_c, Z_d, Z_e értékek a *4.2. táblázat* szerint veendők fel.

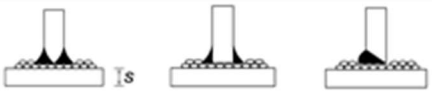
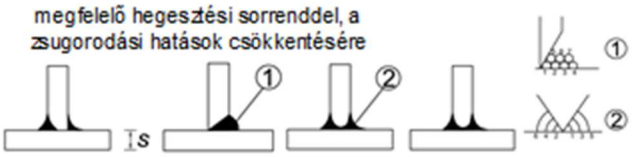
Törekedni kell a helyes szerkezeti kialakításra, amire részletes ajánlásokat ad az MSZ EN 10 164 szabvány (néhány példát mutat a *4.1. ábra*).

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



4.1. ábra – Javasolt szerkezeti kialakítások a réteges tépődés kiküszöbölésére

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

a)	A fémzsugorodásból származó fajlagos alakváltozás szempontjából meghatározó varratmélység	effektív varratmélység a_{eff}	a sarokvarrat hasznos vastagsága a	Z_I
		$a_{eff} \leq 7$ mm	$a = 5$ mm	$Z_a = 0$
		7 mm $\leq a_{eff} \leq$ 10 mm	$a = 7$ mm	$Z_a = 3$
		10 mm $\leq a_{eff} \leq$ 20 mm	$a = 14$ mm	$Z_a = 6$
		20 mm $\leq a_{eff} \leq$ 30 mm	$a = 21$ mm	$Z_a = 9$
		30 mm $\leq a_{eff} \leq$ 40 mm	$a = 28$ mm	$Z_a = 12$
		40 mm $\leq a_{eff} \leq$ 50 mm	$a = 35$ mm	$Z_a = 15$
		50 mm $\leq a_{eff}$	$a > 35$ mm	$Z_a = 15$
b)	A varratok alakja és helye a T-, a kereszt alakú és a sarokkapcsolatokban			$Z_b = -25$
		sarokkapcsolatok		$Z_b = -10$
		egyrétegű sarokvarratok $Z_a = 0$ vagy sarokvarratok $Z_a > 1$ esetén kis szilárdságú heganyaggal lefedve 		$Z_b = -5$
		többrétegű sarokvarratok		$Z_b = 0$
		részleges és teljes beolvadási mélységű varratok 		$Z_b = 3$
		részleges és teljes beolvadási mélységű varratok		$Z_b = 5$
		sarokkapcsolatok		$Z_b = 8$
c)	Az s anyagvastagság hatása a zsugorodás korlátozottságára	$s \leq 10$ mm		$Z_c = 2^*$
		10 mm $< s \leq$ 20 mm		$Z_c = 4^*$
		20 mm $< s \leq$ 30 mm		$Z_c = 6^*$
		30 mm $< s \leq$ 40 mm		$Z_c = 8^*$
		40 mm $< s \leq$ 50 mm		$Z_c = 10^*$
		50 mm $< s \leq$ 60 mm		$Z_c = 12^*$
		60 mm $< s \leq$ 70 mm		$Z_c = 15^*$
		70 mm $< s$		$Z_c = 15^*$
d)	A szerkezet távoli részeinek korlátozó hatása a zsugorodásra a hegesztés után	gyenge	szabad zsugorodás lehetséges pl. T-kapcsolatok	$Z_d = 0$
		közepes	szabad zsugorodás korlátozva pl. zártszelvények diafragmái	$Z_d = 3$
		erős	szabad zsugorodás teljesen meggátolva pl. ortotróp pályalemezek merevítőbordái	$Z_d = 5$
e)	Előmelegítés hatása	előmelegítés nélkül		$Z_e = 0$
		előmelegítés ≥ 100 °C		$Z_e = -8$
*: 50 %-kal csökkenthető, ha az anyagban a vastagság irányában - túlnyomórészt statikus terhekből származó - nyomás van.				

4.2. ábra – A Z_{Ed} értékét meghatározó kritériumok (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-10 szabvány 3.2. táblázatával)

4.2.5. Tűrések

A hengerelt acélszelvények, zárt idomacélok és lemezek esetén alkalmazandó tűrések összhangban kell legyenek a vonatkozó termékszabvánnyal, az európai műszaki útmutatókkal (ETAG) és európai műszaki engedélyekkel (ETA). Lehetséges azonban ezeknél szigorúbb értékeket is megadni. A hegesztett szerkezeti elemek esetén az MSZ EN 1090 szabványsorozat a mérvadó.

Az erőtani tervezés során a geometriai méreteket névleges értékükkel kell szerepeltetni.

4.2.6. Az anyagállandók tervezési értékei

Az anyagállandók tervezésben figyelembe veendő értékeit a *4.6. táblázat* tartalmazza.

4.6. táblázat – Anyagállandók tervezési értékei

Rugalmassági modulus	E	210 000	N/mm^2
Nyírási rugalmassági modulus	G	81 000	N/mm^2
Poisson-tényező	ν	0,3	–
Lineáris hőtágulási együttható	α	$12 \cdot 10^{-6}$	1/°C
Sűrűség	ρ	7850	kg/m^3

4.3. Kapcsolóelemek

4.3.1. Mechanikus kötőelemek

4.3.1.1. Csavarok, csavaranyák és alátétek

A csavarozott kapcsolatokhoz olyan csavarokat, anyákat és alátéteket kell használni, amelyek az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4. referenciacsoportjában felsorolt valamely szabvány szerintiek. Jelen előírás szabályai a *4.7. táblázatban* található csavarminőségek esetén alkalmazhatók.

4.7. táblázat – Csavarok f_{yb} folyáshatárának és f_{ub} szakítószilárdságának névleges értékei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány 3.3. táblázatával)

Csavaranyag minősége	**4.6**	**5.6**	**6.8**	**8.8**	**10.9**
f_{yb} [N/mm^2]	240	300	480	640	900
f_{ub} [N/mm^2]	400	500	600	800	1000

4.3.1.2. Előfeszített csavarok

Az előző pontban bemutatott csavarok közül a 8.8 és 10.9 minőségű csavarok előfeszített kapcsolatba építhetők abban az esetben, ha a kapcsolat (a csavarok előfeszítése is) megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 7. referenciacsoportjában található szabványoknak.

4.3.1.3. Szegecsek

Új építésű acélhídba szegecs nem tervezhető.

4.3.1.4. Lehorgonyzó csavarok

A lehorgonyzó csavarok ne rendelkezzenek 640 N/mm^2-nél nagyobb névleges folyáshatárral, és az alábbi szabványcsoportok valamelyikének feleljenek meg:

- MSZ EN 1993-1-8 szabvány 1. referenciacsoportja,
- MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4. referenciacsoportja,
- MSZ EN 10 080 szabvány szerinti betonacélok.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4.3.2. Hegesztőanyagok

Nem szabad olyan hozaganyagot alkalmazni hegesztett kapcsolatokban, amelynek folyáshatára, szakítószilárdsága, szakadónyúlása vagy ütőmunkája rosszabb az alapanyagénál.

Ez alól kivételt képezhetnek az emelt folyáshatárú acélok, (ld.: 7.2.2.2. pont), amennyiben ezt hegesztéstechnológus szakember igazolja.

A felhasznált anyagok és varratok feleljenek meg az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 5. referenciacsoportjában felsorolt előírásoknak.

4.4. Kábelek és egyéb húzott elemek

A 9. fejezet részletesen foglalkozik az acél anyagú húzott szerkezeti elemekkel szemben támasztott követelményekkel. Az előírások olyan húzott elemekre vonatkoznak, melyek szabályozhatók és cserélhetők. Egyéb elemekre (pl. függőhidak függesztő kábelei, utófeszített hidak külső feszítő kábelei) az előírás nem kötelező érvényű, de szabályai irányadónak tekinthetők.

A húzott acélelemekre vonatkozó szilárdsági tulajdonságok a következő szabványokból vehetők:

- acélanyag esetén: jelen előírás 4.1. pontja a (hagyományos) és MSZ EN 1993-1-4 (rozsdamentes),
- feszítőhuzal esetén: MSZ EN 10 264 szabványcsoport,
- sodronykötelek esetén: MSZ EN 12 385 szabványcsoport 4. és 10. kötetei,
- sodronykötélvégek esetén: MSZ EN 13 411-3,
- pászmák esetén: prEN 10 138-1–3.

Tartóssági igények miatt a nominális szakítószilárdsági érték nem lehet nagyobb, mint

- 1860 N/mm^2 körkeresztmetszetű huzalok,
- 1570 N/mm^2 Z-huzalok,
- 1450 N/mm^2 körkeresztmetszetű rozsdamentes huzalok

esetén.

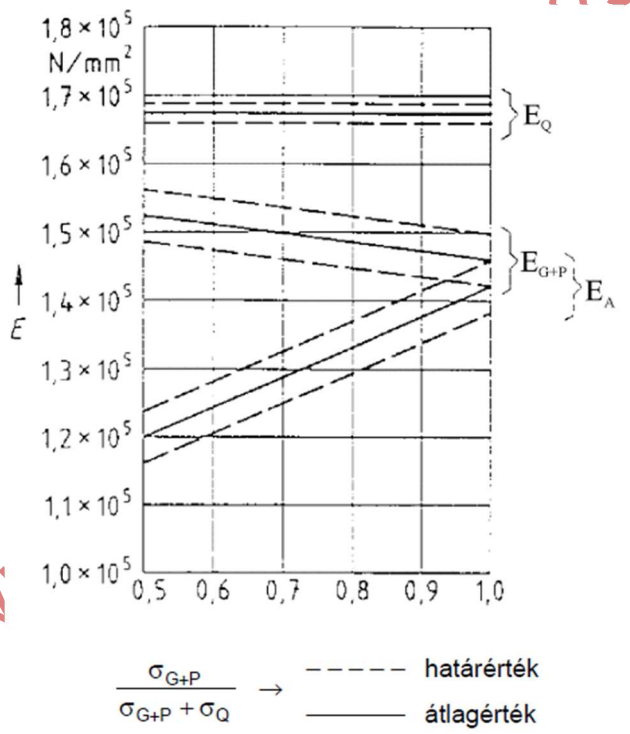
A rugalmassági modulus feszítőrudak esetén 210 GPa-ra vehető fel. Rozsdamentes acéltermékek alkalmazása esetén az MSZ EN 1993-1-4 szabvány elvei irányadók. Pászmák és egyéb összetett termékek esetén figyelembe kell venni, hogy a látszólagos rugalmassági modulus az előállítás módja miatt csökken, és ez a csökkenés a teherszint és a terhelési ciklusok függvénye. Ezek miatt ilyen esetekben javasolt kísérleti alapon meghatározni a rugalmassági modulus értékét. Az erőtani számításokban $F_{\inf}$ és $F_{\sup}$ érték között értelmezett húrmodulust kell alkalmazni, melyet megfelelő számú (legalább öt) terhelési ciklust követően kell meghatározni. Figyelembe kell venni a kúszás hatását is. Rövid próbatestek (elemhossz ≤ 10-szeres sodrási hossz) esetén a kúszás értéke kisebb lesz, mint hosszú kábelek esetén. Pontosabb adatok hiányában a méretre vágás során ez a hatás egy 0,15 mm/m értékű többlet megrövidítéssel vehető figyelembe. Amennyiben a tervezés időpontjában az alkalmazott pászma rugalmassági modulusa nem ismert, abban az esetben a 4.8. táblázat értékeit kell figyelembe venni. Részletesebb vizsgálatért lásd: prEN 10 138-1–3.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4.8. táblázat – Erőtani számításban alkalmazandó E_Q rugalmassági modulus értékek változó teherre (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 3.1. táblázatával)

	Nagyszilárdságú húzott elem	**E_Q [kN/mm²]**	
		acél huzalok	**rozsdamentes acél huzalok**
1	Spirális pászmás kötelek	150 ± 10	130 ± 10
2	Teljesen zárt szerkezetű kötelek	160 ± 10	-
3	Huzalpászmás kötelek magkötéllel (CWR)	100 ± 10	90 ± 10
4	Huzalpászmás kötelek rostos kötélmaggal (CF)	80 ± 10	-
5	Vonalérintkezésű huzalokból álló köteg	205 ± 5	-
6	Vonalérintkezésű pászmákból álló köteg	195 ± 5	-

Teljesen zárt szerkezetű kötelek esetén az E rugalmassági modulus névleges értékeit a *4.3. ábra* mutatja. Ezek a becsült értékek a számított F_{uk} szakítóerő 30 és 40 százaléka között váltakozó terhelés esetén érvényesek.



σ_{G+P} – *az állandó hatások karakterisztikus értékéből származó feszültség,*

σ_Q – *az esetleges hatások karakterisztikus értékéből származó maximális feszültség,*

E_Q – *üzemszerű működési körülményekre vonatkozó tartós tervezési állapotok vizsgálatához alkalmazandó rugalmassági modulus,*

E_{G+P} – *építés idejére vonatkozó ideiglenes tervezési állapot megfelelő erőtani vizsgálatakor, legfeljebb a G+P állandó teherszintig alkalmazandó rugalmassági modulus,*

EA – *méretre vágáshoz alkalmazandó rugalmassági modulus.*

4.3. ábra – Nem előterhelt, teljesen zárt szerkezetű kötelek E rugalmassági modulusa hidak esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 3.1. ábrájával)

Jogszabály 2025. február 4.

A 4.3. ábra esetén a következő feltételezések érvényesek:

- a sodrási hossz nagyobb, mint az átmérő tízszerese,
- a minimális feszültségérték 100 N/mm^2.

A minimális feszültségérték a rugalmas tartomány alsó határa.

Az összetett elemek (pászmák, kábelek) első terhelésük során maradó alakváltozásokat mutatnak, emiatt javasolt előterhelést („előnyújtást”) alkalmazni a beépítést megelőzően, vagy követően, 0,45 σ_{uk} feszültségszintig történő ciklikus terhelés alkalmazásával.

A hőtágulási együttható értéke huzalokra $12 \cdot 10^{-6}\ 1/°\mathrm{C}$, rozsdamentes acél anyagú huzal esetén $16 \cdot 10^{-6}\ 1/°\mathrm{C}$.

Kábelek pontos méretének méretre vágás előtti kijelölése csak úgy történhet, ha egy megfelelő előterhelést működtetünk a kábelen (σ_A). Az összetett elemek (pászmák, kábelek) pontos méretre vágásakor az alábbiakat kell tekintetbe venni:

- a méretrevágás során alkalmazott feszültségszinten (σ_A). és a karakterisztikus állandó terhekből számított feszültségszinten mért nyúlások különbsége,
- a tervezési hőmérséklet (általában $10\ °\mathrm{C}$) és a vágás során mérhető hőmérséklet különbsége,
- kábelek hosszú idejű terhelés miatt bekövetkező kúszása,
- a kábel rögzítése után bekövetkező további nyúlások, miután a kábelrögzítők elhelyezésre kerültek,
- első terhelés során bekövetkező alakváltozások.

Tekintetbe kell venni a lassú alakváltozások időben elhúzódó kialakulását, ezért nagyobb feszítés alkalmazására lehet szükség építési állapotban.

A kábel hosszának kijelölése, valamint a csatlakozó elemek pontos helyzetének bejelölése csak egy előzetesen meghatározott feszítőerő mellett lehetségesek. További ellenőrző pontok kijelölésével lehetőség van a megvalósult alak utólagos ellenőrzésére. A gyártási tűrések az „előnyújtás” és a terhelés-tehermentesítés ciklusok után teljesítendők. Ha a szerkezet érzékeny a terv szerinti alaktól való eltérésre (pl. kúszás miatt), gondoskodni kell megfelelő utólagos beállítás megvalósíthatóságáról.

A kábel és a bilincs közötti, továbbá a saruknál fellépő súrlódási együtthatót a kábel és a kapcsolódó elemek között, gyártó által garantált termékjellemző hiányában, kísérleti alapon kell meghatározni. Ennek során figyelembe lehet venni az átmérő terhelés hatására bekövetkező csökkenését is, ami a súrlódás csökkenéséhez vezethet. A kísérleti alapú vizsgálathoz az MSZ EN 1993-1-11 szabvány A melléklete nyújt segítséget.

Előzetes számításban, horgannyal bevont súrlódó felületeknél az alábbi értékekkel kell számolni:

- zárt sodrott kábeleknél: 0,10,
- sodrott kábelnél: 0,20,
- köteleknél 0,25.

A felületek feldurvítása tilos, mivel megsérülhet a kábel felülete.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4.5. Saruk és dilatációk

Acélhidak sarui és dilatációi feleljenek meg az e-UT 07.03.11/M1 útügyi műszaki előírásban található követelményeknek.

4.6. Egyéb hídtartozékok

A tervezés során tekintetbe kell venni, hogy a csatlakozó hídtartozékok (védőkorlátok, mellvédek stb.) is feleljenek meg a műszaki előírásoknak. A burkolati rendszer és technológia feleljen meg vonatkozó e-UT szabályozásoknak.

4.7. Tartósság

Tartósság szempontjából az alapelveket és követelményeket (pl. kialakítás, korrózióvédelem, szigetelés) az e-UT 07.01.11 előírás tartalmazza. (Lásd még: MSZ EN 1993-1-1 szabvány 2.1.3.3. szakasza [2])

tartalmazza.

Azokat a szerkezeti részleteket, melyek korróziónak, fáradásnak vagy elhasználódást okozó mechanikai hatásnak vannak kitéve, úgy kell tervezni, hogy hozzáférhetők, időszakonként felülvizsgálhatók legyenek, fenntartásuk és javításuk megbízhatóan végrehajtható legyen.

A megfelelő fáradási élettartamot megfelelő szerkezeti kialakítással, jelen előírás 8. fejezete alapján elvégzett fáradásvizsgálattal, valamint a 10. fejezet alapján elvégzett használhatósági vizsgálattal lehet elérni. Emellett megfelelő anyagválasztás és a gyártástechnológia MSZ EN 1090 szabványsorozat szerinti alkalmazása is szükséges.

4.8. Numerikus modellben alkalmazandó anyagmodellek

A numerikus vizsgálatokhoz alkalmazandó anyagi paraméterek értékét karakterisztikus értékként kell kezelni.

Numerikus kísérletek elvégzéséhez az anyagi paraméterek értékét vagy kísérletekből, vagy szakirodalmi ajánlások alapján kell felvenni.

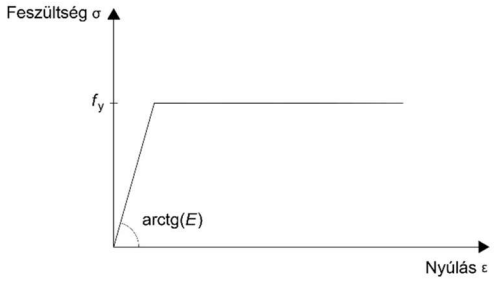
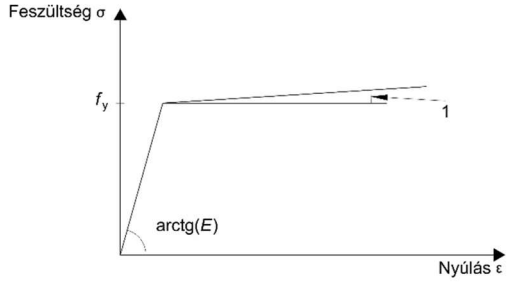
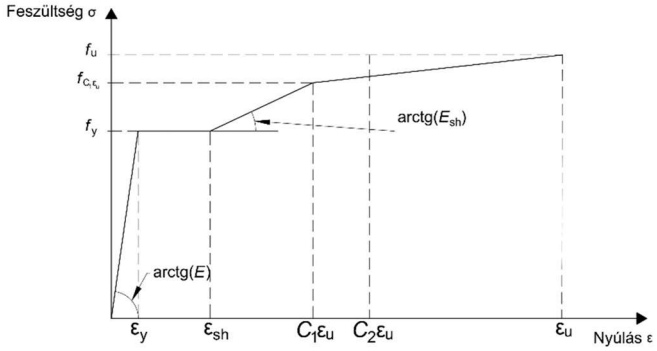
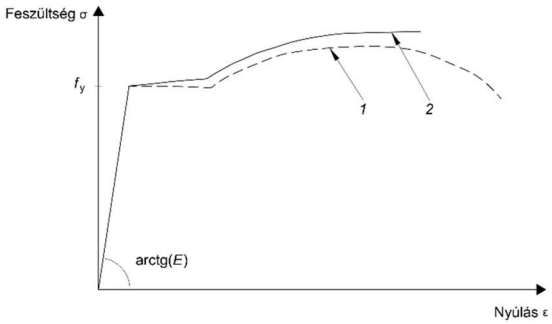
Az erőtani vizsgálattal szemben támasztott pontossági követelmények és a megengedett alakváltozási szintek alapján az anyagi viselkedés különböző közelítései alkalmazhatók a numerikus modellekben (*4.9. táblázat*):

- rugalmas-képlékeny anyagmodell felkeményedés nélkül,
  vagy igen csekély felkeményedéssel,
- négy szakaszt tartalmazó anyagmodell felkeményedéssel,
- anyagvizsgálati eredményeken alapuló anyagmodellek akár mérnöki,
  akár valós feszültség-alakváltozás diagramok alkalmazásával.

Az anyagállandók értékeit részletesebb adatok híján a 4.2.6. és 4.4. pontok alapján kell felvenni.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

4.9. táblázat – Melegen hengerelt acéltermékek anyagmodelljei (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány C2. ábrájával)

a) egyszerű rugalmas-képlékeny anyagmodell		 1 arctg(E/10000) vagy hasonlóan alacsony érték
b) négy szakaszú felkeményedő anyagmodell		
c) valós mérésen alapuló anyagmodell	 1 mérnöki σ-ε diagram	2 valós σ-ε diagram

Jogszabály

5. ERŐTANI VIZSGÁLAT

5.1. A tartószerkezet modellezése az erőtani vizsgálathoz

5.1.1. A tartószerkezet modellezése, alapfeltevések

A szerkezeti analízis alatt az igénybevételek és elmozdulások meghatározását értjük. A szerkezeti analízis fogalmába beleértjük a statikai modell felvételét is, mely számos előzetes megfontolást és számítást is igényelhet.

Általános követelmény, hogy a statikai modell és a számítások végrehajtása reális legyen, azaz hogy a kiszámolt belső erők, feszültségek tükrözzék a szerkezet tényleges viselkedését. Figyelembe kell venni a keresztmetszetek, rúdelemek, csomópontok és támaszok viselkedését. A modellezés szintjét, részletességét a vizsgált határállapothoz kell illeszteni, minden esetben összhangban kell kezelni a tervezési feltételezésekkel, aminek biztosítása minden esetben a tervező mérnök feladata és felelőssége. Húzott elemeket tartalmazó szerkezetek speciális esetekre vonatkozó részletes feltételezéseiért még az MSZ EN 1993-1-11 szabványt.

Egyéb részletekért lásd az e-UT 07.01.12 előírást.

5.1.2. Csomópontok modellezése

A hagyományosan csuklósnak vagy merevnek tekintett csomóponti viselkedést jelen előírás többféle szempont szerint kategorizálja:

- a csomópont merevsége alapján lehet: (névlegesen) csuklós, félmerev vagy merev,
- a csomópont teherbírása szerint lehet: (névlegesen) csuklós, részleges teherbírású vagy teljes teherbírású (egyenteherbírású),
- az igénybevétel-számításra gyakorolt hatása szerint a csomópont modellje lehet: egyszerű, félfolytonos vagy folytonos.

Hidak esetén a csomópontok típusának és modellezésének olyannak kell lennie, amely biztosítja a megkövetelt fáradási élettartamot. A 8. fejezetben megadott fáradási kategóriák szerinti merev csomópontok alkalmazhatók hidak elemei között, kivéve a sarukat, csuklós kapcsolatokat és kábeleket.

További részletes utasításokat jelen előírás 7.3. pontja ad.

5.1.3. A tartószerkezet és a talaj kölcsönhatása

Amennyiben a támaszmozgások várható mértéke jelentős hatás gyakorol a szerkezet erőjátékára, viselkedésére, azokat számításba kell venni. Részletes szabályok erre vonatkozóan az e-UT 07.01.12 előírásban találhatók.

5.1.4. Lemezes szerkezetek modellezése

5.1.4.1. Lemezes szerkezetek modellezése az erőtani vizsgálatokban

Lemezes szerkezetek esetén figyelembe kell venni a nyírási torzulás és a lemezelemek rugalmas horpadásának hatását a globális erőtani vizsgálatban.

A nyírási torzulás hatása a globális vizsgálat során az egyszerűség kedvéért egy támaszközönként állandó hatékony keresztmetszettel vehető figyelembe. Ennek meghatározása során az övlemez szélességét a támaszköz (konzol esetén a konzolhossz kétszeresének) nyolcada és a tényleges lemezszélesség közül a kisebbre kell felvenni.

A rugalmas lemezhorpadás hatását egy, az előzőektől eltérő hatékony keresztmetszettel kell figyelembe venni az erőtani számítás során. A lemezhorpadás miatti csökkentés hatása a merevségre elhanyagolható, ha minden lemezelemre igaz, hogy az ott alkalmazandó csökkentő

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

tényező (meghatározását a 6.2.3. pontban) nem kisebb, mint 0,5. Ha a merevségcsökkenést figyelembe kell venni, akkor a 6.2.4. pont szerint kell eljárni.

Hullám- vagy trapézlemez gerinc esetén csak az övlemezek vehetők figyelembe a hajlítási merevség meghatározásakor, a gerinc csak a nyíróerők és a keresztirányú erők esetén tekinthető dolgozónak.

Változó keresztmetszetű vagy olyan elemek, melyekben a gerinclemezen nagy áttörések vannak, végeselemes módszerrel vizsgálhatók (MSZ EN 1993-1-5 szabvány B és C melléklete).

5.1.4.2. Lemezes szerkezetek ellenőrzési módja a különböző határállapotokban

Teherbírási határállapotban végzett ellenőrzések során a rugalmas lemezhorpadást kétféle módon lehet figyelembe venni: egyrészt a hatékony keresztmetszetek elve szerint (ez a magasabb feszültségszint miatt eltérhet a korábban említettől, meghatározásához a 6.2.3. pontot), másrészt a redukált feszültségek módszerét alkalmazva (ld. a 6.5.4. pont). Teherbírási állapotban a nyírási torzulás hatását az 5.6.3. pont szerint kell figyelembe venni. A nyírási torzulás és a rugalmas lemezhorpadás teherbírási határállapotban figyelembe veendő egymásra hatására szintén az 5.6.3. pont ad utasítást.

Használhatósági és fáradási határállapotban elegendő csak a nyírási torzulás hatását figyelembe venni, ha a fenti, lemezhorpadási csökkentő tényezőre vonatkozó 0,5-es feltétel teljesül. Ebben az esetben az 5.6.2. pont előírásai a mértékadók.

5.1.5. Hibrid tartók

Hibrid tartók esetén (ha az egyes lemezelemek nem ugyanolyan anyagminőségű alapanyagból készültek) az övlemez folyáshatára f_{yw}-től $\phi_h f_{yw}$-ig terjedhet ($\phi_h = 2$), ha a számításban figyelembe veszik a gerincben ébredő feszültség felső határát (f_{yw}) és a gerinc hatékony területét (6.2.3. pont) f_{yf} segítségével határozzák meg. Ha a hibrid tartó megfelel ezeknek a feltételeknek, a gerinc képlékenyedése miatt bekövetkező többlet alakváltozásokat nem kell külön számításba venni használhatósági és fáradási vizsgálatokban, vagyis homogén tartóként számítható a szerkezet. A fáradásvizsgálat során ezen tartók feszültségtartományi határa 1,5f_{yf}-re vehető fel.

5.2. Globális erőtani vizsgálat

5.2.1. A tartószerkezet megváltozott alakjának hatásai

A szerkezeti analízist általánosan az e-UT 07.01.12 előírás ismerteti, jelen előírásban az acélszerkezetek körében alkalmazható technikákra összpontosítunk. Másodrendű számítás mindig alkalmazható, elsőrendű csak akkor, ha a másodrendű hatások elhanyagolhatók, ami a következő feltétel fennállása esetén tekinthető igaznak:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \begin{cases} \geq 10, \text{ rugalmas számítás esetén} \\ \geq 15, \text{ képlékeny számítás esetén} \end{cases}$$

ahol:

α_{cr} – a kritikus teherparaméter értéke,

F_{cr} – az adott (tervezési) teherelrendezés kritikus intenzitásának értéke, figyelembe véve a teljes szerkezetre kiterjedő globális stabilitásvesztési módot,

F_{Ed} – a (tervezési) teherintenzitás.

Általánosan elmondható, hogy a szerkezeti analízisben minden olyan hatást figyelembe kell venni, amely jelentősen befolyásolja az igénybevételeket. Ezek között a hatások között kell megemlíteni a hídszerkezetek körében gyakran mértékadó nyírási torzulást (az ún. „shear lag”, az 5.6. pontban), a rugalmas lemezhorpadást (5.4.32. és 6.2.3. pontok), a másodrendű hatásokat, a kapcsolatok

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

karakterisztikájának figyelembevételét, az imperfekciókat stb. Melegen hengerelt vagy egyenértékű hegesztett keresztmetszetek esetén a nyírási torzulás elhanyagolható.

5.2.2. Keretek stabilitása

Az imperfekciókat és másodrendű hatásokat figyelembe kell venni keretek vagy keretrészek stabilitásának ellenőrzésekor a következő módszerek valamelyikével:

a) mindkettőt a globális erőtani vizsgálatba beépítve,

b) részben a globális erőtani vizsgálattal, részben az egyes rúdelemeknek a 6.3. pont szerinti stabilitásvizsgálataival,

c) alapesetekben az egyes helyettesítő rúdelemeknek a 6.3. pont szerinti stabilitásvizsgálataival, a tartószerkezet globális stabilitásvesztési módjának megfelelő kihajlási hosszak alkalmazásával.

A tartószerkezetnek megfelelő számítási eljárás választandó a másodrendű hatások vizsgálatára (ezek között értve a növekményes vagy más iterációs eljárásokat). Abban az esetben, ha egy szerkezet esetén az első kilengő mód domináns, elsőrendű rugalmas vizsgálatot kell végezni, és a normálerő kivételével a meghatározott igénybevételeket egy megfelelő tényezővel meg kell növelni:

$$\frac{1}{1-\frac{1}{\alpha_{cr}}}$$

A fentebb említett módszerek alkalmazása esetén az egyes rúdelemek stabilitását a következők szerint kell ellenőrizni:

- Ha az a) pontban leírt módszert alkalmazzuk, vagyis a rúdelemekben fellépő másodrendű hatásokat és az imperfekciókat a szerkezeti analízisben teljes mértékben számításba vesszük, a rúdelemeknek csak a szilárdsági ellenőrzésére van szükség a 6.2. pont szerint. A 6.3. pont szerinti stabilitásvizsgálatára nincs szükség, mivel a stabilitásvesztés hatását a szerkezeti analízis eredményei (az igénybevételek és elmozdulások) már tartalmazzák.
- Ha a b) pontban leírt módszert alkalmazzuk, vagyis egyes rúdelemekben fellépő másodrendű hatásokat vagy bizonyos imperfekciókat (pl. kihajlási vagy kifordulási imperfekciók, 5.3.4. pont) a szerkezeti analízisben nem veszünk figyelembe teljes mértékben, akkor az egyes rúdelemek stabilitásvizsgálatát végre kell hajtani a 6.3. pont szerint mindazon hatásokra, amelyeket az analízis nem vett számításba. Ekkor azokat az igénybevételeket kell alkalmazni, melyek a tartószerkezetnek a globális másodrendű hatásokat, valamint a globális imperfekciókat (lásd az 5.3.2. pontot) figyelembe vevő globális erőtani vizsgálatából számíthatók. Ebben az esetben a stabilitásvesztéshez tartozó kihajlási hossz a számításokban a hálózati hossz legyen.
- Ha a keret stabilitásának ellenőrzését a 6.3. pont szerint, a helyettesítő oszlop módszerével végezzük [ez lényegében a c) pontnak megfelelő eljárás], a kihajlási hossz meghatározása során figyelembe kell venni a keret globális stabilitásvesztési alakját, tekintettel a rúdelemek és csomópontok merevségeire, a képlékeny csuklók jelenlétére, valamint a terhek tervezési értékéből származó nyomóerők eloszlására. Ezzel az eljárással az ellenőrzéshez használt igénybevételeket elsőrendű elmélettel, imperfekciók figyelembevétele nélkül kell számítani.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

5.3. Imperfekciók

5.3.1. Alapelvek

Jelen pont alapvetően magas épületek imperfekciós terheit írja le, ugyanakkor megfelelő analógiák mentén a közúti hídszerkezetek körében is (például pilonoknál) alkalmazható/alkalmazandó előírásokat tartalmazhat.

Jelen előírás külön foglalkozik a keretszerkezet stabilitási vizsgálataihoz szükséges imperfekciókkal, továbbá azokkal, amelyek egy tartószerkezet (vagy szerkezeti elem) merevítőrendszerének vizsgálatához alkalmazandók.

További csoportosítási lehetőség imperfekciók tekintetében a globális vagy lokális jelleg. (Ez utóbbi csoportosítás csak egy adott szerkezeti egységen belül értelmezhető.) Globálisnak azokat az imperfekciókat mondjuk, melyek a vizsgált szerkezeti egység egészén értelmezendők, míg lokális imperfekciónak csak helyi hatása van, így az egész egység erőjátékát, elmozdulásait stb. nem befolyásolják. Jelen szakaszban szerkezeti egységnek a keretszerkezetet tekintjük, így lokális imperfekció például a rúd görbesége, globális imperfekció pedig a keret kilengő jellegű elmozdulási alakja. Bármilyen imperfekciókról is van szó, mind geometriai jellegű (kezdeti alakhiba), mind teher jellegű (imperfekciós teher) megadási módra lehetőség van.

Általános esetben a szerkezeti analízis tartalmazza az imperfekciók hatásait (maradó feszültségek, valamint geometriai imperfekciók: az egyenestől való eltérés, a rúd- vagy lemezelemek görbesége, illeszkedési pontatlansága, valamint a terheletlen tartószerkezet csomópontjainak az MSZ EN 1090-2 szabvány szerinti mérvadó gyártási pontatlanságot meghaladó külpontossága). Az 5.3.2. és 5.3.3. pontok szerinti imperfekciók helyettesítő geometriai imperfekciók, vagyis ezek mindenfajta imperfekció lehetséges hatását tükrözik, kivéve azokat a hatásokat, amelyek a rúdelemek ellenállási formuláiban vannak figyelembe véve (5.3.4. pont). Az alkalmazandó maximális amplitúdó/teherintenzitás ennek figyelembevételével került megállapításra. Az 5.3.5. pont a lemezes szerkezetek imperfekcióit írja le. Mindazokat az imperfekciókat figyelembe kell venni, amelyek a lehetséges tönkremeneteli módoknak megfelelnek.

Az imperfekciók alkalmazásának módját az erőtani vizsgálatban az 5.2.2. pont alapján lehet eldönteni. Merevítőrendszerek vizsgálatához mindenképpen szüksége van az azokat terhelő imperfekciókra, itt döntési helyzet nincs.

5.3.2. Imperfekciók globális erőtani vizsgálathoz

5.3.2.1. Globális imperfekció

Nem kell figyelembe venni globális imperfekciót, ha a szerkezetre nagy vízszintes terhek hatnak, vagyis ha a függőleges terhek15 százalékát meghaladja a vízszintes teher intenzitása.

Amennyiben figyelembe kell venni a globális geometriai imperfekciót, sajátalak-alapú eljárás alkalmazása javasolt az 5.3.2.3. pont szerint, amely a globális és lokális imperfekciókat is figyelembe veszi. Ha a kezdeti alakhibát nem sajátalak szerint vesszük fel, akkor a globális jellegű imperfekciók meghatározásakor a szerkezet terheletlen alakjának (vagyis a terv szerinti alakjának) kezdeti, általában a függőlegestől mért ferdeségét kell venni:

$$\phi_0 = 1/200$$

5.3.2.2. Lokális imperfekció

A rúdelemek lokális imperfekciójaként alapvetően egy kezdeti görbeséget kell alkalmazni. Ennek alkalmazására lehetőség van (5.2.2. pont), ugyanakkor a másodrendű hatásokra érzékeny szerkezetek (5.2.1. pont) nagy normálerővel terhelt elemeinek esetén alkalmazása kötelező, ha az elem legalább egyik vége nyomatékbíró módon kapcsolódik a szerkezethez. A nagy normálerőre vonatkozó kritérium az alábbi egyenlőtlenség teljesülése esetén áll fenn (gyakorlati szempontból igen ritkán teljesül):

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$$N_{Ed} > 2{,}467\frac{EI}{L^2}$$

ahol:

EI – az adott síkban értelmezett hajlítási merevség,

L^2 – az elem hossza,

N_{Ed} – az elemben fellépő normálerő tervezési értéke.

Amennyiben lokális imperfekciót alkalmazunk, a görbeség maximális amplitúdóját az 5.1. táblázatból lehet meghatározni az adott keresztmetszethez érvényes kihajlási görbe (6.3.1.2. pont) függvényében. A görbeség alakja szinuszhullám legyen, így a maximális amplitúdó az elem közepén alakul ki, ami jellemzően a legnagyobb kihasználtságot eredményezi.

5.1. táblázat – Az e_0/L kezdeti lokális görbeség tervezési értékei rúdelemek esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.1. táblázatával)

kihajlási görbe	**rugalmas számítás**	**képlékeny számítás**
(ld. 6.3.1.2. sz.)	**e_0/L**	**e_0/L**
a_0	1/350	1/300
a	1/300	1/250
b	1/250	1/200
c	1/200	1/150
d	1/150	1/100

Helyettesítő imperfekciós teher esetén egy egyensúlyi erőrendszert kell alkalmazni, annak érdekében, hogy igénybevétel a csatlakozó szerkezeti elemekre ne adódjon át. Ennek megfelelően a helyettesítő teher egy keresztirányú egyenletesen megoszló teherből és két, a megoszló terhet egyensúlyozó koncentrált erőből áll *(5.1. ábra):*

$$q = \frac{8N_{Ed}}{L^2}e_{0,d}$$

ahol:

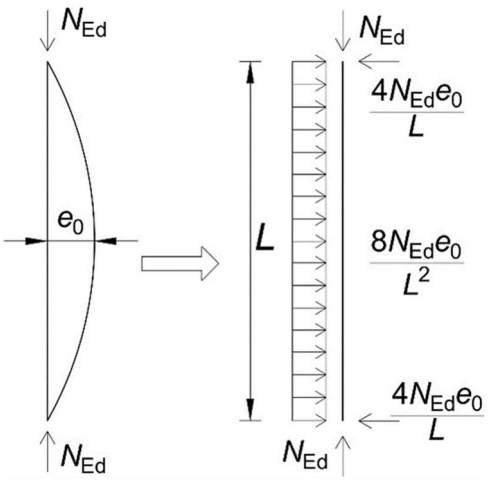
L – az adott elem hossza,

N_{Ed} – az adott elemben fellépő normálerő,

$e_{0,d}$ – közelítőleg vehető az 5.1. táblázatból, vagy pontosabban az 5.3.2.3. pont alapján.

Változó normálerővel terhelt szerkezeti elem esetén javasolható a maximális normálerő alkalmazása.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



5.1. ábra – Kezdeti imperfekciók helyettesítése vízszintes erőkkel (lokális imperfekciók) (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.4. ábrájával)

Amennyiben kiforduláshoz tartozó imperfekciók alkalmazása is felmerül, az helyettesíthető a gyenge tengely körüli görbeséggel, elcsavarodás figyelembevétele nélkül. Legtöbb esetben az imperfekció amplitúdójaként a $0{,}5e_{0,d}$ érték javasolható. Fontos azonban, hogy rúdelemek alkalmazása esetén csak olyan végeselemes modellel lehet megfelelő eredményre jutni, mely képes a gátolt csavarás hatását is figyelembe venni.

Hasonlóan a globális imperfekciókhoz, egy teherkombinációban csak egy irányban működő lokális imperfekciót kell figyelembe venni (erős tengely körüli kihajlás vagy gyenge tengely körüli kihajlás és kifordulás), ezt viszont az esetlegesen alkalmazott globális imperfekcióval együtt.

5.3.2.3. Sajátalak-alapú imperfekció

Lehetőség van sajátalak-alapú imperfekciós alak felvételére, mely egyesíti a lokális és globális imperfekciók hatását. Javasolt ennek a vizsgálati módszernek az alkalmazása az erőtani vizsgálat során. A megfelelő eredmény elérése érdekében a sajátalak megfelelő skálázására van szükség az alábbi összefüggés szerint:

$$\eta_{init} = e_{0,d}\frac{1}{\bar{\lambda}^2}\frac{N_{Rk}}{EL\acute{\eta}_{cr,\max}}\eta_{cr}$$

ahol:

EI – a hajlítási merevség a kritikus keresztmetszetben,

η_{cr} – jelöli az első globális (kilengő) sajátalakot,

$\acute{\eta}_{cr}$ – jelöli a sajátalak (függvény) második deriváltját a kritikus keresztmetszetben,

$$e_{0,d} = \alpha\left(\bar{\lambda} - 0{,}2\right)\frac{M_{Rk}}{N_{Rk}}\frac{1 - \frac{\chi\bar{\lambda}^2}{\gamma_{M1}}}{1 - \chi\bar{\lambda}^2}$$

α – a kihajlási görbéhez tartozó alakhiba tényező (6.8. táblázat),

M_{Rk}, N_{Rk} – a kritikus keresztmetszet nyomatéki és normálerő ellenállása (keresztmetszeti osztálytól függően),

γ_{M1} – stabilitásvesztési jelenségekhez tartozó parciális tényező,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

χ – a kihajlási csökkentő tényező értéke, a megfelelő kihajlási görbe alapján meghatározva,

$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}}$ – a szerkezet viszonyított karcsúsága,

α_{cr} – a kritikus teherparaméter (5.2.1. pont),

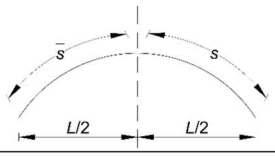
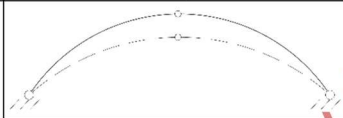
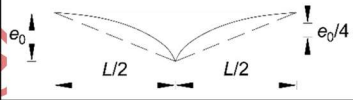
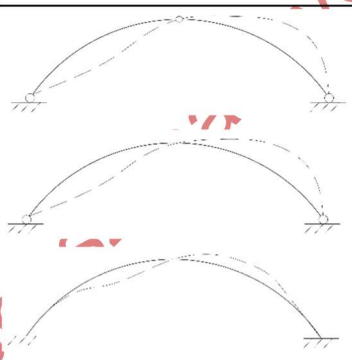
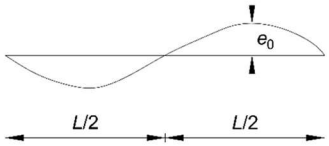
$\alpha_{ult,k}$ – az a legkisebb teherszorzó, amelynek alkalmazásával a szerkezet valamely keresztmetszetében a normálerő értéke éppen elérné az adott keresztmetszet képlékeny normálerő-ellenállását.

$\bar{\lambda}$ számítását az elsőrendű szerkezeti analízisből meghatározott normálerőábra alapján lehet elvégezni. A kritikus keresztmetszet az a keresztmetszet, amelyben az imperfekt, másodrendű számítás során a legnagyobb kihasználtság adódik. Reguláris szerkezetek esetén ez a keresztmetszet megegyezik a sajátalakból mint kinematikai teherből számítható leginkább kihasznált keresztmetszettel. A számítás kézzel nehezen kivitelezhető, de számítógéppel könnyen automatizálható.

5.3.2.1. Ívhidak imperfekciói

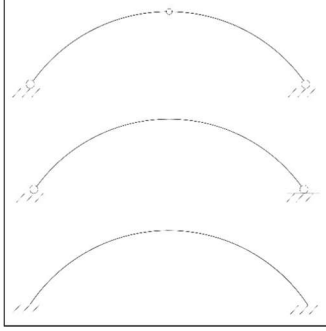
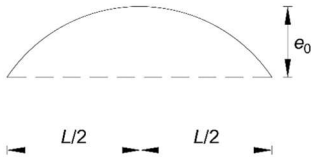
Alapvetően a sajátalak-alapú imperfekciók alkalmazása javasolt, az 5.3.2.3. pontnak megfelelően. Amennyiben mégsem ez a számítási mód került kiválasztásra, úgy az ív síkjában értelmezett kezdeti görbeséget az *5.2. táblázat* adja meg, a síkra merőlegeset pedig az *5.3. táblázat*.

5.2. táblázat – Imperfekciók alakja és maximális értékei az ív síkjában bekövetkező kihajlás esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D8. táblázatával)

	1.	2.	3.			
		az imperfekció alakja (szinusz vagy parabola)	e_0 attól függően, hogy a keresztmetszethez melyik kihajlási görbét alkalmazzák			
			a	b	c	d
1			$\frac{s}{300}$	$\frac{s}{250}$	$\frac{s}{200}$	$\frac{s}{150}$
2			$\frac{L}{600}$	$\frac{L}{500}$	$\frac{L}{400}$	$\frac{L}{300}$

Jóváhagyva a szabványosítási munkacsoport ülésén 2025. február 4.

5.3. táblázat – Imperfekciók alakja és maximális értékei az ív síkjára merőleges kihajlás esetében (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D9. táblázatával)

1.	2.	3.				
	az imperfekció alakja (szinusz vagy parabola)	e_0 attól függően, hogy a keresztmetszethez melyik kihajlási görbét alkalmazzák				
			a	b	c	d
		$L \leq 20$ m	$\frac{L}{300}$	$\frac{L}{250}$	$\frac{L}{200}$	$\frac{L}{150}$
		$L > 20$ m $L_1 = \sqrt{20L[\mathrm{m}]}$	$\frac{L_1}{300}$	$\frac{L_1}{250}$	$\frac{L_1}{200}$	$\frac{L_1}{150}$

5.3.3. Imperfekciók merevítőrendszerek erőtani vizsgálatához

Merevítőrendszerek vizsgálatához alkalmazott imperfekciók célja, hogy a merevítő szerkezetben a merevített szerkezet stabilitásvesztési hajlama miatt kialakuló igénybevételt meghatározzuk. Vagyis az alkalmazandó teher a merevített szerkezeten működik, de a vizsgált elemek nem ezek lesznek. A vizsgálatokat nem lehet elhagyni más típusú analízis alkalmazásával, mint ahogy az előző szakaszban láttuk, azokat mindig el kell végezni a merevítőrendszer megfelelő méretezése érdekében.

5.3.3.1. Nyomott elemek merevítőrendszerének imperfekciója

Geometriai imperfekcióként kezdeti görbeséget kell alkalmazni (*5.2. ábra*), melynek amplitúdója:

$$e_0 = \alpha_m L/500$$

ahol:

L – a merevítőrendszer hossza,

α_m – módosító tényező az 5.3.2.1. pont szerint, de most m a megtámasztott elemek száma.

Fenti összefüggéssel meghatározott kezdeti görbeséget az összes merevített elemre alkalmazni kell. Ez azt is jelenti, hogy a vizsgálat elvégzéséhez térbeli statikai modellre van szükség, hogy a szerkezet nagyobb egységét (akár az egész szerkezetet) tartalmazza.

Hasonlóan a lokális imperfekcióhoz, az imperfekciós terhet itt is egy egyenletesen megoszló teherrel lehet felvenni, melynek értéke:

$$q_d = \sum_{i=1}^{m} N_{Ed,i}\, 8 \frac{e_0 + \delta_q}{L^2}$$

ahol:

e_0 – a korábban definiált görbeség amplitúdója,

δ_q – a merevítőrendszer q_d-ből és a külső erőkből származó lehajlása elsőrendű elmélettel számítva (másodrendű elmélet alkalmazása esetén értéke 0),

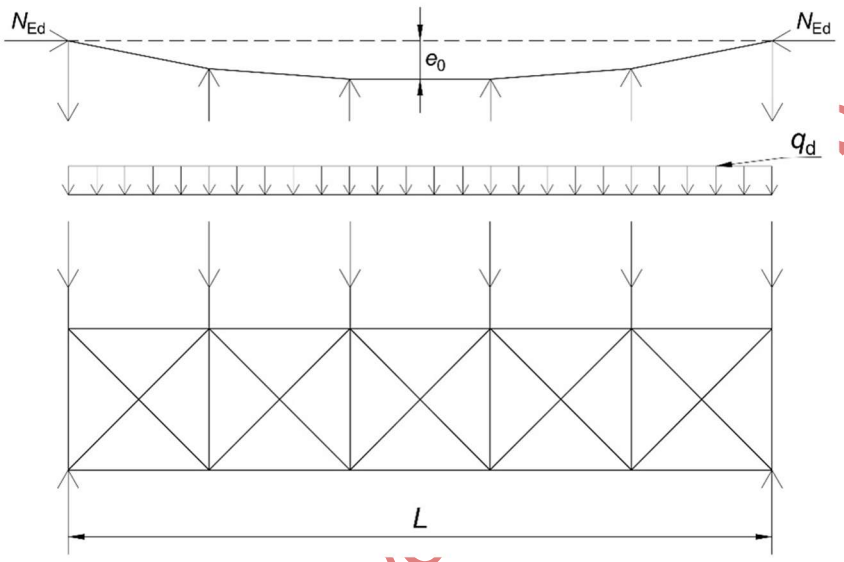
N_{Ed} – a merevített elemben fellépő nyomóerő tervezési értéke.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február

Fenti összefüggésben az összegzést mindazon elemekre ki kell terjeszteni, amelyeket a vizsgált merevítőrendszer megtámaszt. Ebből következően egyetlen teher helyettesíti az imperfekció hatását, így a számítás során egy kisebb, lényegében csak a merevítőrendszerre korlátozódó modell alkalmazása is elégséges, hiszen egy kisebb modellen is meg lehet határozni az összegzett imperfekciós teher hatását.

Amennyiben hajlítónyomatékkal terhelt szerkezeti elemet támaszt meg a merevítőrendszer, úgy az N_{Ed} értékét úgy lehet meghatározni, hogy a nyomott övben ébredő nyomóerőt a nyomaték és a tartómagasság hányadosaként számítjuk, és ezt helyettesítjük be a képletbe. Amennyiben normálerő is terheli az elemet, annak csak a nyomott övre jutó részét kell számításba venni.

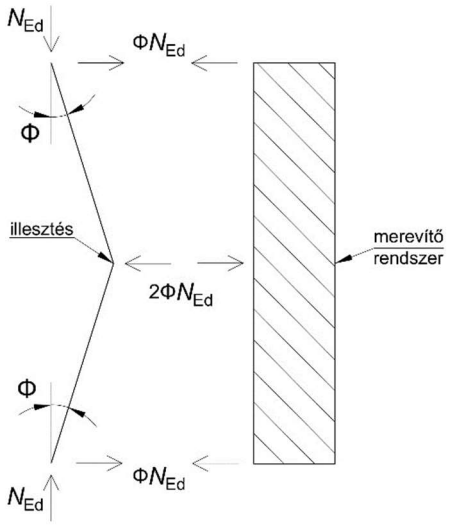
Az imperfekció hatását figyelembe kell venni az összes érintett szerkezeti elemben.



5.2. ábra – Helyettesítő stabilizálóerő (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.6. ábrájával)

5.3.3.2. Illesztések hatása

Illesztés esetén ellenőrizni kell, hogy a merevítőrendszer képes-e a minden illesztett elemről átadódó $\alpha_m \cdot N_{Ed}/100$ nagyságú koncentrált erőt is elviselni. Ennek ellenőrzésekor nem kell figyelembe venni a merevítőrendszert terhelő imperfekciós terhet, de a többi terhet igen.



5.3. ábra – A merevítőrendszerre a nyomott rúdelemek illesztéseinél átadódó erők (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.7. ábrájával)

Jogszabályi véleményezés

5.3.4. Rúdelemek imperfekciói

Amennyiben csökkentő tényezős eljárás szerint méretezzük a rúdelemeket [5.2.2. c) pontja], az alkalmazandó kihajlási görbék tartalmazzák az imperfekciók hatását (6.3. pont). Ha az a) vagy a b) módszert követjük, a nyomott rúdelemekre vonatkozó imperfekciót az 5.3.2.2. pont szerint kell felvenni. Az 5.3.2.1. pontban bemutatott, a födémtárcsákat terhelő imperfekció figyelembevételére is szükség lehet.

5.3.5. Lemezes szerkezetek imperfekciói

Amennyiben szükség van imperfekciók alkalmazására lemezes szerkezetek végeselemes számítása során, akkor a figyelembe vett imperfekciók mind a geometriai, mind a szerkezeti imperfekciókat foglalják magukba. A geometriai imperfekciók figyelembe vehetők a kritikus lemezhorpadási alakok szerint, azokat a geometriai gyártási tűrések 80 százalékára skálázva. Szerkezeti imperfekcióként sajátfeszültségek alkalmazhatók, amelyek a gyártási folyamatból következő eloszlással és várható (átlagos) intenzitással vehetők számításba.

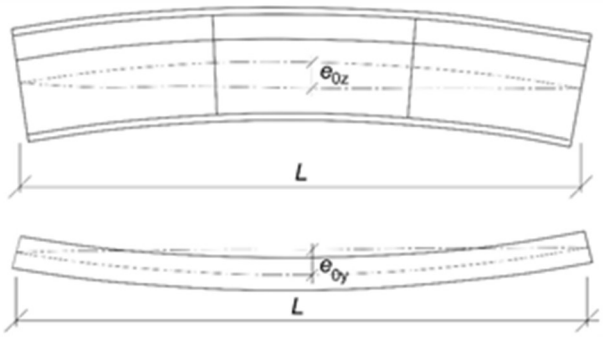
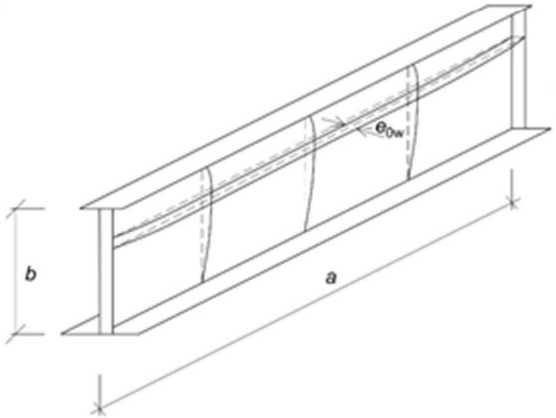
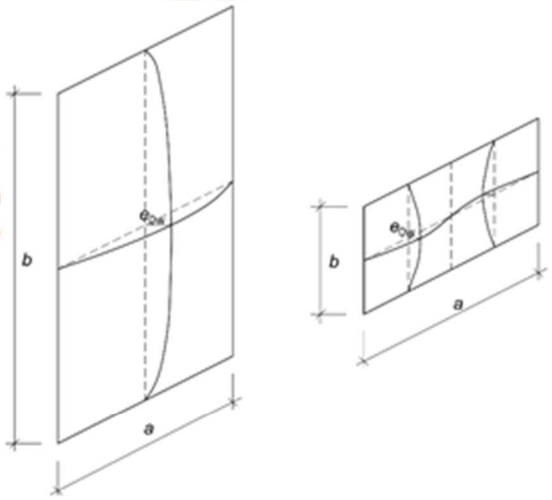
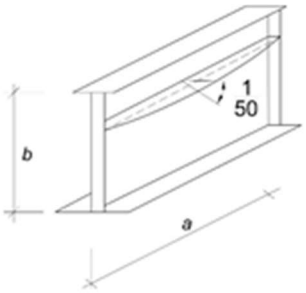
Amennyiben ezek a pontosabb vizsgálatok nem kerülnek elvégzésre, helyettesítő geometriai imperfekciót is lehet alkalmazni, mely magában foglalja mindkét fenti hatást. A különböző helyettesítő imperfekciók típusát és amplitúdóját az *5.4. táblázat* adja meg. Az alak tekintetében az *5.4. ábra* mérvadó. A helyettesítő geometriai imperfekciók alakhibaként, valamint megfelelő terhek alkalmazásával (melyek a várt deformációkat okozzák) is elhelyezhetők a szerkezeten. Annyi imperfekciókombinációt kell képezni, ahány imperfekciótípus az adott szerkezeten alkalmazandó. Mindegyik kombinációban más-más kezelendő kiemelt imperfekcióként, a többi imperfekció pedig egyidejűnek tekintendő, ezek mindegyikét 70 százalékra csökkentett értékkel lehet a modellre helyezni. A szerkezet teherbírását az egyes imperfekciókombinációk közül a legkisebb eredményt adó fogja megszabni.

Az alkalmazott imperfekciók iránya olyan legyen (ha nem egyértelműen definiált), hogy az a legkisebb ellenállást eredményezze.

5.4. táblázat – Helyettesítő geometriai imperfekciók (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány C2. táblázatával)

A helyettesítő imperfekció típusa	Komponens	Alak	Érték
globális	L hosszúságú szerkezeti elem	oldalirányú hasasodás	az 5-1. táblázat szerint
globális	a hosszúságú hosszborda	oldalirányú hasasodás	min(a/400, b/400)
lokális	a vagy b rövid fesztávolságú lemezmező vagy almező	horpadási alak	min(a/200, b/200)
lokális	elcsavarodásra hajlamos merevítőborda vagy övlemez	elcsavarodási "hasasodás"	1/50

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Az imperfekció típusa	Komponens
L hosszúságú szerkezeti elem globális imperfekciója	
a hosszúságú hosszborda globális imperfekciója	
lemezmező vagy almező lokális imperfekciója	
elcsavarodásra hajlamos merevítőborda vagy övlemez lokális imperfekciója	

5.4. ábra – A helyettesítő geometriai imperfekciók modellezése (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány C1. ábrájával)

Jogszabályi vélem ruár 4.

5.4. Anyagi nemlinearitásokat figyelembe vevő erőtani vizsgálati módszerek

5.4.1. Általános elvek

Tartós és ideiglenes tervezési állapotban a hídszerkezetek csak rugalmas globális erőtani számítás alapján méretezhetők, azonban keresztmetszeti ellenállások képlékeny alapon is számíthatók. Abban az esetben, ha rendkívüli hatások miatt a híd egyes részei károsodnak, rendkívüli hídvizsgálat eredményeire támaszkodva lehetséges képlékeny erőtani számítást alkalmazni. Szintén lehetőség van képlékeny vizsgálatot végezni tervezett rendkívüli állapot esetén (pl. kábelcsere). Ebben az esetben feltételezhető, hogy a keresztmetszetek nyomaték-elfordulás diagramja lineárisan rugalmas – tökéletesen képlékeny. Nagy folyáshatárú acélok képlékeny erőtani vizsgálata esetén csak olyan nemlineáris képlékeny erőtani vizsgálati eljárás alkalmazható, mely a rúdelemek részleges képlékenyedését veszi figyelembe a képlékeny zónákban. Nem alkalmazhatók ebben az esetben tehát a rugalmas-képlékeny számítási elvek (képlékeny csuklók feltételezése), valamint a merev-képlékeny vizsgálati elvek sem.

5.4.2. Rugalmas globális erőtani vizsgálat

A rugalmas szerkezeti analízis esetén lineárisan rugalmas anyagmodellt kell alkalmazni, a csomóponti merevségek esetleges figyelembevételével. Az igénybevételek akkor is számíthatók rugalmas elven, ha a keresztmetszet ellenállását képlékeny alapon állapítjuk meg. Ugyanez a helyzet olyan keresztmetszetek esetén is, ahol az ellenállást a lemezhorpadás korlátozza. Amennyiben a szerkezet minden alkotó keresztmetszete 1. osztályú, akkor az (egyenlőtlen hőmérséklet-változásból, zsugorodásból és kúszásból származó) igénybevételek elhanyagolhatók teherbírási határállapotban.

5.4.3. Földrengésvizsgálat

A földrengési tervezési állapotban a méretezést az e-UT 07.01.12 előírás és az EN 1998-1 és -2 szabványok alapján kell elvégezni.

5.5. Keresztmetszetek osztályozása

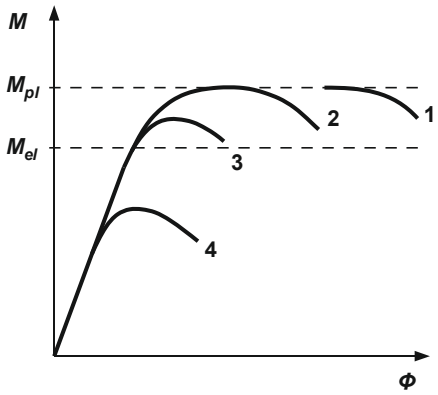
5.5.1. Alapelvek

A keresztmetszeti osztályozás során azt vesszük figyelembe, hogy milyen mértékben csökkenti a keresztmetszet ellenállását és elfordulási képességét a lemezelemek horpadása. Tiszta hajlítás esetén szemléltethető a legnyilvánvalóbban a keresztmetszeti osztályozás értelmezése *(5.5. ábra):*

1. A keresztmetszet alkotólemezeinek horpadása csak igen nagy képlékeny deformációknál alakul ki. Ez azt is jelenti, hogy a keresztmetszet ellenállását a képlékeny ellenállás jelenti.
2. A lemezhorpadás kialakul, de csak a képlékeny ellenállás elérése után. Ebben az esetben is a képlékeny ellenállás jelenti a keresztmetszet ellenállását.
3. A lemezhorpadás kialakul a képlékeny ellenállás elérése előtt, de már a rugalmas tartományon túl. Ekkor a keresztmetszeti ellenállást a rugalmas ellenállás adja.
4. A lemezhorpadás a rugalmas tartományban alakul ki. Ebben az esetben a keresztmetszet ellenállását a horpadáshoz tartozó csökkentett ellenállás adja meg.

Fontos megjegyezni, hogy az 1. és 2. keresztmetszeti osztály esetén kimutatható képlékeny tartalék nem vehető figyelembe abban az esetben, ha rugalmas méretezési eljárást alkalmazunk. Ez a méretezési módszer mindig alkalmazható (4. keresztmetszeti osztály esetén hatékony keresztmetszeti jellemzőkkel).

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



5.5. ábra – Különböző keresztmetszeti osztályok tiszta hajlítás esetén

Nyomás esetén nem választhatók el ennyire szemléletesen az egyes osztályok, hiszen itt nem értelmezhető a képlékeny tartalék fogalma. Az osztályozás kettős céllal rendelkezik:

a) A keresztmetszet osztályba sorolása dönti el a keresztmetszet figyelembe vehető ellenállását (képlékeny, rugalmas vagy csökkentett);

b) A keresztmetszet osztályozása segít eldönteni, hogy szükséges-e a lokális horpadás ellenőrzése: amennyiben egy adott szakaszon nem hatnak keresztirányú erők, valamint a nyírófeszültségek is elhanyagolhatók, akkor a keresztmetszeti osztályozás lényegében szükségtelenné teszi a horpadásvizsgálatot. (4. keresztmetszeti osztály esetén az effektív keresztmetszetek vagy a redukált feszültségek módszerével kell számítani a keresztmetszet ellenállását).

5.5.2. Osztályba sorolás

Négy keresztmetszeti osztályt kell elkülöníteni az alábbiak szerint:

1. Képlékeny csukló kialakulhat, és rendelkeznek a képlékeny számításhoz szükséges elfordulási képességgel a képlékeny ellenállás csökkenése nélkül.
2. Képlékeny nyomatéki ellenállásnak megfelelő nyomaték kialakulhat, de elfordulási képességét a lemezhorpadás behatárolja.
3. A nyomott szélső szálban a feszültség elérheti a folyáshatárt lineáris feszültségeloszlás feltételezése mellett, de a lemezhorpadás miatt a képlékeny nyomatéki ellenállás nem alakulhat ki.
4. Lemezhorpadás következik be még azelőtt, hogy a feszültség a keresztmetszetben bárhol elérné a folyáshatárt.

A keresztmetszetet alkotó (adott teherkombinációban legalább részben) nyomott lemezelemeket azok szélesség/vastagság aránya és a bennük fellépő feszültségeloszlás alapján kell besorolni. A besorolás minden lemezelemre függetlenül történik, a keresztmetszet osztálya általában az egyes lemezelemekre meghatározott osztály maximuma lesz. A besorolás határértékeit az 5.5. táblázat tartalmazza két szélükön megtámasztott lemezelemekre, az 5.6. táblázat tartalmazza egyik szélükön megtámasztott lemezelemekre, az 5.7. táblázat pedig szögacélokra és csőszelvényekre. Amennyiben egy lemezelem nem teljesíti a 3. keresztmetszeti osztályra vonatkozó feltételt, 4. osztályúként kell kezelni. Ennek részleteit a 6.2.3. pont ismerteti.

A fenti főszabálytól el lehet térni bizonyos esetekben. Amennyiben az osztályozás célja nem egy rúdelem stabilitási ellenállásának meghatározása, akkor az 5.5. és 5.6. táblázatokban megadott határértékek növelhetők egy $\sqrt{\frac{f_y/\gamma_{M_0}}{\sigma_{com,E_d}}}$ tényezővel (értéke legalább 1),

ahol:

jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$\sigma_{\mathrm{com},Ed}$ – a keresztmetszet maximális nyomófeszültsége.

Ha a gerinc szerepét elhanyagoljuk a nyomatéki és normálerő-ellenállásban, a besorolás történhet pusztán az övek alapján, de az így meghatározott osztály nem lehet 1.

A keresztmetszet besorolásához két eljárást alkalmazhatunk:

a) normálerőre történő vizsgálatnál a normálerőből számított besorolást használjuk, míg hajlítás esetén hajlításra soroljuk be a szelvényt, vagy

b) mindkét igénybevételt együttesen kell figyelembe venni, és az együttes hatásra kapott keresztmetszeti osztályt kell mindkét vizsgálathoz használni.

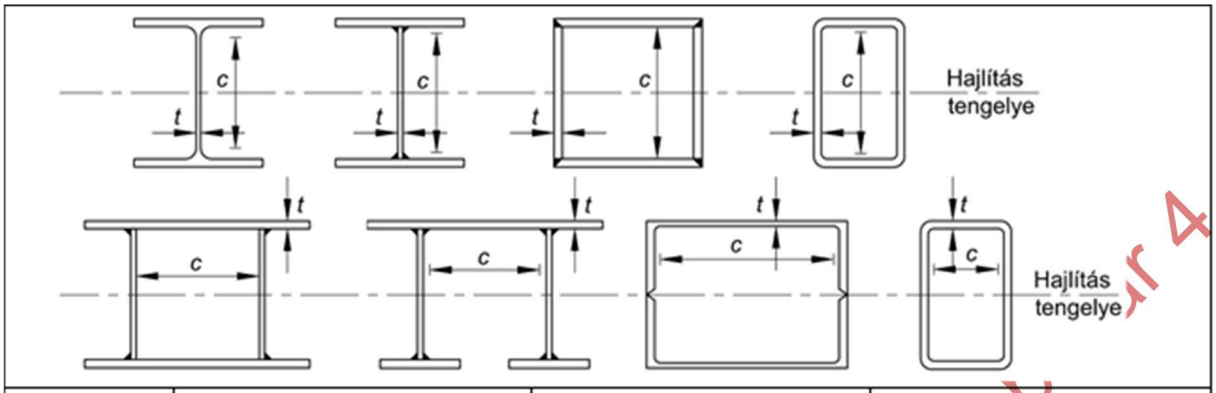
Az első módszer egyszerűbb, de elvi ellentmondást tartalmaz (pl. ha egy szelvény hajlításra képlékenyen méretezhető, de tiszta nyomásra 4. osztályú). Ennek ellenére 1. és 2. osztályú keresztmetszetek esetén főszabályként alkalmazása javasolt, 4. keresztmetszeti osztály esetén pedig kötelező (6.2.12.3. pont).

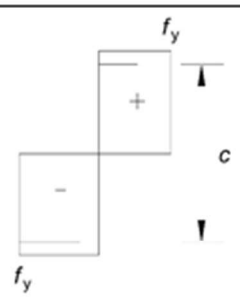
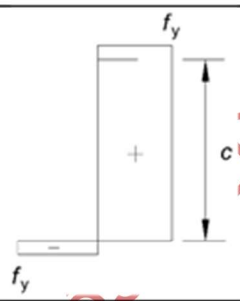
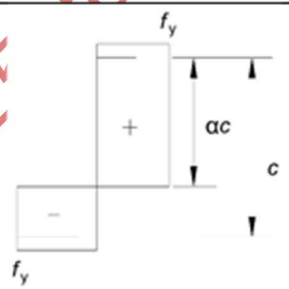
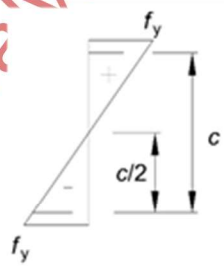
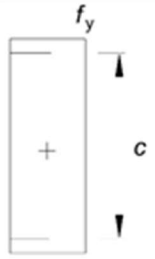
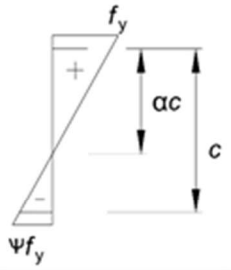
A második módszer konzekvensebb, de elvégzése általában bonyolultabb, különösen a hajlított-nyomott gerinclemez besorolásakor. Az előbb bemutatott ellentmondásos példa esetében ez az eljárás segíthet. 3. keresztmetszeti osztály esetén a feszültségek rendelkezésre állnak, így a módszer alkalmazása nem okoz nehézséget.

Megjegyzés az 5.5. és 5.6. táblázat alkalmazásához: a feszültségek pozitív előjele nyomást jelöl, az 5.5. táblázat ψ tényezője a gerinclemez húzott (vagy kevésbé nyomott) és nyomott (vagy jobban nyomott) szélső szálában ébredő feszültségek előjeles arányszámát jelöli (értéke lehet kisebb, mint –1, ha a nyomott szélső szál még nem folyik, de a húzott már igen).

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

5.5. táblázat – Nyomott alkotólemezek maximális szélesség-vastagság arányai
(mindkét hosszanti élük mentén megtámasztott alkotólemezek)
(Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.2. táblázat első lapjával)

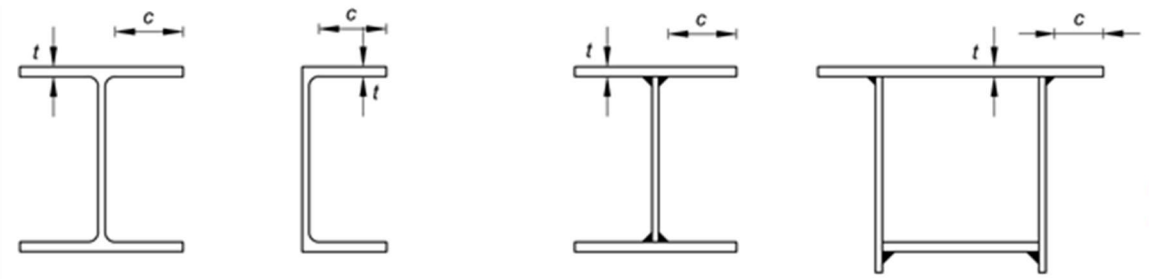


Osztály	tiszta hajlítás	tiszta nyomás	külpontos nyomás
Feltételezett képlékeny feszültség-eloszlás			
1. osztály	$\frac{c}{t} \le 72\varepsilon$	$\frac{c}{t} \le 33\varepsilon$	$\frac{c}{t} \le \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ ha $0{,}5 < \alpha$ $\frac{c}{t} \le \frac{36\varepsilon}{\alpha}$ ha $\alpha \le 0{,}5$
2. osztály	$\frac{c}{t} \le 83\varepsilon$	$\frac{c}{t} \le 38\varepsilon$	$\frac{c}{t} \le \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ ha $0{,}5 < \alpha$ $\frac{c}{t} \le \frac{41{,}5\varepsilon}{\alpha}$ ha $\alpha \le 0{,}5$
Rugalmas feszültség-eloszlás			
3. osztály	$\frac{c}{t} \le 124\varepsilon$	$\frac{c}{t} \le 42\varepsilon$	$\frac{c}{t} \le \frac{42\varepsilon}{0{,}67 + 0{,}33\psi}$ ha $-1 < \psi$ $\frac{c}{t} \le 62\varepsilon(1-\psi)\sqrt{-\psi}$ ha $\psi \le -1$

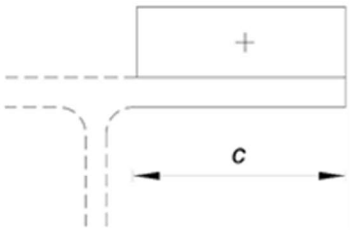
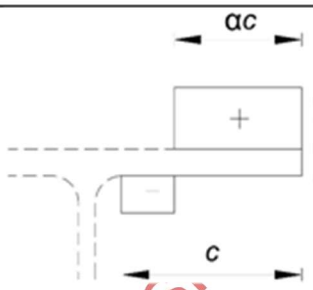
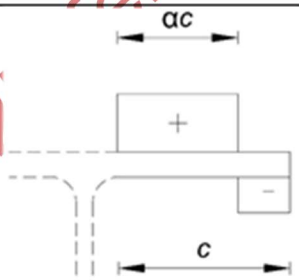
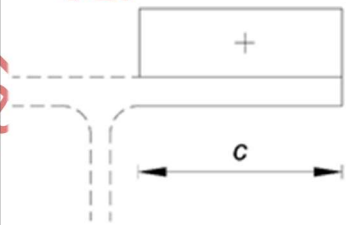
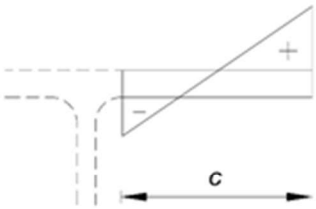
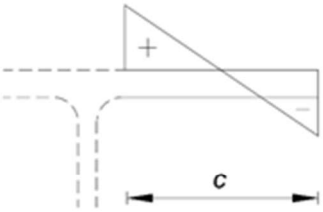
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y\ [\mathrm{N/mm^2}]}$	f_y [N/mm²]	235	275	355	420	460
	ε	1,0	0,92	0,81	0,75	0,71

Jogszabályi véleményezés -02 ... 4.

5.6. táblázat – Nyomott alkotólemezek maximális szélesség-vastagság arányai (egyik hosszanti élük mentén szabad övek). (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.2. táblázat második lapjával)



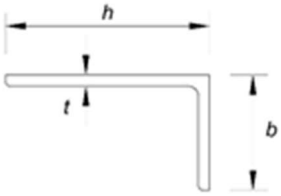
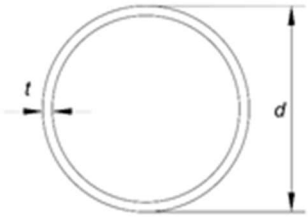
Hengerelt szelvények Hegesztett szelvények

Osztály	nyomás a teljes lemezben	nyomás a szabad élnél	húzás a szabad élnél
Feltételezett képlékeny feszültség-eloszlás			
1. osztály	$\frac{c}{t} \le 9\varepsilon$	$\frac{c}{t} \le \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \le \frac{9\varepsilon}{\sqrt{\alpha^3}}$
2. osztály	$\frac{c}{t} \le 10\varepsilon$	$\frac{c}{t} \le \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \le \frac{10\varepsilon}{\sqrt{\alpha^3}}$
Rugalmas feszültség-eloszlás			
3. osztály	$\frac{c}{t} \le 14\varepsilon$	$\frac{c}{t} \le 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$	

$\varepsilon = \sqrt{235/f_y\ [\mathrm{N/mm^2}]}$	f_y [N/mm²]	235	275	355	420	460
	ε	1,0	0,92	0,81	0,75	0,71

Jogszabályi véleményezés

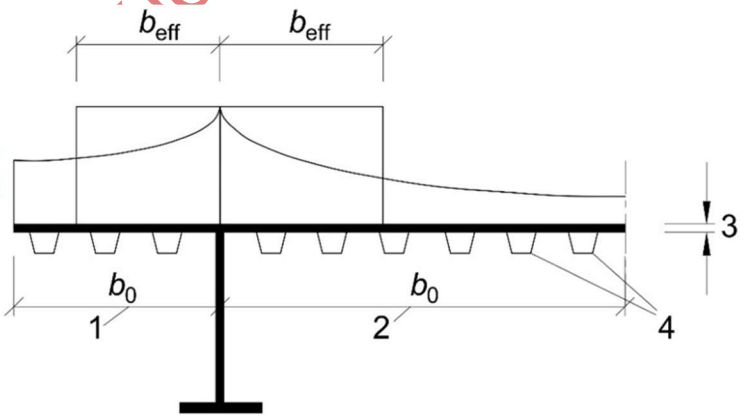
5.7. táblázat – Nyomott alkotólemezek maximális szélesség-vastagság arányai (szögacélok, csőszelvények). (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.2. táblázat harmadik lapjával)

	szögacél			csőszelvény		
						
1. osztály	$\frac{h}{t} \le 9\varepsilon$ és $\frac{b}{t} \le 9\varepsilon$			$\frac{d}{t} \le 50\varepsilon^2$		
2. osztály	$\frac{h}{t} \le 10\varepsilon$ és $\frac{b}{t} \le 10\varepsilon$			$\frac{d}{t} \le 70\varepsilon^2$		
3. osztály	$\frac{h}{t} \le 15\varepsilon$ és $\frac{h+b}{2t} \le 11{,}5\varepsilon$			$\frac{d}{t} \le 90\varepsilon^2$		
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$ [N/mm²]	f_y [N/mm²]	235	275	355	420	460
	ε	1,0	0,92	0,81	0,75	0,71

5.6. Nyírási torzulás figyelembevétele

5.6.1. Általános előírások

A nyírási torzulás miatt az övlemezekben fellépő normálfeszültség hajlítási deformáció során nem lesz egyenletes. A saját síkjukban hajlított lemezelemektől (pl. gerincek, merevítők) távolodva csökkenő feszültségintenzitást tapasztalunk, ami széles lemezelemek esetén jelentős hatású lehet, figyelembevétele indokolt *(5.6. ábra)*.



5.6. ábra – Jelölések a nyírási torzulás hatásának számításához (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.2. ábrájával); 1 – Egy hoszanti élén szabad övlemez, 2 – Belső övlemez, 3 – t lemezvastagság, 4 – Merevítőbordák: $A_{sl} = \sum A_{sl,j}$

Amennyiben a vizsgált övlemez túlnyúló, vagyis csak egy hosszanti oldalán támasztja meg gerinc, nem kell figyelembe venni a jelenséget, ha a lemezelem b0 szélességére teljesül, hogy $b_0 \le L_0/50$. Ha belső, két hosszanti éle mentén megtámasztott övlemezdarabot vizsgálunk, a kritérium

Jogszabá lemenyezésre 2026. február 4.

$b_0 \leq L_0/25$. A fenti képletekben az L_0 a nyomatéki nullpontok közötti távolság, közelítőleg az 5.7. ábra alapján vehető fel.

Használhatósági és fáradási határállapotokban az 5.6.2.1. és 5.6.2.2. pontok alapján lehet meghatározni a figyelembe veendő hatékony keresztmetszet méreteit és feszültségeloszlását. Teherbírási határállapotban az 5.6.3. pont előírásai mértékadók. A keresztirányú erőbevezetés során kialakuló feszültségeloszlásokat az 5.6.2.3. pont írja le.

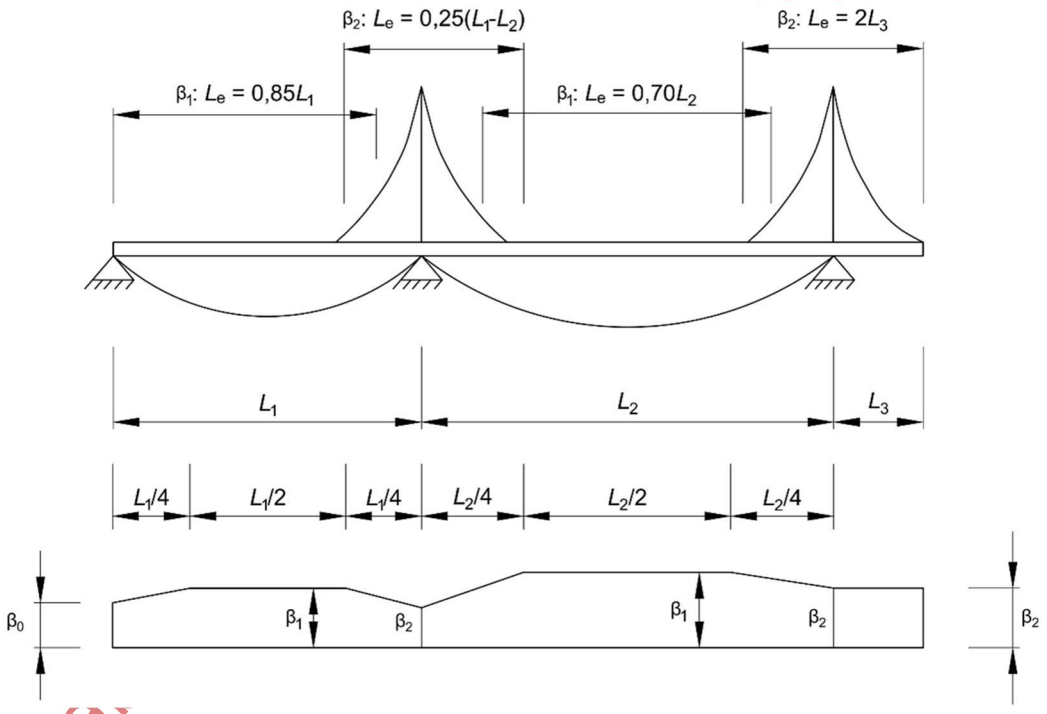
5.6.2.1. A hatékony szélesség meghatározása

5.6.2.1.1. A hatékony szélesség meghatározása

A hatékony lemezszélesség:

$$b_{eff} = \beta b_0$$

ahol β az *5.8. táblázatból* határozható meg. A nyomatéki nullpontok távolságát közelítőleg fel lehet venni az *5.7. ábra* által közölt értékre, ha a szomszédos fesztávok nem térnek el 50 százaléknál jobban egymástól és a konzolhosszak nem nagyobbak, mint a szomszédos fesztáv fele.



5.7. ábra – Hatékony L_e hossz folytatólagos gerenda esetén, valamint hatékony szélesség eloszlása. (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.1. ábrájával)

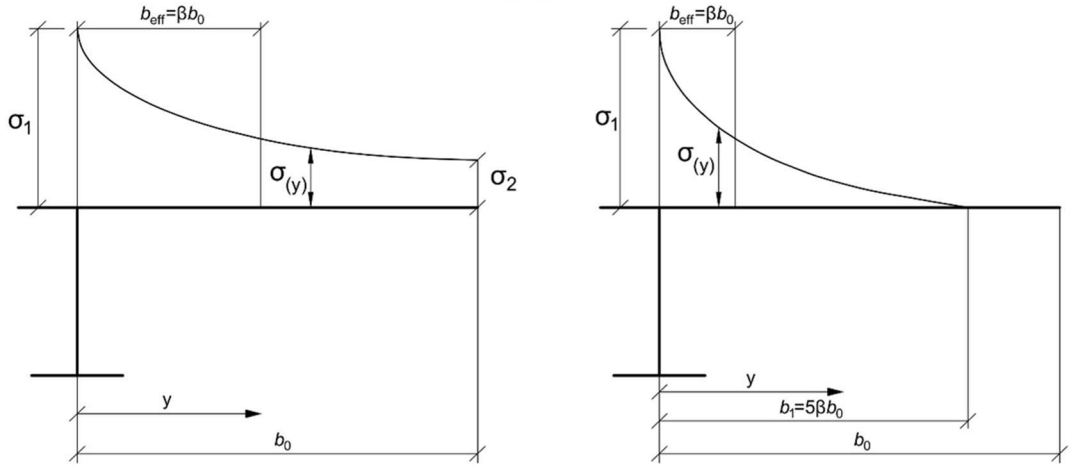
Jogszá... 25. február 4.

5.8. táblázat – A hatékony szélesség β tényezője (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.1. táblázatával)

κ	Ellenőrzés	β értéke
$\kappa \le 0{,}02$		$\beta = 1{,}0$
$0{,}02 < \kappa \le 0{,}70$	mezőnyomaték	$\beta = \beta_1 = \dfrac{1}{1+6{,}4\kappa^2}$
	támasznyomaték	$\beta = \beta_2 = \dfrac{1}{1+6{,}0\left(\kappa - \dfrac{1}{2500\kappa}\right)+1{,}6\kappa^2}$
$0{,}70 < \kappa$	mezőnyomaték	$\beta = \beta_1 = \dfrac{1}{5{,}9\kappa}$
	támasznyomaték	$\beta = \beta_2 = \dfrac{1}{8{,}6\kappa}$
minden κ	végtámasz	$\beta_0 = (0{,}55 + 0{,}025/\kappa)\beta_1$, de $\beta_0 < \beta_1$
minden κ	konzol	$\beta = \beta_2$ a támasznál és a szabad végen
$\kappa = \alpha_0 b_0/L_e$ ahol $\alpha_0 = \sqrt{1+\dfrac{A_{sl}}{b_0 t}}$		
továbbá ahol A_{sl} a b_0 szélességen belül elhelyezkedő összes hosszirányú merevítőborda együttes területe. A további jelöléseket az 5-9. és 5-10. ábrák adják meg.		

5.6.2.2. A feszültségeloszlás meghatározása

A feszültségeloszlás az *5.8. ábra* alapján határozható meg.



$\beta > 0{,}20$:

$\sigma_2 = 1{,}25(\beta - 0{,}20)\sigma_1$

$\sigma_{(y)} = \sigma_2 + (\sigma_1 - \sigma_2)(1 - y/b_0)^4$

$\beta \le 0{,}20$:

$\sigma_2 = 0$

$\sigma_{(y)} = \sigma_1(1 - y/b_1)^4$

σ_1 az övlemez b_{eff} hatékony szélességével számítandó

5.8. ábra – Feszültségeloszlás a nyírási torzulás hatására (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.3. ábrájával)

Jóváhagyásra 2025. február 4.

5.6.2.3. A lemezsíkban működő terhelés hatásai

Keresztirányú erőbevezetés esetén a folytonos feszültségeloszlást lehet helyettesíteni egy adott hosszon működő állandó intenzitású feszültséggel. Merevített vagy merevítetlen lemezelemek esetén a fáradásvizsgálathoz is alkalmazható feszültség értéke *(5.9. ábra):*

$$\sigma_{z,Ed} = \frac{F_{Ed}}{b_{eff}\left(t_w + a_{st,11}\right)}$$

ahol:

$a_{st,1}$ – a közvetlenül terhelt merevítőbordák területe és s_e hányadosa (közelíthető merevítőbordák területének az s_{st} osztásközön való egyenletes „elkenésével”)

s_{st} – a gerincet merevítő keresztbordák osztástávolsága,

$s_e = s_s + 2t_f$ – a teher megoszlási hossza a gerinc és az öv találkozásánál,

s_s – a teher megoszlási hossza az övlemez külső felületén,

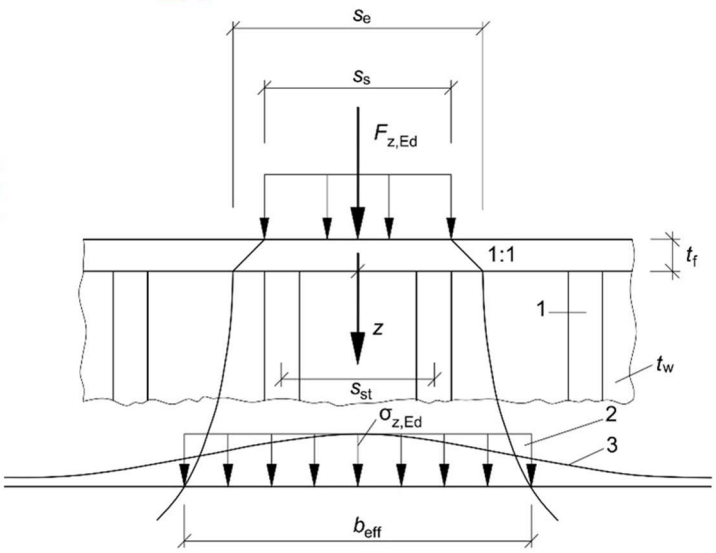
t_w *és* t_{sf} – a gerinclemez és az övlemez vastagsága,

$$b_{eff} = S_e\sqrt{1 + \left(\frac{z}{s_e n}\right)^2}$$

z – az övlemeztől mért távolság,

$$n = 0{,}636\sqrt{1 + \frac{0{,}878 \cdot a_{st,1}}{t_w}}$$

A képlet csak abban az esetben alkalmazható, ha a $0{,}5 s_e n \geq s_{st}$ feltétel teljesül.



5.9. ábra – Lemezsíkban ható erő bevezetése
(Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.4. ábrájával); 1 – Merevítőborda, 2 – Egyszerűsített feszültségeloszlás, 3 – Valódi feszültségeloszlás)

Jogszabá… …ményezésre 2025. február 4.

5.6.3. A nyírási torzulás hatásai teherbírási határállapotban

Három mód engedélyezett, hogy teherbírási határállapotban a nyírási torzulás hatását figyelembe lehessen venni:

a) rugalmas nyírási torzulási hatás a használhatósági és fáradási határállapotra megadottak szerint,

b) a nyírási torzulás és a lemezhorpadás kombinált hatása,

c) a rugalmas-képlékeny nyírási torzulás hatása a képlékeny alakváltozások korlátozott megengedésével (javasolt).

A b) lehetőség a következő eljárást igényli:

$$A_{\text{eff}} = A_{c,\text{eff}}\,\beta_{\text{ult}}$$

ahol:

$A_{c,\text{eff}}$ – a lemezhorpadás miatti hatékony keresztmetszet (6.2.3.4. és 6.2.3.5. pontok szerint), vagy húzott elemek esetén a teljes húzott öv keresztmetszete,

β_{ult} – a nyírási torzuláshoz tartozó hatékony szélesség tényezője teherbírási határállapotban 5.8. táblázat szerint, de módosított α_0 paraméterrel,

$$\alpha_0^* = \sqrt{\frac{A_{c,\text{eff}}}{b_0 t_f}},$$

ahol:

t_f – az övlemez vastagsága.

A c) lehetőség esetén az alábbi összefüggést kell alkalmazni:

$$A_{\text{eff}} = A_{c,\text{eff}}\,\beta^{\kappa} \geq A_{c,\text{eff}}\,\beta$$

A β és κ értékei az 5.8. táblázat alapján határozhatók meg. Húzott övlemez esetén is alkalmazható ez az eljárás, $A_{c,\text{eff}}$ helyett a teljes húzott övlemez területének behelyettesítésével.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6. SZERKEZETI ELEMEK ELLENÁLLÁSA

6.1. Általános elvek

A számítások során a *6.1. táblázatban* szereplő parciális tényezőket kell alkalmazni.

6.1. táblázat – Alkalmazandó parciális tényezők

a) Rudak és keresztmetszetek ellenállása		
Keresztmetszetek korlátozatlan folyással szembeni ellenállása	γ_{M0}	1,00
Rúdelemek stabilitási ellenállása rúdelemek ellenőrzéséhez	γ_{M1}	1,10
Húzott keresztmetszetek képlékeny töréssel szembeni ellenállása	γ_{M2}	1,25
Húzott keresztmetszetek képlékeny töréssel szembeni ellenállása S460 vagy afeletti szilárdsági osztály esetén	γ_{M12}	
b) Csomópontok ellenállása		
Csavarok ellenállása	γ_{M2}	1,25
Szegecsek ellenállása		
Csapok ellenállása		
Hegesztett varratok ellenállása		
Lemezek palástnyomási ellenállása		
Megcsúszással szembeni ellenállás:		
– teherbírási határállapotban (C kategória)	γ_{M3}	
– használhatósági határállapotban	$\gamma_{M3,\mathrm{ser}}$	1,10
Injektált csavarok palástnyomási ellenállása	γ_{M4}	
Zárt szelvényű rácsos tartók csomópontjainak ellenállása	γ_{M5}	
Csapok ellenállása használhatósági határállapotban	$\gamma_{M6,ser}$	1,00
Nagyszilárdású csavarok feszítőereje	γ_{M7}	1,10

6.2. Keresztmetszetek ellenállása

6.2.1. Általános elvek

Minden keresztmetszetben biztosítani kell, hogy a keresztmetszet tiszta igénybevételekkel szembeni ellenállása ne legyen kisebb, mint az ott fellépő igénybevétel. Amennyiben több igénybevétel hat egyszerre a keresztmetszetben, úgy az arra a kombinációra érvényes interakciós ellenállás figyelembevételével kell megmutatni a keresztmetszetek ellenállásának megfelelőségét. Az 5.6. pont alapján figyelembe kell venni a nyírási torzulás („shear lag”), valamint a lemezhorpadás (5.4.3. és 6.2.3. pont) hatását az ellenállásra. A nyírási horpadás hatását a 6.5.1. pont szerint kell figyelembe venni. Az ellenállást a keresztmetszet osztályától függően kell meghatározni.

Rugalmas elven bármely esetben lehet számolni, feltéve, ha 4. osztályú keresztmetszetek esetén a hatékony keresztmetszettel végezzük a számítást. Általános esetben, ha más interakciós összefüggés (ld. 6.2.10–6.2.12. pontok) nem alkalmazható, az alábbi kifejezés használható:

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1{,}0$$

ahol:

$\sigma_{x,Ed}$ – az adott pontban fellépő hosszirányú feszültség tervezési értéke,

$\sigma_{z,Ed}$ – az adott pontban fellépő keresztirányú feszültség tervezési értéke,

τ_{Ed} – az adott pontban fellépő nyírófeszültség tervezési értéke.

Ez a képlet a biztonság javára közelít, mivel nem veszi figyelembe a rugalmas ellenállás számítása esetén is rendelkezésre álló részleges képlékeny feszültségeloszlás kedvező hatását (jelen pont utolsó bekezdését). Éppen ezért javasolt az N_{Rd}-re, V_{Rd}-re és M_{Rd}-re adott interakciós összefüggések alkalmazása, amennyiben lehetséges.

Képlékeny elven számított ellenállás esetén olyan feszültségeloszlást kell feltételezni, amely egyensúlyban van a keresztmetszet igénybevételeivel, kompatibilis a képlékeny alakváltozásokkal és sehol nem haladja meg a folyáshatár értékét (vagyis a felkeményedés nem kihasználható). A biztonság javára alkalmazható az egyes tiszta igénybevételek kihasználtságainak lineáris összegzése igénybevétel szinten számított ellenállások esetén. Amennyiben egy nem 4. osztályú keresztmetszetet normálerő és kétirányú nyomaték terhel, a fenti összegzés az alábbi alakot ölti (4. osztályú keresztmetszet esetén 6.2.12.3. pont):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{N_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1{,}0$$

ahol $N_{y,Rd}$ és $M_{z,Rd}$ a keresztmetszeti osztályt figyelembe vevő ellenállási értékek, amennyiben szükséges, a nyírás hatását is figyelembe véve (6.2.11. pont).

Amennyiben egy keresztmetszet minden alkotó lemezeleme 1. vagy 2. osztályú, a keresztmetszet ellenállását képlékeny elven lehet számítani. Amennyiben van olyan lemezelem, amely osztálya 3., a nyomott szélső szálban fellépő feszültséget korlátozni kell a folyáshatár értékében, az alakváltozások eloszlása rugalmas legyen. Ha a folyás először a húzott oldalon alakulna ki, ott figyelembe vehető a részleges képlékenyedés 3. osztályú keresztmetszet esetén is addig, amíg a nyomott oldalon is eléri a feszültség a folyáshatárt. Teherbírási határállapotban feltételezhető, hogy a szélső szálak a lemezelemek középsíkjában helyezkednek el.

A fáradásra vonatkozó elveket jelen előírás 8. fejezete tartalmazza.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.2.2. Keresztmetszeti jellemzők

6.2.2.1. Teljes keresztmetszet

A teljes keresztmetszethez tartozó keresztmetszeti jellemzőket a névleges méretek alapján kell kiszámítani. A nyílásokat figyelembe kell venni, kivéve a kötőelemek furatait. Az illesztés anyagát (béléslemez, hevederlemez) nem szabad számításba venni.

6.2.2.2. Hasznos terület

A hasznos keresztmetszet számítása során le kell vonni az összes furat és egyéb nyílás miatti csökkentést. A furat által képviselt csökkentést a furat tengelyének síkjában mért keresztmetszeti területtel kell figyelembe venni. Amennyiben a kötőelem süllyesztett fejű, úgy ezt is figyelembe kell venni. Több furat esetén, amennyiben azok nem eltoltan helyezkednek el, úgy a teljes csökkentés a rúdtengelyre merőleges metszetekben értelmezett furatkeresztmetszetek maximuma. A maximális csökkentést képviselő keresztmetszet jelöli ki a mértékadó törési vonal helyét.

Amennyiben több furat van egymástól eltoltan, akkor az alábbi értékek közül a nagyobbikat kell csökkentésként figyelembe venni:

a) a nem eltolt furatokra vonatkozó csökkentés [6.1. ábra (II) metszete],

b) $t\left(nd_0 - \sum \frac{s^2}{4p}\right)$

ahol:

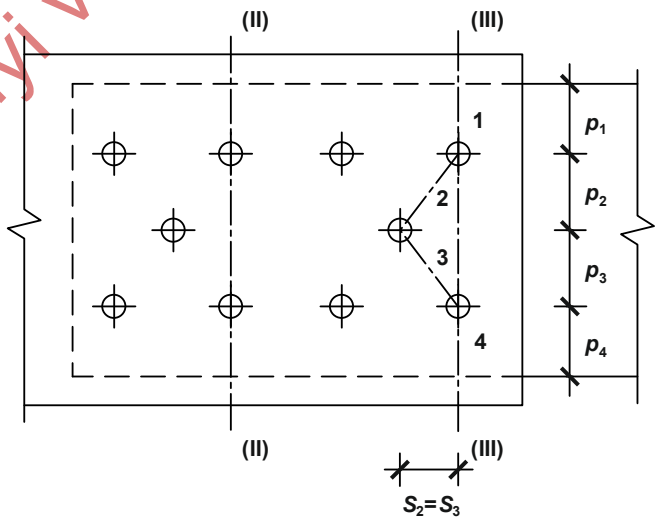
s – a két egymást követő furat középpontja közötti távolság a rúdelem hossztengelyével párhuzamosan mérve,

p – ugyanezen két furatnak a távolsága a rúdelem hossztengelyére merőlegesen mérve,

t – a vastagság,

n – a furatok száma bármely, a rúdelemen vagy annak valamely részén keresztül húzott ferde vagy cikkcakkos vonal mentén számolva [6.1. ábra (III) metszete],

d_0 – a furat átmérője.



6.1. ábra – Hasznos terület számítása

Szögacél, vagy más hasonló elem esetén, ahol az egyes furatok más-más síkban (pl. a szögacél eltérő szárain) helyezkednek el, a p távolságot az anyagvastagság felezősíkjában kell mérni.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

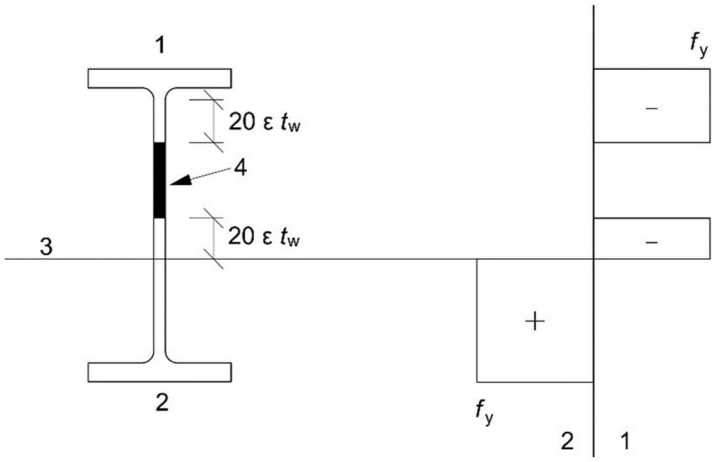
Egyenlőtlen szárú szögacél esetén a hasznos terület nem lehet nagyobb, mint amennyi a kisebbik szár szárhosszúságával megegyező egyenlő szárú szögacél hasznos területe lenne.

6.2.2.3. A nyírási torzulás hatása

Széles övlemezek esetén az övlemez nyírási torzulását (a „shear lag” hatást) az 5.6. pont szerint kell figyelembe venni. (Hidegen alakított acél esetén az MSZ EN 1993-1-3 szabvány előírásai a mértékadók.) A nyírási torzulás hatása pontosított, felületszerkezeti modellen alapuló számítás alapján is figyelembe vehető, mely automatikusan magában foglalja ezt a hatást.

6.2.2.4. Az 1. vagy 2. osztályú övekkel és 3. osztályú gerinccel készülő keresztmetszetek hatékony keresztmetszeti jellemzői

Lehetőség van 2. osztályba sorolni olyan keresztmetszeteket, melyek övei 1. vagy 2. osztályúak, gerince viszont 3. osztályú. Ebben az esetben a gerincet egy $40\varepsilon t_w$ szélességű hatékony lemezzel kell helyettesíteni, melynek fele a nyomott övhöz csatlakozik, fele a keresztmetszet képlékeny semleges tengelyéhez *(6.2. ábra).*



6.2. ábra – Hatékony 2. osztályú gerinc (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.3. ábrájával); 1 – Nyomás, 2 – Húzás, 3 – Képlékeny semleges tengely, 4 – Elhanyagolás (nem dolgozó rész)

6.2.2.5. A lemezhorpadás hatásai 4. osztályú keresztmetszetekre

A hosszirányú normálfeszültség által okozott lemezhorpadás hatásait figyelembe kell venni a következő két módszer valamelyikével:

a) a hatékony keresztmetszet és keresztmetszeti jellemzőinek alkalmazásával a („hatékony keresztmetszetek módszere” a 6.2.3. pont szerint),

b) a feszültségi szint korlátozásával („redukált feszültségek módszere” a 6.5.4. pont szerint).

Az a) módszer alkalmazása esetén a keresztmetszet részeinek együttes kezelésével a b) módszerhez képest teherbírási többlet jelenhet meg, ugyanakkor a b) módszer felületszerkezeti modell alkalmazása esetén egyszerűbb.

Megjegyezzük, hogy az acélszerkezetek teherbírási határállapotának ellenőrzésére kínált két módszer szemléletében is eltér:

- az igénybevétel szinten hasonlító „hatékony keresztmetszetek” módszere összevontan kezeli a szilárdsági és stabilitási tönkremeneteleket, ugyanakkor a másik módszernél több jelenség kölcsönhatásának figyelembevételét teszi lehetővé, ezáltal valóban újszerű szemléletet kíván meg,

Jogszabályi vélem... február 4.

- a „redukált feszültségek” módszere gyakorló mérnökök számára – tradicionális jellege miatt – szemléletesebb áttekintést ad a szerkezet megfelelőségéről, de néhány hatás tekintetbevételét nem teszi lehetővé, vagy külön vizsgálattal oldja meg.

Vékonyfalú acélelemek esetén az MSZ EN 1993-1-3, csőszelvények esetén az MSZ EN 1993-1-6 szabvány ad további utasításokat a hatékony keresztmetszeti jellemzők számítására.

6.2.3. Hatékony keresztmetszetek módszere a normálfeszültségek hatására bekövetkező lemezhorpadás vizsgálatára teherbírási határállapotban

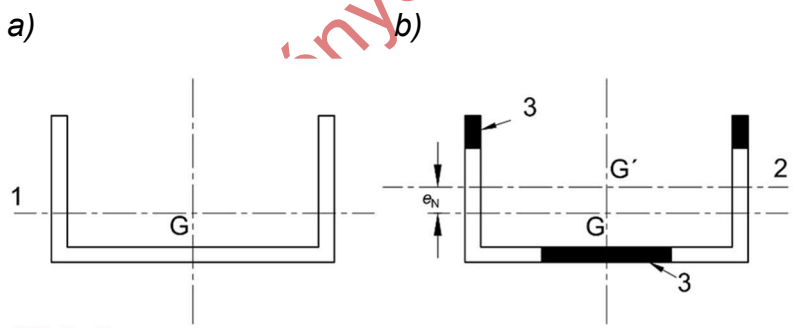
6.2.3.1. Normálfeszültségekkel szembeni ellenállás

Az 5.4.32. pont szerint 4. osztályba sorolt keresztmetszetek esetén az ellenállás meghatározásához hatékony keresztmetszeti jellemzőket kell számolni (A_{eff}, I_{eff}, W_{eff}), ezek segítségével lehet az ellenőrzéseket elvégezni. A vizsgálatok során azt kell feltételezni, hogy a nyúlások keresztmetszeti eloszlása lineáris, valamint hogy a nyomott lemezelemek középvonalában a feszültség eléri a folyáshatár értékét (5.4.32. pont).

6.2.3.2. A hatékony keresztmetszet

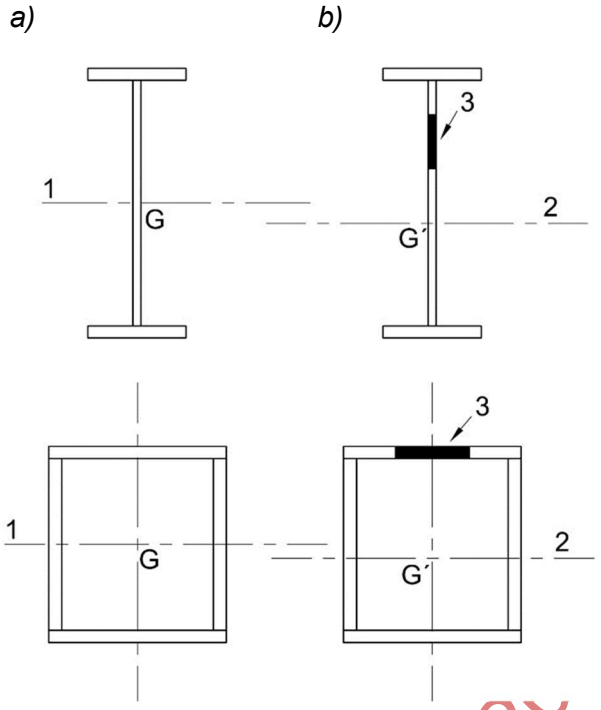
A hatékony keresztmetszet számítása során figyelembe kell venni a nyírási torzulás hatását, valamint a lemezhorpadás jelenségét egyaránt. A hatékony keresztmetszeti jellemzők meghatározásakor a nyomott elemeken mindkét jelenség miatt csökkentett szélességet kell meghatározni (5.6.3. pont), a húzott oldalon pedig a nyírási torzulás hatása érvényesül (5.6.2.1. pont).

A_{eff} meghatározása során tiszta nyomást *(6.3. ábra)*, W_{eff} meghatározása során pedig tiszta hajlítást (6.4. ábra) kell feltételezni a keresztmetszetben (vö. 6.2.12.3. pont). Amennyiben ferde hajlításnak van alávetve a keresztmetszet, mindkét tengely körüli hajlításra meg kell határozni a hatékony keresztmetszetet. A keresztmetszet súlypontjának eltolódásából származó többlet nyomatékot figyelembe kell venni az ellenőrzés során (ld. 6.2.12.3. pont).



6.3. ábra – 4. osztályú keresztmetszetek, normálerő (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.1. ábrájával); a) Teljes keresztmetszet, b) Hatékony keresztmetszet, G – A teljes keresztmetszet súlypontja, G' – A hatékony keresztmetszet súlypontja, 1 – A teljes keresztmetszet súlyponti tengelye, 2 – A hatékony keresztmetszet súlyponti tengelye, 3 – Nem hatékony tartomány

Jogszabá... ...nyezésre 2025. február 4.



6.4. ábra – 4. osztályú keresztmetszetek, hajlítónyomaték (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.2. ábrájával); a) Teljes keresztmetszet; b) Hatékony keresztmetszet; G – A teljes keresztmetszet súlypontja, G' – A hatékony keresztmetszet súlypontja, 1 – A teljes keresztmetszet súlyponti tengelye, 2 – A hatékony keresztmetszet súlyponti tengelye, 3 – Nem hatékony tartomány

A lemezeket a feszültségek meghatározása során helyettesíteni lehet a középfelületükkel, és feltételezhető, hogy a nyomott övlemezek teljes vastagsága mentén a folyáshatárnak megfelelő feszültség lép fel.

6.2.3.3. Általános rendelkezések lemezek vizsgálatához

Jelen pont a lemezhorpadás figyelembevételének módjaival foglalkozik teherbírási határállapotban. A vizsgálatok során teljesíteni kell az alábbi feltételeket:

a) a vizsgált lemezmezők derékszögűek, az övlemezek nem zárnak be 10 foknál nagyobb szöget (ha a bezárt szög 10 foknál nagyobb, a vizsgált lemezmező derékszögűként számítandó a nagyobbik lemezszélesség alkalmazásával),

b) az esetleg alkalmazott merevítőbordák a lemezmezők oldalaival párhuzamosak,

c) ha vannak lyukak vagy kivágások, és azok merevítetlenek, akkor ezek átmérője nem haladhatja meg a lemezmező szélességének 5 százalékát,

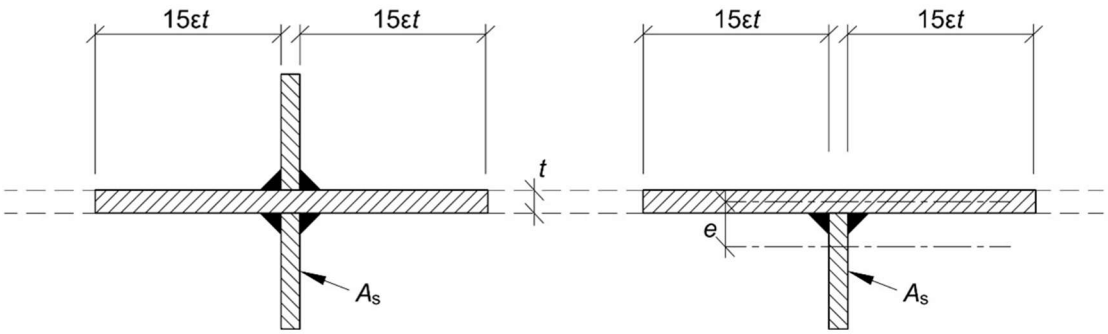
d) a lemezmezők legyenek kvázi-síkok, vagyis $r/b > b/t$,

e) a szerkezeti elemek állandó keresztmetszetűek [az a) pontban tett engedményt figyelembe véve],

f) övkihajlás miatt nem következhet be gerinchorpadás.

A merevítőkre, valamint a lemezhorpadásnak kitett lemezelemek kialakítására vonatkozó részletes előírások 6.2.3.7. pontban kaptak helyet. Részletesebb stabilitási vizsgálat hiányában a bordák keresztmetszeti osztálya legyen legalább 3. A bordák stabilitási ellenállásának ellenőrzésekor figyelembe kell venni a merevített lemez bordával együttdolgozó szélességét is a *6.5. ábra* szerint. A figyelembe vett együttdolgozó szélesség nem lehet nagyobb, mint a fizikailag rendelkezésre álló szélesség. Sűrűn elhelyezett bordák esetén az együttdolgozó szélességben átfedések nem vehetők figyelembe.

Jogszabályi véleményezésre 2… . február 4.



6.5. ábra – Merevítőborda hatékony keresztmetszeti területe (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.1. ábrájával)

Síkjukra merőleges terhekből származó nyomatékokkal és egyidejű nyomással igénybe vett gerincmerevítők vagy merevített pályalemezek stabilitása ellenőrizhető a 6.3.2.3. pont szerint.

6.2.3.4. Lemezek hosszbordák nélkül

Egy nyomott sík, közbenső bordát nem tartalmazó A_c területű lemezelem hatékony területét $(A_{c,\mathrm{eff}})$ a következő összefüggéssel lehet meghatározni:

$$A_{c,\mathrm{eff}} = \rho_{A_c},$$

ahol:

ρ – a lemezhorpadást figyelembe vevő csökkentő tényező.

A csökkentést a vizsgált lemezelem megtámasztási viszonyainak függvényében kell meghatározni.

Mindkét hosszanti élén megtámasztott (belső, gerinc típusú) lemezelemek esetén az alábbi összefüggés alkalmazandó:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_\rho - 0{,}055(3+\psi)}{\bar{\lambda}_\rho^2} \leq 1{,}0$$

ahol:

$\bar{\lambda}_\rho = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}}$ – a lemezelem viszonyított karcsúsága, értéke $\frac{\bar{b}/t}{28{,}4\varepsilon\sqrt{k_\sigma}}$

ψ – a lemezelem feszültségaránya (6.2. táblázat),

k_σ – az adott feszültségarányhoz tartozó horpadási tényező (6.2. táblázat),

σ_{cr} – a kritikus lemezhorpadási feszültség adott feszültségarány esetén, értéke:

$$k_\sigma \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-v^2)\bar{b}^2}$$

t – a lemezvastagság,

$\bar{b}$ – a vizsgálandó lemezelem szélessége (6.2. táblázat):

b_w – gerinclemezekre,

b – két élén megtámasztott (belső) övlemezekre,

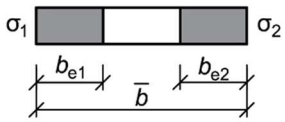
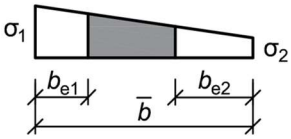
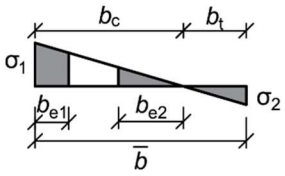
$b-3t$ – zártszelvények övlemezeire,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}\ \mathrm{N}/\mathrm{mm}^2$$

A lemezhorpadás miatti csökkentés kifejezhető a lemezelem hatékony szélességének csökkentésével. Ennek pontos elhelyezkedése a 6.2. táblázat alapján veendő fel.

6.2. táblázat – Belső nyomott lemezelemek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.1. táblázatával)

Feszültségeloszlás (nyomás pozitív)	Hatékony b_{eff} szélesség
	$\psi = 1$ $b_{eff} = \rho\bar{b}$ $b_{e1} = 0{,}5 b_{eff}$ $b_{e2} = 0{,}5 b_{eff}$
	$1 > \psi \geq 0$ $b_{eff} = \rho\bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5-\psi} b_{eff}$ $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$
	$0 > \psi$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho\bar{b}/(1-\psi)$ $b_{e1} = 0{,}4 b_{eff}$ $b_{e2} = 0{,}6 b_{eff}$

$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi \geq -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Horpadási tényező k_σ	4,0	$8{,}2/(1{,}05 + \psi)$	7,81	$7{,}81 - 6{,}29\psi + 9{,}78\psi^2$	23,9	$5{,}98(1-\psi)^2$

Egyik hosszanti élén megtámasztott (külső) lemezelemek esetén az alábbi összefüggés adja meg a lemezhorpadás miatti csökkentő tényező értékét:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0{,}188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1{,}0$$

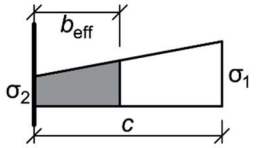
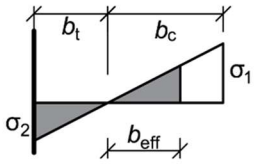
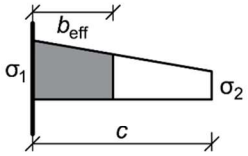
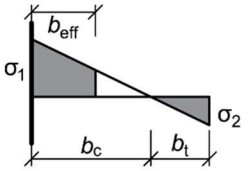
A képlet paramétereinek értelmezését lásd a belső lemezelemeknél. A horpadási tényező, valamint a hatékony szélesség a *6.3. táblázatból* vehető. A vizsgált lemezelem $\bar{b}$ szélessége:

c – egy élén megtámasztott övlemezekre,

h – szögacélokra.

Jogszabályi vélemény

6.3. táblázat – Egy élén megtámasztott nyomott elemek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.2. táblázatával)

Feszültségeloszlás (nyomás pozitív)			Hatékony b_{eff} szélesség	
			$1 > \psi \geq 0$ $b_{eff} = \rho c$	
			$0 > \psi$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c/(1 - \psi)$	
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	0	-1	$-1 \geq \psi \geq -3$
Horpadási tényező k_σ	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$
			$1 > \psi \geq 0$ $b_{eff} = \rho c$	
			$0 > \psi$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c/(1 - \psi)$	
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Horpadási tényező k_σ	0,43	$0,578/(\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

Amennyiben a méretezendő tartószerkezet gerince trapéz- vagy szinuszhullám alakú (és trapézalak esetén a ferde lemezmező tartótengellyel bezárt szöge legalább 30°), az övlemezek lemezhorpadás miatti hatékony szélességét az egy élén megtámasztott lemezekre vonatkozó eljárással kell meghatározni, a k_σ értékét a következők szerint felvéve:

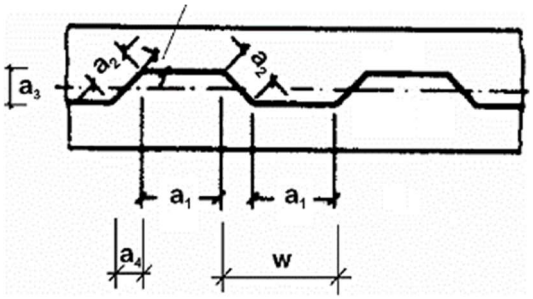
$$k_\sigma = \max\begin{pmatrix} 0,43 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 \\ 0,6 \end{pmatrix}$$

ahol:

b – az övlemez legnagyobb szélessége a varratgyöktől a szabad élig,

$a = a_1 + 2a_4$ (*6.6. ábra*).

Jogszabályi vélemény



6.6. ábra – Trapézgerinc geometriai méretei (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány D1. ábrájával)

A Ψ feszültségarány I és zártszelvények övei esetén az övek nyírási torzulás (shear lag) miatt számított hatékony területének figyelembevételével határozandó meg. Gerinclemezek esetén figyelembe kell venni emellett az övek horpadás miatti hatékony területét is. Ezek alapján a hatékony keresztmetszet számítása a következő lépéseken keresztül lehetséges:

1. hatékony keresztmetszet meghatározása a nyírási torzulás alapján,
2. övlemezek horpadás miatti hatékony területének meghatározása az 1. pontban meghatározott hatékony keresztmetszet feszültségeloszlása alapján,
3. a gerinclemezek horpadás miatti hatékony területének meghatározása a 2. pontban meghatározott hatékony keresztmetszet feszültségeloszlása alapján,
4. a hatékony keresztmetszet súlypontjának esetleges eltolódása miatt módosuló feszültségeloszlás figyelembevételével új hatékony keresztmetszet határozható meg.

Öszvérhidak esetén, vagy más esetekben, amikor a feszültségeloszlás különböző építési állapotok során alakul ki, a feszültségeket a 2. pontban definiált hatékony keresztmetszet segítségével kell meghatározni és összegezni. Az ilyen módon meghatározott összegzett feszültségek alapján kell a gerinc hatékony területét meghatározni, és az így kapott hatékony keresztmetszet alkalmazható az egyes fázisok végső feszültségeloszlásának újraszámítására.

Amennyiben a nyomófeszültség értéke nem éri el a folyáshatár értékét, a viszonyított karcsúság értékét csökkenteni lehet az alábbiak szerint:

$$\bar{\lambda}_{p,\mathrm{red}} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\frac{\sigma_{\mathrm{com},Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}}$$

ahol $\sigma_{\mathrm{com},Ed}$ a horpadás alapján meghatározott hatékony keresztmetszet segítségével kiszámolt maximális nyomófeszültség értéke a vizsgált lemezelemben, tekintetbe véve az összes egyidejű hatást. Az eljárás iterációt igényel. Ennek az eljárásnak egy alternatívája, ha a keresztmetszetet alkotó lemezelemek horpadási csökkentő tényezőit a következő képletek alapján határozzuk meg (a jelölések a korábbiakkal megegyeznek):

- mindkét hosszanti élén megtámasztot lemezelemekre:

$$\rho = \frac{1 - 0{,}055\,(3+\psi)/\bar{\lambda}_{p,\mathrm{red}}}{\bar{\lambda}_{p,\mathrm{red}}} + 0{,}18\,\frac{\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,\mathrm{red}}}{\bar{\lambda}_p - 0{,}6} \leq 1{,}0$$

- egyik hosszanti élén megtámasztot lemezelemekre:

$$\rho = \frac{1 - 0{,}188\,/\bar{\lambda}_{p,\mathrm{red}}}{\bar{\lambda}_{p,\mathrm{red}}} + 0{,}18\,\frac{\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,\mathrm{red}}}{\bar{\lambda}_p - 0{,}6} \leq 1{,}0$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Amikor egy szerkezeti elem globális stabilitási ellenállását vizsgáljuk a 6.3.1., 6.3.2. vagy 6.3.5. pontok egyike alapján, vagy $\bar{\lambda}$ vagy $\bar{\lambda}_{p,\mathrm{red}}$ alkalmazható (ez utóbbi esetben $\sigma_{\mathrm{com},Ed}$ értékét globális imperfekciókat figyelembe vevő másodrendű számítás alapján meghatározva). Ez a követelmény igaz bármely, a hatékony keresztmetszet meghatározására vonatkozó alternatív módszer esetén.

Ha a vizsgált lemezelem szélessége meghaladja a hosszúságát, a lemezhorpadás nem tud tisztán kialakulni, hanem interakcióba lép a lemezelem ún. oszlopszerű tönkremeneteli módjával *[6.7. b) ábra].* Hasonló eset állhat fenn keresztirányú bordák közötti lemezelemeknél *[6.7. ábra a)],* vagy merevítőbordák esetén is, még akkor is, ha a lemezmező oldalaránya 1,0-nál nagyobb *[6.7. c) ábra].* Ezt a jelenséget merevített lemezmezők esetén a 6.2.3.5. pont alapján kell vizsgálni. Merevítetlen lemezmezők esetén a következő eljárást kell követni (a lemezszerű viselkedést természetesen a fentiek figyelembevételével kell meghatározni). Az oszlopszerű viselkedéshez tartozó kritikus feszültség az alábbi képlettel számítandó:

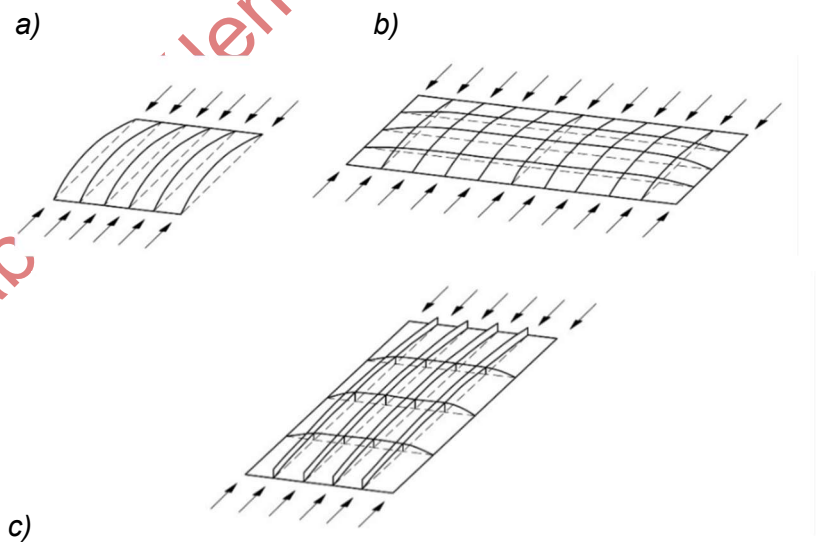
$$\sigma_{cr,c} = \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-v^2)a^2}$$

ahol:

a – lemezelem hossza. A viszonyított karcsúság értékét a jelen pont elején ismertetett összefüggéssel kell számítani, vagyis

$$\bar{\lambda}_c = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,c}}}$$

Ennek ismeretében a merevítetlen lemezelem oszlopszerű tönkremeneteléhez tartozó χ_c csökkentő tényező az „a” kihajlási görbe segítségével számítható. A lemezszerű és oszlopszerű tönkremenetel közötti interpolációt a 6.2.3.5. pontnak megfelelően kell elvégezni.



6.7. ábra – Rúdszerű viselkedés (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.3. ábrájával); a) Hosszirányú támaszok nélküli lemezek rúdszerű viselkedése, b) Kis α oldalirányú, merevítetlen lemez rúdszerű viselkedése, c) Nagy α oldalirányú, hosszirányban merevített lemez rúdszerű viselkedése

Jogszabályelőkészítésre 2025. február 4.

6.2.3.5. Hosszbordákkal merevített lemezek

6.2.3.5.1. Általános előírások

Amennyiben a vizsgált keresztmetszet hosszbordákkal van merevítve, a lokális horpadás miatt alkalmazandó hatékony keresztmetszet meghatározása során figyelembe kell venni a merevítők közötti almezők lokális horpadását, valamint a teljes, bordázott lemez horpadását is. Csak azok a bordák vehetők figyelembe a számítás során, melyekre fennáll, hogy

$$\gamma_{sl,i} = \frac{10{,}92 l_{sl,i}}{bt^3} \geq 25$$

ahol:

$l_{sl,i}$ – a hosszborda és a vele együttdolgozó (egyenletes feszültségnél a szabad lemezszélesség fele, változó terhelésnél ld. 6.9. ábra) lemez által alkotott keresztmetszet lemezsíkkal párhuzamos súlyponti tengelyre vett inerciája (ami nem veszi figyelembe a lemezhorpadás miatti csökkentett keresztmetszetet),

t – a lemez vastagsága,

b – a lemezmező szélessége.

Az egyes, részben vagy teljesen a nyomott zónában levő lemezmezők hatékony szélességét a 6.2.3.4. pont szerint kell meghatározni, a csatlakozó lemezéleket fix csuklós támasznak feltételezve:

$$A_{c.\mathrm{eff.loc}} = A_{sl,\mathrm{eff}} + \sum_{c}^{t} \rho_{\mathrm{loc}}\, b_{c,\mathrm{loc}}\, t$$

ahol:

$A_{c.\mathrm{eff.loc}}$ – az almezők hatékony keresztmetszete,

$A_{sl,\mathrm{eff}}$ – a hosszbordák hatékony keresztmetszete,

ρ_{loc} – az egyes almezők lemezhorpadás miatti csökkentő tényezője (6.2.3.4. pont),

$b_{c,\mathrm{loc}}$ – az egyes almezők nyomott zónájának szélessége,

t – a lemezszélesség,

$\sum_c^t$ – azon almezőkre vonatkozó összegzés, melyeket nem csatlakozó lemezelem támaszt meg, hanem merevítőborda.

A teljes merevített lemezelem hatékony területe:

$$A_{c.\mathrm{eff}} = \rho_c A_{c,\mathrm{eff.loc}} \sum b_{\mathrm{edge,eff}} t$$

ahol:

ρ_c – a merevített lemez lemezszerű és oszlopszerű viselkedését is figyelembe vevő csökkentő tényező,

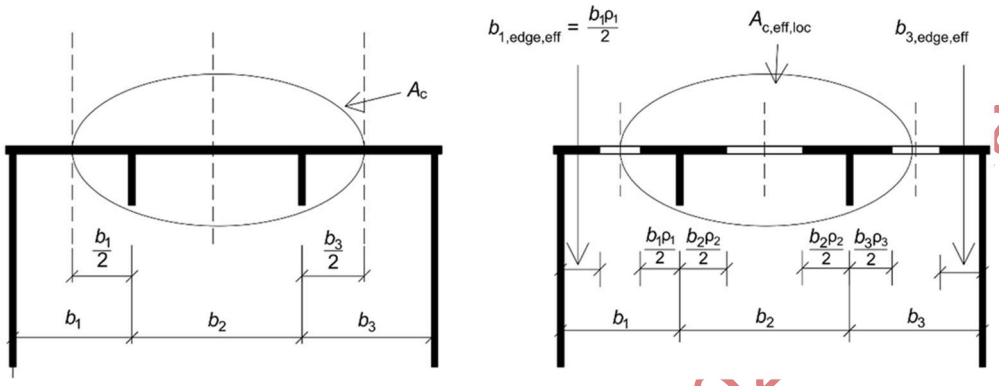
$b_{\mathrm{edge,eff}}$ – azon almezők hatékony szélessége, melyet szomszédos lemezelem támaszt meg.

A merevített lemezelem szintű csökkentés tekinthető úgy is, hogy a lemezvastagság értékét csökkentjük a merevített lemez horpadása miatt megfelelő mértékben. Amennyiben mértékadó, a

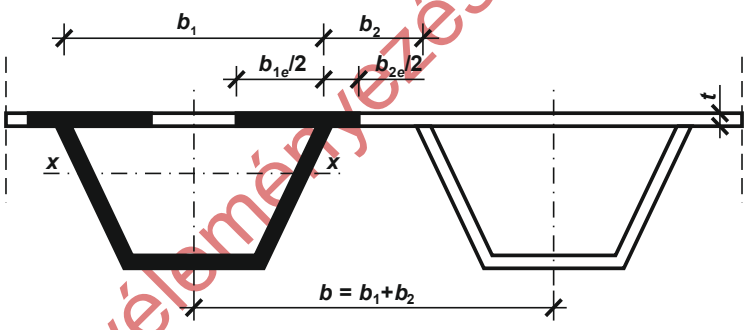
Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

nyírási torzulás miatti csökkentést is el kell végezni mind a nyomott, mind a húzott elemeken. A W_{eff} keresztmetszeti tényező a hatékony keresztmetszet inerciája és az övlemez középvonala és a keresztmetszet súlypontja távolságának hányadosaként számítandó.

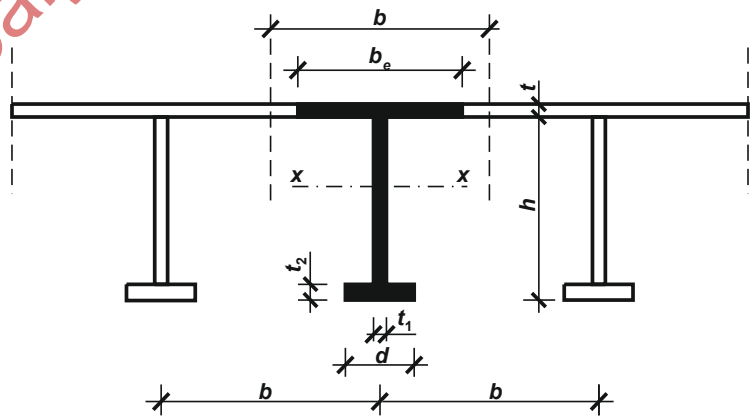
Ha a kihasználtság függvényében módosítjuk a viszonyított karcsúságot, akkor a merevített lemezekre vonatkozó hatékony keresztmetszet meghatározása ugyanolyan iterációs eljárás, mint a merevítetlen esetben bemutatott.



6.8. a) ábra – Merevített lemez tiszta nyomás esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.4. ábrájával)



6.8. b) ábra – Merevített lemez tiszta nyomás esetén (zárt bordáknál)



6.8. c) ábra – Merevített lemez tiszta nyomás esetén (T bordáknál)

Jogszabályi véleményezésre 2024. évi 4.

6.2.3.5.2. Lemezszerű viselkedés

A lemezszerű viselkedéshez tartozó viszonyított karcsúság:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\beta_{A,C} f_y}{\sigma_{cr,c}}}$$

ahol:

$\sigma_{cr,c}$ – a lemezszerű viselkedéshez tartozó kritikus feszültség értéke a szélső szálban, figyelembe véve a feszültségarányt és a merevítőbordák hatását,

$$\beta_{A,C} = \frac{A_{c,\mathrm{eff.loc}}}{A_c}$$

$\sigma_{cr,p}$ értéke erősen függ a lemezmező geometriájától (a lemez oldalarányától, a bordák merevségétől, elhelyezkedésétől). Meghatározására több módszer áll rendelkezésre, ezek közös jellemzője, hogy a lemezmezőt négy oldalán csuklósan feltámaszkodónak tekintik. A szóba jöhető vizsgálati módszerek:

- a merevítőbordák hatását „elkenve”, egy helyettesítő ortotrop lemez kritikus feszültségét számítják,
- egyszerűsített analitikus képletek segítségével számítják a kritikus feszültséget,
- numerikus modellezés segítségével számítják a kritikus feszültséget.

Hagyományos módszernek mondható a különféle diagramok, táblázatok alkalmazása (például [1], [2]), ugyanakkor a legelterjedtebb vizsgálati módszer a numerikus modellek alkalmazása.

6.2.3.5.3. Három vagy több merevítőborda esetén

Amennyiben pontosabb eljárások alkalmazására nincs lehetőség, a horpadási tényező (és így a kritikus feszültség) értéke az alábbi egyszerűsített képletek alapján határozható meg:

$$\sigma_{cr,\rho} = k_{\sigma,\rho} \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-\nu^2) b^2}$$

$$k_{\sigma,\rho} = \frac{2\left[(1+\alpha^2)^2 + \gamma - 1\right]}{\alpha^2(\psi+1)(1+\delta)}, \text{ ha } \alpha \leq \sqrt[4]{\gamma}$$

$$k_{\sigma,\rho} = \frac{4(1+\sqrt{\gamma})}{(\psi+1)(1+\delta)} \quad \text{egyébként,}$$

ahol:

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \geq 0{,}5$$

$$\gamma = \frac{I_{sl}}{I_p}$$

$$\delta = \frac{A_{sl}}{A_p}$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$$\alpha = \frac{a}{b} \geq 0{,}5$$

I_{sl} – a merevített lemezelem síkra merőleges inerciája,

I_p – a hosszbordák nélküli lemezelem síkra merőleges inerciája,

A_{sl} – a hosszbordák keresztmetszeti területe,

A_p – a hosszbordák nélküli lemezelem keresztmetszeti területe,

σ_1, σ_{12} – a szélsőszálfeszültségek,

a – a merevített lemezelem hossza,

b – a merevített lemezelem szélessége.

6.2.3.5.4. Egy merevítőborda esetén

A nyomott zónában elhelyezkedő egyetlen hosszborda esetén egyszerűsített méretezési módszer alkalmazható. Az egyszerűsítés során a lemezszerű viselkedéshez tartozó kritikus feszültség értékét $\sigma_{cr,p}$ a merevítőborda kihajlásához tartozó kritikus feszültség értékéből $\sigma_{cr,sl}$ származtatjuk. A borda kritikus feszültségének meghatározása során a húzott oldali bordáktól eltekintünk, a nyomott bordát két végén csuklósnak, valamint központos nyomóerővel terheltnek feltételezzük. A csatlakozó lemez hatását folytonos rugalmas ágyazatként vesszük figyelembe. A borda kihajlásához tartozó kritikus normálfeszültség értéke az alábbi képletek alapján számítható:

- $\sigma_{cr,sl} = \frac{1{,}05E}{A_{sl}b_1b_2}\sqrt{l_{sl,1}t^3(b_1+b_2)}$, ha $a > a_c$,
- $\sigma_{cr,sl} = \frac{\pi^2 E I_{sl,1}}{A_{sl}a^2} + \frac{Et^3(b_1+b_2)a^2}{35{,}92A_{sl,1}b_1^2b_2^2}$ egyébként,

ahol:

$$a_c = 4{,}33\sqrt[4]{I_{sl,1}b_1^2b_2^2/t^3b}$$

$A_{sl,1}$ – a helyettesítő oszlop teljes keresztmetszeti területe,

$I_{sl,1}$ – a helyettesítő oszlop teljes keresztmetszetének lemez síkjára merőleges súlyponti inerciája,

b_1 *és* b_2 – a hosszborda lemezmező szélétől mért pozíciója ($b_1 + b_2 = b$).

A helyettesítő oszlop keresztmetszete a merevítőbordából és a hozzá két oldalon kapcsolódó teljes gerinclemez-szakaszból áll *(6.9. ábra)*.

Ha az így meghatározott ρ_c csökkentő tényező segítségével meghatározott

$$\rho_c f_y / \gamma_{M1}$$

mennyiségnél kisebb a helyettesítő oszlopban az átlagos nyomófeszültség értéke $(\sigma_{\mathrm{com},Ed})$ az $A_{c,\mathrm{eff,loc}}$ értékét tovább kell csökkenteni az alábbiaknak megfelelően:

$$A_{c,\mathrm{eff.loc}} = \frac{\rho_c f_\gamma A_{sl,1}}{\sigma_{\mathrm{com},Ed}\gamma_{M1}}$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

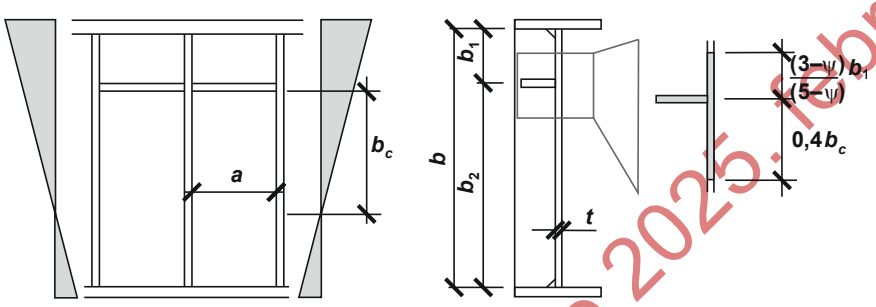
A kritikus feszültség értékét a vizsgált merevített lemezmező szélső szálában fellépő feszültség adja meg, vagyis az ezen eljárással a helyettesítő oszlopban fellépő kritikus feszültség értékét extrapolálni kell a következők szerint:

$$\sigma_{cr,p} = \sigma_{cr,sl} \frac{b_c}{b}$$

ahol:

b_c – a nyomott zóna szélessége,

b – a hosszborda távolsága a rugalmas semleges tengelytől (nem keverendő össze a 6.9. ábra jelölésrendszerével!).



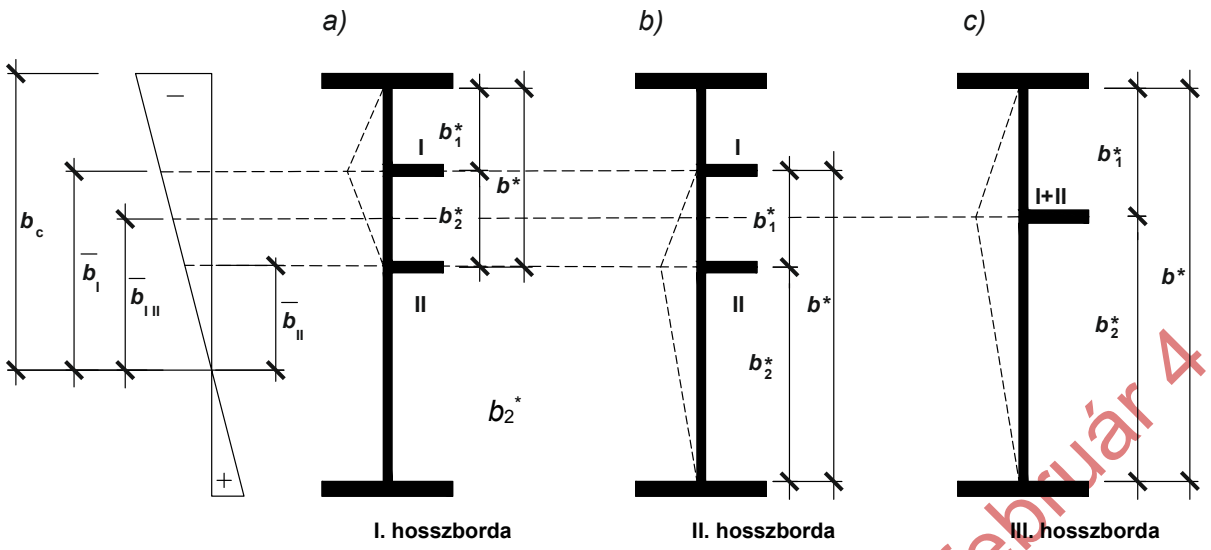
6.9. ábra – Helyettesítő oszlop keresztmetszete egy merevítőborda esetén (φ a vizsgált almezőre jellemző feszültségarány)

6.2.3.5.5. Két merevítőborda esetén

Az egyetlen merevítőbordára bemutatott eljárás kiterjeszthető két nyomott hosszborda esetére is. Ekkor először a két borda kihajlását külön-külön kell vizsgálni azzal a feltételezéssel, hogy a másik borda fix támaszként működik. Második lépésben a két borda együttes kihajlását kell vizsgálni úgy, hogy a két bordát egyetlen helyettesítő bordává olvasztjuk össze, melynek területe és inerciája megegyezik az eredeti bordák együttdolgozó területének és inerciájának összegével, helyzete pedig az eredeti két oszlopszelvényből alkotott szelvény súlypontjában van. Ez összességében három elvégzendő számítást jelent, melyekben a b_1, b_2 és b méretek, valamint a hosszbordák keresztmetszeti jellemzői változtatandók a *6.10. ábra* szerint. A két hosszbordával merevített lemez lemezszerű viselkedéséhez tartozó kritikus feszültségét e három érték minimuma adja.

A kritikus feszültség értékét itt is a merevített lemezmező szélső szálára történő extrapolálással kapjuk meg.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



	I. hosszborda	II. hosszborda	III. hosszborda
Keresztmetszeti terület:	$A_{sl,1}$	$A_{sl,2}$	$A_{sl,1} + A_{sl,2}$
Másodrendű nyomaték:	$I_{sl,1}$	$I_{sl,2}$	$I_{sl,1} + I_{sl,2}$

6.10. ábra – Vizsgálandó kihajlási esetek két merevítőborda esetén

6.2.3.5.6. Lemezszerű csökkentőtényező

A fenti eljárások valamelyike segítségével meghatározható a merevített lemezelem kritikus feszültsége, majd ebből a viszonyított karcsúság értéke. Ennek ismeretében a lemezszerű viselkedéshez tartozó, a posztkritikus tartalékot figyelembe vevő ρ csökkentő tényező a két hosszanti élén megtámasztott, merevítetlen lemezekre megadott eljárással határozható meg (6.2.3.4. pont és a 6.2. táblázat).

6.2.3.5.7. Oszlopszerű viselkedés

Az eddigi számításokban meghatározott ρ csökkentő tényező tisztán a lemezszerű viselkedést és az ehhez tartozó posztkritikus viselkedést vette figyelembe. Ugyanakkor abban az esetben, ha a lemezmező a/b oldalaránya 1,0-hoz közeli, vagy merev bordákkal van ellátva, ez a posztkritikus tartalék csökken, a rúdszerű viselkedés válik egyre dominánsabbá. Ennek megfelelően szükség van az oszlopszerű viselkedéshez tartozó csökkentő tényező meghatározására is. A legegyszerűbb megoldás az, ha a vizsgált lemezmező hosszanti (terheletlen) éleit felszabadítjuk, így egy olyan oszlopot kapunk, melynek keresztmetszete megegyezik az ortotrop lemezével. Az oszlopszerű kihajlás kritikus feszültsége a leginkább nyomott borda kihajlásához tartozó kritikus feszültség alapján számítható ki:

$$\sigma_{cr,sl} = \frac{\pi^2 E I_{sl,1}}{A_{sl,1} a^2}$$

ahol:

$I_{sl,1}$ – a hosszborda és az együttdolgozó lemezmező lemez síkjára merőleges inerciája,

$A_{sl,1}$ – a hosszborda és az együttdolgozó lemezmező teljes keresztmetszeti területe *(6.9. ábra).*

Annak érdekében, hogy összetartozó feszültségértékeket hasonlítsunk össze, az oszlopszerű viselkedésre meghatározott kritikus feszültséget át kell váltani a borda súlypontjából a lemez szélső szálára a lemezszerű viselkedésnél már látott módon:

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$$\sigma_{cr,c} = \sigma_{cr,sl}\frac{b_c}{b}$$

A viszonyított karcsúság a kritikus feszültség és az effektív keresztmetszeti területarány függvényében:

$$\bar{\lambda}_c = \sqrt{\frac{\beta_{A,C} f_y}{\sigma_{cr,c}}}$$

ahol:

$$\beta_{A,C} = \frac{A_{sl,1,\mathrm{eff}}}{A_{sl,1}} \quad \text{… ábra szerinti}$$

$A_{sl,1}$ – a hosszborda és az együttdolgozó lemezmező teljes keresztmetszeti területe,

$A_{sl,1,\mathrm{eff}}$ – a hosszborda és az együttdolgozó lemezmező effektív keresztmetszeti területe.

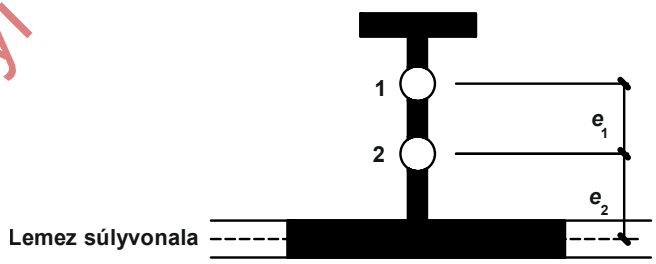
A viszonyított karcsúság alapján az oszlopszerű viselkedéshez tartozó csökkentő tényező értéke (χ_c) az oszlopkihajlási görbék alapján számítható, a görbék alkalmazásával:

- zárt bordával merevített lemezmező: „b” kihajlási görbe (α = 0,34),
- nyitott bordával merevített lemezmező: „c” kihajlási görbe (α = 0,49).

Amennyiben a lemez csak egyik oldalról merevített, többlet külpontosság lép fel, ami csökkenti az ellenállás értékét. Ezt a hatást a kihajlási görbe imperfekciós tényezőjének módosításával lehet figyelembe venni:

$$\alpha_c = \alpha + \frac{0{,}09}{i/e}$$

ahol $e = \max(e_1, e_2)$ a maximális távolság a hosszborda súlypontja, a lemez súlypontja, valamint a hosszborda és együttdolgozó lemez együttes súlypontjai között, a *6.11. ábra* szerint.



6.11. ábra – Az e távolság értelmezése; 1 – Hosszborda súlypontja, 2 – Hosszborda és együttdolgozó lemez súlypontja

6.2.3.5.8. Interpoláció

A merevített lemezelem viselkedése a lemezszerű és az oszlopszerű viselkedés kombinációja, amit a korábban meghatározott ρ és χ_c csökkentő tényezők megfelelő interpolációjával kell figyelembe venni. Ennek megfelelően a ρ_c végleges csökkentő tényező minden esetben a két alapérték közé esik:

$$\chi_c \leq \rho_c \leq \rho$$

Jogszabályi véleményezésre 2025 február 4.

A valós viselkedéshez tartozó csökkentő tényező interpoláció segítségével határozható meg:

$$\rho_c = (\rho - \chi_c)\xi(2 - \xi) + \chi_c$$

ahol:

$$0 \leq \xi = \frac{\sigma_{cr,p}}{\sigma_{cr,c}} - 1 \leq 1$$

$\sigma_{cr,p}$ – a lemezszerű viselkedéshez tartozó kritikus feszültség,

$\sigma_{cr,c}$ – az oszlopszerű viselkedéshez tartozó kritikus feszültség.

Ha az oszlopszerű viselkedés kritikus feszültsége kisebb, mint a lemezszerű kritikus feszültség értékének fele, az oszlopszerű viselkedés nem mértékadó, az ellenállást tisztán a lemezszerű viselkedés határozza meg. Ha viszont az oszlopszerű viselkedés kritikus feszültsége legalább akkora, mint a lemezszerű érték, egyedül a lemezszerű viselkedés dominálja a tönkremenetelt.

6.2.3.6. Ellenőrzés

Az ellenőrzés a 6.2.12.3. pont szerint történjen abban a keresztmetszetben, mely a nagyobb feszültségű lemezvégtől mért $0{,}4a$ vagy $0{,}5b$ távolságok közül a közelebb van. Emellett a lemezmező végén a teljes keresztmetszet ellenállását is ellenőrizni szükséges.

6.2.3.7. Bordák kialakításának követelményei hosszirányú normálfeszültség esetén

6.2.3.7.1. Keresztbordákra vonatkozó minimális követelmények

Egy lemezelem akkor tekinthető a keresztborda által mereven megtámasztottnak, ha az alábbi követelményeket teljesíti a keresztborda.

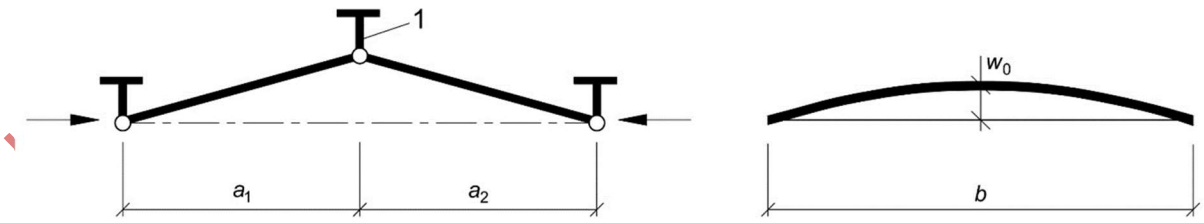
A keresztbordát egy oldalirányban terhelt kéttámaszú tartóként kell méretezni, melyet egy kezdeti alakhiba terhel, aminek amplitúdója *(6.12. ábra)*:

$$w_0 = \min(a_1, a_2, b)/300$$

ahol:

a_1, és a_2, – a csatlakozó lemezmezők hossza,

b – az övlemezek súlypontjai közötti távolság vagy a keresztborda fesztávolsága.



6.12. ábra – Keresztborda (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.2. ábrájával);
1 – Keresztborda

A méretezés során a külpontosságokat figyelembe kell venni. A bordák méretezéséhez az alábbi normálerőből kell kiindulni:

bályi véleményezésre 2025. február 4.

$$N_{Ed} = V_{Ed} - \frac{1}{\bar{\lambda}_w^2} \frac{f_{yw} h_w t}{\sqrt{3}\gamma_{M1}}$$

ahol:

V_{Ed} – a lemezmezőt terhelő nyíróerő tervezési értéke, változó nyíróerő esetén a nagyobb nyírással terhelt lemezvégtől 0,5h_w-re fellépő nyíróerő értéke,

h_w, t, f_{yw} – a gerinclemez magassága, vastagsága és folyáshatára,

$\bar{\lambda}_w$ – a gerinclemez horpadásához tartozó viszonyított karcsúság értéke (számítását részletesebben a 6.5.1.3. pontban).

Ehhez hozzá kell adni az alakhibából adódó kitérítő erőket, melyek a szomszédos nyomott lemezmezőkből származnak, valamint az egyidejűleg ható külső terheket. A kitérítő erők meghatározása során a szomszédos keresztbordákat egyenesnek és merevnek lehet feltételezni. A méretezés során azzal a feltételezéssel kell élni, hogy a keresztborda a lemezelemet és a hosszbordákat csak a lemezsíkra merőleges irányú elmozdulások ellen támasztja meg. Megfelelő a keresztborda, ha másodrendű rugalmas vizsgálat alapján teherbírási határállapotban mindkét alábbi feltétel teljesül:

- a maximális feszültség a bordában nem több, mint f_y/γ_{M1};
- az elmozdulásnövekmény nem haladja meg a $b/300$ értéket.

Ha a keresztbordára nyomóerő hat, akkor ennek értékét meg kell növelni egy $\Delta N_{st} = \sigma_m\, b^2/\pi^2$ értékkel (definícióját alább), mely növekmény a kitérítő erők hatását veszi figyelembe. Az ellenőrzés feltételei megegyeznek a korábban közöltekkel, azzal az eltéréssel, hogy nem kell figyelembe venni a normálerőnövekményt a keresztbordában a nyomó igénybevétel miatt ébredő egyenletes nyomófeszültség meghatározásakor (vagyis csak a másodrendű hatásból származó feszültségnövekményben, valamint az elmozdulás-növekményben kell figyelembe venni ezt a tagot).

Ha a keresztbordára nem hat normálerő, akkor a fenti követelményeket merevségi kritériumok betartásával is ki lehet elégíteni:

$$\frac{\sigma_m}{E}\left(\frac{b}{\pi}\right)^4 \left(1 + w_0 \frac{300}{b} u\right) \leq I_{st}$$

ahol:

$\sigma_m = \frac{\sigma_{cr,c}}{\sigma_{cr,p}} \frac{N_{Ed}}{b}\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}\right)$,

$\sigma_{cr,c}$; $\sigma_{cr,c}$ – az oszlopszerű és lemezszerű viselkedéshez tartozó kritkus feszültségek értékei a 6.2.3.4. vagy 6.2.3.5. pont szerint,

N_{Ed} – a csatlakozó nyomott lemezmezőkben ébredő nyomóerők maximuma, de legalább a fellépő maximális nyomófeszültség és a lemezelem hatékony nyomott területe felének szorzata (beleszámítva ebbe a területbe a hosszirányú merevítőborda területét is),

I_{st} – a merevítőborda inerciája az együttdolgozó lemezszélességet is figyelembe véve (6.2.3.3. pont),

$$u = \frac{\pi^2 E e_{\max}}{f_y 300\mathrm{b}/\gamma_{M1}} \geq 1{,}0$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

e_{max} – a merevítőborda szélső szálának és súlypontjának legnagyobb távolsága.

Amennyiben lemezsíkra merőleges terhelés is hat a keresztbordára, az MSZ EN 1993-2 és az MSZ EN 1993-1-7 szabvány ad további felvilágosítást.

A fenti ellenőrzések további egyszerűsített alternatívája lehet az, ha elsőrendű rugalmas számítással igazoljuk a fenti a) és b) pont követelményeit, azonban a másodrendű hatásokat egy b hosszon megoszló egyenletes q teherrel vesszük figyelembe, mely a lemez síkjára merőlegesen hat:

$$q = \frac{\pi}{4}\sigma_m(w_0 + w_{el})$$

ahol w_{el} a rugalmas alakváltozás (mivel ez függ a q intenzitásától, értékét iterációs eljárással lehet meghatározni, de a biztonság javára lehet a megengedhető maximális, $b/_{300}$ értéket is alkalmazni).

Normálerővel is terhelt, nyitott szelvényű merevítőbordák esetén gondoskodni kell arról, hogy elcsavarodó kihajlás ne következhessen be. Pontosabb vizsgálat hiányában ez a következő feltétel teljesítésével érhető el:

$$\sigma_{cr} = G\frac{I_T}{I_p} = \frac{E}{2(1+v)}\frac{I_T}{I_p} \geq 2f_y \Rightarrow \frac{I_T}{I_p} \geq 5{,}3\frac{f_y}{E}$$

ahol:

I_T – a csatlakozó lemezétől elkülönített merevítőborda Saint–Venant-féle csavarási inercianyomatéka,

I_p – a csatlakozó lemezétől elkülönített merevítőborda poláris inerciája a lemezhez rögzített élére vonatkoztatva.

Az öblösödési merevség figyelembevételekor az ellenőrzés vagy az előző összefüggés szerint végzendő, vagy az alábbi:

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{I_p}\left(\frac{\pi^2 \mathrm{El_w}}{L^2} + GI_T\right) \geq 6f_y$$

ahol:

σ_{cr} – az elcsavarodó kihajláshoz tartozó kritikus feszültség értéke, elhanyagolva a csatlakozó lemez elfordulással szembeni megtámasztó képességét,

$\mathrm{l_w}$ – a merevítőborda öblösödési inerciája,

L – a merevítőborda hossza.

6.2.3.7.2. Hosszbordákra vonatkozó minimális követelmények

A keresztbordákra ismertetett, az elcsavarodó kihajlás elkerülését célzó követelményeket a hosszbordáknak is teljesíteniük kell. Azokat a bordákat, melyek nem folytonosak, nem haladnak át a keresztezett keresztbordákon vagy nincsenek azokhoz csatlakoztatva

- csak gerinclemezekben szabad alkalmazni,
- a globális erőtani vizsgálatban nem szabad figyelembe venni,
- el kell hanyagolni a feszültségek számításakor,
- figyelembe kell venni a rugalmas kritikus feszültségek számításakor,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

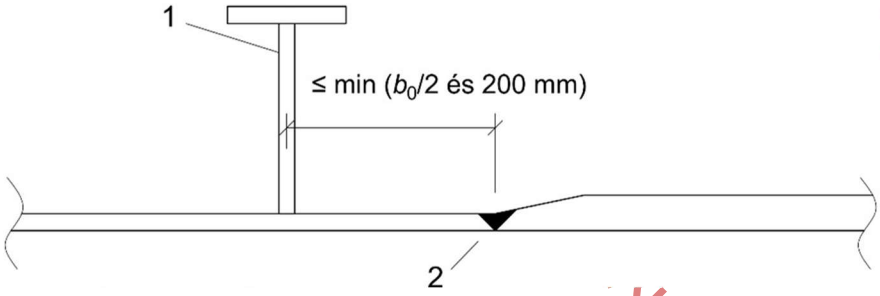
- valamint figyelembe kell venni a gerinclemez almezői hatékony keresztmetszetének meghatározásakor is (6.2.3.5. pont szerint).

A bordák szilárdsági vizsgálata a 6.2.3.5. pont szerint meghatározott oszlopszerű viselkedés alapján, a 6.2.3.6. pont szerint történjen.

Közvetlen közúti terhet viselő szerkezeti elemek esetén az L-szelvényű bordák alkalmazása tilos!

6.2.3.7.3. Hegesztett lemezek

Lemezvastagság változása esetén az ebből származó külpontosság elhanyagolható, ha az illesztéssel párhuzamosan merevítőborda van elhelyezve, és ennek távolsága az illesztéstől nem nagyobb, mint $b_0/2$ vagy 200 mm (b_0 a lemez illesztéssel párhuzamos merevítései – bordák és/vagy övlemezek – közötti szélességének minimuma, vagyis a legkisebb almező). *(6.13. ábra)*



6.13. ábra – Hegesztett lemezek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.3. ábrájával); 1 – Keresztborda, 2 – Keresztirányú varrat

6.2.3.7.4. Kivágások a merevítőbordákban

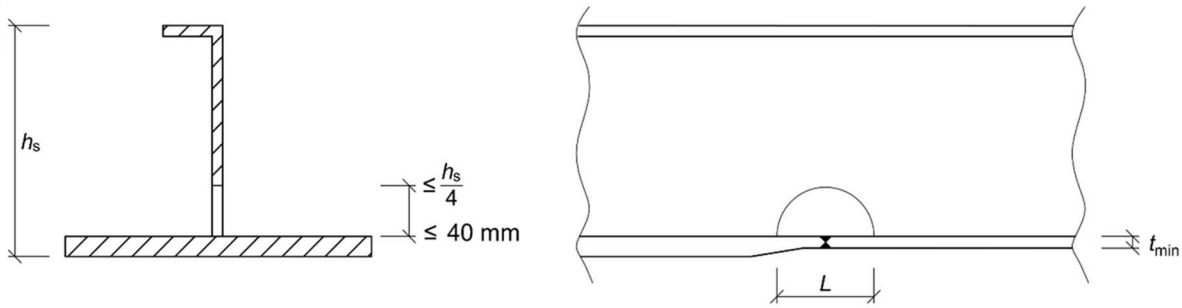
A varrathalmozódás megelőzése érdekében a hosszbordákon kivágásokat kell alkalmazni, amennyiben a merevített lemezen keresztirányú varratot keresztezne *(6.14. ábra)*. A kivágás magassága ne legyen nagyobb, mint a bordamagasság negyede vagy 40 mm, maximális hossza pedig az alábbiak szerint legyen meghatározva:

- $6t_{\min} \leq 6t_{\min}\sqrt{\frac{\sigma_{x,Rd}}{\sigma_{x,Ed}}} \leq 5t_{\min}$ nyomott laposacél borda esetén,
- $8t_{\min} \leq 8t_{\min}\sqrt{\frac{\sigma_{x,Rd}}{\sigma_{x,Ed}}} \leq 15t_{\min}$ egyéb nyomott bordák esetén,
- $15t_{\min}$ nem nyomott merevítőbordák esetén,

ahol:

$t_{\min}$ – a kisebbik lemezvastagság,

$\sigma_{x,Ed}$ – a nyomófeszültség a kivágás helyén.



6.14. ábra – Hosszbordák kivágásai (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.4. ábrájával)

Keresztbordák esetén szintén kivágást kell alkalmazni a *6.15. ábra* szerint. Ezen kívül a keresztborda melletti gerinc (teljes keresztmetszetével figyelembe véve) feleljen meg az alábbi nyíróerőre:

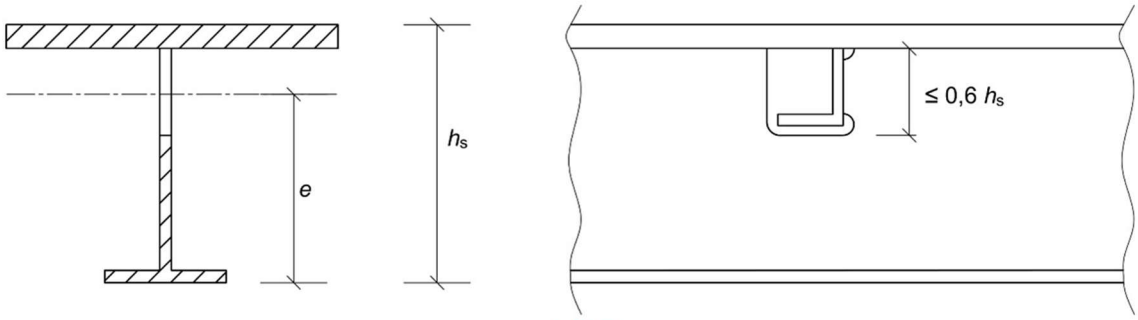
$$V_{Ed} = \frac{I_{\text{net}}}{e} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \frac{\pi}{b_G}$$

ahol:

I_{net} – a keresztborda nettó (kivágással gyengített) keresztmetszetének inerciája,

e – a keresztborda övlemezének alsó síkjától a nettó keresztmetszet semleges tengelyéig mért legnagyobb távolság (ha többféle kivágás lenne) (egyféle kivágás esetén az értelmezésért *6.15. ábra*),

b_G – a keresztborda hossza az övlemezek között.



6.15. ábra – Keresztbordák kivágásai (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.5. ábrájával)

6.2.4. Hatékony keresztmetszetek módszere a normálfeszültségek hatására bekövetkező lemezhorpadás vizsgálatára használhatósági határállapotban

A merevségre vonatkozó hatékony keresztmetszet (az 5.1.4. pontban foglalt követelmény teljesülésének hiányában) számításához a teherbírási határállapotban használt viszonyított karcsúságtól eltérő értékek alkalmazandók a következők szerint:

$$\bar{\lambda}_{p,\text{ser}} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com},Ed,\text{ser}}}{f_y}}$$

ahol:

$\sigma_{\text{com},Ed,\text{ser}}$ – a használhatósági határállapotban a hatékony keresztmetszet alapján számított legnagyobb nyomófeszültség a vizsgált elemben.

A keresztmetszetek másodrendű nyomatéka számítható interpoláció segítségével a teljes keresztmetszet másodrendű nyomatéka és a releváns teherkombináció alapján számított hatékony keresztmetszet másodrendű nyomatéka alapján:

$$I_{\text{eff}} = I_{gr} - \frac{\sigma_{gr}}{\sigma_{\text{com},Ed,\text{ser}}} \left[I_{gr} - I_{eff}\left(\sigma_{\text{com},Ed,\text{ser}}\right) \right]$$

Jogszabályi véleményezés február 4.

ahol:

I_{gr} – a teljes keresztmetszet másodrendű nyomatéka,

σ_{gr} – a hajlításból származó, a teljes keresztmetszet alapján meghatározott legnagyobb feszültség használhatósági határállapotban,

$I_{\mathrm{eff}}(\sigma_{\mathrm{com},Ed,\mathrm{ser}})$ – a horpadás miatt csökkentett hatékony keresztmetszet másodrendű nyomatéka a vizsgált szakaszon belüli legnagyobb $\sigma_{\mathrm{com},Ed,\mathrm{ser}} \geq \sigma_{gr}$ feszültségre, a 6.2.3.4. pont szerinti alternatív módszert alkalmazva.

Az I_{eff} hossz mentén változónak vehető, a legjobban igénybevett keresztmetszetek helyén számítva. Alternatívaként a hossz mentén állandó érték is figyelembe vehető, amennyiben ez a használhatósági kombinációkból származó mértékadó mezőnyomaték alapján kerül kiszámításra. Mindezen számítások iterációra vezetnek, de a biztonság javára való közelítésként megengedett a számítás elvégzése egyetlen lépésben is a $\sigma_{\mathrm{com},Ed,\mathrm{ser}}$ értékével azonos, vagy azt meghaladó feszültségszinten.

6.2.5. Húzás

Húzott rudak keresztmetszeteinek számított ellenállása nagyobb kell legyen, mint a húzóerő tervezési értéke:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1{,}0$$

Központos húzás esetén minden lemezelem húzott, így keresztmetszeti besorolásra nincs szükség. Az ellenállást a következő két érték minimuma adja:

$$N_{t,Rd} = min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd})$$

ahol:

$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}}$ – a teljes keresztmetszet (A) folyási ellenállása,

$N_{u,Rd} = \frac{0{,}9A_{net}f_u}{\gamma_{M2}}$ – lyukakkal gyengített keresztmetszetben a hasznos keresztmetszet (A_{net}) képlékeny töréssel szembeni ellenállása.

A feszített csavaros, C kategóriájú csavarozott kapcsolatokban (7.1.1.1. pont) a rúd ellenállása:

$$N_{u,Rd} = N_{\mathrm{net},Rd} = \frac{A_{\mathrm{net}}f_y}{\gamma_{M0}}$$

Amennyiben egy szögacélnak csak az egyik szárán alkalmazunk kötőelemeket, vagy más, konzolos lemezelemen alakítunk ki kapcsolatokat *(6.16. ábra)*, tiszta húzásra ellenőrizhetjük a szelvényt (ez a kialakítás közúti terhet viselő elsődleges szerkezeti elemnél nem javasolt). Ekkor az $N_{u,Rd}$ ellenállás veszi figyelembe a bekötések külpontosságát, mely a szerint számítandó, hogy az erőátadás irányában hány csavart helyezünk el:

- $N_{u,Rd} = \frac{2(e_2 - 0{,}5d_0)tf_u}{\gamma_{M2}}$ egy csavar esetén,
- $N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 A_{\mathrm{net}}f_u}{\gamma_{M2}}$ kettő csavar esetén,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

- $N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 A_{\text{net}} f_u}{\gamma_{M2}}$ három vagy több csavar esetén,
- $N_{u,Rd} = \frac{0{,}9 A_{\text{net}} f_u}{\gamma_{M12}}$ lyukakkal gyengített keresztmetszetben a hasznos keresztmetszet (A_{net}) képlékeny töréssel szembeni ellenállása, ha legalább S460 anyagminőség kerül alkalmazásra,

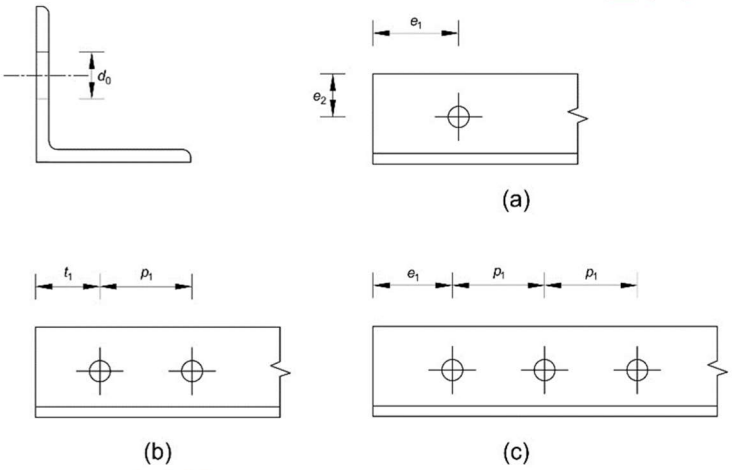
ahol:

t – a szögacél kapcsolt szárának vastagsága, e_1 és d_0 a *6.16. ábra* értendő,

e_1 és d_0 – a 6.16. ábra alapján értendő,

β_2 és β_3 – a külpontosság hatását figyelembe vevő csökkentő tényezők, értékük a *6.4. táblázat* alapján vehető fel (d_0 közbenső értékei esetén interpoláció alkalmazandó).

A szögacél A_{net} hasznos keresztmetszeti területét rövidebbik szárán kapcsolt egyenlőtlen szárú szögacél esetén úgy kell számítani, mintha a kisebbik szár méretével azonos egyenlő szárú szögacél lenne (vö. 6.2.2.2. pont).



6.16. ábra – Egyik szárán kapcsolt szögacélok; a – Egy csavarral, b – Két csavarral, c – Három csavarral (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.9. ábrájával)

6.4. táblázat – Egyik szárán kapcsolt szögacélok ellenállását meghatározó paraméterek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.8. táblázatával)

a	$ap_1 \leq 2{,}5d_0$	$a5d_0 \leq p_1$
β_1	0,4	0,7
β_2	0,5	0,7

Megjegyzés: amennyiben a szeizmikus hatásokra való tervezés esetén kapacitástervezésre van szükség (MSZ EN 1998), akkor a kötőelemfuratoknál meghatározott hasznos keresztmetszet alapján kiszámolt korlátozatlan folyáshoz tartozó ellenállásnak kisebbnek kell lennie, mint az ugyanezen keresztmetszetben meghatározott képlékeny törési ellenállásnak. Kapacitástervezés esetén S460-as szilárdsági osztályt meghaladó acéltermékeket nem szabad alkalmazni.

6.2.6. Nyomás

Központosan nyomott rúdkeresztmetszetek ellenállása akkor megfelelő, ha nagyobb, mint a nyomóerő tervezési értéke:

Jogszabályi vélé... 5. február 4.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1{,}0$$

A keresztmetszet $N_{c,Rd}$ ellenállása központos nyomásra:

- 1., 2. és 3. osztályú szelvény esetén: $N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}}$,
- 4. osztályú szelvényre: $N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}}$ vagy $\frac{A\sigma_{limit}}{\gamma_{M0}}$,

ahol:

A – a teljes keresztmetszeti terület,

A_{eff} – az effektív keresztmetszet területe,

$\sigma_{limit} = \rho_x f_y$ – a keresztmetszet nyomott részének leggyengébb részéhez tartozó határfeszültség (lásd a 6.5.4. pont).

Lyukgyengítést nem kell levonni abban az esetben, ha kötőelemmel ki vannak töltve, kivéve, ha az MSZ EN 1090 szabványsorozat szerinti oválfuratról vagy túlméretes lyukról van szó. Mivel egyenletes eloszlású nyomófeszültségről van szó, a keresztmetszet besorolásánál minden alkotó lemezelemet figyelembe kell venni. Amennyiben a keresztmetszet nem szimmetrikus és 4. osztályú, a súlyponteltolódásból származó többletnyomatékot figyelembe kell venni a 6.2.12.3. pont szerint (még a 6.2.2.5. pontot is).

6.2.7. Hajlítónyomaték

6.2.7.1. Általános szabályok

Ebben a pontban egyenes, azaz valamelyik keresztmetszeti főtengely körüli hajlításról van szó. Ferde hajlítás esetén a 6.2.12. pont interakciós képleteit kell értelemszerűen alkalmazni. Hajlított keresztmetszetek ellenállása legyen nagyobb, mint a hajlítónyomaték tervezési értéke a vizsgált keresztmetszetben:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}0$$

A keresztmetszet $M_{c,Rd}$ hajlítási ellenállását különböző keresztmetszeti osztályok esetén az alábbi képletek segítségével lehet meghatározni:

- 1. és 2. osztályú szelvényre: $M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}}$
- 3. osztályú szelvényre: $M_{c,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}}$
- 4. osztályú szelvényre: $M_{c,Rd} = \begin{cases} \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}} \\ \frac{W_{el,min} \sigma_{limit}}{\gamma_{M0}} \end{cases}$ vagy

ahol:

W_{pl} – képlékeny keresztmetszeti modulus,

W_{el} – rugalmas keresztmetszeti modulus,

W_{eff} – a hatékony keresztmetszet rugalmas keresztmetszeti modulusa,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

σ_{limit} – a keresztmetszet nyomott részének leggyengébb részéhez tartozó határfeszültség (ld. a 6.5.4. pontot).

Hasonlóan a tiszta nyomáshoz, nem kell figyelembe venni a lyukgyengítés hatását a nyomott zónában (nyomott öv és gerinc nyomott része), ha a furat csavarokkal ki van töltve, feltéve, hogy nem túlméretes vagy oválfuratoktól van szó (az MSZ EN 1090 szabványsorozat szerint).

A húzott övben nem kell levonni lyukgyengítést, ha az alábbi feltétel teljesül:

$$\frac{A_{f,\text{net}} 0{,}9 f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M2}}$$

ahol:

$A_{f,\text{net}}$ – az öv nettó keresztmetszeti területe,

A_f – az öv bruttó keresztmetszeti területe.

A képlet a teljes húzott zónára (húzott öv és a gerinc húzott része) is kiterjeszthető az A mennyiségek értelemszerű módosításával.

Hajlított keresztmetszetek osztályba sorolásánál csak azokat a lemezmezőket kell figyelembe venni, amelyek részben vagy egészben nyomottak. Kétszeresen szimmetrikus keresztmetszettől eltérő esetben a gerinclemezben ébredő tényleges feszültségi ábra eltérő lehet az egyes osztályokban, így a végső besoroláshoz iterációs eljárásra lehet szükség.

Tervezői mérlegelés alapján a nyomatéki ellenállás számítása során az övlemezek a középsíkjukkal helyettesíthetők, így a szélső szálban ébredő feszültségek kismértékben csökkenthetők, a teherbírás növelhető. Ez a teherbírási többlet még tovább növelhető, ha a húzott oldalon éri el a keresztmetszet a folyási határt. Ekkor a fenti feltételek betartása mellett a húzott oldalon részleges képlékenyedést vehetünk számításba (közúti terhet viselő szerkezeti elemnél ezek az eljárások nem alkalmazhatók).

6.2.7.2. Általános szabályokSzabályok trapézgerincű tartókra

Amennyiben a méretezendő tartószerkezet gerince trapéz- vagy szinuszhullám alakú (és trapézalak esetén a ferde lemezmező tartótengellyel bezárt szöge legalább 30°), akkor a hajlítónyomatékkal szembeni ellenállás:

$$M_{y,Rd} = \min \begin{pmatrix} \dfrac{b_2 t_2 f_{yf,r}}{\gamma_{M0}} \left(h_w + \dfrac{t_1 + t_2}{2}\right) \text{ a húzott övre vonatkozóan} \\ \dfrac{b_1 t_1 f_{yf,r}}{\gamma_{M0}} \left(h_w + \dfrac{t_1 + t_2}{2}\right) \text{ a nyomott övre vonatkozóan} \\ \dfrac{b_1 t_1 \chi f_{yf,r}}{\gamma_{M1}} \left(h_w + \dfrac{t_1 + t_2}{2}\right) \text{ a nyomott övre vonatkozóan} \end{pmatrix}$$

ahol:

$f_{yf,r}$ – a folyáshatár csökkentett értéke, mely az övekben levő keresztirányú hajlítást veszi figyelembe: $f_{yf,r} = f_{yf} f_r$

f_{yf} – az öv folyáshatárának karakterisztikus értéke,

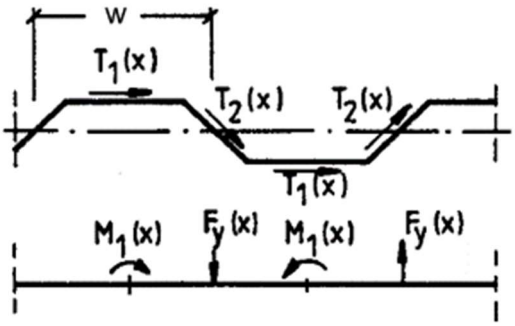
f_r – a keresztirányú hajlításból adódó csökkentést kifejező tag, szinuszhullám esetén értéke 1,0, trapézgerinc esetén:

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$$f_T = 1 - 0{,}4\sqrt{\frac{\sigma_x(M_z)}{\frac{f_{yf}}{\gamma_{M0}}}}$$

$\sigma_x(M_z)$ – az övlemezekben működő nyírófolyamból származó keresztirányú nyomaték által okozott normálfeszültség (*6.17. ábra),*

x – a síkra merőleges kihajláshoz tartozó csökkentő tényező a 6.3. pont szerint.



6.17. ábra – Keresztirányú hajlítás az övekben a bevezetett nyírófolyam miatt (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány D2. ábrájával)

6.2.8. Nyírás

Azzal a feltételezéssel élünk, hogy mind a nyírás, mind hajlítónyomaték ugyanabból a keresztirányú teherből származik, így a hajlítónyomatékra elvégzett keresztmetszeti besorolás eredményét alkalmazzuk nyírásnál is. A csavarfuratok hatása elhanyagolható a nyírási ellenállásra, kivéve a kapcsolatok kiszakadásának ellenőrzését. A csavarónyomaték hatását figyelembe kell venni a 6.2.9. pont szerint.

A keresztmetszetek ellenőrzése igénybevétel-szinten az alábbi egyenlettel történjen:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1{,}0$$

1. és 2. keresztmetszeti osztály esetén a keresztmetszet ellenállása képlékeny elven számítható, mely abban az esetben, ha csavarónyomaték nem működik a szerkezeten, az alábbi alakot ölti:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

ahol:

A_v – a nyírt keresztmetszeti terület, amely a *6.5. táblázat* szerint határozható meg, vagy közelítésképpen $A_v = h_w t_w$-nek vehető,

h_w – az övlemezek belső élei közötti távolság, ami hegesztett profilnál a gerinclemez magasságával egyezik meg, míg hengerelt szelvénynél $h_w = h = 2t_f$

3. és 4. keresztmetszeti osztály esetén az ellenőrzés rugalmas elven végezhető, feszültségszinten:

$$\tau_{Ed} = \frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

jogszabályi véleményezésre 2020. február 4.

A nyírófeszültség értéke általános esetben a Zsuravszkij-képlet segítségével számítható:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I\ t}$$

ahol:

V_{Ed} – a nyíróerő tervezési értéke,

S – az elcsúszni akaró keresztmetszeti rész elsőrendű statikai nyomatéka a súlyponti tengelyre,

I – az egész keresztmetszeti terület másodrendű nyomatéka,

t – a vizsgált metszetben a vastagság.

I és H szelvények esetén a gerinc feszültségeloszlása egyenletesnek feltételezhető, ha

$\frac{A_f}{A_w} \geq 0{,}6$ (itt A_f egy öv területe, $A_w = A_v$. Így ebben az esetben a Zsuravszkij-képletet egyszerűsíthetjük:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w}$$

6.5. táblázat – A nyírt keresztmetszeti terület meghatározása

Keresztmetszet formája	Előállítási mód	Nyíróerő iránya	A_v
I és H profilok	hengerelt	gerinccel párhuzamos	$A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$, de legalább $\eta h_w t_w$
U és C profilok			$A - 2bt_f + (t_w + r)t_f$
T profilok			$A - bt_f + (t_w + 2r)\frac{t_f}{2}$
			$t_w\left(h - \frac{t_f}{2}\right)$
I, H és zártszelvények			$\eta \sum (h_w t_w)$
I, H, U és C és zártszelvények		övvel párhuzamos	$A - \sum (h_w t_w)$
Négyszög keresztmetszetű zártszerlvény		a „*h*” magassággal párhuzamos	$\frac{Ah}{(b+h)}$
		a „*b*”magassággal párhuzamos	$\frac{Ab}{(b+h)}$
Kör keresztmetszetű zártszelvény, cső	bármely		$\frac{2A}{\pi}$

Jelmagyarázat: A – teljes keresztmetszeti terület, b – teljes szélesség, t_f – az övlemez vastagsága, h_w – a geric övek közötti magassága, h – teljes magasság, t_w – a gerinclemez vastagsága, r – lekerítési sugár a nyaknál, η – lásd 6.5.1.1. pont (a biztonság javára 1,0)

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.2.9. Csavarás

6.2.9.1. Általános elvek

Részletes számítás során, csavarás fellépte esetén figyelembe kell venni a keresztmetszet alaki torzulásának hatását. Ehhez olyan modell szükséges, mely a keresztmetszet keresztirányú merevségét és a torzulás meggátlására beépített diafragmák hatását egy megfelelő rugalmas modellben veszi figyelembe. Ezen a modellen kell működtetni a hajlítást és a csavarást. A keresztmetszet torzulása a továbbiakban elhanyagolható, ha az abból származó feszültség mértéke nem haladja meg a hajlítás hatásának 10 százalékát, figyelembe véve a diafragmákat és a keresztmetszet merevségét is. A diafragmák tervezésekor figyelembe kell venni a teherelosztó hatásból származó igénybevételeket.

6.2.9.2. Csavarás elhanyagolható keresztmetszeti torzulások esetén

Amennyiben a keresztmetszet torzulása nem mértékadó, a csavarásra való méretezéskor minden keresztmetszetben legyen igazolható, hogy a csavarónyomaték tervezési értéke (T_{Ed}) nem haladja meg a csavarási ellenállás értékét (T_{Rd}):

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} \leq 1{,}0$$

A teljes csavarónyomatéki igénybevételt a Saint–Venant-féle $(T_{t,Ed})$ és a gátolt csavarásból származó nyomaték $(T_{w,Ed})$ összegeként kell értelmezni, melyeket rugalmas elven lehet meghatározni az adott peremfeltételek (keresztmetszeti jellemzők, megtámasztások, teherelosztás stb.) teljes figyelembevételével. A vizsgálat rugalmas elven feszültségi alapon is elvégezhető, a figyelembe veendő feszültségkomponensek a következők:

- $\tau_{t,Ed}$ – a Saint–Venant-féle csavarásból származó nyírófeszültség,
- $\tau_{w,Ed}$ – a gátolt csavarásból származó nyírófeszültség,
- $\sigma_{w,Ed}$ – a gátolt csavarás hatására kialakuló kettős nyomatékból $(B_{w,Ed})$ származó gátolt csavarási normálfeszültség.

A rugalmas ellenőrzés során a 6.2.1. pontban bemutatott feszültségalapú interakciós vizsgálat alkalmazható. Amennyiben a képlékeny nyomatéki ellenállást a csavarónyomaték figyelembevételével számítjuk, úgy csak a $(B_{w,Ed})$ számítható rugalmas erőtani vizsgálattal. A keresztmetszet alakja függvényében bizonyos egyszerűsítések tehetők. Amennyiben zárt idomacélokat alkalmazunk, a gátolt csavarás hatását el lehet hanyagolni. Nyitott keresztmetszetek esetén (pl. I vagy H szelvények) a Saint–Venant-féle csavarás hanyagolható el. Zárt szelvények csavarási ellenállásának meghatározásakor az egyes lemezelemek nyírási ellenállásának értékét a 6.5.1. pont szerint kell figyelembe venni.

Képlékeny ellenőrzés esetén a csavarás hatását figyelembe kell venni a nyírási ellenállás meghatározása, és az ellenőrzés során a nyíróerő tervezési értékét egy csökkentett ellenállással kell összehasonlítani:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1{,}0$$

A képletben a csavarás hatásával csökkentett nyírási ellenállás értékét, a 6.2.8. pontot is figyelembe véve kell meghatározni az egyes tipikus keresztmetszetek esetén:

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

- I és H szelvényekre:
  $$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1{,}25(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}}}\, V_{pl,Rd},$$
- U szelvényekre:
  $$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1{,}25(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}} - \frac{\tau_{w,Ed}}{(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}}\right] V_{pl,Rd},$$
- zártszelvényekre:
  $$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}}\right] V_{pl,Rd}.$$

6.2.10. Hajlítás, normálerő, nyírás és keresztirányú erők

Az interakciós viselkedéshez tartozó ellenállásokat az alábbi módszerek egyikével lehet meghatározni:

- a 6.2.11–6.2.13. pontokban közölt igénybevétel-szintű eljárások segítségével (ezesetben a lemezhorpadás jelenségét az effektív keresztmetszetek módszerével lehet követni, 5.4.32. és 6.2.3. pontok),
- a 6.2.1. pontban megadott feszültség-szintű eljárás segítségével (ezesetben a lemezhorpadás jelenségét a redukált feszültségek módszerével lehet követni, 6.5.4. pont).

6.2.11. Hajlítás és nyírás

A hajlítás és nyírás egymásra hatását csak akkor kell figyelembe venni 1. és 2. keresztmetszeti osztály esetén, ha az alábbi feltétel teljesül:

$$0{,}5 < \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}}$$

Ha szükséges az interakció vizsgálata és nyírási horpadás nem alakulhat ki, akkor ezt egy csökkentett nyomatéki ellenállásra való méretezéssel lehet megtenni. Ez a csökkentett nyomatéki ellenállás veszi figyelembe azt, hogy a keresztmetszet egy része (a gerinc) a fellépő nyíróerő miatt nem használható ki teljes egészében a nyomatéki ellenállásban. A nyírt keresztmetszeti részeken csökkentett folyáshatárt kell alkalmazni, és a képlékeny nyomatéki ellenállást ennek segítségével kell meghatározni:

$$f_y^* = (1 - p) f_y$$

ahol:

$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1\right)^2$ a csökkentő tényező (a fenti feltétel teljesülése esetén értéke kisebb, mint 1,0).

Amennyiben a csavarás hatása is jelentős, a fenti képletekben $V_{pl,Rd}$ helyére $V_{pl,TRd}$ írandó. Ha kétszeresen szimmetrikus, erős tengely körül hajlított keresztmetszetekre alkalmazzuk a fenti eljárást, a nyíróerő hatásával csökkentett képlékeny nyomatéki teherbírás:

$$M_{y,V,Rd} = \left(W_{pl,y} - \frac{\rho A_w^2}{4t_w}\right)\frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

ahol:

$A_w = h_w t_w$ – a nyírt gerinc területe,

$W_{pl,y}$ – az erős tengely körüli képlékeny keresztmetszeti modulus.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Nyírási horpadás fellépte esetén, vagy amennyiben a nyíróerőn kívül keresztirányú erő is működik (pl. többtámaszú gerendák közbenső támaszainál), a 6.5. pontban leírtakat kell követni.

6.2.12. Hajlítás és normálerő

Az egyes keresztmetszeti osztályoknál más-más eljárás javasolt, ezeket a 6.2.12.1–6.2.12.3. pontok tartalmazzák. A keresztmetszetek besorolásához, valamint ellenállásuk meghatározásához két eljárást lehet alkalmazni (részletesebben: 5.5.2. pont):

a) 1. és 2. osztály esetén javasolt, 4. osztály esetén kötelező: normálerőre történő vizsgálatnál a normálerőből számított besorolást használjuk, míg hajlítás esetén hajlításra soroljuk be a szelvényt,

b) 1. és 2. osztály esetén speciális esetekben, 3. osztály esetén általában: mindkét igénybevételt együttesen kell figyelembe venni, és az együttes hatásra kapott keresztmetszeti osztályt kell mindkét vizsgálathoz használni.

6.2.12.1. Az 1. és 2. osztályú keresztmetszetek

A normálerő és a hajlítónyomaték interakcióját képlékeny esetben a nyíráshoz hasonlóan egy csökkentett nyomatéki ellenállásra történő tervezéssel lehet figyelembe venni:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1{,}0$$

Egyszerű téglalap alakú tömör keresztmetszetek esetén, ha kötőelemfuratok nincsenek, a normálerő hatását figyelembe vevő csökkentett képlékeny nyomatéki ellenállás:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd}\left[1-\left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}\right)^2\right]$$

Kétszeresen szimmetrikus I és H szelvények, vagy más övlemezes keresztmetszetek esetén az erős tengely körüli hajlítási ellenállást akkor kell csökkenteni, ha az alábbi feltételek legalább egyike nem teljesül:

- $N_{Ed} \leq 0{,}25\, N_{pl,Rd}$
- $N_{Ed} \leq \frac{0{,}5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}}$

Gyenge tengely körüli hajlítás esetén figyelmen kívül hagyható a normálerő hatása a fenti keresztmetszetek esetén, ha:

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}}$$

Ha a fenti feltételek alapján a csökkentés szükségesnek mutatkozik, akkor egyik tengelyük körül hajlított szelvények esetében a *6.6. táblázat* szerint kell eljárni, ha a kötőelemek furatait el lehet hanyagolni.

Abban az esetben, ha nem egyenes hajlításról van szó, az alábbi formula segítségével lehet elvégezni az ellenőrzést az egytengelyű hajlításra vonatkozó kihasználtságok segítségével:

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{Ny,Rd}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{Nz,Rd}}\right)^{\beta} \leq 1{,}0$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

A képletben szereplő segédmennyiségek a *6.7. táblázatból* vehetők. Végső egyszerűsítésként a 6.2.1. pontban az igénybevételekre megadott összefüggés is alkalmazható (a táblázat első sorát), amennyiben a nyírás hatását figyelembe vesszük a nyomatéki ellenállásban (ha szükséges).

6.6. táblázat – Egytengelyű hajlításnak kitett szelvények csökkentett ellenállása

Keresztmetszet-típus	Hajlítás tengelye	Csökkentett nyomatéki ellenállás	Segédmennyiség
Kétszeresen szimmetrikus hengerelt és hegesztett I és H profilok	y tengely körül	$M_{Ny,Rd} = M_{pl,Rd}\dfrac{1-n}{1-0{,}5a} \leq M_{pl,Rd}$	$a = \dfrac{A-2bt_f}{A} \leq 0{,}5$
	z tengely körül	$M_{Nz,Rd} = M_{pl,z,Rd}\left[1-\left(\frac{n-a}{1-a}\right)^2\right]$ ha $n > a$	
		$\mathrm{M}_{\mathrm{Nz,Rd}} = \mathrm{M}_{pl,z,Rd}$, ha $n \leq a$	
Hengerelt és kétszeresen szimmetrikus hegesztett zártszelvények	y tengely körül	$M_{Ny,Rd} = M_{pl,y,Rd}\dfrac{1-n}{1-0{,}5a_w} \leq M_{pl,y,Rd}$	$a_w = \dfrac{A-2bt_f}{A} \leq 0{,}5$
	z tengely körül	$M_{Ny,Rd} = M_{pl,z,Rd}\dfrac{1-n}{1-0{,}5a_f} \leq M_{pl,z,Rd}$	$a_t = \dfrac{A-2ht_w}{A} \leq 0{,}5$
Kör alakú zártszelvények	–	$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd}(1-n^{1,7})$	–

Jelmagyarázat:

$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$ – normálerő-kihasználtság,

b – zártszelvény teljes övszélessége,

h – zártszelvény teljes magassága.

Megjegyzés: Hengerelt zártszelvények esetén természetesen azonos a falvastagság $t_f = t_w = t$.

6.7. táblázat – Ferde hajlítás kölcsönhatási tényezői

Keresztmetszet formája	α	β
Bármely profil (egyszerűsítés)	1	
I és H profilok	2	$5n \geq 1$
Zártszelvények	$1{,}66/(1-1{,}13n^2) \leq 6$	
Kör keresztmetszetű zártszelvény	2	

6.2.12.2. A 3. osztályú keresztmetszetek

Rugalmas elven számolva ki kell mutatni, hogy a normálerőből és a nyomaték(ok)ból származó maximális hosszirányú normálfeszültség a folyáshatárnál kisebb, vagyis:

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

A lyukgyengítéseket a 6.2.5–6.2.7. pontokban foglaltak szerint kell számításba venni. Alternatívaként, igénybevételszinten is elvégezhető az ellenőrzés a 6.2.1. pontban bemutatott összefüggés segítségével, hasonlóan a képlékeny méretezésnél látottakhoz.

6.2.12.3. A 4. osztályú keresztmetszetek

Rugalmas elven számolva ki kell mutatni, hogy a hatékony keresztmetszet alapján számítható, a normálerőből és a nyomaték(ok)ból származó maximális hosszirányú normálfeszültség a folyáshatárnál kisebb, vagyis:

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

A lyukgyengítéseket a 6.2.5–6.2.7. pontokban foglaltak szerint kell számításba venni. Alternatívaként javasolható az alábbi összefüggés alkalmazása is, mely egyértelműsíti, hogy melyik hatékony keresztmetszet alkalmazandó ($N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$, e_{Ny} és e_{Nz} előjele a megfelelő normálfeszültségek kombinációjától függ):

$$\frac{N_{Ed}}{A_{\text{eff}}\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed}e_{Ny}}{W_{\text{eff},y,\min}\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed}e_{Nz}}{W_{\text{eff},z,\min}\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} \leq 1{,}0$$

ahol:

A_{eff} – a normálerőre hatékony keresztmetszet területe,

$AW_{\text{eff,min}}$ – a megfelelő tengely körüli hajlításra hatékony keresztmetszetben ébredő legnagyobb feszültségű szélső szálhoz tartozó rugalmas keresztmetszeti modulus,

e_N – a normálerőre hatékony keresztmetszet súlypontjának tengelyirányú eltolódásai a teljes keresztmetszet súlypontjához képest (lásd még a 6.2.3.2. pont).

Amennyiben a redukált feszültségek módszerét alkalmazzuk (a 6.5.4. pont szerint), az ellenőrzést az alábbi egyenlet segítségével végezhetjük el, a teljes keresztmetszetet dolgozónak feltételezve, a lyukgyengítéseket a 6.2.5–6.2.7. pontokban foglaltak szerint figyelembe véve:

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{\sigma_{\text{limit}}}{\gamma_{M0}}$$

6.2.13. Hajlítás, nyírás és normálerő

Nem kell figyelembe venni a nyírás ellenállás-csökkentő hatását, ha a 6.2.11. pont feltétele teljesül. Amennyiben nyírási horpadás bekövetkezésével kell számolni, a keresztmetszet ellenállása csökkentendő a 6.5.1. pont szerint.

Ha a nyírás hatását figyelembe kell venni az ellenállásban, akkor a nyírt keresztmetszeti területen csökkentett folyáshatárral kell számolni a 6.2.11. pontnak megfelelően. Ezzel egyenértékű, ha a nyírt keresztmetszeti elemek lemezvastagságát csökkentjük le megfelelő mértékben. Ezt követően a hajlítás és normálerő interakciójára vonatkozó eljárásokat (6.2.12. pont) ennek a gyengített keresztmetszetnek a figyelembevételével kell alkalmazni, vagyis mind a nyomatéki, mind a normálerő-ellenállást csökkenteni kell.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Rugalmas számítás esetén az ellenőrzés feszültségszinten, a 6.2.1. pont szerinti formulával történhet, a húzott oldalon figyelembe vehető részleges képlékenyedés biztonság javára történő elhanyagolásával.

6.3. Rúdelemek stabilitási ellenállása

6.3.1. Állandó keresztmetszetű nyomott rúdelemek

6.3.1.1. Kihajlási ellenállás

Központosan nyomott rúd kihajlási ellenállása ($N_{b,Rd}$) legyen nagyobb, mint a fellépő igénybevétel:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1{,}0$$

Abban az esetben, ha az alábbi feltételek egyike teljesül, a kihajlás nem mértékadó, így elegendő csak a keresztmetszeti szintű szilárdsági vizsgálatokat elvégezni a 6.2.6. pont szerint (N_{cr} és $\bar{\lambda}$ definícióját lásd a 6.3.2.1. pontban):

- $\bar{\lambda} \leq 0{,}2$,
- $\frac{N_{ed}}{N_{cr}} \leq 0{,}04$.

Ha a kihajlás mértékadó, az erre vonatkozó ellenállást a következők szerint kell meghatározni:

- 1., 2. és 3. keresztmetszeti osztály esetén: $N_{b,Rd} = \frac{xAf_y}{\gamma_{M1}}$
- 4. keresztmetszeti osztály esetén: $N_{b,Rd} = \frac{xA_{\text{eff}}f_y}{\gamma_{M1}}$

ahol:

x – kihajlási csökkentő tényező, melynek meghatározását lásd a 6.3.1.2. pontban,

A – a teljes keresztmetszeti terület,

A_{eff} – a központos nyomóerőre effektív keresztmetszeti terület.

A keresztmetszeti terület meghatározása során nem kell figyelembe venni az elem végeinél elhelyezkedő kötőelemfuratokat. 4. osztályú egyszeresen szimmetrikus keresztmetszet esetén figyelembe kell venni azt is, hogy a hatékony keresztmetszet súlypontja nem fog egybeesni az eredeti keresztmetszet súlypontjával, így többletnyomaték lép fel, vagyis ezeket az elemeket külpontos nyomásra kell méretezni a 6.3.4. vagy 6.3.5. pont szerint.

Ha a vizsgált elem keresztmetszete nem állandó, vagy a normálerő változik az elemen belül, másodrendű erőtani vizsgálatot lehet végezni az 5.3.4. pontban definiált imperfekciókkal. Keretsíkra merőleges stabilitásvesztési alak esetén a 6.3.5. pont eljárása is alkalmazható. Alkalmazhatók még egyszerűbb esetekben érvényes analitikus képletek is a kritikus teher meghatározására.

6.3.1.2. Kihajlási görbék

Egy elem kihajlási ellenállását megadó csökkentő tényező a rúdelem viszonyított karcsúságának ($\bar{\lambda}$) és a keresztmetszet alakjának függvénye:

$$x = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1{,}0$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

ahol:

$\varphi = \frac{1+\alpha(\bar{\lambda}-0{,}2)+\bar{\lambda}^2}{2} \leq 1{,}0$ – segédmennyiség,

α – alakhiba-tényező (ld. *6.8. táblázat*) ami az öt, szemiempirikus alapon meghatározott kihajlási görbét határozza meg (α_0, a, b, c és d – *6.18. ábra*), értékére az adott nyomott rúd esetén a *6.9. táblázat* ad útmutatást a keresztmetszeti alak, lemezméret, gyártási mód, kihajlási tengely és anyagminőség függvényében (az itt nem definiált keresztmetszetekre szakirodalmi ajánlást kell alkalmazni alkalmazható).

A viszonyított karcsúság általános esetben:

- 1., 2. és 3. keresztmetszeti osztály esetén: $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}}$
- 4. keresztmetszeti osztály esetén: $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}f_y}{N_{cr}}}$

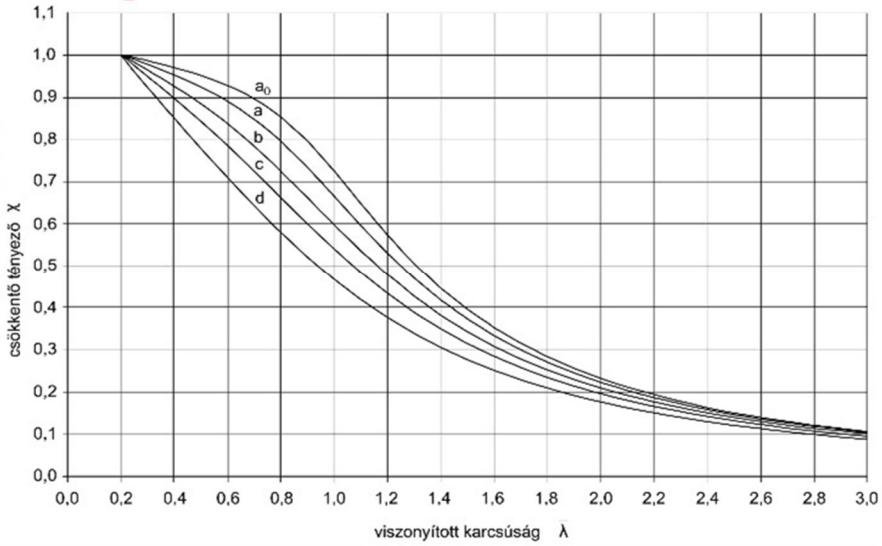
ahol:

N_{cr} – az adott megtámasztással rendelkező, adott nyomóerő-eloszlású rúd mértékadó kihajlási módjához tartozó (legkisebb) rugalmas kritikus nyomóerő, a teljes (gyengítetlen) keresztmetszeti jellemzők alapján számolva.

6.8. táblázat – Imperfekciós tényezők a kihajlási görbékhez
(Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.1. táblázatával)

Kihajlási görbe	**a_0**	**a**	**b**	**c**	**d**
α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

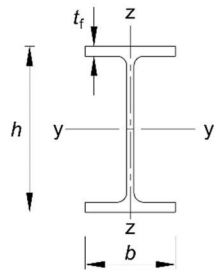
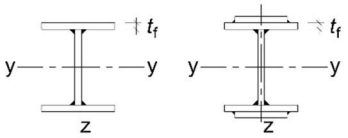
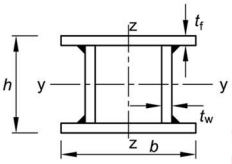
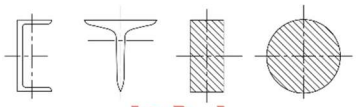
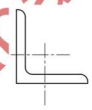
Az eljárás általános esetben adja meg a kihajlási ellenállást, tetszőleges kihajlási mód (síkbeli, elcsavarodó, térbeli elcsavarodó), tetszőleges megtámasztási viszonyok és igénybevétel-eloszlás esetére. Az N_{cr} meghatározása bizonyos esetekben zárt képletek alapján lehetséges (pl. Euler-analógia alapján a 6.3.1.3. pont szerint), összetettebb esetekben pedig végeselemes modell alkalmazásával.



6.18. ábra – Kihajlási görbék (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.4. ábrájával)

Jogszabály véleményezésre 2025. február 4.

6.9. táblázat – A kihajlási görbe kiválasztása adott keresztmetszethez (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.2. táblázatával)

Keresztmetszet típusa		Eset		Kihajlás tengelye	Kihajlási görbe S235 S275 S355 S420	Kihajlási görbe S460
hengerelt I-szelvény		$h/b > 1{,}2$	$t_f \le 40$ mm	y	a	a_0
				z	b	a_0
			40 mm $< t_f \le 100$ mm	y	b	a
				z	c	a
		$h/b \le 1{,}2$	$t_f \le 100$ mm	y	b	a
				z	c	a
			100 mm $< t_f$	y	d	c
				z	d	c
hegesztett I-szelvény		$t_f \le 40$ mm		y	b	b
				z	c	c
		40 mm $< t_f$		y	c	c
				z	d	d
zárt szelvényű idomacél		melegen hengerelt		bármely	a	a_0
		hidegen alakított		bármely	c	c
hegesztett zárt-szelvény		általában		bármely	b	b
		erős varratok ($a > 0{,}5t_f$), továbbá $b/t_f < 30$ és $h/t_w < 30$		bármely	c	c
U-, T- és tömör szelvény		minden esetben		bármely	c	c
szögacél		minden esetben		bármely	b	b

Jogszabály eleményezésre 202

6.3.1.3. Karcsúság síkbeli kihajlás esetén

Ha a vizsgált szerkezeti elem keresztmetszete kétszeresen szimmetrikus és az elcsavarodó kihajlás nem mértékadó (I szelvények és zártszelvények esetén), síkbeli kihajlás a figyelembe veendő tönkremeneteli mód. Ebben az elméleti szempontból legegyszerűbb esetben az N_{cr} kritikus erő értékének jól ismert képletét behelyettesítve a 6.3.1.2. pontban a viszonyított karcsúságra adott képletekbe, a következő egyszerűsített formulákat kapjuk:

- 1., 2. és 3. keresztmetszeti osztály esetén: $\overline{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i}\frac{1}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{\lambda_1}$
- 4. keresztmetszeti osztály esetén: $\overline{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i}\frac{\sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{\lambda_1}\sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}$

ahol:

L_{cr} – a kihajlás tengelyére vonatkozó kihajlási hossz:

i – a kihajlás tengelyére vonatkozó inerciasugár, gyengítetlen szelvényen értelmezve,

λ – karcsúsági tényező,

$\lambda_1 = \pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93{,}9\varepsilon$ – az Euler-karcsúság *(itt* $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ anyagminőségre jellemző segédmennyiség (f_y), dimenziója, N/mm^2.

6.3.1.4. Karcsúság tiszta elcsavarodó és térbeli elcsavarodó kihajlás esetén

Ha a vizsgált szerkezeti elem kialakítása ezt lehetővé teszi, kialakulhat tiszta elcsavarodó vagy térbeli elcsavarodó kihajlás is. Ezekre is ellenőrizni kell a szerkezetet. A 6.3.1.2. pontban leírt eljárást kell elvégezni, de N_{cr} helyére most az elcsavarodó módhoz tartozó értéket kell beírni. A csökkentő tényezőt a z tengelyre vonatkozó kihajlási görbe alapján kell felvenni (6.9. táblázat). Egyszerűbb esetekben szakirodalmi képlet segítségével lehet meghatározni a kritikus erő értékét (ld. Halász–Platthy: Acélszerkezetek című könyvét [4]), összetettebb esetben pedig numerikus analízis segíthet. Figyelembe kell azonban venni, hogy csak olyan végeselemes modell alkalmazható, mely a gátolt csavarás hatását képes kezelni.

Csuklós végű, állandó normálerővel terhelt szerkezeti elemek elcsavarodó kihajlásához tartozó kritikus erő az alábbinak vehető (ld. MSZ EN 1993-1-3):

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2}\left(GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{i_T^2}\right)$$

ahol:

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2$$

$i_y, i_z,$ – a teljes keresztmetszet erős és gyenge tengelyre vett inerciasugara,

y_0, z_{y0} – a teljes keresztmetszet súlypontja és nyírási középpontja távolsága,

I_t, I_w – a teljes keresztmetszet csavarási (Saint–Venant-féle) és öblösödési inerciája,

I_T – az elem elcsavarodó kihajláshoz tartozó kihajlási hossza, figyelembe véve a megtámasztások elcsavarodásra gyakorolt hatását,

E, G – az alapanyag rugalmassági és nyírási modulusa.

Kétszeresen szimmetrikus szelvények esetén (ahol $y_0 = z_0 = 0$), a térbeli elcsavarodó kihajlás kritikus ereje egyenlő a tiszta elcsavarodó kihajlás kritikus erejével, amennyiben ez kisebb, mint az y vagy z tengely körüli síkbeli kihajláshoz tartozó kritikus erő.

Egyszeresen szimmetrikus szelvények esetén, melyek erős tengelyükre szimmetrikusak (vagyis $z_0 = 0$), a térbeli elcsavarodó kihajlás kritikus ereje:

$$N_{cr,FT} = \frac{N_{cr,y}}{2\left(1 - \left(\frac{y_0}{i_0}\right)^2\right)}\left[1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}\right)^2 + 4\left(\frac{y_0}{i_0}\right)^2 \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}}\right]$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.3.1.5. A redukált feszültségek módszerének alkalmazása a 3. osztályú keresztmetszeti jellemzőkkel

A 6.3.1.1–6.3.1.4. pontokban a 4. keresztmetszeti osztályra vonatkozó képletek alternatívájaként ezen elemek ellenállását meg lehet határozni a gyengítetlen keresztmetszeti jellemzőket tartalmazó képletek segítségével is, a 6.5.4. pont szerinti redukált feszültségek alkalmazásával a folyáshatár helyett.

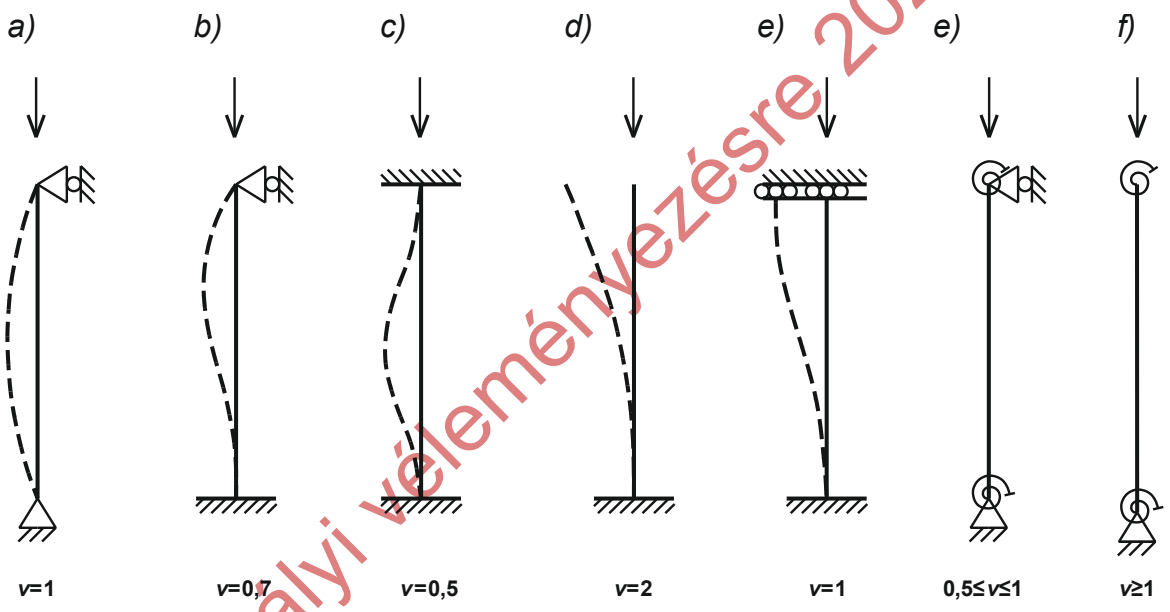
6.3.1.6. A kihajlási hossz meghatározása

6.3.1.6.1. Általános előírások

Egyszerűbb esetekben a kihajlási hossz meghatározása a befogási viszonyok alapján történhet, a v befogási tényező és az L hálózati hossz segítségével:

$$L_{cr} = vL$$

A befogási tényező meghatározásához a *6.19. ábra* ad segítséget, valamint az MSZ EN 1992 szabványsorozat megfelelő táblázatai vagy más szakirodalom (pl. [3], [5]) segítségével történhet a meghatározása. A befogási tényező segítségével figyelembe lehet venni a változó normálerő hatását is, megfelelő szakirodalomban található megfontolások alapján [3], [4]).



6.19. ábra – Befogási tényezők alapesetei

6.3.1.6.2. Rácsos tartók

Övrudak kihajlási hossza általában a hálózati hossznak felel meg. I és H szelvények esetén a kihajlási hosszra a hálózati hossz 0,9-szerese vehető fel, tartósíkban bekövetkező kihajlás esetén. Zártszelvényű övrudak esetén a 0,9-es módosító tényező mind tartósíkban (csomópontok között), mind tartósíkra merőlegesen (oldalirányú megtámasztások között) alkalmazható.

A tartósíkra merőleges eltolódással szemben megtámasztott függőleges rácsoszlopok és ferde rácsrudak esetén a kapcsolat jellegére és relatív merevségére vonatkozó részletesebb számítás hiányában, és feltételezve, hogy a rácsrudak végkapcsolatai megfelelő merevségűek (csavaros kapcsolat esetében legalább két csavar):

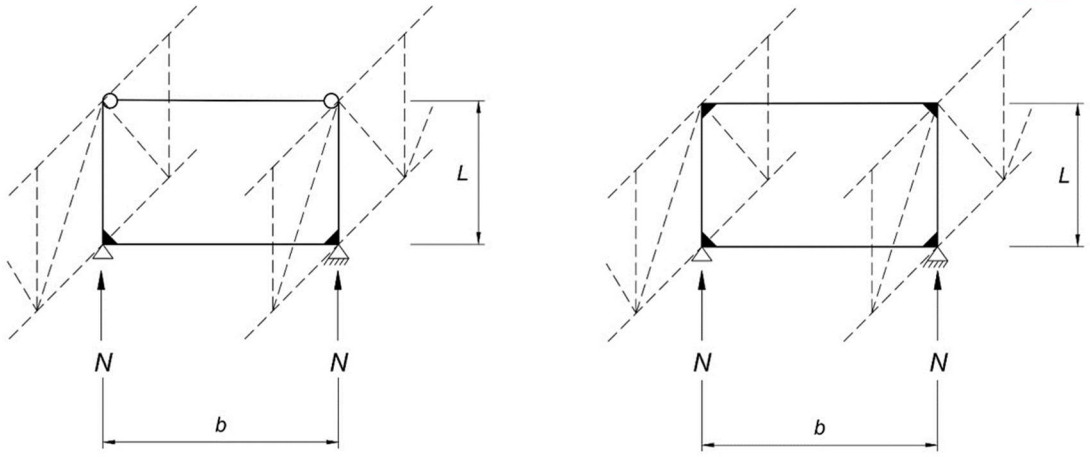
- a rácsos tartó síkjára merőleges kihajlás esetén a kihajlási hossz a hálózati hosszal legyen egyenlő,

Jogszabályi véleményezésre 2025 február 4.

- a rácsos tartó síkjában bekövetkező kihajlás esetén a hálózati hossz 0,9-szerese legyen a kihajlási hossz, kivéve a zártszelvényű övrudakat.

Zártszelvényű rácsrudak esetén a kihajlási hossz általában a hálózati hossz, de ellapítás vagy felhasítás nélküli, körbehegesztéssel készülő kapcsolatok esetén a hálózati hossz 0,75-szerese alkalmazható mindkét irányban. Folytonos merevségű numerikus modellek is alkalmazhatók a relatív karcsúságok (kihajlási hosszak) számítására. Ebben az esetben az övrudak kihajlási hosszát nem szabad csökkenteni.

Amennyiben a függőleges rácsoszlopok két rácsos tartót összekötő keret részét képezik *(6.20. ábra)*, a keretsíkba eső kihajláshoz tartozó kihajlási hosszak a *6.21. ábra* megfelelő részéből vehetők (a kihajlási hosszak figyelembe veszik a nem iránytartó erők hatását is).

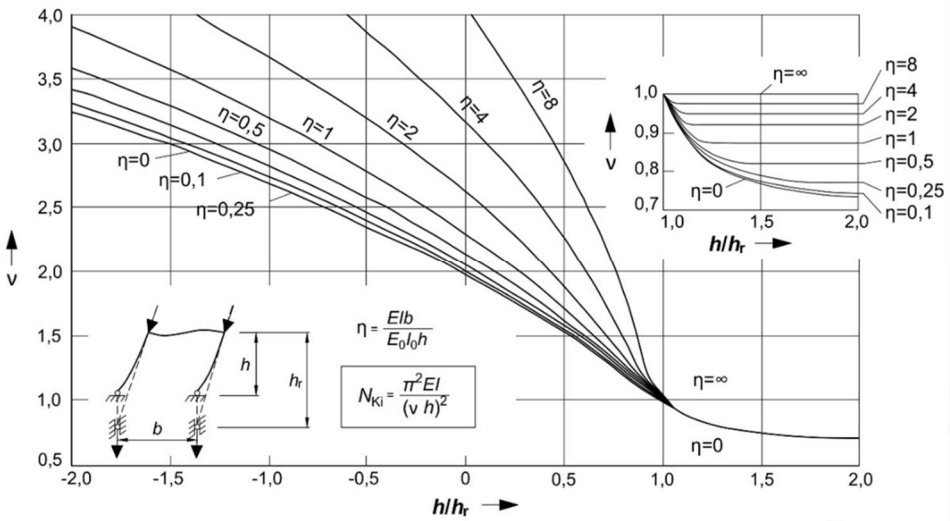


6.20. ábra – Keret részét képező függőleges rácsoszlopok (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D1. ábrájával)

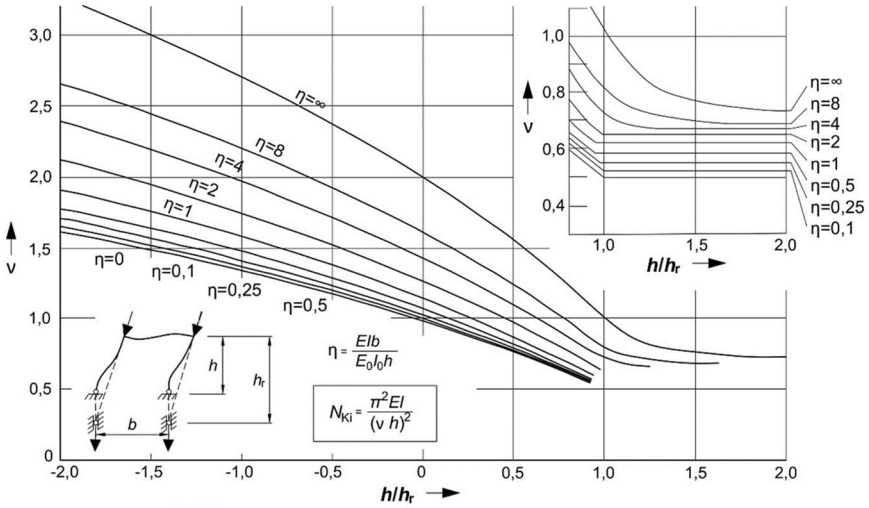
Ferde rácsrudakra tartósíkra merőleges kihajlás esetén részletesebb vizsgálattal kedvezőbb kihajlási hosszakat is meg lehet állapítani a 6.10. táblázat segítségével. Figyelemmel kell lenni azonban arra, hogy a rácsos tartó kapcsolatai mind merevség, mind teherbírás szempontjából hatékonyak legyenek, hogy a ferde rácsrudak folytonosságát biztosítsák. A táblázat összefüggései csak ebben az esetben alkalmazhatók.

Jogszabályi véleményezési szár 4.

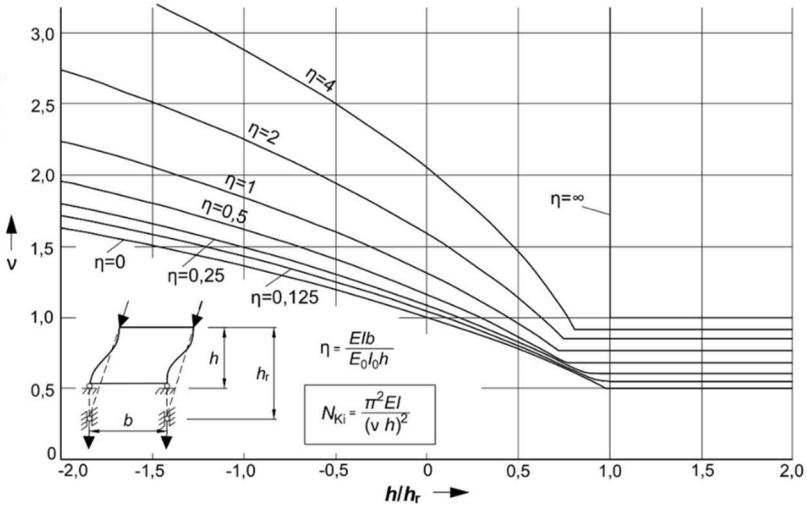
a)



b)

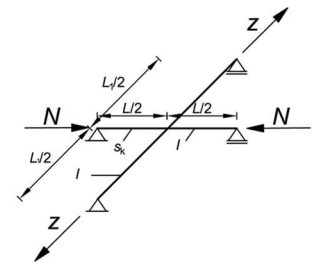
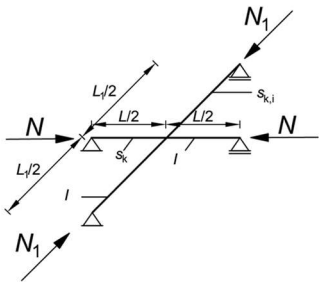
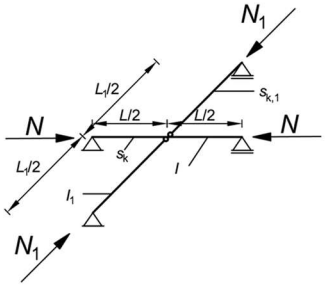
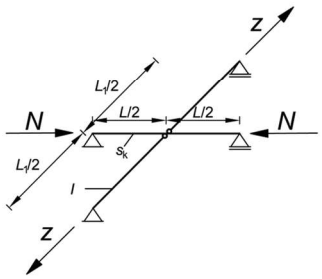
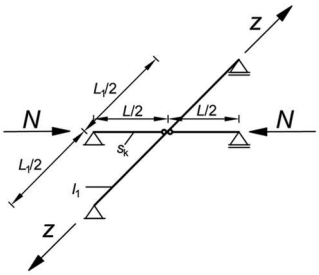
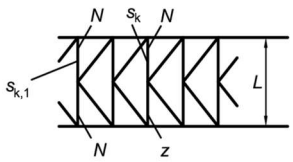


c)



6.21. ábra – ν kihajlásihossz-tényezők (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D1. táblázatával, ahol ν = β)

6.10. táblázat – Kihajlási hosszak (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D2. táblázatával, ahol $\nu = \beta$)

	1	2	3
1		$\beta = \sqrt{\dfrac{1-\dfrac{3ZL}{4NL_1}}{1+\dfrac{I_1L^3}{IL_1^3}}}$ de $\beta \geq 0{,}5$	
2		$\beta = \sqrt{\dfrac{1+\dfrac{N_1L}{NL_1}}{1+\dfrac{I_1L^3}{IL_1^3}}}$ de $\beta \geq 0{,}5$	$\beta_1 = \sqrt{\dfrac{1+\dfrac{NL_1}{N_1L}}{1+\dfrac{IL_1^3}{I_1L^3}}}$ de $\beta_1 \geq 0{,}5$
3		befogott nyomott elemek $\beta = \sqrt{1+\dfrac{\pi^2N_1L}{12NL_1}}$	csuklós nyomott elemek $\beta_1 = 0{,}5$, ha $EI \geq \dfrac{N_1L^3}{\pi^2L_1}\left(\dfrac{\pi^2}{12}+\dfrac{NL_1}{N_1L}\right)$
4		$\beta = \sqrt{1-0{,}75\dfrac{ZL}{NL_1}}$ de $\beta \geq 0{,}5$	
5		$\beta = 0{,}5$ ha $\dfrac{NL_1}{ZL} \leq 1$ vagy ha $EI_1 \geq \dfrac{3ZL_1^3}{4\pi^2}\left(\dfrac{NL_1}{ZL}-1\right)$	
6		$\beta = \left(0{,}75-0{,}25\left\lvert\dfrac{Z}{N}\right\rvert\right)$ de $\beta \geq 0{,}5$	$\beta_1 = \left(0{,}75-0{,}25\left\lvert\dfrac{N_1}{N}\right\rvert\right)$ $N_1 < N$

Jogszabály 4.

Amennyiben egy ferde rácsrúd középen rugalmasan meg van támasztva egy másik rácsrúd vagy rácsoszlop által, az alábbi befogási tényező alkalmazható tartósíkra merőlegesen *(6.22. ábra)*:

$$v = \sqrt{1 - \frac{3}{16}\frac{CL}{N}}$$

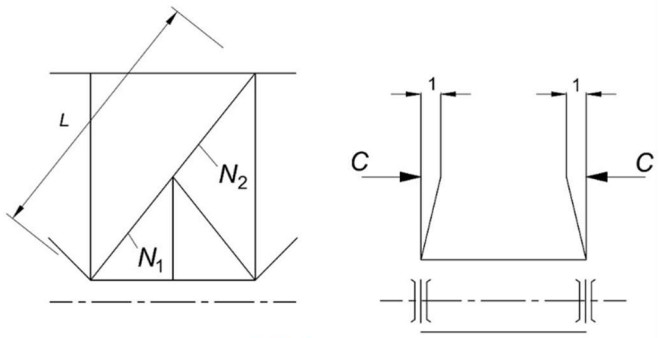
ahol:

L – a rúd hossza,

C – az oldalirányú megtámasztás által kifejtett merevség, figyelembe véve, hogy

$$C \leq \frac{4N}{L}$$

$N = \max(N_1, N_2)$



6.22. ábra – Középen rugalmasan megtámasztott ferde rácsrúd
(Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D2. ábrájával)

6.3.1.6.3. Ívhidak

Az ív síkjában bekövetkező kihajlás kritikus erejét az Euler-féle képlet segítségével lehet kiszámítani:

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{El_y}{(vs)^2}$$

ahol:

N_{cr} – a megtámasztásoknál fellépő nyomóerő,

El_y – az ív hajlítási merevsége az ív síkjában,

s – az ívhossz fele,

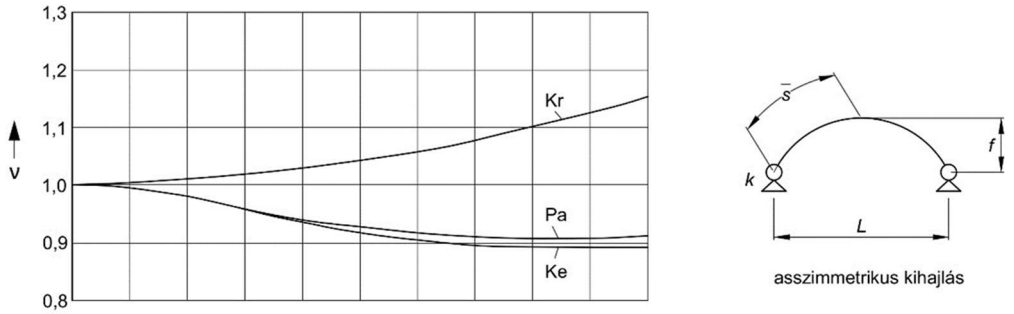
v – a befogási tényező a *6.23–6.26.* ábrák szerint, ha $f/L > 0{,}1$.

A befogási tényezőt a statikai váznak, az ív alakjának, valamint a kihajlási alaknak megfelelően kell felvenni. Az ábrák magyarázata:

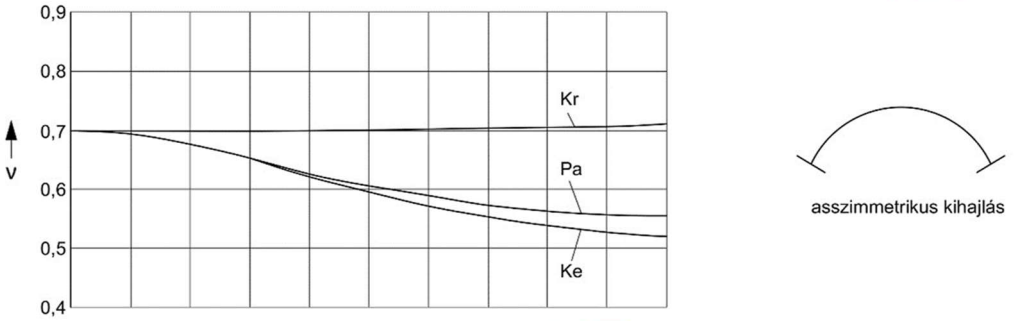
- Pa: parabola alakú ív,
- Ke: láncgörbe alakú ív,
- Kr: kör alakú ív.

Kör alak esetén sugárirányú terhelés feltételezhető, a többi esetben a teher függőleges.

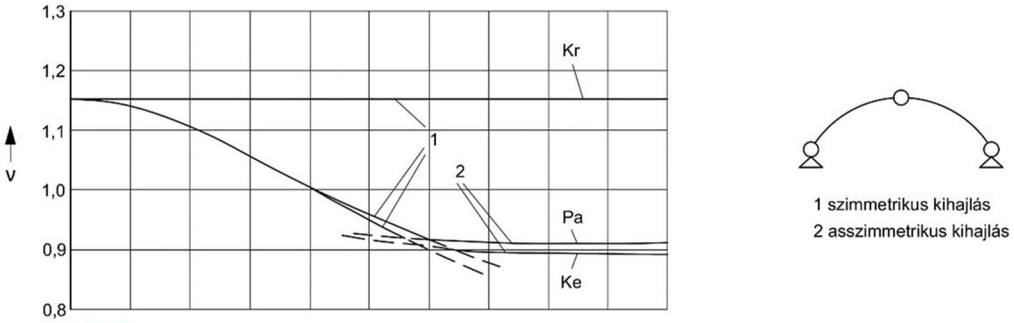
Jogszabályi véleményezés
február 4.



6.23. ábra – Kétcsuklós ív befogási tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. táblázatával)

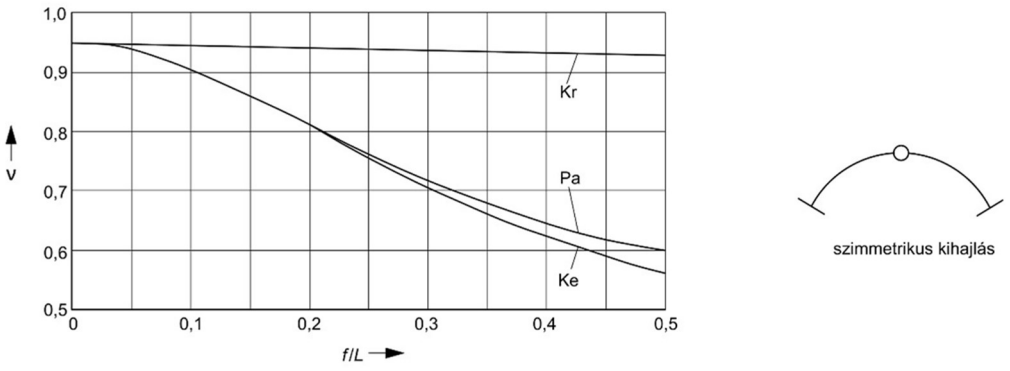


6.24. ábra – Befogott ív befogási tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. táblázatával)

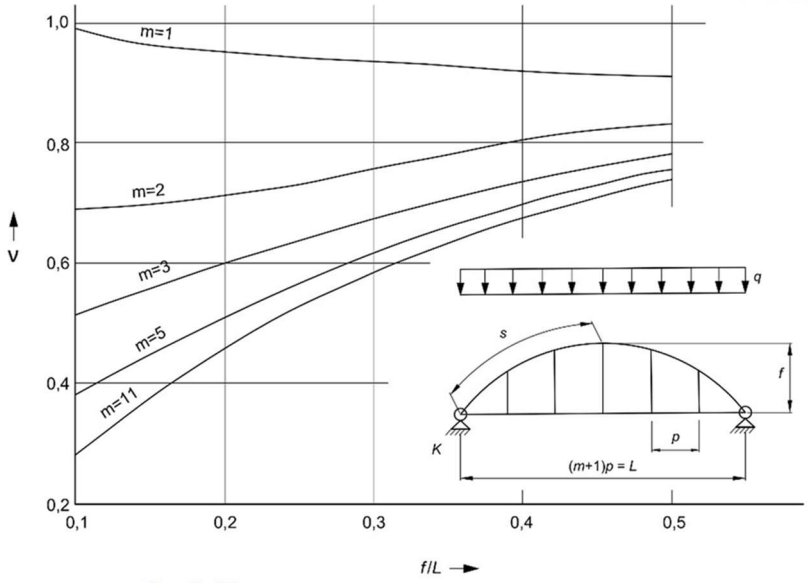


6.25. ábra – Háromcsuklós ív befogási tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. táblázatával)

Jogszabályi tényezés ... ruár 4.



6.26. ábra – Befogott-csuklós ív befogási tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. táblázatával)



6.27. ábra – ν kihajlásihossz-tényező (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. ábrájával, ahol $\nu = \beta$)

Az ívek átpattanása nem mértékadó, ha az alábbi feltétel teljesül:

$$L\sqrt{\frac{EA}{12EL_y}} > K$$

ahol:

L – a támaszköz,

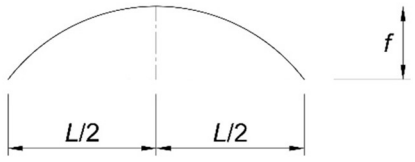
EA – az ív normálmerevsége,

EL_y – az ív saját síkjában értelmezett hajlítási merevsége,

K – tényező a *6.11. táblázat* szerint.

Jogszabályi vé… …ebruár 4.

6.11. táblázat – K tényező (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D5. táblázatával)

	*f/L*	0,05	0,075	0,10	0,15	0,20
	K	35	23	17	10	8
		319	97	42	13	6

Szabadon álló ívek esetén az ívsíkra merőleges kihajláshoz tartozó kritikus erő:

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{El_z}{(v_1 v_2 L)^2}$$

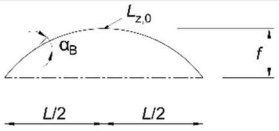
ahol:

El_z – az ív hajlítási merevsége az ív síkjára merőlegesen,

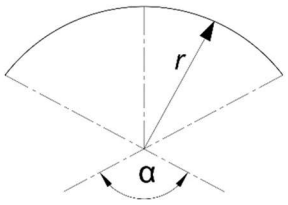
L – a támaszköz,

v_1, v_2 – a *6.12.* és *6.13. táblázat* szerinti értékek.

6.12. táblázat – v_1 tényező értékei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D6. táblázatával)

f/L	**0,05**	**0,10**	**0,20**	**0,30**	**0,40**	
I_z konstans	0,50	0,54	0,65	0,82	1,07	
I_z változik $I_z(\alpha_B) = \frac{I_{z,0}}{\cos\alpha_B}$	0,50	0,52	0,59	0,71	0,86	

6.13. táblázat – v_2 tényező értékei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D7. táblázatával, ahol $\nu = \beta$)

Terhelés	v_2	**Megjegyzések**
konzervatív (a hídpálya az ív tetejéhez van rögzítve)	1	
függesztőrudak által	$1-0{,}35\frac{q_H}{q}$	q a teljes teher q_H a tehernek a függesztőrúdak által közvetített része
függőleges oszlopok által	$1+0{,}45\frac{q_{St}}{q}$	q_{St} a tehernek a függőleges oszlopok által közvetített része

Sugárirányban terhelt szabadon álló körívek síkjukra merőleges kihajlásához tartozó befogási tényezője:

alyi vizsgálatra 2025. február 4.

$$v = \pi r \alpha \frac{\sqrt{\pi^2 + \alpha^2 K}}{L(\pi^2 - \alpha^2)}$$

ahol:

r – a körív sugara,

α – az ívhez tartozó középponti szög,

$$\mathrm{K} = \frac{\mathrm{EL_z}}{\mathrm{GL_t}}$$

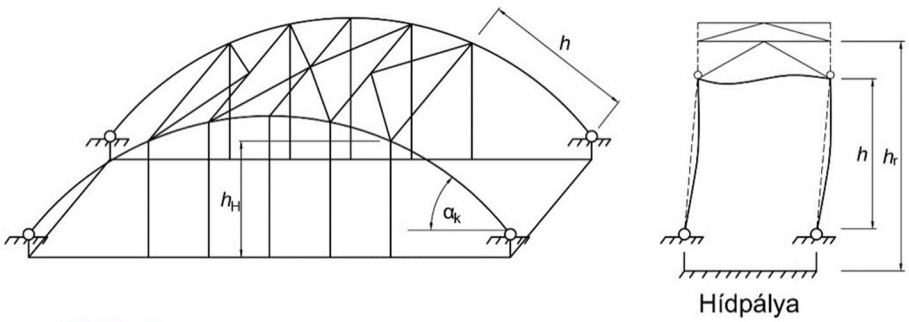
Abban az esetben, ha a szerkezetet két ív alkotja, ezek síkra merőleges kihajlási tulajdonságait az őket összekötő merevítőrácsozat, valamint a kapuzat határozza meg. Ezen szerkezetek síkra merőleges kihajlási viselkedését a rácsos tartók rácsoszlopainak ellenőrzésére bemutatott eljárásokkal vehetjük figyelembe (*6.20.* és *6.21. ábra*). Az ellenőrzéshez a *6.28. ábra* geometriai méreteit kell alkalmazni, az alábbi kiegészítéssel:

$$h_r = \overline{h_H} \frac{1}{\sin\alpha_k}$$

ahol:

h_H – az összes függesztőrúd hosszának átlaga,

α_k – az ív kezdeti érintőjének vízszintessel bezárt szöge.



6.28. ábra – Ívek merevítőkeretének stabilitásvesztése (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D5. ábrájával)

6.3.1.7. Folytonos megtámasztások

6.3.1.7.1. Oldalirányú megtámasztás

Amennyiben egy gerenda övéhez annak síkjában valamilyen lemez csatlakozik, a gerenda és a lemez közötti kapcsolat megfelelően van megtervezve és az alábbi összefüggés teljesül, akkor a gerenda a csatlakozó elem síkjában, a kapcsolat pontjában megtámasztottnak tételezhető fel:

$$S \geq \left(El_w \frac{\pi^2}{L^2} + GI_T + EI_z \frac{\pi^2}{L^2} 0{,}25h^2 \right) \frac{70}{h^2}$$

ahol:

Jogszabá... ...ezésre 2025. február 4.

S – a lemez által a gerendának (egységnyi hosszon) biztosított nyírási merevség a lemez síkjában bekövetkező elmozdulásokkal szemben, trapézlemez esetén minden hullámvölgyben kialakított kapcsolat esetén alkalmazható, minden második hullámvölgyben kialakított kapcsolat esetén $0{,}2S$ érték alkalmazandó,

I_w – a torzulási modulus,

I_T – a csavarási inercianyomaték,

I_z – a keresztmetszet gyenge tengely körüli másodrendű nyomatéka,

L – a gerenda hossza,

h – a gerenda magassága.

6.3.1.7.2. Elcsavarodás elleni megtámasztás

Egy gerenda akkor tekinthető elcsavarodás ellen megtámasztottnak, ha teljesül az alábbi feltétel:

$$C_{\theta,k} > \frac{M_{pl,k}^2}{El_z} K_\theta K_v$$

ahol:

$C_{\theta,k}$ – a stabilizáló kontinuumból és a kapcsolatból származó elfordulási merevség a gerenda egységnyi hosszára vetítve,

K_v – rugalmas számítás esetén: 0,35,

K_v – képlékeny számítás esetén: 1,00,

K_θ – a nyomatéki ábra alakját, valamint a megtámasztásokat figyelembe vevő tényező *(6.14. táblázat),*

$M_{pl,k}$ – a gerenda képlékeny nyomatékának karakterisztikus értéke.

A stabilizáló kontinuum gerendának biztosított merevsége három tagból tehető össze:

$$\frac{1}{C_{\theta,k}} = \frac{1}{C_{\theta R,k}} + \frac{1}{C_{\theta C,k}} + \frac{1}{C_{\theta D,k}}$$

ahol:

$C_{\theta R,k}$ – a stabilizáló kontinuum által a gerendának nyújtott egységnyi hosszra jutó elfordulási merevség merev kapcsolat feltételezésével,

$C_{\theta C,k}$ – a stabilizáló kontinuum és a gerenda közötti kapcsolat egységnyi hosszra jutó elfordulási merevsége,

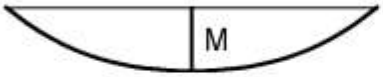
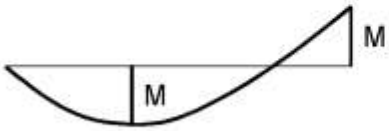
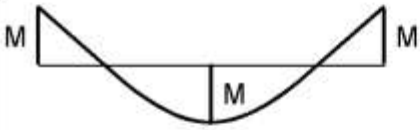
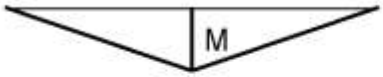
$C_{\theta D,k}$ – a gerenda keresztmetszeti torzulásából származtatott egységnyi hosszra jutó elfordulási merevség,

- ha a nyomott öv szabad, értéke végtelenre vehető föl,
- ha a nyomott öv megtámasztott, vagy a keresztmetszet torzulása elhanyagolható (pl. hengerelt szelvények).

Hidegen alakított szelvényből készülő alárendelt szerkezeti elemek esetén további pontosítások és részletesebb szabályok találhatók az MSZ EN 1993-1-3 szabványkötetben.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.14. táblázat – A nyomatéki ábra alakját és a megtámasztásokat figyelembe vevő K_θ tényező (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány BB1. táblázatával)

Eset	Nyomatékeloszlás	Eltolódás elleni megtámasztás nélkül	Eltolódás elleni megtámasztással
1.		4,0	0
2.a		3,5	0,12
2.b			0,23
3.		2,8	0
4.		1,6	1,0
5.	$\psi \leq -0{,}3$	1,0	0,7

6.3.2. Állandó keresztmetszetű hajlított rúdelemek

6.3.2.1. Kifordulási ellenállás

Erős tengelye körül hajlított gerenda kifordulás szempontjából megfelel, ha kifordulási ellenállása $(M_{b,Rd})$ nagyobb, mint a rá ható igénybevétel:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1{,}0$$

Amennyiben a vizsgált szerkezeti elem nyomott öve megfelelően megtámasztott, feltételezhető, hogy a kifordulás nem mértékadó. Bizonyos keresztmetszettípusok (pl. négyzet vagy kör alakú zárt idomacélok, hegesztett csövek vagy négyzet alakú zárt szelvények) esetén szintén feltételezhető, hogy kifordulás nem következik be. A kifordulásvizsgálat nem mértékadó abban az esetben sem, ha az alábbi feltételek közül bármelyik teljesül:

$$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0{,}2$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{cr}} \leq 0{,}04$$

Ezekben az esetekben szilárdsági ellenőrzés elegendő a nyomatéki teherbírás kimutatására.

Ha szükség van a kifordulás jelenségének figyelembevételére, az oldalirányban nem megtámasztott elem kifordulási ellenállása:

Jogszabályi vélemény

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

ahol:

W_y – az erős tengelyre vonatkozó keresztmetszeti modulus:

– 1. és 2. keresztmetszeti osztály esetén: $W_y = W_{pl,y}$

– 3. keresztmetszeti osztály esetén: $W_y = W_{el,y}$

– 4. keresztmetszeti osztály esetén: $W_y = W_{\mathrm{eff},y}$

χ_{LT} – kifordulási csökkentő tényező.

A W_y meghatározása során az elemvégi kötőelemfuratok figyelmen kívül hagyhatók. Amennyiben a vizsgált elem keresztmetszete a hossztengelye mentén változik, a kifordulási ellenállást másodrendű szerkezeti analízis segítségével lehet megállapítani az 5.3.4. pontban definiált imperfekciók segítségével. A 6.3.5. pontban definiált eljárás is alkalmazható keretsíkra merőleges stabilitásvesztési mód esetén.

6.3.2.2. Kifordulási görbék, általános eset

A kifordulási csökkentő tényező meghatározásához általános esetben a kihajlási görbék alkalmazhatók (lásd 6.3.1.2. pont). Az alkalmazandó görbe a *6.17. táblázat* alapján választható ki. A csökkentő tényező meghatározásához szükséges a viszonyított karcsúság értéke, melyet a következő összefüggés ad meg:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{W_y f_y}{M_{cr}}$$

ahol M_{cr} a hajlított gerenda rugalmas kifordulási kritikus nyomatéka a teljes keresztmetszeti jellemzők, valamint a tényleges terhelés, a nyomatékeloszlás és a megtámasztási viszonyok alapján számolva. M_{cr} számítása szakirodalmi módszerek segítségével történhet (pl. [3], [4] és [5]) vagy megfelelő szoftver alkalmazásával. Az alábbiakban egy olyan eljárás kerül bemutatásra, mely sok praktikus esetben működőképes lehet.

Végein oldalirányban megtámasztott, változó nyomatékkal terhelt, legalább egyszeresen szimmetrikus, nyitott, állandó keresztmetszetű, a szimmetriasíkban hajlított gerendák kritikus nyomatékának meghatározására alkalmas összefüggés az alábbiak szerint alkalmazható:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2} \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + \left(C_2 z_g - C_3 z_j\right)^2} - \left(C_2 z_g - C_3 z_j\right) \right]$$

ahol:

L – a tartó támaszköze (két szomszédos oldalirányú megtámasztás tengelytávolsága),

I_z – a gyenge tengely körüli inercianyomaték,

I_t – a csavarási inercianyomaték, amelynek értéke nyitott vékonyfalú szelvények esetén közelítőleg: $I_t = \frac{1}{3} \sum b_1 t_i^3$

I_w – az öblösödési modulus, közelítő képlete kétszeresen szimmetrikus I-szelvényekre: $I_w = \frac{I_z (h - t_f)^2}{4}$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

z_g – közvetlenül terhelt gerendák esetén a teher támadáspontja és a keresztmetszet csavarási középpontja közötti függőleges távolság (akkor pozitív, ha a támadáspont a csavarási középpont felett van; ha nincs közvetlen teher (a gerendát csak a két végén ható hajlítónyomatékok terhelik), akkor értéke zérus),

z_j – kétszeresen szimmetrikus keresztmetszet esetén zérus, egyszeresen szimmetrikus I-szelvényekre pedig közelítően: $z_j = \beta_j h_s(2\beta_f - 1)$
h_s – az övek nyírási középpontjának távolsága,

$\beta_f = \frac{I_{fc}}{I_{fc}+I_{ft}}$ – $\beta_j = 0{,}4$, ha $\beta_f = 0{,}5$, és $\beta_j = 0{,}5$ egyébként,

I_{ft} és I_{fc} – a szelvény nyomott és húzott övének inercianyomatéka a szelvény gyenge tengelye körül),

C_1, C_2, C_3 – a nyomatéki ábrának a vizsgált szakaszon (tehát két szomszédos oldalirányú megtámasztás között) érvényes alakjától, valamint *k* értékétől függő tényezői, a *6.15. és a 6.16. táblázat* szerint,

k – a vizsgált tartószakasz végkeresztmetszeteinek elfordulás elleni megfogását jellemző szám, a kifordulás síkjára merőleges z tengely körül (fizikai tartalmát tekintve azonos a kihajlásnál tárgyalt υ befogási tényezővel):

- mindkét vég teljes értékű megfogása esetén: értéke 0,5,
- két szabad rúdvég esetén: 1,0,
- további ajánlásokért lásd pl. [4]),

k_w – a vizsgált tartószakasz végkeresztmetszeteinek vetemedés (öblösödés) elleni megfogását jellemző szám: mindkét vég teljes értékű megfogása esetén 0,5 (a keresztmetszeti pontok síkból való kilépése gátolt), két szabad rúdvég esetén 1,0 (további ajánlásokért pl. [4]).

Folytatólagos tartók közbenső részének ellenőrzéséhez a biztonság javára való közelítéssel a k és a k_w tényezők értéke 1,0-ra vehető fel. A C_1, C_2, C_3 konstansok értéke szakirodalmi források alapján pontosítható, különösen C_3 esetében. A fenti összefüggés megfelelő megfontolásokkal általánosabb esetekben is alkalmazható.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.15. táblázat – Kritikus nyomaték számítása közbenső teher nélkül

A nyomatéki ábra alakja az oldalirányú támaszok között	ψ	k	C_1	C_2	C_3
	1,00	1,0	1,000	–	1,000
		0,7			1,113
		0,5			1,144
	0,75	1,0	1,141	–	0,998
		0,7	1,270		1,565
		0,5	1,305		2,283
	0,50	1,0	1,323	–	0,992
		0,7	1,473		1,556
		0,5	1,514		2,271
	0,25	1,0	1,563	–	0,977
		0,7	1,739		1,531
		0,5	1,788		2,235
	0,00	1,00	1,879	–	0,939
		0,7	2,092		1,473
		0,5	2,150		2,150
	–0,25	1,0	2,281	–	0,855
		0,7	2,538		1,340
		0,5	2,609		1,957
	–0,50	1,0	2,704	–	0,676
		0,7	3,009		1,059
		0,5	3,093		1,546
	–0,75	1,0	2,927	–	0,366
		0,7	3,009		0,575
		0,5	3,093		0,837
	–1,00	1,0	2,752	–	0,000
		0,7	3,063		0,000
		0,5	3,149		0,000

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.16. táblázat – Kritikus nyomaték számítása közbenső terheléssel

A nyomatéki ábra alakja aza oldalirányú támaszok között	ψ	k	C_1	C_2	C_3
	–	1,0	1,132	0,459	0,525
		0,5	0,972	0,304	0,98
	–	1,0	2,576	1,562	0,753
		0,5	1,494	0,652	1,07
	–	1,0	1,365	0,553	0,411
		0,5	1,07	0,432	0,338
	–	1,0	1,565	1,267	2,64
		0,5	0,938	0,715	4,8
	–	1,0	1,046	0,43	0,562
		0,5	1,01	0,41	0,539

6.17. táblázat – A 6.3.2.2. pont alapján vizsgált szelvények esetén javasolt kifordulási görbék (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.4. táblázatával)

Keresztmetszet típusa	Keresztmetszeti arány	Kifordulási görbe
Hengerelt I-szelvény	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Hegesztett I-szelvény	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Más szelvény	-	d

6.3.2.3. Kifordulási görbék hengerelt vagy egyenértékű hegesztett szelvényekre

A gyakorlatban legtöbbször előforduló esetekben, melegen hengerelt vagy azokkal egyenértékű hegesztett szelvények esetén pontosított kifordulási görbék alkalmazhatók az alábbiak szerint:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta\bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq \min\left(1{,}0;\ \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2}\right)$$

ahol:

$\phi_{LT} = \frac{1+\alpha_{LT}\cdot(\bar{\lambda}_{LT}-\bar{\lambda}_{LT,0})+\beta\bar{\lambda}_{LT}^2}{2}$ – segédmennyiség,

α_{LT} – alakhiba-tényező a 6.8. táblázat szerint,

$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0{,}4$

$\beta = 0{,}75$

Az egyes esetekben alkalmazandó görbéket a *6.18. táblázat* definiálja.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.18. táblázat – A 6.3.2.3. pont alapján vizsgált szelvények esetén javasolt kifordulási görbék (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.5. táblázatával)

Keresztmetszet típusa	Keresztmetszeti arány	Kifordulási görbe
Hengerelt I-szelvény	$h/b \leq 2$	b
	$h/b > 2$	c
Hegesztett I-szelvény	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d

A fenti módosított görbék alkalmazásával a kifordulási csökkentő tényező növelhető:

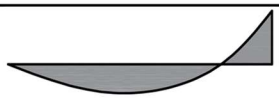
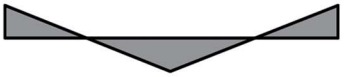
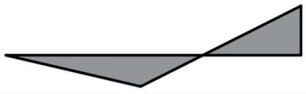
$$\chi_{LT,\mathrm{mod}} = \frac{\chi_{LT}}{f} \leq \min\left(1{,}0;\ \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^{2}}\right)$$

ahol:

$$f = 1 - 0{,}5(1 - k_c)\left[1 - 2{,}0\left(\bar{\lambda}_{LT} - 0{,}8\right)^2\right] \leq 1{,}0$$

k_c – a nyomatéki ábra alakjától függő korrekciós tényező a *6.19. táblázat* szerint.

6.19. táblázat – A k_c korrekciós tényezők (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.6. táblázatával)

Nyomatékeloszlás	k_c
ψ=1	1,00
-1≤ψ≤1	$\frac{1}{1{,}33 - 0{,}33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

Jogszabályi ve[illegible]vezésre 2025. február 4.

6.3.2.4. Övmerevség-vizsgálat

Ha egy szerkezeti elem nyomott öve diszkrét pontokban meg van támasztva és az alábbi feltétel teljesül, nem kell figyelembe venni a kifordulás jelenségét:

$$\bar{\lambda}_f = \frac{K_c L_c}{i_{f,z}\lambda_{c1}} \leq \bar{\lambda}_{c0} \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}}$$

ahol:

$M_{y,Ed}$ – két megtámasztás között a nyomaték tervezési értékének maximuma,

$M_{c,Rd} = W_f \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$ – a nyomott öv száltávolsága alapján számolt nyomatéki ellenállás a megfelelő keresztmetszetet figyelembe véve (vagyis 4. osztály esetén a hatékony keresztmetszetet) a stabilitásvesztési jelenségekhez tartozó parciális tényezővel meghatározva,

k_c – a két megtámasztás közötti nyomatéki ábra alakjától függő tényező (ld. 6.19. táblázat,

$i_{f,z}$ – a helyettesítő nyomott öv inerciasugara a teljes keresztmetszet gyenge tengelyére (a helyettesítő nyomott öv a teljes nyomott övlemezből, valamint a nyomott gerincszakasz egyharmadából álló szelvény), 4. osztályú keresztmetszet esetén értéke:

$$i_{f,z} = \sqrt{\frac{I_{\mathrm{eff},f}}{A_{\mathrm{eff},f} + {}^{1}/_{3}\, A_{\mathrm{eff},w,c}}}$$

$A_{\mathrm{eff},f}$, $I_{\mathrm{eff},f}$ – az övlemez területe, valamint inerciája a teljes keresztmetszet gyenge tengelyére,

ahol:

$A_{\mathrm{eff},w,c}$ – a gerinc nyomott részének hatékony területe,

$\bar{\lambda}_{c0} = 0{,}2$ – a helyettesítő nyomott öv karcsúsági határa,

λ_1 – anyagjellemző *(6.3.1.3. pont).*

Ha a fenti feltétel nem teljesül, a kifordulási ellenállást meg lehet határozni övmerevség-vizsgálat segítségével, a következő kifejezéssel:

$$M_{b,Rd} = k_{fl\chi} M_{c,Rd}$$

ahol:

$k_{fl} = 1{,}0$ – az övmerevség-vizsgálat közelítéseit figyelembe vevő tényező,

χ – a nyomott öv kihajlási csökkentő tényezője $\bar{\lambda}_f$ alapján.

A csökkentő tényezőt a kihajlási görbék alapján kell meghatározni:

- d görbe hegesztett szelvények esetén, ha a teljes keresztmetszet magassága és az övlemez vastagsága aránya kisebb, mint 44ε;
- c görbe, egyébként.

Megtámasztott szerkezeti elemek esetében további segítséget nyújthat a 6.3.1.7. pont alkalmazása.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.3.3. Szerkezeti komponensek egyszerűsített kifordulásvizsgálata

6.3.3.1. A kifordulási ellenállás meghatározása

A vizsgálat rácsos tartók nyomott övének kihajlására, nyomott övlemezek kihajlására, valamint főtartók nyomott öveire is alkalmazható. Ezekben az esetekben a szerkezet ellenállását olyan modellen határozhatjuk meg, mely N_{Ed} igénybevételnek van kitéve, és a csatlakozó megtámasztó szerkezetek hatását pontszerűen vagy folytatólagosan vesszük figyelembe, s így határozzuk meg a kihajlási ellenállást. Ha a vizsgált szerkezetet U-keret támasztja meg (felső szélrács nélküli rácsos tartó vagy alsópályás tömörgerincű tartó), a megtámasztó szerkezet merevségét a 6.3.3.2. pont szerint lehet meghatározni. Az U-keret tervezése során tekintetbe kell venni a megtámasztó hatásból származó többlet erőket is. A meghatározott merevségek segítségével lehet kiszámolni a rugalmas kritikus erő nagyságát, a lemezhorpadás hatását figyelmen kívül hagyva. Ha az egyébként pontszerű oldalirányú támaszokat folytonos megtámasztásként modellezzük (a számítás egyszerűsítése érdekében), akkor az így kapott kritikus erő értéke ne legyen nagyobb, mint az a kritikus erő, amit pontszerű merev támaszok segítségével határozhatunk meg. A kritikus erő ismeretében meghatározható a kifordulási viszonyított karcsúság értéke, majd a 6.3.2. pont alapján az ellenállás is:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_y}{N_{cr}}}$$

ahol:

A_{eff} – az öv (vagy övlemez) hatékony területe,

N_{cr} – a rugalmas kritikus erő a teljes keresztmetszeti terület alapján meghatározva.

Főtartó nyomott övének vizsgálatakor a keresztmetszeti terület a nyomott övlemez és a gerinc nyomott része harmadának területével egyenlő:

$$A_{\text{eff}} = A_f + A_{w,c}/3$$

Ha 4. osztályú a keresztmetszet, a második tag a nyomott gerinc hatékony területével helyettesíthető.

Abban az esetben, ha a vizsgált övben (vagy övlemezben) állandó a normálerő értéke, N_{cr} meghatározható az alábbi eljárással:

$$N_{cr} = 2\sqrt{\frac{EIC_d}{I}} \geq \pi^2 \frac{EI}{L^2}$$

ahol:

C_d – a megtámasztó keret merevsége (lásd 6.3.3.2. pont),

l – a megtámasztó keretek (rugók) közötti távolság,

L – a merev támaszok közötti távolság.

Merev megtámasztású a vizsgált elem, ha C_d-re fennáll, hogy

$$C_d > \frac{4N_E}{L}$$

ahol N_E a rugalmas kritikus erő csuklós megtámasztás esetén.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Ha a nyomó igénybevétel nem állandó, a kritikus erő a folytatólagos tartók alsó övére:

$$N_{cr} = m\pi^2 \frac{EI}{L^2}$$

ahol:

$$m = \min \begin{cases} 1 + 044(1+\mu)\phi^{15} + (3+2\phi)\dfrac{\gamma}{350-50\mu} \\ 1 + 044(1+\mu)\phi^{15} + \left(0{,}195 + \left(0{,}05 + \dfrac{\mu}{100}\right)\phi\right)\gamma^{0{,}5} \end{cases}$$

$\mu = \frac{V_2}{V_1}$ (lásd *6.29. ábra*)

$\phi = 2\frac{1-\frac{M_2}{1}}{1+\mu}$ ha $M_2 > 0$ (lásd 6.29. ábra)

$$\gamma = \frac{C_d L^4}{I\ EI}$$

Ha a hajlítónyomaték előjelet vált a vizsgált szakaszon, a biztonság javára $M_2 = 0$ feltételezhető.

A kifordulás a 6.3.2.2. pontban bemutatott általános eljárással ellenőrizhető a merev támasztól $0{,}25L_k$ távolságra levő keresztmetszetben a legnagyobb nyomatékra (*6.29. ábra*), feltéve, ha a keresztmetszeti szintű ellenállást szintén a legnagyobb nyomatékra ellenőriztük L_k távolságban

$$\left(L_k = L/\sqrt{m}\right).$$

A megtámasztó rugók másodrendű hatásai és a kezdeti imperfekciók figyelembe vehetők rácsos tartók övei és folytatólagos tartók alsó övlemezei esetén egy F_{Ed} keresztirányú erő segítségével, mely a rugalmas támaszoknál hat:

$F_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{100}$ ha $l_k \leq 1{,}2l$

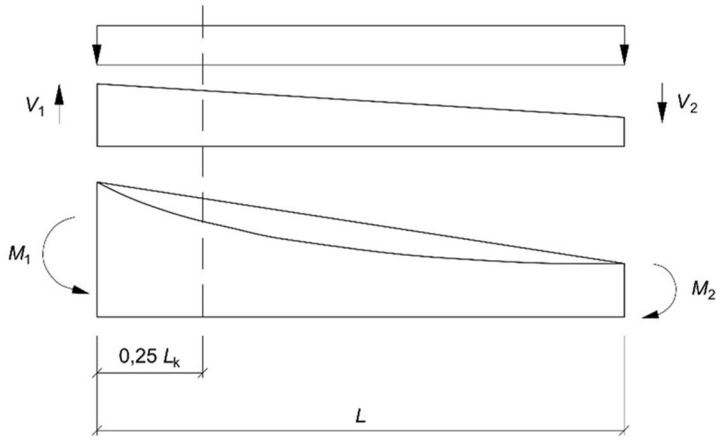
$F_{Ed} = \frac{I}{I_k}\frac{N_{Ed}}{80}\frac{1}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr}}}$ egyébként

ahol:

$$I_k = \pi\sqrt{\frac{EI}{N_{cr}}}$$

l– a megtámasztások közötti távolság.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



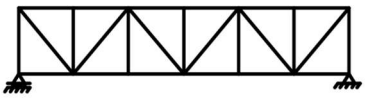
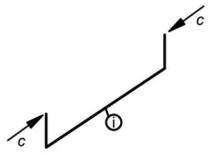
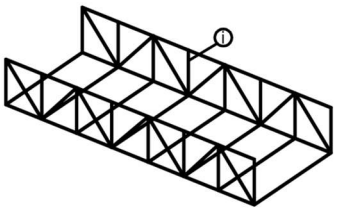
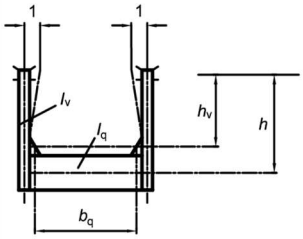
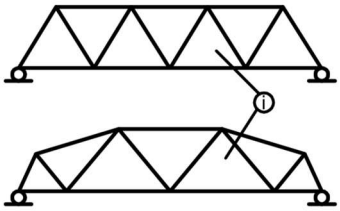
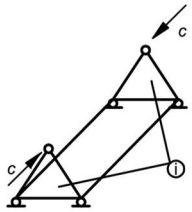
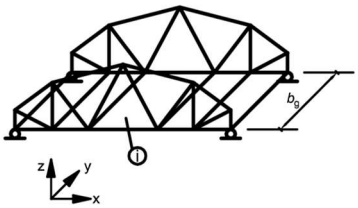
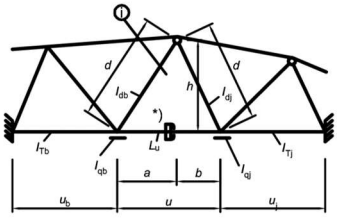
6.29. ábra – Merev oldalirányú megtámasztások közötti tartószakasz parabolikusan változó nyomatékkal (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány 6.1. ábrájával)

6.3.3.2. U-keretek merevségének meghatározása

Rácsos tartók nyomott övét, vagy hasonló szerkezeti kialakítások esetén figyelembe vehető megtámasztó U-keretek merevségét a *6.20. táblázat* szerinti eljárással lehet meghatározni.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.20. táblázat – A C_d oldalirányú merevségek rácsos tartók esetén
(Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D3. táblázatával)

	1	2
1	 Példa függőleges rácsoszloppal készülő rácsos hídra	
1.a	 Modellezés	 $C = \dfrac{EI_v}{\dfrac{h_v^3}{3} + \dfrac{h^2 b_q I_v}{2 I_q}}$
2	 Példa függőleges rácsoszlop nélküli rácsos hídra	 2 U-keret függőleges rácsoszlop nélküli rácsos híd esetén
2.a		 *) csavarási csukló Modellezés: az U-keret részét képező alsó övrúd csak EI_L hajlítási merevséggel, a csatlakozó alsó övrudak GI_t csavarási merevséggel
2.b	Rugómerevség, $C = \dfrac{A + B - 2D}{AB - D^2} EI_u$	
2.c	$A = \dfrac{h^2 I_u}{n_b} + \dfrac{d_b^3 I_u}{3 I_{db}} + \dfrac{a^2 u}{3}$ $\quad n_b = \dfrac{2}{b_q} I_{qb} + \dfrac{GI_{tb}}{E u_b}$ $B = \dfrac{h^2 I_u}{n_j} + \dfrac{d_j^3 I_u}{3 I_{dj}} + \dfrac{b^2 u}{3}$ $\quad n_j = \dfrac{2}{b_q} I_{qj} + \dfrac{GI_{tj}}{E u_j}$ $D = \dfrac{1}{6} abu$ A d_b, d_j, a, b, u és b_q hossz csökkentehető befogott rúdvég esetén. u_b és u_j csökkenthető elcsavarodással szemben megtámasztott rúdvég esetén. EI_{db}, EI_{dj}, EI_u a ferde rácsrudaknak (bal és jobb) valamint az alsó övnek a rácsos tartó síkjára merőleges irányú hajlítási merevsége EI_{qb}, EI_{qj} a kereszttartók hajlítási merevsége GI_{tb}, GI_{tj} a csatlakozó övrudaknak az egyszerű csavaráshoz tartozó csavarási merevsége	

Jogs ar 4.

6.3.4. Állandó keresztmetszetű hajlított és nyomott rúdelemek

Külpontos nyomásnak kitett rúdelemek ellenőrzésének első lépése a szilárdsági ellenőrzés kell legyen (6.2. pont). A stabilitási ellenőrzés legáltalánosabb módon elvégezhető másodrendű szerkezeti analízis segítségével az 5.3.2. pont szerinti globális és lokális imperfekciók alkalmazásával (lásd még az 5.2.2. pontot is). Ha ilyen nemlineáris analízis nem kerül elvégzésre, akkor kétszeresen szimmetrikus, állandó keresztmetszetű, torzulásos horpadásra nem érzékeny keresztmetszetek esetén a kihajlás és kifordulás interakcióját az alábbi összefüggésekkel lehet figyelembe venni az egyes síkokban bekövetkező kihajlás esetén:

- $$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT}\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz}\frac{M_{Z,Ed}+\Delta M_{Z,Ed}}{\frac{M_{rK}}{\gamma_{M1}}} \leq 1{,}0$$
- $$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT}\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1{,}0$$

ahol:

$N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ – a nyomóerő, az y és z tengelyek körüli maximális nyomatékok tervezési értékei az elem hossza mentén,

$\Delta M_{y,Ed}, \Delta M_{z,Ed}$ – 4. keresztmetszeti osztályú szelvény esetén az eredeti és az effektív keresztmetszet súlypontjai közötti távolságból adódó többlet nyomatékok,

$N_{Rk}\ M_{y,Rk}, M_{z,Rk},$ – a *6.21. táblázat* keresztmetszeti jellemzői alapján definiált keresztmetszeti ellenállások,

$\chi_y, \chi_z,$ – síkbeli kihajláshoz tartozó csökkentő tényezők,

χ_{LT} – kifordulási csökkentő tényező (amennyiben a szerkezeti elem kifordulása nem mértékadó a megtámasztások következtében, az értéke 1,0),

$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ – kölcsönhatási tényezők.

Ezen összefüggések meghatározása során alkalmazott statikai modell egy csuklós kéttámaszú gerenda, mely elcsavarodással szemben villásan megtámasztott, oldalirányban nem megtámasztott vagy folytonosan megtámasztott, és amelyre nyomóerők, nyomatékok és/vagy keresztirányú erők hatnak.

6.21. táblázat – Ellenállások keresztmetszeti jellemzői

<table>
<tr><th rowspan="2">Jellemzők</th><th colspan="4">Keresztmetszeti osztály</th></tr>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr>
<tr><td>A_i</td><td colspan="3">A</td><td>A_{eff}</td></tr>
<tr><td>W_y</td><td colspan="2">$W_{pl,y}$</td><td>$W_{el,y}$</td><td>$W_{eff,y}$</td></tr>
<tr><td>W_z</td><td colspan="2">$W_{pl,z}$</td><td>$W_{el,z}$</td><td>$W_{eff,z}$</td></tr>
<tr><td>$\Delta M_{y,Ed}$</td><td colspan="3" rowspan="2">0</td><td>$e_{N,y}N_{Ed}$</td></tr>
<tr><td>$\Delta M_{z,Ed}$</td><td>$e_{N,z}N_{Ed}$</td></tr>
</table>

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Az 5.2.2. pontban bemutatott számítási elvek értelmében két eljárás lehetséges a másodrendű hatások figyelembevételére:

a) Másodrendű szerkezeti analízist végzünk a globális imperfekciók figyelembevételével $\left(M_{y,Ed,}^{II} M_{z,Ed,}^{II}\right)$. Ezeket az igénybevételeket helyettesítjük be a fenti interakciós egyenletekbe úgy, hogy a kölcsönhatási tényezők számítása során csak az elemszintű stabilitásvesztést vesszük figyelembe (vagyis $L_{cr} = L$ feltételezésével).

b) Elsőrendű lineáris analízist végzünk az imperfekciók nélküli szerkezeten $\left(M_{y,Ed,}^{\mathrm{I}} M_{z,Ed,}^{\mathrm{I}}\right)$. Ezeket az igénybevételeket helyettesítjük be a fenti interakciós egyenletekbe úgy, hogy a kölcsönhatási tényezők számítása során a kihajlási hosszat a 6.3.1.6. pont alapján vesszük fel mindkét síkban $L_{cr} = \nu L$.

A kölcsönhatási tényezőket a táblázatok adják meg. Amennyiben a szerkezeti elem csak síkban tud kihajlani (elcsavarodás nem jöhet létre), a *6.22. táblázat* összefüggései alkalmazandók. Ha elcsavarodás is létrejöhet (elcsavarodó, térbeli elcsavarodó kihajlás vagy kifordulás), a *6.23. táblázat* összefüggései az irányadók. A *6.24. táblázat* tartalmazza a kölcsönhatási tényezők meghatározásához szükséges egyenértékű nyomatéki tényezőket. (Az MSZ EN 1993-1-1 szabvány A melléklete tartalmaz egy alternatív eljárást a kölcsönhatási tényezők meghatározására.)

6.22. táblázat – A k_{ij} kölcsönhatási tényezők nem elcsavarodással járó tönkremenetel esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány B1. táblázatával)

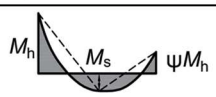
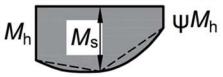
Kölcsönhatási tényzők	**A szelvény típusa**	**Tervezési feltételek**	
		3. és 4. osztályú keresztmetszetek, rugalmas keresztmetszeti jellemzők	**1. és 2. osztályú keresztmetszetek, képlékeny keresztmetszeti jellemzők**
k_{yy}	I-szelvények és téglalap alakú zárt idomacélok	$C_{my}\left(1+0{,}6\bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) \le$ $\le C_{my}\left(1+0{,}6\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$	$C_{my}\left(1+\left(\bar{\lambda}_y-0{,}2\right)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) \le$ $\le C_{my}\left(1+0{,}8\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$
k_{yz}	I-szelvények és téglalap alakú zárt idomacélok	k_{zz}	$0{,}6k_{zz}$
k_{zy}	I-szelvények és téglalap alakú zárt idomacélok	$0{,}8k_{yy}$	$0{,}6k_{yy}$
k_{zz}	I-szelvények	$C_{mz}\left(1+0{,}6\bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) \le$ $\le C_{mz}\left(1+0{,}6\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$	$C_{mz}\left(1+\left(2\bar{\lambda}_z-0{,}6\right)\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) \le$ $\le C_{mz}\left(1+1{,}4\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$
	téglalap alakú zárt idomacélok		$C_{mz}\left(1+\left(\bar{\lambda}_z-0{,}2\right)\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) \le$ $\le C_{mz}\left(1+0{,}8\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$
Nyomásra és egytengelyű $M_{y,Ed}$ hajlításra igénybe vett I- és H-, valamint téglalap alakú zártszelvények esetén a k_{zy} tényezőre feltételezhető, hogy $k_{zy} = 0$.			

Jogszabályi vélemény csak 2025. február 4.

6.23. táblázat – A k_{ij} kölcsönhatási tényezők elcsavarodással járó tönkremenetel esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány B2. táblázatával)

Kölcsönhatási tényezők	**Tervezési feltételek**	
	3. és 4. osztályú keresztmetszetek, rugalmas keresztmetszeti jellemzők	**1. és 2. osztályú keresztmetszetek, képlékeny keresztmetszeti jellemzők**
k_{yy}	k_{yy} elcsavarodás nélkül	k_{yy} elcsavarodás nélkül
k_{yz}	k_{yz} elcsavarodás nélkül	k_{yz} elcsavarodás nélkül
k_{zy}	$\left[1-\frac{0{,}05\bar{\lambda}_z}{C_{mLt}-0{,}25}\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right] \geq \left[1-\frac{0{,}05}{C_{mLt}-0{,}25}\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right]$	$\bar{\lambda}_z \geq 0{,}4$ esetén $\left[1-\frac{0{,}1\bar{\lambda}_z}{C_{mLt}-0{,}25}\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right] \geq \left[1-\frac{0{,}1}{C_{mLt}-0{,}25}\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right]$ $\bar{\lambda}_z < 0{,}4$ esetén $0{,}6+\bar{\lambda}_z \leq 1-\frac{0{,}1\bar{\lambda}_z}{C_{mLt}-0{,}25}\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}$
k_{zz}	k_{zz} elcsavarodás nélkül	k_{zz} elcsavarodás nélkül

6.24. táblázat – A 6.22. táblázat és 6.23. táblázat C_m helyettesítő állandó nyomatéki tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány B3. táblázatával)

Nyomatéki ábra	**Tartomány**		**C_{my}, C_{mz}, C_{mLt}**	
			megoszló terhelés	**koncentrált terhelés**
	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0{,}6 + 0{,}4\psi \geq 0{,}4$	
 $\alpha_s = M_s/M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0{,}2 + 0{,}8\alpha_s \geq 0{,}4$	
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0{,}1 - 0{,}8\alpha_s \geq 0{,}4$	$-0{,}8\alpha_s \geq 0{,}4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0{,}1(1-\psi) - 0{,}8\alpha_s \geq 0{,}4$	$0{,}2(-\psi) - 0{,}8\alpha_s \geq 0{,}4$
 $\alpha_h = M_h/M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0{,}95 + 0{,}05\alpha_h$	$0{,}90 + 0{,}10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$		
		$-1 \leq \psi < 0$	$0{,}95 + 0{,}05\alpha_h(1+2\psi)$	$0{,}90 + 0{,}10\alpha_h(1+2\psi)$
Kilengő kihajlási mód ($\nu > 1{,}0$) esetén a C_{my} és C_{mz} tényezők értékei 0,9-re veendők fel.				

Az egyes, különböző irányokhoz tartozó tényezők (C_{my}, C_{mz}, C_{mLt}) meghatározásakor a megfelelő nyomatéki ábra megfelelő megtámasztások közötti szakaszát kell figyelembe venni:

tényező	hajlítás tengelye	megátmasztás iránya
C_{my}	y-y	z-z
C_{mz}	z-z	y-y
C_{mLt}	y-y	y-y

2026. február 4.

Síkbeli kihajlás és hajlítónyomaték interakciójának ellenőrzéséhez alternatívaként javasolható még az alábbi egyenlet alkalmazása:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_{y N_{Rk}}}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mi,o}\left(M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}\right)}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 0{,}9$$

ahol:

N_{Ed} – a nyomóerő tervezési értéke,

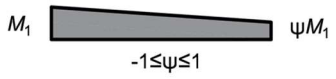
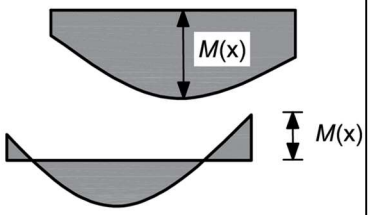
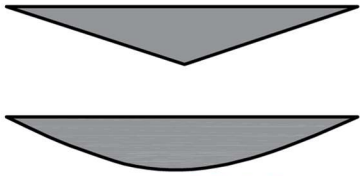
$M_{y,Ed}$ – az y tengely körüli nyomaték tervezési értéke, elsőrendű, imperfekciók nélküli vizsgálat alapján,

$\Delta M_{y,Ed}$ – a súlyponti tengely eltolódásából származó többletnyomaték,

$C_{mi,o}$ – a helyettesítő állandó nyomatékhoz tartozó tényező *(6.25. táblázat)*,

χ_y – a síkbeli kihajláshoz tartozó csökkentő tényező.

6.25. táblázat – A $C_{mi,o}$ helyettesítő állandó nyomatéki tényezők (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány A2. ábrájával)

Nyomatéki ábra	$C_{mi,o}$
	$C_{mi,o} = 0{,}79 + 0{,}21\psi_1 + 0{,}36(\psi_1 - 0{,}33)\frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$
	$C_{mi,o} = 1 + \left(\frac{\pi^2 EI_i \lvert\delta_x\rvert}{L^2 \lvert M_{i,Ed}(x)\rvert} - 1\right)\frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$ $M_{i,Ed}(x)$ a maximális $M_{y,Ed}$ vagy $M_{z,Ed}$ elsőrendű nyomaték $\lvert\delta_x\rvert$ a rúdelem maximális lehajlása
	$C_{mi,o} = 1 - 0{,}18\frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$ $C_{mi,o} = 1 + 0{,}03\frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$

6.3.5. *Általános módszer a szerkezeti komponensek kihajlásának és kifordulásának vizsgálatára*

Amennyiben a fent említett módszerek nem alkalmazhatóak a vizsgált szerkezet stabilitásának meghatározására akár a terhelési mód, akár a szerkezeti kialakítás miatt, az alábbi általános módszer (a szabványban található megkötésekkel) alkalmazható a következő esetekben:

- szerkezeti elem, tömör vagy osztott szelvénnyel, hossza mentén állandó vagy változó keresztmetszettel, összetett megtámasztási viszonyokkal,
- síkbeli keretszerkezet vagy keretszerkezeti részlet a fenti jellemzőkkel rendelkező elemekből felépítve, amelyek nyomó normálerővel és/vagy egytengelyű hajlítónyomatékkal terheltek a szerkezet síkjában, de nem tartalmaznak képlékeny csuklót.

Jogszabály 2025. február 4.

Vagyis a módszer alapvetően tetszőleges kialakítású síkbeli rúdszerkezetek esetében alkalmazható. A szerkezet megfelelőségét az alábbi összefüggés adja meg:

$$\frac{\chi_{op}\alpha_{\mathrm{ult},k}}{\gamma_{M1}} \geq 1{,}0$$

ahol:

$\alpha_{\mathrm{ult},k}$ – a síkbeli szilárdsági teherparaméter, ami a teher tervezési értékének az a minimális szorzótényezője, amellyel a terhet megszorozva a mértékadó keresztmetszetben elérjük a szerkezet szilárdsági teherbírását, a síkbeli viselkedés és globális és/vagy lokális imperfekciók figyelembevételével, de a hajlítás síkjára merőleges kihajlási, vagy kifordulási tönkremenetel figyelembevétele nélkül,

χ_{op} – stabilitási csökkentő tényező, a globális viszonyított karcsúság $(\bar{\lambda}_{op})$ alapján számítva.

A globális viszonyított karcsúság:

$$\bar{\lambda}_{op} = \sqrt{\frac{\alpha_{\mathrm{ult},k}}{\gamma_{M1}}}$$

ahol $\alpha_{cr,op}$ a hajlítási síkra merőleges stabilitási teherparaméter, ami a teher tervezési értékének az a minimális szorzótényezője, amellyel a terhet megszorozva elérjük a szerkezet első, hajlítás síkjára merőleges – kihajlási, vagy illetve kifordulási stabilitási tönkremeneteléhez tartozó – rugalmas kritikus terhét, a síkbeli kihajlás figyelembevétele nélkül (meghatározása általában pontosított modellen alapuló végeselemes globális analízissel lehetséges).

A χ_{op} csökkentő tényező meghatározására két alternatív módszer áll rendelkezésre.

- Egyrészt alkalmazható az alábbi összefüggés:

$$\chi_{op} = \min(\chi, \chi_{LT})$$

ahol:

χ – a hajlítás síkjára merőleges (vagyis oldalirányú) kihajláshoz tartozó csökkentő tényező $\bar{\lambda}_{op}$ alapján számolva (ld. 6.3.1. pont),

χ_{LT} – a kifordulási csökkentő tényező $\bar{\lambda}_{op}$ alapján számolva (ld. 6.3.2. pont).

Ha a síkbeli szilárdsági teherparamétert az alábbi egyenlet határozza meg:

$$\frac{1}{\alpha_{\mathrm{ult},k}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}$$

akkor χ_{op} csökkentő tényező alkalmazása a következő összefüggésre vezet:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_{op}\ {}_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{op}\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1{,}0$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

- A másik alkalmazható összefüggés χ és χ_{LT} tényezők normálerő és nyomatéki kihasználtsága szerinti súlyozott értékét veszi alapul, mely $\alpha_{\mathrm{ult},k}$ esetén a következő összefüggésre vezet:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT}\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1{,}0$$

6.4. Osztott szelvényű nyomott rúdelemek

6.4.1. Általános előírások

Osztott szelvényű nyomott rudak jelen pontban közölt vizsgálati eljárásának alapfeltételei:

- a részszelvények legyenek párhuzamosak,
- a rácsozás vagy hevederezés moduljai legyenek egyenletes kiosztásúak, valamint két síkban helyezkedjenek el,
- legalább három modul legyen egy rúdelemben,
- a részszelvények lehetnek tömörek, vagy maguk is osztott szelvények a merőleges síkban.

A feltételek teljesülése esetén egy állandó keresztmetszetű, csuklós végű, végein oldalirányú támaszokkal rendelkező osztott szelvényű nyomott szerkezeti elem az alábbi modell szerint vizsgálandó:

- az elem egyetlen, középen $e_0 = {}^{L}/_{500}$ görbeségű oszlopnak tekinthető,
- az alkotó szelvények közötti rácsozás vagy hevederezés hatását egy folytonos S_v nyírási merevséggel lehet figyelembe venni.

Amennyiben a végmegtámasztás eltérő, a modell megfelelően módosítható.

Új hidaknál osztott szelvényű rudak tervezését kerülni kell, de legfeljebb két részszelvényből álló és a korrózióvédelmi követelményeknek megfelelő rúd elfogadható.

Az egyes alkotó szelvényekre ható $N_{ch,Ed}$ normálerő értékét a teljes nyomott rúdra ható N_{Ed} normálerő, valamint M_{Ed} nyomaték alapján kell számolni. Ha két azonos keresztmetszetű alkotóelemből épül fel a nyomott rúd, a normálerő:

$$N_{ch,Ed} = 0{,}5N_{Ed} + \frac{M_{Ed}h_0A_{ch}}{2I_{eff}}$$

ahol:

$M_{Ed} = \frac{N_{Ed}e_0 + M^{\mathrm{I}}_{Ed,}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} - \frac{N_{Ed}}{S_v}}$ – a másodrendű hatásokat is tartalmazó nyomaték tervezési értéke,

$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\mathrm{eff}}}{L^2}$ – a hatékony kritikus erő,

M^{I}_{Ed} – a másodrendű hatások nélkül számított nyomaték tervezési értéke,

e_0 – a figyelembe vett görbeség az elem közepén,

eh_0 – a részszelvények súlypontjai közötti távolság (*6.30. ábra*),

A_{ch} – egy részszelvény keresztmetszeti területe (6.30. ábra),

I_{eff} – az osztott szelvényű rúdelem hatékony inerciája (ld. 6.4.2. és 6.4.3. pontok),

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

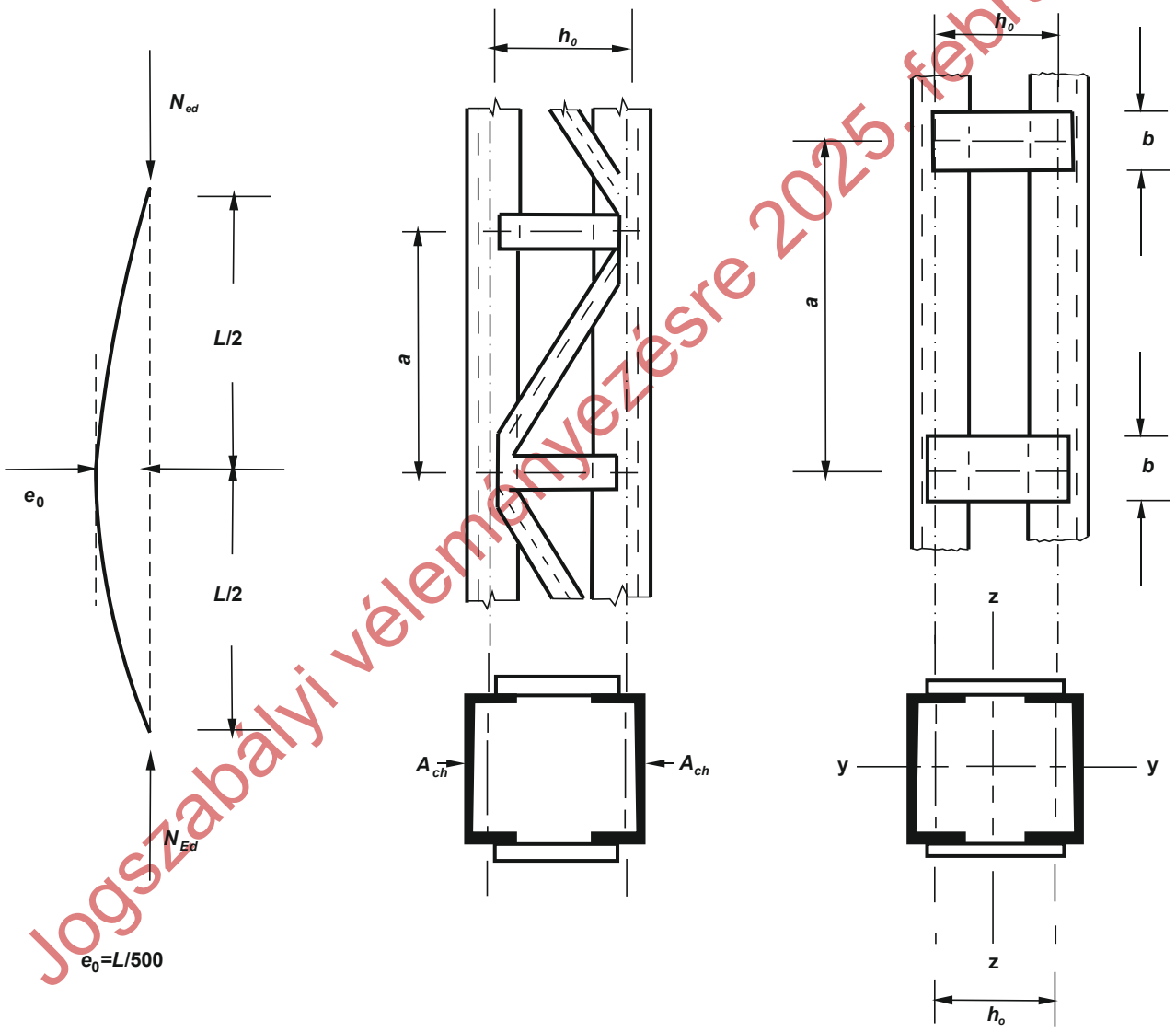
S_V – a rácsozás, vagy hevederezés nyírási merevsége (ld. 6.4.2. és 6.4.3. pontok).

Osztott szelvények rácsozását, vagy a hevederek keretnyomatékait és nyíróerőit a végmezőben kell ellenőrizni a következő igénybevételre:

$$V_{Ed} = \pi \frac{M_{Ed}}{L}$$

V_{Ed} – az osztott szelvényű nyomott rúd hajlításából származó nyíróerő.

Az osztott szelvényű nyomott rudaknál a rácsozás és a hevederezés csomópontjainak távolsága: $a \leq 70\ i_{\min}$, ahol az $i_{\min}$ egy részszelvény minimális inerciasugara.



6.30. ábra – Osztott szelvényű nyomott rúd

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.4.2. Rácsozott nyomott rúdelemek

Rácsozott kivitelű osztott szelvényű rudak elemeit (részszelvényeket és rácsrudakat) kihajlásra kell tervezni, a másodlagos nyomatékok elhanyagolhatók a számítás során:

$$\frac{N_{ch,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1{,}0$$

A részszelvények kihajlási ellenállása számítása során a kihajlási hosszat a *6.31. ábra* alapján kell meghatározni. A hatékony inercia:

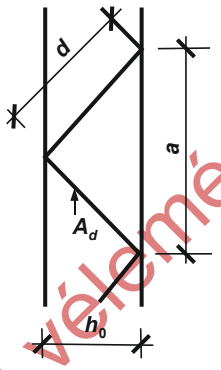
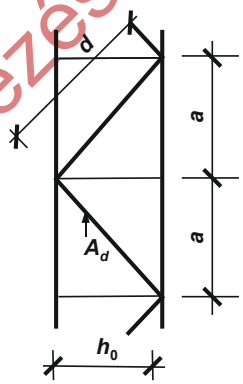
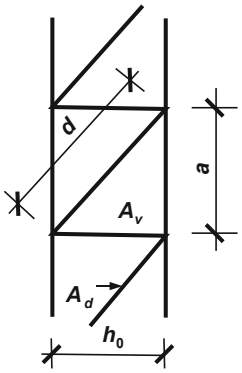
$$I_{eff} = 0{,}5 h_0^2 A_{ch}$$

A 6.31. ábra szerinti kialakítás csak meglévő hidaknál fordulhat elő.

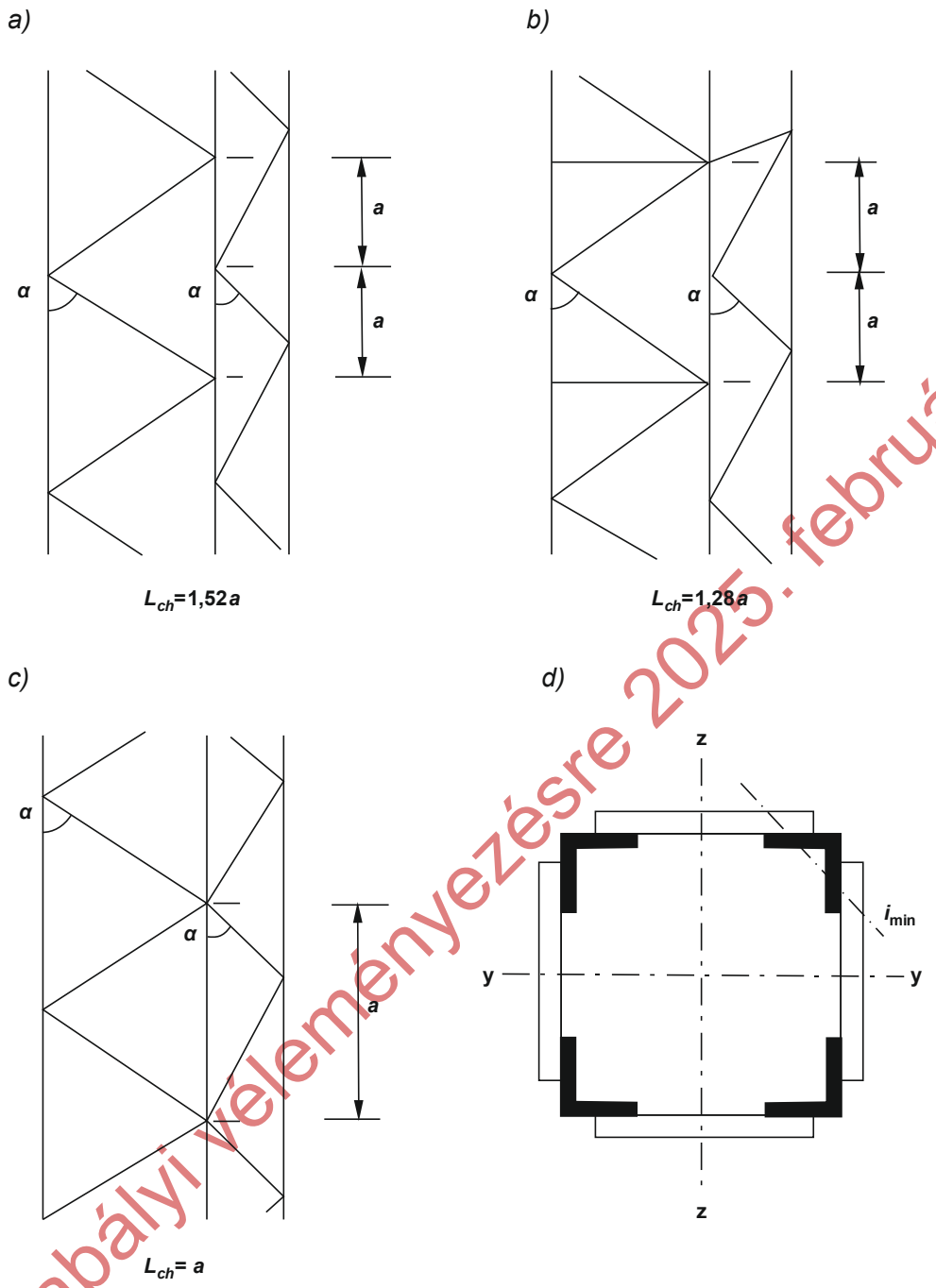
A nyírási merevség a *6.26. táblázatból* számítható.

Két, egymással párhuzamos síkon elhelyezett egyszeres rácsozás kialakítása lehetőleg olyan legyen, hogy a rácsrudak takarásban legyenek *[6.32. a) ábra]*. Amennyiben ez nem teljesül *[6.32. b) ábra]*, szükséges a csavarás figyelembevétele a számítás során. A rácsozás végein, valamint a rácsrudak megszakításainál és egyéb kapcsolatoknál összekötő elemeket kell alkalmazni.

6.26. táblázat – Rácsos kivitelű osztott szelvényű rudak nyírási merevsége;
n – a rácsozás síkjainak száma, A_d és A_v – a rácsrudak keresztmetszeti területei

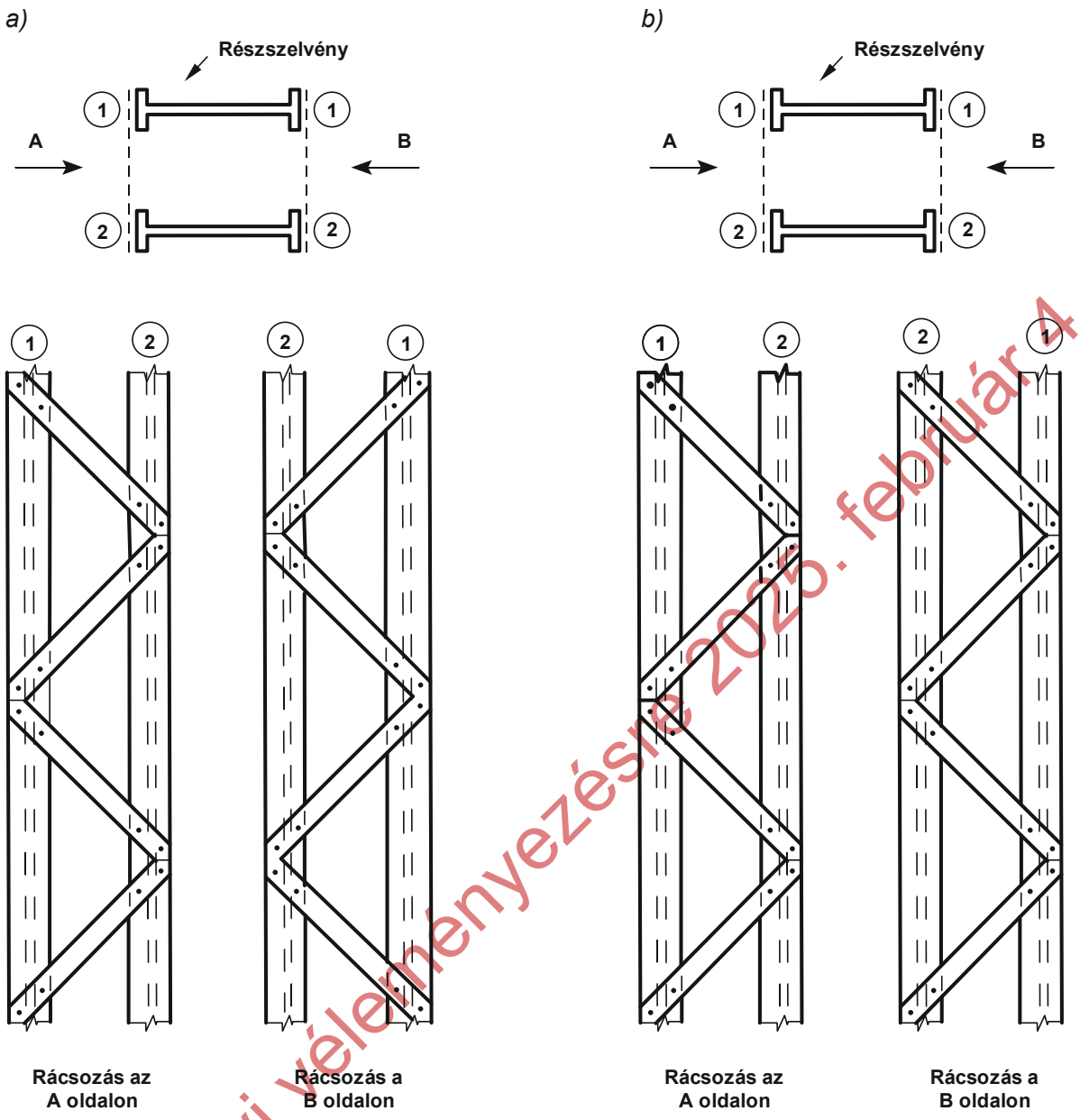
Rendszer			
S_V	$\frac{nEA_d a h_0^2}{2d^3}$	$\frac{nEA_d a h_0^2}{d^3}$	$\frac{nEA_d a h_0^2}{d^3\left[1+\frac{A_d a h_0^2}{A_v d^3}\right]}$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



6.31. ábra – Négy síkon elhelyezett rácsozás, valamint a részszelvények kihajlási hossza (L_{ch})

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



6.32. ábra – Egyszeres rácsozás kialakítási módjai;
a) Azonos állású rácsozás (Javasolt), b) Ellentétes állású rácsozás (Nem javasolt)

6.4.3. Hevederezett nyomott rúdelemek

Hevederezett kialakítású osztott szelvény esetén az elem részeit a *6.33. ábra* alapján meghatározott igénybevételekre kell ellenőrizni. Megengedett egyszerűsítést alkalmazva az $N_{ch,Ed}$ és N_{Ed} értékeket lehet egyidejűnek tekinteni. A nyírási merevség meghatározása:

$$S_V = \frac{24EI_{ch}}{a^2\left(1+\frac{2I_{ch}}{nl_b}\frac{h_0}{a}\right)} \leq \frac{2\pi^2 EI_{ch}}{a^2}$$

Jogszabályi véleményezésre 2026. február 4.

ahol:

I_{ch} – egy részszelvény inerciája a hevederezés síkjában,

l_b – a hevederlemez inerciája a hevederezés síkjában,

n – a hevederezett síkok száma.

A hatékony inercia számítása során figyelembe kell venni, hogy a hevederlemezek számottevő hajlítási merevsége miatt nem csak nyírást, hanem nyomatékot is át tudnak vinni a kapcsolt elemek között. Ennek megfelelően az osztott szelvény hatékony inerciája a következő:

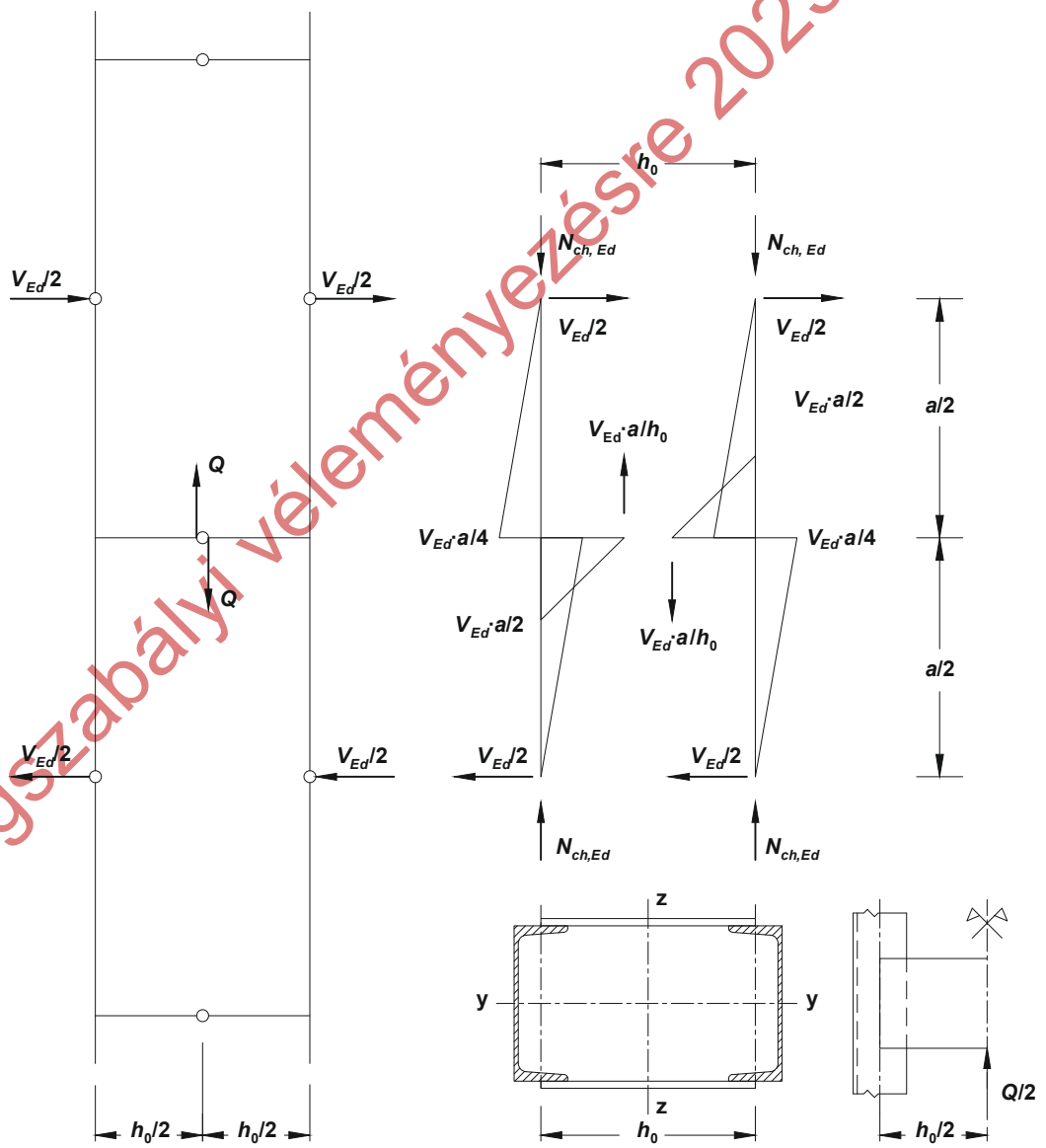
$$I_{\text{eff}} = 0{,}5 h_0^2 A_{ch} + 2\mu I_{ch}$$

ahol:

μ – a hatékonysági tényező *(6.27. táblázat)*.

A Vierendeel-tartó közelítő megoldásához a rúdközepeken nyomatéki nullpont tételezhető fel *(6.33. ábra)*.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



6.33. ábra – Hevederezett osztott szelvényű rúd igénybevételei

A Vierendeel-tartórész egyensúlyi állapotából $Q = V_{Ed}\frac{a}{h_0}$ és a két hevederre együttesen vonatkozik. Hevederenként csak fele ekkora az igénybevétel.

6.27. táblázat – Hatékonysági tényező

Feltétel	Hatékonysági tényező, μ
$\lambda \geq 150$	0
$75 < \lambda < 150$	$\mu = 2 - \frac{\lambda}{75}$
$\lambda \leq 150$	$1{,}0$

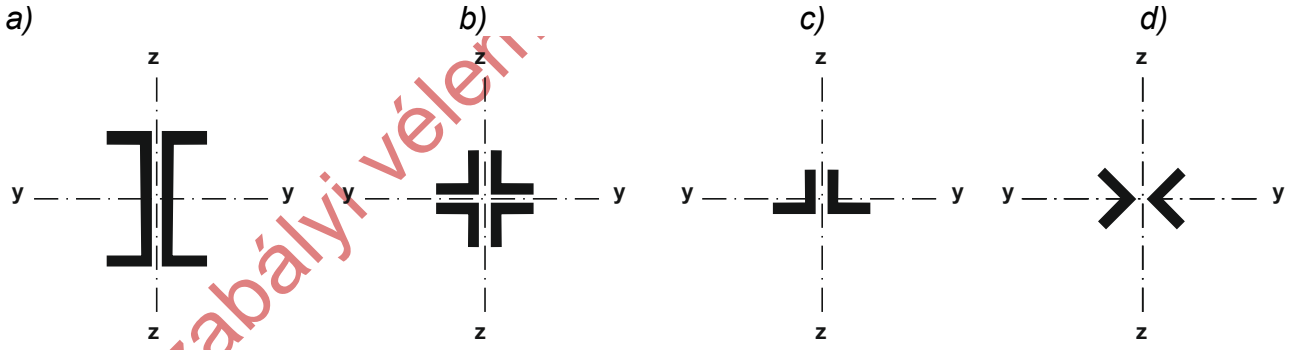
Megjegyzés: $\lambda = \frac{L}{i_0}$; $i_0 = \sqrt{\frac{I_1}{2A_{ch}}}$; $I_1 = 0{,}5h_0^2A_{ch} + 2I_{ch}$

A hevedereket a várható nagyobb nyíró igénybevétel környezetében alkalmazni kell. Ilyen az elem vége, vagy közbenső teherátadási pontok, oldalirányú támaszok. Ha két párhuzamos síkban helyezkednek el a hevederek, akkor úgy legyenek elhelyezve, hogy takarják egymást.

6.4.4. Szorosan kapcsolt nyomott rúdelemek

Tömör szelvényként lehet meghatározni az osztott szelvényű nyomott rudak ellenállását, a nyírási merevséget elhanyagolva $(S_v = \infty)$, ha szorosan kapcsoltak. Ez az alábbi esetekben a 6.28. táblázat szerinti kritériumok teljesítése esetén áll fenn:

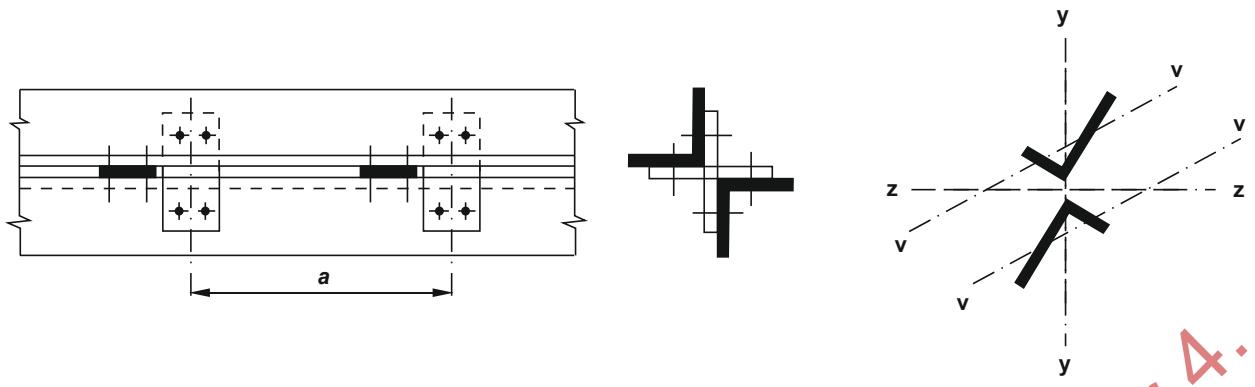
- a részszelvények közvetlenül egymás mellett, vagy nagyon közel helyezkednek el, és a kapcsolatukat hevederlemezek (béléslemezek) biztosítják *(6.34. ábra),*
- a szögacélok csillag alakban helyezkednek el, egymásra merőleges hevederpárokkal összekapcsolva *(6.35. ábra).*



6.34. ábra – Szorosan kapcsolt osztott szelvények

Korróziióvédelmi követelményeknek a *6.34. ábra* szerinti első három szelvény nem felel meg, új hidaknál nem alkalmazható.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



6.35. ábra – Hevederpárokkal kapcsolt szögacélok

6.28. táblázat – Hevederlemezek megengedett távolsága szorosan kapcsolt osztott szelvényeknél

Az osztott szelvényű rúdelem típusa	A hevederlemezek maximális távolsága*
Szimpla hevederrel (béléslemezzel) kapcsolt rúdelemek	$15i_{\min}$
Hevederpárokkal kapcsolt rúdelemek	$70i_{\min}$

*Megjegyzés: * A hevederlemezek középpontjainak távolsága; $i_{\min}$ – egy részszelvény minimális inerciasugara*

A hevederlemezek által felveendő erőket a 6.4.3. pontban bemutatott modell segítségével lehet meghatározni. Egyenlőtlen szárú szögacélok (a *6.36. ábrán* a jobboldali szelvény) esetén a részszelvények erős tengely körüli inerciasugara becsülhető:

$$i_y = \frac{i_0}{1{,}15}$$

ahol i_0 az osztott szelvényű rúdelem minimális inerciasugara.

6.5. Lemezhorpadási jelenségek vizsgálata

6.5.1. Nyírási horpadással szembeni ellenállás

6.5.1.1. Alapelvek

Jelen pont olyan lemezelemek nyírási horpadással szembeni ellenállásával foglalkozik, melyekre a 6.2.3.3. pontban ismertetett geometriai feltételek teljesülnek, kivéve a lemezelem görbeségére vonatkozó kitételt. A merevítőbordákkal együttdolgozó lemezszélesség, és így a bordák hatékony keresztmetszete szintén a 6.2.3.3. pont alapján határozható meg.

Nem szükséges nyírási horpadással foglalkozni merevítetlen lemezelemek esetén, ha

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 72\frac{\varepsilon}{\eta}$$

A támaszok felett keresztbordával merevített lemezelem esetén a karcsúsági határ:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 31\varepsilon\sqrt{\frac{k_\tau}{\eta}}$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

ahol:

η – értéke S460 vagy alacsonyabb acélosztály esetén 1,20, e felett 1,0,

k_τ – a nyírási horpadási tényező (ld. 6.5.1.3. pont),

h_w – az övlemezek belső éle közötti távolság,

t_w – a gerinclemez vastagsága.

Azon lemezmezők, amelyek nem teljesítik a fenti követelményeket, nyírási horpadásra méretezendők, a következő pontok szerint:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1{,}0$$

6.5.1.2. Az ellenállás tervezési értéke

A nyírási horpadási ellenállás figyelembe veszi a posztkritikus tartalékot, hasonlóan a normálfeszültség hatására bekövetkező lemezhorpadáshoz. A nyírt gerinclemez, az annak megtámasztásaként szolgáló övek, valamint a keresztbordák együttese által alkotott folyási mechanizmus vizsgálata alapján, a gerinc és az övlemez teherbírásának összegeként adódik a horpadási ellenállás. Négy oldalán megtámasztott lemezmező esetén az ellenállás:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t_w}{\sqrt{3}\gamma_{M1}}$$

ahol:

$V_{bw,Rd}$ – a gerinc hozzájárulása az ellenálláshoz,

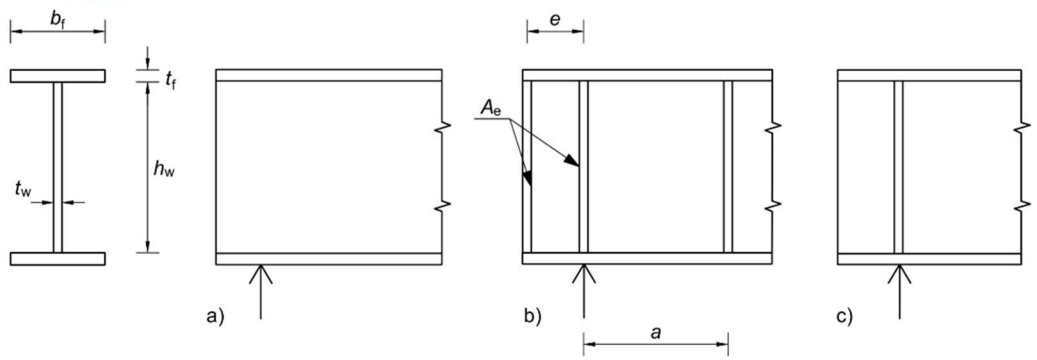
$V_{bf,Rd}$ – az övek hozzájárulása az ellenálláshoz,

f_{yw} – a gerinclemez anyagának folyáshatára.

Háromféle esetet kell megkülönböztetni:

- véglehorgonyzás nélküli gerenda *[6.36.a) ábra],*
- merev véglehorgonyzású gerenda *[6.36.b) ábra],*
- nem merev véglehorgonyzású gerenda *[6.36.c) ábra].*

Csak azok a bordák vehetők figyelembe, amelyek (varrataikkal együtt) teljesítik a 6.5.1.6. pontban található követelményeket.



6.36. ábra – Gerendavég kialakítása (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 5.1. ábrájával)
1 Merev keresztborda, 2 Hosszborda, 3 Nem merev keresztborda

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.5.1.3. A gerinclemez hozzájárulása

Abban az esetben, ha csak a támaszoknál van elhelyezve keresztborda, vagy van közbenső hossz- vagy keresztirányú merevítőborda *[6.36. ábra b)* vagy *c)* kialakítása], a gerinclemez hozzájárulása a következő képlettel számítható:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t_w}{\sqrt{3}\gamma_{M1}}$$

A nyírási horpadás miatti csökkentő tényező merev végmerevítés vagy közbenső támasznál elhelyezkedő lemezelem esetén [6.36.b) ábra]:

$$\chi_w \begin{cases} \eta, & \text{ha} \quad \bar{\lambda}_w < \dfrac{0{,}83}{\eta} \\ \dfrac{0{,}83}{\bar{\lambda}_w} & \text{ha} \quad \dfrac{0{,}83}{\eta} \le \bar{\lambda}_w < 1{,}08 \\ \dfrac{1{,}37}{0{,}7 + \bar{\lambda}_w} & \text{ha} \quad 1{,}08 \le \bar{\lambda}_w \end{cases}$$

Nem merev végkialakítás esetén a csökkentő tényező:

$$\chi_w \begin{cases} \eta, & \text{ha} \quad \bar{\lambda}_w < \dfrac{0{,}83}{\eta} \\ \dfrac{0{,}83}{\bar{\lambda}_w} & \text{ha} \quad \dfrac{0{,}83}{\eta} \le \bar{\lambda}_w \end{cases}$$

A viszonyított karcsúság értéke:

$$\bar{\lambda}_w = \sqrt{\frac{\frac{f_{yw}}{\sqrt{3}}}{\tau_{cr}}} = \frac{h_w}{37{,}4 t_w \varepsilon \sqrt{k_\tau}}$$

A nyírási horpadásra vonatkozó τ_{cr} számítása:

$$\tau_{cr} = k_\tau \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-\upsilon^2) b^2}$$

ahol:

k_τ – a vizsgált lemezelem nyírási horpadásához tartozó horpadási tényező,

t – a lemez vastagsága,

b – a lemez szélessége.

A horpadási tényező értéke, ha a keresztbordák merevek, valamint legalább három hosszborda van, vagy egyáltalán nincs hosszborda, a következő összefüggéssel adható meg két merev keresztborda által határolt lemezmezőre:

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$$k_\tau \begin{cases} 4 + \dfrac{5{,}34}{\left(\dfrac{a}{h_w}\right)^2} k_{\tau SI} & \text{ha} \quad \dfrac{a}{h_w} < 1{,}0 \\ 5{,}34 + \dfrac{4}{\left(\dfrac{a}{h_w}\right)^2} k_{\tau SI} & \text{egyébként,} \end{cases}$$

ahol:

$$k_{\tau SI} = 9\left(\frac{h_w}{a}\right)^2 \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sI}}{t^3 h_w}\right)^3}$$

a – a lemezmező hossza a keresztbordák között,

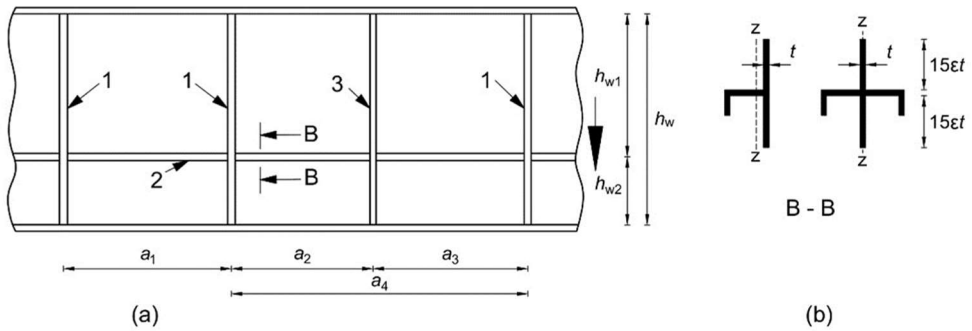
I_{sl} – a hosszbordák z tengelyre vett inerciájának összege (ha nem egyenletes a kiosztás, akkor is) a *6.37. ábra* szerint, figyelembe véve a gerinc együttdolgozó szélességét, ami $15\varepsilon t$, de a bordák távolságának felénél nem több (ld. 6.2.3.3. pont).

A fenti összefüggés érvényes egy vagy két hosszborda esetén is abban az esetben, ha a lemezelem oldalaránya legalább 3,0. Ha ez a feltétel nem teljesül, a nyírási horpadási tényező a következő összefüggéssel számítandó:

$$k_\tau = 4{,}1 + \frac{6{,}3 + 0{,}18\dfrac{I_{sI}}{t^3 h_w}}{\alpha^2} + 2{,}2\sqrt[3]{\frac{I_{sI}}{t^3 h_w}}$$

Ha a merev keresztbordák mellett nem merev keresztbordák is vannak a lemezmezőben, akkor a k_τ értéke a merev bordák közötti teljes lemezmező (a_4), valamint az egyes merev vagy nem merev bordák közötti kis almezők (a_2) és (a_3) alapján számítható értékek közül a legkisebb legyen *(6.37. ábra)*.

Amennyiben a végkialakítás nem merev bordákkal történik, a képletek nem alkalmazhatóak, a horpadási tényező pl. numerikus módszerekkel határozható meg. Amennyiben a fentiektől eltérő számítási képletek kerülnek alkalmazásra, azokban a k_τ számításakor a hosszborda inerciáját a tényleges érték harmadával szabad figyelembe venni (a fenti képletek ezt már tartalmazzák).



6.37. ábra – Gerinclemez kereszt- és hosszbordákkal (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 5.3. ábrájával); 1 – Merev keresztborda, 2 – Hosszborda, 3 – Nem merev keresztborda

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Leegyszerűsíthető a viszonyított karcsúság számítása abban az esetben, ha keresztirányú merevítő bordák csak a támaszok felett helyezkednek el ($a = \infty$):

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{86{,}4 t_w \varepsilon}$$

Hosszbordák alkalmazása esetén a fenti eljárással meghatározott, a teljes, hosszbordával merevített lemezelemre vonatkozó viszonyított karcsúság ne legyen kisebb, mint

$$\bar{\lambda}_{w,sl,\min} = \max \frac{h_{wi}}{37{,}4 t_w \varepsilon \sqrt{k_{\tau i}}}$$

ahol:

$k_{\tau i}$ – az egyes almezők nyírási horpadáshoz tartozó horpadási tényezője, $k_{\tau i} = 0$ feltételezéssel számolva,

h_{wi} – az egyes almezők lemezszélessége.

6.5.1.4. Az övlemezek hozzájárulása

Ha az övek hatékony területéből képzett keresztmetszet 6.2. pont szerinti nyomatéki ellenállása $(M_{f,Rd})$ nincs kihasználva, akkor az alábbiak szerint lehet figyelembe venni az öveket a nyírási horpadási ellenállásban:

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c_{\gamma M}} \left[1 - \left(\frac{M_{Ed}}{\xi M_{f,Rd}} \right)^2 \right]$$

ahol:

$$c = a \left(0{,}25 + \frac{1{,}6 b_f t_f^2 f_{yf}}{t h_w^2 f_{yw}} \right)$$

$$\xi = 1 - \frac{N_{Ed}}{\frac{(A_{f1} + A_{f2}) f_{yf}}{\gamma_{M0}}}$$

b_f, t_f, f_{yf} – a kisebb tengelyirányú ellenállással rendelkező övlemez szélessége, vastagsága és folyáshatára (b_f) nem lehet nagyobb, mint $15\varepsilon t$, a gerinc két külső oldalán külön-külön mérve),

h_w, b_f – a gerinc szélessége, vastagsága és folyáshatára,

A_{f1}, A_{f2} – rendre a felső és az alsó övlemez területe,

N_{Ed} – a keresztmetszetre ható normálerő értéke.

6.5.1.5. Ellenőrzés

Biztosítani kell, hogy

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1{,}0,$$

ahol V_{Ed} a csavarás hatását is magában foglaló nyíró igénybevétel tervezési értéke.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.5.1.6. Bordák kialakításának követelményei nyírás esetén

6.5.1.6.1. Merev véglehorgonyzás

Kialakítása két kétoldali bordával történjen. Ez a kialakítás egy olyan rövid tartó, melyben a bordák a keresztmetszet övlemezeit alkotják, a gerenda gerince pedig a gerincet. Ez a tartó legyen képes felvenni a gerenda gerince síkjában ébredő normálfeszültségeket. Emellett a véglehorgonyzás legyen képes felvenni a támaszreakcióból származó keresztirányú erőket is (6.5.2.7. pont). A laposacél merevítők keresztmetszeti területe legyen legalább $\frac{4h_w t^2}{e}$, ahol e a merevítőbordák távolsága, t pedig a gerincvastagság. A bordák ne legyenek közelebb egymáshoz, mint $0{,}1h_w$.

Ha nem laposacél a bordakeresztmetszet, akkor a gerinclemezre merőleges vízszintes tengely körüli hajlításhoz tartozó keresztmetszeti modulus legyen legalább $4h_w t$.

Alternatív megoldásként a gerendavég kialakítható egy kétoldali merevítőborda és egy, a támasz melletti függőleges merevítőborda alkalmazásával úgy, hogy a kialakított almező nem merev véglehorgonyzás figyelembevételével elviselje a maximális nyírást.

6.5.1.6.2. Nem merev merevítőborda

Amennyiben egyetlen kétoldali bordát alkalmaznak, az a reakcióerőt felvevő merevítőbordaként működhet (ld. 6.5.2.7. pont).

6.5.1.6.3. Közbenső keresztbordák

Az alábbi kritérium alapján kell eldönteni, hogy egy közbenső merevítőborda merevnek tekinthető-e:

- $I_{sI}\ \frac{1{,}5h_w^3 t^3}{a^2}$ ha $\frac{a}{h_w} < \sqrt{2}$
- $I_{sI} \geq 0{,}75h_w t^3$ egyébként,

ahol: I_{sI} az együttdolgozó keresztmetszet inerciája (ld. 6.2.3.3. pont).

Merev közbenső merevítőbordákat szilárdsági szempontból a következő nyomó igénybevételre kell méretezni „c” görbe alkalmazásával (ld. még 6.2.3.7. pont):

$$V_{Ed} = \frac{1}{\lambda_w^2}\frac{f_{yw}h_w t}{\sqrt{3}\gamma_{M1}}$$

Ha a V_{Ed} nyíróerő változik, akkor a jobban terhelt lemezvégtől $0{,}5h_{sw}$ távolságra kell az ellenőrzést elvégezni. Ha egyoldali a borda, akkor figyelembe kell venni a külpontosság hatását is.

6.5.1.6.4. Hosszbordák

Amennyiben a hosszbordák figyelembe vannak véve a feszültségszámításkor, akkor szükséges az ellenőrzésük hosszirányú normálfeszültségre a keresztmetszet ellenállásának ellenőrzése során.

6.5.1.6.5. Varratok

A varratokat a keresztmetszetben fellépő erők hossz- és keresztirányú közvetítésére kell tervezni rugalmas számítási elvet és másodrendű hatásokat figyelembe véve.

Amennyiben a gerinc nyírási horpadási ellenállását nem haladja meg a nyíró igénybevétel, a gerincöv csatlakozás varratát $\frac{V_{Ed}}{h_w}$ nyírófolyamra kell tervezni. Ha az igénybevétel meghaladja a horpadási ellenállást, a figyelembe veendő nyírófolyam

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

$$\eta \frac{f_{yw} t}{\sqrt{3\gamma_{M1}}}$$

6.5.1.7. Kiegészítő szabályok trapéz- és szinuszhullám alakú gerinclemezek esetén

Amennyiben a méretezendő tartószerkezet gerince trapéz- vagy szinuszhullám alakú (és trapézalak esetén a ferde lemezmező tartótengellyel bezárt szöge legalább 30°), a nyírási horpadással szembeni ellenállás:

$$V_{bw,Rd} = \chi_c \frac{f_{yw}}{\gamma_{M1}\sqrt{3}} h_w t_w$$

ahol:

χ_c – a lokális vagy globális horpadás csökkentő tényezője közül a kisebb.

A lokális (egy lemezmezőre vonatkozó) nyírási horpadás számításához az alábbi képletek alkalmazhatók:

$$\chi_{c,\ell} = \frac{1{,}15}{0{,}9 + \bar{\lambda}_{c,\ell}}$$

ahol:

$$\bar{\lambda}_{c,\ell} = \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr,\ell}\sqrt{3}}}$$

$$\tau_{c,\ell} = 4{,}83E\left(\frac{t_w}{a_{max}}\right)^2$$

$a_{\max}$ – a trapézgerinc lemezmezői közül a hosszabbik.

Szinuszhullám esetén a kritikus feszültség értékére javasolt:

$$\tau_{cr,\ell} = \left(5{,}34 + \frac{a_3 s}{h_w t_w}\right)\frac{\pi^2 E}{12(1-\upsilon^2)}\left(\frac{t_w}{s}\right)^2$$

ahol:

w – egy félhullám hullámhossza,

s – egy félhullám kiterített ívhossza.

A globális (több lemezmezőre vonatkozó) nyírási horpadás számításához az alábbi képletek alkalmazhatók:

$$\chi_{c,g} = \frac{1{,}5}{0{,}5 + \bar{\lambda}^2_{c,g}} \leq 1{,}0$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

ahol:

$$\bar{\lambda}_{c,g} = \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr,g}\sqrt{3}}}$$

$$\tau_{cr,g} = \frac{32{,}4}{t_w h_w^2}\sqrt[4]{D_x D_z^3}$$

$$D_x = \frac{E t_w^3}{12(1-v^2)}\frac{w}{s}$$

$$D_z = \frac{E I_z}{w}$$

I_z – egy w hullámhosszúságú hullám inerciája a keresztmetszet gyenge tengelyére.

A fenti összefüggés a kritikus feszültség értékére csuklósan kapcsolódó lemezéleket feltételez.

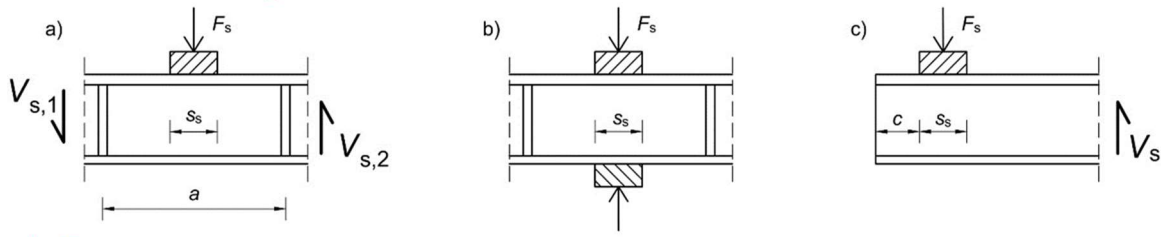
6.5.2. Keresztirányú erőkkel szembeni ellenállás

6.5.2.1. Alapelvek

Amennyiben keresztirányú nyomóerő hat a keresztmetszetre, a gerinc a terhelőerő hatására beroppanhat. Többtámaszú hidak esetén ez a jelenség különösen fontos, hiszen a közbenső támaszoknál mind a hajlítónyomatékból származik nyomófeszültség, mind a támaszreakcióból, vagyis ez a terület kétirányú nyomásnak van kitéve.

Jelen fejezet olyan keresztmetszetek beroppanási ellenállásával foglalkozik, melyek hengerelt vagy hegesztett kialakításúak, öveik oldalirányban kellő merevséggel rendelkeznek, hogy elmozdulásuk kizárható legyen, valamint a keresztirányú nyomóerő az alábbi elrendezések egyikének megfelel *(6.38. ábra)*:

- az erő egy övön hat, a gerenda pedig nyírással ellensúlyozza azt [a) ábrarész],
- az erő két övön hat úgy, hogy a gerinc közvetlenül továbbítja [b) ábrarész],
- az erő egy övön hat, merevítetlen gerendavég közelében [c) ábrarész].



6.38. ábra – Horpadási tényező különféle teherbevezetések esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 6.1. ábrájával)

Ferde gerinclemezes szekrénytartók esetén az öv és a gerinc ellenállását is ellenőrizni kell a lemezelemek síkjába eső teherkomponensekből számított igénybevételekre. Amennyiben több koncentrált teher is elhelyezkedik egymás mellett, úgy az ellenállást ellenőrizni kell az egyes terhekre külön-külön, valamint a teljes teherre is, ez utóbbi esetben a megoszlási hossznak a szélső erők támadáspontja közötti távolságot felvéve (ld. 6.5.2.3. pont).

A vizsgálható lemezelemek körét a 6.2.3.3. pont részletezi.

jogi véleményezésre 2025. február 4.

6.5.2.2. Az ellenállás tervezési értéke

A beroppanáshoz tartozó ellenállást a következő egyenlet segítségével lehet meghatározni:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{\text{eff}} t_w}{\gamma_{M1}}$$

ahol:

f_{yw} – a gerinclemez anyagának folyáshatára,

$L_{\text{eff}} = x_F l_y$ – a hatékony megoszlási hossz,

ahol:

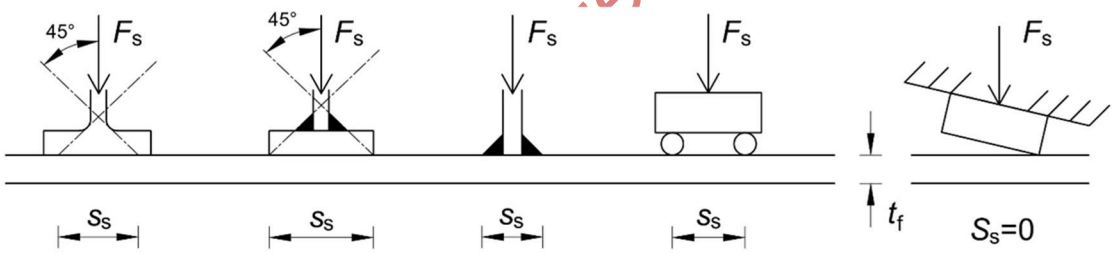
x_F – a hatékony megoszlási hosszhoz tartozó csökkentő tényező,

l_y – az erő tényleges eloszlási hossza, az erő elrendezése és az öv és gerinc merevségi viszonya alapján számítható terhelt hossz,

t_w – a gerinclemez vastagsága.

6.5.2.3. A keresztirányú nyomóerő megoszlási hossza

Az s_s megoszlási hosszat 45 fokos szétterülés feltételezésével kell meghatározni az övlemez teher oldali felületén *(6.39. ábra)*.



6.39. ábra – A keresztirányú nyomóerő megoszlási hossza (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 6.2. ábrájával)

6.5.2.4. Az ellenállásban figyelembe vehető hatékony hossz χ_F csökkentő tényezője

A hatékony hossz csökkentő tényezője az alábbi képlettel számítható:

$$\chi_F = \frac{0{,}5}{\bar{\lambda}_F} \leq 1{,}0$$

ahol:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{I_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}}$$

$$F_{cr} = 0{,}9 k_F E \frac{t_w^3}{h_w}$$

Jogszabályi vé… …ésre 2025. február 4.

A beroppanáshoz tartozó horpadási tényező különböző hosszbordát nem tartalmazó kialakításoknál:

- $k_F = 6 + 2\left(\frac{h_w}{a}\right)^2$ 6.38. ábra a) rész
- $k_F = 3{,}5 + 2\left(\frac{h_w}{a}\right)^2$ 6.38. ábra b) rész
- $k_F = 2 + 6\left(\frac{s_s+c}{h_w}\right)^2 \leq 6$ 6.38. ábra c) rész

ahol:

s_s – a teher megoszlási hossza a 6.39. ábra alapján,

c – a teher elemvégtől számított távolsága.

Amennyiben a terhelés megfelel a 6.38. ábra a) részének, de hosszbordák is vannak a vizsgált lemezelemen, valamint fennáll, hogy $0{,}05 \leq \frac{b_1}{a} \leq 0{,}3$ és $\frac{b_1}{h_w} \leq 0{,}3$, akkor a beroppanás horpadási tényezője az alábbi összefüggéssel számítható:

$$k_F = 6 + 2\left(\frac{h_w}{a}\right)^2 + \left(5{,}44\frac{b_1}{a} - 0{,}21\right)\sqrt{\gamma_S}$$

ahol:

b_1 – a hosszborda és az övlemez közötti szabad távolság,

$$\gamma_S = 10{,}9\frac{I_{sl,1}}{h_w t_w^3} \leq 13\left(\frac{a}{h_w}\right)^3 + 210\left(0{,}3 - \frac{b_1}{6}\right)$$

χ_{sl} – az övhöz legközelebbi merevítőborda és a vele együttdolgozó gerincszakasz által alkotott keresztmetszet inerciája (definíciót lásd a 6.2.3.3. pontban).

6.5.2.5. Hatékony terhelt hossz

Az l_y hatékony terhelt hossz az s_s keresztirányú nyomóerő megoszlási hossz és az alábbi dimenzió nélküli segédmennyiségek alapján számítható:

- $m_1 = \frac{f_{yf} b_f}{f_{yw} t_w}$
- $m_2 = 0{,}02\left(\frac{h_w}{t_f}\right)^2$, ha $\bar{\lambda}_F > 0$
- $m_2 = 0$, egyébként

Zárt keresztmetszetek esetén b_f értéke ne haladja meg a $15\varepsilon t_f$ értéket.

A 6.38. ábra a) és b) részén látható elrendezés esetén a hatékony terhelt hossz:

$$l_y = s_s + 2t_f\left(1 + \sqrt{m_1 + m_2}\right)$$

de legyen kisebb, mint a merevítések közti távolság.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

A 6.38. ábra c) részén látható elrendezés esetén a hatékony terhelt hossz:

$$I_y = \min \begin{cases} I_e + t_f \sqrt{\frac{m_1}{2} + \left(\frac{I_e}{t_f}\right)^2 + m_2} \\ I_e + t_f \sqrt{m_1 + m_2} \end{cases}$$

ahol:

$$I_e = \frac{k_F E t_w^2}{2 f_{yw} h_w} \leq s_s + c$$

6.5.2.6. Ellenőrzés

Merevítetlen vagy a 6.38. ábra szerint merevített gerinclemez horpadás szempontjából megfelel, ha horpadási ellenállása keresztirányú nyomóerőre nagyobb, mint az adott helyen fellépő keresztirányú nyomóerő tervezési értéke:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1{,}0$$

6.5.2.7. Bordák kialakításának követelményei keresztirányú terhek esetén

Ha egy borda keresztirányú nyomóerőnek és nyíróerőnek van kitéve, ellenőrizni kell a 6.3.4. vagy 6.3.5. pontok szerint „c” kihajlási görbe alkalmazásával, egyoldali bordák esetén a külpontosság figyelembevételével. Ha mindkét bordavég oldalirányban megtámasztott, a kihajlási hossz legalább $0{,}75 h_w$ legyen. Ha a bordán az erőbevezetés környezetében kivágások vannak, akkor a keresztmetszeti ellenállását is ellenőrizni kell. Azok a bordák, amelyekről az van feltételezve, hogy oldalirányban megtámasztják az övet, feleljenek meg a kifordulásra alkalmazott merevségi és szilárdsági követelményeknek.

6.5.3. Kölcsönhatás

6.5.3.1. A nyíróerő, a hajlítónyomaték és a normálerő közötti kölcsönhatás

A 6.2.11. és 6.2.13. pontokban bemutatott interakciós ellenőrzés a nyírási horpadás nélküli szelvényekre alkalmazható. Amennyiben a nyírási horpadást figyelembe kell venni, az interakciós vizsgálatra akkor van szükség I-szelvényű és szekrényes tartók esetén, ha

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} > 0{,}5$$

Amennyiben az ellenőrzés szükségessé válik, az alábbi egyenlettel kell elvégezni azt:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right)\left(2\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1\right)^2 \leq 1{,}0 \; ha \; M_{Ed} \geq M_{f,Rd}$$

ahol:

$M_{pl,Rd}$ – a teljes gerincből és az övek hatékony területéből álló keresztmetszet nyomatéki ellenállása keresztmetszeti osztálytól függetlenül,

$M_{f,Rd}$ – az övek hatékony keresztmetszete által képviselt nyomatéki ellenállás, számítása a kisebbik öv $\frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$ ellenállása és az övek súlypontja távolságának szorzata alapján lehetséges.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Emellett a 6.2.3.6. és 6.5.1.5. pontokban adott követelményeket is teljesíteni kell. Az M_{Ed} és V_{Ed} értékei tartalmazzák a globális másodrendű hatásokat, amennyiben azok jelentősek. A fenti képlet szerinti vizsgálat végrehajtandó a lemezmezőnek keresztbordával merevített támaszától $0{,}5h_w$-nál nagyobb távolságban lévő bármelyik (mértékadó) keresztmetszetében.

Normálerő esetén az ellenállás tovább csökkentendő. Az $M_{pl,Rd}$ értékét a 6.2.12. pontnak megfelelően, $M_{f,Rd}$ értékét a 6.5.1.4. pontban foglaltak szerint kell csökkenteni.

Ha a nagy normálerő miatt a teljes gerinc nyomott, vagy ha egy szekrénytartó övlemezét vizsgáljuk, az övben ható nyírófeszültség értékét (τ_{Ed}) az átlagos nyírófeszültséggel kell helyettesíteni, ez azonban nem lehet a maximális nyírófeszültség felénél kisebb. $M_{f,Rd} = 0$ helyettesítéssel kell élni, valamint $\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}}$ értéke helyett a 6.2.3.6. pontban megadott kihasználtságot kell használni. Az almezőket ellenőrizni kell az almezőn belüli átlagos nyírófeszültségre is; az almező nyírási horpadásához tartozó χ_w tényezőt az 6.5.1.3. pont szerint kell számítani, a hosszbordákat merevnek feltételezve.

6.5.3.2. A keresztirányú erő, a hajlítónyomaték és a normálerő közötti kölcsönhatás

Ha a keresztirányú nyomóerő a gerenda nyomott övén adódik át, akkor a normálerő, hajlítás és keresztirányú erő közötti kölcsönhatás az alábbi képlettel ellenőrizendő:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} + 0{,}8\eta_1 \leq 1{,}4$$

ahol η_1 a 6.2.12. pont szerint meghatározott nyomaték-normálerő interakciót kifejező kihasználtság.

Amennyiben a keresztirányú nyomóerő a gerenda húzott övén hat hajlítással és normálerővel egyidejűleg, akkor a 6.5.2.6. pont szerinti ellenőrzés mellett az összetett feszültségállapot vizsgálatát a 6.2.1. pontban leírt összefüggéssel kell elvégezni.

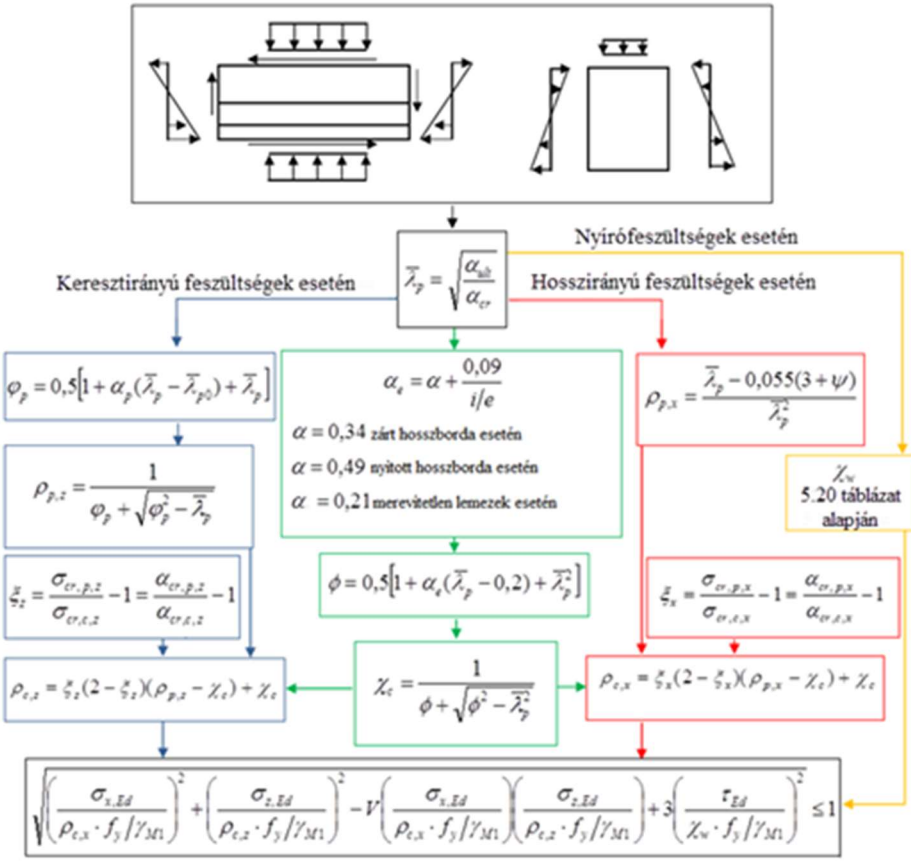
6.5.4. A redukált feszültségek módszere összetett feszültségek hatására bekövetkező lemezhorpadás vizsgálatára teherbírási határállapotban

6.5.4.1. Általános előírások

A 6.2.3. pontban bemutatott hatékony keresztmetszet módszerének alternatívája a jelen pontban bemutatandó redukált feszültségek módszere, mely merevített és merevítetlen lemezek horpadással szembeni ellenállásának meghatározására szolgál. A módszer általános feszültségállapot (kétirányú nyomás, egyirányú nyomás és húzás, nyírás stb.) és általános geometriai kialakítás esetén alkalmazható, leghatékonyabban egy lemezmező vagy a globális szerkezet kis részletének ellenőrzésére használható fel. A redukált feszültségek módszere nem veszi figyelembe azt a jelenséget, hogy a horpadás kialakulása után a feszültségek átrendeződnek az egyes lemezmezők között, így összetett keresztmetszetek esetén az eljárás a biztonság javára téved, konzervatív eredményre vezet. Az eljárás során a szerkezet leginkább kihasznált pontjának ellenőrzése fogja meghatározni a teljes szerkezet kihasználtságát, így ezt a módszert alkalmazva a szerkezet bizonyos részei túl lesznek tervezve.

A méretezési eljárás folyamatát a *6.40. ábra* mutatja. A redukált feszültségek módszere során minden vizsgált szerkezetre vagy szerkezeti részletre egyetlen viszonyított karcsúságot kell meghatározni (a 6.5.4.2. pont szerint), mely magában foglalja a megtámasztások, a feszültség-állapot és a geometria hatását is. Ennek a viszonyított karcsúságnak az ismeretében meghatározható minden egyes feszültségkomponenshez a hozzá tartozó csökkentő tényező, figyelembe véve az oszlopszerű viselkedést is (6.5.4.3. pont).

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



6.40. ábra – A redukált feszültségek módszerének folyamatábrája

A csökkentő tényezők ismeretében az ellenőrzés az alábbi egyenlettel végezhető el (nem teljes egészében nyomott lemezek esetén csak a nyomott részen):

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{xEd}}{\rho_{c,x}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{zEd}}{\rho_{c,z}}\right)^2 - V\left(\frac{\sigma_{xEd}}{\rho_{c,x}}\right)\left(\frac{\sigma_{zEd}}{\rho_{c,z}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w}\right)^2} \le \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

ahol:

$V = \rho_{c,x}, \rho_{c,z}, \chi_w$ ha σ_{xEd} *és* σ_{zEd} is negatív (nyomás), különben $V = 1$,

ahol:

$\rho_{c,x,,}\rho_{c,z,}\ \chi_w$ – a viszonyított karcsúság alapján meghatározott csökkentő tényezők,

$\sigma_{xEd}, \sigma_{zEd,}\ \tau_{Ed}$ – a hossz- és keresztirányú normálfeszültség, valamint a nyírófeszültség a vizsgált pontban.

Az egyenlet magában foglalja az M-V-N-F interakciót, így a 6.5.3. pont alkalmazása felesleges.

Az eljárás alkalmazása során körültekintő elemzés alapján, a biztonság javára tett közelítések alapján kell meghatározni a vizsgált lemezelem geometriáját, feszültségeit, valamint az alkalmazott csökkentő tényező típusát.

Jogszabályi véleményezés
...ár 4.

6.5.4.2. A viszonyított karcsúság meghatározása

A redukált feszültségek módszere esetén külön-külön viszonyított karcsúságot kell meghatározni minden egyes lemezmezőre és almezőre:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{\mathrm{ult},k}}{\alpha_{cr}}}$$

ahol:

$\alpha_{\mathrm{ult},k}$ – a teher tervezési értékének az a minimális szorzótényezője, amellyel a terhet megszorozva a mértékadó pontban elérjük a szerkezet szilárdsági teherbírását,

α_{cr} – a teher tervezési értékének az a minimális szorzótényezője, amellyel a terhet megszorozva elérjük a szerkezet stabilitási tönkremeneteléhez tartozó rugalmas kritikus terhét.

Az α_{cr} és $\alpha_{\mathrm{ult},k}$ meghatározásához kézenfekvő végeselemes modellt alkalmazni, mivel így a feszültségállapot, a geometria és a megtámasztások hatása könnyen kezelhetővé válik. Az α_{cr} és $\alpha_{\mathrm{ult},k}$ értéket minden vizsgált almezőhöz egyedileg kell meghatározni, hasonlóan az egyes feszültségkomponensek értékéhez.

Az $\alpha_{\mathrm{ult},k}$ meghatározásához az alábbi összefüggés használható:

$$\alpha_{\mathrm{ult},k} = \frac{f_y}{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed}\sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}}$$

A képletben a lemezhorpadás hatását figyelmen kívül kell hagyni. A nyomófeszültségek értékei mind x, mind z irányban pozitív előjellel veendők figyelembe.

Az α_{cr} meghatározása során a merevítőbordák inerciáját jelen eljárásban nem kell csökkenteni (ellentétben a 6.5.1.3. pontban foglaltakkal).

Merevítetlen lemezmezők esetén egyetlen vizsgálatot kell elvégezni, hiszen nincsenek almezők. Ebben az esetben az α_{cr} az első horpadási sajátalakhoz tartozó érték kell legyen.

Merevített lemezelemek esetén meghatározandó minden egyes almező horpadásához tartozó α_{cr}, amelyet vagy szeparált modellen, az almező hosszanti élét csuklósan feltámaszkodónak feltételezve számolunk, vagy a globális modell tisztán a kívánt almező horpadását mutató sajátalakjához tartozó sajátértéke alapján veszünk fel. Ezen kívül meg kell határozni a globális horpadáshoz tartozó teherszorzót is, mely a globális modell vonatkozó sajátértékeként vehető fel legegyszerűbben. Mindezen teherszorzókból egy-egy viszonyított karcsúsági értéket kell származtatni, és ezekre a csökkentő tényezőket meghatározni.

Amennyiben nem áll rendelkezésre végeselemes modell, szakirodalmi eljárásokat is lehet használni a kritikus teherszorzó meghatározására (pl. kézikönyvek horpadási táblázatai, diagramok, analitikus megoldások stb.). Ha a ténylegesen fellépő összetett feszültségállapotra nem áll rendelkezésre ilyen megoldás sem, akkor az alábbi egyenlet segítségével az egyes tiszta feszültségkomponensekre meghatározott α_{cr} értékek alapján lehet becsülni a tényleges teherszorzót:

$$\alpha_{cr} = \frac{1}{\frac{1+\psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1+\psi_z}{4\alpha_{cr,z}} + \sqrt{\left(\frac{1+\psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1+\psi_z}{4\alpha_{cr,z}}\right)^2 + \frac{1-\psi_x}{2\alpha_{cr,x}^2} + \frac{1-\psi_z}{2\alpha_{cr,z}^2} + \frac{1}{\alpha_{cr,\tau}^2}}}$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

ahol:

$$\alpha_{cr,x} = \frac{\sigma_{cr,x}}{\sigma_{x,Ed}}$$

$$\alpha_{cr,z} = \frac{\sigma_{cr,z}}{\sigma_{z,Ed}}$$

$$\alpha_{cr,t} = \frac{\tau_{cr}}{\tau_{Ed}}$$

$\sigma_{cr,x}, \sigma_{cr,z}, \tau_{cr}$ – a 6.2.3–6.5.2. pontok alapján határozható meg.

6.5.4.3. Csökkentő tényezők meghatározása

Az egyes vizsgált almezők vagy összetett lemezek esetén mindhárom feszültségkomponenshez meg kell határozni a megfelelő csökkentő tényezőt az egyetlen viszonyított karcsúság alapján, a 6.5.4.2. pont szerint.

A normálfeszültség csökkentő tényezői ($\rho_{c,x}$ és $\rho_{c,z}$) a lemezszerű és oszlopszerű viselkedés interpolációjával határozhatók meg a 6.5.2.3. pont szerint. $\rho_{c,x}$ meghatározása során a korábban bemutatott horpadási görbék helyett az általános stabilitási görbék is alkalmazhatók (lásd a következő egyenleteket és a *6.29. táblázatot*). $\rho_{c,z}$ meghatározása során csak ezek a stabilitási görbék alkalmazhatók, a 6.5.2. pont bármilyen előírása itt már kerülendő. Ha a bordák a vizsgált normálfeszültség irányával párhuzamosak, az oszlopszerű viselkedés során alkalmazott kihajlási görbe imperfekciós tényezőjét meg kell növelni a 6.2.3.5. pont szerint.

$$\rho_\rho = \frac{1}{\phi_p + \sqrt{\phi_p^2 - \bar{\lambda}_p}}$$

$$\phi_p = \frac{1}{2}\left[1 + \alpha_p\left(\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p0}\right) + \bar{\lambda}_p\right]$$

6.29. táblázat – Általános stabilitási görbék α_p és $\bar{\lambda}_{p0}$ paraméterei

Gyártás	Feszültségkomponens	α_p	$\bar{\lambda}_{p0}$
Melegen hengerelt	hosszirányú normálfeszültség $\psi \geq 0$	0,13	0,7
	hosszirányú normálfeszültség $\psi \leq 0$ nyírófeszültség keresztirányú normálfeszültség		0,8
Hegesztett és hidegen alakított	hosszirányú normálfeszültség $\psi \geq 0$	0,34	0,7
	hosszirányú normálfeszültség $\psi \leq 0$ nyírófeszültség keresztirányú normálfeszültség		0,8

A nyíráshoz tartozó χ_w csökkentő tényező meghatározásához is az általános stabilitási görbéket kell alkalmazni.

Fontos megjegyzés a csökkentő tényezők meghatározásához, hogy nem ajánlott az olyan egyszerűsítés, ami önmagában a biztonság oldalán van, mivel a bonyolult eljárás végeredményeként kapott eredmény nem feltétlenül konzervatív. Ilyen közelítés lehet például az, ha

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

az összes csökkentő tényezőt az általános stabilitási görbék alapján határozzuk meg, és közülük vesszük a legkisebbet az ellenőrzés elvégzéséhez. Ez a közelítés bizonyos esetekben bizonyítottan nincs a biztonság oldalán.

6.5.4.4. A lemezhorpadás és a kifordulás köcsönhatása

A redukált feszültségek módszere alkalmazható kifordulás és lemezhorpadás közötti kölcsönhatás vizsgálatára is, amennyiben

$\alpha_{\mathrm{ult},k}$ – a teher tervezési értékének az a minimális szorzótényezője, amellyel a terhet megszorozva a mértékadó pontban elérjük a szerkezet szilárdsági teherbírását, elhanyagolva a lemezhorpadási és kifordulási jelenségeket,

α_{cr} – a teher tervezési értékének az a minimális szorzótényezője, amellyel a terhet megszorozva elérjük a szerkezet stabilitási tönkremeneteléhez tartozó rugalmas kritikus terhét, figyelembe véve a lemezhorpadási és kifordulási jelenségeket.

Amennyiben az α_{cr} tartalmazza a kifordulás hatását, akkor a ρ csökkentő tényező a 6.5.4.3. pont alapján és a 6.3.2. pont alapján számítható értékek közül a kisebb legyen.

6.5.5. Gerinchorpadás az övlemez kihajlása következtében

Karcsú keresztmetszetek esetén előfordulhat olyan jelenség, hogy az övlemez a rá ható nyomófeszültség hatására a gerinc síkjában kihajlik. Ezt megfelelően merev gerinclemez alkalmazásával meg lehet előzni. A gerinclemez feleljen meg az alábbi követelménynek:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,\mathrm{eff}}}}$$

ahol:

A_w – a gerinc keresztmetszeti területe,

$A_{fc,\mathrm{eff}}$ – a nyomott övlemez hatékony keresztmetszeti területe,

h_w, t_w – a gerinc geometriai méretei,

k – tényező,

- képlékeny elfordulás kihasználásakor: 0,3,
- képlékeny nyomatéki ellenállás kihasználásakor: 0,4,
- rugalmas nyomatéki teherbírás kihasználásakor: 0,55.

Ha a vizsgált tartó oldalnézetben íves, és a nyomott övlemez a konkáv oldalon van (például ívhidak esetén az ív alsó felén), akkor a feltétel módosul:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,\mathrm{eff}}}}}{\sqrt{1 + \frac{h_w E}{3 r f_{yf}}}}$$

ahol r a vizsgált övlemez görbületi sugara.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

7. KAPCSOLATOK ELLENÁLLÁSA

7.1. Csavarozott, szegecselt és csapos kapcsolatok

7.1.1. Csavarozott és szegecselt kapcsolatok típusai

7.1.1.1. Nyírt csavarozott kapcsolatok

A nyírt csavarozott kapcsolatokat az alábbi három osztály egyikébe sorolhatjuk:

- A osztály: nyírásra és palástnyomásra működő kapcsolat, tengelyére merőlegesen terhelt, nem feszített (normál) csavar. A csavarminőség 4.6–10.9 között terjedhet. Nyírási $(F_{v,Rd})$ és palástnyomási $(F_{b,Rd})$ ellenállásra kell ellenőrizni teherbírási határállapotban.

  (Az illesztőcsavaros kapcsolatok kivételével közúti terhet viselő új hídelemeknél nem alkalmazható.)

- B osztály: használhatósági határállapotban megcsúszásnak ellenálló kapcsolat: tengelyére merőlegesen terhelt, feszített csavar. A feszítés miatt csak 8.8 vagy 10.9 anyagminőségű lehet. Az erőátadás az összeszorított felületek közötti súrlódás révén valósul meg, de ez csak a használhatósági határállapotig áll fenn. Így a csavart használhatósági határállapotban megcsúszásra $(F_{s,Rd,\mathrm{ser}})$ teherbírási határállapotban nyírásra $(F_{v,Rd})$ és palástnyomásra $(F_{b,Rd})$ kell ellenőrizni.

  (Közúti terhet viselő új hídelemeknél nem alkalmazható.)

- C osztály: teherbírási határállapotban megcsúszásnak ellenálló kapcsolat: tengelyére merőlegesen terhelt, feszített csavar. A feszítés miatt csak 8.8 vagy 10.9 anyagminőségű lehet. Az erőátadás a teherbírási határállapotban is az összeszorított felületek közötti súrlódás révén, megcsúszásmentesen valósul meg. A csavart teherbírási határállapotban a megcsúszási ellenállás $(F_{s,Rd})$ mellett palástnyomási ellenállásra $(F_{b,Rd})$ is vizsgálni kell (nyírásra nem). Továbbá húzás esetén a gyengített keresztmetszet $(N_{\mathrm{net},Rd})$ képlékeny ellenállása is vizsgálandó.

7.1.1.2. Húzott csavarozott kapcsolatok

A húzott csavarozott kapcsolatokat az alábbi két osztály egyikébe sorolhatjuk:

- D osztály: nem feszített kapcsolat: tengelye irányában terhelt (húzott), nem feszített (normál) csavar. A csavarminőség 4.6–10.9 között terjedhet. Változó húzóerőknek kitett kapcsolatok esetén nem szabad alkalmazni. A húzási $(F_{t,Rd})$ és a kigombolódási $(B_{p,Rd})$ ellenállásra kell vizsgálni.

  Közúti terhet viselő szerkezeti elemnél nem szabad alkalmazni.

- E osztály: feszített kapcsolat: tengelye irányában terhelt (húzott), feszített csavar. A feszítés miatt csak 8.8 vagy 10.9 anyagminőségű lehet. A csavart az MSZ EN 1090-2 szabvány szerint ellenőrzött feszítőerővel kell megfeszíteni. A húzási $(F_{t,Rd})$ és a kigombolódási $(B_{p,Rd})$ ellenállásra kell vizsgálni.

A csavarra jutó húzóerő $(F_{t,Ed})$ számításakor figyelembe kell venni az emelő hatásokat, lásd a 7.1.9. pontot.

7.1.1.3. Húzásnak és nyírásnak együttesen kitett csavarok

A húzásnak és nyírásnak együttesen kitett csavaroknak két osztálya van (AD, CE). Ekkor a csavarokat nyírásra, húzásra és együttes hatásra is vizsgálni kell.

Jogszabályi véleményezésre 2026. február 4.

Közúti terhet viselő szerkezeti elemeknél, NF csavaros, homloklemezes kapcsolatok kivételével, tilos a csavarokat húzásra igénybe venni.

7.1.1.4. Szegecsek

A szegecselt kapcsolatokat nyíróerő átadására kell tervezni, tehát nyírási $(F_{v,Rd})$ és palástnyomási $(F_{b,Rd})$ ellenállásra kell ellenőrizni. Meglévő hidakban lévő húzott szegecsek esetén a húzási $(F_{t,Rd})$ ellenállást is meg kell vizsgálni (a kigombolódási ellenállást nem). Szegecsek átfogási hossza ne haladja meg $4{,}5d$ értékét ütőszegecselés és $6{,}5d$ értékét sajtószegecselés esetén.

Új hidaknál szegecselt kapcsolat tervezése tilos.

7.1.2. Csavar- és furatméretek

A járatos csavarméreteket és a hozzájuk tartozó furat- és keresztmetszeti méreteket mutatja a *7.1. táblázat.* A táblázatban megadott furatátmérő követelmény szigorúbb, mint az MSZ-EN 1090-2 szabványban előírt, erre a kivitelező figyelmét is külön fel kell hívni. A megadottnál nagyobb furatok alkalmazása esetén a furat túlméretesnek tekintendő, a teherbírás egyedi tervezői egyeztetést igényel.

7.1. táblázat – Csavar- és furatméretek

Csavar	Csavarorsó átmérője d	Furatátmérő d_0	Keresztmetszeti terület A	Húzási keresztmetszet A_s	Átmérő, kigombolódásnál d_m
	mm		mm²		mm
M12	12 (13)	13	113 (133)	84,3	20,5
M14	14 (15)	15	154 (177)	115	23,7
M16	16 (17)	17	201 (227)	157	24,6
M18	18 (19)	19	254 (284)	192	29,1
M20	20 (21)	21	314 (346)	245	32,4
M22	22 (23)	23	380 (415)	303	34,5
M24	24 (25)	25	452 (491)	353	38,8
M27	27 (28)	28	573 (616)	459	44,2
M30	30 (32)	32	707 (804)	561	49,6

Megjegyzés: A zárójeles értékek illesztőcsavarokra vonatkoznak.

7.1.3. Csavar- és szegecslyukak helye

A csavarok és szegecsek közt, és a lemezszéltől mért betartandó maximális és minimális csavartávolságokat általánosságban a *7.2. táblázat* tartalmazza, közúti terhet viselő szerkezeti elemek illesztő- és NF-csavaros kapcsolatainál pedig a 7.2.a) táblázat.

Az alkalmazott jelöléseket a *7.1. ábra* szemlélteti. Fáradásnak kitett szerkezetek esetén a furattávolságokra vonatkozó szabályok a 8.12. táblázatban szerepelnek.

Közúti terhet viselő szerkezeti elemek csavaros kapcsolatainál a javasolt kiosztást a 7.1.a) ábra mutatja

A táblázat előírásain túl, nyomott elemek esetén, ha $\frac{p_1}{t}$ nagyobb, mint 9ε, akkor a p_1 távolságot lemezhorpadásra vizsgálni kell az MSZ EN 1993-1-1 szabvány szerinti lemezhorpadási ellenállás alapján, kihajlási hosszként $0{,}6p_1$ értéket felvéve, valamint az e_2 távolság ne haladja meg az egy éle mentén megtámasztott nyomott lemez horpadási feltételét, az 5.4.32. pontot.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

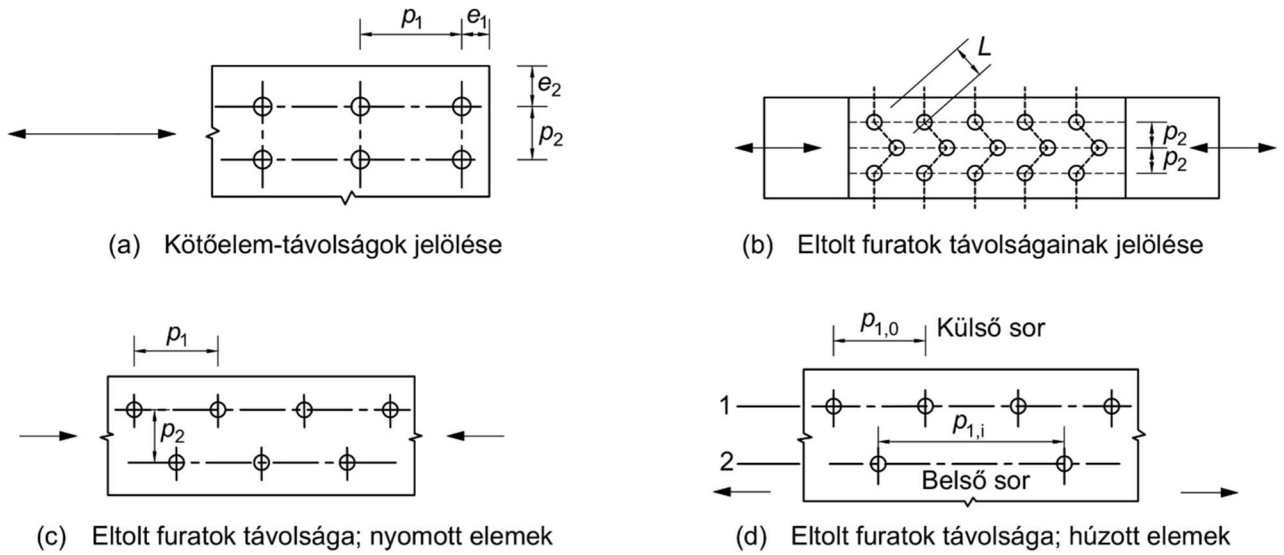
7.2. a) táblázat – Legkisebb és legnagyobb furattávolságok (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.3. táblázatának)

Furatok, furatkép típusa	Távolság	Legkisebb távolság	Legnagyobb távolság			
			Korróziónak kitett (külső tér)		Korróziónak nem kitett (belső tér)	
			normál acél (EN 10025, kiv: EN10025-5)	korróziónak ellenálló acél (EN 10025-5)	nyomott elemek	húzott elemek
Normál	e_1	$1{,}2d_0$	4t + 40mm	max(8t, 125mm)	-	nincs korlátozás
	e_2		4t + 40mm	max(8t, 125mm)	-	
	p_1	$2{,}2d_0$	min(14t, 200mm)	min(14t, 175mm)	min(14t, 200mm)	
	p_2	$2{,}4d_0$	min(14t, 200mm)	min(14t, 175mm)	min(14t, 200mm)	
Oválfurat	e_3	$1{,}5d_0$	-			
	e_4					
Eltolt furatok	p_1	$2{,}2d_0$	min(14t, 200mm)	min(14t, 175mm)	min(14t, 200mm)	
	$p_{1,0}$	-	min(14t, 200mm)	-		
	$p_{1,i}$	-	min(28t, 400mm)	-		
	p_2	$1{,}2d_0$	min(14t, 200mm)	min(14t, 175mm)	min(14t, 200mm)	
	L	$2{,}4d_0$	-	-	-	

7.2. b) táblázat – Legkisebb és legnagyobb furattávolságok hídszerkezeti elemek illesztő- és NF-csavaros kapcsolatainál

Furatkép típusa	Távolság jele	Legkisebb távolság	Legnagyobb távolság
Normál	e_1	$2d_0$	$\min(3d_0\ 6t, 4t + 40\ \mathrm{mm})$
	e_2	$1{,}5d_0$	
	p_1,	$3d_0$	$\min(6d_0\ 12t, 200\ \mathrm{mm})$
	p_2	$3d_0$	

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



7.1. ábra – Kötőelemek távolságainak jelölése (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.1. ábrájának); a) Kötőelem-távolságok jelölése, b) Eltolt furatok távolságainak jelölése, c) Eltolt furatok távolsága; nyomott elemek, d) Eltlt furatok távolsága; húzott elemek

7.1.4. Egy kötőelem tervezési ellenállása

7.1.4.1. Csavarok és szegecsek

7.1.4.1.1. Nyírási ellenállás

$$F_{v,Rd} = n\frac{0{,}6 f_{ub} A}{\gamma_{M2}};\quad F_{v,Rd}{}^{*} = n\frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}};\quad F_{v,Rd,r} = n\frac{0{,}6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}};$$

ahol:

$F_{v,Rd}$ – a csavar ellenállása, ha a nyírt felület a menet nélküli részen halad át,

$F_{v,Rd}{}^{*}$ – a csavar ellenállása, ha a nyírt felület a menetes részen halad át,

$F_{v,Rd,r}$ – a szegecs ellenállása,

α_v – a 8.8 és 10.9 minőségű csavarokra: 0,5 és a 4.6, 5.6 és 6.8 minőségű csavarokra: 0,6

Közúti terhet viselő szerkezeti elemeknél a csavarszár menetes része ne kerüljön a kötésbe, hanem az alátétben kezdődjön.

A szegecs f_{ur} szakítószilárdságát S235 anyagminőség esetén 400 MPa-ra kell felvenni. A nyírási ellenállást 85 százalékára kell csökkenteni, ha a csavar olyan vágott menettel készült, ami nem felel meg az MSZ EN 1090 szabványsorozatnak. Az MSZ EN 1090-2 szabvány szerinti túlméretes furatok esetén a megadott nyírási ellenállás nem alkalmazható. Ez alól kivétel M12 és M14 csavarok esetén 2 mm lyukbőség alkalmazása, ha a csavarcsoport palástnyomási ellenállása nem nagyobb, mint a nyírási ellenállás. Ez esetben 6.8, 8.8 és 10.9 csavarminőségek esetén a nyírási ellenállást a megadott $f_{v,Rd}$ 85 százalékára kell csökkenteni.

Ha A vagy B típusú csavarok a d csavarátmérő egyharmadánál vastagabb t_p teljes vastagságú béléslemezeken mennek keresztül, akkor a nyírási ellenállás értéke β_p szorzótényezővel csökkentendő.

$$\beta_p = \frac{9d}{8d + 3t_p} \leq 1{,}0$$

jogszabályi véleményezésre 2025

Kétszer nyírt kapcsolatnál, ha mindkét oldalon van béléslemez, akkor t_p a vastagabb lemezre kell vonatkozzon.

7.1.4.1.2. Palástnyomási ellenállás

$$F_{b,Rd} = k^* \frac{k_1 \alpha_b f_u dt}{\gamma_{M2}}$$

ahol:

t – az egy irányba elmozduló lemezek összvastagsága közül a kisebb, süllyesztett csavarok esetén ezt csökkenteni kell a süllyesztés mélységének felével,

α_b – egyedül álló csavarok esetén: $\alpha_b = \min\left(1{,}0;\ \frac{f_{ub}}{f_u};\ \frac{e_1}{3d_0}\right)$,

szélső csavarok esetén: $\alpha_b = \min\left(1{,}0;\ \frac{f_{ub}}{f_u};\ \frac{e_1}{3d_0};\ \frac{p_1}{3d_0} - 0{,}25\right)$,

közbenső csavarok esetén: $\alpha_b = \min\left(1{,}0;\ \frac{f_{ub}}{f_u};\ \frac{p_1}{3d_0} - 0{,}25\right)$,

k_1 – egyedül álló csavarok esetén: $k_1 = \min\left(2{,}5;\ 2{,}8\ \frac{e_2}{d_0} - 1{,}7\right)$,

szélső csavarok esetén: $k_1 = \min\left(2{,}5;\ 2{,}8\ \frac{e_2}{d_0} - 1{,}7;\ 1{,}4\frac{p_2}{d_0} - 1{,}7\right)$,

közbenső csavarok esetén: $k_1 = \min\left(2{,}5;\ 1{,}4\frac{p_2}{d_0} - 1{,}7\right)$

k – túlméretes furatok esetén: 0,8,
– oválfurat esetén, ha a furat hossztengelye merőleges az erő irányára: 0,6,
– minden más esetben (normál furatok esetén): 1,0.

Közúti terhet viselő elemek illesztésénél vagy bekötésénél egyedül álló csavar nem tervezhető.

Ha az erő iránya nem párhuzamos a lemez széleivel, akkor a palástnyomási ellenállás külön meghatározandó mindkét, az erő irányától függő esetre.

Ha egyszer nyírt kapcsolatnál az erő irányában csak egy csavarsor van, akkor a csavarfej és az anya alá is alátétet kell elhelyezni (8.8 és 10.9 csavarminőség esetén nagyszilárdságú alátétekre van szükség), továbbá ekkor a palástnyomási ellenállásra az alábbi feltétel vonatkozik (ilyen elrendezés szegeccsel nem alakítható ki):

$$F_{b,Rd} \leq \frac{1{,}5 f_u dt}{\gamma_{M2}}$$

7.1.4.1.3. Megcsúszási ellenállás

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n_s \mu F_{p,C}}{\gamma_{M3}}, \quad F_{s,Rd,\mathrm{ser}} \frac{k_s n_s \mu F_{p,C}}{\gamma_{M3,\,\mathrm{ser}}}$$

ahol:

$F_{s,Rd}$ – a megcsúszási ellenállás teherbírási határállapotban (C típusú csavarokhoz),

$F_{s,Rd,\mathrm{ser}}$ – a megcsúszási ellenállás használhatósági határállapotban (B típusú csavarokhoz),

k_s – a csavarfurat típusától függő tényező a *7.3. táblázat* szerint,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

n_s – a súrlódási síkok száma,

μ – a súrlódási tényező a *7.4. táblázat* alapján, vagy az MSZ EN 1090-2 szerint kísérlettel meghatározva,

$F_{p,C}$ – a feszítőerő, ami az MSZ EN 1090-2 szerinti ellenőrzött feszítés alkalmazása esetén $F_{p,C} = 0{,}7 f_{ub} A_s$ értékre vehető fel. E típusú kapcsolat esetén a csavarra jutó feszítő-összeszorító erőt a terhelő húzóerő miatt csökkenteni kell. (Lásd a 7.1.1.3. pontot).

Újonnan tervezett, közúti terhet viselő hídszerkezeti elemek illesztésénél vagy bekötésénél túlméretes és oválfuratok tervezése tilos.

7.3. táblázat – k_s értékei (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.6. táblázatának)

Furat típusa			k_s
Normálfurat			1,00
Túlméretes furatok			0,85
Oválfuratok	rövid	hossztengely merőleges az erő irányára	0,85
		hossztengely párhuzamos az erő irányával	0,76
	hosszú	hossztengely merőleges az erő irányára	0,70
		hossztengely párhuzamos az erő irányával	0,63

7.4. táblázat – μ súrlódási tényező feszített csavarokhoz (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.7. táblázatának)

Súrlódó felület típusa (ld. EN 1090-2)	μ
A osztály – sörétezett vagy szemcsefújt festetlen felület	0,5
B osztály – sörétezett vagy szemcsefújt festett felület	0,4
C osztály – drótkefézett vagy lángszórással tisztított felület	0,3
D osztály – kezeletlen felület	0,2

7.1.4.1.4. Húzási ellenállás

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}; \quad F_{t,Rd,r} = \frac{0{,}6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$$

ahol:

$F_{t,Rd}$ – a csavar ellenállása,

$F_{t,Rd,r}$ – a szegecs ellenállása,

k_2 – süllyesztett csavarok esetén: 0,63,
minden más esetben (normál csavarok esetén): 0,9.

7.1.4.1.5. Kigombolódási ellenállás

$$B_{p,Rd} = \frac{0{,}6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}}$$

Jogszabályi véleményezésre 2022. február 4.

ahol:

d_m – a csavarfej és a csavaranya laptávolságának (beírt kör átmérője) és csúcs-távolságának (köré írt kör átmérője) átlaga közül a kisebb

t_p – a csavarfej, vagy a csavaranya alatti kisebbik lemez vastagsága.

A kigombolódási ellenállást szegecsekre nem kell ellenőrizni.

7.1.4.1.6. Húzásnak és nyírásnak együttesen kitett csavarok

Húzásnak és nyírásnak együttesen kitett nem feszített D típusú (új tervezésű hidaknál tilos D típusú csavart húzásra igénybe venni) kapcsolatnál egy csavarra vonatkozóan az alábbi feltételt kell megvizsgálni:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} \leq 1{,}0$$

„E” típusú kapcsolat esetén a feszített csavarra ható húzóerő $F_{t,Ed}$ csökkenti a felületeket összefeszítő erőt, így a kapcsolat megcsúszásra hajlamossá válik, emiatt az $F_{s,Rd}$ megcsúszási ellenállás számításánál figyelembe vett feszítő-összeszorító erő az alábbi módon számítható:

$$F^*_{p\,C} = 0{,}7 f_{ub} A_s - F_{t,Ed}$$

ahol: $F_{t,Ed} \leq 0{,}6 F_{p\,C}$

Az ennek alapján számított megcsúszási ellenállánál nem lehet nagyobb a csavarra jutó nyíróerő, azaz:

$$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$$

Nyomatékbíró (pl. homloklemezes) kapcsolatban a feszítő-összeszorító erő csökkentését a húzott zónában csavarsoronként el kell elvégezni, és a kapcsolatban lévő összes csavarra számított megcsúszási ellenállások összegénél nem lehet nagyobb a kapcsolatra ható nyíróerő. A kapcsolat teherbírási határállapotban se tudjon megcsúszni, azaz:

$$\sum F_{v,Ed} \leq \sum F_{s,Rd} \text{ és a szélső húzott csavaroknál } F_{t,Ed} \leq 0{,}6 F_{p,C}$$

7.1.4.2. NF-csavaros kapcsolatok hídszerkezeti elemeknél

NF-csavaros kötésben a csavarok minimális és maximális távolságát a 7.2. a) táblázat tartalmazza, egy csavar tervezési ellenállását a 7.1.4.1. pont szerint kell számítani.

A 7.5. táblázat 10.9-es NF-csavarok feszítőerejét és „C” osztályú nyírt kapcsolatban való megcsúszási ellenállását adja meg teherbírási határállapotban csavarokként, kétszernyírt kéttapadású hevederes kötésben, a leggyakrabban alkalmazott „B” osztályú felület-előkészítéssel (cink vagy alkáli cink-szilikát szórás, $\mu = 0{,}4$). Továbbá tartalmazza azt a $t_{\min}$ lemezvastagságot, melynél a minimális csavartávolságok figyelembevételével számított palástnyomási ellenállás még nem mértékadó.

Jogszabályi véleményezésre 2026. február 4.

7.5. táblázat – 10.9-es feszített csavarok („C” osztályú) teherbírása csavarokként, kéttapadású hevederes kötésben, „B” osztályú felülettel ($\mu = 0{,}4$)

Csavarméret	$0{,}6F_{p,C}$	$F_{s,Rd}(2)$	$t_{\min}$, mm, nyomott kapcsolat és húzott kapcsolat közbenső csavarsora (húzott kapcsolat szélső csavarsora)			
	kN		S235	S355	S420	S460
M12	59	38	6 (7)	5(5)	5 (5)	4 (5)
M16	110	70	9 (10)	6 (7)	6 (7)	6 (7)
M20	172	110	11(12)	8 (9)	8 (8)	7 (8)
M22	212	136	12 (13)	9 (10)	8 (9)	8 (9)
M24	247	158	13 (14)	9 (11)	9 (10)	9 (10)
M27	321	206	15 (16)	11 (12)	10 (11)	10 (11)

Megjegyzés: $F_{p,C}$ – feszítőerő; $F_{s,Rd}(2)$ – megcsúszási ellenállás teherbírási határállapotban, kéttapadású; t_{min} – minimális lemezvastagság, melynél a palástnyomás még nem mértékadó. A zárójeles értékek húzott kapcsolat szélső csavarsorára vonatkoznak.

A táblázati értékeket a feszítőerő kivételével arányosan változtatni kell:

- „A” osztályú felület esetén: 125 százalékra,
- „C” osztályú felület esetén: 75 százalékra,
- „D” osztályú felület esetén: 50 százalékra.

8.8 anyagminőségű csavarok esetén a táblázati értékek 80 százalékra veendők.

A feszített csavarkötések súrlódó felületeinek előkészítését, a feszítőcsavarok meghúzási nyomatékának meghatározását, a feszítés végrehajtásának módját és mindezek ellenőrzését az e-UT 07.02.12 útügyi műszaki előírás szerint kell készíteni.

A 7.6. táblázat 10.9-es csavarok „A” vagy „B” osztályú nyírt kapcsolatban való nyírási ellenállását adja meg teherbírási határállapotban csavarokként, kétszernyírt hevederes kötésben. Továbbá tartalmazza azt a $t_{\min}$ elméleti lemezvastagságot, melynél a minimális csavartávolságok figyelembevételével számított palástnyomási ellenállás még nem mértékadó.

7.6. táblázat – 10.9-es csavarok („A” vagy „B” osztályú) nyírási ellenállása csavarokként, kétszernyírt hevederes kötésben

Csavarméret	$F_{v,Rd}(2)$	$t_{\min}$, mm, nyomott kapcsolat és húzott kapcsolat közbenső csavarsora (húzott kapcsolat szélső csavarsora)			
	kN	S235	S355	S420	S460
M12	108	17 (19)	13 (14)	12 (14)	12 (13)
M16	193	23 (26)	17 (19)	16 (18)	15 (17)
M20	301	28 (32)	21 (24)	20 (22)	19 (21)
M22	365	31 (35)	23 (26)	22 (24)	21 (24)
M24	434	34 (38)	25 (28)	24 (27)	23 (26)
M27	550	38 (43)	28 (32)	27 (30)	26 (29)

Megjegyzés: $F_{v,Rd}(2)$ – nyírási ellenállás teherbírási határállapotban, kétszernyírt; $t_{\min}$ – elméleti minimális lemezvastagság, melynél a palástnyomás még nem mértékadó

A zárójeles értékek húzott kapcsolat szélső csavarsorára vonatkoznak.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Félerőre meghúzott NF csavarok (fő teherviselő elemekben csak szegecspótlásra alkalmazható megoldás) esetén is a 7.6. táblázatban megadott nyírási teherbírás értékeivel lehet számolni. A táblázati értékeknél kisebb lemezvastagság esetén a palástnyomási ellenállás a mértékadó.

8.8 anyagminőségű csavarok esetén a táblázati értékek 80 százalékra veendők.

7.1.4.3. Illesztőcsavarok

Az illesztőcsavarok furatainak mérete feleljen meg a 7.1. táblázatnak.

Az illesztőcsavarok ellenállását a normálfuratos csavaroknak megfelelően lehet számítani.

7.1.4.4. Injektált csavarok

Injektált csavarok A, B és C osztályú kapcsolatként használhatóak. Injektált csavarok gyártására és szerelésére az MSZ EN 1090-2 szabvány ad iránymutatást.

A osztályú kapcsolat esetén az $F_{b,Rd}$ palástnyomási ellenállás helyett a kapcsolatot a nyírási ellenállás mellett a kitöltőanyag $F_{b,Rd,\mathrm{resin}}$ palástnyomási ellenállására kell vizsgálni.

B és C osztályú kapcsolat esetén az $F_{v,Rd}$ nyírási és $F_{b,Rd}$ palástnyomási ellenállást is ellenőrizni kell, ezen felül a nyíróerő tervezési értéke nem haladhatja meg az osztálynak megfelelő határállapotra vonatkozó $F_{s,Rd}$ megcsúszási ellenállás és a kitöltőanyag $F_{b,Rd,\mathrm{resin}}$ palástnyomási ellenállásának összegét. Az $F_{b,Rd,\mathrm{resin}}$ az alábbi módon számítható:

$$F_{b,Rd,\mathrm{resin}} = \frac{k_t k_s \beta f_{b,\mathrm{resin}} dt_{b,\mathrm{resin}}}{\gamma_{M4}}$$

ahol:

k_t – használhatósági határállapotban: 1,0; teherbírási határállapotban: 1,2,

k_s – normál furatok esetén: 1,0; túlméretes furatok esetén (1,0–0,1 m),

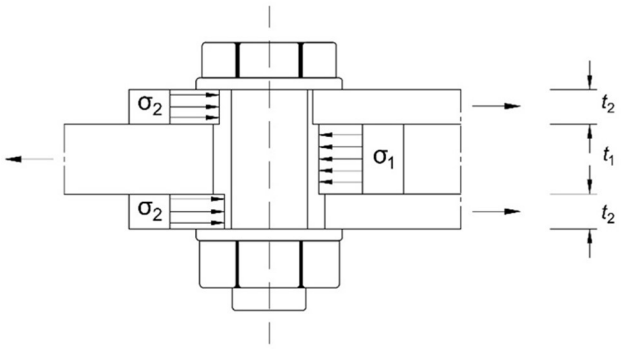
m – a normál és a túlméretes furat átmérője közti különbség, oválfurat esetén a furat hossza és a szélessége közötti különbség fele, mm,

β – az összekapcsolt elemek lemezvastagságától függ a 7.2. ábra szerint,

$F_{b,\,\mathrm{resin}}$ – a kitöltőanyag palástnyomási szilárdsága az MSZ EN 1090-2 szabvány szerint,

$dt_{b,\mathrm{resin}}$ – a kitöltőanyag palástnyomás szempontjából hatékony vastagsága a 7.2. ábra szerint.

t_1/t_2	β	$t_{b,\mathrm{resin}}$
≥ 2,0	1	min(1,5d; 2t_2)
1,0 – 2,0	1,66-0,33(t_1/t_2)	min(1,5d; t_1)
≤ 1,0	1.33	min(1,5d; t_1)



7.2. ábra – A β és $t_{b,resin}$ értékei az összekapcsolt lemezek vastagsági arányainak függvényében (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.5. táblázatának és 3.5. ábrájának)

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

7.1.5. Csoportos kötőelemek

A teljes kötőelemcsoport ellenállásának meghatározásához az egyes kötőelemek $F_{b,Rd}$ palástnyomási ellenállásait kell összegezni, amennyiben minden kötőelemre a palástnyomási ellenállás a mértékadó. Ellenkező esetben a kötőelemcsoport ellenállását a legkisebb ellenállású kötőelem alapján kell meghatározni, azt a kötőelemek számával megszorozva.

7.1.6. Hosszú kapcsolatok

Akkor tekinthetjük a kapcsolatot hosszúnak, ha az erő irányában nézve a két szélső kötőelem középpontja közti távolság L_j nagyobb, mint $15d$. Ekkor az $F_{v,Rd}$ nyírási ellenállást csökkenteni kell a β_{Lf} szorzótényezővel, mely az alábbi módon számítható.

$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L_j - 15d}{200d}, \text{ de } 0{,}75 \leq \beta_{Lf} \leq 1{,}0$$

A csökkentést nem kell alkalmazni, ha folyamatos erőátadódás alakul ki a kapcsolat teljes hossza mentén (pl. egy keresztmetszet övei és gerinclemeze közötti nyíróerő átvitelekor).

7.1.7. Hibrid kapcsolatok

C típusú feszített csavarok alkalmazása esetén, ha egy lemezen belül a kapcsolat varratokat is tartalmaz, akkor az általános előírásokkal ellentétben a kötőelemek és varratok között erőmegosztás feltételezhető, ha a csavarokat csak a varratok elkészítése után feszítik meg. (Közúti terhet viselő szerkezeti elemeknél nem alkalmazható.)

7.1.8. Lyukgyengítések

7.1.8.1. Általános elvek

A kötőelemek furatai miatti teherbírás-csökkenést az elem méretezése során a 6.2.5–6.2.7. pontok szerint kell számítani.

7.1.8.2. Csoportos kiszakadás vizsgálata

Csavarcsoport kiszakadása esetén kétféle tönkremeneteli mód következik be: nyírási tönkremenetel a nyírt felületeken és húzás miatti törés a húzott felületeken. Ennek megfelelően a $V_{\mathrm{eff},Rd}$ csoportos kiszakadási ellenállása:

$$V_{\mathrm{eff},Rd} = k_{\mathrm{sym}} \frac{f_u A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y A_{nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M2}}$$

ahol:

k_{sym} – ha a csavarcsoport szimmetrikus és központosan terhelt: 1,0,
ha a csavarcsoport külpontosan terhelt: 0,5,

A_{nt} – a húzott keresztmetszet nettó területe,

A_{nv} – a nyírt keresztmetszet nettó területe.

7.1.8.3. Egyik szárán kapcsolt szögacélok és egyéb nem szimmetrikusan kapcsolt húzott elemek

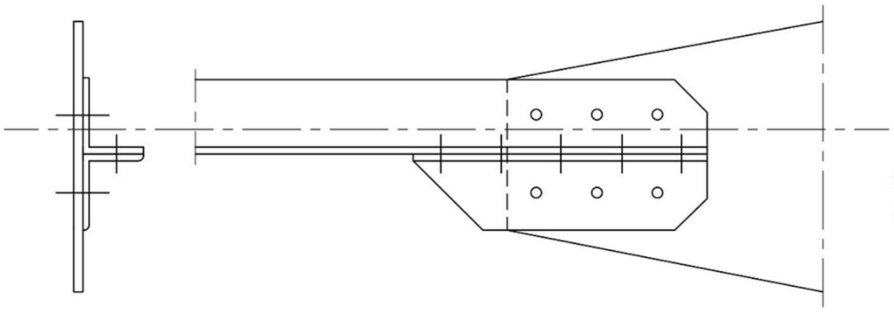
Nem szimmetrikusan kapcsolt húzott elemek esetén a kapcsolat külpontossága miatt kialakuló nyomatékokat és erőket figyelembe kell venni a méretezés során. Egyik szárukon, egy csavarsorral kapcsolt szögacélok központos rúdként, a 6.2.5. pont alapján vizsgálhatóak, de az ott bemutatott vizsgálati módszer S460-nál magasabb szilárdsági osztályok esetén nem alkalmazható.

7.1.8.4. Kiegészítő szögacélos kapcsolatok

A *7.3. ábra* által bemutatott bekötő szögacélt a következő elvek betartásával kell kialakítani:

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

- a kiegészítő (bekötő) szögacél és a csomólemez (vagy egyéb csatlakozó lemez) közötti kapcsolat nem nyújtható túl a kapcsolódó elem végénél,
- a kapcsolódó elem és a bekötő szögacél közti kapcsolat a kapcsolódó elem végétől kell induljon és túl kell nyúljon a csomólemez (vagy egyéb csatlakozó lemez) végén,
- a bekötő szögacél kapcsolatait legalább két kötőelemmel kell kialakítani.



7.3. ábra – Bekötő szögacél (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.10. ábrájának)

A bekötő szögacélt és a kapcsolatait úgy kell méretezni, hogy bekötő szögacél teherbírása$(N_{la,Rd})$, valamint a bekötő szögacél és a kapcsolódó elem közti kapcsolat teherbírása $(N_{laj,Rd})$ teljesítse az alábbi feltételeket:

- szögacél bekötése esetén: $N_{la,Rd} \geq 1{,}2F_{a,1}$, $N_{la,j,Rd} \geq 1{,}4F_{a,1,}$
  ahol $F_{a,1}$ a kapcsolt szögacélnak a csomólemez síkjára merőleges szárában ható erő,
- U vagy hasonló szelvény bekötése esetén: $N_{la,Rd} \geq 1{,}1F_{Uf}$, $N_{la,j,Rd} \geq 1{,}2F_{Uf}$,
  ahol F_{Uf} a kapcsolt U vagy hasonló szelvény kapcsolt övében ható erő.

A 7.1.8.4. pont előírásai S460-nál magasabb szilárdsági osztályok esetén nem alkalmazhatóak.

7.1.9. Emelőerők

Ha a kötőelemekre húzerő hat, akkor figyelembe kell venni az emelőerőből származó esetleges többleterőt is. Emelőerő alatt a kapcsolat deformációjából származó változó kötőelemerőt értjük.

7.1.10. Erők megoszlása a kötőelemek között teherbírási határállapotban

Ha a kapcsolatot csak központos nyíróerő terheli, akkor feltételezhető, hogy a teher egyenletesen oszlik meg a kötőelemek közt, amennyiben azok azonos méretűek és minőségi osztályúak.

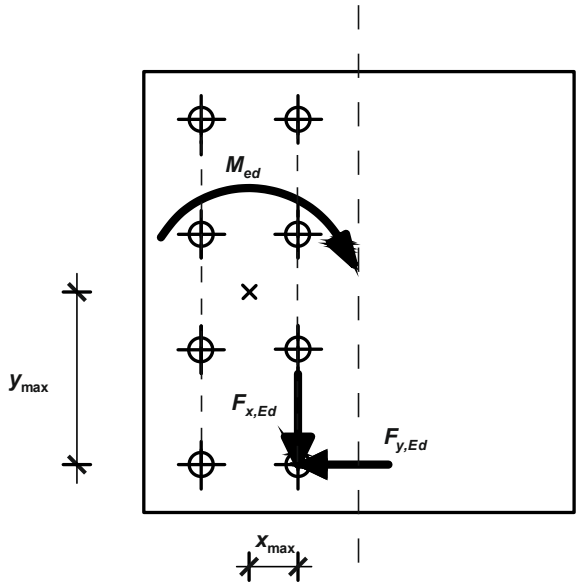
Ha egy csomópontra nyomaték hat, a belső erők eloszlása legyen egyenesen arányos az elfordulás tengelyétől mért távolsággal. Ezt figyelembe véve a nyomatékból származó hatás a legjobban igénybevett (sarokban lévő) csavarban:

$$F_{x,Ed} = \frac{M_{Ed}}{\Sigma(x_i^2+y_i^2)} x_{\max}, \text{ és } F_{y,Ed} = \frac{M_{Ed}}{\Sigma(x_i^2+y_i^2)} y_{\max},$$

ahol:

x_i és y_i – az egyes kötőelemek középpontjának távolsága a kapcsolat középpontjától, a többi paraméter jelentését a *7.4. ábra* mutatja.

Jogszabályi véleményezésre 2025. augusztus 4.



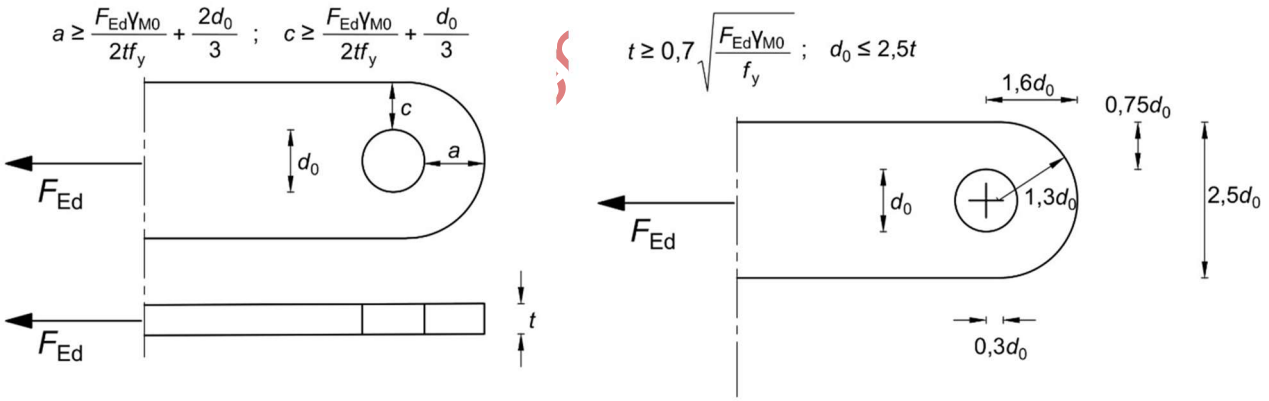
7.4. ábra – Nyomatékkal terhelt kapcsolat

7.1.11. Csapos kapcsolatok

7.1.11.1. Általános elvek

A csapokat meglazulás ellen biztosítani kell. A csapot tartalmazó merevítetlen elem geometriáját a *7.5. ábra* alapján kell kialakítani. A csappal összekötött elemek ne legyenek külpontosak, és méretük legyen elegendő ahhoz, hogy az erő átvezetődjön az egyik kapcsolódó elemről a másikra.

a) *b)*



7.5. ábra – Csapos kapcsolatú elemek geometriai követelményei

(Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.9. táblázatának); a) Adott t vastagság esetén a geometria kialakítása, b) Adott fix geometria esetén a vastagságra vonatkozó feltétel

Ha a csap elfordulása nem szükséges és a csap hossza kisebb, mint $3d$, akkor az méretezhető a 7.1.4. pont alapján. Ellenkező esetben az 7.1.11.2. pontban megadott eljárás alkalmazandó.

7.1.11.2. Csapok tervezése

Egyszerű hengeres csap tervezése során az alábbi ellenállásokat, ellenőrzéseket kell figyelembe venni teherbírási határállapotban:

- nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = n\frac{0{,}6f_{up}A}{\gamma_{M2}}$$

Jóváhagyásra 2025. február 4.

- palástnyomási ellenállás:

$$F_{\mathrm{b,Rd}} = n\frac{1{,}5\min(f_y, f_{yp})dt}{\gamma_{M0}}$$

- hajlítási ellenállás:

$$M_{\mathrm{Rd}} = \frac{1{,}5W_{el}f_{yp}}{\gamma_{M0}}$$

- egyidejű nyírás és hajlítás:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1{,}0$$

Továbbá vizsgálni kell használhatósági határállapotban az alábbi feltételeket, ellenállásokat, amennyiben a csap cserélhető.

- palástnyomási ellenállás:

$$F_{\mathrm{b,Rd,ser}} = \frac{0{,}6\min(f_y, f_{yp})dt}{\gamma_{M6,\mathrm{ser}}}$$

- hajlítási ellenállás:

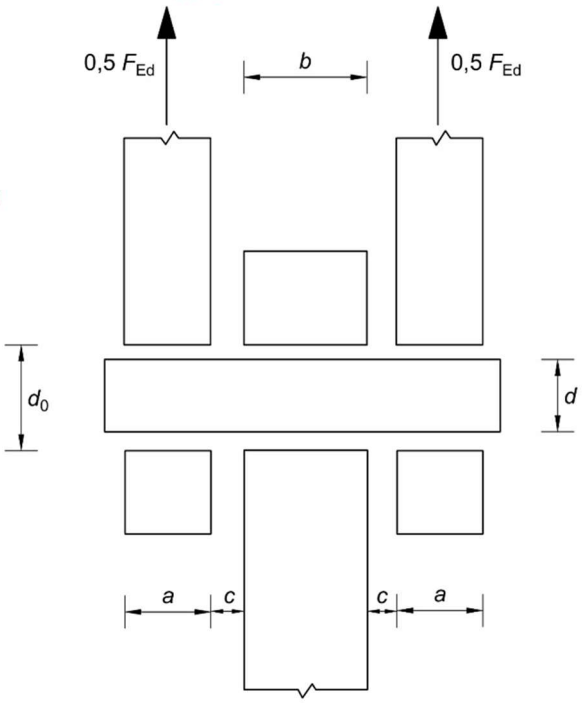
$$M_{\mathrm{Rd,ser}} = \frac{0{,}8W_{el}f_{yp}}{\gamma_{M6,\mathrm{ser}}}$$

- kontakt palástnyomási feszültség: $\sigma_{h,Ed} = 0{,}591\sqrt{\frac{E\cdot F_{Ed,\,\mathrm{ser}}(d_0-d)}{d^2t}} \leq f_{H,Rd} = 2{,}5\frac{f_y}{\gamma_{M6,\mathrm{ser}}}$

  ahol $F_{Ed,\mathrm{ser}}$ a palástnyomás által átadott erő karakterisztikus teherkombinációból.

A csapot terhelő nyomaték számításához feltételezhető, hogy a kapcsolódó elemek egyszerű megtámasztást biztosítanak, így a csap és a kapcsolt elemek között a reakcióerők megoszlása egyenletes minden felfekvési felületen. Ez alapján a terhelő nyomaték az alábbi módon számítható, ahol a paraméterek jelentését a *7.6. ábra* magyarázza:

$$M_{\mathrm{Ed}} = \frac{F_{Ed}}{8}(b + 4c + 2a)$$



7.6. ábra – Geometriai paraméterek a csapot terhelő nyomaték számításához (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.11. ábrájának)

Jogszabályi ényezésre 2025. február 4.

7.2. Hegesztett kapcsolatok

7.2.1. Geometria és méretek

7.2.1.1. A varrat típusa

Az alábbi varrattípusokra vonatkoznak előírások jelen előírásban: (i) sarokvarrat, (ii) teljes és részleges beolvadású tompavarrat. Az egyes típusok szokásos kialakításait az MSZ EN ISO 17 659 szabvány tartalmazza.

7.2.1.2. Sarokvarratok

Akkor tekintünk egy varratot sarokvarratnak, ha az összeolvadó felületek 60° és 120° közötti szöget zárnak be egymással. 60 foknál kisebb szög esetén a varrat részleges beolvadású tompavarratnak tekintendő. 120 foknál nagyobb szög esetén a varrat ellenállását kísérlettel kell meghatározni az MSZ EN 1990 szabvány D melléklete alapján. Külpontos terhelésre vonatkozóan a 7.2.8. pont ad iránymutatást.

Szakaszos sarokvarratok nem készíthetők közúti terhet viselő szerkezeti elemeknél.

7.2.1.3. Tompavarratok

A kötés vastagsága mentén teljes összeolvadást létrehozó varratokat tekinthetjük teljes beolvadású tompavarratoknak, ha a beolvadás az alapanyag vastagságánál kisebb, akkor részleges beolvadású tompavarratról beszélhetünk.

Közúti terhet viselő elemek kapcsolatainál a részleges beolvadású tompavarrat alkalmazása kerülendő, szakaszos tompavarrat alkalmazása tilos.

7.2.2. Sarokvarratok tervezési ellenállása

7.2.2.1. Általános előírások

Sarokvarrat esetén az I_{eff} hasznos hossznak az a teljes keresztmetszetű varratrész tekinthető, ami általános esetben a teljes varrathossz mínusz a gyökméret kétszerese, de ha a varrat a teljes hosszán teljes keresztmetszetű (pl. előtétlemez alkalmazásánál, vagy a varrat körbevezetése miatt), akkor nincs szükség a gyökméretekkel való csökkentésre. Ha az I_{eff} hasznos hossz nem éri el a 30 millimétert vagy $6a$-t, akkor erőátvitel szempontjából a varrat nem vehető figyelembe.

A sarokvarrat gyökmérete a varratfelület és az összeolvadási felület közé rajzolható legnagyobb háromszögnek a varratfelület külső oldalától mért magassága, ami nem lehet 3 milliméternél kisebb. Közúti terhet viselő szerkezeti elemeknél a sarokvarrat minimális mérete 4 mm. Mély beolvadású sarokvarrat esetén a gyökméret lehet nagyobb a fenti definíció szerinti értéknél, ha előzetes kísérletekkel igazolt, hogy a szükséges beolvadási mélység minden esetben elérhető.

Részletesebb előírások a 11. Szerkesztési szabályok fejezetben találhatók.

A sarokvarratok ellenállását a 7.2.2.2. pont szerinti általános, vagy a 7.2.2.3. pont szerinti egyszerűsített eljárással lehet kiszámítani.

7.2.2.2. Általános eljárás

Az általános eljárás végrehajtásához az egységnyi hosszra jutó erőt komponenseire kell bontani (7.7. ábra). A vizsgálat során a középsíkot tekinthetjük az $A_w = \sum a \cdot I_{\text{eff}}$ területű hasznos keresztmetszetnek, melyen a feszültségek egyenletes eloszlása feltételezhető. A varrat tengelyével párhuzamos normálfeszültség-komponenst az ellenőrzés során nem kell figyelembe venni. A vizsgálatot az alábbi feltételek ellenőrzésével kell végrehajtani.

$$\sqrt{\sigma_\perp^2 + 3\left(\tau_\parallel^2 - \tau_\perp^2\right)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \text{ és } \sigma_\perp \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

ahol:

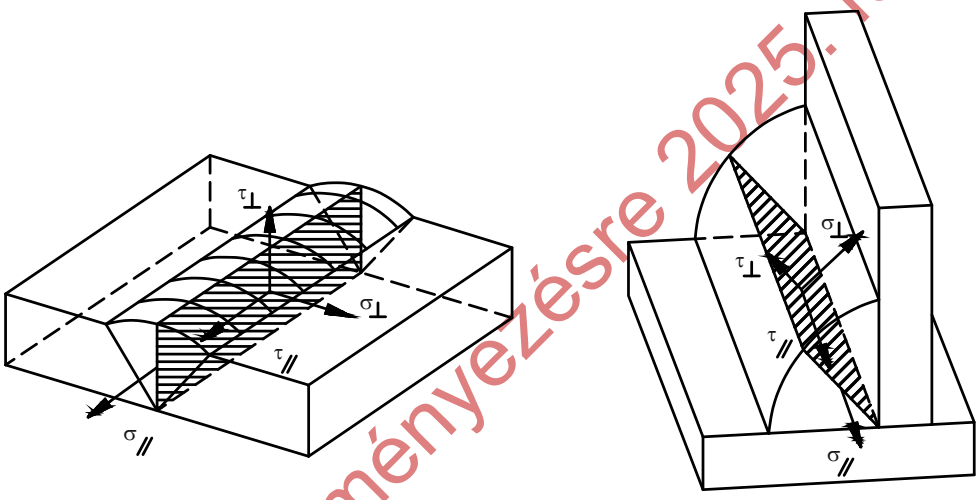
$\sigma_\perp$ – a varrat középsíkjára merőleges normálfeszültség,

$\tau_\perp$ – a varrat középsíkjában, a varrat hossztengelyére merőleges nyírófeszültség,

$\tau_\parallel$ – a varrat középsíkjában, a varrat hossztengelyével párhuzamos nyírófeszültség,

f_u – a kisebb szilárdságú kapcsolt elem névleges szakítószilárdsága. S460-nál nagyobb, de S700-nál nem nagyobb szilárdsági osztályok esetén engedélyezett alacsonyabb szilárdságú hozaganyag használata, mint az alapanyag, ebben az esetben f_u értékére a hozaganyag f_{eu} szakítószilárdságát kell felvenni a 7.7. *táblázat* szerint az elektródák minőségi osztályának függvényében, melyeket az MSZ EN 499, MSZ EN 12 534 és MSZ EN 12 535 alapján kell figyelembe venni,

β_w – a kisebb szilárdságú elem anyagminőségétől függő tényező a 7.8. *táblázat* szerint.



7.7. ábra – A varrat feszültségkomponensei a középsíkra vonatkoztatva

7.7. táblázat – f_{eu} szakítószilárdság alacsonyabb szilárdságú hozaganyag esetén

Elektróda minőségi osztálya	35	42	55	62	69
f_{eu} **szakítószilárdság**	440	500	640	700	770

7.8. táblázat – Sarokvarratok β_w korrelációs tényezői (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4.1. táblázatának, kiegészítve az S500–S700 adataival)

Anyagminőség	β_w
S 235	0,80
S 275	0,85
S 355	0,90
S 420, S460	1,00
S500 – S700	1,00

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

7.2.2.3. Egyszerűsített eljárás

Az egyszerűsített eljárás a varratra ható teljes feszültséget nyírófeszültségnek feltételezi, ily módon a biztonság javára közelít. Az ellenőrzést a teljes kapcsolatra jutó igénybevétel és ellenállás összehasonlítása alapján kell elvégezni az alábbi módon:

$$F_{Ed} \leq f_{vw,d} \cdot a \sum I_i$$

ahol:

F_{Ed} – a kapcsolatra ható erő,

$\sum I_i$ – a kapcsolatban lévő varratszakaszok teljes hossza,

$f_{vw,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{m2}}$ – a varrat nyírószilárdságának tervezési értéke,

f_u és β_w a 7.2.2.2. pont szerinti értékek.

7.2.3. Körbevezetett sarokvarrat tervezési ellenállása

Körbevezetett sarokvarrat ellenállása a 7.2.2.2. pont szerint számítható.

7.2.4. Tompavarratok tervezési ellenállása

7.2.4.1. Teljes beolvadású tompavarratok

Teljes beolvadású varrat teherbírása egyenlőnek tekinthető a gyengébbik összekapcsolt elem teherbírásával.

Nem lehet olyan hozaganyagot tervezni hegesztett kapcsolatokban, melynek folyáshatára, szakítószilárdsága, szakadónyúlása vagy ütőmunkája rosszabb az alapanyagénál (4.3.2. pont).

7.2.4.2. Részleges beolvadású tompavarratok

Részleges beolvadású tompavarrat gyökméretének és teherbírásának meghatározásához a 7.2.2. pont szerinti, mély beolvadású sarokvarratokra vonatkozó előírások használhatóak. Közúti terhet viselő szerkezeti elemeknél részleges beolvadású tompavarratok tervezése csak T-kötésben engedhető meg. Amennyiben a varratvizsgálatok során az derül ki, hogy a tervezett teljes beolvadás csak részlegesen történt meg, úgy abban az esetben is a fenti módon lehet ellenőrizni a teherbírást.

7.2.4.3.T-kötés

Új hídszerkezeteknél T-kötés kialakításakor mélybeolvadású sarokvarrat nem tekinthető tompavarratnak.

7.2.5. Az erők megoszlása

Az erők eloszlását rugalmas és képlékeny elven is lehet számítani. A varraton belül egyszerűsített erőeloszlás feltételezhető. Sajátfeszültségeket, a varrat tengelyével párhuzamos normálfeszültségeket nem kell figyelembe venni a varrat vizsgálata során.

Hegesztett csomópontok megfelelő alakváltozási képességgel kell rendelkezzenek, de a varratok duktilitásával nem szabad tervezni. Tehát képlékeny csukló kialakulásának engedése esetén a varratok ellenállása nem lehet kisebb az összekapcsolt elemek bármelyikének ellenállásánál, továbbá ha a kapcsolat nagy elfordulási képességgel kell rendelkezzen, akkor a varratok ellenállása nagyobb kell legyen, mint amekkora erő a szomszédos alapanyagrészek teljes megfolyását okozza.

7.2.6. Bekötések merevítetlen övekhez

Amennyiben egy I, H, vagy zárt szelvény övéhez kapcsolunk a szelvényre merőleges hegesztéssel egy másik elemet (pl. lemezt vagy gerenda övét), az övnek csak a gerinc melletti, a *7.8. ábra* szerinti b_{eff} szakaszait szabad figyelembe venni az I_{eff} hasznos varrathossz meghatározásánál. Továbbá, a merevítetlen övre ható erő ne haladja meg az MSZ EN 1993-1-8 szabványban szereplő,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

vonatkozó ellenállásokat (MSZ EN 1993-1-8 szabvány 6.2.6.2., 6.2.6.3., 6.2.6.4.3. szakaszok és MSZ EN 1993-1-8 szabvány 7.13. táblázat szerint).

A b_{eff} szakaszok mérete I és H szelvény öve esetén:

$$b_{\text{eff}} = t_w + 2s + 7kt_f$$

ahol:

s – melegen hengerelt szelvény esetén: r,
hegesztett szelvény esetén: $a\sqrt{2}$,

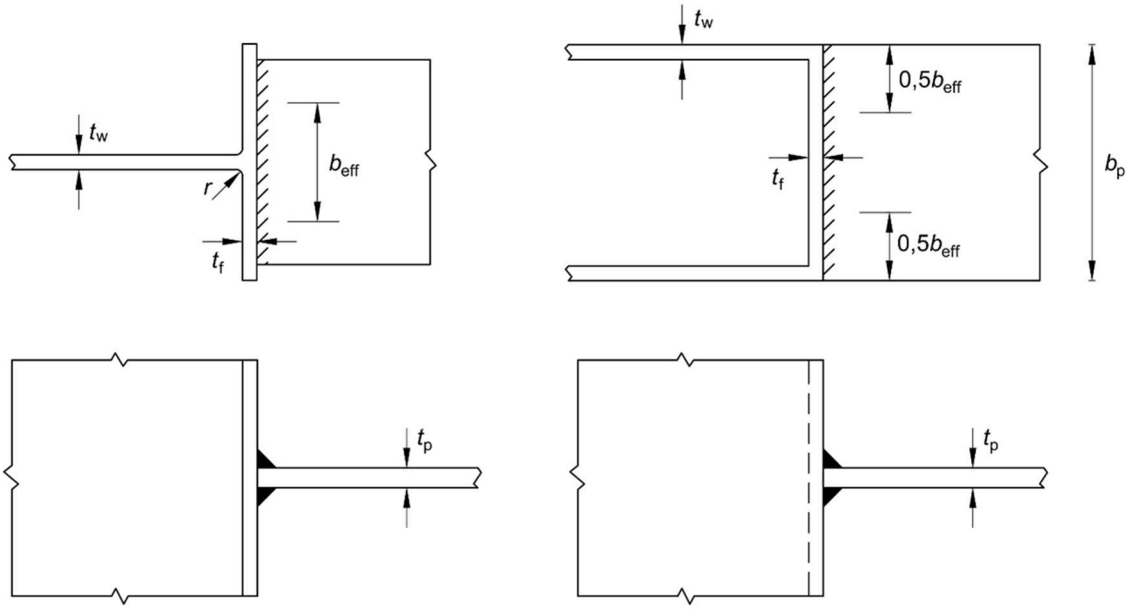
$k = \frac{t_f}{t_p}\frac{f_{y,f}}{f_{y,p}}$ – az összehegesztett elemek vastagság- és szilárdságarányától függő tényező,

ahol:

$f_{y,f}$ – az I vagy H szelvény övének folyáshatára,

$f_{y,p}$ – a felhegesztett lemez folyáshatára,

a további méreteket a *7.8. ábra* mutatja be.



7.8. ábra – Merevítetlen T-kötés hatékony hossza
(Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4.8. ábrájának)

I és H szelvények esetén az alábbi feltételnek is teljesülnie kell:

$$b_{\text{eff}} \geq \frac{f_{y,p}}{f_{u,p}} b_p$$

ahol:

$f_{u,p}$ – a felhegesztett lemez szakítószilárdsága,

b_p – a felhegesztett lemez szélessége.

Amennyiben ez nem teljesül, akkor a kapcsolatot merevíteni kell.

Jogszá 2025. február 4.

Egyéb szelvények, például zárt szelvények vagy U szelvények esetén, ha a felhegesztett lemez szélessége közel azonos az öv szélességével, akkor a hatékony szélesség:

$$b_{\text{eff}} = 2t_w + 5kt_f$$

Ha a hatékony szélesség kisebbre adódik, mint a felhegesztett lemez szélessége, akkor a varratot a $b_p t_p f_{y,p} / \gamma_{M0}$ ellenállásra kell méretezni, egyenletes feszültségeloszlást feltételezve.

Merevítetlen T-kötést közúti terhet viselő kapcsolatban nem szabad alkalmazni.

7.2.7. Hosszú csomópontok

Hosszú átlapolt kötések esetén a varrat ellenállását a β_{LW} szorzótényezővel csökkenteni kell a varrat hossza mentén kialakuló egyenlőtlen feszültségeloszlás miatt, kivéve ha a varrat feszültségeloszlása megegyezik az alapanyag feszültségeloszlásával (pl. gerinclemezes tartó övét és gerincét összekötő nyakvarrat). Ha a varrathossz meghaladja $150a$-t, akkor a csökkentéshez általános esetben $\beta_{LW,1}$-et kell figyelembe venni. De ha a varrathossz 1,7 méternél is hosszabb és a varrat keresztirányú merevítőket kapcsol lemezekből hegesztett szerkezethez, akkor $\beta_{LW,2}$-vel kell számolni:

$$\beta_{LW,1} = 1{,}2 - \frac{0{,}2L_j}{150a} \leq 1{,}0 \text{ és } \beta_{LW,2} = 1{,}1 - \frac{L_w}{17}, \text{ de } 0{,}6 \leq \beta_{LW,2} \leq 1{,}0$$

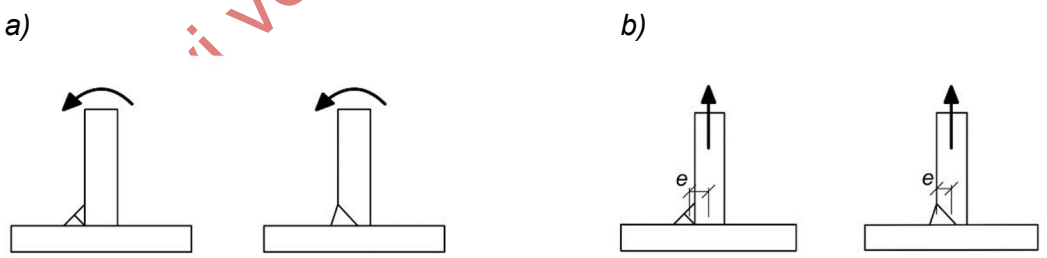
ahol:

L_j – az átlapolás teljes hossza az erőátadás irányában, m

L_w – a varrat hossza, m.

7.2.8. Külpontosan terhelt egyoldali sarokvarratok vagy egyoldali részleges beolvadású tompavarratok

Ahol lehet, ott el kell kerülni a varratok külpontos terhelését. Ugyanakkor a helyi külpontosságokat figyelembe kell venni, ha (i) a varrat hossztengelye körüli hajlítónyomaték, vagy (ii) a varrat hossztengelyére merőlegesen ható húzóerő által okozott hajlítónyomaték a varrat gyökpontjában húzást okoz *(7.9. ábra)*.



7.9. ábra – Külpontos terhelés esetei (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4.9. ábrájának); a) Hajlítónyomaték, mely húzást okoz a varrat gyökpontjában, b) Húzóerő, mely húzást okoz a varrat gyökpontjában

Külpontosan terhelt egyoldali sarokvarratok vagy egyoldali részleges beolvadású tompavarratok tervezése hídszerkezeteknél kerülendő. Kivételt képez az ortotrop pályalemez trapézbordáinak egyoldalról hegesztett mélybeolvadású fél Y nyakvarrata.

7.2.9. Egyik száránál kapcsolt szögacél

Egyik szárukon kapcsolt szögacélok ellenállása általános esetben meghatározható központosan terhelt elemként, a teljes keresztmetszeti terület figyelembevételével, de rövidebbik szárán kapcsolt

Jogi véleményezésre 2025. február 4.

egyenlőtlen szárú szögacélok esetén a keresztmetszeti ellenállás meghatározásához csak a rövidebb szármérettel egyező egyenlő szárú szögacél keresztmetszeti területe vehető figyelembe (kihajlási ellenállás meghatározásához azonban továbbra is a teljes keresztmetszet alkalmazható). A bekötő varrat méretezésénél a külpontosságot figyelembe kell venni.

Ez az eljárás hidak közúti terhet viselő elemeinél nem alkalmazható.

7.2.10. Hegesztés hidegalakítási zónában

Hidegalakítási zónában és annak $5t$ hosszon belüli környezetében csak akkor szabad hegeszteni,

(i) ha a hidegen alakított zónát hegesztés előtt normalizálják, vagy

(ii) ha az r/t ekerekítési sugár – falvastagság arány megfelel a *7.9. ábra* szerinti értékeknek,

vagy

(iii) ha a szelvények kialakítása megfelel az MSZ EN 10 219 szabványsorozat előírásainak a falvastagságuk nem nagyobb, mint 12,5 mm, alumíniummal vannak csillapítva, acélminőségük J2H, K2H, MH, MLH, NH vagy NLH, és összetételük megfelel a következőknek: C ≤ 0,18%, P ≤ 0,020% és S ≤ 0,012%,

vagy

(iv) ha kísérletek igazolják a hegeszthetőséget.

7.9. táblázat – Feltételek hidegen alakított zónák és szomszédos elemrészek hegesztésére (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4.2. táblázatának)

r/t	**Hidegalakítás hatására bekövetkező alakváltozás [%]**	**Legnagyobb vastagság [mm]**		
		Általános esetben		**Alumíniummal, teljesen csillapított acél (Al ≥ 0,02%)**
		Dominánsan statikus teher	**Dominánsan fárasztóteher**	
≥ 25	≥ 2	nincs korlát	nincs korlát	nincs korlát
≥ 10	≥ 5	nincs korlát	16	nincs korlát
≥ 3	≥ 14	24	12	24
≥ 2	≥ 20	12	10	12
≥ 1,5	≥ 25	8	8	10
≥ 1	≥ 33	4	4	6

7.3. Kapcsolatok erőtani számítása, osztályozása és modellezése

7.3.1. Globális erőtani számítás

7.3.1.1. Általános előírások

A kapcsolati kialakítás hatását figyelembe kell venni a teljes szerkezet belső erőinek, nyomatékainak és alakváltozásinak meghatározásakor, kivéve, ha ezek a hatások eléggé kicsik. Ennek eldöntésére az alábbi három egyszerűsített csomóponti osztály egyikét kell feltételezni:

- egyszerű: a csomópont hajlítónyomaték átvitelére nem képes,
- folytatólagos: a csomópont viselkedése nincs hatással az erőtani számításra,
- részlegesen folytatólagos: a csomópont viselkedését figyelembe kell venni a teljes szerkezet erőtani számításában.

A csomóponti osztály és a globális erőtani számítás típusa függvényében a 7.10. táblázat adja meg, hogy a csomópontot milyen módon lehet modellezni. A csomópontok tervezési nyomaték-elfordulás

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

összefüggését olyan görbével lehet egyszerűsíteni, mely a teljes tervezési nyomaték-elfordulás görbét alulról közelíti.

7.10. táblázat – Csomóponttípusok modelljei
(Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 5.1. táblázatának)

A globális erőtani számítás módszere	**Csomóponti osztály**		
	Egyszerű	**Folytatólagos**	**Részlegesen folytatólagos**
Rugalmas	Névlegesen csuklós	Merev	Félmerev
Merev-képlékeny	Névlegesen csuklós	Teljes szilárdságú	Részleges szilárdságú
Rugalmas-képlékeny	Névlegesen csuklós	Merev és teljes szilárdságú	Félmerev és részleges szilárdságú
			Félmerev és teljes szilárdságú
			Merev és részleges szilárdságú

7.3.1.2. Rugalmas globális erőtani számítás

A csomópontokat az elfordulási merevségük alapján kell osztályozni (7.3.2.2. pont) A csomópontoknak kellő teherbírásúaknak kell lenniük, hogy a globális erőtani számítás alapján meghatározott erőket és nyomatékokat továbbítani tudják. Félmerev kapcsolatok esetén az erőtani számításhoz szükséges kapcsolati merevségre a kezdeti $S_{j,\mathrm{ini}}$ elfordulási merevséget lehet felvenni, ha $M_{j,Ed} \leq 2/3 M_{j,Rd}$, ellenkező esetben az $M_{j,Ed}$ nyomatékhoz tartozó S_j elfordulási merevséget kell használni. Ez utóbbi helyett egyszerűsítésként $S_{j,\mathrm{ini}}/\eta$ alkalmazható, ahol η merevségmódosító tényezőt a *7.11. táblázat* alapján kell felvenni. I és H szelvények esetén az S_j értékét a 7.4. pont adja meg.

S460-nál magasabb szilárdságok esetén, ha a 7.4. pontban rugalmas globális erőtani számítás van alkalmazva, akkor részleges szilárdságú kapcsolat akkor vehető figyelembe, ha a kapcsolat ellenállása meghaladja a kapcsolt elemekben ébredő belső erőket és nyomatékokat. Ekkor a kapcsolat ellenállását úgy kell meghatározni, hogy az egyes komponensek közt az erők rugalmas alapon oszlanak meg.

7.11. táblázat – Merevségmódosító tényező, η (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 5.2. táblázatának)

A kapcsolat típusa	**Oszlop-gerenda kapcsolat**	**Más típusú kapcsolat (gerenda-gerenda, gerendaillesztés, oszloptalp)**
Hegesztett	2	3
Csavarozott homloklemezes	2	3
Csavarozott övbekötő szögacélos	2	3,5
Talplemezes	-	3

7.3.1.3. Merev-képlékeny globális erőtani számítás

A csomópontokat a szilárdságuk alapján kell osztályozni (7.3.2.3. pont). A csomópontoknak kellő elfordulási képességgel kell rendelkezniük, hogy a globális erőtani számítás alapján meghatározott elfordulások létrejöhessenek. I és H szelvények esetén a teherbírás és az elfordulási képesség a 7.4. pont alapján határozható meg. Zárt szelvények csomópontjai esetén a 7.5. pontban megadott módszer használandó. Merev-képlékeny globális erőtani számítás nem alkalmazható S460-nál magasabb szilárdságok esetén.

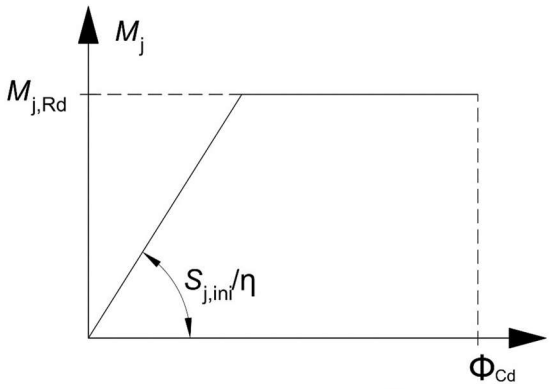
7.3.1.4. Rugalmas-képlékeny globális erőtani számítás

A csomópontokat az elfordulási merevségük (7.3.2.2. pont) és szilárdságuk (7.3.2.3. pont) alapján is osztályozni kell. I és H szelvények esetén a teherbírás, az elfordulási merevség és az elfordulási

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

képesség ϕ_{Cd} a 7.4. pont alapján határozható meg. Zárt szelvények csomópontjai esetén a 7.5. pontban megadott módszer használandó. A globális erőtani számítás során a belső erők és nyomatékok meghatározásához a csomópont tényleges nyomaték-elfordulás összefüggését kell figyelembe venni, egyszerűsítésként használható a *7.10.* ábrán látható bilineáris tervezési nyomaték-elfordulás görbe. Rugalmas-képlékeny globális erőtani számítás nem alkalmazható S460-nál magasabb szilárdságok esetén.

S460-nál magasabb szilárdságok esetén, ha a 7.4. pontban nemlineáris-képlékeny globális erőtani számítás alkalmazása esetén az elemek részleges képlékenyedése figyelembe van véve a képlékeny zónában, akkor a szerkezeti elemek közti kapcsolat teljes szilárdságú kapcsolaton kell alapuljon. Ekkor a kapcsolat ellenállását úgy kell meghatározni, hogy az egyes komponensek közt az erők rugalmas alapon oszlanak meg.



7.10. ábra – Egyszerűsített bilineáris nyomaték-elfordulás összefüggés
(Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 5.2. ábrájának)

7.3.2. Csomópontok osztályozása

7.3.2.1. Általános előírások

Minden csomópont szerkezeti részleteinek teljesíteniük kell a vonatkozó tervezési módszer feltételezéseit anélkül, hogy a szerkezet többi részére hátrányos hatással lenne.

7.3.2.2. Osztályozás elfordulási merevség alapján

Merevség szempontjából a csomópont lehet merev, félmerev vagy névlegesen csuklós. A csomópontok osztályozását el lehet végezni az $S_{j,\mathrm{ini}}$ kezdeti elfordulási merevség alapján, vagy alternatív módon kísérleti eredmények alapján, vagy hasonló csomópontok viselkedéséből levont tapasztalatok alapján. $S_{j,\mathrm{ini}}$ értékének meghatározására a I és H szelvényekre a 7.4. pont ad meg eljárást, zárt szelvényekre jelen előírás ajánlást nem tartalmaz.

7.3.2.2.1. Névlegesen csuklós csomópontok

Akkor tekinthető a csomópont névlegesen csuklósnak, ha $S_{j,\mathrm{ini}} \leq 0{,}5EI_b/L_b$ ahol I_b a gerenda inercianyomatéka és L_b a gerenda fesztávolsága az oszlopok tengelyei között mérve. Az ilyen csomópontokat úgy kell megtervezni, hogy a belső erőket továbbítani tudják anélkül, hogy olyan jelentős nyomatékok lépnének fel, amelyek kedvezőtlenül befolyásolnák a szerkezeti elemeket vagy a teljes szerkezetet, továbbá megfelelő elfordulási képességgel kell rendelkezniük, hogy kialakuljanak a tervezési terhekből keletkező elfordulások.

7.3.2.2.2. Merev csomópontok

Akkor tekinthető a csomópont merevnek, az oszloptalpakat kivéve, ha $S_{j,\mathrm{ini}} \geq \mathrm{k}_b EI_b/L_b$ ahol $k_b = 8$ olyan keretek esetén, ahol a merevítőrendszer legalább 80 százalékkal csökkenti a vízszintes eltolódásokat, ellenkező esetben $k_b = 25$, ha az adott szint tetején lévő összes gerenda I_b/L_b értékeinek az átlaga legalább akkora, mint az adott szinten lévő összes oszlop I_c/L_{bc} értékei

Jogszabályi véleményezési 2015. február 4.

átlagának a 10 százaléka. Ha ez utóbbi feltétel nem teljesül, akkor a csomópontot félmerevnek kell tekinteni.

Az oszloptalpak akkor tekinthetőek merevnek, ha teljesülnek a *7.12. táblázat* szerinti feltételek, miközben a merevítőrendszer legalább 80 százalékkal csökkenti a vízszintes eltolódásokat, ellenkező esetben az oszloptalp merevnek tekinthető, ha $S_{j,\mathrm{ini}} \geq 30EI_c/L_c$ ahol I_c az oszlop inercianyomatéka és L_c az oszlopra vonatkozó emeletmagasság.

A merev csomópontokról feltételezhető, hogy a teljes folytonosságon alapuló erőtani számításnak megfelelő az elfordulási merevségük.

7.12. táblázat – Különböző karcsúságú oszlopok oszloptalpainak merevségi feltételei

Oszloptípus		Feltétel
Zömök oszlop	$\boldsymbol{\lambda_0} \leq 0{,}5$	–
Közepesen karcsú oszlop	$0{,}5 < \boldsymbol{\lambda_0} < 3{,}93$	$\boldsymbol{S_{j,\mathrm{ini}} \geq 7(2\lambda_0 - 1)\, EI_c/L_c}$
Karcsú oszlop	$\boldsymbol{\lambda_0} \geq 3{,}93$	$\boldsymbol{S_{j,\mathrm{ini}} \geq 48\, EI_c/L_c}$

7.3.2.2.3. Félmerev csomópontok

Félmerev csomópontoknak tekintendő minden olyan eset, ami nem sorolható be se névlegesen csuklós, se merev kategóriába, de tekinthetőek félmerevnek azok a csomópontok is, melyek elvileg besorolhatók bármelyik korábbi kategóriába. A félmerev csomópontoknak képesnek kell lenniük a belső erők és nyomatékok átvezetésére. S460-nál magasabb szilárdságok esetén félmerev csomópontot nem szabad figyelembe venni.

7.3.2.3. Osztályozás szilárdság alapján

Szilárdság szempontjából a csomópont lehet teljes szilárdságú, részleges szilárdságú vagy névlegesen csuklós. A csomópontok osztályozását a kapcsolat és a kapcsolódó szerkezeti elem nyomatéki ellenállásának összehasonlítása alapján kell elvégezni.

7.3.2.3.1. Névlegesen csuklós csomópontok

Akkor tekinthető a csomópont névlegesen csuklósnak, ha a csomópont nyomatéki ellenállása nem nagyobb, mint a teljes szilárdságú kapcsolathoz szükséges nyomatéki ellenállás negyede, és közben az elfordulási képessége megfelelő. Az ilyen csomópontokat úgy kell megtervezni, hogy a belső erőket továbbítani tudják anélkül, hogy olyan jelentős nyomatékok lépnének fel, amelyek kedvezőtlenül befolyásolnák a szerkezeti elemeket vagy a teljes szerkezetet, továbbá megfelelő elfordulási képességgel kell rendelkezniük, hogy kialakuljanak a tervezési terhekből keletkező elfordulások.

7.3.2.3.2. Teljes szilárdságú csomópontok

Teljes szilárdságú csomópont nyomatéki ellenállása nem lehet kisebb, mint a kapcsolódó szerkezeti elem nyomatéki ellenállása. Oszlop tetején lévő csomópont akkor tekinthető teljes szilárdságúnak, ha a csomópont ellenállása nem kisebb, mint a csatlakozó oszlop és gerenda képlékeny nyomatéki ellenállásának tervezési értéke. Oszlop közbenső csomópontja akkor tekinthető teljes szilárdságúnak, ha a csomópont ellenállása nem kisebb, mint

- a csatlakozó gerenda képlékeny nyomatéki ellenállásához tartozó tervezési érték és
- a csatlakozó oszlop képlékeny nyomatéki ellenállásához tartozó tervezési érték duplája.

7.3.2.3.3. Részleges szilárdságú csomópontok

Részleges szilárdságú csomópontoknak tekintendő minden olyan eset, ami nem sorolható be se névlegesen csuklós, se teljes szilárdságú kategóriába.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

7.3.3. Oszlop-gerenda csomópontok modellezése

Keretszerkezet oszlop-gerenda csomópontjainak modellezésére az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 5.3. szakasza ad iránymutatást.

7.4. H és I szelvények szerkezeti csomópontjainak vizsgálata

H és I szelvények szerkezeti csomópontjainak részletes tervezési előírásai az MSZ EN 1993-1-8 szabványkötet 6. fejezetében találhatók.

7.5. Zárt szelvények szerkezeti csomópontjainak vizsgálata

Zártszelvények szerkezeti csomópontjainak részletes tervezési előírásai az MSZ EN 1993-1-8 szabványkötet 7. fejezetében találhatók.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8. FÁRADÁSVIZSGÁLAT

8.1. Általános elvek

Fáradásra való méretezés során a szerkezeti elemeket úgy kell tervezni, hogy a teljes tervezési élettartam alatt elfogadható valószínűséggel, megfelelően üzemeljenek. Ez a feltétel a 8. fejezet szerinti tervezéssel teljesíthető.

A fáradási méretezéshez a 8.5. pont szerinti fárasztóhatásokat kell figyelembe venni, melyek különböznek a teherbírási és használhatósági határállapotoknak megfelelő terhektől.

A 8. fejezet által nem tartalmazott szerkezeti részletek esetén a fáradási szilárdság meghatározásához fáradási kísérletek végezhetők. Továbbá prototípusok fáradási élettartamát is fáradási kísérletek végrehajtásával lehet meghatározni. A kísérletek végrehajtását és kiértékelését az MSZ EN 1990 szabvány alapján kell elvégezni.

A 8. fejezetben leírt fáradási vizsgálati módszerek elvi alapja az igénybevételekből származó feszültségek és a fáradási szilárdságok összehasonlítása. Az összehasonlítás csak akkor tekinthető megfelelőnek, ha a fárasztóhatásokat a 8. fejezet szerinti fáradási szilárdsági paraméterekkel határozzák meg.

8.2. Vizsgálandó elemek és részletek

Közúti hidak esetén nem kell fáradásvizsgálatot végezni az alábbi esetekben:

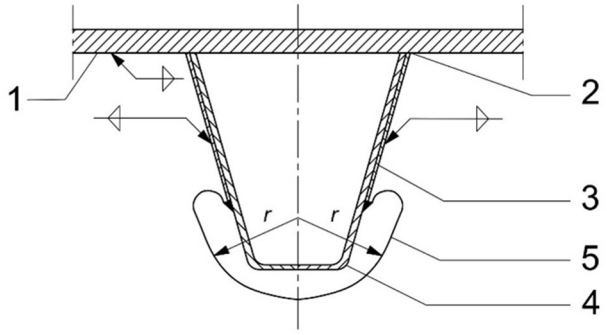
- gyalogoshidakon és olyan hidakon, amelyek túlnyomórészt statikusan terheltek, és ha e hidakon vagy részeinél a szél vagy a gyalogosok által keltett vibráció hatása elhanyagolható,
- közúti hidak olyan részein, amelyekben a forgalom vagy a szél hatása elhanyagolható,
- közúti hidak ortotrop acél pályatábláin – ezen belül a pályalemez-pályalemez, a hosszborda-keresztartó, a hosszborda-pályalemez, hosszborda-hosszborda kapcsolaton – ha a pályatáblák kialakítása és hegesztése eleget tesz a 11.2.3. pontban előírt szerkesztési szabályoknak.

Ezt leszámítva a fáradásvizsgálatot a híd minden szerkezeti elemére el kell végezni, különös tekintettel az alábbiakra:

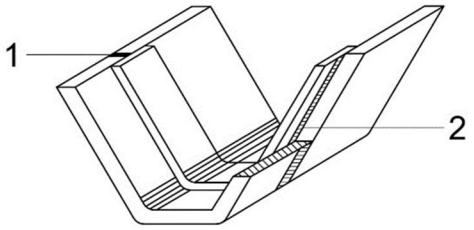
- hosszirányú merevítőbordákkal és keresztartókkal ellátott pályalemez esetén
  (i) a pályalemezre,
  (ii) a merevítőbordákra és
  (iii) a keresztartókra
  (amennyiben nem elégíti ki a szerkesztési szabályokat),
- csak keresztirányú merevítőbordákkal ellátott pályalemez esetén
  (i) a pályalemezt és
  (ii) a merevítőbordákat.

A fáradásra ellenőrizni szükséges kritikus területeket foglalja össze a *8.1.* a *8.2. ábra* és a *8.21. táblázat.*

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



8.1. ábra – Fáradás szempontjából kritikus területek (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.1. ábrájának); 1 – 1. terület, 2 – 2. terület, 3 – 3. terület, 4 – 4. terület (illesztés), 5 – 5. terület



8.2. ábra – Fém alátétlemezzel illesztett merevítőbordák fáradásra kritikus részletei (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.2. ábrájának); 1 – Tompavarrat, 2 – Folytonos fűzővarrat az alátétlemez teljes hosszán

8.3. Fáradásvizsgálati módszerek

A fáradásvizsgálatot:

- (i) károsodást megengedő vagy
- (ii) károsodást nem megengedő módszerrel (megbízhatósági szinten) lehet elvégezni.

A módszereket részletesen a VHSz H.1.2. utasítás 8.2.2.1. szakasza mutatja be.

Az elfogadható biztonsági szintet a fáradási szilárdság γ_{Mf} parciális tényezőjének megfelelő megválasztásával lehet biztosítani, az alkalmazott tervezési módszer és a tönkremenetel következményének nagysága függvényében, a *8.1. táblázatnak* megfelelően. A γ_{Mf} parciális tényező megválasztásához a következőket lehet figyelembe venni:

A „károsodást megengedő” megbízhatósági szint abból a feltételezésből indul ki, hogy a szerkezet élettartama alatt repedés kialakulhat a szerkezeten, de a rendszeres felügyeleti tevékenység során még azelőtt felfedezik ezeket, mielőtt elérnék a kritikus méretüket. Ez a megközelítés azt is magában foglalja, hogy olyan rendszerességűnek kell lennie a vizsgálatoknak, hogy a repedés kialakulása és a kritikus repedésméret elérése között biztosan legyen legalább egy, megfelelő részletezettségű vizsgálat. A felügyeleti tevékenység megkívánt sűrűsége többek között a szerkezeti részlettől, a szerkezet stratégiai fontosságától és terhelésétől függ. A „károsodást megengedő” módszer a tervezésnél a „károsodást nem megengedő” módszernél alacsonyabb megbízhatósági szintet (kisebb parciális tényezőket) ír elő, és időszakos vizsgálatokkal, monitoring alkalmazásával garantálja a megfelelő biztonsági szintet a teljes élettartam alatt.

A „károsodást nem megengedő” megbízhatósági szinten tervezett szerkezetek esetén a szerkezet teljes tervezési élettartama alatt nem kell repedés megjelenésével számolni. Ezt általában olyan szerkezetek esetén szükséges alkalmazni, ahol az élettartam során nincs lehetőség a szerkezet

Jogszabályi véleményezésre . február 4.

felülvizsgálatára, az esetleges repedések detektálására. Valamint olyan szerkezeti elemek esetén is, ahol egy esetleges repedés nagyon súlyos következményekkel járna. Ez az eljárás olyan magas biztonsági szint alkalmazását írja elő a tervezésnél, ami garantálja, hogy a szerkezet tervezési élettartamáig ne következzen be fáradt repedés a vizsgált szerkezeti részletben.

A fáradásvizsgálati módszer a fáradási ellenállást fáradási szilárdsági görbékkel adja meg, melyek figyelembe veszik a metallurgiai és a geometriai hibák hatásait is. A szokásos szerkezeti részletekre a névleges feszültségek alkalmazandók, míg referenciahegesztési kialakításoknál a geometriai feszültségeket kell alkalmazni. A bemutatott fáradásra érzékeny szerkezeti részletek ismertetésénél a repedés kialakulásának valószínű helye is ábrázolva van.

8.1. táblázat – A fáradási szilárdság parciális tényezőinek javasolt értékei (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 3.1. táblázatának)

Vizsgálati módszer	A tönkremenetel következménye	
	enyhe	súlyos
Károsodást megengedő	1,00	1,15
Károsodást nem megengedő	1,15	1,35

8.4. Biztonsági és egyéb tényezők

A fárasztóterhek parciális tényezője γ_{Ff} melynek ajánlott értéke 1,0.

A fáradási szilárdság parciális tényezője γ_{Mf}, melynek értékét a 8.1. táblázat adja meg.

Közúti fárasztó teherre alkalmazandó dinamikus tényező $\phi_2 = 1{,}0$, mert a fárasztó tehermodell a dinamikus hatást már tartalmazza.

8.5. Fárasztóterhek

A járműforgalom hatására keletkező fárasztóterhet az e-UT 07.01.12 alapján kell felvenni. Karcsú elemek esetén, a szél keltette rezgések hatására kialakuló fárasztóterhet az MSZ EN 1991-1-4 szabvány alapján kell felvenni.

8.6. Fárasztóhatásokból származó feszültségtartomány

8.6.1. Általános elvek

A 8.5. pontban meghivatkozott egyszerűsített fárasztóterhelést alkalmazva a következő eljárással határozható meg a fáradási feszültségtartomány. A hatásterületek kiértékelésével meg kell határozni a $\sigma_{p,\max}$ maximális és a $\sigma_{p,\max}$ minimális feszültséget, melyekből a feszültségspektrum által okozott károsodás meghatározására a $\Delta\sigma_p$ fáradási feszültségtartomány referenciaértékét az alábbi módon kell számítani:

$$\Delta\sigma_p = \left|\sigma_{p,\max} - \sigma_{p,\min}\right|$$

Nem hegesztett vagy feszültségmentesített hegesztett részletekben, ha a feszültségi ciklus részben vagy egészben nyomófeszültség, akkor egy csökkentett feszültségtartomány vehető figyelembe az átlagos feszültségnek a fáradási feszültségre gyakorolt hatása miatt az alábbiak szerint:

- ha mindkét érték nyomás: $\Delta\sigma_p = 0{,}6\left|\sigma_{p,\max} - \sigma_{p,\min}\right|$
- lengő feszültség esetén: $\Delta\sigma_p = \sigma_{p,\max,\text{húzás}} + 0{,}6\left|\sigma_{p,\max,\text{nyomás}}\right|$

A megadott módszer alternatívájaként a feszültségspektrumokat meg lehet határozni a fárasztó járműteherből származó feszültségtörténet kiértékeléséből.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

A megadott módszer alternatívájaként a feszültségspektrumokat meg lehet határozni a fárasztó járműteherből származó feszültségtörténet kiértékeléséből, melyet a VHSz H.1.2. utasítás 8.2.2. szakasza részletez.

A feszültségeket használhatósági határállapot figyelembevételével kell meghatározni. A 4. osztályú keresztmetszeteket a 6.5. pont alapján kell számítani (lásd még 5.1.4. pont).

A fáradásvizsgálat során a 8.6.2. pont szerinti névleges feszültségtartományokat kell alkalmazni minden, a *8.12–8.20. táblázat* által megadott részletetek esetén. A *8.22. táblázatban* szereplő kapcsolatok esetén a 8.6.3. pont szerinti geometriai feszültségtartományok alkalmazandók. Ettől eltérő esetekben (pl. a repedéskialakulás helyéhez közeli hirtelen keresztmetszet-változás esetén) a módosított névleges feszültségtartományokat kell alkalmazni.

A feszültségeket külön kell meghatározni és külön ellenőrzést kell végezni az alábbi feszültségkomponensekre:

- alapanyagban fellépő σ névleges normálfeszültségek,
- alapanyagban fellépő τ névleges nyírófeszültségek,
- hegesztési varratban a varrat tengelyére merőleges $\sigma_{wf} = \sqrt{\sigma_{\perp f}^2 + \tau_{\perp f}^2}$ normálfeszültségek,
- hegesztési varratban a varrat tengelyével párhuzamos $\tau_{wf} = \tau_{\parallel f}$.

A feszültségtartomány tervezési értékére a $N_c = 2 \cdot 10^6$ ismétlődésszámhoz tartozó $\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}$ feszültségtartományt kell felvenni az alábbiak szerint:

8.6.1.1. Névleges feszültségtartomány esetén

$$\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2} = k_f \cdot \prod_n \lambda_i \cdot \Delta\sigma(\gamma_{Ff}Q_k)$$

$$\gamma_{Ff}\Delta\tau_{E,2} = k_f \cdot \prod_n \lambda_i \cdot \Delta\tau(\gamma_{Ff}Q_k)$$

ahol:

$\Delta\sigma(\gamma_{Ff}Q_k)$ *és* $\Delta\tau(\gamma_{Ff}Q_k)$ – a fárasztóteher által okozott feszültségtartomány,

λ_i – az egyenértékű károsodási tényezők a 8.7.3. pont szerint meghatározva.

8.6.1.2. Módosított névleges feszültségtartomány esetén

$$\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2} = k_f \cdot \prod_n \lambda_i \cdot \Delta\sigma(\gamma_{Ff}Q_k)$$

$$\gamma_{Ff}\Delta\tau_{E,2} = k_f \cdot \prod_n \lambda_i \cdot \Delta\tau(\gamma_{Ff}Q_k)$$

ahol:

k_f – a feszültségkoncentrációs tényező a szerkezeti részlet geometriájának következtében fellépő, de a referencia $\Delta\sigma_r - N$ görbe által figyelembe nem vett helyi feszültségnövekedés figyelembevételére. Értéke meghatározható szakkönyvekből vagy végeselemes-számításokból.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8.6.1.3. Zárt keresztmetszetek hegesztett kapcsolatai esetén egyszerűsített modell szerint:

$$\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2} = k_1\left(\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}^{*}\right)$$

ahol:

$\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}^{*}$ – a feszültségtartomány csuklós kapcsolatú, egyszerűsített rácsostartó-modellel számított tervezési értéke,

k_1 – a *8.2. és 8.3. táblázat* szerinti növelő tényező.

8.6.1.4. Geometriai feszültségtartomány esetén

$$\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2} = k_1\left(\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}^{*}\right)\cdot$$

k_f – a korábban bevezetett feszültségkoncentrációs tényező.

8.6.2. Névleges feszültségtartomány

A névleges feszültséget azon a helyen kell számítani, ahol a fáradási repedés várhatóan kialakul. A névleges feszültségek meghatározásához minden igénybevétel hatását figyelembe kell venni, beleértve az alaki torzulást is. A szerkezeti elemek és kapcsolatok erőtani vizsgálata lineárisan rugalmas kell legyen.

Zárt szelvényekből kialakított rácsos tartók esetén lehetőség van egyszerűsített, csuklós kapcsolatú modellt használni, ha figyelembe vesszük a rudakra a csomópontok között ható külső terhelésből származó feszültségeket is. A kapcsolat merevsége által okozott másodlagos nyomatékok hatásait a k_1 tényezők használatával lehet számításba venni. Ezek értékeit csőszelvényekre a *8.2. táblázat* adja meg, téglalap keresztmetszetű zárt szelvényekre a *8.3. táblázat*, ezekre a szelvényekre érvényesnek kell lennie a *8.18. táblázat* szerinti geometriai korlátozásoknak.

Hidak fáradásvizsgálata esetén a feszültségek meghatározásához a hosszirányú merevítőbordákat a szerkezetbe integráltan kell vizsgálni, vagy egyszerűsítésként rugalmasan ágyazott folytatólagos tartókként is vizsgálhatók.

A kereszttartók vizsgálatakor a kivágások és bordakivágások hatását figyelembe kell venni. Ha a kereszttartókban a *8.3. ábra* szerinti kivágások vannak, az igénybevételek egy Vierendeel-modell segítségével meghatározhatók (ahol a pályalemez és a kereszttartó kivágások alatti része alkotja az öveket és a kivágások közötti területek az összekötő oszlopokat).

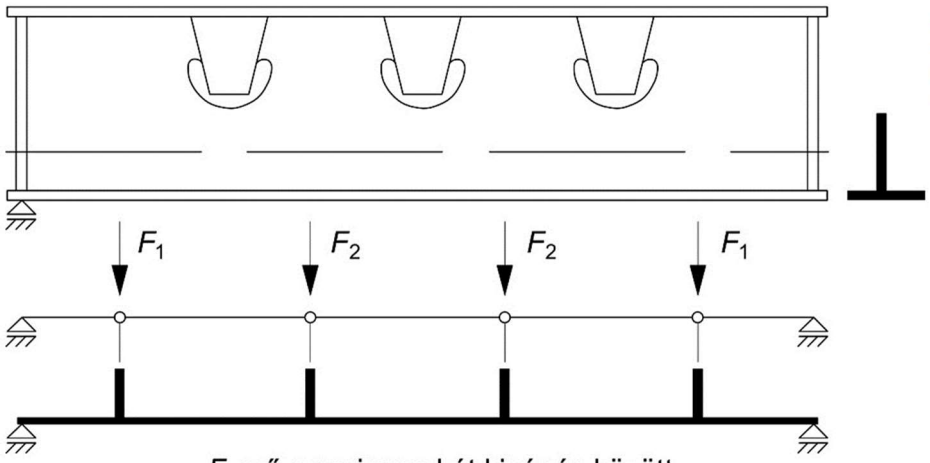
8.2. táblázat – k_1 tényezők a rácsos tartó síkjában terhelt csőszelvényekre (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 4.1. táblázatának)

A csomópont típusa		Övek	Oszlopok	Rácsrudak
Hézagos	K típus	1,5	-	1,3
	N típus / KT típus	1,5	1,8	1,4
Átfedő	K típus	1,5	-	1,2
	N típus / KT típus	1,5	1,65	1,25

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8.3. táblázat – k_1 tényezők a rácsos tartó síkjában terhelt téglalap keresztmetszetű zárt szelvényekre (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 4.2. táblázatának)

A csomópont típusa		Övek	Oszlopok	Rácsrudak
Hézagos	K típus	1,5	-	1,5
	N típus / KT típus	1,5	2,2	1,6
Átfedő	K típus	1,5	-	1,3
	N típus / KT típus	1,5	2,0	1,4



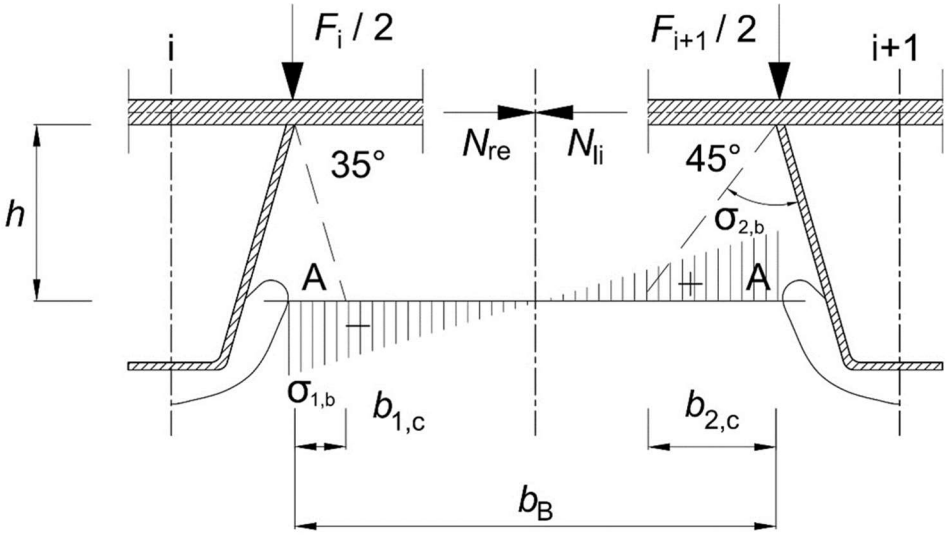
F_i erő a gerincen két kivágás között

8.3. ábra – Vierendeel-modell kereszttartókra (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.3. ábrájának)

A kereszttartóra alkalmazott modell vizsgálatakor a következőket kell számításba venni:

- a kereszttartó és a főtartógerincek keresztirányú merevítőbordáinak kapcsolatai olyanok legyenek, hogy a kialakuló keresztirányú keret folytonos legyen,
- a Vierendeel-tartók komponenseinek nyomatékból, normálerőből és nyíróerőből származó deformációjának hozzájárulása a teljes deformációhoz,
- a pályalemez és a kereszttartó gerince közötti nyírás hatásai a *8.4. ábra* szerinti kritikus keresztmetszetek normál- és nyírófeszültségeire,
- a merevítőbordákról a gerincre jutó helyi erőbevezetés hatása,
- a vízszintes és a függőleges nyírásból származó nyírási feszültségek a 8.4. ábra szerinti kritikus metszetben.

Jogszabályi véleményezés



8.4. ábra – Feszültségeloszlás a bordakivágásnál (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.4. ábrájának)

A 8.4. ábra által bemutatott kritikus keresztmetszet normálfeszültsége a következőek szerint határozható meg:

$$\sigma_1 = \sigma_{1b} + \sigma_{1c}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{2b} + \sigma_{2c}$$

ahol:

$-\sigma_{1b} = \sigma_{2b} = \frac{M_{Ed}}{W}$ – a hajlításból eredő feszültségek,

$\sigma_{1c} = -\frac{F_i}{2A_{1c}}$ és $\sigma_{2c} = -\frac{F_{i+1}}{2A_{2c}}$ – a merevítőbordákról átadódó helyi teherből származó nyomófeszültségek,

$$W = \frac{1}{6} t b_B^2$$

$$A_{1c} = b_{1c} t$$

$$A_{2c} = b_{2c} t$$

V_{Ed} – a vízszintes nyíróerő,

$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot h$ – a kritikus metszetben ébredő hajlítónyomaték,

F_i és F_{i+1} – a merevítőbordákról átadódó erők,

t – a gerinclemez vastagsága.

8.6.3. Geometriai feszültségtartomány

Geometriai feszültségek számítása során a varratszegélyhez közel kialakuló meredek feszültségváltozás következtében kialakuló feszültségeket kell figyelembe venni. A geometriai feszültségek alapján végzett ellenőrzés az alábbi részletosztályok esetén alkalmazható a *8.22. táblázat* alapján:

(i) tompavarratok szegélyeinél,

jogszabályi véleményezésre 2025. tavasz 4.

(ii) sarokvarrattal kapcsolt kiegészítő elemek varratainak szegélyeinél és

(iii) kereszt alakú csomópontok sarokvarratainak szegélyeinél

kialakuló repedések esetén.

8.7. Feszültségek számítása

8.7.1. Káregyenértékű feszültségek

A feszültségspektrum által okozott kár kifejezhető a $2 \cdot 10^6$ ismétlésszámhoz tartozó $\Delta\sigma_{E2}$ egyenértékű feszültségtartománnyal:

$$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda\phi_2\Delta\sigma_p$$

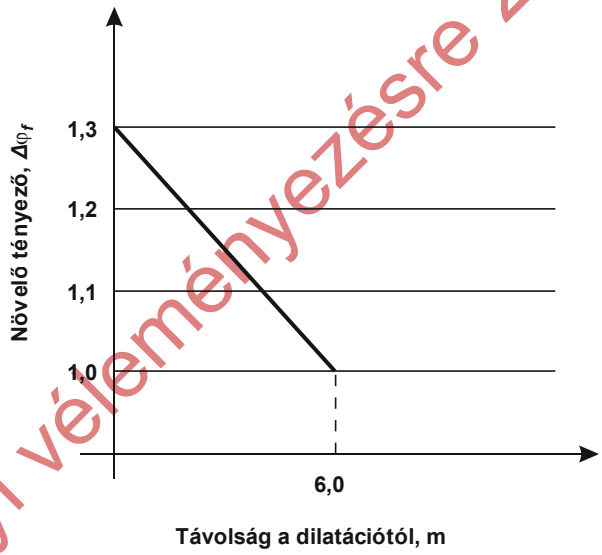
ahol:

λ – az egyenértékű károsodási tényező, mely értékét a 8.7.2. pont adja meg,

ϕ_2 – a 8.4. pont által megadott dinamikus tényező,

$\Delta\sigma_p$ – a 8.6. pontban definiált feszültségtartomány.

A dilatációs készülékek közelében egy további $\Delta\phi_r$ növelő tényezőt is figyelembe kell venni a dilatációtól való távolság függvényében, a *8.5. ábra* szerint.



8.5. ábra – $\Delta\phi_r$ növelő tényező

Azokban az esetekben, amikor a vizsgált szerkezeti elem részt vesz a híd globális (híd hajlítása) és lokális (belső elemek hajlítása) teherviselésében is, akkor a $\Delta\sigma_{fE2}$ számításakor a két hatást összegezni kell:

$$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda_{\text{loc}}\phi_{\text{loc}}\Delta\sigma_{\text{loc}} + \lambda_{\text{glo}}\phi_{\text{glo}}\Delta\sigma_{\text{glo}}$$

ahol:

$\phi_{\text{glo}} = \phi_2 = 1{,}00$

$\phi_{\text{loc}} = 1{,}00$

80 méternél nagyobb fesztávolságú hidaknál a globális hatás elhanyagolható.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8.7.2. A λ egyenértékű károsodási tényező közúti hidakra

80 méteres fesztávot nem meghaladó közúti hidak esetén a λ egyenértékű károsodási tényező az alábbi módon számítható:

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max}$$

ahol:

λ_1 – a járműforgalom károsító hatását kifejező (egyetlen jármű áthaladásakor keletkező fáradási ciklusok számára utaló) tényező, a mértékadó hatásvonal vagy terület hossza függvényében,

λ_2 – a forgalom nagyságától függő tényező,

λ_3 – a híd tervezési élettartamától függő tényező,

λ_4 – a többi sáv járműforgalmától függő tényező,

$\lambda_{\max}$ – a fáradási határt figyelembe vevő maximális λ érték.

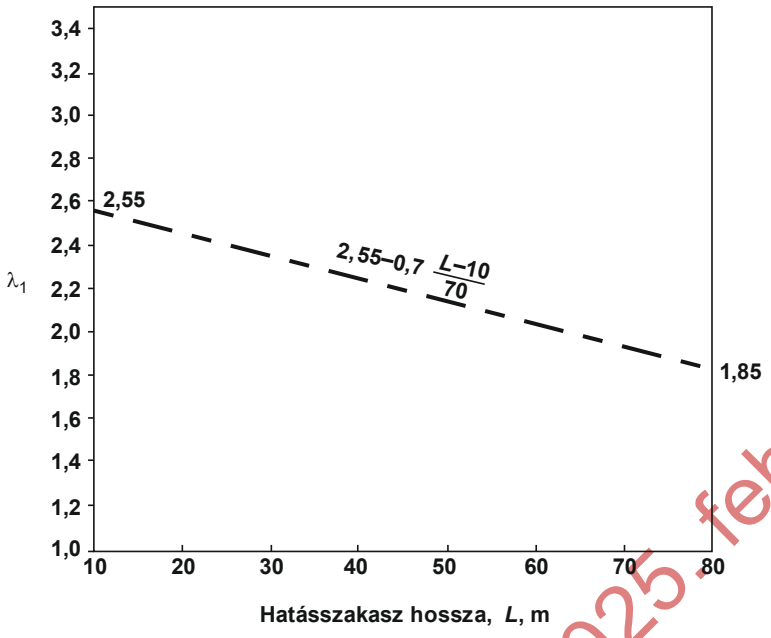
8.7.2.1. λ_1 értéke az alábbi egyenletek alapján számítható

- mezőközépen: $\lambda_1 = 2{,}55 - 0{,}7 \cdot \frac{L-10\text{m}}{70\text{m}}$,
- támasznál, ha $L \leq 30$ m: $\lambda_1 = 2{,}0 - 0{,}3 \cdot \frac{L-10\text{m}}{20\text{m}}$,
- támasznál, ha $L > 30$ m: $\lambda_1 = 1{,}7 - 0{,}5 \cdot \frac{L-30\text{m}}{50\text{m}}$

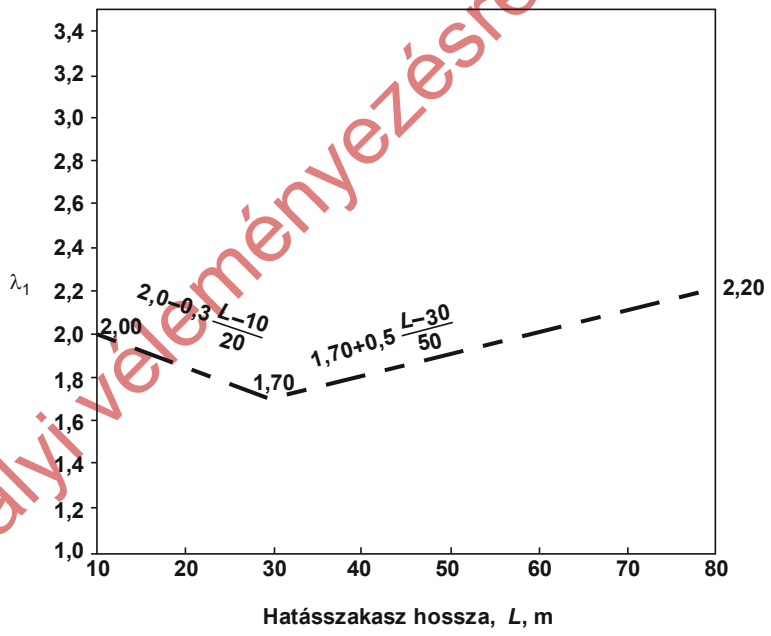
ahol L a hatásvonal vagy terület mértékadó hossza, melyet az alábbiak szerint kell meghatározni:

- nyomatékokra:
  - kéttámaszú tartó esetén az L támaszköz,
  - többtámaszú tartó esetén a közbenső támaszok $0{,}5 \cdot L$ nagyságú környezetében a támasszal szomszédos két támaszköz (L_i és L_j) átlaga,
  - többtámaszú tartó esetén minden más pozícióban (mezőközépen) az adott nyílás L_i támaszköze,
  - kereszttartók esetén a két szomszédos megtámasztott hossztartó/hosszborda támaszközének összege;
- nyírásra:
  - kéttámaszú tartó esetén az L támaszköz 0,4-szerese,
  - többtámaszú tartó esetén a közbenső támaszok $0{,}15 \cdot L$ nagyságú környezetében az adott nyílás L_i támaszköze,
  - többtámaszú tartó esetén minden más pozícióban (mezőközépen) az adott nyílás L_i támaszközének 0,4-szerese;
- reakcióerőkre:
  - végtámaszra a szomszédos L_i támaszköz,
  - közbenső támaszokra a támasszal szomszédos két támaszköz (L_i és L_j) átlaga;
- ívhidakra:
  - az ívre az ív támaszközének a fele,
  - függesztőre a függeszők közötti távolság kétszerese;
- L függvényében grafikusan ábrázolva 8.6. és 8.7. ábra.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



8.6. ábra – λ_1 értéke mezőben



8.7. ábra – λ_1 értéke támasz környezetében

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8.7.2.2. λ_2 értéke

$$\lambda_2 = \frac{\left(\frac{\sum n_i Q_i^5}{\sum n_i}\right)^{1/5}}{480\ \mathrm{kN}} \left(\frac{N_{Obs}}{5 \cdot 10^5}\right)^{1/5}$$

ahol:

N_{Obs} – a teherforgalmi sávban haladó összes teherautó éves száma

Q_i – a teherforgalmi sávban haladó i-edik teherautó bruttó súlya kN-ban, ezt a súlyt vagy forgalomszámlálási adatok alapján, vagy azok hiányában az MSZ EN 1991-2 szabvány 4.6.1. és 4.6.5. szakasza alapján kell felvenni,

n_i – a teherforgalmi sávban haladó Q_i bruttó súlyú teherautók éves száma, vagy forgalomszámlálási adatok alapján, vagy azok hiányában az MSZ EN 1991-2 szabvány 4.6.1. és 4.6.5. szakasza alapján kell felvenni.

A λ_2 képletében az első tag számlálója a teherautók átlagos bruttó súlya. Ennek és az éves forgalomnak a függvényében λ_2 értékeit a *8.4. táblázat* adja meg.

Más előírás hiányában a *8.5. táblázat* adataiból kell felvenni a forgalmi adatokat.

8.4. táblázat – λ_2 értéke

Átlagos teherautók, kN	N_{Obs} (10^6)							
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
200	0,362	0,417	0,452	0,479	0,500	0,519	0,535	0,550
300	0,544	0,625	0,678	0,712	0,751	0,779	0,803	0,825
400	0,725	0,833	0,904	0,957	1,001	1,038	1,071	1,100
500	0,907	1,042	1,130	1,197	1,251	1,298	1,338	1,374
600	1,088	1,250	1,356	1,436	1,501	1,557	1,606	1,649

8.5. táblázat – Tehergépkocsik becsült száma

Sorszám	Forgalmi kategória	N_{Obs} évente, sávonként
1.	Autópályák, autóutak irányonként két vagy több sávval, nagy tehergépkocsi-forgalommal	$2{,}0 \times 10^6$
2.	Autópályák, autóutak, főutak közepes tehergépkocsi-forgalommal	$0{,}5 \times 10^6$
3.	Főutak kis tehergépkocsi-forgalommal	$0{,}125 \times 10^6$
4.	Helyi utak kis tehergépkocsi-forgalommal	$0{,}05 \times 10^6$

8.7.2.3. λ_3 értéke

$$\lambda_3 = \left(\frac{t_{Ld}}{100\text{év}}\right)^{1/5}$$

ahol:

t_{Ld} – a híd tervezési élettartama, amire alapesetben 100 évet kell alkalmazni. (*8.6. táblázat*)

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8.6. táblázat – λ_3 kiszámított értékei

Tervezési élettartam, év						
50	60	70	80	90	100	120
0,871	0,903	0,931	0,956	0,979	1,00	1,037

8.7.2.4. λ_4 értéke

$$\lambda_4 = \left[1 + \frac{N_2}{N_1}\left(\frac{\eta_2 Q_{m2}}{\eta_1 Q_{m1}}\right)^5 + \frac{N_3}{N_1}\left(\frac{\eta_3 Q_{m3}}{\eta_1 Q_{m1}}\right)^5 + \cdots + \frac{N_k}{N_1}\left(\frac{\eta_k Q_{mk}}{\eta_1 Q_{m1}}\right)^5\right]^{1/5}$$

ahol:

k – a nehézgépjárművekkel terhelt sávok száma,

N_j – a j-edik sávban haladó teherautók éves száma,

Q_{mj} – a j-edik sávban haladó teherautók átlagos bruttó súlya,

η_j – keresztelosztási ábra értéke a j-edik sáv közepén,

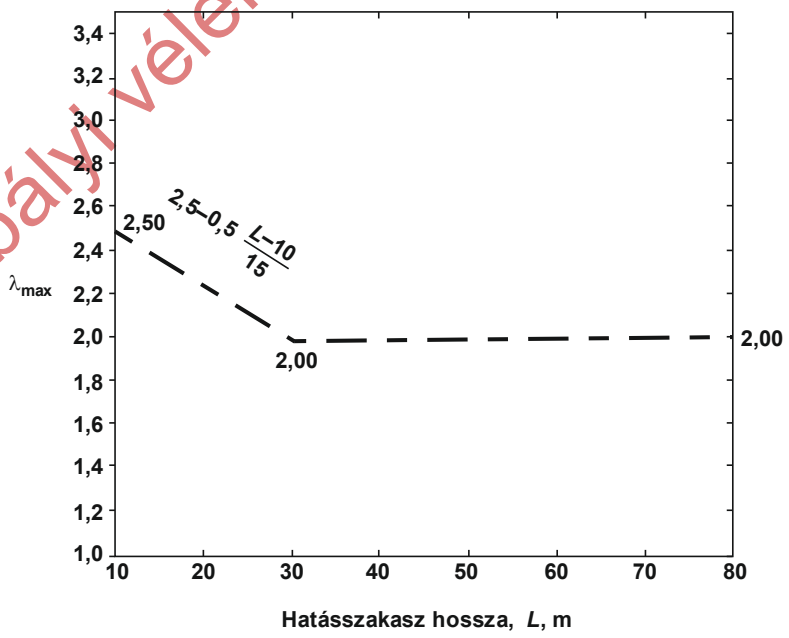
8.7.2.5. $\lambda_{\max}$ értéke:

- mezőben: $\lambda_{\max} = \max\left(2{,}5 - 0{,}5 \cdot \frac{L - 10\ \mathrm{m}}{15\ \mathrm{m}}; 2{,}0\right)$,
- támasznál: $\lambda_{\max} = \max\left(1{,}8 - 0{,}9 \cdot \frac{L - 30\ \mathrm{m}}{50\ \mathrm{m}}; 1{,}8\right)$

ahol:

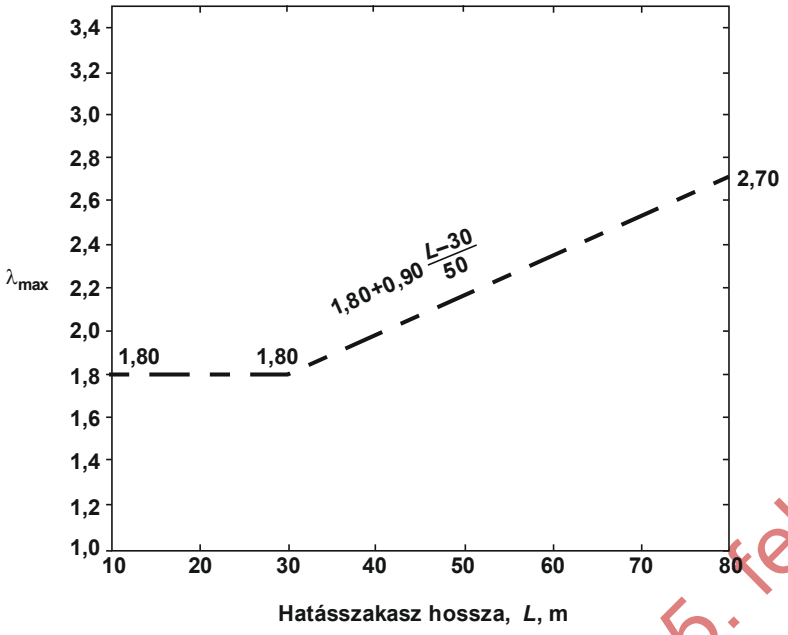
L – a hatásvonal vagy terület mértékadó hossza, m.

Grafikusan ábrázolva lásd a *8.8.* és *8.9. ábrán*. A mező és a támasz tartományának értelmezését lásd a *8.10. ábrán*.

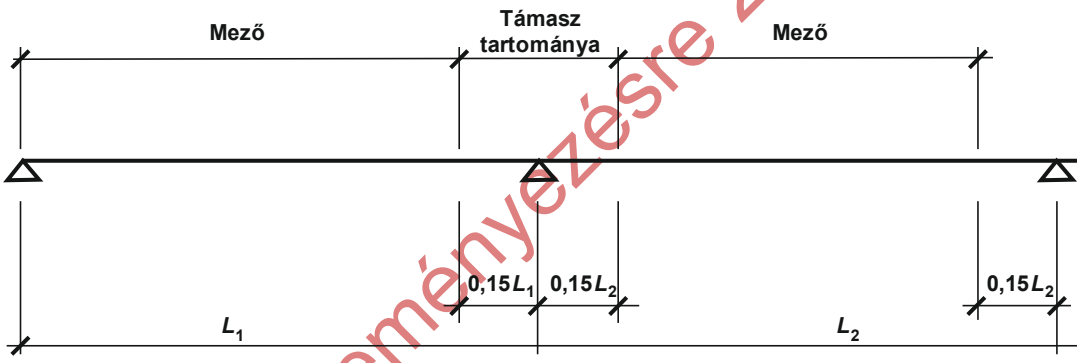


8.8. ábra – $\lambda_{\max}$ értéke mezőben

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



8.9. ábra – $\lambda_{\max}$ értéke támasz környezetében



8.10. ábra – Mező és támasz tartománya

8.7.3. A λ egyenértékű károsodási tényező vasúti hidakra

(Tájékoztatás városi villamosokhoz)

100 méteres fesztávot nem meghaladó vasúti hidak esetén a λ egyenértékű károsodási tényező:

$$\lambda = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3 \times \lambda_4 \leq 1{,}4$$

ahol:

λ_1 – a járműforgalom károsító hatását kifejező tényező, a mértékadó hatásvonal hosszának függvényében, a *8.7. táblázat* szerint,

λ_2 – a forgalom nagyságától függő tényező, a *8.8. táblázat* szerint,

λ_3 – a híd tervezési élettartamától függő tényező, a *8.9. táblázat* szerint,

λ_4 – a szerkezeti elemtől függő tényező, ha több mint egy pályáról kap terhelést, a *8.10. táblázat* szerint.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8.7. táblázat – λ_1 tényező értékei a mértékadó hatásvonal hosszának függvényében (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.3. és 9.4. táblázatának)

L **hatásvonal mértékadó hossza**	**λ_1 értékei**			
	szabványos vasúti forgalom	**25 tonnás tengelyterhelésű vasúti forgalom**	**többegységes gyorsvonatok és földalatti szerelvények**	
			9. típus	**10. típus**
0,5	1,60	1,65	0,97	1,00
1,0	1,60	1,65	0,97	1,00
1,5	1,60	1,65	0,97	1,00
2,0	1,46	1,64	0,97	0,99
2,5	1,38	1,55	0,95	0,97
3,0	1,35	1,51	0,85	0,94
3,5	1,17	1,31	0,76	0,85
4,0	1,07	1,16	0,65	0,71
4,5	1,02	1,08	0,59	0,65
5,0	1,03	1,07	0,55	0,62
6,0	1,03	1,04	0,58	0,63
7,0	0,97	1,02	0,58	0,60
8,0	0,92	0,99	0,56	0,60
9,0	0,88	0,96	0,56	0,55
10,0	0,85	0,93	0,56	0,51
12,5	0,82	0,90	0,55	0,47
15,0	0,76	0,92	0,50	0,44
17,5	0,70	0,73	0,46	0,44
20,0	0,67	0,68	0,44	0,43
25,0	0,66	0,65	0,40	0,41
30,0	0,65	0,64	0,37	0,42
35,0	0,64	0,65	0,36	0,44
40,0	0,64	0,65	0,35	0,46
45,0	0,64	0,65	0,35	0,47
50,0	0,63	0,66	0,36	0,48
60,0	0,63	0,66	0,39	0,48
70,0	0,62	0,66	0,40	0,49
80,0	0,61	0,66	0,39	0,49
90,0	0,61	0,66	0,39	0,48
100,0	0,60	0,66	0,40	0,48

A 8.7. táblázatban szereplő hatásvonal mértékadó hossza az alábbiak alapján vehető fel:

- nyomatékokra:
  - kéttámaszú tartó esetén az L támaszköz,
  - többtámaszú tartó esetén a közbenső támaszok $0{,}15L$ nagyságú környezetében a támasszal szomszédos két támaszköz (L_i és L_j) átlaga,
  - többtámaszú tartó esetén minden más pozícióban (mezőközépen) az adott nyílás L_i támaszköze,
  - a pályatartókat (vagy hossztartókat) alátámasztó keresztartók esetén a keresztartó által megtámasztott pályatartókkal közvetlenül szomszédos támaszközök összege,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

– csak keresztartók vagy keresztmerevítők által megtámasztott (azaz hosszirányú merevítők nélküli) pályalemezre, valamint keresztaljakat megtámasztó pályalemezre a lehajlási hatásábra hossza (figyelmen kívül hagyva az ábra felemelkedést jelző részeit), figyelembe véve a teherelosztásban a sínek merevségét is,
– legfeljebb 750 mm kiosztású keresztaljak esetén 3 m plusz a keresztaljak távolságának kétszerese;

- nyírásra:
  – kéttámaszú tartó esetén az L támaszköz 0,4-szerese,
  – többtámaszú tartó esetén a közbenső támaszok $0{,}15L$ nagyságú környezetében az adott nyílás L_i támaszköze,
  – többtámaszú tartó esetén minden más pozícióban (mezőközépen) az adott nyílás L_i támaszközének 0,4-szerese.

8.8. táblázat – λ_2 tényező értékei az éves forgalom függvényében
(Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.5. táblázatának)

Éves forgalom [10^6 t / vágány]	5	10	15	20	25	30	35	40	50
λ_2	0,72	0,83	0,90	0,96	1,00	1,04	1,07	1,10	1,15

8.9. táblázat – λ_3 tényező értékei a tervezési élettartam függvényében
(Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.6. táblázatának)

Tervezési élettartam [év]	50	60	70	80	90	100	120
λ_3	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98	1,00	1,04

8.10. táblázat – λ_4 tényező értékei a k_{1+2} tényező függvényében
(Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.7. táblázatának)

k_{1+2}	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
λ_4	1,00	0,91	0,84	0,77	0,72	0,71

A *8.10. táblázatban* megjelenő k_{1+2} tényező számítása:

$$k_{1+2} = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}}$$

ahol:

$\Delta\sigma_1$ – a vizsgált keresztmetszet feszültségtartománya, ha az LM71 tehermodell egy vágányt terhel,

$\Delta\sigma_{1+2}$ – a vizsgált keresztmetszet feszültségtartománya az LM71 tehermodellt bármely két vágányon alkalmazva.

A 8.10. táblázatban megjelenő λ_4 értékek azon a feltételezésen alapulnak, hogy az összes forgalom 12 százaléka halad át a hídon úgy, hogy közben a másik vágányon is halad jármű. Ha a hídon egyszerre áthaladó járművek százaléka ettől eltér, akkor a λ_4 tényező:

$$\lambda_4 = \sqrt[5]{n + (1-n)\left[{k_{1+2}}^5 + (1-k_{1+2})^5\right]}$$

ahol:

n – a hídon áthaladó azon forgalom százaléka, amely áthaladása közben másik vágányon is halad jármű.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8.8. Fáradási szilárdság

A fáradási szilárdságot az egyes részletosztályokra vonatkozóan $(\log \Delta\sigma_R)$–$(\log N)$ görbék és $(\log \Delta\tau_R)$–$(\log N)$ görbék (röviden *S–N* görbék) adják meg. A részletosztályokat azonosító szám a $\Delta\sigma_c$ és $\Delta\tau_c$ fáradási szilárdságnak a kétmillió ismétlésszámhoz tartozó referenciaértéke MPa egységben.

Állandó amplitúdójú névleges feszültségtartományok esetén a fáradási szilárdság meghatározása:

- normálfeszültségek esetén: a *8.11. ábra* alapján, és

  $N_{\mathrm{R}}\Delta\sigma_R{}^3 = 2 \times 10^6\ \Delta\sigma_C{}^3$, ha $N \leq 5 \cdot 10^6$,

  $N_{\mathrm{R}}\Delta\sigma_R{}^5 = 2 \times 10^6 \Delta\sigma_C{}^5$, ha $5 \times 10^6 \leq N \leq 10^8$,

  $\Delta\sigma_D = \left(\frac{2}{5}\right)^{1/3} \Delta\sigma_C = 0{,}737\ \Delta\sigma_C$ az állandó amplitúdójú fáradási határ;

  $\Delta\sigma_L = \left(\frac{5}{100}\right)^{1/5} \Delta\sigma_D = 0{,}549\ \Delta\sigma_D$ a levágási határ;

- nyírófeszültségek esetén: a *8.13. ábra* alapján, és

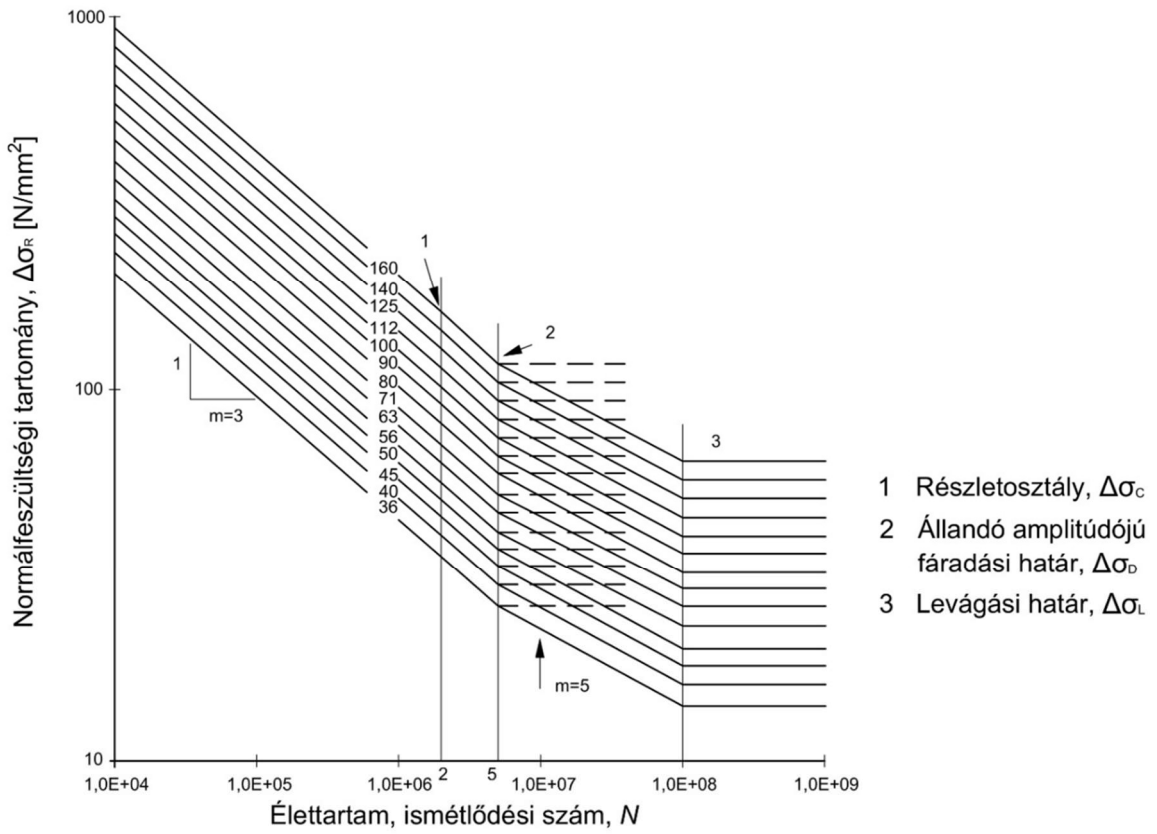
  $N_{\mathrm{R}}\Delta\tau_R{}^5 = 2 \cdot 10^6\ \Delta\tau_C{}^5$, ha $N \leq 10^8$,

  $\Delta\tau_L = \left(\frac{2}{100}\right)^{1/5} \Delta\tau_C = 0{,}457\ \Delta\tau_c$ a levágási határ;

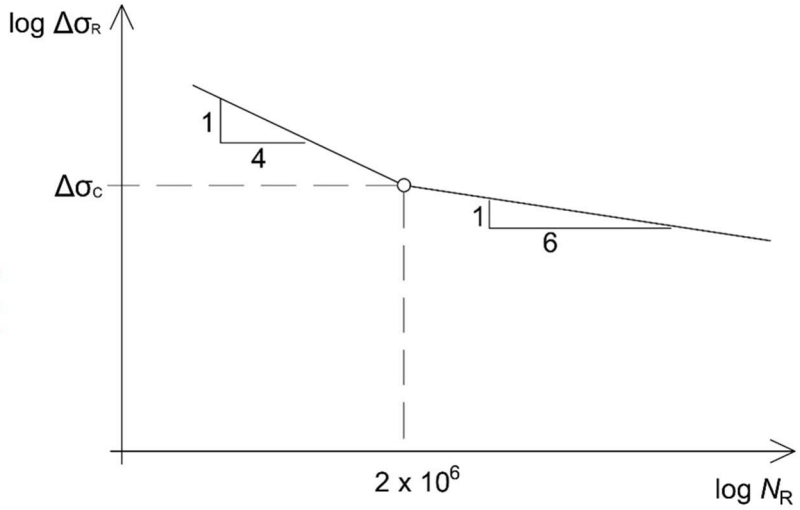
- húzott elemes szerkezetek esetén: a *8.14. ábra* alapján.

A részletosztályokhoz tartozó $\Delta\sigma_c$ értékét úgy határozták meg kísérletek alapján, hogy a feszültségtartomány értékét a 95 százalékos túlélési valószínűség 75 százalékos megbízhatósági szintjére számították $\log N$ alapján, figyelembe véve a sajátfeszültségek hatását, a minta szórását és darabszámát az MSZ EN 1990 szabvány D mellékletének megfelelően.

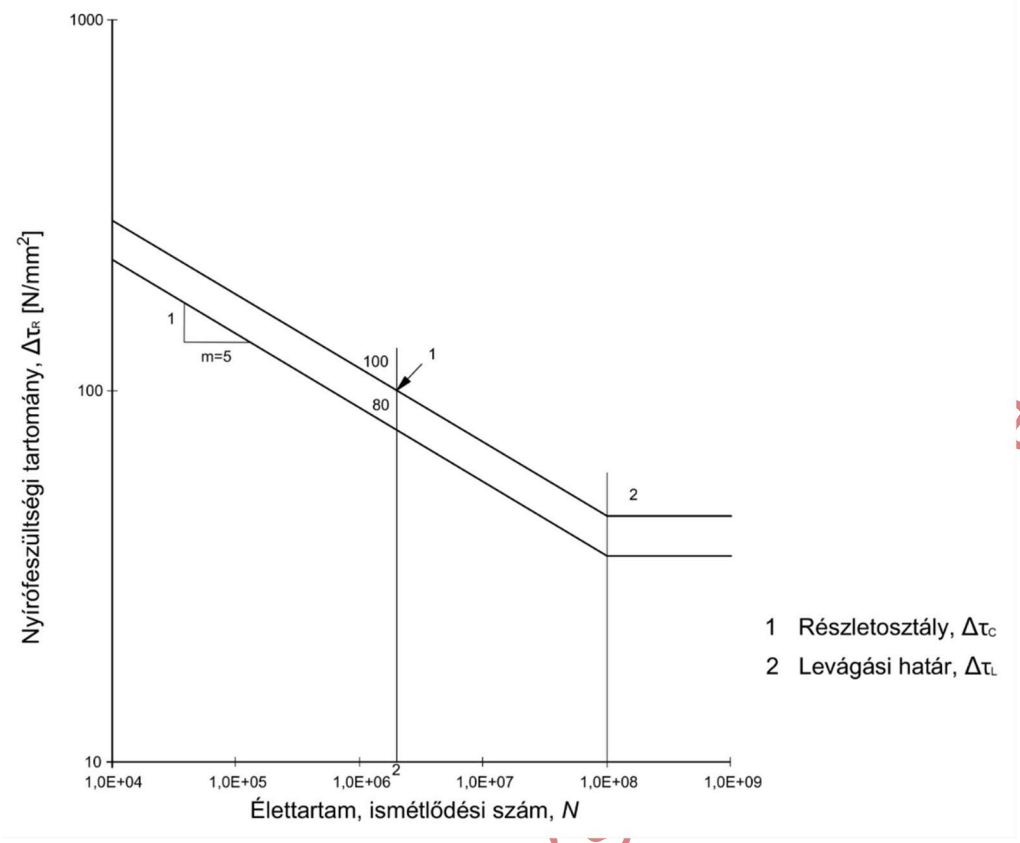
Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



8.11. ábra – Fáradási görbék normálfeszültségi tartományokhoz
(Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 7.1. ábrájának)



8.12. ábra – Fáradási görbék húzott elemes szerkezetek esetén
(Megfelel az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 9.1. ábrájának)



8.13. ábra – Fáradási görbék nyírófeszültségi tartományokhoz
(Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 7.2. ábrájának)

A részletosztályok bemutatásánál a *-gal jelölt részletek esetén a kísérleti adatok nem illeszkednek pontosan a 8.11. ábra szerinti fáradási görbére, emiatt a biztonság érdekében ezek eggyel alacsonyabb osztályba lettek besorolva, mint amit a $2 \cdot 10^6$ ismétléshez tartozó fáradási szilárdság megkívánna.

A 160-as részletosztály fáradási görbéje a legmagasabb, ennél kedvezőbb fáradási szilárdságot nem szabad figyelembe venni semmilyen részletosztály és semmilyen ciklusszám esetén sem.

A névleges feszültségtartományokhoz tartozó $\Delta\sigma_c$ és $\Delta\tau_c$ fáradási részletosztályokat a következő táblázatok adják meg:

8.11. táblázat – Húzott elemes szerkezetek

8.12. táblázat – Nem hegesztett elemek és mechanikus kötőelemekkel készített kapcsolatok

8.13. táblázat – Hegesztett szelvények

8.14. táblázat – Keresztirányú tompavarratok

8.15. táblázat – Hegesztett merevítések és kiegészítő elemek

8.16. táblázat – Teherviselő hegesztett kapcsolatok

8.17. táblázat – Cső- és zárt szelvények

8.18. táblázat – Rácsos tartók csomópontjai

8.19. táblázat – Ortotrop pályalemezek – zárt merevítőbordák

8.20. táblázat – Ortotop pályalemezek – nyitott merevítőbordák

8.21. táblázat – Acél pályalemezek kritikus helyei

Jogszabályi véleményezés

A geometriai feszültségtartományokhoz tartozó $\Delta\sigma_C$ fáradási részletosztályokat a *8.12. táblázat* tartalmazza. A táblázat nem tartalmazza az elhelyezkedési pontatlanságból származó hatásokat, amit így a feszültségek számításakor közvetlenül kell figyelembe venni, és a táblázat nem tartalmazza varratgyökben kialakuló és a varrat felszíne felé terjedő fáradást sem. A varratszegély szögét az MSZ EN 1090 szabványsorozat alapján lehet meghatározni.

A vastagsági vagy más méretből adódó mérethatást a *8.12–8.20. táblázat* szerint megadott ks tényező használatával kell figyelembe venni az alábbi módon:

$$\Delta\sigma_{C,red} = k_s \cdot \Delta\sigma_C$$

Húzott elemes szerkezetek esetén a fáradási tönkremenetel többnyire a kapcsolati elemekben (lehorgonyzó elemek, nyergek stb.) jön létre. Ezekre a csomópontokra vonatkozóan a részletosztályt a tényleges kialakításra vonatkozó kísérletek alapján kell meghatározni az MSZ EN 1990 szabvány D mellékletét figyelembe véve. A kísérletek során reprodukálni kell bármely, a gyakorlatban valószínűsíthetően előforduló hajlító hatást és keresztirányú feszültséget. Amennyiben kísérleti eredmény nem áll rendelkezésre, akkor a *8.11. táblázat* szerinti részletosztályok használhatóak a *8.12. ábra* szerinti fáradási görbéknek megfelelően.

8.11. táblázat – Húzott elemes szerkezetek (Megfelel az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 9.1. táblázatának)

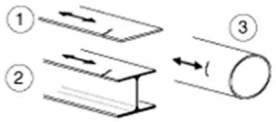
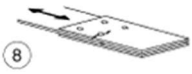
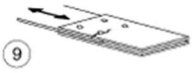
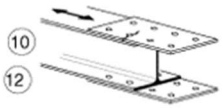
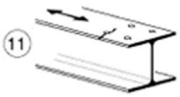
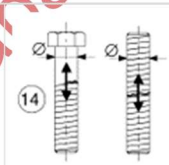
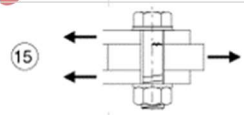
Húzott komponens	**Részletosztály $\Delta\sigma_c$ [N/mm²]**
Feszített rúd	105
FLC kötél fém vagy gyanta foglalattal	150
Csavart pászma fém vagy gyanta foglalattal	150
Párhuzamos huzalú pászma epoxy foglalattal	160
Párhuzamos pászmák kötege	160
Párhuzamos huzalok kötege	160

A 8.11. táblázat szerinti részletosztályok csak abban az esetben használhatóak, ha:

- csak tengelyirányú fárasztóhatásnak van a szerkezeti elem kitéve, tengelyirányú és tengelyirányra merőleges fárasztóhatás esetén (pl. eső vagy szél) további megelőző intézkedésekre van szükség a hajlítóhatás minimalizálásának érdekében,
- foglalatokkal ellátott kábelek eleget tesznek az MSZ EN 1993-1-11 szabvány A mellékletében meghatározott követelményeknek,
- kábelek, nyergek és a kapcsolati elemek az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 6. fejezete szerint vannak tervezve,
- a kábelek nagy aerodinamikai oszcillációja meg van gátolva az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 8. fejezete szerint,
- a korrózió elleni megfelelő védelem biztosított az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 4. fejezete szerint.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

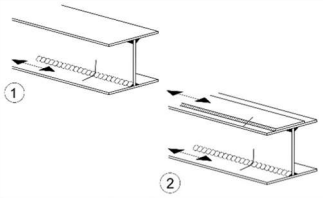
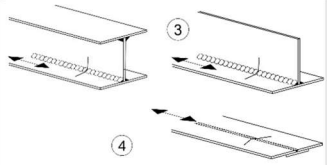
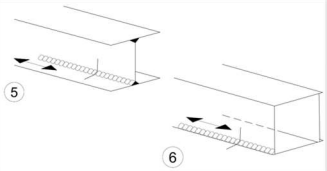
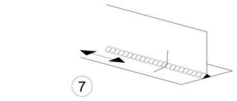
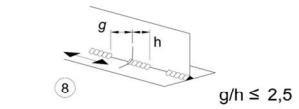
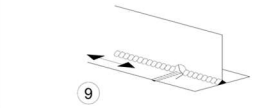
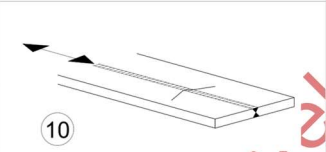
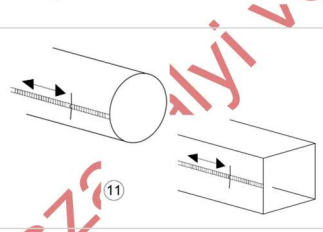
8.12. táblázat – Nem hegesztett elemek és mechanikus kötőelemekkel készített kapcsolatok (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.1. táblázatának)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet	Leírás	Követelmények	
160 140[id]		Hengerelt vagy extrudált termékek: 1) Hengerelt élű lemezek és laposacélok 2) Hengerelt élű hengerelt szelvények 3) Varrat nélküli, RHS vagy CHS szelvények	Az éles éleket, felületi és hengerlési hibákat el kell távolítani teljesen köszörüléssek, és sima átmenetet kell létrehozni.	
100 $m = 5$		Az 1), 2), 3) szerinti részletek nyírófeszültséggel terhelve	$\Delta\tau$ számítása: $\tau = \frac{V \cdot S(t)}{I \cdot t}$	
140 125[id]		Ollóval vagy lánggal vágott lemezek: 4) Gép lángvágással vagy ollóval darabolt anyag utólagos élmegmunkálással 5) Gépi lángvágással darabolt anyag kis mélységű és szabályos vágási barázdákkal, illetvel kézi lángvágással darabolt anyag utólagos élmegmunkálással. A gépi lángvágás minősége az EN 1090 szerinti.	Az élegmunkálás során az élek diszkontinuitásainak látható jeleit el kell távolítani, az egyenletlenségeket meg kell szüntetni. A vágott felületeket le kell munkálni, köszörülni, a sorját el kell távolítani. Gépi (pl. köszörülési) karcolások csak a feszültségekkel párhuzamosak lehetnek. Negatív (konkáv) sarkokat köszörüléssel javítani kell (meredekség ≤ 1/4), vagy feszültségkoncentrációs tényezővel kell figyelembe venni. Ráhegesztéssel nem szabad javítani.	
125 112[id]				
112		8) Kétoldali hevederes szimmetrikus kapcsolat előfeszített nagszilárdságú vagy előfeszített injektált csavarokkal	$\Delta\sigma$ számítása a teljes keresztmetszetre.	Csavartávolságokra vonatkozó feltételek: $e_1 \geq 1{,}5d$ $e_2 \geq 1{,}5d$ $p_1 \geq 2{,}5d$ $p_2 \geq 2{,}5d$
90		9) Kétoldali hevederes kapcsolat illesztőcsavarokkal vagy nem előfeszített injektált csavarokkal	$\Delta\sigma$ számítása a nettó keresztmetszetre.	
90		10) Egyoldali kapcsolat előfeszített nagszilárdságú vagy előfeszített injektált csavarokkal	$\Delta\sigma$ számítása a teljes keresztmetszetre.	
80		12) Egyoldali kapcsolat illesztőcsavarokkal vagy nem előfeszített injektált csavarokkal	$\Delta\sigma$ számítása a nettó keresztmetszetre.	
90		11) Hajlításnak és normálerőnek kitett szerkezeti elem lyukakkal	$\Delta\sigma$ számítása a nettó keresztmetszetre.	
50		13) Egyoldali vagy kétoldali hevederes szimmetrikus kapcsolat nem előfeszített csavarokkal normálméretű csavarlyukakban.	$\Delta\sigma$ számítása a nettó keresztmetszetre. Váltakozó irányú erő nem megengedett.	
50	ha ϕ>30 mm: $k_s = \sqrt[4]{\frac{30}{\phi}}$ 	14) Húzott csavarok és rudak hengerelt vagy vágott menettel. Nagy átmérő esetén (lehorgonyzócsavarok) a mérethatást k_s-el kell figyelembe venni.	$\Delta\sigma$ számításához a csavar feszültség-keresztmetszetét kell használni. Figyelembe kell venni az emelőhatásból származó hajlítást és húzást, ill. más forrásból származó hajlítást. Előfeszített csavaroknál figyelmbe vehető a feszültségtartomány csökkenése.	
100 $m = 5$		15) Egyszeresen vagy kétszeresen nyírt csavarok - illesztőcsavarok vagy normálcsavarok váltakozó irányú terhelés nélkül (5.6, 8.8 vagy 10.9	A nyírási síkban nem lehet menet. $\Delta\tau$ számítását a csavar hengeres szárkeresztmetszetében kell számolni.	

[id] Időjárásálló acél esetén figyelembe veendő részletosztály

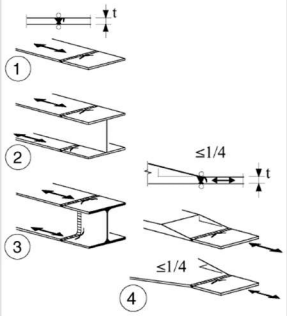
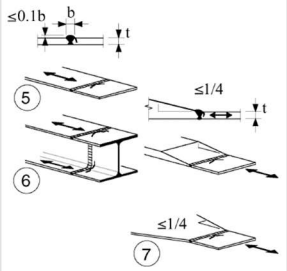
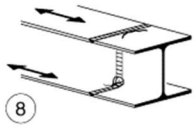
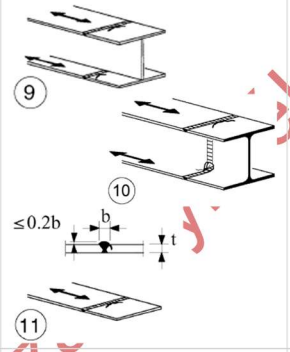
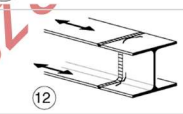
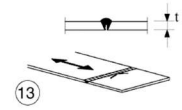
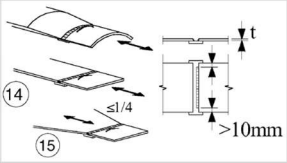
Jog- szabályi véleményezésre 2025 február 4.

8.13. táblázat – Hegesztett szelvények (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.2. táblázatának)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet	Leírás	Követelmények
125		Folytonos hosszirányú varratok: 1) Hegesztőautomatával vagy géppel két oldalról hegesztett tompavarratok. 2) Hegesztőautomatával vagy géppel hegesztett sarokvarratok. A pótövlemezek végeit a 8-13. táblázat 6) vagy 7) részlete szerint kell ellenőrizni.	1) és 2) részlet: Kezdő és végkráter nincs megengedve, kivéve, ha a javítást erre képesített szakember végzi, és a javítás megfelelő minőségét ellenőrzik.
112		3) Hegesztőautomatával vagy géppel két oldalról hegesztett sarok- vagy tompavarratok, megállási/indítási hellyel. 4) Hegesztőautomatával vagy géppel egy oldalról hegesztett tompavarratok, alátétlemezzel, megállási/indítási hely nélkül.	4) A 100-as osztályt kell használni, ha ezen részlet megállási/indítási helyet tartalmaz.
100		5) Kézzel hegesztett sarok- vagy tompavarratok. 6) Kézzel, illetve hegesztőautomatával vagy géppel egy oldalról hegesztett tompavarratok, különösen szekrénytartók esetén.	5), 6) Alapvetően fontos a gerinc és az övlemez közötti nagyon jó illeszkedés. A gerinc élét úgy kell előkészíteni, hogy a gyökfelület a szabályos, megszakítás nélküli gyökbeolvadást biztosítsa.
100		7) Javított, hegesztőautomatával vagy géppel, illetve kézzel hegesztett sarok- vagy tompavarratok az 1) - 6) részletre vonatkozók szerint.	7) Az eredeti részletosztály használható, ha egy szakember köszörüléssel a hibák összes látható jelét eltávolítja, és ha megfelelő ellenőrzést végeznek.
80		8) Szakaszos hosszirányú sarokvarratok.	8) $\Delta\sigma$ számítása az övlemez normálfeszültségei alapján.
71		9) Hosszirányú tompa-, sarok- vagy szakaszos varrat, 60 mm-nél nem magasabb kivágással. 60 mm-nél magasabb kivágások esetén lásd a 8-12. táblázat 1) részletét.	9) $\Delta\sigma$ számítása az övlemez normálfeszültségei alapján.
125		10) Hosszirányú tompavarrat, mindkét oldalon a teheriránnyal párhuzamosan síkra köszörülve, 100% NDT.	
112		10) Köszörülés nélkül, illetve megállási/indítási hely nélkül.	
90		10) Megállási/indítási hellyel	
140		11) Zárt szelvények hegesztőautomatával vagy -géppel hegesztett hosszirányú varrata megállási/indítási hely nélkül.	11) Falvastagság t ≤ 12,5 mm.
125		11) Zárt szelvények hegesztőautomatával vagy -géppel hegesztett hosszirányú varrata megállási/indítási hely nélkül.	11) Falvastagság t > 12,5 mm.
90		11) Megállási/indítási hellyel	
Az 1) - 11) részlet teljesen gépesített hegesztése esetén az automatikus hegesztés osztályai érvényesek.			

Jogszabályi véleményezésre 2022 február 4.

8.14. táblázat – Keresztirányú tompavarratok (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.3. táblázatának)

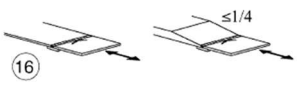
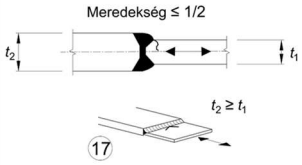
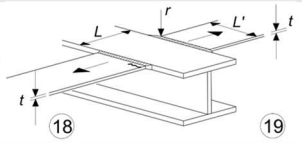
Részlet-osztály	Szerkezeti részlet	Leírás	Követelmények
112^		Alátétlemez nélkül: 1) Keresztirányú illesztés lemezekben és laposacélokban. 2) Összeszerelés előtti gerinc- és övillesztések gerinclemezes tartókban. 3) Teljes keresztmetszetben illesztett hengerelt szelvények tompavarratai kivágás nélkül. 4) Keresztirányú illesztések szélességben vagy vastagságban változó keresztmetszetű lemezekben vagy laposacélokban (a meredekség ≤ ¼).	- A nyíllal párhuzamosan minden varratot a lemez síkjába kell köszörülni. - Varratokhoz kezdő- és kifutólemezeket kell használni, majd eltávol ítani, a lemezéleket a feszültség irányában síkba kell köszörülni. - Két oldalról kell hegeszteni, NDT-vel kell ellenőrizni. 3) részlet: Csak elvágott és hegesztett hengerelt szelvények illesztésére érvényes.
90^		5) Keresztirányú illesztések lemezekben és laposacélokban. 6) Teljes keresztmetszetben illesztett hengerelt szelvények tompavarratai kivágás nélkül. 7) Keresztirányú illesztések szélességben vagy vastagságban változó keresztmetszetű lemezekben vagy laposacélokban (a meredekség ≤ ¼). A varratok átmeneti részét bemetsződésmentesre kell munkálni.	- A varrat domborúságának magassága nem lehet nagyobb a varrat szélességének 10%-ánál, az átmenet a lemez síkjába legyen sima. - Varratokhoz kezdő- és kifutólemezeket kell használni, majd eltávol ítani, a lemezéleket a feszültség irányában síkba kell köszörülni. - Két oldalról kell hegeszteni, NDT-vel kell ellenőrizni. 5) és 7) részlet: A varratokat vízszintes helyzetben kell készíteni.
90^		8) Mint a 3) részlet, de kivágással.	- A nyíllal párhuzamosan minden varratot a lemez síkjába kell köszörülni. - Varratokhoz kezdő- és kifutólemezeket kell használni, majd eltávolítani, a lemezéleket a feszültség irányában síkba kell köszörülni. - Két oldalról kell hegeszteni, NDT-vel kell ellenőrizni. - Azonos méretű hengerelt szelvények legyenek, tűrési eltérések nem megengedettek.
80^		9) Keresztirányú illesztések hegesztett gerinclemezes tartókban kivágás nélkül. 10) Teljes keresztmetszetben illesztett hengerelt szelvények tompavarratai kivágással. 11) Keresztirányú illesztések lemezekben, laposacélokban, hengerelt szelvényekben vagy gerinclemezes tartókban.	- A varrat domborúságának magassága nem lehet nagyobb a varrat szélességének 20%-ánál, az átmenet a lemez síkjába legyen sima. - Nem síkra köszörült varrat. - Varratokhoz kezdő- és kifutólemezeket kell használni, majd eltávolítani, a lemezéleket a feszültség irányában síkba kell köszörülni. - Két oldalról kell hegeszteni, NDT-vel kell ellenőrizni. 10) részlet: A varrat domborúságának magassága nem lehet nagyobb a varrat szélességének 10%-ánál, az átmenet a lemez síkjába legyen sima.
63		12) Teljes keresztmetszetben illesztett hengerelt szelvények tompavarratai kivágás nélkül.	'- Varratokhoz kezdő- és kifutólemezeket kell használni, majd eltávolítani, a lemezéleket a feszültség irányában síkba kell köszörülni. - Két oldalról kell hegeszteni.
36		13) Egy oldalról készített tompavarratok.	13) Alátétlemez nélkül.
71^		13) Egy oldalról készített tompavarratok, a teljes beolvadás megfelelő NDT-vel ellenőrizve.	
71^		Alátétlemezzel: 14) Keresztirányú illesztés. 15) Szélességben vagy vastagságban változó keresztirányú tompavarrat, a meredekség ≤ ¼. Íves lemezekre is érvényes.	14) és 15) részlet: Az alátétlemezek sarokvarratait az igénybe vett lemez végétől legalább 10 mm távolságra be kell fejezni. Fűzővarratok a tompavarratok kontúrján belül legyenek.

^ mérethatás t > 25 mm esetén: $k_s=(25/t)^{0,2}$

(a táblázat folytatódik)

Jogszabály-véleményezésre 2025. február 4.

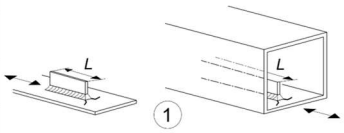
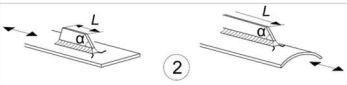
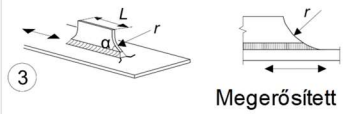
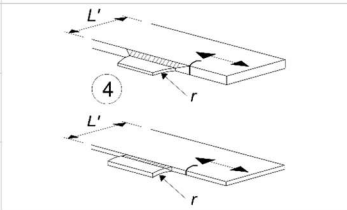
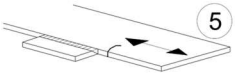
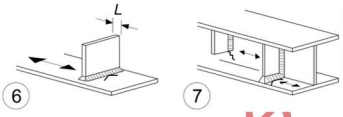
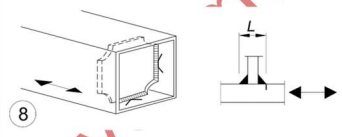
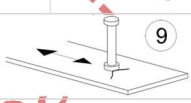
(az előző oldali táblázat folytatása)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet	Leírás	Követelmények
50^		16) Keresztirányú tompavarrat szélességben vagy vastagságban változó, maradó alátétlemezen, a meredekség ≤ ¼. Íves lemezekre is érvényes.	16) Ha az alátétlemezen a sarokvarrat a lemez végétől 10 mm-nél kisebb távolságra végződik, vagy ha megfelelő illeszkedést nem lehet biztosítani.
71^^		17) Keresztirányú tompavarrat, különböző vastagságú lemezek között, átmenet nélkül, a lemezek középsíkjai színelnek.	^^ mérethatás t > 25 mm esetén és/vagy általánosítás külpontosságra: $k_s = \left(\frac{25}{t_1}\right)^{0,2} \Big/ \left(1 + \frac{6e}{t_1}\frac{t_1^{1,5}}{t_1^{1,5}+t_2^{1,5}}\right)$
40		18) Keresztirányú tompavarrat keresztező övlemezekben.	18) és 19) részlet: A folytonos elem fáradási szilárdságát a 8-12. táblázat 4) vagy 5) részlete szerint kell ellenőrizni.
ld. 8-12. táblázat 4) részlet		19) A 8-12. táblázat 4) részlete szerinti átmeneti sugárral.	

^ mérethatás t > 25 mm esetén: $k_s=(25/t)^{0,2}$

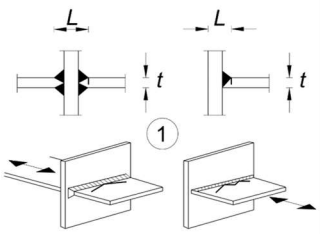
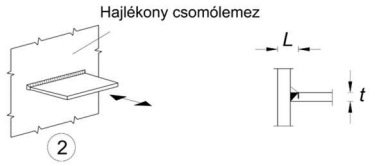
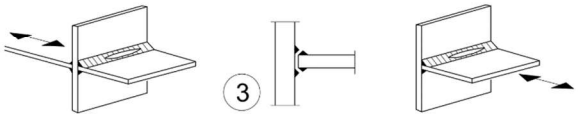
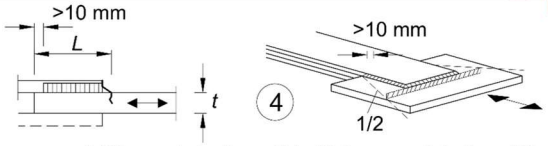
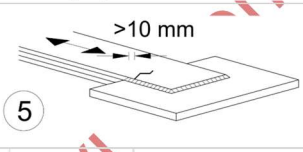
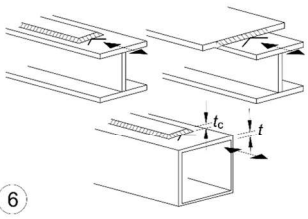
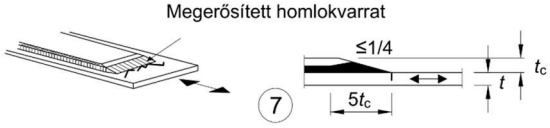
Jogszabályi véleményezésre 2025. február

8.15. táblázat – Hegesztett merevítések és kiegészítő elemek (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.4. táblázatának)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet		Leírás	Követelmények
80	$L \leq 50$ mm		Hosszirányú kiegészítő elemek: 1) A részletosztály a kapcsolat L hosszának függvényében változik.	A kapcsolt elem vastagsága legyen kisebb a magasságánál. Ha nem, lásd a 8-13. táblázat 5) vagy 6) részletét.
71	$50 < L \leq 80$ mm			
63	$80 < L \leq 100$ mm			
56	$L > 100$ mm			
71	$L > 100$ mm $\alpha < 45°$		2) Lemezhez vagy csőhöz kapcsolt kiegészítő elemek.	
80	$r > 150$ mm		3) Lemezhez vagy csőhöz hosszirányú sarokvarrattal rögzített csomólemez köríves átmenettel; a sarokvarrat vége megerősített (teljes beolvadás); a megerősített varratszakasz hossza > r.	3) és 4) részlet: A csomólemezek lekerekítését még a felhegesztés előtt kell kialakítani mechanikus vagy lángvágással, majd felhegesztés után a varratot a nyíllal párhuzamosan a keresztirányú varratszegély teljes eltávolításáig kell köszörülni.
90	$r \geq L/3$ vagy $r > 150$ mm		4) Csomólemez, lemez széléhez vagy gerenda övének széléhez hegesztve.	
71	$L/6 \leq r \leq L/3$			
50	$r < L/6$			
40			5) Hegesztve, lekerekítés nélkül.	
80	$L \leq 50$ mm		Keresztirányú kapcsolatok: 6) Lemezhez hegesztve. 7) Gerendához vagy gerinclemezes tartóhoz hegesztett függőleges merevítők. 8) Szekrénytartók diafragmái a gerinchez vagy az övhöz hegesztve. Kisméretű zárt szelvények esetén nem feltétlenül alkalmazható. Az értékek a merevítőgyűrűkre is érvényesek.	6) és 7) részlet: A varratok végeit körültekintően kell köszörülni, minden esetleges szegélybeégést el kell távolítani. 7) $\Delta\sigma$ számítása a főfeszültségekből, ha a merevítő a gerinclemezen végződik, lásd a bal oldali ábrákat.
71	$50 < L \leq 80$ mm			
80			9) Felhegesztett csap hatása az alapanyagra.	

Jogszabá... ...ezésre 2025. február 4.

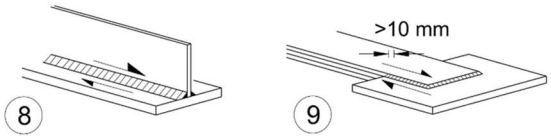
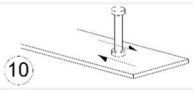
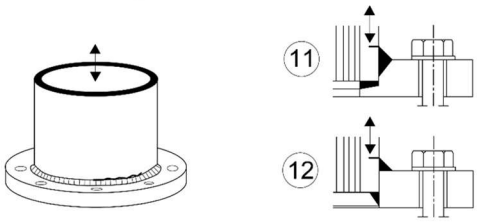
8.16. táblázat – Teherviselő hegesztett kapcsolatok (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.5. táblázatának)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet			Leírás	Követelmények
80	L < 50 mm	minden t		Kereszt alakú kapcsolatok és T kötések: 1) Varratszegély tönkremenetele teljes beolvadású tompavarratokban és minden részleges beolvadású kapcsolatban.	1) Ellenőrzéssel igazoltan mentes legyen az EN 1090 szerinti tűréseken túli varrathibáktól. 2) A $\Delta\sigma$ számításához a módosított névleges feszültségeket kell használni. 3) Részleges beolvadású kapcsolatokban két fáradási vizsgálat szükséges. Először a gyökrepedést kell ellenőrizni az 5. fejezetben definiált feszültségek szerint, $\Delta\sigma_w$-re a 36* osztályt, $\Delta\tau_w$-re a 80 osztályt alkalmazva. Másodszor, a szegély repedését kell ellenőrizni a teherviselő lemezben $\Delta\sigma$ számításával. 1) - 3) részlet: A teherviselő lemezek elhelyezkedési pontatlansága ne haladja meg a közbenső lemez vastagságának 15%-át.
71	50 < L ≤ 80	minden t			
63	80 < L ≤ 100	minden t			
56	100 < L ≤ 120	minden t			
56	L > 120 mm	t ≤ 20 mm			
50	120 < L ≤ 200 L > 200 mm	t > 20 mm 20 < t ≤ 30			
45	200 < L ≤ 300 L > 300 mm	t > 30 mm 30 < t ≤ 50			
40	L > 300 mm	t > 50 mm			
Mint a 8-13. táblázat 1) részlet	Hajlékony csomólemez 			2) Varratszegély tönkremenetele a lemezhez rögzített elem szélétől, feszültségcsúcsok a varrat végeinél a lokális lemez-deformációk hatására.	
36*				3) Varratgyök tönkremenetele részleges beolvadású tompavarratos T kötésben vagy sarok-varratos kapcsolatokban, és a hatékony teljes beolvadás a tompavarratos T kötésben az EN 1993-1-8:2005 4.6. ábrája szerint.	
Mint a 8-13. táblázat 1) részlet	 A főlemez igénybe vett területe: meredekség = 1/2			Átlapolt hegesztett kapcsolatok: 4) Sarokvarratos átlapolt kapcsolat.	4) A főlemezben $\Delta\sigma$-t az ábrán jelölt terület alapján kell számítani. 5) $\Delta\sigma$-t az átlapoló lemezekben kell számítani. 4) és 5) részlet: - A varratok legalább 10 mm távolságra végződjenek a lemezszélektől. - A varratot nyírási repedésre a 8) részlet szerint kell ellenőrizni
45*				Átlapolt hegesztett kapcsolatok: 5) Sarokvarratos átlapolt kapcsolat.	
	t_c < t	t_c ≥ t		Pótövlemezek gerendákon és gerinclemezes tartókon: 6) Egyszeresen vagy többszörösen hegesztett fedőlemezek végső szakaszai homlokvarrattal vagy a nélkül.	6) Ha a fedőlemez szélesebb az övnél, akkor homlokvarrat szükséges, amelynek a szegélybeégését gondosan el kell távolítani. A fedőlemez hosszúsága legalább 300 mm legyen. Rövidebb kapcsolatok mérethatására lásd az 1) részletet.
56*	t ≤ 20 mm	-			
50	20 < t ≤ 30	t ≤ 20 mm			
45	30 < t ≤ 50	20 < t ≤ 30			
40	t > 50	30 < t ≤ 50			
36	-	t > 50			
56	Megerősített homlokvarrat 			7) Pótövlemezek gerendákban és gerinclemezes tartókban. A megerősítő varrat legkisebb hossza $5t_c$.	7) A homlokvarratot síkra kell köszörülni. Továbbá, ha t_c > 20 mm, a lemez homlok-élét <¼ meredekségűre kell köszörülni.

(a táblázat folytatódik)

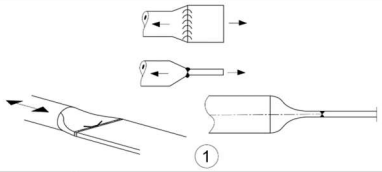
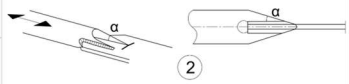
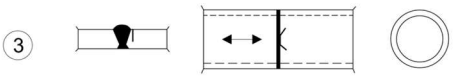
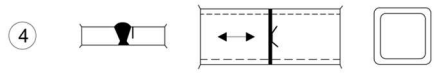
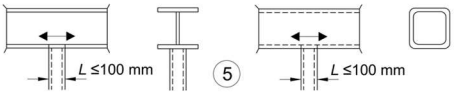
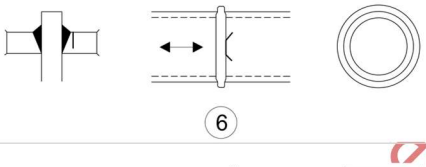
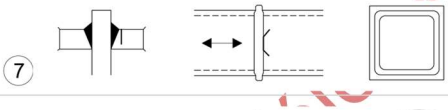
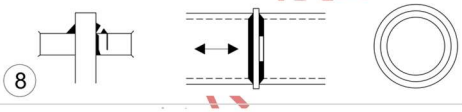
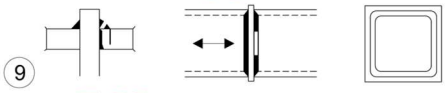
Jogszabályi ... zésre 2025. február 4.

(az előző oldali táblázat folytatása)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet	Leírás	Követelmények
80 m = 5		8) Folyamatos sarokvarrat nyírófolyam továbbítására, mint például nyakvarrat gerinclemezes tartón. 9) Sarokvarratos átlapolt kötés.	8) $\Delta\tau$-t a varrat keresztmetszet éből kell számítani. 9) $\Delta\tau$-t a varrat keresztmetszet éből a varrat teljes hosszának figyelembevételével kell számítani. A varratok legalább 10 mm távolságra végződjenek a lemezszélektől, lásd a 4) és 5) részletet fent.
90 m = 8		<u>Hegesztett nyírt csapok:</u> 10) Betonnal együtt dolgozó acélszerkezetekhez.	10) $\Delta\tau$-t a csap névleges keresztmetszetéből kell számítani.
71		11) Csövek karimás kapcsolata 80%-os beolvadású tompavarratokkal.	11) A varrat szegélyét le kell köszörülni. $\Delta\sigma$-t a csőkeresztmetszet alapján kell számítani.
40		12) Csövek karimás kapcsolata sarokvarratokkal.	12) $\Delta\sigma$-t a csőkeresztmetszet alapján kell számítani.

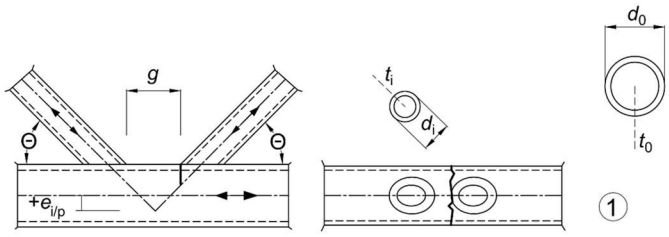
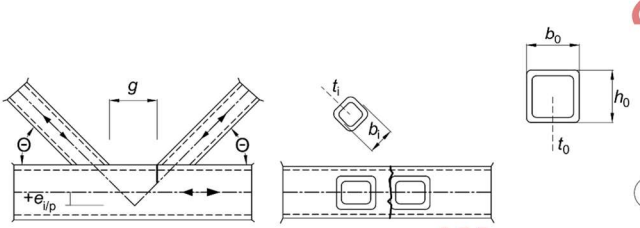
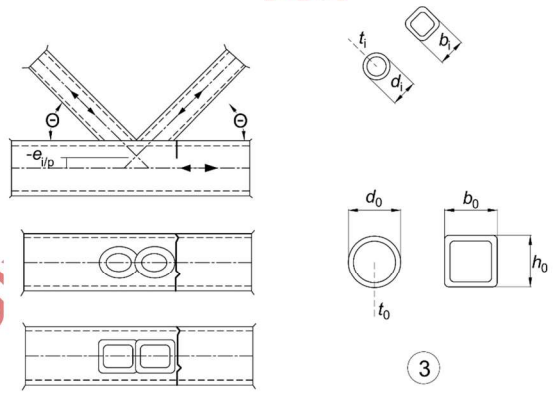
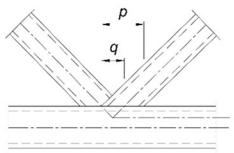
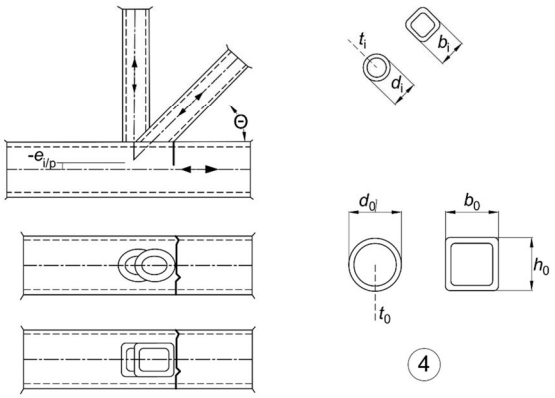
Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8.17. táblázat – Cső- és zárt szelvények (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.6. táblázatának)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet	Leírás	Követelmények
71		1) Cső és lemez kapcsolata, lapított csövek, tompavarrat.	1) $\Delta\sigma$-t a csőkeresztmetszet alapján kell számítani. Csak 200 mm-nél kisebb átmérőjű csövekre érvényes.
71	$\alpha \leq 45°$ 	2) Cső és lemez kapcsolata, cső felhasítva és a lemezhez hegesztve. A hasíték végén lyukak.	2) $\Delta\sigma$-t a csőkeresztmetszet alapján kell számítani. A varrat nyírási repedését a 8-13. táblázat 8) részlete szerint kell ellenőrizni.
63	$\alpha > 45°$		
71		<u>Keresztirányú tompavarratok:</u> 3) Kör keresztmetszetű szerkezeti zárt szelvények végkereszt-metszetei közötti tompavarratos kapcsolatok.	<u>3) és 4) részlet:</u> - A varrat domborúsága a varrat szélességének legfeljebb 10%-a legyen, az átmenet legyen sima. - Vízszintes helyzetben hegesztve, és ellenőrzéssel igazoltan mentes legyen az EN 1090 szerinti tűréseken túli varrathibáktól. - Ha t > 8 mm, két osztállyal feljebb sorolandó.
56		4) Téglalap keresztmetszetű szerkezeti zárt szelvények végkeresztmetszetei közötti tompavarratos kapcsolatok.	
71		<u>Hegesztett kiegészítő elemek:</u> 5) Kör vagy téglalap keresztmetszetű szerkezeti zártszelvények sarokvarrattal kapcsolva egy másik szelvényhez.	- Nem teherhordó varratok. - Keresztmetszeti méret a feszültség irányában: $L \leq 100$ mm. - Egyéb esetekben lásd a 8-12. táblázatot.
50		<u>Hegesztett illesztések:</u> 6) Kör keresztmetszetű szerkezeti zárt szelvények toldása közbenső homloklemez alkalmazásával, tompavarrattal.	<u>6) és 7) részlet:</u> - Teherhordó varratok. - A varratok ellenőrzéssel igazoltan mentesek legyenek az EN 1090 szerinti tűréseken túli varrathibáktól. - Ha t > 8 mm, egy osztállyal feljebb sorolandó.
45		7) Téglalap keresztmetszetű szerkezeti zárt szelvények toldása közbenső homloklemez alkalmazásával, tompavarrattal.	
40		8) Kör keresztmetszetű szerkezeti zártszelvények toldása közbenső homloklemez alkalmazásával, sarokvarrattal.	<u>8) és 9) részlet:</u> - Teherhordó varratok. - Falvastagság, $t \leq 8$ mm.
36		9) Téglalap keresztmetszetű szerkezeti zártszelvények toldása közbenső homloklemez alkalmazásával, sarokvarrattal.	

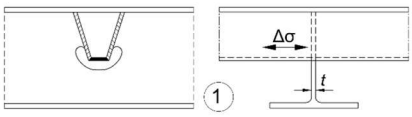
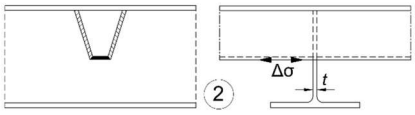
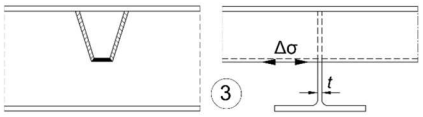
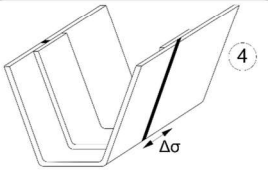
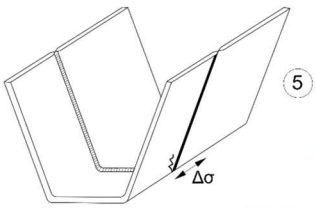
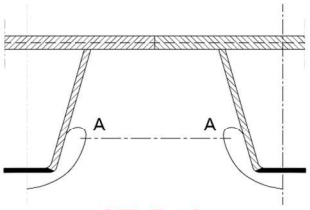
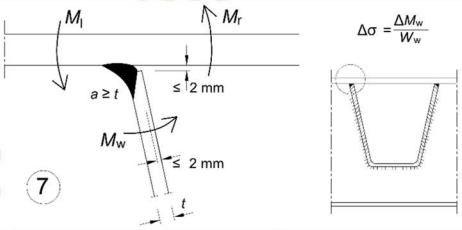
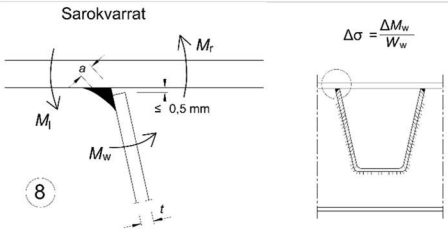
Jogszabályi rendelkezésre 2025. február 4.

8.18. táblázat – Rácsos tartók csomópontjai (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.7. táblázatának)

Részlet-osztály		Szerkezeti részlet	Követelmények
90 $m = 5$	$t_0 \geq 2t_i$	Csomópontok hézaggal: 1) részlet: K és N csomópontok, kör keresztmetszetű szerkezeti zárt szelvények: 	<u>1) és 2) részlet:</u> - Az övekre és a rácsrudakra külön vizsgálat szükséges. - A t_0/t_i arány köztes értékeit a részletosztályok közötti lineáris interpolációval kell meghatározni. - $t \leq 8$ mm falvastagság esetén a rácsrudak beköthetők sarokvarrattal - t_0 és $t_i \leq 8$ mm - $35° \leq \theta \leq 50°$ - $b_0/t_0 \times t_0/t_i \leq 25$ - $d_0/t_0 \times t_0/t_i \leq 25$ - $0{,}4 \leq b_i/b_0 \leq 1{,}0$ - $0{,}25 \leq d_i/d_0 \leq 1{,}0$ - $b_0 \leq 200$ mm - $d_0 \leq 300$ mm - $0{,}5h_0 \leq e_{i/p} \leq 0{,}25h_0$ - $0{,}5d_0 \leq e_{i/p} \leq 0{,}25d_0$ - $e_{o/p} \leq 0{,}02b_0$ vagy $\leq 0{,}02d_0$ [$e_{o/p}$ a rácsos tartó síkjára merőleges külpontosság] <u>2) részlet:</u> $0{,}5(b_0 - b_i) \leq g \leq 1{,}1(b_0 - b_i)$ és $g \geq 2t_0$
45 $m = 5$	$t_0 = t_i$		
71 $m = 5$	$t_0 \geq 2t_i$	Csomópontok hézaggal: 2) részlet: K és N csomópontok, téglalap keresztmetszetű szerkezeti zárt szelvények: 	
36 $m = 5$	$t_0 = t_i$		
71 $m = 5$	$t_0 \geq 1{,}4t_i$	Csomópontok átfedéssel: 3) részlet: K csomópontok, kör vagy téglalap keresztmetszetű szerkezeti zárt szelvények: 	<u>3) és 4) részlet:</u> - Átfedés 30% és 100% között. - Átfedés = $(q/p) \times 100\%$ - Az övekre és a rácsrudakra külön vizsgálat szükséges. - A t_0/t_i arány köztes értékeit a részletosztályok közötti lineáris interpolációval kell meghatározni. - $t \leq 8$ mm falvastagság esetén a rácsrudak beköthetők sarokvarrattal - t_0 és $t_i \leq 8$ mm - $35° \leq \theta \leq 50°$ - $b_0/t_0 \times t_0/t_i \leq 25$ - $d_0/t_0 \times t_0/t_i \leq 25$ - $0{,}4 \leq b_i/b_0 \leq 1{,}0$ - $0{,}25 \leq d_i/d_0 \leq 1{,}0$ - $b_0 \leq 200$ mm - $d_0 \leq 300$ mm - $0{,}5h_0 \leq e_{i/p} \leq 0{,}25h_0$ - $0{,}5d_0 \leq e_{i/p} \leq 0{,}25d_0$ - $e_{o/p} \leq 0{,}02b_0$ vagy $\leq 0{,}02d_0$ [$e_{o/p}$ a rácsos tartó síkjára merőleges külpontosság] p és q értelmezése: 
56 $m = 5$	$t_0 = t_i$		
71 $m = 5$	$t_0 \geq 1{,}4t_i$	Csomópontok átfedéssel: 4) részlet: N csomópontok, kör vagy téglalap keresztmetszetű szerkezeti zárt szelvények: 	
50 $m = 5$	$t_0 = t_i$		

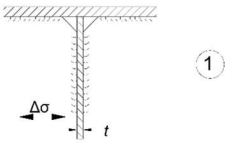
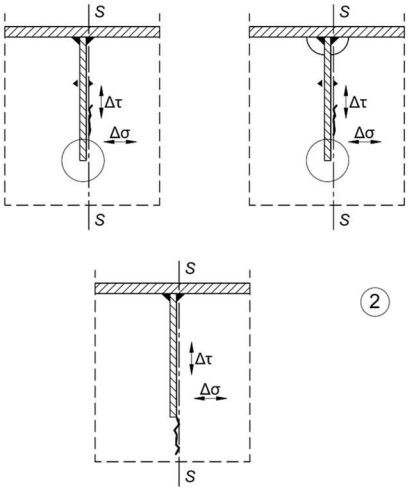
Jogszabály-tervezet 25. február 4.

8.19. táblázat – Ortotrop pályalemezek – zárt merevítőbordák (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.8. táblázatának)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet		Leírás	Követelmények
80 71	$t \le 12$ mm $t > 12$ mm		1) Folytonos hosszirányú merevítőborda, a keresztartóban kivágással.	1) A vizsgálatot a hosszirányú borda $\Delta\sigma$ normálfeszültségi tartománya alapján kell végezni.
80 71	$t \le 12$ mm $t > 12$ mm		2) Folytonos hosszirányú merevítőborda, a keresztartóban kivágás nélkül.	2) A vizsgálatot a borda $\Delta\sigma$ normálfeszültségi tartománya alapján kell végezni.
36			3) Külön hosszirányú merevítőborda a keresztartó mindkét oldalán.	3) A vizsgálatot a borda $\Delta\sigma$ normálfeszültségi tartománya alapján kell végezni.
71			4) A borda csomópontja, teljes beolvadású tompavarrat, alátétlemezzel.	4) A vizsgálatot a borda $\Delta\sigma$ normálfeszültségi tartománya alapján kell végezni.
112 90 80	minta a 8-11. táblázat 1), 2), 4) részlete minta a 8-11. táblázat 5), 7) részlete minta a 8-11. táblázat 9), 11)részlete		5) Teljes beolvadású tompavarrat a bordában, két oldalról hegesztve, alátétlemez nélkül.	5) A vizsgálatot a borda Ds normálfeszültségi tartománya alapján kell végezni. A fűzővarratok a tompavarratok kontúrján belül legyenek.
71			6) A keresztartó gerinclemez ének kritikus metszete a kivágás következtében.	6) A vizsgálatot a kritikus metszet feszültségtartománya alapján kell végezni a Vierendeel-hatás figyelembevételével. MEGJEGYZÉS: Megengedett a 112 részletosztály használata, ha a feszültségtartomány meghatározása az EN 1993-2 9.4.2.2. szakaszának (3) bekezdése szerinti.
71			<u>Trapéz vagy V alakú borda és pályalemez közötti varrat</u> 7) Részleges beolvadású varrat, ahol $a \ge t$.	7) A vizsgálatot a lemez hajlításából származó $\Delta\sigma$ normálfeszültségi tartomány alapján kell végezni.
50			8) A 7) részletosztályba nem tartozó sarokvarrat vagy részleges beolvadású varratok.	8) A vizsgálatot a lemez hajlításából származó $\Delta\sigma$ normálfeszültségi tartomány alapján kell végezni.

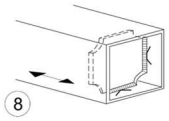
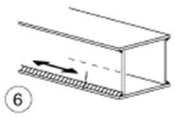
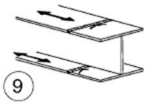
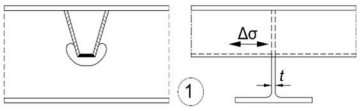
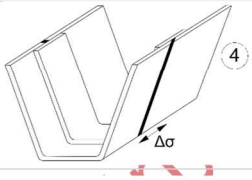
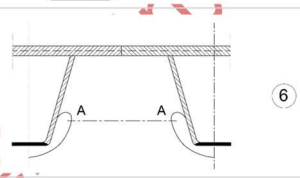
Jo[illegible] [illegible]yezésre 2025. február 4.

8.20. táblázat – Ortotrop pályalemezek – nyitott merevítőbordák (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.9. táblázatának)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet		Leírás	Követelmények
80	$t \leq 12$ mm		1) A hosszirányú merevítőborda és a kereszttartó kapcsolata.	1) A vizsgálatot a borda $\Delta\sigma$ normálfeszültségi tartománya alapján kell végezni.
71	$t > 12$ mm			
56			2) A folytonos hosszirányú merevítőborda és a kereszttartó kapcsolata: $\Delta\sigma = \frac{\Delta M_s}{W_{net,s}}$ $\Delta\tau = \frac{\Delta V_s}{A_{w,net,s}}$ A merevítők közötti feszültségtartományt is ellenőrizni kell az EN 1993-2 szerint.	2) A vizsgálatot a $\Delta\tau$ nyíró-feszültségi és $\Delta\sigma$ normálfeszültségi tartomány kombinációjaként meghatározott egyenértékű feszültségtartomány alapján kell végezni a kereszttartó gerinclemezére vonatkozóan: $\Delta\sigma_{eq} = \frac{1}{2}\left(\Delta\sigma + \sqrt{\Delta\sigma^2 + 4\Delta\tau^2}\right)$

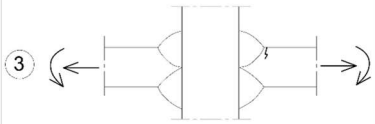
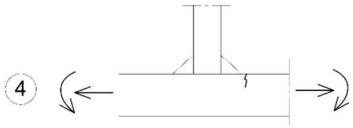
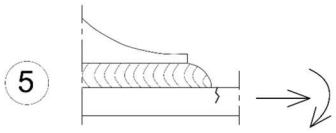
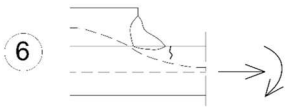
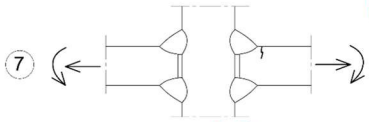
Jogszabályi véleményezésre 2025. ...ruár 4.

8.21. táblázat – Acél pályalemezek kritikus helyei (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.8. táblázatának)

Részlet-osztály	Acél pályalemez szerkezeti részlete	Vonatkozó szerkezeti részlet az EN 1993-1-9 szerint	Vonatkozó részlet leírása	Követelmények
71	Pályalemez a keresztirányú sarokvarratnál hosszirányú feszültséggel, lásd a 8-1. ábrát		Szekrénytartók diafragmái a gerinchez vagy az övhöz hegesztve. Kisméretű zárt szelvények esetén nem feltétlenül alkalmazható.	
100	Pályalemez a pályalemez és hosszbordák kapcsolatainál hosszirányú feszültséggel, lásd a 8-1. ábrát		Kézzel, illetve hegesztőautomatával vagy -géppel egy oldalról hegesztett tompavarratok, különösen szekrénytartók esetén.	Alapvetően fontos a gerinc és az övlemez közötti nagyon jó illeszkedés. A gerinc élét úgy kell előkészíteni, hogy a gyökfelület a szabályos, megszakítás nélküli gyökbeolvadást biztosítsa.
80	Pályalemez a pályalemez és hosszbordák kapcsolatainál hosszirányú feszültséggel, lásd a 8-1. ábrát		Keresztirányú illesztések hegesztett gerinclemezes tartókban kivágás nélkül.	Vonatkozó követelményekhez lásd a 8-11. táblázat 9-es részletét.
80	Zárt keresztmetszetű merevítőborda a kereszttartó és merevítőborda kapcsolatánál, lásd a 8-1. ábrát		Folytonos hosszirányú merevítőborda, a kereszttartóban kivágással.	A vizsgálatot a hosszirányú borda Δσ normálfeszültségi tartománya alapján kell végezni.
71	Merevítőbordák illesztése fém alátétlemezzel, lásd a 8-2. ábrát		A borda csomópontja, teljes beolvadású tompavarrat, alátétlemezzel.	A vizsgálatot a borda Δσ normálfeszültségi tartománya alapján kell végezni.
112	A bordakivágások szabad élei a keresztgerenda gerincében, lásd a 8-4. ábrát		A kereszttartó gerinclemezének kritikus metszete a kivágás következtében.	A vizsgálatot a kritikus metszet feszültségtartománya alapján kell végezni a Vierendeel-hatás figyelembevételével.

Jogszabályi vé[illegible]ésre 2025. februárt.

8.22. táblázat – Részletosztályok a geometriai feszültségtartományokhoz (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány B1. táblázatának)

Részlet-osztály	Szerkezeti részlet	Leírás	Követelmények
112		1) Teljes beolvadású tompavarrat.	- Minden varratot a nyíl irányával párhuzamosan a lemez felületének síkjába kell köszörülni. - Varratkezdéshez és -véghez kezdő- és kifutólemezeket kell használni majd eltávolítani, a lemezéleket a feszültség irányában síkba kell köszörülni. - Kétoldali hegesztés, NDT-ellenőrzés. - Az elhelyezkedési pontatlanságra lásd az 1. megjegyzést.
100		2) Teljes beolvadású tompavarrat.	- A varratot nem síkba köszörülni. - Varratkezdéshez és -véghez kezdő- és kifutólemezeket kell használni majd eltávolítani, a lemezéleket a feszültség irányában síkba kell köszörülni. - Kétoldali hegesztés. - Az elhelyezkedési pontatlanságra lásd az 1. megjegyzést.
100		3) Kereszt alakú csomópontok teljes beolvadású K tompavarrattal.	- A varratszegély szöge ≤ 60°. - Az elhelyezkedési pontatlanságra lásd az 1. megjegyzést.
100		4) Nem teherviselő sarokvarratok.	- A varratszegély szöge ≤ 60°. - Lásd a 2. megjegyzést is.
100		5) Szerelvény végei, hosszirányú merevítések végei.	- A varratszegély szöge ≤ 60°. - Lásd a 2. megjegyzést is.
100		6) Pótövlemez-végek és hasonló kapcsolatok.	- A varratszegély szöge ≤ 60°. - Lásd a 2. megjegyzést is.
90		7) Kereszt alakú csomópontok teherviselő sarokvarratokkal.	- A varratszegély szöge ≤ 60°. - Az elhelyezkedési pontatlanságra lásd az 1. megjegyzést. - Lásd a 2. megjegyzést is.
1. megjegyzés: A táblázat nem tartalmazza az elhelyezkedési pontatlanságból származó hatásokat. A feszültségek számításakor ezeket a hatásokat közvetlenül kell figyelembe venni.			
2. megjegyzés: A táblázat nem tartalmazza a varratgyökben kialakuló és a varrat felszíne felé terjedő fáradást.			
3. megjegyzés: A varratszegély szögének meghatározására lásd az EN 1090-et.			

8.9. A fáradás ellenőrzése

A fáradási ellenőrzést az e-UT 07.01.12 előírás 8.2.2. pontjában leírt módszerekkel lehet végrehajtani.

A káregyenértékűségi módszer alkalmazása esetén az ellenőrzést a 8.12–8.22. táblázatok alapján a 8.9.1. és a 8.9.2. pontok szerint szerint kell elvégezni.

Jogszabály, rendelet módosítás tervezésre 2025. február 4.

8.9.1. Normál- és nyírófeszültségekre

A fáradásvizsgálat során a következőket kell igazolni:

$$\frac{\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c/\gamma_{Mf}} \leq 1{,}0 \text{ és } \frac{\gamma_{Ff}\Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c/\gamma_{Mf}} \leq 1{,}0$$

Bizonyos részletek esetén az ellenőrzést a főfeszültségek alapján kell elvégezni a *8.12–8.20. táblázat* szerint.

Továbbá másodlagos feltétel, hogy a $\varphi_1 Q_k$ gyakori teherkombinációból származó névleges vagy geometriai feszültségtartományok teljesítsék az alábbi feltételeket:

$$\Delta\sigma \leq 1{,}5 f_y \; és \; \Delta\tau \leq 1{,}5 f_y/\sqrt{3}$$

Hibrid tartók esetén, ha az öv szilárdsága S460-nál nagyobb (de S700-nál nem nagyobb), és teljesül az $f_{yf} \leq \varphi_h f_{yw}$, ahol $(\varphi_h = 2)$ akkor a fenti $\Delta\sigma \leq 1{,}5 f_y$ összefüggésben az f_y értékére az öv anyagának f_{yf} folyáshatárát kell felvenni.

8.9.2. Egyidejű normál- és nyírófeszültségekre

Ha a *8.12–8.20. táblázat* szerint nincs megadva más előírás, akkor egyidejű normál- és nyírófeszültségek esetén az alábbi feltételt kell igazolni:

$$\left(\frac{\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c/\gamma_{Mf}}\right)^3 + \left(\frac{\gamma_{Ff}\Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c/\gamma_{Mf}}\right)^5 \leq 1{,}0$$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

9. FÜGGESZTŐ- ÉS FESZÍTŐRUDAK, KÁBELEK

9.1. Általános elvek

A fejezet acélanyagú, a szerkezettel való kapcsolat típusa miatt szabályozható és cserélhető, húzott elemeket tartalmazó szerkezetek tervezésével foglalkozik. (de irányadó a nem szabályozható, nem cserélhető húzott elemek tervezésére is). (*9.1. táblázat)*

E fejezet az előregyártott (késztermék), húzott elemek biztonságára, használhatóságára és tartósságára vonatkozó műszaki követelmények meghatározásával kapcsolatos szabályokat is tartalmaz.

9.1. táblázat – A húzott elemek osztályai (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 1.1. táblázatával)

Osztály	Húzott elemi összetevő	Szerkezeti elem
A	rúdelem (rúd)	húzott rúdelemes (rudas) rendszer, feszítőrúd
B	kör keresztmetszetű huzal	spirális pászmás kötél
	kör és Z keresztmetszetű huzal	teljesen zárt szerkezetű kötél
	kör keresztmetszetű huzal és pászma	pászmás kötél
C	kör keresztmetszetű huzal	vonalérintkezésű huzalpászma (PWS)
	kör keresztmetszetű huzal	vonalérintkezésű huzalokból álló köteg
	héteres (feszítő)pászma	vonalérintkezésű pászmákból álló köteg

Az A osztályú termékeknek általában egyedi, tömör, lekerekített keresztmetszete van és a végelemekhez menettel kapcsolódnak.

A B osztályú termékek hüvelyben vagy egyéb végelemben lehorgonyzott elemi huzalokból állnak és elsősorban 5–160 mm átmérőtartományban gyártják őket, lásd az MSZ EN 12 385-2 szabványt.

A C osztályú termékekhez egyedi vagy csoportos lehorgonyzó szerkezetre és megfelelő védelemre van szükség.

Az e részben tárgyalt, B és C osztályú termékekhez használt végelemek típusai az MSZ EN 13 411 szabványban találhatók.

9.2. A tervezés alapjai

9.2.1. Általános elvek

A tartósság fokozása érdekében a *9.2. táblázat* szerinti környezeti osztályozást szabad alkalmazni.

A húzott elemeket cserélhető és szabályozható kapcsolattal kell a szerkezethez rögzíteni.

9.2. táblázat – Környezeti osztályok (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 2.1. táblázatával)

Fárasztóhatás	Korrozív hatással szemben	
	külső oldalon védett	külső oldalon nem védett
Nincs számottevő fárasztóhatás	1. osztály	2. osztály
Elsősorban hosszirányú fárasztóhatás	3. osztály	4. osztály
Hossz- és keresztirányú fárasztóhatások (szél és eső)	–	5. osztály

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

9.2.2. Követelmények

A húzott elemek tervezésekor a következő határállapotokat kell figyelembe venni:

- teherbírási határállapot: A fellépő húzóerők nem haladhatják meg a húzási ellenállás tervezési értékét, lásd a 9.6. pontot,
- használhatósági határállapot: Az elemben fellépő feszültségek és alakváltozások nem haladhatják meg a határértékeket, lásd a 9.7. pontot,
- fáradás: A húzóerő váltakozásából, valamint a szél és az esővíz okozta váltakozó hatásból származó feszültségváltozások nem haladhatják meg a vonatkozó határértékeket, lásd a 9.8. és 9.9. pontokat.

A húzott szerkezeti elem kilazulásának elkerülése (vagyis amikor a benne működő feszültség értéke nulla alá csökken és ez a szerkezet stabilitását bizonytalanná teszi vagy fáradáshoz vezet, vagy károsodást okoz a tartószerkezeti vagy nem tartószerkezeti elemekben) érdekében, továbbá bizonyos típusú szerkezetek esetén a húzott elemeket a szerkezetet terhelő alakváltozással előterhelik (előfeszítés).

Ilyen esetekben az állandó hatásokat, mely rendszerint a „G” gravitációs terheket és a „P” feszítési hatást foglalja magába, általában egyetlen „G+P” állandó hatásnak kell tekinteni és a hozzá tartozó γ_{Gi} parciális tényezővel kell együtt alkalmazni, lásd a 9.5. pontot.

Az előregyártott húzott elemekhez csatlakozó bármilyen kiegészítő elemet, például a nyergeket vagy a szorítóelemeket általában úgy kell teherbírási és használhatósági határállapotokra tervezni, hogy az azokra működő hatást a kábelek szakítószilárdságának vagy folyási szilárdságának a figyelembevételével határozzák meg, lásd a 9.6. pontot. A fáradással kapcsolatban lásd a 8. fejezetet.

9.2.3. Hatások

9.2.3.1. A húzott elemek önsúlya

A húzott elemek és az azokhoz rögzített kiegészítő elemek önsúlyának karakterisztikus értékét a keresztmetszeti terület és az anyagok sűrűsége alapján kell meghatározni, kivéve, ha a szállítói műbizonylat konkrét értéket ír elő.

Pászmák esetén az önsúly g_k névleges értéke a következőképpen számítható:

$$g_k = wA_m$$

ahol:

A_m – a fém anyagú részek keresztmetszeti területe, mm^2,

w – az acélsűrűség figyelembevételével számított fajlagos súly, beleértve a korrózióvédelmi rendszer súlyát is (lásd *8.3. táblázatot)*, N/mm^3.

Az A_m értéke:

$$A_m = \frac{\pi d^2}{4} f$$

ahol:

d – a kötél vagy a pászma külső átmérője, mm, beleértve az esetleges korrózióvédelmi bevonatot is,

f – a kitöltöttségi tényező (*9.3. táblázat).*

Jogszabályi véleményezésre 2026. február 4.

9.3. táblázat – Kitöltöttségi tényezők (f) és fajlagos súlyok (w);
(Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 2.2. táblázatával)

		Kitöltöttségi tényező, f							fajlagos súly, w x 10^{-7} [N/mm^3]
		Maghuzalok + 1 réteg Z alakú huzal	Maghuzalok + 2 réteg Z alakú huzal	Maghuzalok + 2-nél több réteg Z alakú huzal	Huzalrétegek száma a maghuzal körül				
					1	2	3-6	>6	
1	Spirális pászmás kötelek (nem járatos)				0,77	0,76	0,75	0,73	830
2	Teljesen zárt szerkezetű kötelek	0,81	0,84	0,88					830
3	Kör keresztmetszetű huzalokból álló pászmák				0,56				930

Jelmagyarázat:

nem járatos

Vonalérintkezésű huzalokból vagy pászmákból álló kötelek esetén a fémkeresztmetszet a következőképpen határozható meg:

$$A_m = n\, a_m$$

ahol:

n – a kötelet alkotó egyedi huzalok vagy egyedi pászmák száma,

a_m – egy huzal keresztmetszeti területe (az átmérője alapján számítva) vagy egy (feszítő)pászma keresztmetszeti területe (a megfelelő szabvány alapján számítva).

C-osztályú termékek esetén az önsúlyt az egyedi huzalok vagy pászmák acélsúlya és a korrózióvédelem (HDPE, viasz stb.) anyagának súlya alapján kell meghatározni.

9.2.3.2. Szélhatások

A szélhatásokat az e-UT 07.01.12 előírás és az MSZ EN 1991-1-4 szabvány szerint kell figyelembe venni, figyelemmel az alábbiakra:

- a kábelekre ható légellenállásból származó statikus hatások,
- a kábelvégek környezetében fellépő elfordulások és hajlítónyomatékok,
- az aerodinamikai és egyéb gerjesztő hatások, melyek kábelrezgéseket okozhatnak, lásd a 9.8. pontot.

9.2.3.3. Jégterhek

A jégterheléssel kapcsolatban lásd az MSZ EN 1993-3-1 szabvány B mellékletét.

9.2.3.4. Hőmérsékleti hatások

A kábelek és a szerkezet eltérő hőmérsékletéből származó hőmérsékleti hatásokat figyelembe kell venni.

Időjárásnak kitett módon vezetett kábelek esetén figyelembe kell venni az egyes kábelek eltérő hőmérsékletéből származó hőmérsékleti hatásokat, lásd az e-UT 07.01.12 előírást.

9.2.3.5. Előfeszítés

A kábeleket úgy kell előfeszíteni, hogy a szerkezet szükséges alakja és feszültségeloszlása az összes állandó teher működése esetén álljon elő.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

A kábelek előfeszítését és beszabályozását olyan felszerelésekkel kell végezni és az előfeszítő erő karakterisztikus értékét úgy kell megválasztani, hogy ezek révén a szerkezet az előző bekezdés szerinti szükséges alakja a figyelembe vett határállapotban biztosítható legyen.

Ha szándékosan nem terveznek kábelbeszabályozást, akkor a szerkezet tervezésekor figyelembe kell venni az előfeszítő erők eltéréseiből származó hatásokat.

9.2.3.6. A húzott elemek cseréje és szakadása

Egy időben bármely húzott elem cseréjét ideiglenes tervezési állapotként figyelembe kell venni a tervezés során (a függőhidak főkábeleinek kivételével).

A tervezés során figyelembe kell venni bármely húzott elem hirtelen elszakadását rendkívüli tervezési állapotként (a függőhidak főkábeleinek kivételével).

Részletes analízis hiányában egy húzott elem hirtelen elszakadásából származó dinamikus hatás, a biztonság javára történő közelítésként, az E_d igénybevétel-többlet működtetésével vehető figyelembe:

$$E_d = k(E_{d2} - E_{d1})$$

ahol:

$k = 1{,}5$,

E_{d1} – az összes kábel működése esetén fellépő igénybevétel tervezési értéke,

E_{d2} – a vizsgált kábel eltávolítása esetén fellépő igénybevétel tervezési értéke.

9.2.3.7. Fárasztóterhek

A fárasztóterhekkel kapcsolatban lásd a 8. fejezetet.

9.2.4. Tervezési állapotok és parciális tényezők

9.2.4.1. Ideiglenes tervezési állapot az építés során

Építési állapotban az állandó terhek parciális tényezői módosíthatók, jobban igazodva az adott tervezési állapothoz és a határállapot-modellhez.

Az építési állapotra vonatkozó γ_{Gi} parciális tényezők az ajánlott értéknek megfelelően a következők:

- rövid időtartamra (legfeljebb néhány óra); egymást követő, pászmánkénti feszítési művelet esetén az első pászma megfeszítésének idejére: 1,10,
- a többi pászma megfeszítésének idejére: 1,20,
- ha a hatás kedvező: 1,00.

9.2.4.2. Tartós tervezési állapotok üzemszerű működési körülmények esetén

Teherbírási, használhatósági és fáradási igazolások esetén a γ_M parciális tényezőket a következők alapján szabad felvenni:

- a kísérleti vizsgálatok eredményeinek igazolásához használt körülmények szélsőségességének mértéke,
- a kábelben fellépő hajlítónyomatékok elkerülése érdekében alkalmazott intézkedések.

A γ_M megfelelő értékeit (például $\gamma_{M,fr}$) a 9.6. pont tartalmazza.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

9.3. Anyagok

Lásd jelen előírás 4.4. pontját.

9.4. A huzalok, kötelek és pászmák tartóssága

9.4.1. Általános elvek

A 9.2. táblázat szerinti 2., 4. és 5. környezeti osztályba sorolt, B és C osztályú húzott elemek esetén általában a következő korrózióvédelmi rendszert kell alkalmazni:

1. Az egyedi huzalokat korrózió elleni védelemmel kell ellátni.

2. Meg kell akadályozni, hogy a kötelek belső részébe nedvesség hatoljon be.

3. A külső felületet korrózió elleni védelemmel kell ellátni.

A *9.1. táblázat* szerinti C osztályú húzott elemeket általában két rétegből álló korrózióvédelmi rendszerrel kell ellátni; a két réteget egy határfelület vagy egy belső kiöntés válassza el egymástól.

A szorítóelemeknél és a lehorgonyzásoknál általában egy további korrózióvédelmet kell alkalmazni a vízbehatolás megelőzése érdekében.

A szállítással, tárolással és mozgatással kapcsolatban lásd az MSZ EN 1993-1-11 szabvány B mellékletét.

Termék betervezése esetén a korrózióvédelmi követelmények teljesülését a gyártó által kiadott teljesítménynyilatkozat alapján lehet igazolni.

A korrózióvédelem minden esetben feleljen meg az MSZ EN 10 264, vagy a prEN 10 138 szabványsorozatban található előírásoknak.

9.4.2. A kapcsolatok környezetének korrózióvédelme

Minden esetben intézkedéseket kell tenni annak érdekében, hogy a szorítóelemek, nyergek és lehorgonyzások környezetében az esővíz ne álljon meg a kábelen.

A kábelszerkezet kapcsolatait tömíteni kell.

9.5. Erőtani vizsgálat

9.5.1. Általános elvek

Az erőtani vizsgálatot a vizsgált határállapotokban a következő tervezési állapotokra kell elvégezni:

1. az építés közbeni körülményeket leíró ideiglenes tervezési állapot,

2. a szerkezet megépítését követő működési körülményeket leíró tartós tervezési állapotok,

3. rendkívüli állapotok (lásd 9.2.3.6. pontot).

9.5.2. Az építés közbeni körülményeket leíró ideiglenes tervezési állapot

A kábelek elhelyezését, az előfeszítést és a szerkezet alakjának beállítását is magába foglaló építési folyamatot úgy kell megtervezni, hogy teljesüljenek a következő feltételek:

- a szükséges geometriai alak,
- a végleges állapotnak megfelelő feszültségeloszlás, mely az összes tervezési állapotban kielégíti a használhatósági és teherbírási határállapotok követelményeit.

A teljes építési folyamat során végzett ellenőrző mérések (pl. az alak, az esésviszonyok, az alakváltozások, a frekvenciák vagy az erők mérése) összevethetősége miatt az összes számítást az állandó terhek, a terhelő alakváltozások és az összes esetleges hatás karakterisztikus értékének a figyelembevételével kell végrehajtani.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Ha a feszítés alatti teherbírási határállapotok igazolásában a „G” gravitációs terhek és a „P” feszítési hatás ellentétes értelmű hatással vannak figyelembe véve, akkor a „P”-hez tartozó γ_P parciális tényezőt γ_{MP} = 1,0-re kell felvenni.

9.5.3. Működési körülményeket leíró tartós tervezési állapotok

A működési körülményeket leíró bármelyik tartós tervezési állapotban az állandó hatásokkal terhelt szerkezet modellezéséhez a gravitációs terhekből származó „G” és az előterhelésből vagy a feszítésből származó „P” állandó hatások kombinációját egyetlen „G+P” állandó hatásként kell kezelni.

A használhatósági határállapotok igazolásához használt hatáskombinációban állandó hatásként a „G+P” hatást kell figyelembe venni. Teherbírási határállapotok vizsgálata során, a tartós és ideiglenes tervezési állapotok (lásd e-UT 07.01.12) igazolásakor, ha a „G+P” állandó hatás és az esetleges hatások kedvezőtlenek, akkor a „G+P” állandó hatást $\gamma_{G,\sup}$ parciális tényezővel kell megszorozni. Ha a „G+P” állandó hatás kedvező, akkor azt a $\gamma_{G,\inf}$ parciális tényezővel kell szorozni.

Ha az üzemszerű működés során az alakváltozásokból származó nemlineáris hatások jelentősek, akkor azokat figyelembe kell venni, lásd a 9.5.4. pontot.

9.5.4. Alakváltozásokból származó nemlineáris hatások

9.5.4.1. Általános elvek

A kötélszerű viselkedésből származó alakváltozásokat, továbbá az elemek megrövidülését és megnyúlását, beleértve a kúszás hatásait is, rövid merev rudak kivételével figyelembe kell venni.

9.5.4.2. Kötélszerű viselkedésből származó hatások

A kötélszerű viselkedésből származó hatások figyelembe vehetők egy kábelenként vagy kábelszakaszonként meghatározott E_t hatékony rugalmassági modulussal:

$$E_t = \frac{E}{1 + \frac{w^2 l^2 E}{12\sigma^3}}$$

ahol:

E – a kábel rugalmassági modulusa, N/mm^2,

w – a *9.3. táblázat* szerinti fajlagos súly, N/mm^3,

l – a kábel vízszintes vetületi hossza mm,

σ – a kábelfeszültség, N/mm^2. A 9.5.3. pont szerinti esetekben ez $\sigma_{\mathrm{G+P}}$.

9.5.4.3. Az alakváltozások hatása a szerkezetre

Másodrendű erőtani vizsgálat esetén az esetleges terhekből származó igénybevételek meghatározásakor kezdeti geometriaként a „G+P” állandó teherrel terhelt szerkezet T_0 hőmérséklethez tartozó alakját kell figyelembe venni.

Használhatósági határállapotban végrehajtott másodrendű erőtani vizsgálat esetén az igénybevételeket a hatások karakterisztikus kombinációjának figyelembevételével kell meghatározni. Ezek az igénybevételek a 9.7.2. pont szerinti használhatósági határállapotok igazolásához is felhasználhatók.

Teherbírási határállapotban a szerkezetek nemlineáris (rugalmas tartományon túli) viselkedését leíró másodrendű erőtani vizsgálat végrehajtásakor a vizsgálathoz szükséges – állandó hatásokkal terhelt szerkezet T_0 referencia-hőmérséklethez tartozó – alakot a $\gamma_G(G+P)$ terhelésből származó alak szerint kell figyelembe venni. Az esetleges hatások $\gamma_Q Q_{k1} + \gamma_Q \varphi_2 Q_{k2}$ tervezési értékei a

jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

szerkezet kedvezőtlen méreteltéréseire vonatkozó megfelelő feltételezésekkel együtt alkalmazhatók.

9.6. Teherbírási határállapotok

9.6.1. Húzott rudas rendszerek

A húzott rudas rendszereket teherbírási határállapotra az 5. fejezet szerint kell megtervezni.

9.6.2. Feszítőrudak, valamint B és C osztályú elemek

Teherbírási határállapotban a következőt kell igazolni:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1$$

ahol:

F_{Ed} – a kötélben fellépő húzóerő tervezési értéke,

F_{Rd} – a húzási ellenállás tervezési értéke.

A húzási ellenállás:

$$F_{Rd} = \min\left\{\frac{F_{uk}}{1{,}5\gamma_R}; \frac{F_k}{\gamma_R}\right\}$$

ahol:

F_{uk} – a húzószilárdság karakterisztikus értékéhez tartozó erő,

F_k – a húzott elem névleges folyáshatárához tartozó erő karakterisztikus értéke a *9.4. táblázat* szerint,

γ_R – parciális tényező.

9.4. táblázat – A névleges folyáshatárához tartozó erő F_k karakterisztikus értéke húzott elemek esetén

Osztály	F_k
A	$F_{0,1k}{}^*$
B	$F_{0,2k}$
C	$F_{0,1k}$

Megjegyzés: Melegen hengerelt acélból készült feszítőrudakra vonatkozóan lásd még a 4. fejezetet.

Az F_k figyelembevételével végzett ellenőrzés biztosítja, hogy az elem rugalmas marad, ha a hatások elérik a tervezési értéküket. Az olyan elemek (pl. teljesen zárt szerkezetű kötelek) esetén, melyekre $F_k \geq F_{uk}/1{,}50$, ezt az ellenőrzést nem szükséges elvégezni.

A γ_R parciális tényező értéke érték attól függ, hogy a kötélvégeknél alkalmaznak-e a kábel elfordulásából származó hajlítónyomatékokat csökkentő berendezéseket. (lásd a 9.7.1. pontot).

A γ_R parciális tényező értékei:

γ_R = 0,90 – lehorgonyzásoknál vannak a kábel elfordulásából származó hajlítónyomatékokat csökkentő berendezések,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

γ_R = 1,00 – a lehorgonyzásoknál nincsenek a kábel elfordulásából származó hajlítónyomatékokat csökkentő berendezések.

Feszítőrudak és C osztályú húzott elemek esetén a szakítóerő karakterisztikus értéke általában a következőképpen határozható meg:

$$F_{uk} = A_m f_{uk}$$

ahol:

A_m – a fémkeresztmetszet (lásd a 9.2.3.1. pontot),

f_{uk} – a feszítőrúd, a huzal vagy a (feszítő)pászma húzószilárdságának karakterisztikus értéke a vonatkozó szabvány szerint.

A B osztályú húzott elemek esetén az f_{uk} általában a következőképpen határozható meg:

$$F_{uk} = F_{min} k_e$$

ahol:

$$F_{\min} = \frac{K d^2 R_r}{1000} \; [kN]$$

ahol:

K – a sodrási veszteséget figyelembe vevő minimális szakítóerő tényezője,

d – a kötél névleges átmérője, mm,

R_r – a kötélszilárdsági osztály, N/mm^2],

k_e – a veszteségtényező, melyet néhány kötéltípusra és végelemre a *9.5. táblázat* ad meg.

A K, d és R_r értékeket az MSZ EN 12 385-2 írja elő az összes kötéltípus esetére.

9.5. táblázat – A k_e veszteségtényezők (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 6.3. táblázatával)

A végelem típusa	Veszteségtényező, k_e
Fémmel kiöntött hüvely	1,0
Gyantával kiöntött hüvely	1,0
Szorítógyűrűs kötélszem	0,9
Kovácsolt hüvelyek	0,9
U alakú szorítókengyelek	0,8*

*Megjegyzés: * U alakú szorítókengyel esetén lehetséges az előterhelés csökkentése.*

9.6.3. Nyergek

9.6.3.1. Geometriai feltételek

Ha a nyereg méreteinek arányai kielégítik a *9.1. ábrán*, valamint a következő bekezdésekben szereplő követelményeket, akkor a huzalok görbülete miatti többletfeszültségek a tervezés során figyelmen kívül hagyhatók. A követelmények teljesülése esetén a pászma és a kötél szakítási ellenállását 3 százalékkal csökkenteni kell.

Általános esetben a nyereg r_1 sugara legalább $30d$ vagy ≥ 400 Ø legyen,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

ahol:

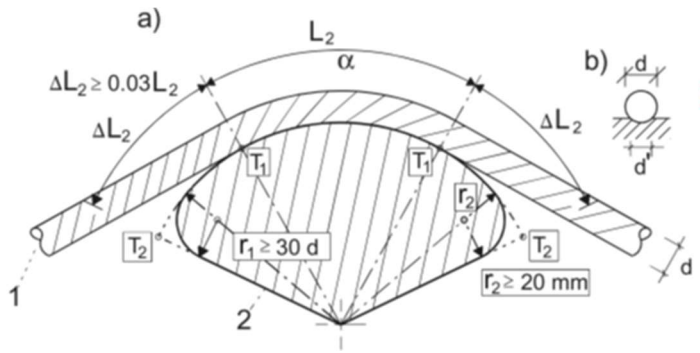
$\emptyset$ – a huzal átmérője,

d – a kábel átmérője,

d' – a közvetlenül érintkező felület szélessége.

Az r_1 értéke $20d$-re csökkenthető, ha a kötél felfekvési felülete legalább az átmérő 60 százalékának megfelelő szélességen legalább 1 mm vastagságú puhafém- vagy szórt cinkbevonattal rendelkezik.

Spirális köteleknél kisebb sugarak is alkalmazhatók gyártói igazolás esetén. Általános esetben a T_1 és T_2 pontok helyzetét a vizsgált teheresetekben kell meghatározni a saruk és a kábelek elmozdulásainak figyelembevételével.



9.1. ábra – Pászma/kötél felfekvése egy nyereg mentén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 6.1. ábrájával); 1 – pászma/kötél, 2 – nyereg, L_2 – a pászma/kötél hossza a két elméleti T_1 érintőpont között, a terhek és kötélszerű viselkedésből származó hatások legkedvezőtlenebb karakterisztikus kombinációja esetén, ΔL_2– kiegészítő burkolóhossz

9.6.3.2. A kábelek megcsúszása a nyereg mentén

A megcsúszás elkerülése érdekében a következő feltételt kell kielégíteni:

$$\max\left\{\frac{F_{Ed1}}{F_{Ed2}}\right\} \leq e^{\left\{\frac{\mu\alpha}{\gamma_{M,fr}}\right\}}$$

ahol:

F_{Ed} és F_{Ed2} – a legnagyobb és a legkisebb kábelerő tervezési értékei, a nyereg mindkét oldalát figyelembe véve,

μ – a kábel és a nyereg közötti súrlódási tényező,

α – a kábel nyereg feletti görbületi sugara, radián,

$\gamma_{M,fr}$ – a súrlódás parciális tényezője, értéke $\gamma_{M,fr} = 1{,}65$.

Ha a feltétel nem teljesül, akkor általában szorítóelemeket kell használni, melyek egy többlet F_r szorítóerőt biztosítanak a következő összefüggésnek megfelelően:

$$\frac{F_{Ed1} - \frac{kF_r\mu}{\gamma_{M,fr}}}{F_{Ed}} \leq e^{\left\{\frac{\mu\alpha}{\gamma_{M,fr}}\right\}}$$

Jogszabályi véleményezés – February 4.

ahol:

k – értéke szokásos esetben 2,0, amennyiben a nyereghorony és a szorítóelem között megcsúszásmentes súrlódás alakul ki és az F_r értéke nem haladja meg a kábel szorítóerővel szembeni ellenállását (lásd a 9.6.3.3. pontot). Egyéb esetekben $k = 1{,}0$,

$\gamma_{M,fr}$ – a súrlódási ellenállás parciális tényezője.

Ha az F_r értékét feszítőcsavarok használatával határozzák meg, akkor a következő hatásokat figyelembe kell venni:

- tartós kúszás,
- a húzóerő növekedésével együtt járó átmérőcsökkenés,
- a kábel összepréselődése/beágyazódása vagy oválosodása,
- a kábelt terhelő külső erők hatására a szorítóelem feszítőcsavarjaiban működő húzóerő csökkenése,
- hőmérséklet-különbségek.

9.6.3.3. Keresztirányú nyomás

A sugárirányú F_r szorítóerő következtében fellépő q_{Ed} keresztirányú nyomás mértékét a következőképpen kell korlátozni:

$$\frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} \leq 1$$

ahol:

$q_{Ed} = \frac{F_r}{d' L_2}$ és $0{,}6d \leq d' \leq d$ [a d' értelmezését lásd a 9.1. b) ábrán],

$$q_{Rd} = \frac{q_{Rk}}{\gamma_{M,bed}}$$

q_{Rd} – a keresztirányú nyomás felső határértéke, melyet kísérletekből kell meghatározni,

$\gamma_{M,bed}$ – a parciális tényező.

A q_{Rd} számításakor az F_{Ed1} erőből származó nyomást nem szükséges figyelembe venni, mivel azt a 9.6.3.1. pontban szereplő szabályok már tartalmazzák.

Kísérleti vizsgálatok hiányában a keresztirányú nyomás q_{Rk} határértékeit a *9.6. táblázat* szerint kell felvenni.

A q_{Rk} határérték $\gamma_{M,bed}$ = 1,00 parciális tényezővel való alkalmazása azt eredményezi, hogy a kábel szakítószilárdságát legfeljebb 3 százalékkal kell csökkenteni.

9.6. táblázat – A q_{Rk} határértékek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 6.4. táblázatával)

Kábeltípus	q_{Rk}, N/mm²	
	Acél szorítóelemek és nyergek	Rugalmasan rögzített szorítóelemek és nyergek
Teljesen zárt szerkezetű kötél	40	100
Spirális pászmás kötél	25	60

A rugalmasan rögzített szorítóelemeknek legalább 1 mm vastagságú puhafém réteget vagy szórt cinkbevonatot kell tartalmazniuk.

Jogszabály véleményezésre 2025. február 4.

9.6.3.4. A nyergek tervezése

A nyergeket általában $k \cdot F_{uk}$ kábelerőre kell tervezni, ahol F_{uk} a kábel szakítóerejének karakterisztikus értéke. A k tényező értéke: 1,10.

9.6.4. Szorítóelemek

9.6.4.1. A szorítóelemek megcsúszása

Ha a szorítóelem hosszirányú erőt ad át a kábelre és a kapcsolati részek (*9.2. ábra*) nincsenek a megcsúszás lehetőségét kizáró módon mechanikusan egymáshoz kapcsolva, akkor a megcsúszást a következő összefüggés igazolásával kell megelőzni:

$$F_{Ed\parallel} \leq \frac{(F_{Ed} + F_r)\mu}{\gamma_{M,fr}}$$

ahol:

$F_{Ed\parallel}$ – a külső teher tervezési értékének a kábellel párhuzamos összetevője,

F_{Ed} – a külső teher tervezési értékének a kábelre merőleges összetevője,

F_r – a vizsgált sugárirányú szorítóerő, amely a 9.6.3.2. pontban felsorolt okok miatt csökkenhet,

μ – a súrlódási tényező,

$\gamma_{M,fr}$ – a súrlódás parciális tényezője, értéke: 1,65.

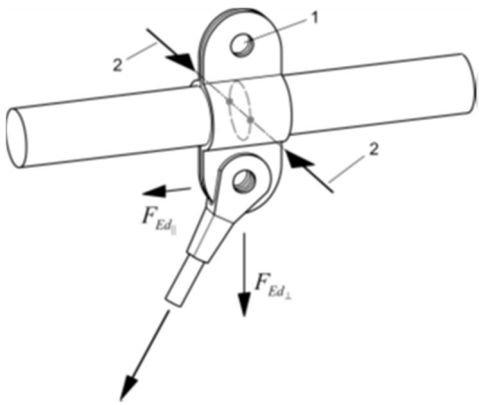
Az F_r értéke a kábelszorító elem rögzítésekor működtetett külső erők által növelhető vagy csökkenthető.

9.6.4.2. Keresztirányú nyomás

Az $F_{Ed\perp}$ vagy az $F_{Ed\parallel} + F_r$ erők közül a nagyobbik működése miatt fellépő keresztirányú nyomás elégítse ki a 9.6.3.3. pont követelményeit.

9.6.4.3. A szorítóelemek tervezése

A szorítóelemeket, azok rögzítéseit és a kapcsolódó szerkezeti összetevőket, mint például a tartókábelhez csatlakozó függesztőelemeket általában egy $1{,}15 \cdot F_k$ értékű névleges erőre kell tervezni, ahol F_k a szorítóelemmel rögzített másodlagos szerkezeti elem névleges folyáshatárához tartozó erő karakterisztikus értéke (lásd a *9.2. ábrát)*.



9.2. ábra – Szorítóelem (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 6.3. ábrájával);
1 – Feszítőcsavarlyuk, 2 – A feszítőcsavarok által kifejtett F_r szorítóerő

Jogszabályi véleményezésre 2025 február 4.

9.6.5. Kábellehorgonyzások

A lehorgonyzás elemeit a kábellel egyenteherbírásúra kell megtervezni, azaz a lehorgonyzás bármely elemének teherbírása legyen legalább akkora, mint a kábel teherbírása. Az acélelemeket teherbírási határállapotra a vonatkozó előírások szerint kell megtervezni.

9.7. Használhatósági határállapotok

9.7.1. Használhatósági kritériumok

A következő használhatósági kritériumokat kell figyelembe venni:

- alakváltozások vagy rezgések,
- rugalmas állapot üzemi körülmények esetén.

A kábel hajlítása miatt a lehorgonyzásban fellépő feszültségek megfelelő eszközökkel (pl. a keresztirányú terhelés felvételére használt neoprén zsámolyok) csökkenthetők.

9.7.2. Feszültségkorlátok

Feszültségkorlátok a karakterisztikus teherkombinációkra vonatkozóan írhatók elő a következők okokból:

- a feszültségek rugalmas tartományban tartása a vonatkozó tervezési állapotokban az építés vagy az üzemszerű működés során,
- az alakváltozások korlátozása olyan mértékűre, hogy túlzott korróziós veszélyeztetettség, pl. védőcsövek és szilárd kitöltőanyagok megrepedése, hézagok megnyílása stb. miatti intézkedésekre ne legyen szükség, továbbá, hogy korlátozza a bizonytalanságok kedvezőtlen hatásait a fáradásra való tervezés során,
- rugalmas és rugalmashoz közeli szerkezeti válaszokra vonatkozó igazolások teherbírási határállapotban.

A feszültségkorlátokat általában a szakítószilárdság bizonyos hányadában kell megadni, a következők szerint:

$$\sigma_{uk} = \frac{F_{uk}}{A_m}$$

Az építés közbeni állapotokra vonatkozó f_{const} feszültségkorlát értéke:

- elsőként beépített húzott elemek néhány órán keresztül: $0{,}60\sigma_{uk}$,
- a többi húzott elem beépítését követően: $0{,}55\sigma_{uk}$.

Az üzemszerű működésre vonatkozó f_{SLS} feszültségkorlát értéke:

- fáradásra való tervezés a hajlításból származó feszültségek figyelembevételével: $50\sigma_{uk}$,
- fáradásra való tervezés a hajlításból származó feszültségek figyelmen kívül hagyásával: $0{,}45\sigma_{uk}$.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

9.8. A kábelek rezgése

9.8.1. Általános elvek

Időjárásnak kitett módon vezetett kábelek (pl. ferdekábelek) esetén az építés alatt vagy azt követően fellépő szél okozta rezgéseket és azoknak a biztonság mértékét befolyásoló hatását ellenőrizni kell.

A kábelen aerodinamikai erők a következők miatt léphetnek fel:

a) csapkodás (a turbulens légáramlás miatt),

b) örvényleválás (a kábel mögötti áramlási holttérben a Kármán-féle örvények hatására),

c) táncolás (öngerjesztett rezgés),

d) leárnyékolt táncolás (a szomszédos kábelek áramló közeg-rugalmas szerkezet interakciója),

e) szél, eső és kábel interakciója.

Kör keresztmetszetű kábel esetén a szimmetria miatt a táncolás jelensége nem léphet fel. Ez a jelenség akkor alakulhat ki, ha a kábel szokásos alakja a jég vagy porrétegek rárakódása miatt megváltozik. A c), d) és e) pontbeli jelenségek során fellépő erők függnek a kábel mozgásától (visszacsatolás) és a fellépő aeroelasztikus instabilitás következményeként alakulnak ki. Ez a folyamat egy kritikus szélsebességnél indul be és nagy amplitúdójú rezgésekhez vezet. A dinamikus gerjesztés mechanizmusát részletes modellen szükséges vizsgálni, a vizsgálat eredményétől függően válhat szükségessé intézkedések megtétele a nem várt rezgések korlátozása érdekében.

Kábelrezgések a szerkezet egyéb részein (pályatartók, pilonok) fellépő dinamikus erők következtében is kialakulhatnak.

9.8.2. Kábelrezgést csökkentő intézkedések

Amennyiben a kábellel függesztett szerkezeten akár az építés, akár az üzemelés során túlzott mértékű szél, jég és esővíz okozta rezgések jelentkeznek, úgy utólagos rezgésszabályozó eszközöket kell beépíteni, melyek geometriai elhelyezhetőségét a tervezéskor figyelembe kell venni.

Ilyen eszközök lehetnek:

a) a kábelfelület megváltoztatása (aerodinamikai alak),

b) rezgéscsillapító berendezések,

c) stabilizálókábelek (pl. kikötőkábelek megfelelő kapcsolatokkal).

9.8.3. Kockázatbecslés

Az esővíz, a jég és a szél okozta rezgéseket tervezési megoldásokkal kell megelőzni, amely különleges felületi kialakítású ferdekábelek használatát foglalhatja magában.

A kábelrezgés kockázata a ferdekábel hosszának növekedésével nő. 70–80 méternél rövidebb kábelek esetén általában nincs ilyen kockázat, kivéve a rezgésre különösképpen érzékeny (kedvezőtlen alakú és hajlékony pályaszerkezetű) szerkezeteket, melyek esetén parametrikus gerjesztésből származó rezonancia léphet fel.

A 80 méternél hosszabb ferdekábelek esetén, amennyiben számítás igazolja, úgy általában be kell tervezni olyan rezgéscsillapító berendezések beépítését, melyekkel biztosítható, hogy a kritikus csillapítási arány meghaladja a 0,5 százalékot.

A parametrikus gerjesztés okozta rezonancia kockázatát a tervezés során kell felmérni a szerkezet és a ferdekábelek rezgési sajátalakjainak részletes vizsgálatával, melynek során mindegyik sajátalak esetén figyelembe veszik a körfrekvenciák arányát és a lehorgonyzások elmozdulásának mértékét.

Úgy kell tervezni a szerkezetet, hogy a frekvenciaátfedések, vagyis azon esetek elkerülhetők legyenek, amikor egy ferdekábel Ω önrezgésszáma a szerkezet ω_n vagy $2\omega_n$ önrezgésszáma körüli

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

±20 százalékos tartományba esik. Ha szükséges, a ferdekábelek modális körfrekvenciájának eltolásához stabilizáló kábeleket lehet használni.

A felhasználói komfort- és biztonságérzet biztosítása érdekében a ferdekábelek rezgésamplitúdóját egy szerkezeti válaszra vonatkozó feltétellel kell korlátozni oly módon, hogy egy közepes, 15 m/s szélsebesség esetén a ferdekábel rezgésamplitúdója legfeljebb $L/500$ legyen, ahol L a kábelhossz.

9.9. Fáradás

9.9.1. Általános elvek

A *9.2. táblázat* szerinti 3., 4. és 5. osztályú húzott elemek fáradási ellenállását az e-UT 07.01.12 szerinti fárasztóhatások és a megfelelő szerkezeti részletosztály megválasztásával kell meghatározni.

A kábelrendszer fáradási tönkremenetele rendszerint a lehorgonyzásoknál, a nyergeknél vagy a szorítóelemeknél következik be. E helyek megfelelő szerkezeti részletosztályát kísérleti vizsgálatokkal igazoltan (teljesítménynyilatkozat) kell meghatározni. A kísérleteket oly módon kell elvégezni, hogy annak elemei a ténylegesen alkalmazott szerkezeti kialakításnak megfelelően vannak felépítve és a gyakorlatban várhatóan előforduló összes hajlításból vagy keresztirányú erőből fellépő feszültséget képesek reprodukálni.

9.9.2. Váltakozó húzóerők

A 9.9.1. pontban leírt kísérleti vizsgálatok hiányában a fáradási szilárdsági görbék és a szerkezeti részletosztályok a 8.8. pont szerint vehetők fel.

A 8.9. táblázat szerinti részletosztályok a 9.2. táblázat szerinti 3. és 4. környezeti osztálynak felelnek meg. Hossz- és keresztirányú fárasztóhatások esetén (5. környezeti osztály a 9.2. táblázat szerint) további védelmi intézkedésekre van szükség a hajlításból származó feszültségek minimalizálásához.

A fáradási értékelésekkel kapcsolatban lásd a 8. fejezetet.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

10. HASZNÁLHATÓSÁGI HATÁRÁLLAPOTOK VIZSGÁLATA

10.1. Általános szabályok

A tartószerkezetek feleljenek meg a használhatósági határállapotban támasztott követelményeknek. Ezek a követelmények különbözőek lehetnek, így minden esetben külön kell részletezni azokat, a vonatkozó terhelésekkel és vizsgálati modellekkel együtt. Meg kell különböztetni a reverzibilis és irreverzibilis határállapotokat. Az igazolást az alábbi feltételek alapján kell elvégezni (a részletes kifejtést lásd a 10.3–10.7. pontokban):

- rugalmas viselkedés korlátozása a korlátozatlan folyás, a tervezett geometriától való eltérés, valamint a túlzott alakváltozások korlátozása érdekében,
- lehajlások és görbületek korlátozása a járműteherből adódó nemkívánatos ütőhatások, a szükséges űrszelvény növelésének, a burkolatrepedés, valamint a vízelvezetés károsodásának kiküszöbölésére,
- sajátfrekvenciák korlátozása bármely hatásból adódó olyan rezgések korlátozására, mely már nem tolerálható, rezonancia okozta fáradási jelenségek, valamint a zajkibocsátás minimalizálására,
- lemezkarcsúság korlátozása a lemezek túlzott hullámosodásának, lélegzésének, valamint a rugalmas lemezhorpadás miatt bekövetkező merevségcsökkenés (ld. 6.2.3. pont) elkerülésére,
- megfelelő szerkezeti részletek alkalmazása a tartósság javítása és a korrózió és túlzott elhasználódás megakadályozása érdekében,
- könnyű fenntartás és javítás biztosítása, karbantartás, vizsgálat, korrózióvédelem és burkolatcsere egyszerű elvégzése, a hídtartozékok (saruk, lehorgonyzások, kábelek, dilatációk) cseréjének megkönnyítése érdekében.

A fenti követelményeknek megfelelő szerkezeti kialakítást már a hídszerkezet koncepcionális tervezése során, továbbá a különböző részlettervek kidolgozása során figyelembe kell venni. Más esetekben azonban lehetőség van számítással igazolni a megfelelőséget (pl. lehajlások, sajátfrekvenciák).

Az általános használhatósági követelményeket az e-UT 07.0.12 tartalmazza. További, acélszerkezetekre specifikus részeket a 10.2–10.10. pontok adják meg.

10.2. Számítási módszerek

Használhatósági határállapotok esetén a feszültségeket és lehajlásokat lineárisan rugalmas számítási módszerrel kell meghatározni, figyelembe véve a lemezhorpadásból adódó merevségcsökkenést (ha szükséges, 5.1.4. pont), valamint a lemezvastagság változásából, merevítésekből adódó egyenlőtlen tehereloszlásokat és merevségeket (ld. 6.5. pont). A feszültségek számításakor a biztonság javára egyszerűsítő feltételezések tehetők.

10.3. A feszültségek korlátozása

A karakterisztikus teherkombináció alapján számított névleges $\tau_{Ed,\mathrm{ser}}$ nyíró- és $\sigma_{Ed,\mathrm{ser}}$ normálfeszültségeknek az alábbi követelményeket kell teljesíteniük:

- $\sigma_{Ed,\mathrm{ser}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M,\mathrm{ser}}}$
- $\tau_{Ed,\mathrm{ser}} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M,\mathrm{ser}}}$

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

- $\sqrt{\sigma_{Ed,\text{ser}}^2 + 3\tau_{Ed,\text{ser}}^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M,\text{ser}}}$

Ezek a követelmények arra az esetre vonatkoznak, ha a névleges feszültségeket úgy számoljuk ki, hogy engedményeket teszünk a nyírási torzulás (shear lag) miatt az övekben, valamint a lehajlások másodrendű hatásaival kapcsolatban (pl. rácsos tartók másodrendű nyomatékai). A $\gamma_{M,\text{ser}}$ parciális tényező értéke: 1,0. Ha keresztirányú erőbevezetés miatt σ_z feszültségek is fellépnek, ezeket is bele kell venni az ellenőrzésbe. Az 5.1.4. pont értelmében a lemezhorpadásból származó merevségcsökkenést nem kell figyelembe venni, ha a lemezelemek hatékony szélessége legalább az eredeti területük fele.

Fáradási vizsgálatoknál a gyakori teherkombinációból származó feszültségtartomány ne legyen nagyobb, mint $1{,}5 f_y/\gamma_{M,\text{ser}}$.

Nem feszített, nyírásnak kitett csavarozott kapcsolatok esetén a karakterisztikus teherkombinációból számítható csavarerő ne legyen nagyobb, mint a csavar palástnyomási teherbírásának 70 százaléka. B kategóriájú feszített csavarok esetén (ha nem csúszik meg a csavar üzemi állapotban), a használhatósági ellenőrzést a karakterisztikus teherkombináció alapján kell elvégezni.

10.4. A gerinclélegzés korlátozása

A gerinclélegzés a keresztirányú teher hatására üzemi állapotban bekövetkező reverzibilis lemezhorpadási jelenség, mely a gerinc-öv csatlakozás környezetében fáradási repedéseket okozhat. Az élettartam növelése miatt a lemezkarcsúságot korlátozni kell, hogy ez a jelenség ne forduljon elő.

Elhanyagolható a gerinclélegzés, ha az alábbi feltétel teljesül merevítő nélküli lemezmező vagy merevített gerinc lemezmezői esetén:

$$\frac{b}{t} \leq 55 + 3{,}3L \leq 250$$

ahol:

L – a támaszköz méterben, de legalább 20 m.

Ha szükséges a gerinclégzés ellenőrzése, akkor az alábbi egyenletet kell alkalmazni:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,\text{ser}}}{k_\sigma \sigma_E}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\tau_{x,Ed,\text{ser}}}{k_\tau \sigma_E}\right)^2} \leq 1{,}1$$

ahol:

$\sigma_{x,Ed,ser}$, $\tau_{x,Ed,ser}$ – a gyakori teherkombinációból származó feszültségek értéke (amennyiben ez nem állandó a lemez hossza mentén, akkor a 6.2.3.6. pont alapján kell kijelölni a vizsgálandó keresztmetszetet),

$k_\sigma k_\tau$ – csuklós lemezelemen a 6.2.3. és 6.5. pont elvei szerint számolt lineáris rugalmas horpadási tényező,

$$\sigma_E = 190\ 000 \left(\frac{t}{b_p}\right)^2 \text{ N/mm}^2,$$

b_p – a lemezelem hossza (a) és szélessége (b) közül a kisebb.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

10.5. A tervezett alak biztosítása

A hídszerkezeteket túlemeléssel kell tervezni. A lehajlás számítása során tekintetbe kell venni a nyírási deformációk (vagyis a nyíróerők okozta többlet alakváltozások), valamint a kapcsolóelemek megcsúszásának hatását. Utóbbit illesztőcsavaros vagy szegecselt kialakítás esetén 0,2 miliméterre kell felvenni rögzítőelemenként (soronként). Előfeszített csavarok esetén a megcsúszás jelensége figyelmen kívül hagyható. További követelmények az e-UT 07.01.12 előírásban találhatók.

10.6. A szél hatásával kapcsolatos használati követelmények

A szerkezetet úgy kell kialakítani, hogy a szélből származó örvényleválásból ne alakuljon ki olyan amplitúdójú feszültségingás, ami fáradási tönkremenetelt okozhat. Az örvényleválást figyelembe vevő fárasztóterheket az MSZ EN 1991-1-4 szabvány E és F melléklete tartalmazza.

10.7. Vízelvezetés

A vízelvezetési követelményeket a szerkezet deformálódott állapotában is biztosítani kell.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

11. SZERKESZTÉSI SZABÁLYOK

11.1. Általános szerkesztési szabályok

11.1.1. A kivitelezés és fenntartás szempontjaival kapcsolatos előírások

A tervezés alkalmával figyelemmel kell lenni a gyártás, a szerelés, a fenntartás és a szállítás szempontjaira.

Ha a szerkezet a gyártást, szerelést vagy szállítást illetően a vonatkozó előírásokon túlmenő követelményt támaszt, úgy azt a tervben meg kell adni.

A szerkezeten a helyszíni illesztések helyeit erőtani szempontból optimális helyen úgy kell meghatározni, hogy a szállítás és a szerelés egyszerűen és gazdaságosan végrehajtható legyen.

A kész szerkezet minden része legyen hozzáférhető a vizsgálat és a fenntartás céljából.

A végkeresztartó és a hídfőmellvédfal között, valamint az egymáshoz közel kerülő szerkezetek között legalább 80 cm hely legyen ahhoz, hogy a szerkezethez hozzá lehessen férni.

A támaszoknál lévő keresztartókat és azok bekötéseit úgy kell tervezni, hogy azok az emelés céljára akár építési, akár végleges állapotban is a híd állandó terheire felhasználhatóak legyenek. Különösen indokolt esetben üzemeltetői vagy építtetői igény esetén a híd emelhetőségét adott forgalom alatt is biztosítani kell. Az emelés helyét a terven fel kell tüntetni.

A főtartóban lévő csukló helyén a pályaszerkezetet úgy kell kialakítani, hogy az ne akadályozza a csukló rendeltetésszerű működését.

11.1.2. A korrózió elleni védelem szerkesztési szabályai

A szerkezet minden részletét úgy kell megtervezni, hogy a korróziós veszély minimális legyen, valamint hogy a vizsgálat és karbantartás megoldható legyen. További tervezési elveket foglal össze az MSZ EN ISO 12 944-3 szabvány. Az alkotórészeket úgy kell megtervezni, hogy azok hozzáférhetőek legyenek (vizsgálat, tisztítás és festés céljából). Ha ez nem biztosítható, akkor ezeket a helyeket korrózió szempontjából hatékonyan le kell zárni (pl. szekrénytartók belső részei), vagy olyan acélból kell kialakítani, melyek a légköri korróziós hatásoknak fokozottan ellenállnak. Ha a korróziót nem lehet kizárni a hídszerkezet élettartama alatt, azt figyelembe kell venni a méretezés során.

A szerkezetet úgy kell megtervezni, hogy vízzsák sehol se keletkezhessék. Szükség esetén lyukat kell tervezni a vízelvezetés céljára.

Zárt szelvényű rudak, hosszbordák és egyéb, utólag belülről hozzá nem férhető elemek korrózió elleni védelmét erre tekintettel kell megtervezni.

Zárt elemek kibetonozásánál a beton szelvényfaltól való esetleges elzsugorodására tekintettel kell lenni (pl. speciális betonreceptúra, megfelelő sűrűségű bekötés).

Belülről járható szerkezeteket zárható búvónyílással kell kialakítani.

Belső páraképződésnek kitett szekrénytartókat szellőzőnyílással kell ellátni. Ezt a csapadéktól védett helyre kell tervezni és drót védőhálóval vagy ráccsal kell lezárni.

Zárt szelvényű alátámasztó oszlopokat fokozott korrózióvédelemmel kell védeni.

Füstgáznak vagy kipufogógáznak közvetlenül kitett szerkezeteket megfelelő védelemmel kell ellátni.

Szekrénytartó belsejében nyomás alatti vezetéket nem szabad vezetni. Nagynyomású vízvezetéket csak úgy szabad betervezni, ha az esetlegesen kiáramló víz gravitációs elvezetése biztosított (a vezeték automatikus elzárása nem elégséges).

Sóoldatok hatásának közvetlenül kitett szerkezeti elemeket annak ellenálló védőbevonattal kell ellátni.

Jogszabályi véleményezésre 2022. február 4.

A fentieken kívül a korrózió elleni védelemre vonatkozóan be kell tartani az e-UT 07.04.11/M1 műszaki előírást.

11.1.3. Alkalmazható szelvényméretek korlátozása

A megengedett legkisebb anyagvastagság, illetve méret:

- általában: 8 mm,
- főtartóelemekre: 10 mm,
- vízmentesen zárt szelvényekre: 6 mm,
- merevítésekre, erőt át nem adó szerkezeti elemekre: 6 mm,
- korlátokra, hídszerelvényekre és egyéb alárendelt elemekre: 4 mm,
- szögvasak legkisebb szárszélessége általában: 50 mm,
- korlátelemek függőleges pálcáira és hídszerelvények szárszélességére: 30 mm.

11.1.4. Hegesztett szerkezetek kialakításának általános szabályai

A hegesztett szerkezeteket a zsugorodások, alakváltozások és mellékfeszültségek csökkentése érdekében kevés elemből, kevés varrattal és illesztéssel kell tervezni.

Kerülni kell a nagy feszültségcsúcsokat előidéző hirtelen keresztmetszet-változásokat és bemetszéseket. A szerkezet kialakítása ne zavarja az erővonalak haladását. Minden beszögellést, bevágást, keresztmetszet-változást, bekötést megfelelő sugarú lekerekítéssel, vagy folyamatos átmenettel kell tervezni. A varratok végződései lehetőleg távol kerüljenek a keresztmetszet-változás (feszültségcsúcs) helyétől.

A gyártás általános szempontjai mellett figyelemmel kell lenni arra, hogy az egyes darabok a hegesztéshez a megfelelő helyzetbe forgathatóak legyenek. A varratok megbízható, jó minősége érdekében kívánatos, hogy minden varratot vályú-, vagy vízszintes helyzetben, felülről jól láthatóan és jól hozzáférhetően lehessen elkészíteni.

Törekedni kell a lehető legkevesebb helyszíni illesztés kialakítására. Ha a megfelelő minőségű helyszíni hegesztés és ellenőrzés feltételei nincsenek meg, akkor a hegesztett szerkezet helyszíni illesztéseit feszített csavarkötéssel kell tervezni.

A tervezés alkalmával törekedni kell arra, hogy a fáradás elkerülésének feltételeit a szerkezeti megoldás és a kötés minőségének javításával elégítsük ki, nem pedig a keresztmetszet méreteinek növelésével.

A teherviselő elemekben azokra a szakaszokra, ahol a lemez a felületére merőlegesen jelentős húzó-igénybevételt kap, beépítés előtt és hegesztés után ultrahangos vizsgálatot kell előírni. Ez alól kivételt képeznek a thermomechanikusan hengerelt acélok.

A hegesztések minőség-ellenőrzéséhez, a hibák értékeléséhez a terven meg kell jelölni az MSZ EN ISO 5817 szabvány szerinti B, C és D varratminőségű szakaszokat.

Az MSZ EN 1090-2 Acélszerkezetek műszaki követelményei szabvány az acélszerkezetet varratellenőrzés szempontjából az EXC 1–4-es kategóriába sorolja. A közúti hidak általában az EXC3 kategóriába sorolhatók.

11.2. Tartószerkezetek részletes szerkesztési szabályai

11.2.1. Gerinclemezes hajlított tartók és kötéseik

A jelentős összpontos erők átadási helyén, pl. alátámasztásoknál, tartóbekötéseknél a gerinclemez merevítését és a közvetlen erőátadásnál az erő közvetítését megfelelően méretezett bordákkal kell megoldani.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

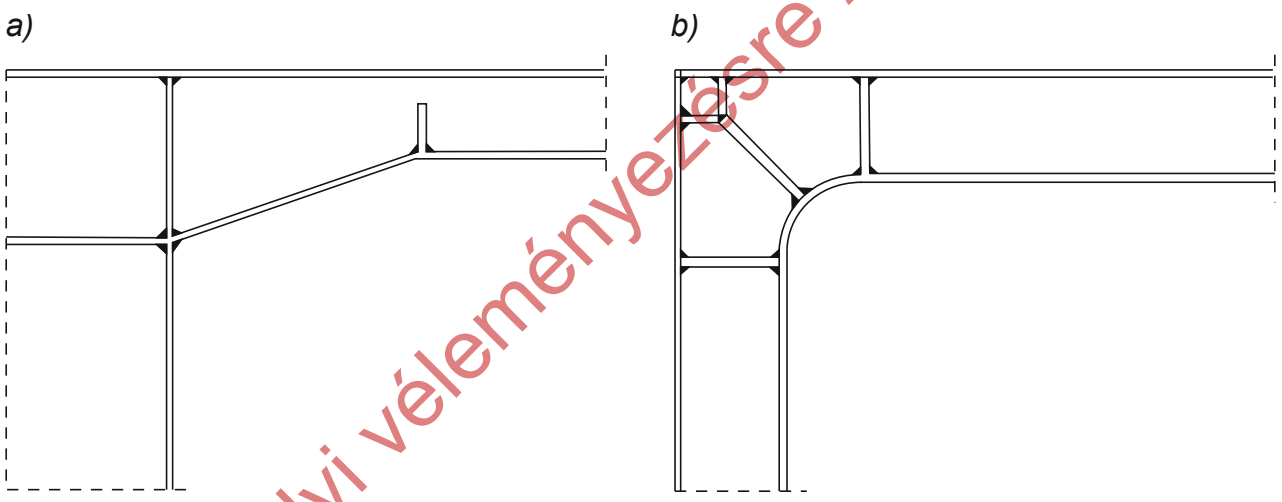
Az erőátadásnál a teljes erő felvételére alkalmas kötésekkel kell az erőt a bordákba és a gerincbe továbbvezetni. Az alkalmazott varratok jellemzően „K” tompavarratok. Különösen indokolt esetben, fáradásra nem igénybe vett helyen, az övlemezhez való kapcsolatnál nem teljes keresztmetszetű varrat is alkalmazható a közbenső érintkező felületek összedolgozásával.

A tört vonalban vagy ívesen vezetett övlemezek irányváltozásából származó, az övlemez érintősíkjára merőleges erőket megfelelő bordákkal kell a gerincbe vezetni *(11.1. ábra)*.

Az ívesen vezetett övlemez sugárirányú megtámasztása csak ott hagyható el, ahol az erőtani számítás szerint az övlemez az egyidejű keresztirányú hajlítóigénybevételre is megfelel.

A gerinclemez függőleges merevítéseivel a nyomott övet meg kell támasztani. A vízszintes merevítéseket a gerinclemezzel azonos szilárdságú anyagból kell tervezni. A vízszintes merevítőbordákat a függőleges bordákkal való találkozásnál át kell illeszteni. A merevítéseket alkotó lemezek horpadásának elkerülésére az ortotrop lemezek bordáira vonatkozó szerkesztési szabályokat kell betartani (11.2.3.2.3. pontban).

Nyomott merevítőbordák illesztését központos erőátadást biztosító varrattal kell megoldani. A hossztartókat folytatólagos tartóként kell kialakítani. A szerelési lyukakat a terven fel kell tüntetni. Lyukat behegeszteni tilos! A szereléshez ideiglenesen felhegesztett füleket kell tervezni, ahol ez szükséges. A füleket, ha kizáró ok nincsen, a felülettől 5 mm távolságra kell levágni, a vágott felületet simára kell köszörülni. Ahol a fáradási igénybevétel miatt ez szükséges, ott a megmaradó részt az igénybevétel irányában a lemez síkjáig le kell köszörülni.



11.1. ábra – Tört vonalú és ívesen vezetett övlemezek; a), b)

11.2.2. Rácsos tartók és kötéseik

A rácsos tartót úgy kell megtervezni, hogy az egy csomópontban találkozó rudak súlyvonalainak metszéspontjai a lehető legközelebb kerüljenek egymáshoz.

Rácsos tartóknál a húzott hálózati rudak karcsúsága 200-nál nagyobb, a nyomott rudaké 150-nél nagyobb nem lehet.

Az alább felsorolt rudak karcsúsága legfeljebb 200 lehet:

- szélrácsok és keresztkötések rácsrúdjai a tartó síkjában,
- olyan összekötő rudak, melyekben nincs számottevő hálózati erő.

A nyitott szelvényű kétfalú rudakat („kalap”-szelvény) és a zárt rudakat a rudak végén és a rudak harmadában diafragmával merevíteni kell.

Osztott szelvényű rúd elemeit hevederekkel vagy rácsozással össze kell kötni.

jogszabályi véleményezésre 2025 február 4

Kettőnél több részből összeállított osztott szelvényű rudat nem szabad tervezni.

Rudak kapcsolatánál az erőt átadó kötőelemek (varratok, feszített csavarok csavarképe) súlyvonala egyezzék meg a kapcsolt elem súlyvonalával.

Főtartók csomópontjainál a rudakat be kell vinni a csomópontba, ameddig az lehetséges. Szélrácsrudak bekötésénél a rudak tengelyeinek metszéspontja minél közelebb kerüljön a főtartó övének súlyvonalához.

Egymást keresztező szélrácsrudak kapcsolatát úgy kell megtervezni, hogy mindkét rúd inercianyomatéka változatlan legyen.

11.2.3. Ortotrop lemezes szerkezetek

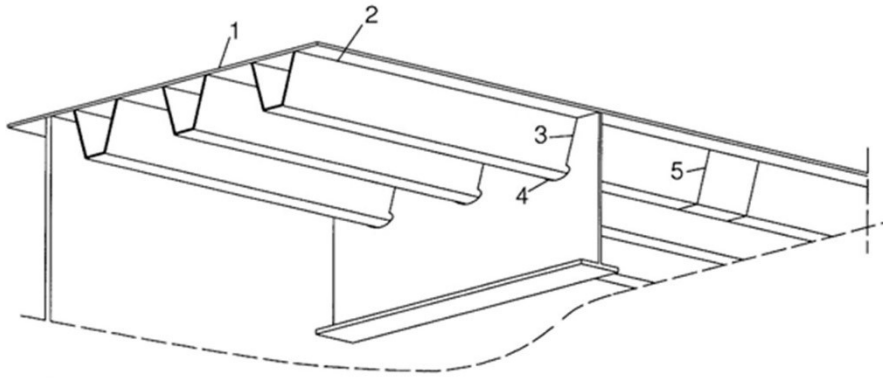
11.2.3.1. Általános elvek

Ez a pont az ortotrop pályalemezek szerkezeti elemeinek kialakításával foglalkozik. A szerkesztési szabályok az MSZ EN 1993-1-9 szabványban feltételezett alapvető minőséget biztosítják, A 11.2.3.2.2. pontban részletezett méretek és merevségek betartása kiváltja az ortotrop pályalemez fáradási vizsgálatát a pályalemez–pályalemez, a hosszborda–keresztartó, a hosszborda–pályalemez és a hosszborda–hosszborda kapcsolaton, valamint az ortotrop lemez membránként történő méretezésére sincs szükség.

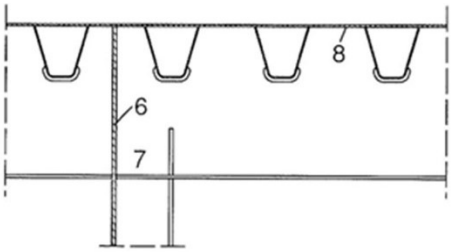
A fáradásvizsgálat elhagyásának feltétele továbbá az MSZ EN 1993-2 szabvány C.3 táblázatában előírt mérettűrések, gyártási előírások és vizsgálatok (MSZ EN 1993-2 szabvány C.4 táblázat) és kiegészítő feltételek (MSZ EN 1993-2 szabvány C.5 táblázat) teljesülése, ezek betartása a kivitelező felelőssége.

A szerkesztési szabályok a *11.2. ábrán* látható normál kialakításon alapulnak.

a)



b)



11.2. ábra – Ortotrop pályalemez szerkezeti részletei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C1. ábrájával); 1 – Pályalemez, 2 – Hosszborda-pályalemez varrat, 3 – Hosszborda-keresztartó varrat, 4 – Keresztartó gerinc kivágás, 5 – Hosszborda illesztés, 6 – Keresztartó gerinc bekötés főtartóba, 7 – Keresztartó öv bekötés főtartóba, 8 – Keresztartó-pályalemez varrat

A szabályok nem érvényesek keresztirányú merevítésekkel ellátott pályalemezekre, ezeknél fáradásvizsgálattal kell igazolni a kialakítást.

Jogszabály-ellenőrzésre 2025. február 4.

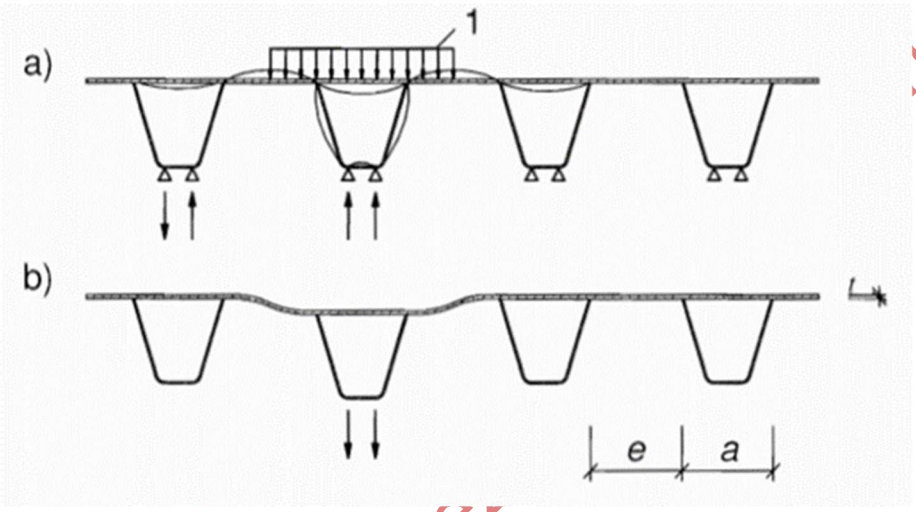
Keresztbordák csak kivételes esetekben alkalmazhatók:

- meglévő hidak korszerűsítésekor,
- új hidaknál, a keresztmetszeti adottságok miatt indokolt esetben.

11.2.3.2. Pályalemez

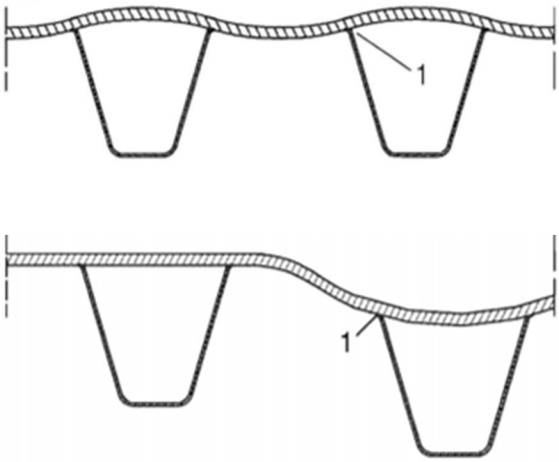
11.2.3.2.1. Általános elvek

A kerékteher és keréknyomás okozta pályalemez-hajlítás fárasztó hatását a *11.3. ábra* szemlélteti. A 11.3.a) ábra a hajlítási alakváltozásokat mutatja be feltételezve, hogy a hosszbordák nem mozdulnak el. A 11.3.b) ábra a hosszbordák lehajlásának hatását mutatja be.



11.3. ábra – a) Kerékteher lokális és b) hosszbordák lehajlásának hatása (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C2. ábrájával); 1 – Kerékteher

A pályalemez és pályaburkolat együttese az együttdolgozás miatt megnöveli a lemez merevségét. Fáradási repedések jelenhetnek meg a hosszbordák és pályalemez hegesztési varrataiban *(11.4. ábra)* és a pályaburkolaton.



11.4. ábra – Fáradási repedések a pályalemezen (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C3. ábrájával); 1 – Repedéskezdemény; a) Repedés a hosszbordák belsejében a varratgyöknél, b) Repedés a hosszbordák külső részén a varraton

11.2.3.2.2. Pályalemez vastagsága és hosszbordák merevsége

A pályalemez vastagságát a forgalmi osztálynak megfelelően, a pályalemez és pályaburkolat együttdolgozásának hatásait figyelembevéve és a pályalemez megtámasztásainak távolsága alapján kell megválasztani:

1. Pályalemez-vastagság kocsipálya alatt a nehézteher-forgalmi sávban

- t ≥ 14 mm, ha az aszfaltréteg ≥ 70 mm,
- t ≥ 16 mm, ha 70 mm > az aszfaltréteg ≥ 40 mm.

2. Az alátámasztó hosszbordák gerinceinek egymástól mért távolsága a kocsipálya alatt:

- e/t ≤ 25, ahol e ≤ 300 mm.

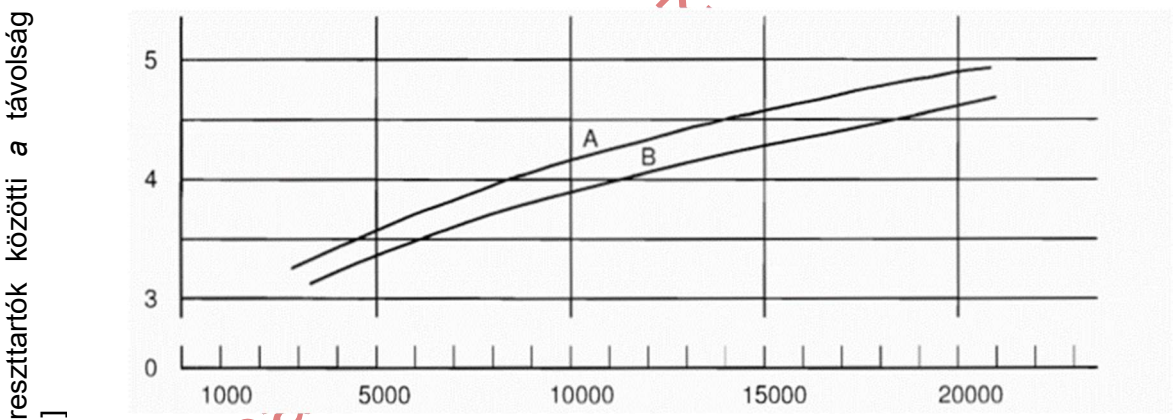
Lokálisan e távolság 5 százalékkal növelhető, ahol szükséges pl. a híd síkon meghatározott görbületéhez való alkalmazkodás esetén.

3. Pályalemez-vastagság gyalogos- vagy kerékpáros híd esetén (karbantartó jármű terheit figyelembe véve)

- t ≥ 10 mm és e/t ≤ 40, e ≤ 600 mm.

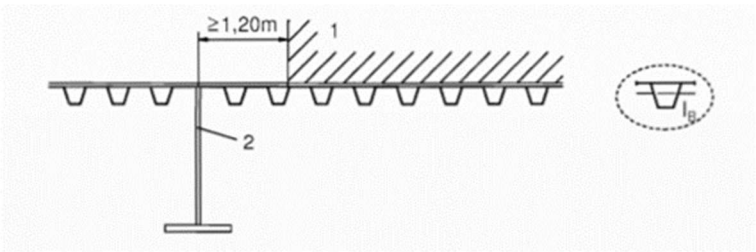
4. Hosszborda vastagsága: $t_{\text{stiff}} \geq 6$ mm.

Az aszfaltburkolat repedésének és gyűrődésének elkerülése érdekében a hosszbordáknak kellően merevnek kell lenniük. A hosszbordák minimális merevségét a forgalmi osztálynak megfelelően és a főtartó vagy hossztartó gerincétől mért távolság figyelembevételével, a keresztartók távolságának függvényében kell megválasztani. A hosszbordák minimális merevségét a *11.5. ábra* adja meg.



hosszborda I_B inercianyomatéka a pályalemez figyelembevételével, cm^4

Feltétel *A* görbéhez



11.5. ábra – Hosszbordák minimális merevsége (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C4. ábrájával); Megjegyzés: a) – Az A görbe azokra a hosszbordákra vonatkozik, amelyeket b) nem fed le; b) – A B görbe azon hosszbordákra vonatkozik, melyek a leginkább terhelt sávban, azaz a főtartó gerincétől 1,20 m távolságon belül vannak; c) – A görbék valamennyi hosszbordaformára érvényesek; 1 – Nehézteher-forgalmi sáv, 2 – Főtartó vagy hossztartó gerince

Jogszabályszerkesztésre 2025. február 4.

11.2.3.2.3. Hosszbordák alkotólemezeinek merevsége

Hosszbordák horpadásának elkerülésére be kell tartani az alábbiakat.

- Zártszelvényű bordák minden alkotó lemezének ki kell elégítenie a következőket *[11.6.a) ábra]*:
  - S235 acélok esetén: $\frac{d_i}{t_i} \leq 42$,
  - S355 acélok esetén: $\frac{d_i}{t_i} \leq 34$,
  - S420 és S460 acélok esetén: $\frac{d_i}{t_i} \leq 31$,
  - $t_i \geq 6$ mm;

ahol:

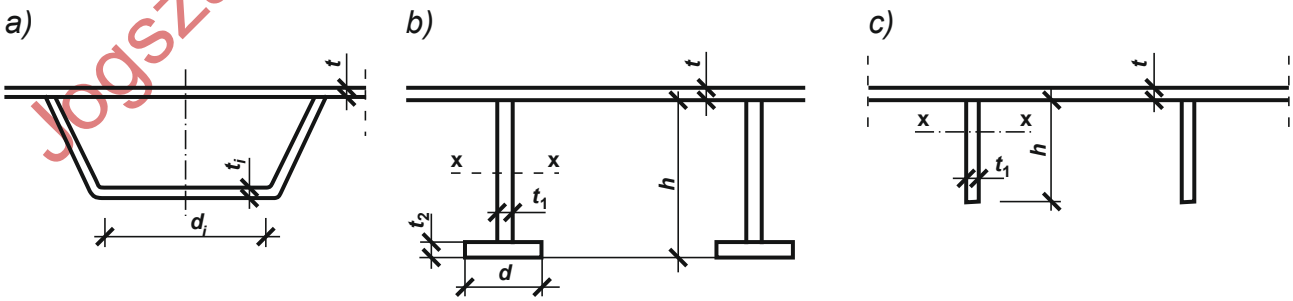
d_i és t_i tetszőleges sík lemezrész szélessége és vastagsága.

- Hideg hajlilásnál a hajlítás sugarát az alkalmazott anyag tulajdonságai határozzák meg.
- Övlemezzel merevített bordák esetében meg kell tartani az alábbi arányokat *[11.6.b) ábra]*:
  - S235 acélok esetén $\frac{h}{t_1} \leq 15\left(1 + \frac{d}{0{,}3h}\right)$,

    de legfeljebb $\frac{h}{t_1} \leq 30$ és $\frac{d}{t_2} \leq 30$,
  - S355 acélok esetén $\frac{h}{t_1} \leq 12\left(1 + \frac{d}{0{,}3h}\right)$,

    de legfeljebb $\frac{h}{t_1} \leq 24$ és $\frac{d}{t_2} \leq 24$,
  - S420 és S460 acélok esetén $\frac{h}{t_1} \leq 11\left(1 + \frac{d}{0{,}3h}\right)$,

    de legfeljebb $\frac{h}{t_1} \leq 22$ és $\frac{d}{t_2} \leq 22$,
  - $t_i \geq 10$ mm.
- Laposacél bordák esetében meg kell tartani a következőket *[11.6.c) ábra]:*
  - S235 acélok esetén: $\frac{h}{t_1} \leq 15$,
  - S355 acélok esetén: $\frac{h}{t_1} \leq 12$,
  - S420 és S460 acélok esetén: $\frac{h}{t_1} \leq 11$,
  - $t_i \geq 10$ mm.



11.6. ábra – Ortotrop lemezes szerkezetek hosszbordái; a) Zártszelvényű borda, b) Övlemezzel merevített borda, c) Laposacél borda

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

11.2.3.2.4. Pályalemez hegesztései

Mind a kereszt-, mind a hosszirányú hegesztéseket gyök utánhegesztett „V”, „X” (gyári), vagy kerámia alátétes (helyszíni) tompavarrattal kell készíteni.

Az ortotrop pályalemez helyszíni illesztéseit a kisebb fárasztó igénybevételű helyekre kell tervezni.

Mind a kereszt-, mind a hosszirányú illesztésekre az MSZ EN ISO 5817 szabvány szerinti „B” varratminőséget kell előírni. A hosszirányú varratokat a megfelelő vízelvezetés érdekében a kereszt- és hosszesésviszonyoktól függetlenül a lemezzel síkba kell köszörülni.

11.2.3.3. Hosszbordák

11.2.3.3.1. Fáradás

A fáradást okozzák:

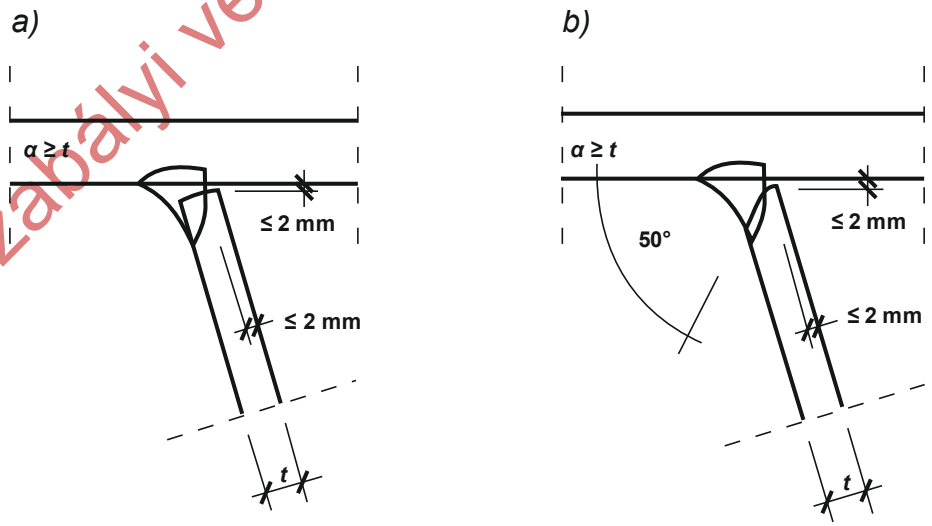
- a hosszborda-pályalemez merev hegesztett kapcsolatából adódó pályalemez-alakváltozások hatására kialakuló hajlítás a gerincekben,
- a hosszbordák nyíróerőiből származó nyírás a hosszbordák és pályalemez közötti varratokban,
- a hosszbordák hajlításából és normálerőiből származó közvetlen hosszirányú feszültségek a hosszbordákban,
- lokális hajlítás a hosszbordák és keresztartók közötti kapcsolatban a hosszbordák és keresztartók gerinceiben.

11.2.3.3.2. Hosszbordák típusai

Hosszbordák szelvénye lehet zárt (trapézborda vagy V-alakú borda), vagy nyitott (övlemezzel merevített vagy laposacél borda).

11.2.3.3.3. Hosszbordák és pályalemez kapcsolata

Kocsipálya alatti zártszelvényű hosszbordák esetén a hosszborda és pályalemez közötti hegesztett kapcsolatot tompavarrattal kell kialakítani. A hosszborda és a pályalemez közötti hézag hegesztéskor legfeljebb 2 mm lehet. A kapcsolódó részleges beolvadású tompavarrat (1/2*V*) mérete a hosszborda lemezvastagságával legyen egyenlő ($a \geq t$). A trapézborda-pályalemez kapcsolatát biztosító nyakvarratra a *11.7. ábra* előírásai a mérvadóak.



11.7. ábra – Trapézborda-pályalemez nyakvarrata; a) Teljesen gépesített, b) Kézi (vagy részben gépesített) hegesztési eljárás esetén (Az élmegmunkálás szöge a hegesztési eljárástól és a hozzáférhetőségtől függ.)

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

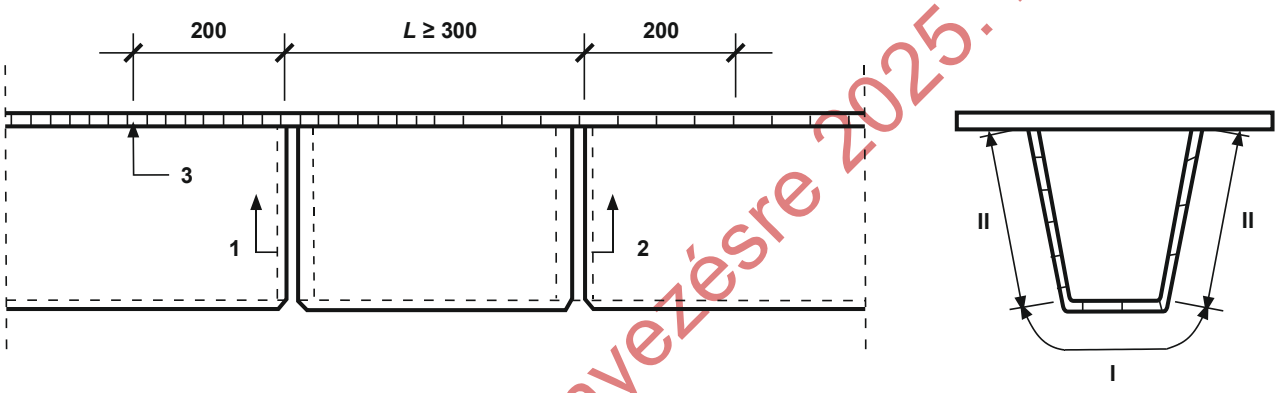
11.2.3.3.4. Hosszbordák illesztése

A zárt hosszborda helyszíni illesztését a *11.8. ábra* szerint kell kialakítani.

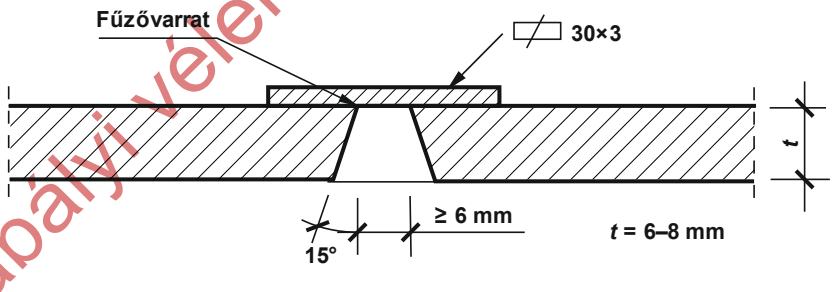
Az illesztő szakasz (passzdarab) hossza: 400 mm $\geq L \geq$ 300 mm. Az illesztés középvonala a keresztartóktól, azok távolságának 0,2 részénél ne legyen messzebb. A hosszborda gyári nyakvarratát a helyszíni illesztés előtt és után 200–200 mm hosszban el kell hagyni Ezt a szakaszt a passzdarab tompavarratának elkészítése után, utoljára kell elkészíteni, a *11.8. ábra* szerinti hegesztési sorrendet oldalanként be kell tartani. Az illesztő szakasz (passzdarab) és a hosszborda közötti hézag legalább 6 mm, a *11.9. ábra* szerint.

A trapézborda-illesztésnél bennmaradó alátétlemez mérete 30-3 vagy 30-4 mm legyen. Az alátétlemezt a gyárban fel kell hegeszteni a trapézbordák végének a belső oldalára a leendő varrat oldalán egy folyamatos, $a = 3$ milliméteres sarokvarrattal. Az alátétlemez belső oldalára tilos fűzővarratot tenni. Az illesztésnél a lemezsíkok közötti eltérés legfeljebb 1 mm lehet.

Légzáró diafragmát az illesztéstől a mezőközép felé eső oldalra elhelyezni csak fáradásvizsgálattal igazolt esetben szabad.



11.8. ábra – Zárt hosszborda helyszíni illesztése



11.9. ábra – Zárt hosszborda toldása

11.2.3.3.5. Hosszborda és keresztartógerinc kapcsolata

11.2.3.3.5.1. Általános elvek

A hosszborda és keresztartógerinc kapcsolatánál a fáradást a következők okozzák *(11.10. ábra)*:

- a hosszbordák torziós alakváltozásaiból származó nyíróerők, csavarónyomatékok és feszültségek a hosszbordák és keresztartógerinc közötti sarokvarratokban feszültségeket idéznek elő,
- a hosszbordák lehajlásaiból adódó elfordulások hajlítófeszültségeket idéznek elő a gerincben. A Poisson-hatás a keresztartógerincnél befogott hosszbordák keresztirányú alakváltozásait eredményezi,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

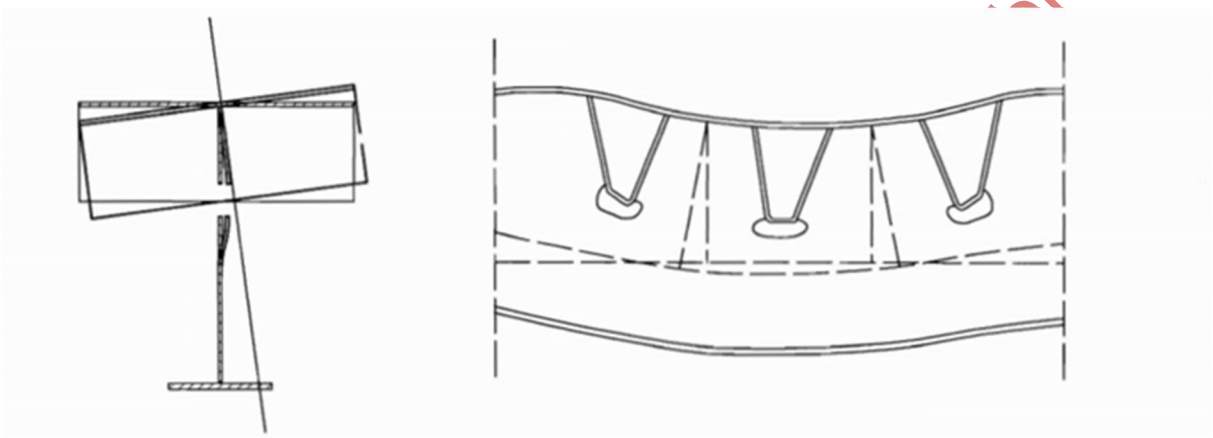
- a keresztartógerinc síkjában működő feszültségek és megnyúlások feszültségkoncentrációt okozhatnak a kivágások élein, és alakváltozásokat a hosszbordában.

A hatások mértéke attól függ, hogy:

- a hosszbordák átmennek a keresztartógerinceken, és milyen alakúak a lyukak és kivágások,
- a hosszbordák a keresztartógerincek közé vannak illesztve, beleértve az alakot és az illesztést.

A hosszbordákat folytatólagosan át kell vezetni a keresztartók gerincein. Ahol ez nem lehetséges (pl. rendkívül alacsony keresztartókkal rendelkező hidak esetén), a hosszbordákat a keresztartógerincek közé kell illeszteni, a 11.2.3.3.5.3. pontban leírtaknak megfelelően.

a) *b)*

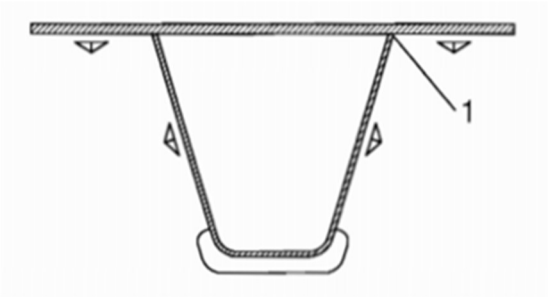


11.10. ábra – Hosszborda és keresztartó gerinc kapcsolat (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C9. ábrájával); a) Hosszborda elfordulása a keresztartógerincnél, b) Keresztartógerinc megnyúlásaiból adódó hosszborda-alakváltozások

11.2.3.3.5.2. Keresztartók gerincének kivágásai

Közvetlen kerékteherrel terhelt lemezek zártszelvényű hosszbordái esetén az átvezetést lyukkivágással kell kialakítani.

A felső sarokban nem szabad a keresztartógerincet kivágni. A kapcsoló sarokvarratok körbevezetendők (lásd *11.11. ábrát*). A sarokvarrat minősége az MSZ EN ISO 5817 szabvány szerinti „B” szintű legyen.

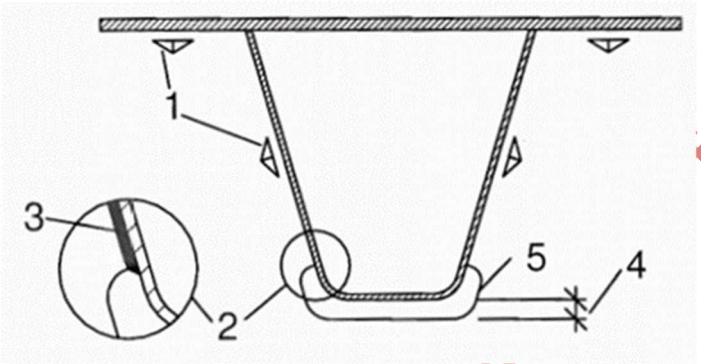


11.11. ábra – Zártszelvényű hosszbordák hegesztett kapcsolata a keresztartó gerincével (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C12. ábrájával), 1 – Nincs lyukkivágás

Jogszabályi véleményezés – ruár 4.

A kereszttartógerinc-kivágás alakjának *(11.12. ábra)* követelményei:

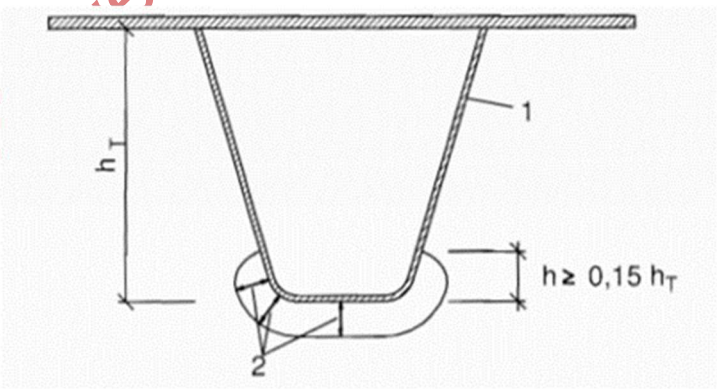
- A hosszborda és a kereszttartógerinc közötti varrat megfelelő teherbírással rendelkezik és hegesztési hibáktól mentes [ld. 11.12. ábra a) részlet].
- A lyukkivágás méretei lehetővé teszik:
  - a hosszbordaszelvény tűréseit,
  - felületkezelést, korrózióvédelem felhordását és ellenőrzését [ld. 11.12. b) részlet].
- A gerinc hajlításából a lyukkivágás élén keletkező Δσ feszültségtartomány az elfogadható határon belül van [ld. 11.12. ábra c) részlet].



11.12. ábra – Lyukkivágás alakjának kritikus részletei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C13. ábrájával); 1 – Sarokvarratok, 2 – a) részlet, 3 – Él körüli varrat hegesztési hibáktól mentes legyen, 4 – b) részlet, 5 – c) részlet

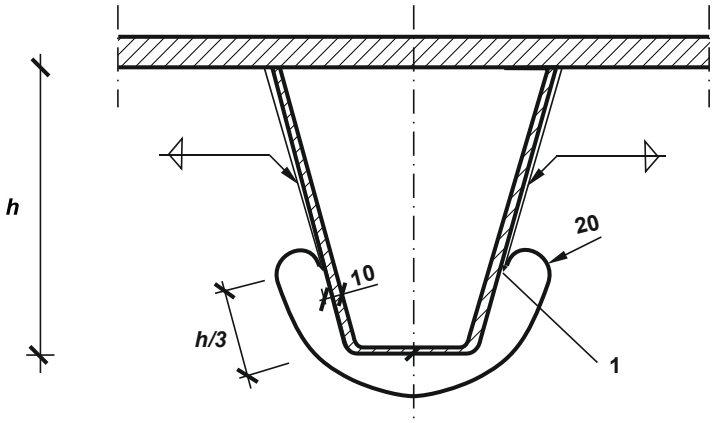
A lyukkivágás minimális méretének ki kell elégítenie az ISO 12 944-3 szabvány és *11.13. ábra* követelményeit.

Fáradásra kiemelten veszélyes szerkezetek esetén indokolt lehet a – vasúti hidaknál is alkalmazott – *11.14. ábra* szerinti gerinckivágás. Az 1-essel jelölt ponton a varratot itt is vissza kell fordítani (kráterek nélkül, szükség esetén köszörülve).



11.13. ábra – Lyukkivágás minimális méretei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C14. ábrájával); 1 – $t_{w,crossb}$ – Kereszttartó gerinc vastagság, 2 – Nyílástávolság állandó értéke: $b \geq 2\ t_{w,crossb} \geq 25$ mm

Jogszabá… éleményezésre … február 4.



11.14. ábra – Fáradásra legkedvezőbb lyukkivágás

11.2.3.3.5.3. Keresztartók közé illesztett hosszbordák

A hosszborda megszakítása a keresztartónál kivételes esetben alkalmazható, az alacsony fáradási szilárdság miatt, az alábbi feltételek mellett:

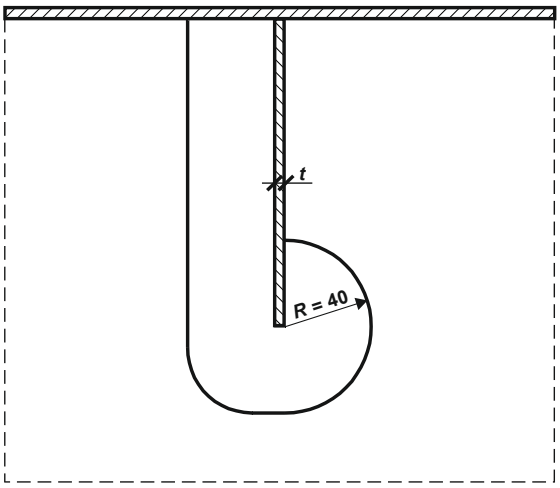
- a híd csak könnyű forgalomra van tervezve, vagy a hosszbordák nem a forgalom alatt vannak elhelyezve (a fáradási szilárdság megfelelő),
- a keresztartók közötti távolság ≤ 2,75 m,
- a keresztartógerincek acélanyagának szilárdsági osztálya kielégíti az MSZ EN 1993-1-10 szabványban definiált Z-minőséget,
- a hegesztési sorrendek és szerelési viszonyok olyanok, hogy a zsugorodás hatásai elhanyagolhatók.

A hosszbordák és a keresztartógerinc kapcsolatát tompavarrattal kell kialakítani.

11.2.3.3.5.4. Laposacél hosszbordák

Fárasztó forgalmi tehernek ki nem tett laposacél hosszbordákat (pl. járdalemezeknél) folytonos sarokvarratokkal kell a pályalemezhez hegeszteni. A keresztartók gerincein való átvezetésnél a keresztartók gerincéhez is hozzá kell hegeszteni.

A nyitott borda keresztartón való átvezetésének jellemző gerinckivágását a *11.15. ábra* mutatja.



11.15. ábra – Nyitott hosszborda átvezetése

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

11.2.3.4. Keresztartók

11.2.3.4.1. Általános elvek

A keresztartóknál a következő részleteket kell szem előtt tartani:

- gerinc-hosszborda kapcsolat,
- gerinc-pályalemez kapcsolat,
- keresztartógerinc-főtartógerinc kapcsolat,
- keresztartógerinc-keresztartó alsó övlemez kapcsolat,
- keresztartó alsó övlemez-főtartó gerinc/alsó övlemez kapcsolat,
- keresztartó kapcsolata keresztmerevítőkkel, keretekkel vagy diafragmákkal, amelyek ugyanabban a síkban helyezkednek el, mint a keresztartó.

A keresztartó méretezésénél a gerinckivágásokat figyelembe kell venni.

11.2.3.4.2. Kapcsolatok

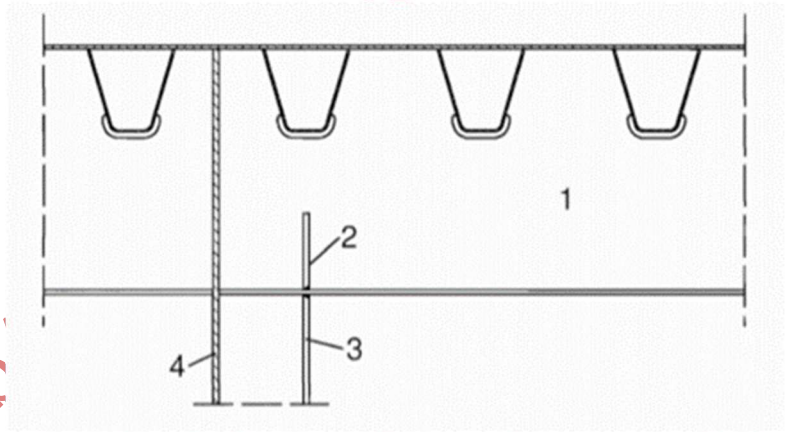
A keresztartó alsó övlemezének és főtartógerincének kapcsolatát tompavarrattal kell kialakítani.

Ahol a keresztartó alsó övlemeze egy síkban van a főtartó alsó övlemezével, ott lekerekített csatlakozást kell kialakítani a 11.3.4. pont szerint.

11.2.3.4.3. Függőleges merevítések

A keresztartók és keresztmerevítők vagy diafragmák közötti feszültségkoncentrációk redukálásának érdekében, lokális merevítést kell alkalmazni minden kapcsolatnál és csomópontnál.

A keresztirányú keretek alkotóinak és keresztartók kapcsolatát a *11.16. ábrának* megfelelően kell kialakítani. A részleteket fáradásra ellenőrizni szükséges.



11.16. ábra – A főtartó gerincének függőleges merevítései és a keresztartók tipikus kapcsolati kialakítása (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C15. ábrájával); 1 – Keresztartó, 2 – Merevítő, 3 – Főtartó gerincének keresztirányú merevítése, 4 – Főtartógerinc

11.3. Szerkezeti elemek és kötések

11.3.1. Övlemezek

A hegesztett tartó övét lehetőleg egy lemezből kell tervezni. Rátett övlemez esetén (pl. meglévő hidak erősítésénél) a nyomott szakasz első övlemezére hegesztett további övlemezek szélessége ne legyen nagyobb

- S235-ös acélok esetén vastagságának 30-szorosánál,

Jogszabályszerkesztésre 2025. február 4.

- S355-ös, S420-as és S460-as acélok esetén 25-szörösénél,
- a húzott szakaszon – minden acélminőségre – annak 40-szeresénél.

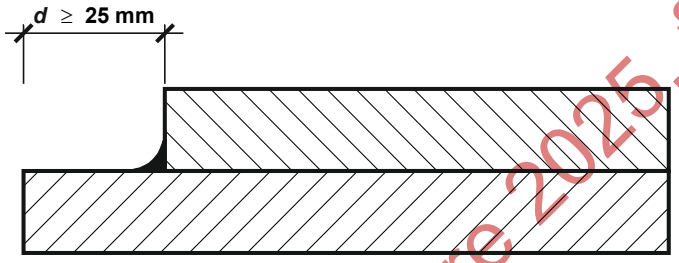
Az egymáson fekvő övlemezeket általában oldal-sarokvarrattal kell összekötni. Az oldalvarrat számára $-- \geq 25\ \mathrm{mm}$ méretű lépcsőt kell kialakítani *(11.17. ábra).*

Az övlemezelhagyást a *11.18.a)–b) ábra* szerint kell kialakítani.

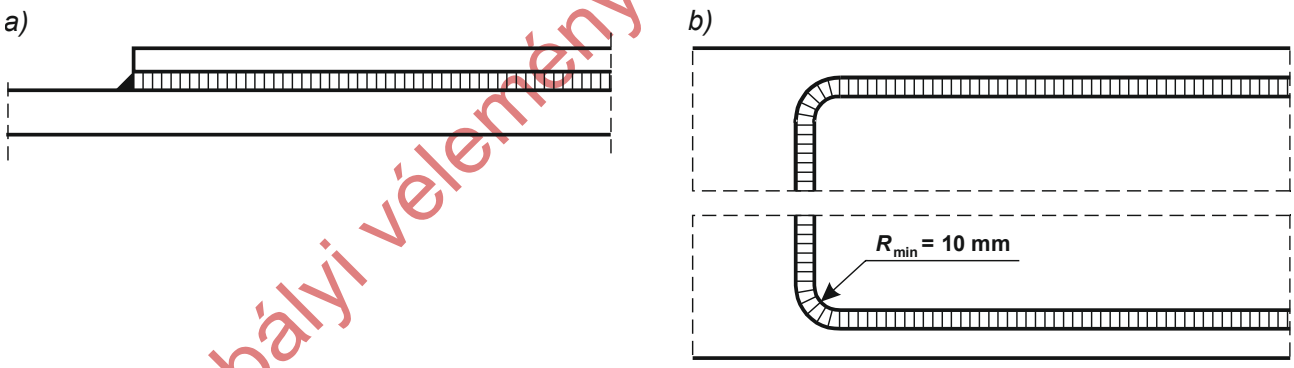
Különböző vastagságú övlemezek illesztéséhez a vastagabb lemezre 1:4-nél nem meredekebb hajlású átmenetet kell előírni [*11.19.a)–b) ábra*].

5 milliméternél kisebb vastagságkülönbségnél nem szükséges előzetes ledolgozás, a megkívánt folyamatos átmenet utólagos megmunkálással (köszörüléssel) is kialakítható.

Ha az övlemez szélessége változik, a szélesebb övlemezt 1:4-nél nem meredekebb hajlással keskenyíteni kell. A csatlakozás kialakítását a *11.20. ábra* mutatja.

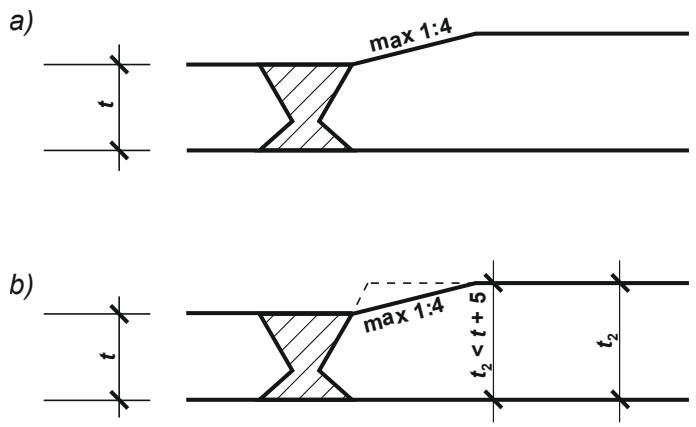


11.17. ábra – Átlapolt lemezek oldalvarrat-kialakítása

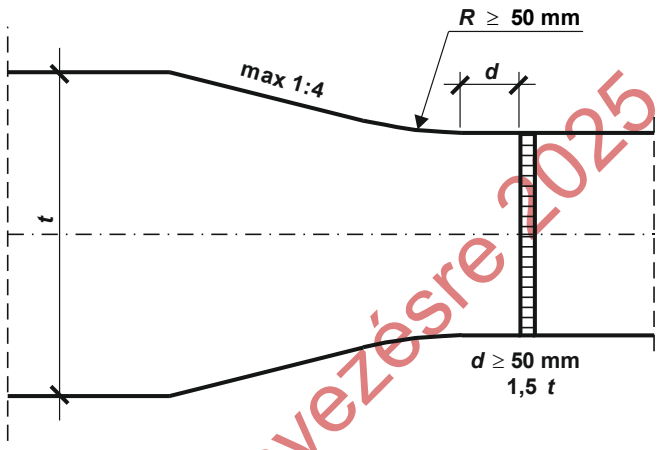


11.18. ábra – a, b) ábra – Övlemez elhagyása

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4



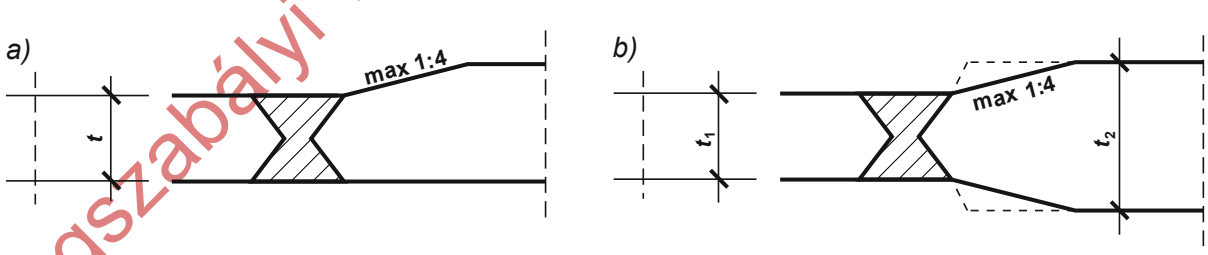
11.19. ábra – a b) ábra – Különböző vastagságú övlemezek illesztése



11.20. ábra – Szelvény keskenyítése

11.3.2. Gerinclemezek

A különböző vastagságú gerinclemezek illesztését a *[11.21.a)–b) ábra]* szerint kell kialakítani. Az egygerincű tartó övlemezét a gerinchez kötő nyakvarrat mindig kétoldali legyen.



11.21. a)–b) ábra – Különböző vastagságú gerinclemezek illesztése

11.3.3. Merevítések

A merevítő keresztbordákat vagy a keresztkötések gerincét a nyomott övhöz, továbbá jelentős oldalirányú erők esetében, ha a fáradási vizsgálat megengedi, a húzott övhöz is hozzá kell kötni.

S235-ös acélnál 30 mm, S355-ös, S420-as és S460-as acélnál 20 mm övlemezvastagságig a *[11.22.a) ábra]* szerinti kialakítást célszerű tervezni. A bekötő sarokvarrat a nyakvarratot folyamatosan keresztezze.

Vastagabb övlemez esetében vagy ahol a nyakvarratot utólag készítik, a *11.22.b)* ábra szerinti, legalább 40 mm méretű kivágást kell tervezni.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

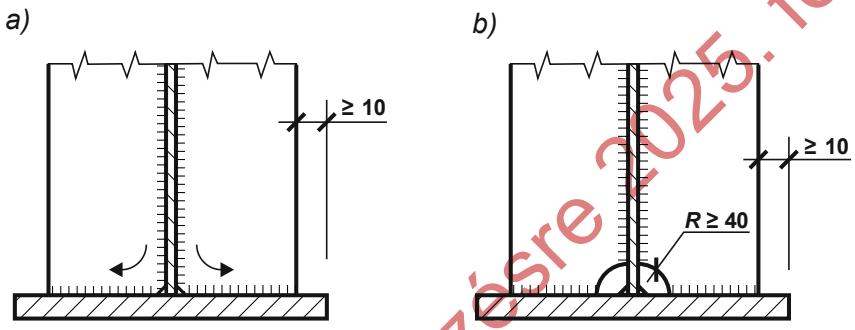
A gerinclemezes tartók keresztirányú merevítéseit és bekötőlemezeit a húzott oldalon csak a fáradási vizsgálattal meghatározott szakaszon szabad a gerinclemezhez vagy övhöz hozzáhegeszteni, szükség esetén betétlemezeket kell elhelyezni. A betéteket csak a merevítéshez vagy a bekötőlemezhez szabad hozzáhegeszteni, az övlemezhez való hegesztésük tilos. Az övlemezhez illeszkedniük kell megfelelő korrózióvédelem mellett.

A hosszirányú merevítések kihajlásának elkerülésére meg kell tartani az alábbiakat *[11.23.a)–c) ábra]:*

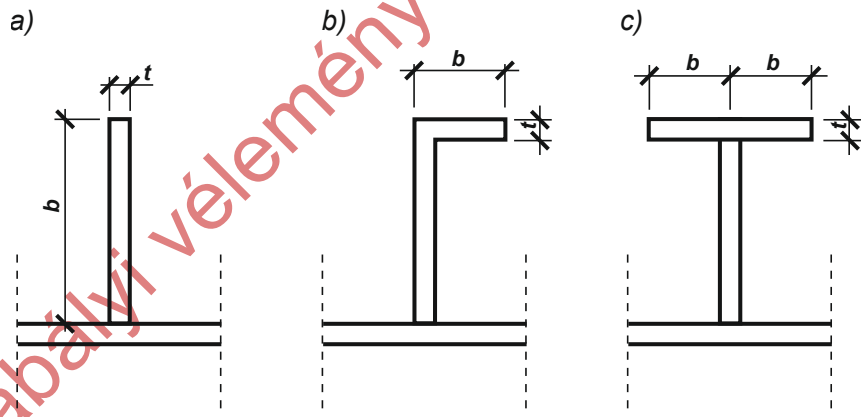
$$\frac{b}{t} \leq 1{,}25 \cdot \varepsilon$$

ahol:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \text{ és } f_y \text{ az acél folyáshatára.}$$



11.22. a)–b) ábra – Merevítések kialakítása



11.23. a)–c) ábra – Hosszirányú merevítések keresztmetszeti méretei

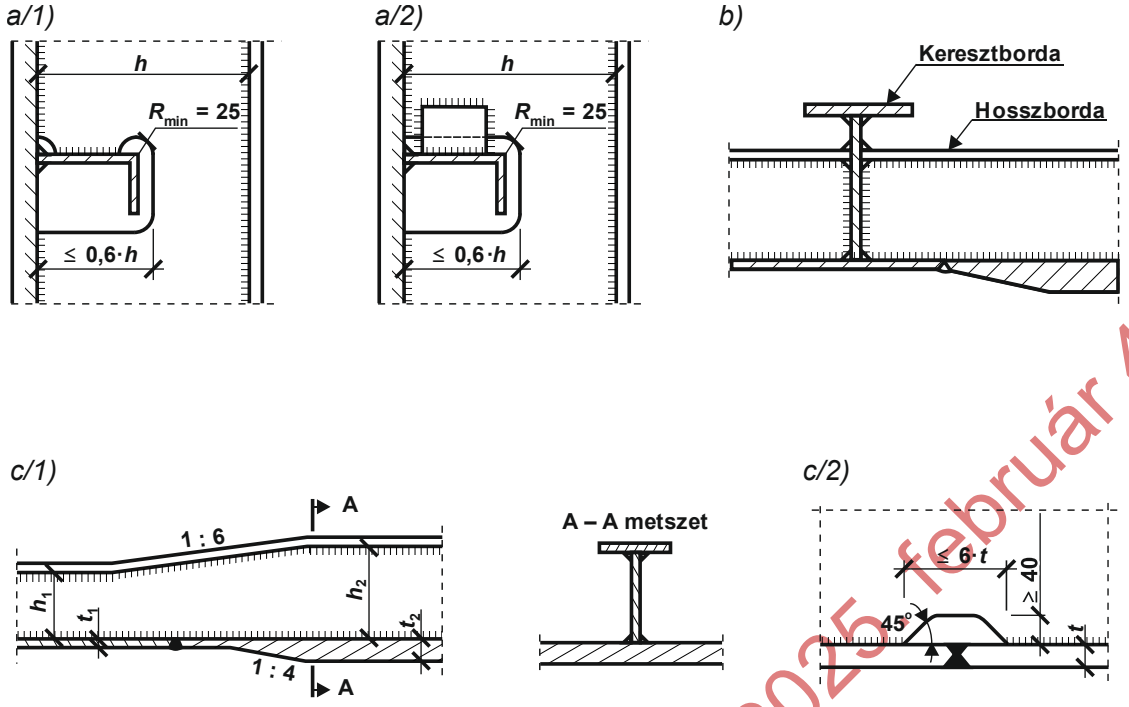
Hosszirányú merevítéseket a keresztirányú merevítéseken általában folytonosan kell átvezetni. A keresztirányú merevítés gerincét a *11.24.a) ábra* szerint kell kialakítani.

Kisebb tartóméreteknél, ha a függőleges merevítés méretei nem teszik lehetővé az átvezetett kialakítást, a hosszirányú merevítést illeszteni kell *[11.24.b) ábra].*

A hosszmerevítések keresztmetszeti méreteit folyamatos átmenettel kell változtatni *[11.24.c/1) ábra].*

A hosszmerevítések magasságát lépcsőzetesen csak a keresztbordáknál szabad változtatni. A hosszmerevítés-gerinc szükség szerinti kivágásának mérete *[11.24.c/2) ábra]* ne haladja meg a lemezvastagság hatszorosát.

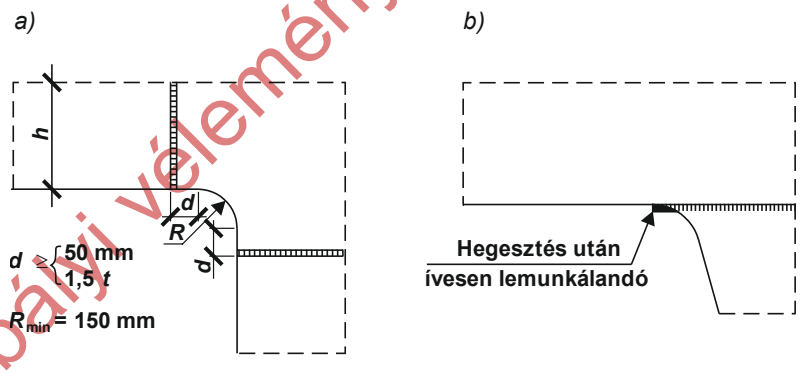
Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



11.24. a–c) ábra – Merevítések keresztezése és illesztései

11.3.4. Csomólemezek

A rácsos főtartók és a jelentős bekötések csomólemezeit lehetőség szerint egy darabból kivágva, merőleges tompavarrattal behegesztve, a *11.25.a)* vagy *b) ábra* szerint, tompavarrattal felhegesztett bekötőlemezzel kell tervezni.



11.25. a)–b) ábra – Csomólemezek kialakítása

11.3.5. Illesztések

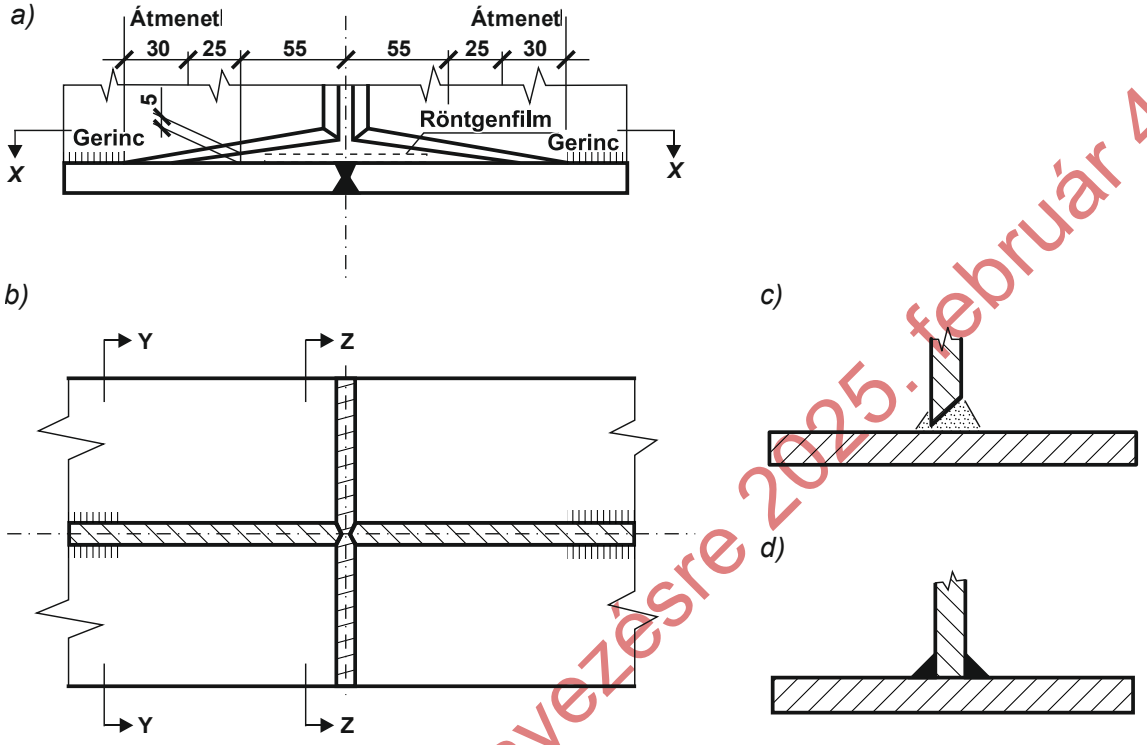
A gerinclemezes szelvény helyszíni illesztését a fáradásra mértékadó feszültségtől függően gerinckivágás nélkül vagy gerinckivágással kell tervezni. A gerinckivágás nélküli illesztést a *11.26.a)–d) ábra* szerint kell kialakítani. Az öv- és gerinclemez között 110 mm szélességben 5 milliméteres rés szükséges az öv és a gerinclemez tompavarratának hegesztéséhez, továbbá vizsgálatához és szükség szerinti javításához. A nyakvarrat ezen a szakaszon 1/2V-varrat, melynek élkialakítása folyamatosan megy át a kétoldali sarokvarratba.

A gerinckivágással kialakított helyszíni illesztést a *11.27. ábra* szerint kell készíteni.

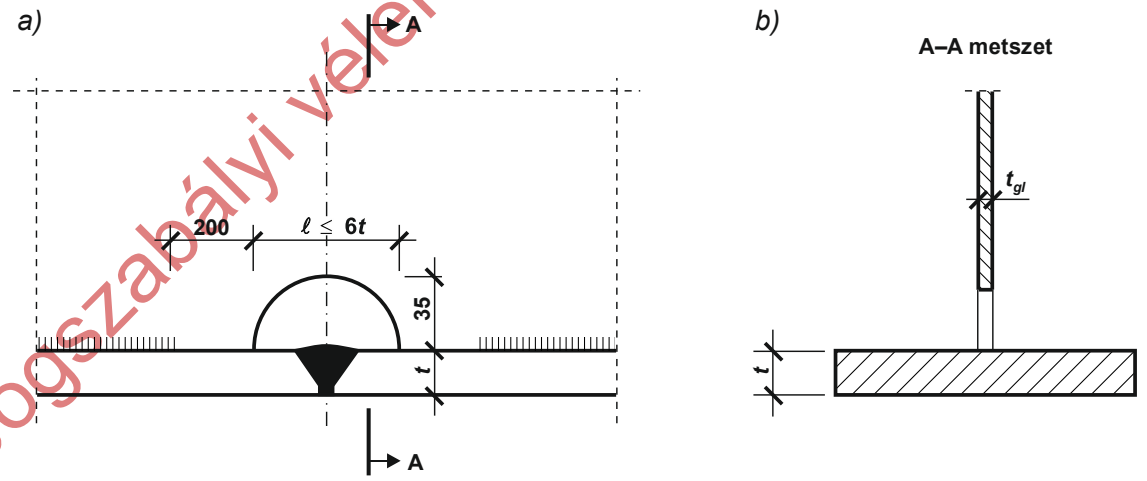
A nyakvarratot 200–200 mm hosszon hegesztéskor ki kell hagyni, és ezeket a varratszakaszokat az övet és a gerincet illesztő tompavarratok készítése után utólag kell elkészíteni.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Idomacélok illesztését lehetőleg kerülni kell. Indokolt esetben az illesztést egy keresztmetszetben, tompavarrattal kell kialakítani. Nagyméretű (300 mm feletti) hengerelt HEA, HEB szelvények esetében a *11.28. ábra* szerinti furatos kivágást javasolt tervezni. Szögvasak és U szelvények esetén kivágás nélküli, belülről gyökölt és belülről hegesztett majd kívülről lemunkált tompavarrat készítése javasolt.

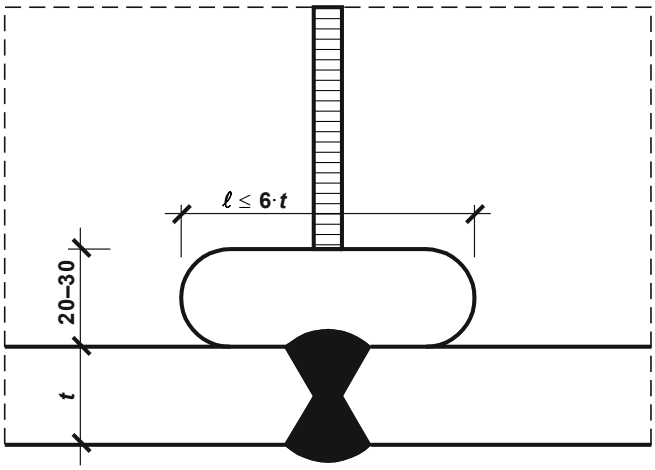


11.26. a)–d) ábra – Illesztés gerinckivágás nélkül; b) x–x metszet, c) z–z metszet, d) y–y metszet



11.27. a)–b) ábra – Illesztés gerinckivágással

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.



11.28. ábra – Hengerelt szelvény furatos kivágása

Egymást keresztező szelvények esetében (mint pl. a hossz- és keresztartók) az egymással szembe kerülő bekötések fontosabb és nagyobb húzóerőt átadó elemeit lehetőleg megszakítás nélkül kell átvezetni. Ha ez nem lehetséges, megfelelő csomólemezt, bekötőlemezt vagy átkötőlemezt kell alkalmazni. Célszerű az egymást keresztező tartókat azonos magasságú tartóként tervezni.

Az átlapolt kötések sarokvarratát teljesen körbe kell vezetni. A homlokvarrat *a* mérete nem lehet kisebb az oldalvarrat méreténél. Alárendelt kapcsolatoknál lehet használni.

11.3.6. Hegesztett kötések

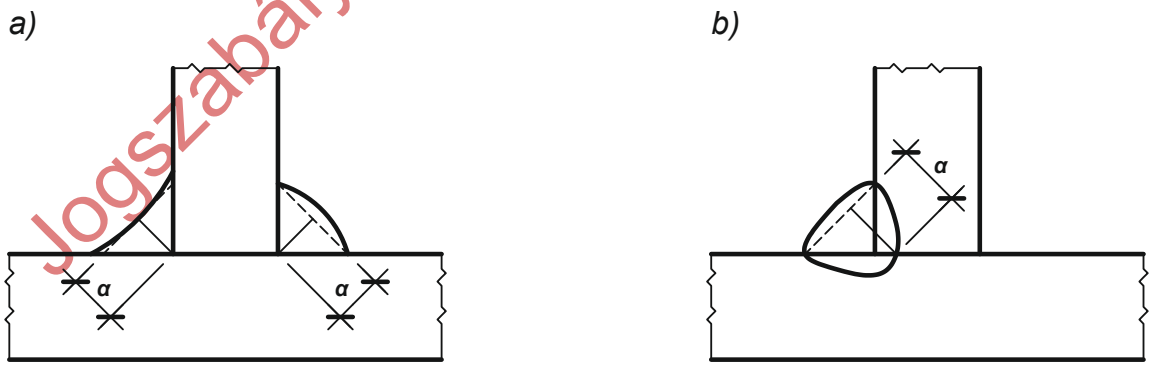
A jelentősebb elemek húzó- vagy nyomóerőt átadó hegesztett kötéseiben a fáradásra kedvezőbb kialakítású tompakötéseket előnyben kell részesíteni a T- és az átlapolt kötésekkel szemben.

Lyuk- és horonyvarrat csak járműteherrel igénybe nem vett, csekély jelentőségű elemekben tervezhető. A terveken a tompavarratnak az erőtani számítás szerint szükséges minőségét meg kell adni. A tompavarrat alakját a gyártóüzem választja meg, de indokolt esetben a varratalak a terveken is előírható.

Az esetleg szükséges megmunkálást elő kell írni.

A hegesztett kötéseket csak olyan helyekre szabad tervezni, ahol az előírt vizsgálat és az észlelt hibák kijavítása elvégezhető.

A sarokvarratok méretét *a*) a bele rajzolható háromszög magassága határozza meg *(11.29. ábra)*.



11.29. ábra – a) Sarokvarratok mérete b) Mélybeolvadású sarokvarrat mérete

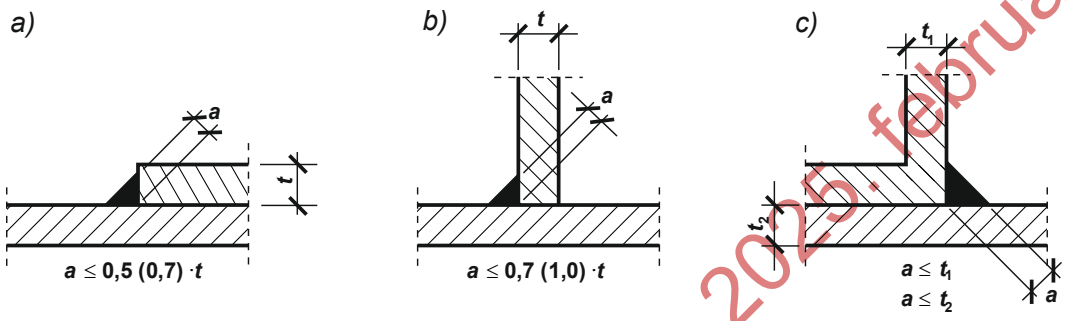
Sarokvarratok megengedett legkisebb és legnagyobb méretei:

A sarokvarrat legkisebb a mérete: $a_{\min} = \sqrt{t_{\max}} - 0{,}5$

A sarokvarrat legnagyobb tervezhető *a* mérete

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

- a szelvény élén *[11.30.a) ábra]*
  - általában: 0,5· t
  - kivételesen: 0,7· t
- a szelvény mindkét oldalán levő varratnál: 0,5· t (kétoldali sarokvarrat)
- az egyik szelvény szélén, a másik szelvény felületén *[11.30.b) ábra]*
  - általában: 0,7· t
  - kivételesen: 1,0· t
- idomacélok sarka mellett a szelvény felületének külső részén *[11.30.c) ábra]:* 1,0· t

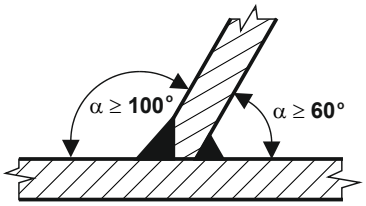


11.30. a)–c) ábra – Sarokvarratok tervezhető méretei

A sarokvarrat gyökének nem teljes értékű összeolvadása esetén (pl. a kedvezőtlen helyzetben készülő vagy a kisebb, 60–75° nyílásszögű varratok) a sarokvarrat méretét a szükségesnél egy milliméterrel nagyobbra kell tervezni.

Hatvan foknál kisebb és száz foknál nagyobb szöget bezáró felületek közé erőtátadó sarokvarratot nem szabad tervezni. Azokat a sarokvarratokat, amelyeknél a felületek hajlásszöge száz foknál nagyobb, süllyesztve, a *11.31. ábra* szerint kell készíteni.

Tartószerkezetben szakaszos sarokvarratot tervezni nem szabad. A varratalak- vagy varratméret-változást megfelelő hosszon, folyamatos átmenettel kell kialakítani.



11.31. ábra – Sarokvarrat szöget bezáró felületeknél

11.3.7. Feszített csavarkötések

A szerkezetet úgy kell kialakítani, hogy a súrlódásra igénybevett felületek jelentős feszítőerő-veszteség nélkül feküdjenek egymásra. Ugyanazon kötésben az erő irányában egymás mögött ötnél több csavar nyírt gerinclemez illesztésén kívül csak kivételes esetben alkalmazható. Ha a számítás szerint szükséges csavarszám egy vagy kettő, a csavarok számát egy darabbal növelni kell.

A csavartengelyek megengedett legkisebb és legnagyobb távolságát lásd a 7.2.a) táblázatban, ahol:

d_0 – a csavarlyuk átmérője,

t – az összekapcsolt elemek egyikének vastagsága, két elem esetében a vékonyabbé, több elem esetében a két szélső elem közül a vékonyabbé.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

A csavarfej és az anya alá is alátétet kell helyezni. A csavarszár menetes része ne kerüljön a kötésbe, hanem az alátétben kezdődjön. A közrefogási hossz utólagos korrigálására legfeljebb egy-egy további alátét alkalmazható.

Használt csavarok ismételt felhasználása tilos. Szerelési célból az előírt nyomatéknak legfeljebb kétharmadával meghúzott csavarokat nem kell használt csavarnak tekinteni, ha ugyanabban a csavarlyukban maradnak a végleges meghúzásukig.

A feszített csavarkötések súrlódó felületeinek előkészítését, a feszítőcsavarok meghúzási nyomatékának meghatározását, a feszítés végrehajtásának módját és mindezek ellenőrzését az e-UT 07.02.12 Közúti hidak építése II. Acélhidak gyártása és szerelése útügyi műszaki előírás szerint kell készíteni.

NF-csavaros kapcsolatok tervezésére vonatkozó előírásokat és jól használható adatokat a 7.1.4.2. pont tartalmaz.

11.3.8. Illesztőcsavaros kötések

Illesztőcsavaros kötést csak kivételes esetben szabad alkalmazni. A kötések tervezésekor a feszített csavaros szerkezetekre vonatkozó csavartávolságokat kell figyelembe venni. Alátétet csak az anya alá kell elhelyezni. A csavarszár menetes része ne kerüljön a kötésbe, hanem az alátétben kezdődjön. A csavarokat meglazulás ellen kontraanyával kell biztosítani.

Illesztőcsavaros kapcsolatok tervein utalni kell arra, hogy a furatok készítése során fokozott figyelemmel kell eljárni, az MSZ EN ISO 286-2 szabvány szerinti tűréseket be kell tartani.

11.3.9. Normál csavaros és szegecselt kötések

Normál csavaros és szegecselt kötéseket közúti terhet viselő új szerkezeti elemekben alkalmazni tilos!

Alárendelt szerkezeti elemeknél (pl. korlát) vagy ideiglenes (pl. szerelési) kötésekhez normál csavaros kapcsolatok alkalmazhatók. A csavartengelyek megengedett legkisebb és legnagyobb távolságát a 7.2.a) táblázat szerint javasolt figyelembe venni, indokolt esetben a 7.2.b) táblázat szerinti értékek alkalmazhatók.

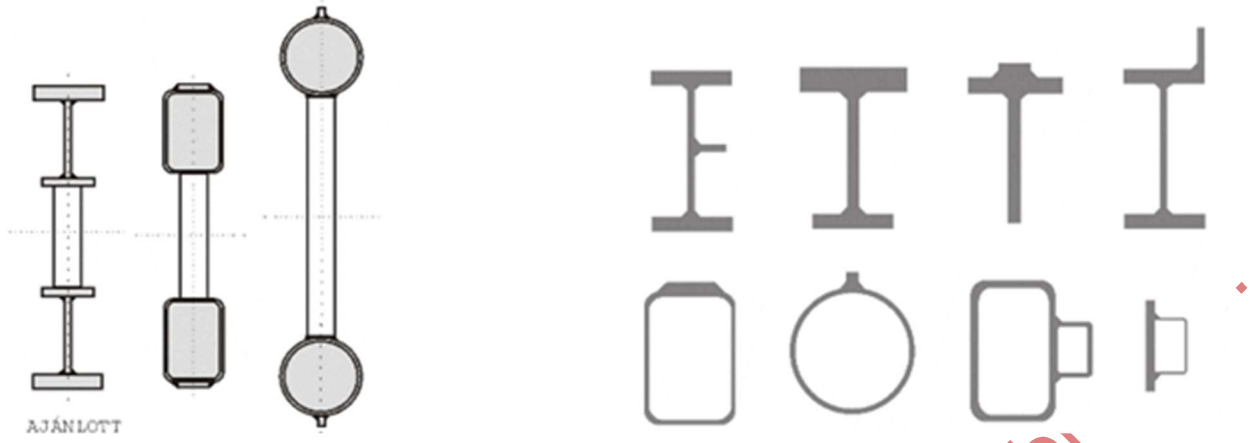
11.4. Tűzihorganyzott elemek konstrukciós elvei

Az acélszerkezetek kialakításával, tervezésével kapcsolatos legfontosabb követelményeket az MSZ EN ISO 14 713-2 szabvány előírásai részletesebben tartalmazzák. Ehhez kiegészítésül az MSZ EN ISO 1461 szabvány egyes fejezeteit is figyelembe kell venni. Az ajánlások kidolgozásánál alapul szolgált, hogy a technológia végrehajtása folyadékokban történik, és a horganyolvadék 450 °C hőmérsékletű, ezért befolyásolja az acélszerkezetek belső feszültségviszonyait.

Az önálló rudak, tartók, oszlopok keresztmetszetének megválasztásakor figyelembe kell venni a tűzihorganyzás követelményeit (legalább két, egymásra merőleges súlyponti tengelyre szimmetrikus legyen a keresztmetszet, ld. *11.32.a) ábra*).

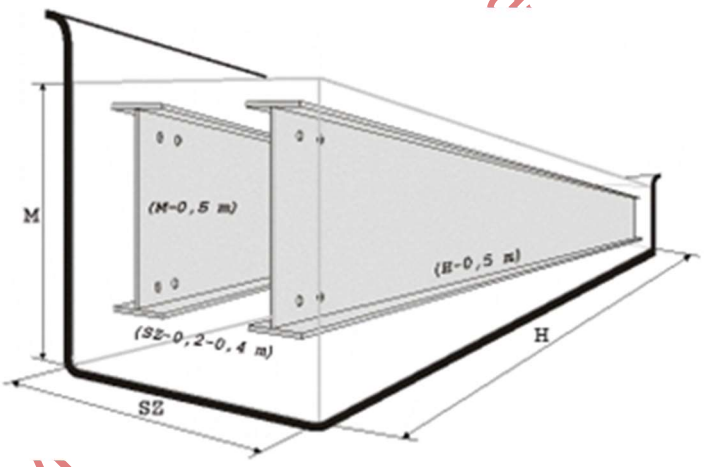
Jogszabályi véleményezésre 2025 február 4.

a) *b)*



11.32. ábra – Példák a tartókeresztmetszet megválasztására; a) ajánlott keresztmetszetek, b) nem ajánlott keresztmetszetek

A legnagyobb darabméreteknek (hossz, magasság, szélesség) a horganyzókád belső méreteinél valamivel kisebbnek kell lenniük. A maximális méreteket, és a darabonkénti legnagyobb tömeget egyeztetni kell a horganyzó vállalattal (példa *11.33. ábra*).

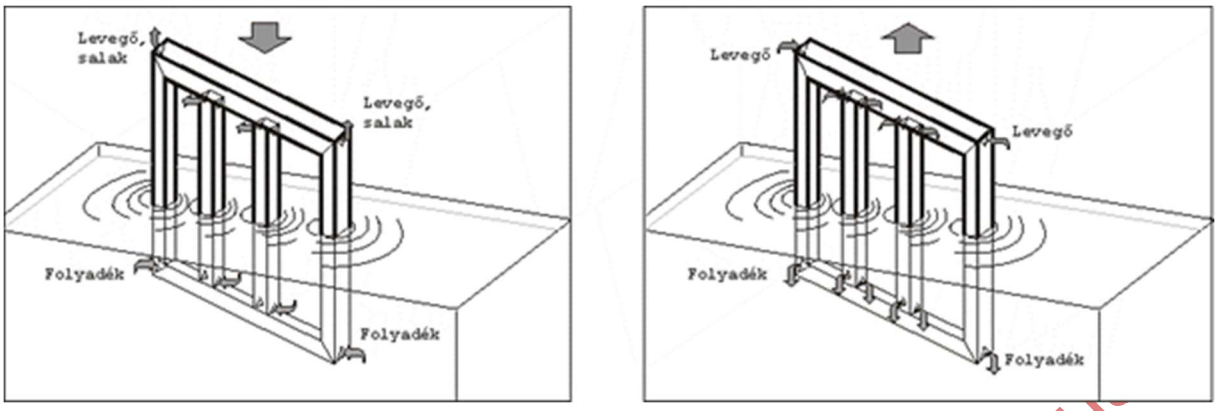


11.33. ábra – Tűzihorganyzott termékek befoglaló méretének meghatározása

A termékeken légzsákok és folyadékzsebek nem alakulhatnak ki. A fentiekre vonatkozóan a Magyar Tűzihorganyzók Szervezete, illetve a tűzihorganyzó vállalatok részletes és egyszerűen kezelhető előírásokat biztosítanak. A megfelelő minőségű és biztonságos tűzihorganyzáshoz szükséges technológiai nyílások (kilevegőző és kifolyónyílások) helyes elhelyezése, mérete és szükséges mennyisége is az igények alapján tervezendő *(11.34., 11.35. ábra és 11.1. táblázat).*

Jogszabály 2025 febr

a) b)

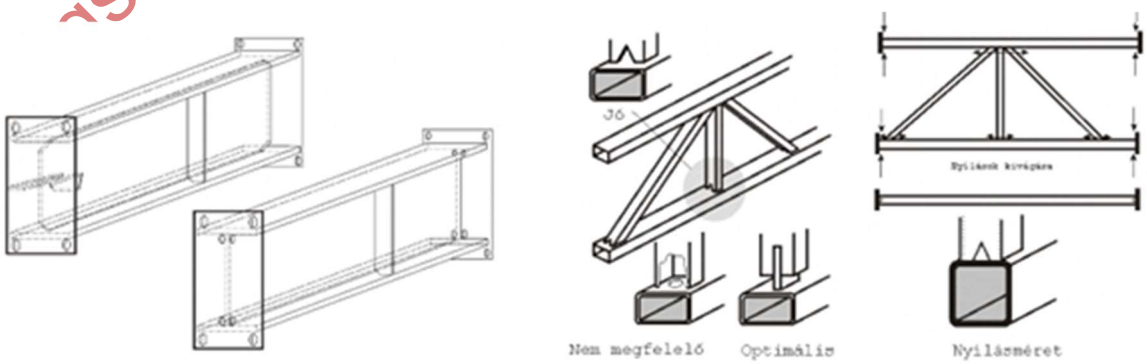


11.34. ábra – Technológiai nyílások elhelyezésének elve

11.1. táblázat – Technológiai nyílások ajánlott mérete és száma

Zártszelvényátmérők, mm			Legkisebb szükséges darabszám és minimális lyukátmérők, mm		
Körszelvény	**Négyszögszelvény**	**Téglalapszelvény**	**1**	**2**	**4**
> 15	15	20×10	8		
20	20	30×15	10		
30	30	40×20	12	10	
40	40	50x30	14	12	
50	50	60×40	16	12	10
60	60	80×40	20	12	10
80	80	100×10	20	16	12
100	100	120×80	25	20	12
120	120	160×80	30	25	20
160	160	200×120	40	25	20
200	200	260×140	50	30	25

a) b)



11.35. ábra – Példák helyes technológiai nyílásokra

szabályi véleményezésre 2025. febru

12. KÍSÉRLETTEL SEGÍTETT TERVEZÉS

Azokban a speciális esetekben, amikor kísérlettel segített tervezési módszer kerül alkalmazásra, az MSZ EN 1993-2 szabványkötet 10. fejezete a mérvadó.

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Ábrajegyzék

2.1. ábra – Szelvények méretei és tengelyei (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 1.1. ábrájával)

2.2. ábra – Hézagos és átfedő csomópontok (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 1.3. ábrájával); a) A hézag értelmezése; b) Az átfedés értelmezése

4.1. ábra – Javasolt szerkezeti kialakítások a réteges tépődés kiküszöbölésére.

4.2. ábra – A Z_{Ed} értékét meghatározó kritériumok (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-10 szabvány 3.2. táblázatával)

4.3. ábra – Nem előterhelt, teljesen zárt szerkezetű kötelek E rugalmassági modulusa hidak esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 3.1. ábrájával)

5.1. ábra – Kezdeti imperfekciók helyettesítése vízszintes erőkkel (lokális imperfekciók) (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.4. ábrájával)

5.2. ábra – Helyettesítő stabilizálóerő (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.6. ábrájával)

5.3. ábra – A merevítőrendszerre a nyomott rúdelemek illesztéseinél átadódó erők (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.7. ábrájával)

5.4. ábra – A helyettesítő geometriai imperfekciók modellezése (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány C1. ábrájával)

5.5. ábra – Különböző keresztmetszeti osztályok tiszta hajlítás esetén

5.6. ábra – Jelölések a nyírási torzulás hatásának számításához (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.2. ábrájával); 1 – Egy hoszanti élén szabad övlemez, 2 – Belső övlemez, 3 – t lemezvastagság, 4 – Merevítőbordák: $A_{sl} = \sum A_{sl,j}$

5.7. ábra – Hatékony L_e hossz folytatólagos gerenda esetén, valamint hatékony szélesség eloszlása (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.1. ábrájával)

5.8. ábra – Feszültségeloszlás a nyírási torzulás hatására (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.3. ábrájával)

5.9. ábra – Lemezsíkban ható erő bevezetése (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.4. ábrájával); 1 – Merevítőborda; 2 – Egyszerűsített feszültségeloszlás; 3 – Valódi feszülstségeloszlás)

6.1. ábra – Hasznos terület számítása

6.2. ábra – Hatékony 2. osztályú gerinc (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.3. ábrájával); 1 – Nyomás; 2 – Húzás; 3 – Képlékeny semleges tengely; 4 – Elhanyagolás (nem dolgozó rész)

6.3. ábra – 4. osztályú keresztmetszetek, normálerő (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.1. ábrájával); a) Teljes keresztmetszet, b) Hatékony keresztmetszet, G – A teljes keresztmetszet súlypontja, G^'– A hatékony keresztmetszet súlypontja, 1 – A teljes keresztmetszet súlyponti tengelye, 2 – A hatékony keresztmetszet súlyponti tengelye, 3 – Nem hatékony tartomány

6.4. ábra – 4. osztályú keresztmetszetek, hajlítónyomaték (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.2. ábrájával); a) Teljes keresztmetszet; b) Hatékony keresztmetszet; G – A teljes keresztmetszet súlypontja, G'– A hatékony keresztmetszet súlypontja, 1 – A teljes keresztmetszet súlyponti tengelye, 2 – A hatékony keresztmetszet súlyponti tengelye, 3 – Nem hatékony tartomány

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.5. ábra – Merevítőborda hatékony keresztmetszeti területe (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.1. ábrájával)

6.6. ábra – Trapézgerinc geometriai méretei (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány D1. ábrájával)

6.7. ábra – Rúdszerű viselkedés (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.3. ábrájával); a) Hosszirányú támaszok nélküli lemezek rúdszerű viselkedése, b) Kis α oldalirányú, merevítetlen lemez rúdszerű viselkedése, c) Nagy α oldalirányú, hosszirányban merevített lemez rúdszerű viselkedése

6.8.a) ábra – Merevített lemez tiszta nyomás esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.4. ábrájával)

6.8.b) ábra – Merevített lemez tiszta nyomás esetén (zárt bordáknál)

6.8.c) ábra – Merevített lemez tiszta nyomás esetén (T bordáknál)

6.9. ábra – Helyettesítő oszlop keresztmetszete egy merevítőborda esetén (φ a vizsgált almezőre jellemző feszültségarány)

6.10. ábra – Vizsgálandó kihajlási esetek két merevítőborda esetén

6.11. ábra – Az e távolság értelmezése; 1 – Hosszborda súlypontja, 2 – Hosszborda és együttdolgozó lemez súlypontja

6.12. ábra – Keresztborda (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.2. ábrájával); 1 – Keresztborda

6.13. ábra – Hegesztett lemezek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.3. ábrájával); 1 – Keresztborda; 2 – Keresztirányú varrat

6.14. ábra – Hosszbordák kivágásai (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.4. ábrájával)

6.15. ábra – Keresztbordák kivágásai (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 9.5. ábrájával)

6.16. ábra – Egyik szárán kapcsolt szögacélok, a) Egy csavarral, b) Két csavarral, c) Három csavarral (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.9. ábrájával)

6.17. ábra – Keresztirányú hajlítás az övekben a bevezetett nyírófolyam miatt (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány D2. ábrájával)

6.18. ábra – Kihajlási görbék (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.4. ábrájával)

6.19. ábra – Befogási tényezők alapesetei

6.20. ábra – Keret részét képező függőleges rácsoszlopok (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D1. ábrájával)

6.21. ábra – ν kihajlásihossz-tényezők (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D1. táblázatával, ahol $\nu = \beta$)

6.22. ábra – Középen rugalmasan megtámasztott ferde rácsrúd (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D2. ábrájával)

6.23. ábra – Kétcsuklós ív befogási tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. táblázatával)

6.24. ábra – Befogott ív befogási tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. táblázatával)

6.25. ábra – Háromcsuklós ív befogási tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. táblázatával)

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.26. ábra – Befogott-csuklós ív befogási tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. táblázatával)

6.27. ábra – n kihajlásihossz-tényező (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D4. ábrájával, ahol n = β)

6.28. ábra – Ívek merevítőkeretének stabilitásvesztése (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D5. ábrájával)

6.29. ábra – Merev oldalirányú megtámasztások közötti tartószakasz parabolikusan változó nyomatékkal (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány 6.1. ábrájával)

6.30. ábra – Osztott szelvényű nyomott rúd

6.31. ábra – Négy síkon elhelyezett rácsozás, valamint a részszelvények kihajlási hossza (L_{ch})

6.32. ábra – Egyszeres rácsozás kialakítási módjai
a) Azonos állású rácsozás (Javasolt);b) Ellentétes állűású rácsozás (Nem javasolt)

6.33. ábra – Hevederezett osztott szelvényű rúd igénybevételei

6.34. ábra – Szorosan kapcsolt osztott szelvények

6.35. ábra – Hevederpárokkal kapcsolt szögacélok

6.36. ábra – Gerendavég kialakítása (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 5.1. ábrájával);
1 Merev keresztborda, 2 Hosszborda, 3 Nem merev keresztborda

6.37. ábra – Gerinclemez kereszt- és hosszbordákkal (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 5.3. ábrájával); 1 – Merev keresztborda, 2 – Hosszborda, 3 – Nem merev keresztborda

6.38. ábra – Horpadási tényező különféle teherbevezetések esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 6.1. ábrájával)

6.39. ábra – A keresztirányú nyomóerő megoszlási hossza (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 6.2. ábrájával)

6.40. ábra – A redukált feszültségek módszerének folyamatábrája

7.1. ábra – Kötőelemek távolságainak jelölése (megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.1. ábrájának); a) Kötőelem-távolságok jelölése, b) Eltolt furatok távolságainak jelölése, c) Eltolt furatok távolsága, nyomott elemek, d) Eltolt furatok távolsága, húzott elemek

7.2. ábra – A β *és* $t_{b,resin}$ *értékei az összekapcsolt lemezek vastagsági arányainak függvényében (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.5. táblázatának és 3.5. ábrájának)*

7.3. ábra – Bekötő szögacél (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.10. ábrájának

7.4. ábra – Nyomatékkal terhelt kapcsolat.

7.5. ábra – Csapos kapcsolatú elemek geometriai követelményei (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.9. táblázatának); a) Adott t vastagság esetén a geometria kialakítása, b) Adott fix geometria esetén a vastagságra vonatkozó feltétel

7.6. ábra – Geometriai paraméterek a csapot terhelő nyomaték számításához (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.11. ábrájának)

7.7. ábra – A varrat feszültségkomponensei a középsíkra vonatkoztatva

7.8. ábra – Merevítetlen T-kötés hatékony hossza (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4.8. ábrájának)

7.9. ábra – Külpontos terhelés esetei (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4.9. ábrájának); a) Hajlítónyomaték, mely húzást okoz a varrat gyökpontjában, b) Húzóerő, mely húzást okoz a varrat gyökpontjában

Jogszabály véleményezésre 2025. február 4.

7.10. ábra – Egyszerűsített bilineáris nyomaték-elfordulás összefüggés (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 5.2. ábrájának)

8.1. ábra – Fáradás szempontjából kritikus területek (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.1. ábrájának); 1 – 1. terület, 2 – 2. terület, 3 – 3. terület, 4 – 4. terület (illesztés), 5 – 5. terület

8.2. ábra – Fém alátétlemezzel illesztett merevítőbordák fáradásra kritikus részletei (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.2. ábrájának); 1 – Tompavarrat, 2 – Folytonos fűzővarrat az alátétlemez teljes hosszán

8.3. ábra – Vierendeel-modell kereszttartókra (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.3. ábrájának)

8.4. ábra – Feszültségeloszlás a bordakivágásnál (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.4. ábrájának)

8.5. ábra – $\Delta\phi_f$ növelő tényező

8.6. ábra – λ_1 értéke mezőben

8.7. ábra – λ_1 értéke támasz környezetében

8.8. ábra – λ_{max} értéke mezőben

8.9. ábra – λ_{max} értéke támasz környezetében

8.10. ábra – Mező és támasz tartománya

8.11. ábra – Fáradási görbék normálfeszültségi tartományokhoz (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 7.1. ábrájának); 1 – Részletosztály, $\Delta\sigma_c$, 2 – Állandó amplitúdójú fáradási határ, $\Delta\sigma_D$, 3 – Levágási határ, $\Delta\sigma_L$

8.12. ábra – Fáradási görbék húzott elemes szerkezetek esetén (Megfelel az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 9.1. ábrájának)

8.13. ábra – Fáradási görbék nyírófeszültségi tartományokhoz (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 7.2. ábrájának); 1 – Részletosztály, Δ^t_c, 2 – Levágási határ, Δ^t_L

9.1. ábra – Pászma/kötél felfekvése egy nyereg mentén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 6.1. ábrájával). Jelmagyarázat: 1 – pászma/kötél; 2 – nyereg; L_2 – a pászma/kötél hossza a két elméleti T_1 érintőpont között, a terhek és kötélszerű viselkedésből származó hatások legkedvezőtlenebb karakterisztikus kombinációja esetén; ΔL_2– kiegészítő burkolóhossz.

9.2. ábra – Szorítóelem (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 6.3. ábrájával); 1 – Feszítőcsavarlyuk; 2 – A feszítőcsavarok által kifejtett F_r szorítóerő

11.1. ábra – Tört vonalú, ill ívesen vezetett övlemezek; a), b)

11.2. ábra – Ortotrop pályalemez szerkezeti részletei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C1. ábrájával); 1 – Pályalemez, 2 – Hosszborda-pályalemez varrat, 3 – Hosszborda-kereszttartó varrat, 4 – Kereszttartó gerinc kivágás, 5 – Hosszborda illesztés, 6 – Kereszttartó gerinc bekötés főtartóba, 7 – Kereszttartó öv bekötés főtartóba, 8 – Kereszttartó-pályalemez varrat

11.3. ábra – a) Kerékteher lokális és b) hosszbordák lehajlásának hatása (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C2. ábrájával); 1 – Kerékteher; a), b)

11.4. ábra – Fáradási repedések a pályalemezen (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C3. ábrájával); 1 – Repedéskezdemény; a) Repedés a hosszbordák belsejében a varratgyöknél, b) Repedés a hosszbordák külső részén a varraton

11.5. ábra – Hosszbordák minimális merevsége (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C4. ábrájával); Megjegyzés: a) – Az A görbe azokra a hosszbordákra vonatkozik, amelyeket b) nem fed le; b) – A B görbe azon hosszbordákra vonatkozik, melyek a leginkább terhelt sávban,

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

azaz a főtartó gerincétől 1,20 m távolságon belül vannak; c) – A görbék valamennyi hosszbordaformára érvényesek; 1 – Nehézteher-forgalmi sáv, 2 – Főtartó vagy hossztartó gerince

11.6. ábra – Ortotrop lemezes szerkezetek hosszbordái, a) Zártszelvényű borda; b) Övlemezzel merevített borda; c) Laposacél borda

11.7. ábra – Trapézborda-pályalemez nyakvarrata a) teljesen gépesített, b) kézi (vagy részben gépesített) hegesztési eljárás esetén (Az élmegmunkálás szöge a hegesztési eljárástól és a hozzáférhetőségtől függ.)

11.8. ábra – Zárt hosszborda helyszíni illesztése

11.9. ábra – Zárt hosszborda toldása

11.10. ábra – Hosszborda és keresztartó gerinc kapcsolat (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C9. ábrájával); a) Hosszborda elfordulása a keresztartógerincnél, b) Keresztartógerinc megnyúlásaiból adódó hosszborda-alakváltozások

11.11. ábra – Zártszelvényű hosszbordák hegesztett kapcsolata a keresztartó gerincével (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 C. szabvány 12. ábrájával), 1 – Nincs lyukkivágás

11.12. ábra – Lyukkivágás alakjának kritikus részletei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C13. ábrájával); 1 – Sarokvarratok, 2 – a) részlet, 3 – Él körüli varrat hegesztési hibáktól mentes legyen, 4 – b) részlet, 5 – c) részlet

11.13. ábra – Lyukkivágás minimális méretei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C14. ábrájával); 1 – $t_{w,crossb}$ – Keresztartó gerinc vastagság, 2 – Nyílástávolság állandó értéke: $b \geq 2\ t_{w,crossb} \geq 25$ mm

11.14. ábra – Fáradásra legkedvezőbb lyukkivágás

11.15. ábra – Nyitott hosszborda átvezetése

11.16. ábra – A főtartó gerincének függőleges merevítései és a keresztartók tipikus kapcsolati kialakítása (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány C15. ábrájával); 1 – Keresztartó, 2 – Merevítő, 3 – Főtartó gerincének keresztirányú merevítése, 4 – Főtartógerinc

11.17. ábra – Átlapolt lemezek oldalvarrat kialakítása

11.18. a, b) ábra – Övlemez elhagyása

11.19. a b) ábra – Különböző vastagságú övlemezek illesztése

11.20. ábra – Szelvény keskenyítése

11.21. a)–b) ábra – Különböző vastagságú gerinclemezek illesztése

11.22. a)–b) ábra – Merevítések kialakítása

11.23. a)–c) ábra – Hosszirányú merevítések keresztmetszeti méretei

11.24. a–c) ábra – Merevítések keresztezése és illesztései

11.25. a)–b) ábra – Csomólemezek kialakítása

11.26. a)–d) ábra – Illesztés gerinckivágás nélkül; b) x–x metszet, c) z–z metszet, d) y–y metszet

11.27. a)–b) ábra – Illesztés gerinckivágással

11.28. ábra – Hengerelt szelvény furatos kivágása

11.29. ábra – a) Sarokvarratok mérete b) Mélybeolvadású sarokvarrat mérete

11.30. a)–c) ábra – Sarokvarratok tervezhető méretei

11.31. ábra – Sarokvarrat szöget bezáró felületeknél

jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

11.32. ábra – Példák a tartókeresztmetszet megválasztására;
a) ajánlott keresztmetszetek, b) nem ajánlott keresztmetszetek

11.33. ábra – Tűzihorganyzott termékek befoglaló méretének meghatározása.

11.34. ábra – Technológiai nyílások elhelyezésének elve

11.35. ábra – Példák helyes technológiai nyílásokra

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

Táblázatjegyzék

4.1. táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei melegen hengerelt szerkezeti acélból készített lapos termékek esetén (1) (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 3.1. táblázatával)

4.2.a) táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei melegen hengerelt zárt szelvények és csövek ötvözetlen és finomszemcsés acélból készült termékek esetén (2) (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 3.1. táblázatával)

4.2.b) táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei hidegen alakított zártszelvények (5% hidegalakításig) esetén (2) (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 3.1. táblázatával)

4.3. táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei melegen hengerelt nagy folyáshatárú szerkezeti acélból készült nemesített lapos termékek esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-12 szabvány 1. táblázatával)

4.4. táblázat – Az f_y folyáshatár és f_u szakítószilárdság névleges értékei nagy folyáshatárú acélokból melegen hengerelt lapos termékek hidegalakítása esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-12 szabvány 2. táblázatával)

4.5. táblázat – Magas, közepes és alacsony feszültségkategóriához tartozó maximális lemezvastagságok milliméterben (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-10 szabvány 2.1. és az MSZ EN 1993-1-12 szabvány 4. táblázatával)

4.6. táblázat – Anyagállandók tervezési értékei

4.7. táblázat – Csavarok f_{yb} folyáshatárának és f_{ub} szakítószilárdságának névleges értékei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány 3.3. táblázatával)

4.8. táblázat – Erőtani számításban alkalmazandó E_Q rugalmassági modulus értékek változó teherre (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 3.1. táblázatával)

4.9. táblázat – Melegen hengerelt acéltermékek anyagmodelljei (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány C2. ábrájával)

5.1. táblázat – Az e_0/L kezdeti lokális görbeség tervezési értékei rúdelemek esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.1. táblázatával)

5.2. táblázat – Imperfekciók alakja és maximális értékei az ív síkjában bekövetkező kihajlás esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D8. táblázatával)

5.3. táblázat – Imperfekciók alakja és maximális értékei az ív síkjára merőleges kihajlás esetében (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D9. táblázatával)

5.4. táblázat – Helyettesítő geometriai imperfekciók (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány C2. táblázatával)

5.5. táblázat – Nyomott alkotólemezek maximális szélesség-vastagság arányai (mindkét hosszanti élük mentén megtámasztott alkotólemezek) (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.2. táblázat első lapjával)

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

5.6. táblázat – Nyomott alkotólemezek maximális szélesség-vastagság arányai (egyik hosszanti élük mentén szabad övek) (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1:2009 szabvány 5.2. táblázat második lapjával)

5.7. táblázat – Nyomott alkotólemezek maximális szélesség-vastagság arányai (szögacélok, csőszelvények) (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 5.2. táblázat harmadik lapjával)

5.8. táblázat – A hatékony szélesség β tényezője (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 3.1. táblázatával)

6.1. táblázat – Alkalmazandó parciális tényezők

6.2. táblázat – Belső nyomott lemezelemek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.1. táblázatával)

6.3. táblázat – Egy élén megtámasztott nyomott elemek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-5 szabvány 4.2. táblázatával)

6.4. táblázat – Egyik szárán kapcsolt szögacélok ellenállását meghatározó paraméterek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.8. táblázatával)

6.5. táblázat – A nyírt keresztmetszeti terület meghatározása

6.6. táblázat – Egytengelyű hajlításnak kitett szelvények csökkentett ellenállása

6.7. táblázat – Ferde hajlítás kölcsönhatási tényezői

6.8. táblázat – Imperfekciós tényezők a kihajlási görbékhez (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1:2009 szabvány 6.1. táblázatával)

6.9. táblázat – A kihajlási görbe kiválasztása adott keresztmetszethez (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány 6.2. táblázatával)

6.10. táblázat – Kihajlási hosszak (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D2. táblázatával, ahol $\nu = \beta$*)*

6.11. táblázat – K tényező (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D5. táblázatával)

6.12. táblázat – υ_1 tényező értékei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D6. táblázatával)

6.13. táblázat – υ_2 tényező értékei (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D7. táblázatával, ahol $\nu = \beta$.)

6.14. táblázat – A nyomatéki ábra alakját és a megtámasztásokat figyelembe vevő K_0 tényező (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány BB1. táblázatával)

6.15. táblázat – Kritikus nyomaték számítása közbenső teher nélkül

6.16. táblázat – Kritikus nyomaték számítása közbenső terheléssel

6.17. táblázat – A 6.3.2.2. pont alapján vizsgált szelvények esetén javasolt kifordulási görbék (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1:2009 szabvány 6.4. táblázatával)

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

6.18. táblázat – A 6.3.2.3. pont alapján vizsgált szelvények esetén javasolt kifordulási görbék (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1:2009 szabvány 6.5. táblázatával)

6.19. táblázat – A k_c korrekciós tényezők (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1:2009 szabvány 6.6. táblázatával)

6.20. táblázat – A C_d oldalirányú merevségek rácsos tartók esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-2 szabvány D3. táblázatával)

6.21. táblázat – Ellenállások keresztmetszeti jellemzői

6.22. táblázat – A k_{ij} kölcsönhatási tényezők nem elcsavarodással járó tönkremenetel esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány B1. táblázatával)

6.23. táblázat – A k_{ij} kölcsönhatási tényezők elcsavarodással járó tönkremenetel esetén (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány B2. táblázatával)

6.24. táblázat – A 6.22. táblázat és 6.23. táblázat C_m helyettesítő állandó nyomatéki tényezői (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány B3. táblázatával)

6.25. táblázat – A $C_{mi,o}$ helyettesítő állandó nyomatéki tényezők (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-1 szabvány A2. ábrával)

6.26. táblázat – Rácsos kivitelű osztott szelvényű rudak nyírási merevsége; n – a rácsozás síkjainak száma, A_d és A_v – a rácsrudak keresztmetszeti területei

6.27. táblázat – Hatékonysági tényező

6.28. táblázat – Hevederlemezek megengedett távolsága szorosan kapcsolt osztott szelvényeknél

6.29. táblázat – Általános stabilitási görbék α_p és $\overline{\lambda}_{p0}$ paraméterei

7.1. táblázat – Csavar- és furatméretek

7.2. a) táblázat – Legkisebb és legnagyobb furattávolságok (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.3. táblázatának)

7.2. b) táblázat – Legkisebb és legnagyobb furattávolságok hídszerkezeti elemek illesztő- és NF-csavaros kapcsolatainál

7.3. táblázat – k_s értékei (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.6. táblázatának)

7.4. táblázat – μ súrlódási tényező feszített csavarokhoz (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 3.7. táblázatának)

7.5. táblázat – 10.9-es feszített csavarok („C” osztályú) teherbírása csavaronként, kéttapadású hevederes kötésben, „B” osztályú felülettel ($\mu = 0{,}4$)

7.6. táblázat – 10.9-es csavarok („A” vagy „B” osztályú) nyírási ellenállása csavaronként, kétszernyírt hevederes kötésben

7.7. táblázat – f_{eu} szakítószilárdság alacsonyabb szilárdságú hozaganyag esetén

7.8. táblázat – Sarokvarratok β_w korrelációs tényezői (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4.1. táblázatának; kiegészítve az S500–S700 adataival)

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

7.9. táblázat – Feltételek hidegen alakított zónák és szomszédos elemrészek hegesztésére (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 4.2. táblázatának)

7.10. táblázat – Csomóponttípusok modelljei (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 5.1. táblázatának)

7.11. táblázat – Merevségmódosító tényező, η (Megfelel az MSZ EN 1993-1-8 szabvány 5.2. táblázatának)

7.12.táblázat – Különböző karcsúságú oszlopok oszloptalpainak merevségi feltételei

8.1. táblázat – A fáradási szilárdság parciális tényezőinek javasolt értékei (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 3.1. táblázatának

8.2. táblázat – k_1 tényezők a rácsos tartó síkjában terhelt csőszelvényekre (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 4.1. táblázatának)

8.3. táblázat – k_1 tényezők a rácsos tartó síkjában terhelt téglalap keresztmetszetű zárt szelvényekre (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 4.2. táblázatának)

8.4. táblázat – λ_2 értéke

8.5. táblázat – Tehergépkocsik becsült száma

8.6. táblázat – λ_3 kiszámított értékei

8.7. táblázat – λ_1 tényező értékei a mértékadó hatásvonal hosszának függvényében (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.3. és 9.4. táblázatának)

8.8. táblázat – λ_2 tényező értékei az éves forgalom függvényében (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.5. táblázatának9

8.9. táblázat – λ_3 tényező értékei a tervezési élettartam függvényében (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.6. táblázatának)

8.10. táblázat – λ_4 tényező értékei a k_{1+2} tényező függvényében (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.7. táblázatának)

8.11. táblázat – Húzott elemes szerkezetek (Megfelel az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 9.1. táblázatának)

8.12. táblázat – Nem hegesztett elemek és mechanikus kötőelemekkel készített kapcsolatok (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.1. táblázatának)

8.13. táblázat – Hegesztett szelvények (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.2. táblázatának)

8.14. táblázat – Keresztirányú tompavarratok (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.3. táblázatának)

8.15. táblázat – Hegesztett merevítések és kiegészítő elemek (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.4. táblázatának)

8.16. táblázat – Teherviselő hegesztett kapcsolatok (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.5. táblázatának)

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

8.17. táblázat – Cső- és zárt szelvények (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.6. táblázatának)

8.18. táblázat – Rácsos tartók csomópontjai (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.7. táblázatának)

8.19. táblázat – Ortotrop pályalemezek – zárt merevítőbordák (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.8. táblázatának)

8.20. táblázat – Ortotrop pályalemezek – nyitott merevítőbordák (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány 8.9. táblázatának)

8.21. táblázat – Acél pályalemezek kritikus helyei (Megfelel az MSZ EN 1993-2 szabvány 9.8. táblázatának)

8.22. táblázat – Részletosztályok a geometriai feszültségtartományokhoz (Megfelel az MSZ EN 1993-1-9 szabvány B1. táblázatának)

9.1. táblázat – A húzott elemek osztályai (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 1.1. táblázatával)

9.2. táblázat – Környezeti osztályok (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 2.1. táblázatával)

9.3. táblázat – Fajlagos súlyok (w) és kitöltöttségi tényezők (f) (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 2.2. táblázatával)

9.4. táblázat – A névleges folyáshatárához tartozó erő F_k karakterisztikus értéke húzott elemek esetén

9.5. táblázat – A K_e veszteségtényezők (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 6.3. táblázatával)

9.6. táblázat – A q_{Rk} határértékek (Megegyezik az MSZ EN 1993-1-11 szabvány 6.4. táblázatával)

11.1. táblázat – Technológiai nyílások ajánlott mérete és száma

Jogszabályi véleményezésre 2025. február 4.

A szövegben említett és kapcsolódó magyar nemzeti szabványok, útügyi műszaki előírások és jogszabályok

Szabvány és útügyi műszaki előírás alkalmazása előtt győződjön meg arról, hogy jelent-e meg módosítása, helyesbítése, nincs-e visszavonva, vagy műszaki tartalmú jogszabály hivatkozik-e rá.

(Ellenőrzés időpontja a Magyar Szabványügyi Testület honlapja alapján: 2024. december)

MSZ EN ISO 286-2:2010	Termékek geometriai követelményei (GPS). Hosszméretek tűrésének ISO-kódrendszere. 2. rész: Lyukak és csapok szabványos tűrésosztályainak és határeltéréseinek táblázatai *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1090-1:2009+A1:2012	Acél- és alumíniumszerkezetek kivitelezése. 1. rész: Szerkezeti elemek megfelelőségértékelésének követelményei *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1090-2:2018	–. 2. rész: Acélszerkezetek műszaki követelményei *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1090-3:2019	–. 3. rész: Alumíniumszerkezetek műszaki követelményei *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1090-4:2019	–. 4. rész: Hidegen hajlított szerkezeti acélelemek, valamint tető-, mennyezet-, padló- és falrendszerek hidegen hajlított acélszerkezeteinek műszaki követelményei *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1090-5:2017	–. 5. rész: Hidegen hajlított szerkezeti alumíniumelemek, valamint tető-, mennyezet-, padló- és falrendszerek hidegen hajlított alumíniumszerkezeteinek műszaki követelményei *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1337-1:2002	Szerkezeti saruk. 1. rész: Általános tervezési szabályok
MSZ EN 1337-2:2004	–. 2. rész: Csúszóelemek
MSZ EN 1337-3:2005	–. 3. rész: Elasztomer saruk
MSZ EN 1337-4:2004	–. 4. rész: Gördülő saruk
MSZ EN 1337-5:2005	–. 5. rész: Fazéksaruk
MSZ EN 1337-6:2004	–. 6. rész: Billenősarukéééé
MSZ EN 1337-7:2004	–. 7. rész: PTFE-betétes gömbsüveges és hengeres saruk
MSZ EN 1337-8:2008	–. 8. rész: Egyirányú és kétirányú vezetőelemes saruk
MSZ EN 1337-9:1999	–. 9. rész: Védelem
MSZ EN 1337-10:2003	–. 10. rész: Felülvizsgálat és karbantartás
MSZ EN 1337-11:1999	–. 11. rész: Szállítás, tárolás és beépítés
MSZ EN ISO 1461:2023	Tűzihorganyzással előállított bevonatok kész vas- és acéltermékeken. Követelmények és vizsgálati módszerek
MSZ EN 1990:2011	Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai

MSZ EN 1991-1-4:2007	Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás
MSZ EN 1991-2:2006	Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 2. rész: Hidak forgalmi terhei
MSZ EN 1992-1-1:2004/A1:2016	
MSZ EN 1992-1-1:2010	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1992-1-2:2004/A1:2019	
MSZ EN 1992-1-2:2013	–. 1-2. rész: Általános szabályok. Szerkezetek tervezése tűzhatásra
MSZ EN 1992-2:2009	–. 2. rész: Betonhidak. Tervezési és szerkesztési szabályok
MSZ EN 1992-3:2011	–. 3. rész: Folyadéktartályok és tárolószerkezetek
MSZ EN 1992-4:2019	–. 4. rész: Betonban használt rögzítések tervezése
MSZ EN 1993-1-1:2005/A1:2015	
MSZ EN 1993-1-1:2009	–. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 1993-1-3:2007	–. 1-3. rész: Általános szabályok. Kiegészítő szabályok hidegen alakított elemekre *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1993-1-4:2006/A1:2015	
MSZ EN 1993-1-4:2007	–. 1-4. rész: Általános szabályok. Kiegészítő szabályok korrózióálló acélokra *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1993-1-5:2012	–. 1-5. rész: Lemezes szerkezeti elemek
MSZ EN 1993-1-6:2007/A1:2017	
MSZ EN 1993-1-6:2007	–. 1-6. rész: Héjszerkezetek szilárdsága és stabilitása *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1993-1-7:2007	–. 1-7. rész: Keresztirányban terhelt lemezszerkezetek *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1993-1-8:2012	–. 1-8. rész:
MSZ EN 1993-1-9:2011	–. 1-9. rész: Fáradás
MSZ EN 1993-1-10:2011	–.1-10. rész: Anyagválasztás a szívósság és a vastagságirányú jellemzők alapján
MSZ EN 1993-1-11:2007	–. 1-11. rész: Húzott elemes szerkezetek tervezése
MSZ EN 1993-1-12:2007	–. 1-12. rész: Az EN 1993 alkalmazását S700 acélminőségig kiterjesztő kiegészítő szabályok *(angol nyelvű)*
prEN 1993-1-14:2020	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 14: Design assisted by finite element analysis
MSZ EN 1993-3-1:2007	–. 3-1. rész: Tornyok, árbócok és kémények. Tornyok és árbócok
MSZ EN 1993-2:2009	–. 2. rész: Acélhidak

MSZ EN 1998-1:2004/A1:2013	
MSZ EN 1998-1:2008	–. 1. rész: Általános szabályok, szeizmikus hatások és az épületekre vonatkozó szabályok *(angol nyelvű)*
MSZ EN 1998-2:2015	–. 2. rész: Hidak
MSZ EN 1998-3:2011	–. 3. rész: Épületek értékelése és helyreállítása
MSZ EN 1998-5:2009	–. 5. rész: Alapozások, megtámasztószerkezetek és geotechnikai szempontok
MSZ EN ISO 2560:2021	Hegesztőanyagok. Bevont elektródák ötvözetlen és finomszemcsés acélok kézi ívhegesztéséhez. Osztályba sorolás *(MSZ EN 499:1998 Hozaganyagok hegesztéshez. Bevont elektródák ötvözetlen és finom szemcsés acélok kézi ívhegesztéséhez. Osztályba sorolás helyett)*
MSZ EN ISO 5817:2023	Hegesztés. Acél, nikkel, titán és ötvözeteik ömlesztőhegesztéssel (kivéve az energianyalábos hegesztés) készített kötései. Az eltérések minőségszintjei
MSZ EN 10 025-1:2005	Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 1. rész: Általános műszaki szállítási feltételek
MSZ EN 10 025-2:2020	–. 2. rész: Ötvözetlen szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei
MSZ EN 10 025-3:2020	–. 3. rész: Normalizált/normalizálva hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei
MSZ EN 10 025-4:2019+A1:2023	– 4. rész: Termomechanikusan hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei
MSZ EN 10 025-5:2020	5. rész: Légkörikorrózió-álló szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 025-6:2019+A1:2023	–. 6. rész: Nagy folyáshatárú szerkezeti acélokból készült, nemesített lapos termékek műszaki szállítási feltételei) *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 027-1:2017	Acélok jelölési rendszere. 1. rész: Az acélminőségek jele *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 080:2005	Betonacél. Hegeszthető betonacél. Általános követelmények
prEN 10 138-1–3	Prestressing steels
MSZ EN 10 149-1:2014	Nagy folyáshatárú acélokból melegen hengerelt lapos termékek hidegalakításra 1. rész: Általános műszaki szállítási feltételek *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 149-2:2014	–. 2. rész: A termomechanikusan hengerelt acélok általános műszaki szállítási feltételei *(angol nyelvű)*

MSZ EN 10 149-3:2014	–. 3. rész: A normalizált vagy normalizáló hengerléssel gyártott acélok szállítási feltételei *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 164:2019	Felületükre merőleges irányban javított alakítási tulajdonságú acéltermékek. Műszaki szállítási feltételek) *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 210-1:2006	Melegen hengerelt, szerkezeti zárt idomacélok ötvözetlen és finomszemcsés acélból. 1. rész: Műszaki szállítási feltételek *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 210-2:2020	–. 2. rész: Tűrések, méretek és keresztmetszeti jellemzők *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 219-1:2006	Hidegen alakított, hegesztett, szerkezeti zárt idomacélok ötvözetlen és finomszemcsés acélokból. 1. rész: Műszaki szállítási feltételek
MSZ EN 10 219-2:2020	Hidegen alakított, hegesztett, szerkezeti zárt idomacélok. 2. rész: Tűrések, méretek és keresztmetszeti jellemzők *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 219-3:2020	–. 3. rész: A nagy szilárdságú és légkörikorrózió-álló acélok műszaki szállítási feltételei *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 264-1:2012	Acélhuzal és huzaltermékek. Acélhuzal sodronykötelekhez. 1. rész: Általános követelmények *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 264-2:2022	–. 2. rész: Hidegen húzott, ötvözetlen acélhuzal általános felhasználású sodronykötelekhez *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 264-3:2012	–. 3. rész: Ötvözetlen, kör szelvényű és profilhuzal nagy igénybevételű felhasználásra *(angol nyelvű)*
MSZ EN 10 264-4:2012	–. 4. rész: Korrózióálló acélhuzal *(angol nyelvű)*
MSZ EN 12 385-1:2002+A1:2009	Acélsodrony kötelek. Biztonság. 1. rész: Általános követelmények *(angol nyelvű)*
MSZ EN 12 385-2:2002+A1:2008	–. 2. rész: Fogalommeghatározások, megnevezés és osztályozás
MSZ EN 12 385-3:2021	Acélsodrony kötelek. Biztonság. 3. rész: Használati és karbantartási információk *(angol nyelvű)*
MSZ EN 12 385-4:2002+A1:2008	–. 4. rész: Pászmás kötelek általános emelési célokra
MSZ EN 12 385-10:2003+A1:2008	–.10. rész: Spirális kötelek általános építési célokra

MSZ EN ISO 12 944-1:2018	Festékek és lakkok. Acélszerkezetek korrózióvédelme festékbevonat-rendszerekkel. 1. rész: Általános bevezetés) *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 12 944-2:2018	Festékek és lakkok. Acélszerkezetek korrózióvédelme festékbevonat-rendszerekkel. 2. rész: A környezetek osztályozása) *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 12 944-3:2018	–. 3. rész: Tervezési szempontok) *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 12 944-4:2018	–. 4. rész: Felület- és felület-előkészítési típusok) *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 12 944-5:2020	–. 5. rész: Festékbevonat-rendszerek) *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 12 944-6:2018	–. 6. rész: Laboratóriumi teljesítményvizsgálati módszerek) *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 12 944-7:2018	–. 7. rész: A festési munka végrehajtása és ellenőrzése) *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 12 944-8:2018	–. 8. rész: Előírások kidolgozása új munkához és karbantartáshoz) *(angol nyelvű)*
MSZ EN 13 411-1:2002+A1:2009	Acélsodronykötél-végek. Biztonság. 1. rész: Kötélszív acélsodronykötél-hurokhoz
MSZ EN 13 411-2:2001+A1:2009	–. 2. rész: Sodronykötél-hurokszemek összefonása
MSZ EN 13 411-3:2023	–. 3. rész: Szorítógyűrűk és szorítógyűrűs kötélszemek) *(angol nyelvű)*
MSZ EN 13 411-4:2022	–. 4. rész: Fémes és műgyantás kiöntés) *(angol nyelvű)*
MSZ EN 13 411-5:2003+A1:2009	–. 5. rész: U alakú szorítókengyel sodronykötélhez
MSZ EN 13 411-6:2004+A1:2009	–. 6. rész: Aszimmetrikus, ékes kötélvégbefogó kengyel
MSZ EN 13 411-7:2021	–. 7. rész: Szimmetrikus, ékes kötélvégbefogó kengyel *(angol nyelvű)*
MSZ EN 13 411-8:2012	–. 8. rész: Sajtolt kapcsolatok és sajtolás *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 14 713-2:2020	Horganybevonatok. Irányelvek és ajánlások vas- és acélszerkezetek korrózió elleni védelméhez. 2. rész: Tűzihorganyzás) *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 16 834:2012	Hegesztőanyagok. Huzalelektródák, hegesztőhuzalok, hegesztőpálcák és hegesztési ömledék nagy szilárdságú acélok védőgázos ívhegesztéséhez. Osztályba sorolás *(MSZ EN 12 534:2000 Hegesztőanyagok. Huzalelektródák, hegesztőhuzalok, hegesztőpálcák és hegesztési ömledék nagy szilárdságú acélok védőgázas ívhegesztéséhez. Osztályba sorolás helyett)*

MSZ EN ISO 17 659:2004	Hegesztés. Hegesztett kötések többnyelvű fogalommeghatározásai ábrákkal *(angol nyelvű)*
MSZ EN ISO 18 276:2017	Hegesztőanyagok. Porbeles elektródák nagy szilárdságú acélok védőgázos és védőgáz nélküli ívhegesztéséhez. Osztályba sorolás) (*MSZ EN 12 535:2000 Hegesztőanyagok. Porbeles elektródák nagy szilárdságú acélok védőgázas ívhegesztéséhez. Osztályba sorolás helyett)*
e-UT 07.01.11:202x	Közúti hidak tervezése (KHT 1.). A létesítés szabályai
e-UT 07.01.12:202x	Közúti hidak tervezése (KHT 2.). Erőtani számítás
e-UT 07.02.12:2022	Acélhidak gyártása és szerelése
e-UT 07.03.11:2018/M1:2020	Közúti hidak sarui és dilatációs szerkezetei (Az 1. sz. módosítással egységes szerkezetbe foglalva)
e-UT 07.04.11:2021/M1:2023	Acélszerkezetek korrózióvédelme (Az 1. sz. módosítással egységes szerkezetbe foglalva)

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Klöppel, K., Scheer, J. (1960): Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten. Band 1, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin

[2] Klöppel, K., Möller, J. (1968): Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten. Band 2, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin

[3] Halász O., Iványi M. (2001): Stabilitáselmélet. Budapest, Akadémiai Kiadó

[4] Halász O., Platthy P. (1987): Acélszerkezetek. Budapest, Tankönyvkiadó

[5] Petersen, Ch. (1982): Statik und Stabilität der Baukonstruktionen. Braunschweig, Vieweg Verlag

Jogszabályi