

TARTALOMJEGYZÉK

1. ÁLTALÁNOS TUDNIVALÓK	1
1.1 Tervezési alapelvek	1
1.2 A Segédletben használt fontosabb jelölések	5
1.3 A görög ABC	7
1.4 A prefixumok	7
1.5 A mértékegységek és a mértékegységek átváltásai	8
1.6 A kótázás szabályai	8
2. FA TARTÓSZERKEZETEK ANYAGAI.....	9
2.1 A faanyag jellemzőinek tervezési értéke	9
2.1.1 Felhasználási osztályok.....	9
2.1.2 A teheridőtartamok osztályai	9
2.1.3 A k_{mod} módosító tényező	10
2.1.4 A faszerkezetek biztonsági tényezői	10
2.2 A szilárdsági osztályok és a karakterisztikus értékek.....	10
2.2.1 A természetes (szerkezeti) faanyagok.....	11
2.2.2 Rétegelt-ragasztott faanyagok.....	12
2.2.3 Kerto LVL termékek mechanikai tulajdonságai	13
2.3 A szilárdság karakterisztikus értékét módosító hatások.....	14
2.3.1 Rostírányra merőleges kis felületű nyomás („pecsétnyomás”).....	14
2.3.2 Rostírányral α szöget bezáró nyomás	17
2.3.3 Mérethatás.....	19
3. KAPCSOLATOK.....	20
3.1. Csap típusú kapcsolóelemek.....	20
3.1.1. Csap típusú kapcsolóelemek ellenőrzése - általános előírások.....	20
3.1.2. Csap típusú kapcsolóelemek méretezésének egyszerűsített módszere, diagramok és táblázatok.....	24
3.1.3. Szegezett és tűzőkapcsos kapcsolatok.....	32
3.1.4. Csavarozott, acélhengeres és facsavaros kapcsolatok.....	38
3.1.5. Csap típusú kapcsolóelemek szerkesztési szabályainak összefoglaló táblázata.....	44
3.2. Gyűrűk és tárcsák.....	46
3.2.1. Gyűrűk és beeresztéssel elhelyezendő tárcsák méretezése.....	46
3.2.2. Fogas tárcsák méretezése.....	50
3.2.3. Gyűrűk és tárcsák szerkesztési szabályainak összefoglaló táblázata.....	55

4. KÖZPONTOSAN HÚZOTT ÉS KÖZPONTOSAN NYOMOTT RUDAK	56
4.1 Húzás rostirányban	56
4.2 Nyomás rostirányban	56
4.2.1 Nyomott rudak stabilitásvesztésének (kihajlásának) vizsgálata	56
4.2.2 Nyomott rudak stabilitásvesztésének (kihajlásának) egyszerűsített vizsgálata	57
4.2.3 Az l_{ef} kihajlási hossz meghatározása	60
4.2.4 A téglalap keresztmetszetű, kétszer szimmetrikus kialakítású, kétszelvényű rudak keresztmetszeti jellemzőinek meghatározásához használt α_i , α_w és α_F segédmenyiségek	61
4.2.5 Az osztott keresztmetszetű rudak számítása	62
4.2.6 A V_d fiktív nyíróerő meghatározása	62
5. HAJLÍTOTT TARTÓK	64
5.1 Egyenes hajlítás	64
5.2 A k_{crit} tényező értékei hajlított és központosan nyomott rudak kifordulásvizsgálatához	66
5.3 Ferde hajlítás	67
5.4 Nyírás	68
5.5 Csavarás	69
6. KÜLPONTOS IGÉNYBEVÉTELEK	70
6.1 Külpontos húzás	70
6.2 Külpontos nyomás	70
6.2.1 Az egyirányban külpontos nyomás egyszerűsített képletei és a teherbírési tartományok ábrái	71
6.2.2 A kétirányban külpontos nyomás képletei és a térbeli teherbírési tartományok axonometrikus ábrái	73
7. HASZNÁLHATÓSÁGI HATÁRÁLLAPOTOK	74
7.1 Alakváltozások	74
7.1.1 Általános követelmények	74
7.1.2 A kapcsolatok csúszása	75
7.1.3 A szerkezeti (természetes) faanyagok, a rétegelt-ragasztott tartók és az LVL-termékek kúszási alakváltozásainak meghatározásához használt tényezők és együtthatók	78
7.1.4 Gerendák lehajlásának határértékei	79
7.2 Lengések	79
7.2.1 Lakóépületek közbelső födemeinek lengései	79



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Építészmérnöki Kar
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

FA TARTÓSZERKEZETEK SEGÉDLET

Méretezés az Eurocode alapján

Jelen segédletben összefoglaltuk azokat a legfontosabb szabványi előírásokat, melyeket az egységes európai szabványrendszer (az „Eurocode”) az építészeti fa tartószerkezetek tervezői számára előír. A segédletben felhasznált fontosabb szabványok és katalógusok:

- **Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások** MSZ EN 1991-1-1:2004
1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei
- **Eurocode 5: Faszerkezetek tervezése** MSZ EN 1995-1-1:2005
1-1. rész: Általános szabályok. Közös és az épületekre vonatkozó szabályok
(angol nyelvű szabvány)
- **Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok** MSZ EN 338:2003
- **Faszerkezetek. Rétegelt-ragasztott fa. A szilárdsági osztályok és jellemző értékek meghatározása** MSZ EN 1194:2000
- **Timber fasteners – Specifications for connectors for timber** EN 912:1999/AC:2000
(angol nyelvű szabvány)
- **Timber structures – Connectors – Requirements** prEN 14545:2002 E
(angol nyelvű szabvány)
- **Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau** DIN 1052 2004. August
(német szabvány)
- **Kerto - A wood product for advanced structural engineering** Finnforest 1/2006

A segédletben nemcsak egységes szerkezetbe foglaltuk az adott tervezési feladatra vonatkozó, különböző szabványokban található tudnivalókat, hanem a gyakorlati munka megkönnyítésére értelmeztük és tovább is gondoltuk a szabványok előírásait. Az érthetőség érdekében, valamint a számítási munka egyszerűsítésére a szabványokban található képleteket táblázatokban és grafikonokban is feldolgoztuk.

A szerzők

1. ÁLTALÁNOS TUDNIVALÓK

1.1 Tervezési alapelvek

Alapkövetelmények

A tartószerkezetet úgy kell méretezni, hogy:

- elfogadható valószínűséggel alkalmas maradjon a rendeltetésszerű használatra, figyelembe véve a tervezett élettartamot és költséget,
- megfelelő megbízhatósággal ellenálljon minden erőnek és egyéb hatásnak, amely az építés és a használat során érheti, és
- a fenntartási költségekhez viszonyítva megfelelően tartós legyen.

A tartószerkezeteket továbbá úgy kell megtervezni, hogy robbanás, ütközés vagy kisebb emberi tévedések következtében ne károsodjanak a kiváltó okkal aránytalan mértékben.

Az előző követelmények teljesítése érdekében az adott építési feladathoz megfelelő anyagokat, tervezési és méretezési módszert, és a gyártáshoz, megvalósításhoz és használatához alkalmas ellenőrzési módokat kell választani.

Határállapotok

A határállapotok olyan állapotok, amelyeken túl a tartószerkezet már nem képes teljesíteni a tervezési követelményeket.

A határállapotok csoportjai:

- teherbírési határállapotok**
- használhatósági határállapotok**

A **teherbírési határállapotok** azok az állapotok, amelyek vagy a tartószerkezet összeomlásával, vagy más, az emberek biztonságát veszélyeztető tartószerkezeti károsodással járnak. Azokat a tartószerkezeti tönkremenetelt megelőző állapotokat, amelyekkel az egyszerűség kedvéért magát az összeomlást helyettesítjük, szintén tönkremeneteli állapotnak tekintjük, és teherbírési határállapotként kezeljük.

A vizsgálatot igénylő **teherbírési határállapotok** a következők:

- a merev testnek tekintett tartószerkezet vagy bármely része elveszíti egyensúlyát,
- a tartószerkezet vagy bármely része, beleértve a támaszokat és az alapozást is, túlzott alakváltozással, töréssel, stabilitásvesztéssel károsodik.

A **használhatósági határállapotok** azok a határállapotok, amelyeken túl az előírt használhatósági követelmények már nem teljesülnek.

A vizsgálatot igénylő **használhatósági határállapotok** a következők:

- olyan alakváltozások és elmozdulások, amelyek károsan befolyásolják a tartószerkezet külső megjelenését vagy használhatóságát (beleértve a gépek és az épületgépészeti berendezések üzemzavarait is), illetve károsodást okoznak a burkolatokban vagy a nem tartószerkezeti elemekben,
- olyan lengések, amelyek az ember számára kellemetlenek, károsítják az épületet vagy annak berendezéseit, illetve korlátozzák a rendeltetésszerű használatot

Tervezési állapotok

A tervezési állapotok osztályozása:

- **tartós állapotok**, amelyek a szerkezet rendeltetésének megfelelő használati körülményekkel függnek össze
- **ideiglenes állapotok**, mint például a megvalósítás, javítás, átalakítás
- **rendkívüli állapotok**, mint például ütközés, robbantás, rendkívüli hőteher stb.
- **földrengés**.

Hatások

A hatás (F) lehet:

- **a tartószerkezetre ható erő (teher)** [közvetlen hatás], vagy
- **terhelő alakváltozás** [közvetett hatás, kinematikai teher], amelyet például hőmérsékleti hatás vagy támaszsüllyedés okoz.

A hatások csoportosítása:

- **időbeli változásuk szerint:**
 - **állandó hatások (G)**, például a tartószerkezetek, a szerelvények, a segéd szerkezetek és a beépített berendezések önsúlya
 - **esetleges hatások (Q)**, például a hasznos terhek, meteorológiai terhek:
 - **tartós hatások**, például tetőfödém forgalmi terhe,
 - **rövid időtartalmú hatások**, például szél- vagy hőteher,
 - **pillanatnyi hatások**, például ütközés (korlátnak)
 - **rendkívüli hatások (A)**, például robbanás vagy járművek ütközése.
- **térbeli változásuk szerint:**
 - **rögzített hatások**, például az önsúly (kivéve azok a szerkezetek, amelyek áthelyezhetők (pl. válaszfal) az önsúly változására kifejezetten érzékenyek),
 - **nem rögzített hatások**, amelyek különböző elrendezésben jelentkeznek, például mozgó esetleges terhek, szélteher vagy hőteher.

A hatások karakterisztikus értékei (F_k)

- **Az F_k karakterisztikus értéket előírja:**
 - **az Eurocode 1 vagy más vonatkozó teherszabvány**, vagy
 - **a megrendelő vagy a megrendelővel való egyeztetés után a tervező**, biztosítva azt, hogy az érvényes szabályok vagy az illetékes hatóságok által előírt követelmények teljesüljenek.

Állandó hatások esetén, ha a változások variációs tényezője nagy, vagy ha a hatások a szerkezet élettartama alatt feltehetően megváltoznak (például nagy utólagos állandó terhek esetén) két karakterisztikus értéket különböztetünk meg: egy felsőt ($G_{k,sup}$) és egy alsót ($G_{k,inf}$). Más esetekben egyetlen karakterisztikus érték (G_k) elegendő. A szerkezet önsúlya a legtöbb esetben a névleges méretekből és az átlagos testsűrűségéből számítható.

Esetleges hatások Q_k karakterisztikus értéke vagy a felső érték, amelyeket a hatás adott valószínűséggel nem halad meg, vagy az alsó érték, amelyeket a hatás adott valószínűséggel nem érhet el adott referencia-időtartam alatt, figyelembe véve a szerkezet tervezett élettartamát vagy a tervezési állapot feltételezett időtartamát, vagy pedig az előírt érték.

A rendkívüli hatások A_k karakterisztikus értéke (ha ez az érték a mértékadó) általában egy előírt érték.

Az esetleges hatások reprezentatív értéke:

- A legfontosabb reprezentatív érték a Q_k karakterisztikus érték.
- Más reprezentatív értékek a Q_k karakterisztikus érték ψ_i együtthatóval való szorzása útján kaphatók. Ezek az értékek a következők:
 - kombinációs érték: $\psi_0 \cdot Q_k$
 - gyakori érték: $\psi_1 \cdot Q_k$
 - kváziállandó érték: $\psi_2 \cdot Q_k$
- A ψ_i együtthatók értékeit előírja:
 - az Eurocode 1 vagy más vonatkozó szabvány, vagy
 - a megrendelő vagy a megrendelővel való egyeztetés után a tervező, biztosítva azt, hogy az érvényes szabályok vagy az illetékes hatóságok által előírt követelmények teljesüljenek.

A hatások tervezési értéke

Valamely hatás F_d tervezési értéke a következő általános képlettel fejezhető ki:

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k$$

Jellemző példák:

$$G_d = \gamma_G \cdot G_k$$

$$Q_d = \gamma_Q \cdot Q_k, \text{ vagy } \gamma_Q \cdot \psi_i \cdot Q_k$$

$$A_d = \gamma_A \cdot A_k \text{ (ha } A_d \text{ közvetlenül nincsen előírva)}$$

ahol γ_F , γ_G , γ_Q és γ_A a vizsgált hatások parciális biztonsági tényezői, amelyek figyelembe veszik például a hatások kedvezőtlen eltérésének és pontatlan modellezésének lehetőségét, valamint a hatások és a figyelembe vett határállapot becslésének bizonytalanságait is.

Az állandó hatások felső és alsó tervezési értékei a következők:

$$G_{d,\text{sup}} = \gamma_{G,\text{sup}} \cdot G_{k,\text{sup}} \quad \text{vagy} \quad \gamma_{G,\text{sup}} \cdot G_k$$

$$G_{d,\text{inf}} = \gamma_{G,\text{inf}} \cdot G_{k,\text{inf}} \quad \text{vagy} \quad \gamma_{G,\text{inf}} \cdot G_k$$

Az igénybevételek tervezési értéke

Az igénybevételek (E) a szerkezet válasza a hatásokra (például belső erők és nyomatékok, feszültségek, alakváltozások). Az igénybevételek (E_d) tervezési értékei a hatások, a geometriai adatok és az anyagjellemzők tervezési értékeiből határozhatók meg:

$$E_d = E(F_d, a_d, \dots, X_d)$$

Az anyagjellemzők tervezési értéke

Karakterisztikus értékek

Az anyagjellemzők egy X_k karakterisztikus értékkel vehetők figyelembe, amely általában az adott anyagjellemző feltételezett statisztikai eloszlás szerinti kvantilise. Ezeket a kvantiliseket a vonatkozó szabványok írják elő, és az anyagjellemzőket előírt feltételek mellett végrehajtott kísérleti vizsgálatokkal ellenőrzik. Bizonyos esetekben a karakterisztikus érték egy névleges érték.

Egy anyagjellemző X_d tervezési értéke a következő:

$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M}$$

ahol: γ_M az anyagjellemző parciális biztonsági tényezője
 k_{mod} az anyag fajtájától függő módosító tényező, amellyel a hatás időtartamát és a fa nedvességtartamát vesszük figyelembe

A szerkezeti ellenállás tervezési értéke

A szerkezeti ellenállás R_d tervezési értékét az anyagjellemzők, a geometriai adatok és:
– ahol lényeges – az igénybevételek tervezési értékei alapján kell meghatározni:
 $R_d = R(X_d, a_d, \dots, F_d)$

Az R_k karakterisztikus értékek meghatározhatók kísérletekből.

Megfelel, ha $E_d \leq R_d$.

A merevségi tulajdonságok tervezési értékei:

$$E_d = \frac{E_{\text{mean}}}{\gamma_M}; \quad G_d = \frac{G_{\text{mean}}}{\gamma_M}$$

ahol: E_{mean} a rugalmassági modulus középértéke;
 G_{mean} a nyírési rugalmassági modulus középértéke.

A geometriai adatok tervezési értéke:

A keresztmetszetek és a szerkezetek geometriai adatait a termékszabványok, vagy a kiviteli tervek névleges értékeivel lehet figyelembe venni.

A tervezettől való geometriai eltéréseket (imperfekciónkat) a szabványok a következő hatásokból veszik figyelembe:

- az elemek geometriai imperfekción,
- a gyártás és a kivitelezés során keletkező szerkezeti imperfekción,
- az anyag inhomogenitásából származó hibák (pl. göcsök).

1.2 A Segédletben használt fontosabb jelölések

Az alábbi összeállítás részben fontossági, részben előfordulási sorrendben adja meg az alkalmazott fontosabb jelöléseket – a teljességre való törekvés nélkül. (Zárójelben – ha van – az idegen nyelvi magyarázat, illetve – ha lényeges – a korábban használt jelölés és elnevezés.)

f	- szilárdság (német Festigkeit)
f_{..k}	- a szilárdság karakterisztikus értéke (k – karakterisztikus)
f_{..d}	- a szilárdság tervezési értéke (d – angol <i>design</i>) – nagyjából megfelel a korábbi szóhasználat szerinti σ_H „határfeszültség”-nek
f_{m..}	- hajlítószilárdság (m – latin, angol, <i>moment</i> = „nyomaték”)
f_{t..}	- húzószilárdság (t – latin <i>tensio</i> , angol <i>tension</i>)
f_{t,0}	- húzószilárdság rosttal párhuzamosan ($\alpha=0^\circ$)
f_{t,90}	- húzószilárdság rostra merőlegesen ($\alpha=90^\circ$)
f_{c..}	- nyomószilárdság (c- latin <i>compressio</i> , angol, <i>compression</i>)
f_{v.}	- nyírószilárdság
f_{h..}	- beágyazási szilárdság (nagyjából megfelel a korábbi σ_{PH} „palástnyomási határfeszültség”-nek)
f_{hα}	- beágyazási szilárdság rostiránnyal α szöget bezáró erő esetén
E	- rugalmassági modulus (E – angol, <i>elastic</i>)
E_{0..}	- rugalmassági modulus rosttal párhuzamosan ($\alpha=0^\circ$)
E_{90..}	- rugalmassági modulus rostra merőlegesen ($\alpha=90^\circ$)
E_{mean}	- a rugalmassági modulus középértéke (angol „középérték”= mean value, általában X_{..mean} az indexelt X mennyiség középértéke)
E_{..05}	- a rugalmassági modulus 5%-os kvantilise (általában X_{..05} az indexelt X mennyiség 5%-os kvantilise)
G	- nyírási rugalmassági modulus;
G	- állandó hatás (angol <i>gravity</i> = „gravitációs erő, önsúly”-ből általánosítva)
Q	- esetleges hatás
k	- együttható, tényező (mindig alsó indexszel együtt fordul elő)
k_{mod}	- a felhasználási osztálytól és a teher működési idejétől függő módosító tényező
k_h	- keresztmetszeti mérettől függő módosító tényező
k_{c,90}	- kis felületű helyi nyomás („pecsétnyomás”) módosító tényezője
k_c	- = $k_c(\lambda_{rel})$ - a kihajlás veszélyének figyelembevételére szolgáló tényező („c” itt is a nyomásra, mint igénybevételre utal – k_c funkciója azonos a korábbi $\varphi=\varphi(\lambda)$ és a jelenlegi EUROCODE3-ban és az Acél segédletben alkalmazott $\chi=\chi(\lambda_{rel})$ funkciójával)
k_{krit}	- = $k_{crit}(\lambda_{rel,m})$ - a kifordulás veszélyének figyelembe vételére szolgáló tényező
k_{α}	- a feszültség iránya és rostirány közti szögtől függő módosító tényező
k_p	- a $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ referencia-testsűrűséghez viszonyított testsűrűség-aránytól függő módosító tényező

γ	- parciális biztonsági tényező
γ_G, γ_Q	- az állandó (G) ill. az esetleges (Q) terhek biztonsági tényezői
γ_M	- az anyagra (M - <i>material</i>) vonatkozó biztonsági tényező
ρ	- testsűrűség
ρ_k	- a testsűrűség karakterisztikus értéke (valójában $\rho_{k,inf}$ vagyis az alsó 5%-os kvantilis, a teherbírás meghatározásához; hatásként vagy a középérték, vagy a $\rho_{k,sup}$ felső 5%-os kvantilis szükséges)
ρ_{mean}	- a testsűrűség középértéke
β, μ, τ	- számítási segédmenntényiségek csap típusú kapcsolóelemek teherbírásának vizsgálatánál (β eredeti EUROCODE-jelölés, μ és τ egyszerűsítés céljából a szerkesztők által bevezetve)
β_c	- az egyenességi követelmény tényezője nyomott ill. külp. nyomott rudak vizsgálatánál (eredeti EUROCODE-jelölés)
α	- az erőirány és rostirány bezárt szöge
$\alpha_i, \alpha_w, \alpha_F$	- szimmetrikus kétszelvényű rudak keresztmetszeti jellemzőinek meghatározásához használt segédmenntényiségek (egyszerűsítés céljából a szerkesztők által bevezetve)
$\gamma, \delta, \text{stb.}$	- egyéb szögek (geometriai értelemben)
λ	- karcsúság (nyomott ill. külp. nyomott rudaknál)
λ_E	- Euler-karcsúság
λ_{rel}	- relatív karcsúság
λ_m	- kifordulási karcsúság (gerendáknál)
$\lambda_{E,m}$	- kifordulási Euler-karcsúság
$\lambda_{rel,m}$	- kifordulási relatív karcsúság
ν	- kihajlási tényező a kihajlási hossz meghatározásához

1.3 A görög ABC

<i>A</i>	α	alfa	<i>I</i>	ι	iota	<i>P</i>	ρ	rhó
<i>B</i>	β	béta	<i>K</i>	κ	kappa	Σ	σ	szigma
Γ	γ	gamma	Λ	λ	lambda	<i>T</i>	τ	tau
Δ	δ	delta	<i>M</i>	μ	mű	<i>Y</i>	υ	üpszilon
<i>E</i>	ϵ	epszilon	<i>N</i>	ν	nű	Φ	ϕ	fi
<i>Z</i>	ζ	zéta	Ξ	ξ	kszi	<i>X</i>	χ	chí
<i>H</i>	η	éta	<i>O</i>	\omicron	omikron	Ψ	ψ	pszí
Θ	θ	théta	Π	π	pí	Ω	ω	omega

1.4 A prefixumok

Az SI-egységek a gyakorlatban igen sokszor túlságosan kicsinyek vagy nagyok. Ezért az egységeket 10-nek meghatározott pozitív vagy negatív egész kitevőjű hatványaival (a decimális szorzókkal) szorozzuk. A mértékegységek többszöröseit és törtrészeit az egység neve elé illesztett, egy-egy szorzót jelentő, SI-prefixumok egyikével kell képezni. Az egység neve elé (kötőjel nélkül, egybeírva) illesztett prefixum az illető egység meghatározott többszörösének a nevét adja meg. A mértékegység jele elé illesztett prefixumjel pedig a szóban forgó mértékegység adott többszörösének a jelét adja.

Prefixum:	Jele:	Szorzó, amellyel a mértékegységet meg kell szorozni:
exa	E	1 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}
peta	P	1 000 000 000 000 000 = 10^{15}
tera	T	1 000 000 000 000 = 10^{12}
giga	G	1 000 000 000 = 10^9
mega	M	1 000 000 = 10^6
kilo	k	1 000 = 10^3
hekto	h	100 = 10^2
deka	da	10 = 10^1
deci	d	0,1 = 10^{-1}
centi	c	0,01 = 10^{-2}
milli	m	0,001 = 10^{-3}
mikro	μ	0,000 001 = 10^{-6}
nano	n	0,000 000 001 = 10^{-9}
piko	p	0,000 000 000 001 = 10^{-12}
femto	f	0,000 000 000 000 001 = 10^{-15}
atto	a	0,000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}

1.5 A mértékegységek és a mértékegységek átváltásai

A szilárdságtani számítások alkalmával használt legfontosabb fizikai és geometriai fogalmak mértékegységei (zárójelben – segítségül az angolszász szakirodalom tanulmányozásához – az angolszász mértékegységek és azok átváltásai SI egységekre):

Testsűrűség: kg/m^3

(1 lb/ft³ (pound per cubic foot = „font per köbláb”) = 16 kg/m³)

Hosszméret: $1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$

(1 ft (foot = „láb”) = 0,3048 m = 304,8 mm)

(1 in (inch = „hüvelyk”) = 25,4 mm)

(1 yd (yard) = 0,9144 m)

Javasolt – de nem kötelező – a számítások során is a **cm helyett mm-t használni**. Végeredményként nem adható meg cm, minden esetben át kell váltani **m-re** vagy **mm-re!**

Erő: $1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N}$

(1 kgf (kilogram-force) = 9,807 N)

(1 lbf (poundforce) = 9,807 × 0,4536 = 4,448 N)

Nyomaték: $1 \text{ kNm} = 10^2 \text{ kNcm} = 10^3 \text{ kNmm} = 10^6 \text{ Nmm}$

Feszültség és szilárdság: $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ N/m}^2 = 0,1 \text{ kN/cm}^2$

(1 psi = 1 lbf/inch² (poundforce per square inch = „fonterő per négyzethüvelyk”) = 689,5 Pa = 0,0006895 MPa = 0,0006895 N/mm²)

1.6 A kótázás szabályai

Az SI mértékrendszer szabályai szerint a műszaki rajzokon a hossz mértékegységeket minden esetben **mm-ben** kell feltüntetni. Az építészetben – a szigorú szabályok alól felmentést kapva – praktikus okokból ettől eltérő kótázási rend alakult ki:

A statikai modellen, az épületek és szerkezetek alaprajzain és nézetrajzain a hossz méreteket általában **m**-ben szokás megadni. A beírt keresztmetszeti méreteket itt is **mm**-ben kell feltüntetni. A rudak keresztmetszetein és a csomópontokon a méreteket **mm**-ben kell megadni!

(A korábbi terveken és a szakirodalom jelentős részében a csomópontok rajzainál és a keresztmetszeti méretek jelöléseinél a cm volt használatban. Az ácsszerkezetekre jellemző sajátosságaként a törtrészt sokszor nem a tizedesvessző után, hanem felső indexként tüntették fel (pl. 2,5 cm: 2,5 helyett 2⁵ alakban).

2. FA TARTÓSZERKEZETEK ANYAGAI

2.1 A faanyag jellemzőinek tervezési értéke

2.1.1 Felhasználási osztályok

A fa tartószerkezeteket a következő felhasználási osztályokba kell besorolni:

1. Felhasználási osztály: Jellemzője a faanyag azon nedvességtartalma, amely 20°C-on akkor alakul ki, ha a környező levegő relatív páratartalma évenként csak néhány hétig haladja meg a 65%-os értéket. (Ekkor a fenyők átlagos egyensúlyi nedvességtartalma nem haladja meg az $\omega=12\%$ -ot.)

2. Felhasználási osztály: Jellemzője a faanyag azon nedvességtartalma, amely 20°C-on akkor alakul ki, ha a környező levegő relatív páratartalma évenként csak néhány hétig haladja meg a 85%-os értéket. (Ekkor a fenyők átlagos egyensúlyi nedvességtartalma nem haladja meg az $\omega=20\%$ -ot.)

3. Felhasználási osztály: A környezeti hatások nagyobb nedvességtartalmat eredményeznek, mint a 2. felhasználási osztály esetén. (Ekkor a fenyők átlagos egyensúlyi nedvességtartalma nagyobb, mint $\omega=20\%$.) Csak kivételes esetekben soroljuk a fedett tartószerkezeteket a 3. osztályba.

2.1.2 A teheridőtartamok osztályai

A szilárdsági és alakváltozási számításokhoz a következő táblázat szerinti teheridőtartamokat kell alkalmazni. A teheridőtartamok osztályait olyan állandó terhek jellemzik, amelyek a tartószerkezet élettartamán belül meghatározott és az anyag reológiai tulajdonságainak becsült kölcsönhatásai alapján kell meghatározni.

A teheridőtartam osztálya	A karakterisztikus hatás időtartamának összegzett nagyságrendje	Példa a terhelésre
Állandó	10 évnél hosszabb idő	Önsúly
Hosszú időtartamú	6 hónap – 10 év	Raktárak hasznos terhei
Közepes időtartamú	1 hét – 6 hónap	Egyéb hasznos terhek
Rövid időtartamú	1 hétnél rövidebb	Hó- és szélteher
Pillanatnyi		Hó- és szélteher, földrengés, rendkívüli hatások

2.1.3 A k_{mod} módosító tényező

A teher időtartamát és a faanyag nedvességtartalmát figyelembe vevő k_{mod} tényező értékei:

Faanyag		Felhasználási osztály	A teheridőtartam osztályai				
			állandó	hosszú időtartamú	közepes időtartamú	rövid időtartamú	pillanatnyi
Természetes faanyag, rétegelt-ragasztott fa, LVL termékek, és rétegelt lemezek		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB lapok	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,45	0,50	0,70	0,90

Ha a teherkombinációt olyan hatások eredményezik, amelyek a teheridőtartamok különböző osztályaihoz tartoznak, akkor a hatás k_{mod} módosító tényezőjét a legrövidebb időtartam alapján kell kiválasztani. Például állandó és rövid időtartamú terhek kombinációjához tartozó k_{mod} tényezőt a rövid időtartamú teher alapján kell alkalmazni.

Ha egy kapcsolatot két különböző k_{mod} tényezőjű elem alkot, akkor a kapcsolat méretezése során figyelembe veendő k_{mod} tényező:

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} \cdot k_{mod,2}}$$

2.1.4 A faszerkezetek biztonsági tényezői

Az anyagjellemzők és ellenállások γ_M parciális biztonsági tényezői

Alapkombinációk esetén:	
Szerkezeti (természetes) fa:	1,30
Rétegelt-ragasztott fa:	1,25
LVL termékek, rétegelt lemezek:	1,20
OSB lapok:	1,20
Faforgácslemezek:	1,30
Farostlemezek, MDF lapok:	1,30
Kapcsolatok:	1,30
Szeglemezek:	1,25
Rendkívüli kombinációk esetén:	1,00

2.2 A szilárdsági osztályok és a karakterisztikus értékek

A szilárdság és a sűrűség karakterisztikus (jellemző) értéke az az érték, amelyet egy végtelen elemszámúnak feltételezett kísérletsorozatban kedvezőtlen értelemben nem lépünk túl. Ez az érték faanyagok esetében általában az adott tulajdonság, mint valószínűségi változó alsó 5%-os előfordulási valószínűségéhez tartozó kvantilise.

A merevségi tulajdonságok esetében a karakterisztikus érték lehet az alsó 5%-os előfordulási valószínűséghez tartozó kvantilis (teherbírás számításánál), vagy a várható érték (alakváltozások számításánál).

2.2.1 A szerkezeti (természetes) faanyagok szilárdsági osztályai

A táblázat szerinti jellemzők a 20°C hőmérsékletnek és 65% relatív légnedvességnek megfelelő nedvességtartalmú fára vonatkoznak. (Ekkor a faanyag nettó nedvességtartalma: kb. $w = 12\%$.)

	Fenyő és nyár fafajok														Lombos fafajok						
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70			
	Szilárdsági tulajdonságok [N/mm²]																				
Hajlítás	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70		
Rostirányú húzás	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42		
Rostirányra merőleges húzás	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
Rostirányú nyomás	$f_{c,0,k}$	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	2,3	2,5	2,6	2,9	3,2	3,4		
Rostirányra merőleges nyomás	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	11	14		
Nyírás	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0		
Merevségi tulajdonságok [kN/mm²]																					
A rostirányú rugalmassági modulus középértéke	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	12	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20		
A rostirányú rugalmassági modulus 5%-os kvantilis	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10	11	8,0	8,7	9,4	12	14	17		
A rostirányra merőleges rugalmassági modulus középértéke	$E_{90,mean}$	0,2	0,3	0,30	0,32	0,3	0,4	0,38	0,40	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3		
A nyírás rugalmassági modulus középértéke	G_{mean}	0,4	0,50	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25		
Sűrűség [kg/m³]																					
A sűrűség	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900		
A sűrűség középértéke	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080		
Stabilitási anyagjellemzők [-]																					
Kihajlásvizsgálatnál a k_c tényező számításához	λ_{Euler}	53	55	57	59	60	59	60	63	67	70										
Kifordulásvizsgálatnál a k_{crit} tényező számításához*	$\lambda_{m,Euler}$	16,2	16,2	16,1	15,8	15,5	15,5	14,9	14,4	13,9	13,5	13,2	12,9	14,3	14,1	13,6	13,6	13,6	13,7		

*Lombos fafajok esetén az értékek csak közelítő számítás esetén alkalmazhatóak

2.2.2 A rétegelt – ragasztott fa szilárdsági osztályai

A táblázat szerinti jellemzők a 20°C hőmérsékletnek és 65% relatív légnedvességnek megfelelő nedvességtartalmú fára vonatkoznak. (Ekkor a faanyag nettó nedvességtartalma kb. $\omega = 12\%$.)

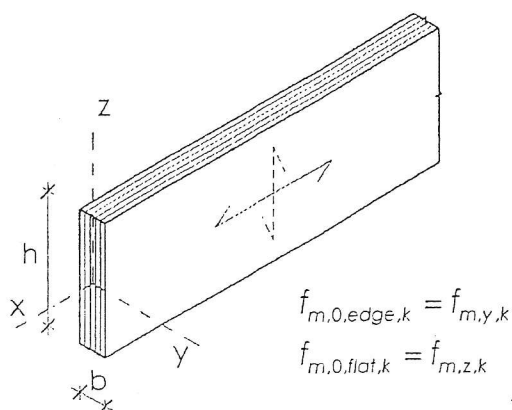
	Homogén rétegelt-ragasztott fa				Kombinált rétegelt-ragasztott fa				
	GI24h	GI28h	GI32h	GI36h	GI24c	GI28c	GI32c	GI36c	
Szilárdsági tulajdonságok [N/mm²]									
Hajlítás	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36	24	28	32	36
Rostirányú húzás	$f_{t0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26	14	16,5	19,5	22,5
Rostirányra merőleges húzás	$f_{t90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6	0,35	0,4	0,45	0,5
Rostirányú nyomás	$f_{c0,g,k}$	24	26,5	29	31	21	24	26,5	29
Rostirányra merőleges nyomás	$f_{c90,g,k}$	2,7	3	3,3	3,6	2,4	2,7	3	3,3
Nyírás	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3	2,2	2,7	3,2	3,8
Merevségi tulajdonságok [kN/mm²]									
A rostirányú rugalmassági modulus középértéke	$E_{0,g,mean}$	11,6	12,6	13,7	14,7	11,6	12,6	13,7	14,7
A rostirányú rugalmassági modulus 5%-os kvantilise	$E_{0,g,05}$	9,4	10,2	11,1	11,9	9,4	10,2	11,1	11,9
A rostirányra merőleges rugalmassági modulus középértéke	$E_{90,g,mean}$	0,39	0,42	0,46	0,49	0,32	0,39	0,42	0,46
A nyírás rugalmassági modulus középértéke	$G_{g,mean}$	0,72	0,78	0,85	0,91	0,59	0,72	0,78	0,85
Sűrűség [kg/m³]									
A sűrűség alsó 5%-os kvantilise	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450	350	380	410	430
Stabilitási anyagjellemzők [-]									
Kihajlásvizsgálatnál a k_c tényező számításához	λ_E	62,2	61,6	61,5	61,6	66,5	64,8	64,3	63,6
Kifordulásvizsgálatnál a k_{crit} tényező számításához	$\lambda_{E,m}$	17,5	17,1	16,7	16,3	16,9	16,8	16,4	16
Példák a lamellák szilárdsági osztályaira									
		C24	C30	C40		C24	C30	C40	
						C18	C24	C30	

2.2.3 Kerto LVL termékek mechanikai tulajdonságai

Tulajdonságok	Jelölés	Kerto-S	Kerto-Q	Kerto-T
		vastagság: 27 - 90 mm	vastagság: 27 - 69 mm	
KARAKTERISZTIKUS ÉRTÉKEK				
Szilárdsági tulajdonságok [N/mm²]				
Hajlítószilárdság				
Hajlítás a furnérok síkjában	$f_{m,0,edge,k}$	44,0	32,0	27,0
Mérethatás tényező	s	0,12	0,12	0,15
Hajlítás a furnérok síkjára merőlegesen	$f_{m,0,flat,k}$	50,0	36,0	32,0
Húzószilárdság				
Rostirányban	$f_{t,0,k}$	35,0	26,0	24,0
Rostirányra merőlegesen	$f_{t,90,edge,k}$	0,8	6,0	0,5
Nyomószilárdság				
Rostirányban	$f_{c,0,k}$	35,0	26,0	24,0
A rostirányra merőlegesen, a furnérok síkjában	$f_{c,90,edge,k}$	6,0	9,0	4,0
A rostirányra és a furnérok síkjára merőlegesen	$f_{c,90,flat,k}$	1,8	1,8	1,0
Nyírőszilárdság				
A nyíróerő párhuzamos a furnérok síkjával	$f_{v,90,edge,k}$	4,1	4,5	2,4
A nyíróerő merőleges a furnérok síkjára	$f_{v,90,flat,k}$	2,3	1,3	1,3
Merevségi tulajdonságok [N/mm²]				
Rugalmassági modulus				
Rostirányban	$E_{0,k}$	11600	8800	8800
A rostirányra merőlegesen, a furnérok síkjában	$E_{90,edge,k}$	350	2000*	-
A rostirányra és a furnérok síkjára merőlegesen	$E_{90,flat,k}$	100	100	-
Nyírési rugalmassági modulus	$G_{0,k}$	400	400	300
Sűrűség [kg/m³]				
	ρ_k	480	480	410
KÖZÉPÉRTÉKEK				
Merevségi tulajdonságok [N/mm²]				
Rugalmassági modulus				
Rostirányban	$E_{0,mean}$	13800	10500	10000
A rostirányra merőlegesen, a furnérok síkjában	$E_{90,edge,mean}$	430	2400	-
A rostirányra és a furnérok síkjára merőlegesen	$E_{90,flat,mean}$	130	130	-
Nyírési rugalmassági modulus				
A nyíróerő párhuzamos a furnérok síkjával	$G_{0,mean}$	600	600	400
A nyíróerő merőleges a furnérok síkjára	$G_{0,mean}$	600	-	400
Sűrűség [kg/m³]				
	ρ_{mean}	510	510	440

- A Kerto-S és Kerto-T elemek esetében a furnérok rostiránya párhuzamos egymással
- A Kerto-Q elemek esetében a furnérok rostiránya adott rend szerint váltakozó

A Kerto-LVL koordináta rendszere



← Rostirány a Kerto-S és Kerto-T esetében, valamint s Kerto-Q furnérjainak nagy részében

← Rostirány a Kerto-Q furnérjainak egy részében

2.3. A szilárdság karakterisztikus értékét módosító hatások

2.3.1 Rostirányra merőleges kis felületű nyomás („pecsétnyomás”)

A következő feltételt kell teljesíteni:

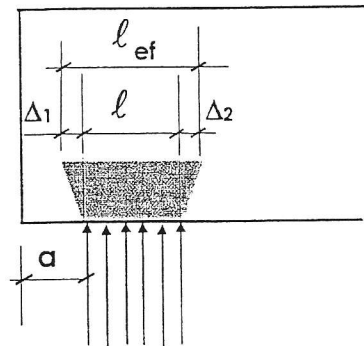
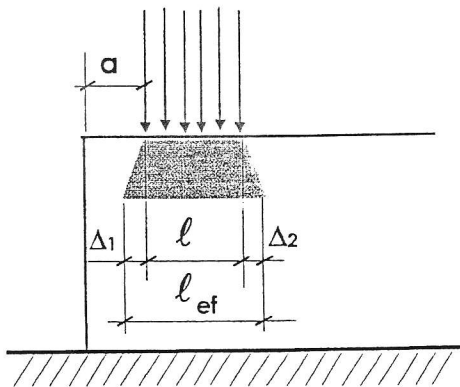
$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

A $\sigma_{c,90,d}$ rostokra merőleges tervezési nyomófeszültséget az $F_{c,90,d}$ rostokra merőleges tervezési nyomóerő és az A_{ef} hatékony felület hányadosaként kell számítani oly módon, hogy a tényleges csatlakozási felület l hosszát mindkét irányban megnöveljük, általában 30 mm-rel, de a -nál, l -nél és $l_1/2$ -nél nem nagyobb értékkel. Vagyis - saját jelöléseinkkel:

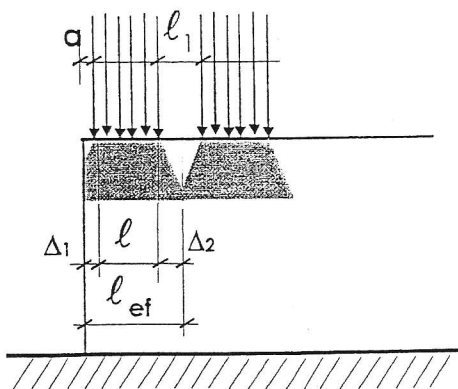
$$A_{ef} = b \cdot l_{ef}$$

$$l_{ef} = l + \Delta_1 + \Delta_2$$

$$\Delta_i = \min \begin{cases} 30 \text{ mm} \\ a \\ l \\ l_1/2 \end{cases}$$

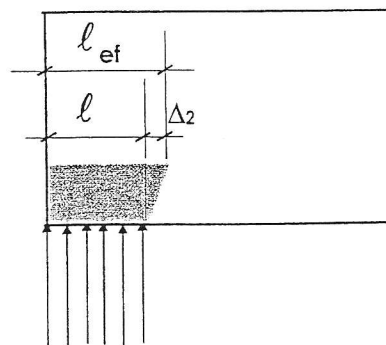


Legtöbbször $l_{ef} = l + 2 \cdot \Delta$ és $\Delta = 30 \text{ mm}$, de például:



$$\Delta_1 = a < 30 \text{ mm}$$

$$\Delta_2 = l_1/2 < 30 \text{ mm}$$

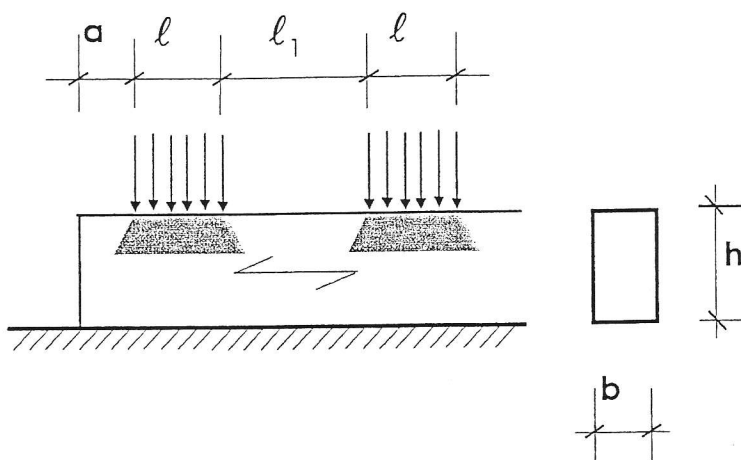


$$\Delta_1 = 0$$

A $k_{c,90}$ tényező a teherelrendezésnek, a felhasadás lehetőségének és az összenyomódás mértékének a figyelembevételére szolgál, értékét az alább következő esetek alkalmazásáig 1,0-nek kell tekinteni. Maximális értéke: $k_{c,90} \leq 1,75$.

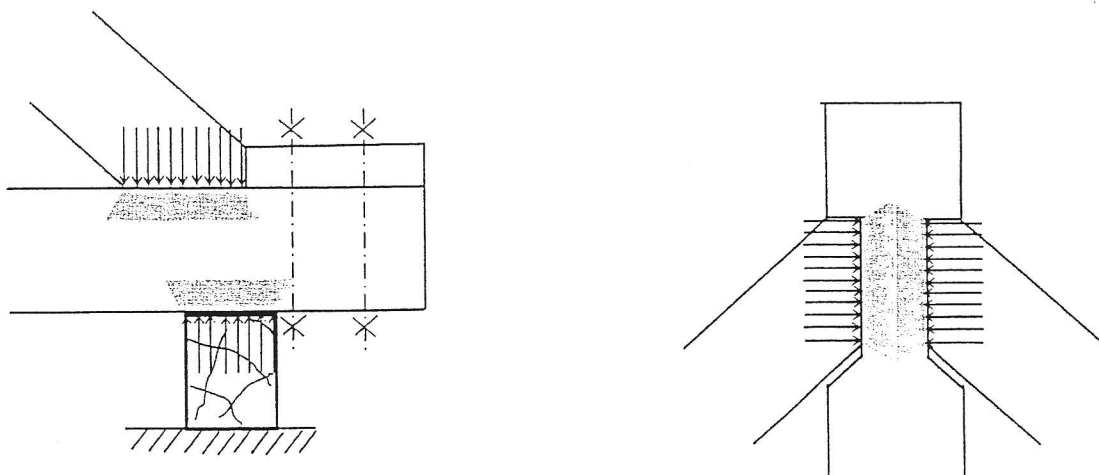
Folyamatos megtámasztású elemek esetén, amennyiben $l_1 \geq 2 \cdot h$, a $k_{c,90}$ tényező értéke legyen:

- szerkezeti fűrészelt fa esetén $k_{c,90} = 1,25$
- rétegelt-ragasztott fa és LVL (ragasztott furnérfa) esetén $k_{c,90} = 1,5$



A folyamatos alátámasztással analóg módon kezeljük azt az esetet, amikor a koncentrált erőhatással szemben azonos illetve közel azonos nagyságú másik koncentrált erőhatás lép fel.

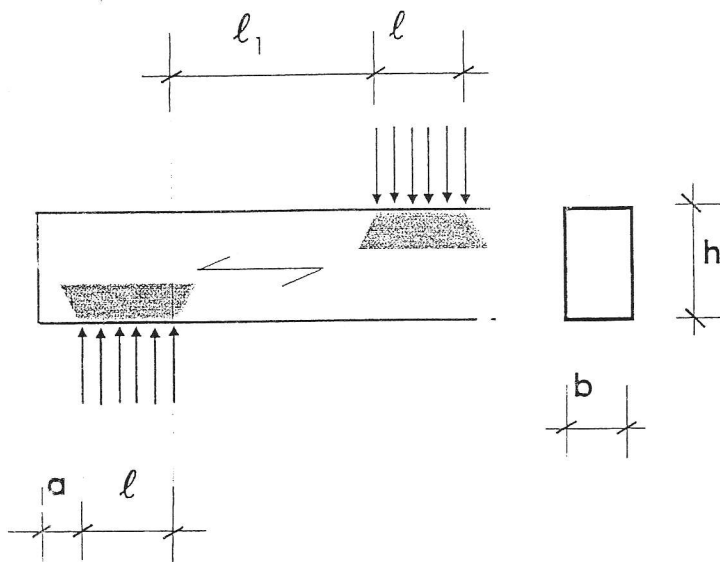
Például:



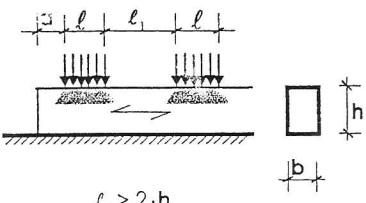
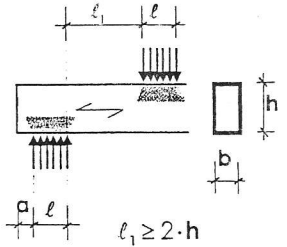

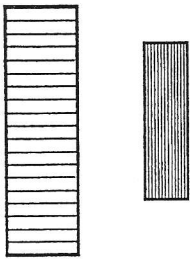
Pontszerű megtámasztású elemek esetén, amennyiben $l_1 \geq 2 \cdot h$, a $k_{c,90}$ tényező értéke legyen:

- szerkezeti fűrészelt fa esetén $k_{c,90} = 1,5$

- rétegelt-ragasztott fa és LVL (ragasztott furnérfa) esetén $k_{c,90} = 1,75$
amennyiben $l < 400$ mm



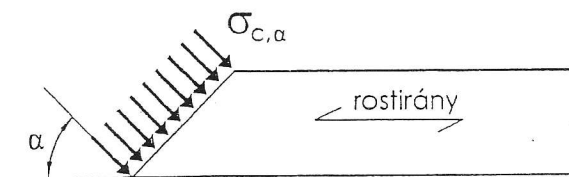
A $k_{c,90}$ tényező összefoglaló táblázata

$k_{c,90}$	Folyamatos alátámasztás  $l_1 \geq 2 \cdot h$	Pontszerű alátámasztás  $l_1 \geq 2 \cdot h$
FF 	$1,25$	$1,5$
RR, LVL 	$1,5$	$1,75$

2.3.2 Rostiránnyal α szöget bezáró nyomás

A rostiránnyal α szöget bezáró nyomófeszültség a következő feltételnek megfelelő legyen:

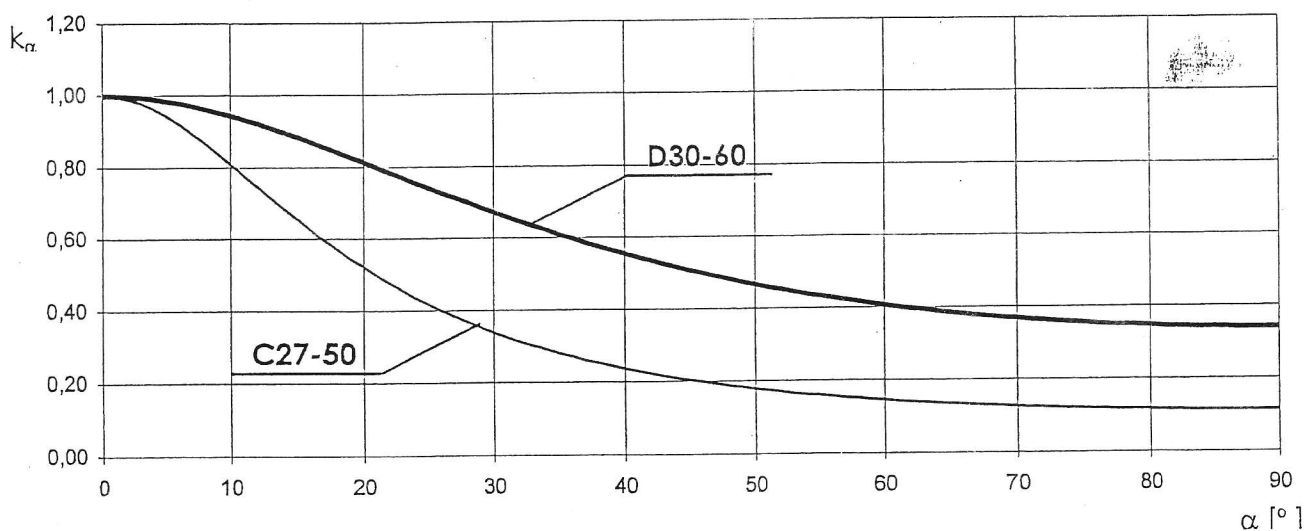
$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq f_{c,\alpha,d}$$



A nyomófeszültség és a rostirány közötti szög értelmezése

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{1}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \cdot f_{c,0,d} = k_\alpha \cdot f_{c,0,d}$$

Az egyszerűsítésképpen bevezetett k_α értékeit α függvényében $k_{c,90} = 1,0$ esetében szilárdsági csoportonként az alábbi grafikonon ábrázoltuk és a számítások megkönnyítésére táblázatosan is megadtuk:



k_α értékei:

	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	70°	80°	90°
C14- C24	1,00	0,95	0,82	0,67	0,54	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,17	0,16	0,13	0,12	0,12
C27- C50	1,00	0,94	0,81	0,66	0,52	0,42	0,34	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11
D30- D60	1,00	0,99	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67	0,61	0,55	0,50	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,34
D70	1,00	0,99	0,96	0,91	0,85	0,79	0,73	0,67	0,62	0,57	0,53	0,50	0,47	0,43	0,41	0,40

A rostokkal párhuzamos és rostokra merőleges nyomószilárdság aránya, vagyis az $\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}}$ érték szilárdsági osztályonként különböző, de a szomszédos szilárdsági osztályoknál az eltérés elhanyagolhatóan kicsiny, ezért a szilárdsági osztályok fenti csoportosítása már biztosítja a megkívánt pontosságot.

A rostirány és a feszültségek iránya közötti α szög hatását figyelembe vevő k_{α} tényező értékei $k_{c,90}=1,0$ esetén

α	C14 - C24	C27 - C50	D30 - D60	D70
0	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,99	0,99	1,00	1,00
3	0,98	0,98	0,99	1,00
4	0,97	0,96	0,99	0,99
5	0,95	0,94	0,99	0,99
6	0,93	0,92	0,98	0,98
7	0,90	0,90	0,97	0,98
8	0,88	0,87	0,96	0,97
9	0,85	0,84	0,95	0,96
10	0,82	0,81	0,94	0,96
11	0,79	0,78	0,93	0,95
12	0,76	0,75	0,92	0,94
13	0,73	0,72	0,91	0,93
14	0,70	0,69	0,90	0,92
15	0,67	0,66	0,88	0,91
16	0,65	0,63	0,87	0,90
17	0,62	0,60	0,86	0,89
18	0,59	0,57	0,84	0,87
19	0,57	0,55	0,83	0,86
20	0,54	0,52	0,82	0,85
21	0,52	0,50	0,80	0,84
22	0,50	0,48	0,79	0,82
23	0,48	0,46	0,77	0,81
24	0,46	0,44	0,76	0,80
25	0,44	0,42	0,74	0,79
26	0,42	0,40	0,73	0,77
27	0,40	0,38	0,71	0,76
28	0,39	0,37	0,70	0,75
29	0,37	0,35	0,69	0,74
30	0,36	0,34	0,67	0,72
31	0,34	0,33	0,66	0,71
32	0,33	0,31	0,65	0,70
33	0,32	0,30	0,63	0,69
34	0,31	0,29	0,62	0,68
35	0,30	0,28	0,61	0,67
36	0,29	0,27	0,60	0,66
37	0,28	0,26	0,59	0,65
38	0,27	0,25	0,58	0,63
39	0,26	0,24	0,57	0,62
40	0,25	0,24	0,56	0,61
41	0,24	0,23	0,54	0,60
42	0,24	0,22	0,54	0,60
43	0,23	0,22	0,53	0,59
44	0,22	0,21	0,52	0,58
45	0,22	0,20	0,51	0,57

α	C14 - C24	C27 - C50	D30 - D60	D70
45	0,22	0,20	0,51	0,57
46	0,21	0,20	0,50	0,56
47	0,21	0,19	0,49	0,55
48	0,20	0,19	0,48	0,54
49	0,20	0,18	0,48	0,54
50	0,19	0,18	0,47	0,53
51	0,19	0,18	0,46	0,52
52	0,18	0,17	0,45	0,51
53	0,18	0,17	0,45	0,51
54	0,18	0,16	0,44	0,50
55	0,17	0,16	0,43	0,50
56	0,17	0,16	0,43	0,49
57	0,16	0,15	0,42	0,48
58	0,16	0,15	0,42	0,48
59	0,16	0,15	0,41	0,47
60	0,16	0,15	0,41	0,47
61	0,15	0,14	0,40	0,46
62	0,15	0,14	0,40	0,46
63	0,15	0,14	0,39	0,45
64	0,15	0,14	0,39	0,45
65	0,14	0,14	0,39	0,44
66	0,14	0,13	0,38	0,44
67	0,14	0,13	0,38	0,44
68	0,14	0,13	0,37	0,43
69	0,14	0,13	0,37	0,43
70	0,14	0,13	0,37	0,43
71	0,13	0,13	0,37	0,42
72	0,13	0,12	0,36	0,42
73	0,13	0,12	0,36	0,42
74	0,13	0,12	0,36	0,42
75	0,13	0,12	0,36	0,41
76	0,13	0,12	0,35	0,41
77	0,13	0,12	0,35	0,41
78	0,13	0,12	0,35	0,41
79	0,13	0,12	0,35	0,41
80	0,13	0,12	0,35	0,40
81	0,12	0,12	0,35	0,40
82	0,12	0,12	0,34	0,40
83	0,12	0,12	0,34	0,40
84	0,12	0,11	0,34	0,40
85	0,12	0,11	0,34	0,40
86	0,12	0,11	0,34	0,40
87	0,12	0,11	0,34	0,40
88	0,12	0,11	0,34	0,40
89	0,12	0,11	0,34	0,40
90	0,12	0,11	0,34	0,40

2.3.3 Mérethatás

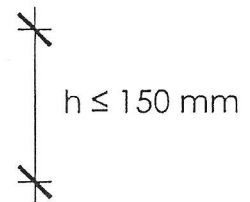
Természetes (szerkezeti) faanyag esetén:

Az $f_{m,k}$ hajlító- és az $f_{t,0,k}$ húzószilárdság karakterisztikus értékét megnövelhetjük a k_h tényezővel 150 mm-nél kisebb keresztmetszeti magasság, illetve szélesség esetén, ahol:

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right. \\ \left. 1,3 \right.$$

Itt h a mm-ben megadott magasság hajlítás, illetve a szélesség húzás esetén.

A húzó- ill. hajlítószilárdságot növelő k_h tényező értéke természetes szerkezeti faanyag esetén „h” függvényében								
h [mm]	< 40	40	45	50	55	60	65	70
k_h	1,30	1,30	1,27	1,25	1,22	1,20	1,18	1,16
h [mm]	75	80	85	90	95	100	105	110
k_h	1,15	1,13	1,12	1,11	1,10	1,08	1,07	1,06
h [mm]	115	120	125	130	135	140	145	150
k_h	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,01	1,00



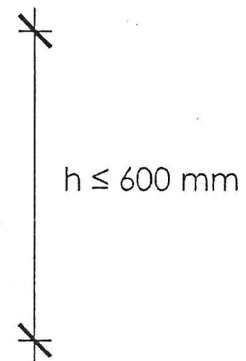
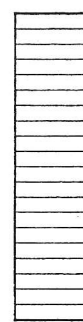
Rétegelt-ragasztott faanyag esetén:

Az $f_{m,k}$ hajlító- és az $f_{t,0,k}$ húzószilárdság karakterisztikus értékét megnövelhetjük a k_h tényezővel 600 mm-nél kisebb magasság, illetve szélesség esetén, ahol:

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \right. \\ \left. 1,1 \right.$$

Itt h a mm-ben megadott magasság hajlítás, illetve a szélesség húzás esetén.

A húzó- ill. hajlítószilárdságot növelő k_h tényező értéke rétegelt-ragasztott faanyag esetén „h” függvényében								
h [mm]	300	320	340	360	380	400	420	440
k_h	1,15	1,13	1,12	1,11	1,10	1,08	1,07	1,06
h [mm]	460	480	500	520	540	560	580	600
k_h	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,01	1,00



LVL termékek esetén:

Az $f_{m,k}$ hajlítószilárdság és az $f_{t,0,k}$ húzószilárdság karakterisztikus értékét megnövelhetjük k_h tényezővel 300 mm-nél kisebb magasság, illetve 3000 mm-nél kisebb hosszúság esetén, ahol:

$$\text{hajlítás esetén: } k_h = \min \left\{ \left(\frac{300}{h} \right)^s \right. \\ \left. 1,2 \right.$$

$$\text{húzás esetén: } k_h = \min \left\{ \left(\frac{3000}{\ell} \right)^{s/2} \right. \\ \left. 1,2 \right.$$

Itt h az elem magassága, ill.
 s a termékkatalógusban megadott mérethatás tényező

Itt ℓ a mm-ben megadott elemhossz

3. KAPCSOLATOK

3.1 Csap típusú kapcsolóelemek

3.1.1 Nyírt jellegű (keresztirányban terhelt) csap típusú kapcsolóelemek teherbírása - általános rész

Fa és fa kapcsolata

A későbbiekben típusonként is tárgyalt csap típusú kapcsolóelemek (szegek ill. tűzőkapcsok, átmenőcsavarok ill. acélhengerek, facsavarok) felhasználásával kialakított fa és fa kapcsolatokat (valamint faalapú anyag és fa kapcsolatokat, a továbbiakban az egyszerűség kedvéért mindig csak fa és fa kapcsolatokat említve, de a faalapú anyagokat is ideértve) **egy nyírt síkján egy kapcsolóelem teherbírásának karakterisztikus értéke a következő képletekkel számítható értékek közül a legkisebb:**

Egyszer nyírt kapcsolóelemek esetén:

$$F_{v,RK} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad (a) \\ f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \quad (b) \\ \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,RK}}{4} \quad (c) \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,RK}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,RK}}{4} \quad (d) \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta^2 (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,RK}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,RK}}{4} \quad (e) \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,RK} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,RK}}{4} \quad (f) \end{array} \right.$$

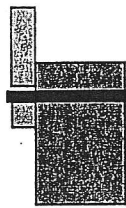
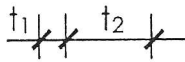
Kétszer nyírt kapcsolóelemek esetén:

$$F_{v,RK} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad (g) \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \quad (h) \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,RK}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,RK}}{4} \quad (i) \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,RK} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,RK}}{4} \quad (k) \end{array} \right.$$

- ahol: $F_{v,RK}$ a teherbírás karakt. értéke egy kapcsolóelem egy nyírt síkján
 t_i a faelem vastagsága vagy a behatolási mélység, $i=1,2$ (lásd még kapcsolóelem-típusonként külön ábrán)
 $f_{h,i,k}$ a beágyazási szilárdság karakt. értéke az i jelű faelemnél
 d a kapcsolóelem átmérője
 $M_{y,RK}$ a kapcsolóelem képlékeny határnyomatékának karakt. értéke
 $\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$ a faelemek beágyazási szilárdságának aránya
 $F_{ax,RK}$ a kapcsolóelem kihúzóerő teherbírásának karakt. értéke

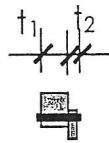
A képletek jobb oldalának első tagja a Johansen-féle képlékeny elmélet alapján számított teherbírás, az $F_{ax,Rk}/4$ alakú második tag pedig a „kötél-effektus” hozzájárulása a teherbíráshoz. Ez utóbbi nem haladhatja meg a Johansen-tag kapcsolóelem-típusonként meghatározott bizonyos hányadát. (Huzalszegnél 15% de tartós tehernél 0%, más szegeknél 25-50%, átmenőcsavaroknál 25%, acélhengereknél 0%, facsavaroknál 100%). Amennyiben a kihúzóerős teherbírás értéke nem ismert, a „kötél-effektus” hatását zérusnak kell tekinteni. A továbbiakban ezzel a taggal nem foglalkozunk.

A tönkremeneteli módok ábrái egyszer nyírt kapcsolóelemek esetén:



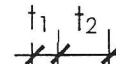
(a)

palástnyomási
tönkremenetel
az 1 jelű elemnél



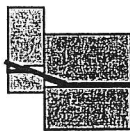
(b)

palástnyomási
tönkremenetel
a 2 jelű elemnél



(c)

palástnyomási
tönkremenetel
mindkét elemnél



(d)

hajlítási
tönkremenetel,
képlékeny csukló
a 2 jelű elemben



(e)

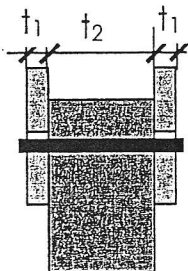
hajlítási
tönkremenetel,
képlékeny csukló
az 1 jelű elemben



(f)

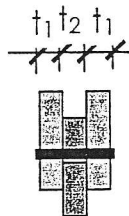
hajlítási
tönkremenetel,
képlékeny csukló
mindkét elemben

A tönkremeneteli módok ábrái kétszer nyírt kapcsolóelemek esetén:



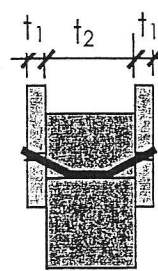
(g)

palástnyomási
tönkremenetel
az 1 jelű
elemeknél



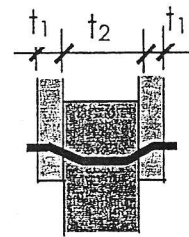
(h)

palástnyomási
tönkremenetel
a 2 jelű
elemnél



(i)

hajlítási
tönkremenetel,
képlékeny csuklók
a 2 jelű elemben



(k)

hajlítási
tönkremenetel,
képlékeny csuklók
mindkét elemben

Acél és fa kapcsolata

Egyszer nyírt acél és fa kapcsolatokban egy kapcsolóelem teherbírásának karakterisztikus értéke

- vékony acéllemez esetében

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d & (a) \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (b) \end{cases}$$

- vastag acéllemez esetén

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d & (c) \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \end{cases}$$

A faelemekkel közrefogott bármilyen vastagságú acéllemezzel kialakított kétszer nyírt kapcsolat

egy nyírt síkján egy kapcsolóelem teherbírásának karakterisztikus értéke:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d & (f) \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

A faelem mindkét oldalára helyezett acéllemezzel kialakított kétszer nyírt kapcsolat egy nyírt síkján egy kapcsolóelem teherbírásának karakterisztikus értéke

- vékony acéllemez esetében

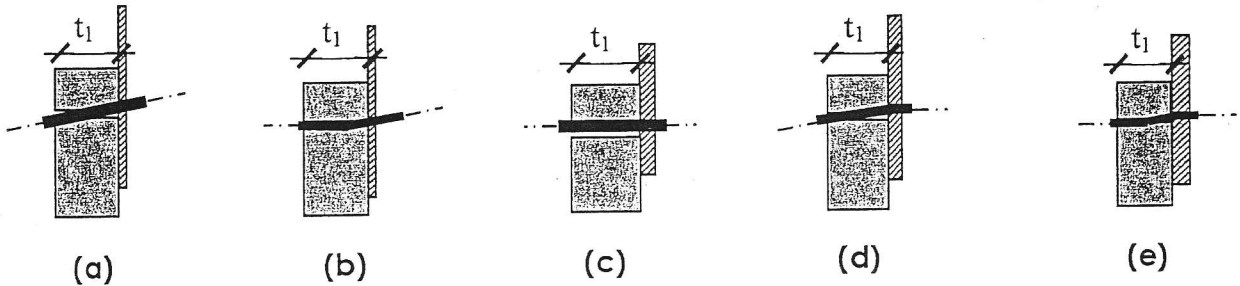
$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d & (j) \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases}$$

- vastag acéllemez esetén

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d & (l) \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases}$$

A teherbírás számításának módja függ az acéllemez vastagságától. Vékony acéllemeznek tekintjük azokat, amelyekre $t_{acél} \leq 0,5 \cdot d$, és vastag acéllemeznek tekintjük azokat, amelyekre $t_{acél} \geq d$ és a fúrt lyukak mérettűrése $< 0,1 \cdot d$. A „vékony” ill. „vastag” definiált lemezek közötti vastagságok esetén a megfelelő „vékony” és „vastag” lemezekre vonatkozó teherbírási értékek lineáris interpolációjával kell meghatározni a teherbírást.

A tönkremeneteli módok ábrái egyszer nyírt kapcsolóelemek esetén:



(a) palástnyomási tönkremenetel, vékony acéllemez, elforduló csap

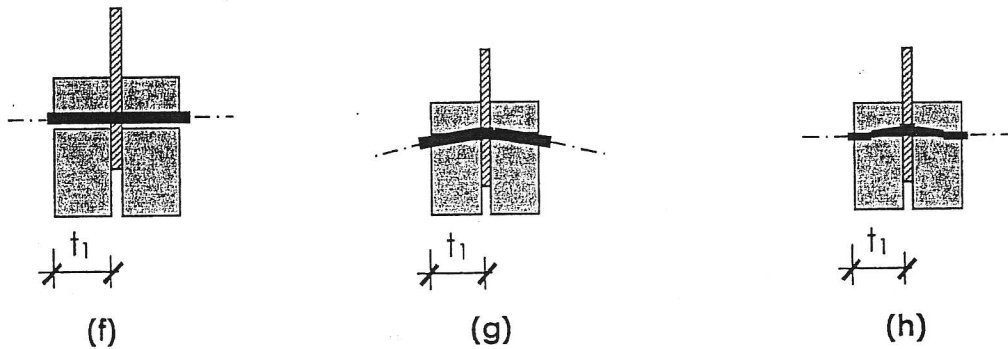
(b) hajlítási tönkremenetel, vékony acéllemez, képlékeny csuklók a faelemen belül

(c) palástnyomási tönkremenetel, vastag acéllemez, nem elforduló csap

(d) hajlítási tönkremenetel, vastag acéllemez, képlékeny csuklók az acéllemez szélénél

(e) hajlítási tönkremenetel, vastag acéllemez, képlékeny csuklók az acéllemez szélénél és a faelemen belül

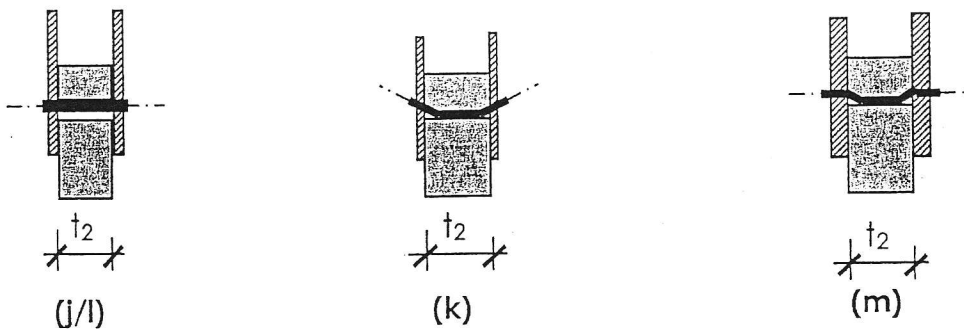
A tönkremeneteli módok ábrái kétszer nyírt kapcsolóelemek esetén:



(f) palástnyomási tönkremenetel

(g) hajlítási tönkremenetel képlékeny csuklók az acéllemez szélénél

(h) hajlítási tönkremenetel képlékeny csuklók az acéllemez szélénél és a faelemeken belül



(j/l) palástnyomási tönkremenetel

(k) hajlítási tönkremenetel, vékony acéllemez, képlékeny csuklók a faelemeken belül

(m) hajlítási tönkremenetel, vastag acéllemez, képlékeny csuklók az acéllemez szélénél és a faelemeken belül

3.1.2 Csap típusú kapcsolóelemek teherbírásának egyszerűsített számítása - diagramok és táblázatok

A bemutatott „eredeti” képletek – hasonlóan az Eurocode egyes más fejezeteihez – elsősorban számítógépes alkalmazás céljára készültek, kézi számításra csaknem teljesen alkalmatlanok. A továbbiakban olyan egyszerűsítéseket és ezeken alapuló grafikonokat és táblázatokat mutatunk be, amelyek a kézi számítás jelentős megkönnyítésén túl az egyes tönkremeneteli módok jellegének és összefüggéseinek jobb megértését is elősegítik.

Vezessük be az alábbi – a teherbírás számítását megkönnyítő, az alapadatokból származtatott - segédmenyiségeket:

- Legyen egyszer nyírt esetben $\tau = \frac{t_2}{t_1}$, kétszer nyírt esetben $\tau = \frac{t_2}{2t_1}$.

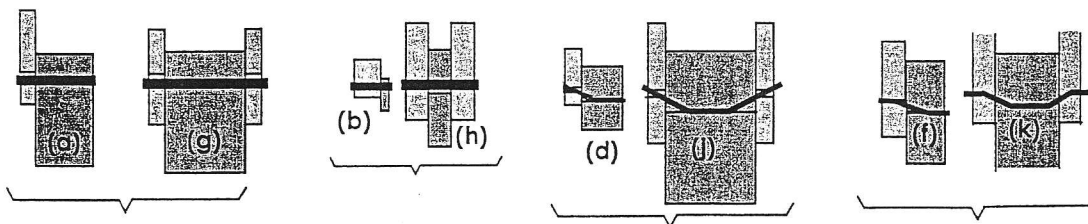
(Így a beágyazási szilárdságok arányát jellemző $\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$ analógiájára τ a vastagsági arányok jellemzője lesz)

- Legyen minden esetben $\mu = \frac{t_1}{\sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}}}$, és nevezzük „Möller-féle csapkarcsúság”-nak.

(Ez valóban hosszúság/hosszúság jellegű, karcsúság-típusú dimenzió nélküli szám, a szilárdságtanban megismert karcsúság-fogalomtól annyiban különbözik, hogy értékét nem csak a „kihajlási hossz” szerepét betöltő t_1 hosszúság növelése vagy az átmérő csökkentése növeli, hanem a csapanyag szilárdságának a beágyazási szilárdsághoz viszonyított csökkenése is.)

Ezek segítségével egyrészt megadhatók az úgynevezett Möller-diagrammok, amelyek a (μ, τ) koordinátarendszerben (rögzített β esetén) megadják a mértékadó tönkremeneteli módot, másrészt a képletek az alábbi egyszerűbb és még tovább egyszerűsíthető formába írhatóak:

$$F_{v,Rk} = \begin{cases} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d & (a) \\ f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = (f_{h,1,k} \cdot \beta) \cdot (t_1 \cdot \tau) \cdot d = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \tau \cdot \beta & (b) \\ \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot [1 + \tau + \tau^2]} + \beta^3 \cdot \tau^2 - \beta \cdot (1 + \tau) \right] & (c) \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta)}{\mu^2}} - \beta \right] & (d) \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot \tau \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta (1 + 2 \cdot \beta)}{\tau^2 \cdot \mu^2}} - \beta \right] & (e) \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot t_1^2 \cdot f_{h,1,k}^2 \cdot d^2}{\mu^2}} = 2,3 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} \cdot \frac{1}{\mu} & (f) \end{cases}$$



A kétszer nyírt kapcsolatok képletei hasonlóan írhatók át, hiszen az (a) és (g), a (b) és (h), a (d) és (j) valamint az (f) és (k) tönkremeneteli módok képletei rendre megegyeznek egymással, mert a párok második (kétszer nyírt) tagja az első (egyszer nyírt) tag szimmetrikus párja mind alakváltozás, mind feszültségeloszlás szempontjából, míg a (c) és (e) tönkremeneteli módok csak egyszer nyírt kapcsolatnál lehetségesek.

Az eddigi átalakítások eredményeképpen az $f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$ kifejezés kiemelhetővé vált, amivel a valamennyi fa-fa kapcsolatra egyaránt érvényes egyszerűsített alakhoz jutunk:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} F_{v,Rk}^{pal.nyomás} \\ F_{v,Rk}^{hajlítás} \end{cases} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \min \begin{cases} C^{pal.nyomás} \\ C^{hajlítás} \end{cases}$$

ahol:

$$C^{pal.nyomás} = \min \begin{cases} 1 \\ \tau \cdot \beta \\ C^{(c)} = \frac{1}{1+\beta} \cdot \left[\sqrt{\beta+2 \cdot \beta^2 [1+\tau+\tau^2] + \beta^3 \cdot \tau^2} - \beta \cdot (1+\tau) \right] \end{cases} \Rightarrow \text{értéke - ha a M\"oller-diagram alapján szükséges - a } C^{(c)}(\tau, \beta) \text{ táblázatból kiolvasható}$$

(lásd $C^{(c)}$ táblázat a 30. oldalon)

$$C^{hajlítás} = \min \begin{cases} C^{(d,fk)} = \min \begin{cases} C^{(d)} = C^{(f)} = 1,05 \cdot \frac{1}{2+\beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2+\beta)}{\mu^2}} - \beta \right] \\ C^{(f)} = C^{(k)} = 2,3 \cdot \frac{\beta}{\sqrt{1+\beta}} \cdot \frac{1}{\mu} \end{cases} \\ C^{(e)} = 1,05 \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 (1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta (1+2 \cdot \beta)}{\tau^2 \cdot \mu^2}} - \beta \right] \end{cases} \Rightarrow \text{értéke a } C^{hajlítás}(\mu, \beta) \text{ táblázatból kiolvasható}$$

értéke - ha a M\"oller-diagram alapján szükséges - az 1 és 2 indexek felcserélése, β és μ újrászámítása után a $C^{hajlítás}(\mu, \beta)$ táblázatból kiolvasható

(lásd $C^{hajlítás}$ táblázat a 31. oldalon)

Acél és fa kapcsolata

Acél és fa kapcsolata esetében β és τ nincsenek értelmezve, μ számítása változatlan. Továbbra is használhatjuk az

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} F_{v,Rk}^{pal.nyomás} \\ F_{v,Rk}^{hajlítás} \end{cases} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \min \begin{cases} C^{pal.nyomás} \\ C^{hajlítás} \end{cases}$$

általános egyszerűsített formulát, de ehhez az alábbi kiegészítések és esetenként a t_1 jelölés jelentésének módosítása szükségesek:

Egyszer nyírt acél és fa kapcsolatokban:

- **vékony acéllemez esetében**

$$C^{pal.nyomás} = 0,4$$

$$C^{hajlítás} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2}{\mu^2}} \Rightarrow \text{értéke a } C^{hajlítás}(\mu, \beta) \text{ táblázat (31.old.) "a1" sorából kiolvasható}$$

- **vastag acéllemez esetén**

$$C^{pal.nyomás} = 1,0$$

$$C^{hajlítás} = \min \begin{cases} \sqrt{2 + \frac{4}{\mu^2}} - 1 \\ 2,3 \cdot \frac{1}{\mu} \end{cases} \Rightarrow \text{értéke a } C^{hajlítás}(\mu, \beta) \text{ táblázat (31.old.) "a2" sorából kiolvasható}$$

Kétszer nyírt acél és fa kapcsolatokban:

- A faelemekkel közrefogott bármilyen vastagságú acéllemezzel kialakított kétszer nyírt kapcsolatnál egy nyírt sík teherbírásának meghatározásához:

$$C_{\text{pal.nyomás}} = 1,0$$

$$C_{\text{hajlítás}} = \min \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{2 + \frac{4}{\mu^2}} - 1 \\ 2,3 \cdot \frac{1}{\mu} \end{array} \right. \Rightarrow \text{értéke a } C_{\text{hajlítás}}(\mu, \beta) \text{ táblázat (31.old.) "a2" sorából kiolvasható}$$

- A faelem mindkét oldalára helyezett acéllemezzel kialakított kétszer nyírt kapcsolatnál egy nyírt sík teherbírásának meghatározásához, $t_1 = t_2/2$ helyettesítéssel:

- vékony acéllemez esetén

$$C_{\text{pal.nyomás}} = 1,0$$

$$C_{\text{hajlítás}} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2}{\mu^2}} \Rightarrow \text{értéke a } C_{\text{hajlítás}}(\mu, \beta) \text{ táblázat "a1" sorából kiolvasható}$$

- vastag acéllemez esetén

$$C_{\text{pal.nyomás}} = 1,0$$

$$C_{\text{hajlítás}} = 2,3 \cdot \frac{1}{\mu} \Rightarrow \text{értéke a } C_{\text{hajlítás}}(\mu, \beta) \text{ táblázat "a3" sorából kiolvasható}$$

A túlodalon bemutatott összefoglaló táblázat áttekinthetővé teszi az eddig tárgyalt tönkremeneteli módokat, egyúttal megmutatja, mikor melyik táblázat - illetve acél-fa kapcsolatok esetében melyik sor - segít a teherbírás gyors meghatározásában.

A továbbiakban a számítások elvégzését megkönnyítő $C^{(c)}$ (τ, β) és $C_{\text{hajlítás}}(\mu, \beta)$ **táblázatokon** kívül megadjuk a fa-fa kapcsolatok tönkremeneteli módjait szemléletesen tevő úgynevezett **Möller-diagrammokat**, amelyek μ és τ függvényében (rögzített β esetén) megadják az egyes esetek mértékadó tönkremeneteli módját. Kétszer nyírt kapcsolatok esetében ezek használata csak tájékoztató jellegű, egyszer nyírt kapcsolatoknál azonban hasznos információt adhatnak arról, szükség van-e egyáltalán a (c) illetve az (e) tönkremeneteli módok vizsgálatára. (Acél-fa kapcsolatoknál ennek nincs jelentősége, a (c) tönkremeneteli mód analóg párja a könnyen kezelhető $C_{\text{pal.nyomás}} = 0,4$ konstans, az (e) tönkremeneteli módnak pedig nincsen analóg párja.)

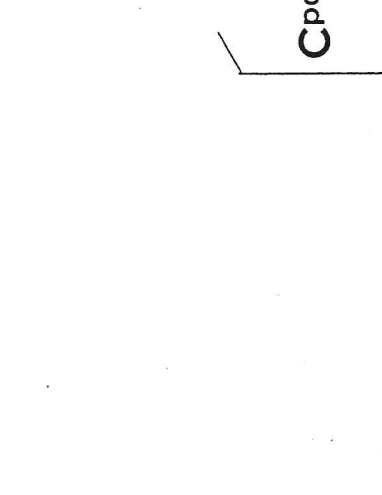
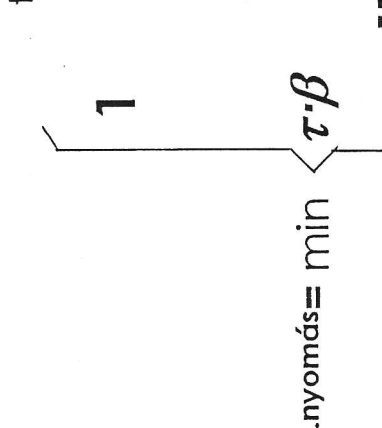
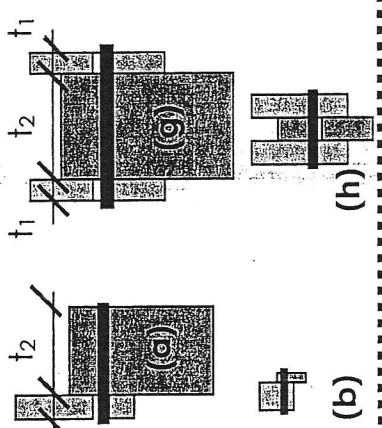
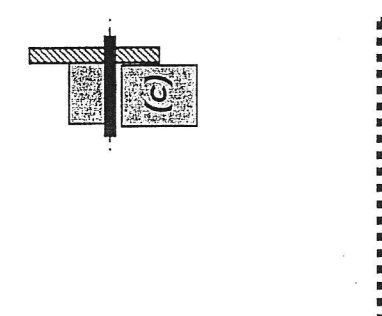
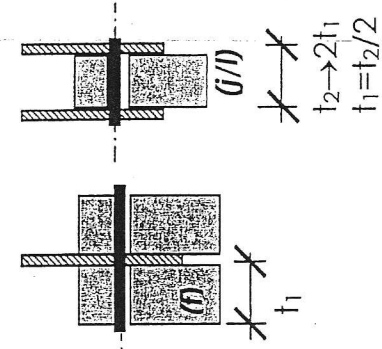
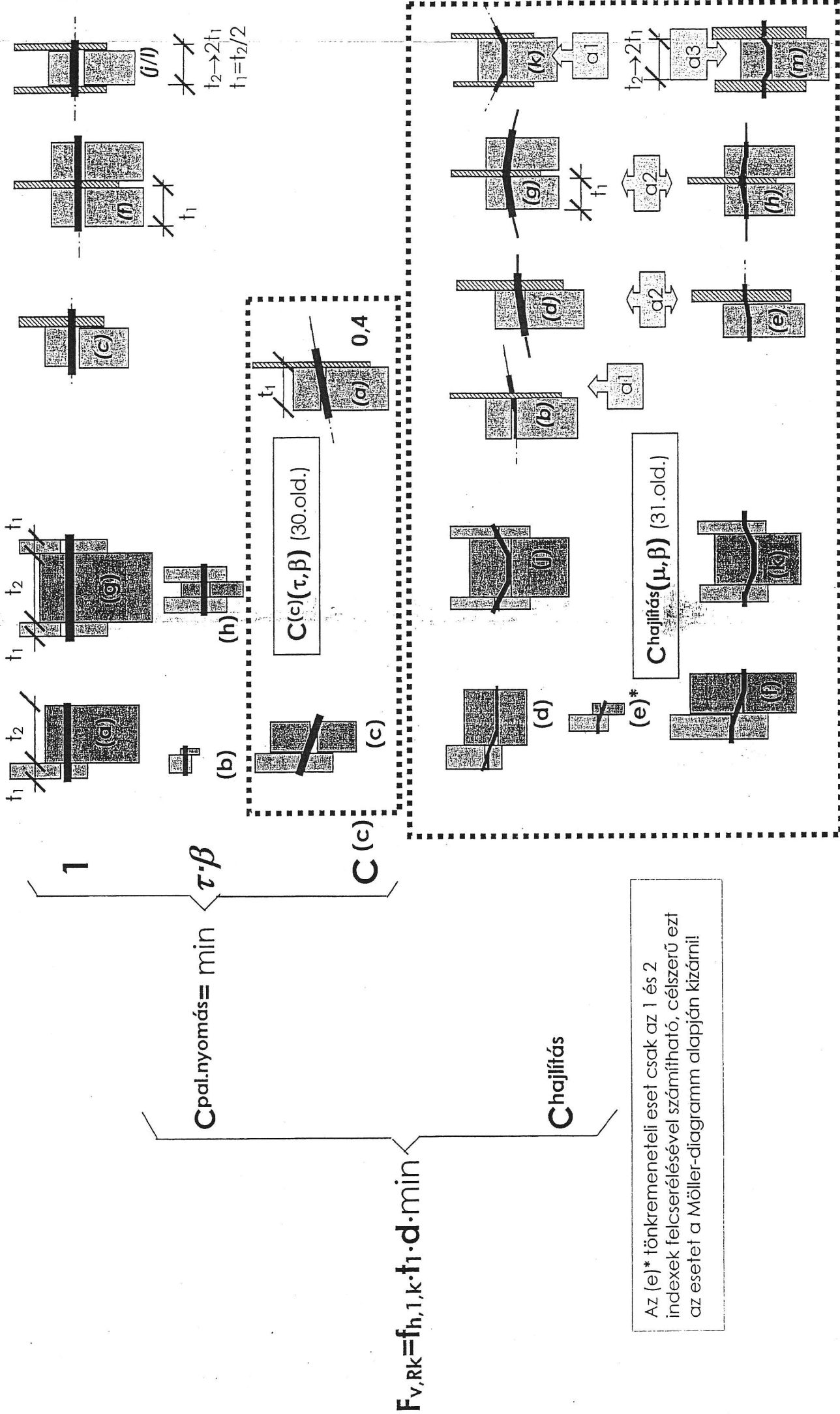
Nyírt jellegű csap típusú kapcsolóelemek tönkremeneteli módjainak áttekinthető táblázata

Fa-fa kapcsolat

Egyszer nyír Kétszer nyír

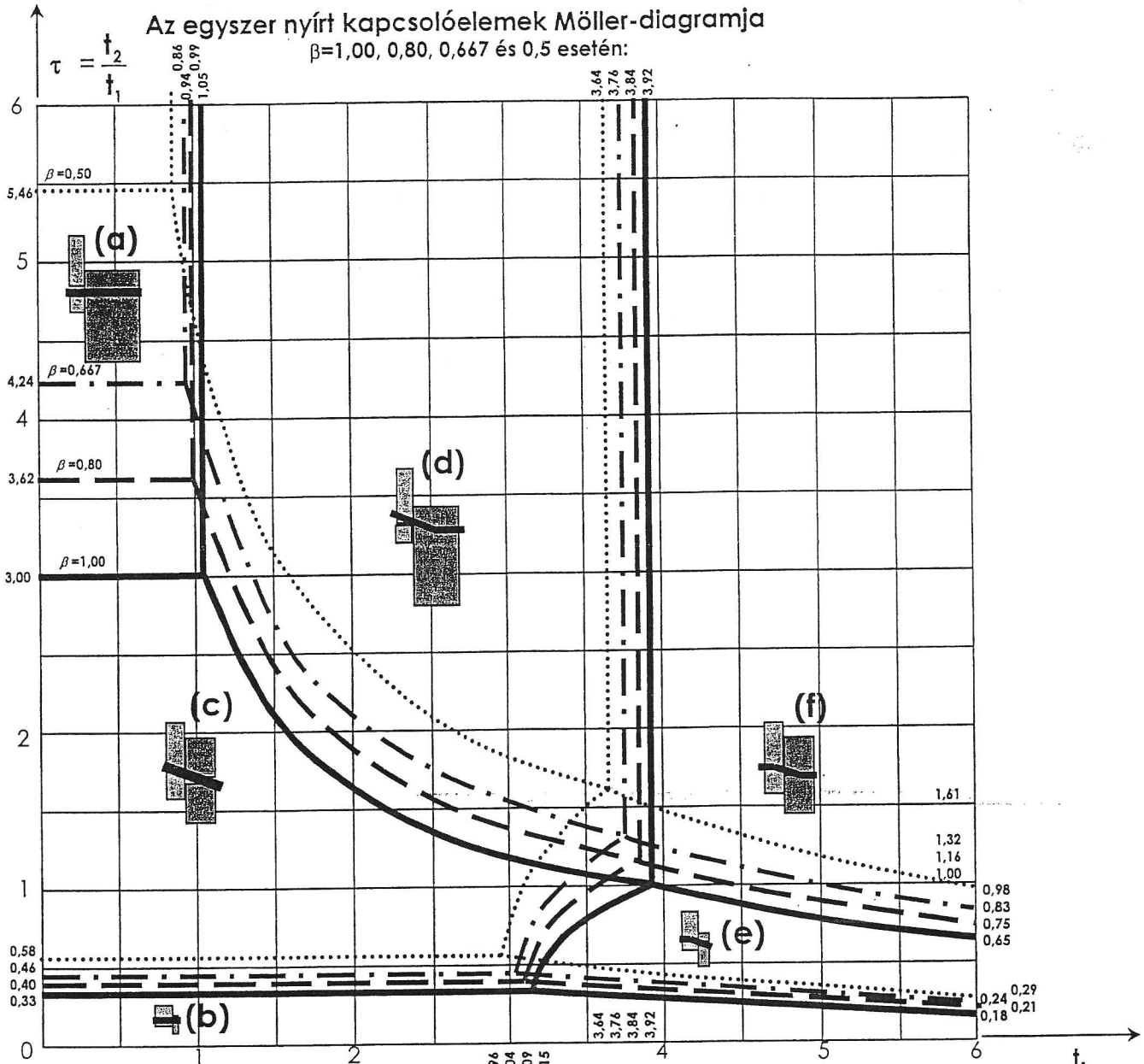
Acél-fa kapcsolat

Egyszer nyír Kétszer nyír



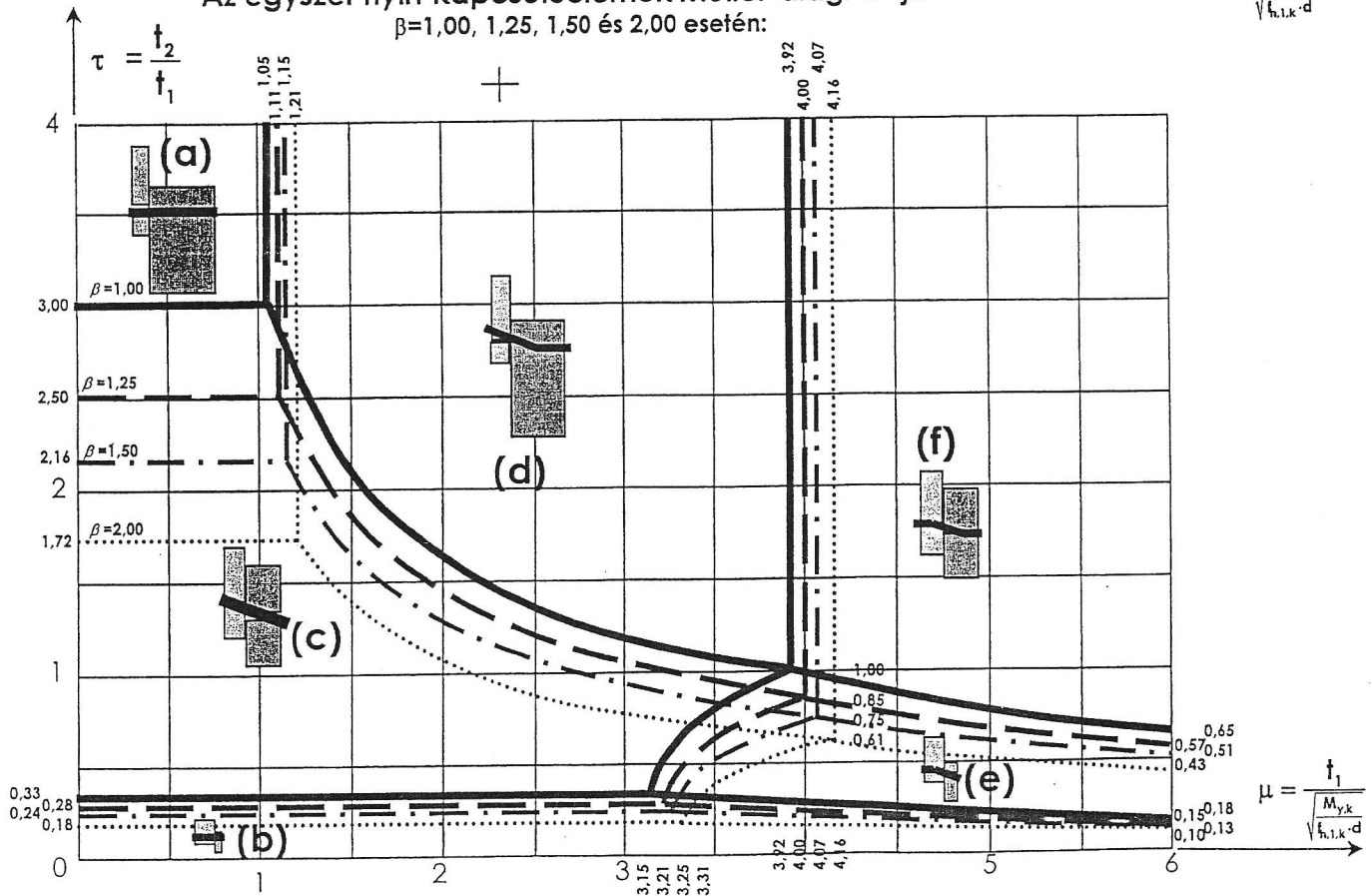
Az egyszerű nyírt kapcsolóelemek Mőller-diagramja

$\beta=1,00, 0,80, 0,667$ és $0,5$ esetén:



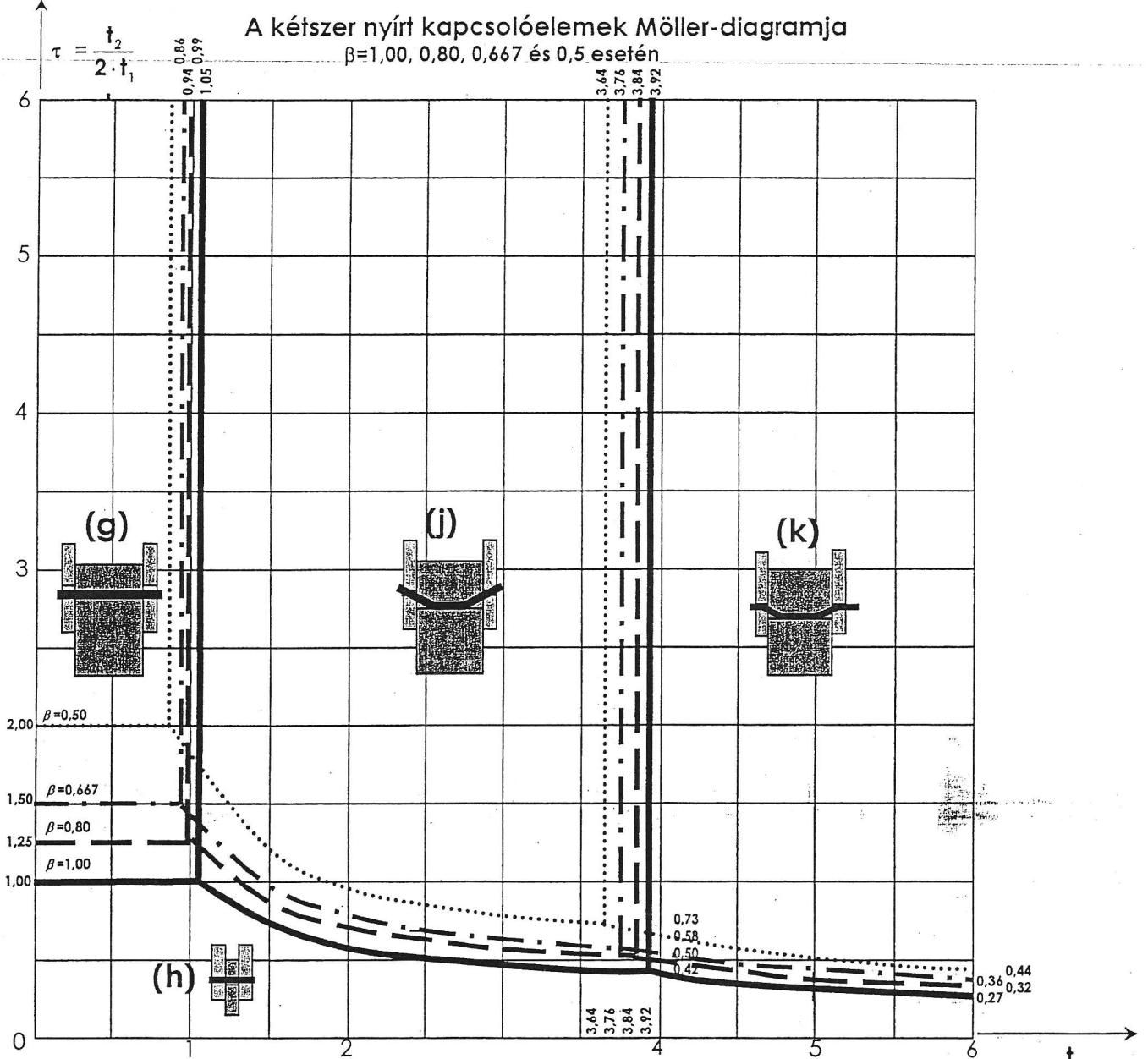
Az egyszerű nyírt kapcsolóelemek Mőller-diagramja

$\beta=1,00, 1,25, 1,50$ és $2,00$ esetén:



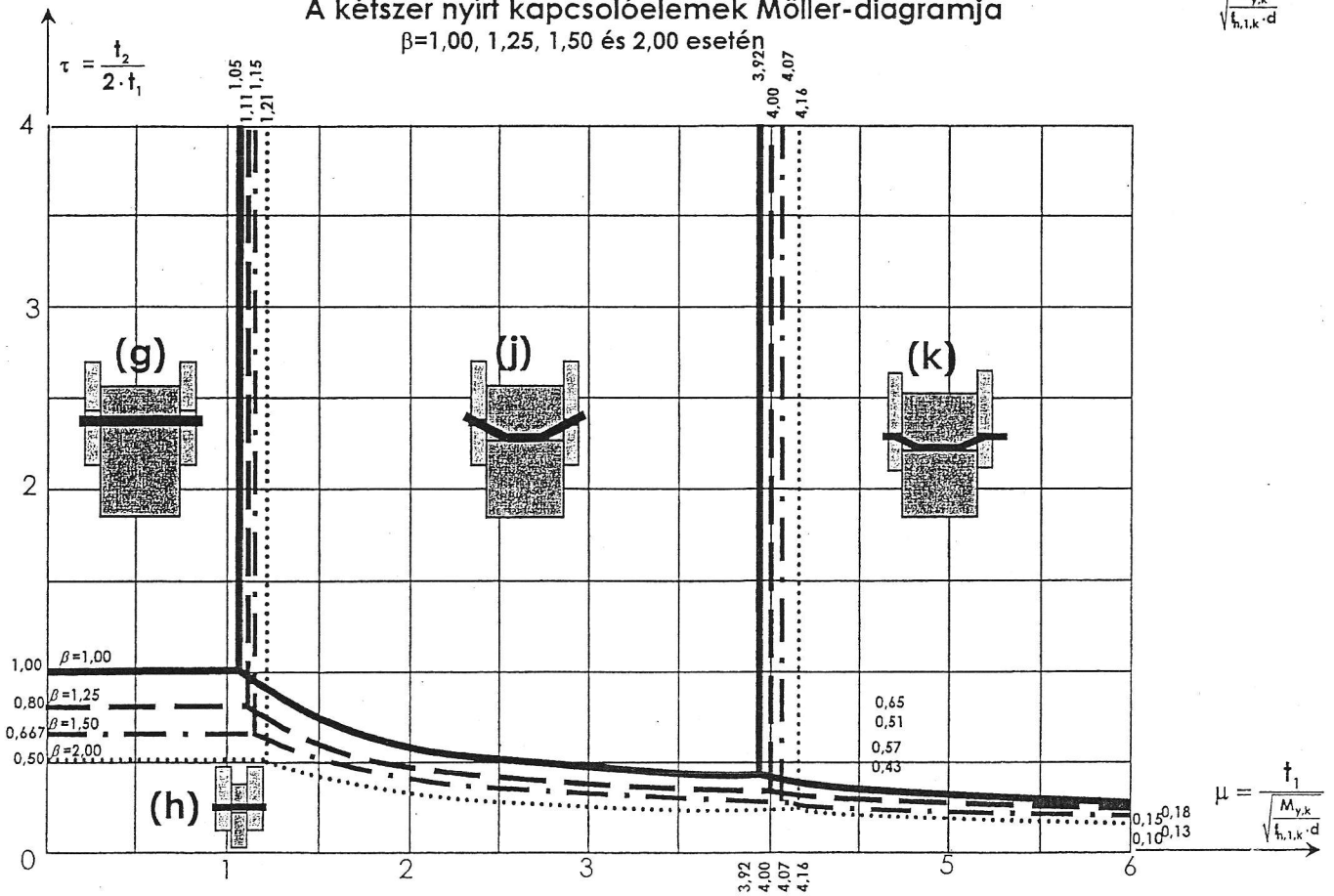
A kétszer nyírt kapcsolóelemek Möller-diagramja

$\beta=1,00, 0,80, 0,667$ és $0,5$ esetén



A kétszer nyírt kapcsolóelemek Möller-diagramja

$\beta=1,00, 1,25, 1,50$ és $2,00$ esetén



$C^{(c)}(\tau, \beta)$ az egyszer nyírt kapcsolóelemek (c) palástnyomási tönkremeneteli módjához

$C^{(c)}(\tau, \beta)$		τ																										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	
Fa-ta kapcsolót	0,5	0	0,32	0,31	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,39	0,40	0,41	0,41	0,43	0,44	0,44	0,46	0,47	0,49
	0,6	0	0,33	0,32	0,31	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,38	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,52	0,54	0,56
	0,7	0	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,38	0,39	0,41	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56	0,59	0,61	0,63
	0,8	0	0,34	0,33	0,32	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,48	0,51	0,53	0,55	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68	0,71	0,74	0,77
	0,9	0	0,34	0,33	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36	0,38	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,70	0,73	0,76	0,80	0,83	0,87	0,90
	1,0	0	0,35	0,34	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36	0,38	0,39	0,41	0,44	0,46	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,70	0,73	0,76	0,80	0,83	0,87	0,90
	1,1	0	0,35	0,34	0,34	0,34	0,35	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,70	0,73	0,76	0,80	0,83	0,87	0,90	
	1,2	0	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,70	0,73	0,76	0,80	0,83	0,87	0,90		
	1,3	0	0,36	0,35	0,35	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,64	0,68	0,71	0,75	0,79	0,83	0,87	0,91	0,95	0,99		
	1,4	0	0,36	0,35	0,35	0,36	0,37	0,39	0,41	0,44	0,46	0,49	0,53	0,56	0,60	0,64	0,67	0,71	0,75	0,80	0,84	0,88	0,92	0,97				
	1,5	0	0,36	0,35	0,36	0,36	0,38	0,40	0,42	0,45	0,48	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,75	0,79	0,84	0,88	0,93	0,97					
1,6	0	0,36	0,36	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,46	0,50	0,53	0,57	0,61	0,65	0,70	0,74	0,79	0,83	0,88	0,93	0,98							
1,7	0	0,37	0,36	0,36	0,37	0,39	0,42	0,45	0,48	0,51	0,55	0,59	0,64	0,68	0,73	0,77	0,82	0,87	0,92	0,97								
1,8	0	0,37	0,36	0,37	0,38	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,57	0,62	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96									
1,9	0	0,37	0,36	0,37	0,38	0,41	0,44	0,47	0,51	0,55	0,59	0,64	0,69	0,74	0,79	0,84	0,89	0,95	1,00									
2,0	0	0,37	0,37	0,37	0,39	0,41	0,44	0,48	0,52	0,56	0,61	0,66	0,71	0,76	0,82	0,87	0,93	0,99										
a1		0,40																										
a2		0,40																										
a3		0,40																										

$C^{(c)}(\tau, \beta)$		τ																									
		2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5
Fa-ta kapcsolót	0,5	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,58	0,60	0,62	0,63	0,65	0,67	0,68	0,70	0,72	0,74	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92
	0,6	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,93	0,95	0,97	0,99				
	0,7	0,63	0,65	0,68	0,70	0,72	0,74	0,77	0,79	0,82	0,84	0,86	0,89	0,91	0,94	0,96	0,98										
	0,8	0,70	0,73	0,75	0,78	0,80	0,83	0,86	0,88	0,91	0,94																
	0,9	0,77	0,80	0,83	0,86	0,89	0,92																				
	1,0	0,84	0,87	0,90	0,93	0,97	1,00																				

Megjegyzések: A $C^{(c)}(\tau, \beta)$ és $C_{hajlítás}(\mu, \beta)$ táblázatokban az 1,0-nél nagyobb, biztosan nem mértékadó értékeket nem tüntettük fel.

A $C^{(c)}(\tau, \beta)$ táblázat használatát megelőzően a Möller-diagram segítségével meggyőződhetünk arról, hogy a (c) tönkremeneteli eset mértékadó-e.

A $C_{hajlítás}(\mu, \beta)$ táblázatnál tájékoztatásul keftős vonal válaszolja el a (d) és (j) illetve az (f) és (k) tönkremeneteli eseteket. Egynyírási kapcsolóelemre alkalmazott használatát megelőzően a Möller-diagram segítségével meggyőződhetünk arról, hogy az (e) tönkremeneteli mód mértékadó-e. Ha igen, akkor az 1 és 2 indexek felcserélésével μ és β újraszámítandó, az ezekhez tartozó $C_{hajlítás}$ adja meg az (e) tönkremeneteli esethez tartozó értéket.

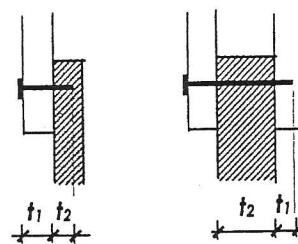
3.1.3 Szegezett és tűzőkapcsos kapcsolatok

Általános rész

t_1 és t_2 definíciója:

t_1 egyszer nyírt kapcsolat esetén a szegfej felőli faelem vastagsága, kétszer nyírt kapcsolat esetén a szegfej felőli faelem vastagsága és a szegcsúcs behatolási mélysége közül a kisebb.

t_2 egyszer nyírt kapcsolat esetén a szegcsúcs behatolási mélysége, kétszer nyírt kapcsolat esetén pedig a középső elem vastagsága.



Az előfúrás kötelező, ha

- a faanyag karakterisztikus testsűrűsége nagyobb, mint 500 kg/m^3
- a szeg átmérője nagyobb, mint 8 mm

Az előfúrt lyuk átmérője ne legyen nagyobb, mint a szegátmérő $0,8$ -szorososa.

Huzalszegek képlékeny határnyomatékának karakterisztikus értéke min 600 N/mm^2 húzószilárdság esetén: $M_{y,Rk} = 0,3 f_u \cdot d^{2,6}$ (lásd táblázatban a 36. oldalon)

ahol $M_{y,Rk}$ a képlékeny határnyomaték karakterisztikus értéke Nmm-ben

d a szeg átmérője mm-ben

f_u a huzal húzószilárdsága N/mm^2 -ben

Négyszögkeresztmetű vagy hornyolt szegeknél: A d átmérő az oldalméret,

$$M_{y,Rk} = 0,45 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

A beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke 8 mm szegátmérőig természetes fa, RR-fa és LVL esetén: (lásd táblázatban a 37. oldalon)

előfúrás nélküli szegezés esetén: $f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$

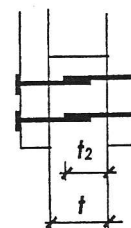
előfúrt szegezés esetén: $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$

ahol: ρ_k a faanyag testsűrűségének karakterisztikus értéke kg/m^3 -ben

d a szeg átmérője mm-ben

A beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke 8 mm szegátmérő felett:
a csavarokra vonatkozó szabályok szerint.

3-elemű kapcsolatban a szegek átfedhetnek a középső elembe,
feltéve, hogy $(t-t_2) > 4 \cdot d$



Rostirányban 1 sorban egymás után elhelyezett szegek esetén -
hacsak a sor szegei nincsenek az ábra szerinti módon legalább $1 \cdot d$
távolságra eltolva - a rostirányú teherbírást az alábbiak szerint
számított n_{ef} effektív elemszámmal kell meghatározni:

$$n_{ef} = n^{k_{ef}} \quad \text{ahol } n_{ef} \text{ az effektív szegszám az adott sorban}$$

n a tényleges szegszám az adott sorban

k_{ef} pedig az alábbi táblázat szerint

Szegettávolság	k_{ef}	
	Előfúrás nélkül	Előfúrással
$a_1 \geq 14 \cdot d$	1,0	1,0
$a_1 = 10 \cdot d$	0,85	0,85
$a_1 = 7 \cdot d$	0,7	0,7
$a_1 = 4 \cdot d$	-	0,5

Legalább 2 szeg legyen minden kapcsolatban.

Fa és fa szegezett kapcsolata

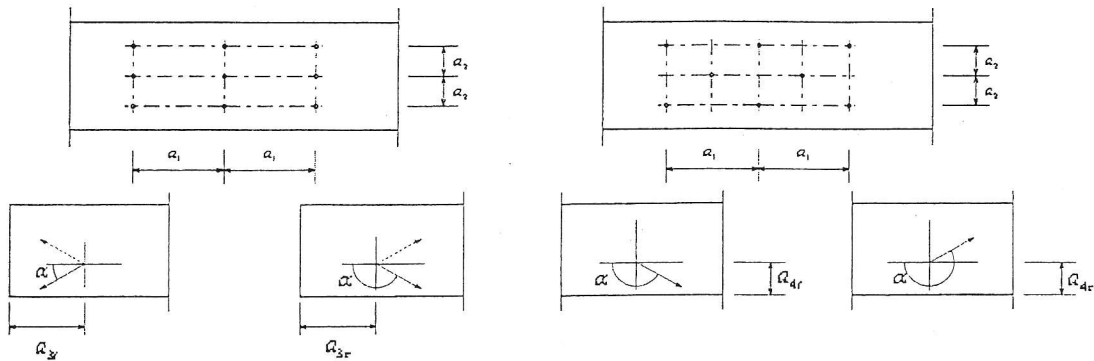
A szegcsúcs minimális behatolási mélysége

Síma felületű huzalszegek esetén: $8 \cdot d$

Más (nem síma) szegek esetén: $6 \cdot d$

A szegelrendezés legkisebb távolságai:

(lásd még összefoglaló táblázatban a 44-45. oldalon)



Távolságok (a fenti ábra szerint)	α	Szegezés előfúrás nélkül		Szegezés előfúrással
		$\rho_k \leq 420$ kg/m ³	$420 < \rho_k \leq 500$ kg/m ³	
a_1 (rostirányban egymástól)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5$ mm esetén: $(5+5 \cos\alpha)d$ $d \geq 5$ mm esetén: $(5+7 \cos\alpha)d$	$(7+8 \cos\alpha)d$	$(4+3 \cos\alpha)d$
a_2 (rostirányra merőlegesen egymástól)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3+ \sin\alpha)d$
$a_{3,l}$ (terhelt végtől)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10+5\cos\alpha)d$	$(15+5\cos\alpha)d$	$(7+5\cos\alpha)d$
$a_{3,c}$ (terheletlen végtől)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
$a_{4,l}$ (terhelt széltől)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5$ mm esetén: $(5+2 \sin\alpha)d$ $d \geq 5$ mm esetén: $(5+5\sin\alpha)d$	$d < 5$ mm esetén: $(7+2 \sin\alpha)d$ $d \geq 5$ mm esetén: $(7+5\sin\alpha)d$	$d < 5$ mm esetén: $(3+2 \sin\alpha)d$ $d \geq 5$ mm esetén: $(5+5\sin\alpha)d$
$a_{4,c}$ (terheletlen széltől)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$(7+5\sin\alpha)d$ $7d$	$(3+4\sin\alpha)d$ $3d$

Előfúrást kell alkalmazni, ha a faelemek vastagsága kisebb, mint

$$t_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 7d \\ \frac{(13d - 30)}{400} \rho_k \end{array} \right.$$

- ahol:
- t_{\min} az előfúrást nem igénylő minimális elemvastagság mm-ben
 - ρ_k a faanyag testsűrűségének karakterisztikus értéke kg/m³-ben
 - d a szeg átmérője mm-ben

Az előfúrt lyuk átmérője ne legyen nagyobb, mint a szegátmérő 0,8-szorosa.

Faalapú anyag és fa szegezett kapcsolata

A szegek minimális távolsága egymástól: a a fa és fa kapcsolatára vonatkozó táblázati érték **0,85**-szöröse lehet.

A szegek minimális távolsága elemvégtől és elemszélről a fa és fa kapcsolatára vonatkozó táblázati értékkel azonos. (Kivéve rétegelt lemeznél, ahol a min. távolság terheletlen végtől vagy szélről $3d$, terhelt végtől vagy szélről $(3+4\sin\alpha)$ lehet.)

A beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke legalább $2d$ fejméretű szegeknél:

Rétegelt lemez esetén: $f_{h,k} = 0,11 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$

Kemény farostlemez (EN 622-2) esetén: $f_{h,k} = 30 \cdot d^{-0,3} \cdot t^{0,6}$

Faforgácslap és OSB esetén: $f_{h,k} = 65 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{0,1}$

ahol: ρ_k a rétegelt lemez testsűrűségének karakterisztikus értéke kg/m^3 -ben
 d a szeg átmérője mm-ben
 t a lemeztvastagság mm-ben

Acél és fa szegezett kapcsolata

A szegek minimális távolsága egymástól: a fa és fa kapcsolatára vonatkozó táblázati érték **0,7**-szerese lehet.

A szegek minimális távolsága elemvégtől és elemszélről a fa és fa kapcsolatára vonatkozó táblázati értékkel azonos.

Tengelyirányban terhelt szegek

Síma felületű szegek nem alkalmazhatóak tartós vagy hosszú időtartamú tengelyirányú terhek felvételére.

A bütübe vert szegek nem alkalmasak tengelyirányú erők átadására.

Bordás (menetes) szegeknél csak a bordázott szakasz vehető figyelembe a tengelyirányú erők átadására.

A kihúzóerő teherbírási karakterisztikus értéke

Nem síma szegeknél:

Síma szegeknél:

$$F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ f_{head,k} \cdot d_h^2 \end{cases}$$

$$F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ f_{ax,k} \cdot d \cdot t + f_{head,k} \cdot d_h^2 \end{cases}$$

Ahol $f_{ax,k}$ a kihúzóerő szilárdság karakterisztikus értéke
 $f_{head,k}$ a szegfej áthúzóerő szilárdságának karakterisztikus értéke
 d a szeg átmérője
 t_{pen} a szegcsúcs felőli behatolási mélység vagy a bordás (menetes) rész hossza a szegcsúcs felőli elemen
 t a szegfejnél lévő faelem vastagsága
 d_h a szegfej átmérője

Az $f_{ax,k}$ és $f_{head,k}$ értéke:

Nem síma szegeknél:

Kísérletekkel

határozandók meg!

Síma szegeknél:

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

$$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

ahol: ρ_k a testsűrűség kar. értéke kg/m^3 -ben

A t_{pen} behatolási mélység min. értéke:

Nem síma szegeknél:

$t_{pen,min} = 6d$, de $t_{pen} < 8d$ esetén

a kihúzóerő teherbírást

$(t_{pen} / 2d - 3)$ értékkel

szorozni kell

Síma szegeknél:

$t_{pen,min} = 8d$, de $t_{pen} < 12d$ esetén

a kihúzóerő teherbírást

$(t_{pen} / 4d - 2)$ értékkel

szorozni kell

Tengelyirányban és keresztirányban is terhelt szegek

Keresztirányú és tengelyirányú terhek kombinációjával ($F_{ax,Ed}$ és $F_{v,Ed}$) igénybe vett szegekre az alábbi feltételeket kell kielégíteni:

Nem síma szegeknél:

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1$$

Síma szegeknél:

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}}\right) + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right) \leq 1$$

ahol $F_{ax,Rd}$ ill. $F_{v,Rd}$ a kihúzóadási ill. a keresztirányú teherbírásstervezési értékei

Tűzőkapcsos kapcsolatok

Általában a szegekre vonatkozó előírások érvényesek.

Tűzőkapcsok szárankénti képlékeny határnyomatékának karakterisztikus értéke min. 800 N/mm² húzószilárdság esetén: $M_{y,Rk} = 240 \cdot d^{2,6}$

ahol $M_{y,Rk}$ a képlékeny határnyomaték karakterisztikus értéke Nmm-ben

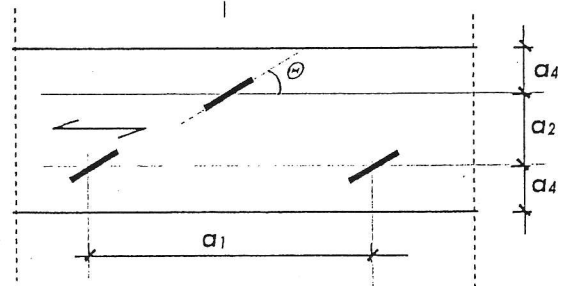
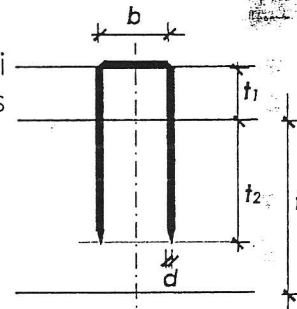
d a szeg átmérője mm-ben

Egy tűzőkapocs keresztirányú teherbírása 2 db, a tűzőkapocs száraival azonos átmérőjű szeg teherbírásával azonosnak tekinthető, amennyiben a kapocshát és a rostirány közötti θ szög nagyobb mint 30°. $\theta \leq 30^\circ$ esetén a teherbírást 0,7-tel kell szorozni.

A kapocshát hossza (b) legalább $6d$, a szárcsúcs behatolási mélysége (t_2) legalább $14d$ legyen. Legalább 2 tűzőkapocs legyen minden kapcsolatban.

A tűzőkapocs-elrendezés legkisebb távolságai:

(lásd még összefoglaló táblázatban a 44-45. oldalon)



Távolságok jele és elnevezése	α	Távolságok min. értéke
a_1 (rostirányban egymástól)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$\theta \geq 30^\circ$ esetén: $(10 + 5 \cos \alpha) d$ $\theta < 30^\circ$ esetén: $(15 + 5 \cos \alpha) d$
a_2 (rostirányra merőlegesen egymástól)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$15d$
$a_{3,t}$ (terhelt végtől)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(15 + 5 \cos \alpha) d$
$a_{3,c}$ (terheletlen végtől)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$15d$
$a_{4,t}$ (terhelt széltől)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(10(*) + 5 \sin \alpha) d$
$a_{4,c}$ (terheletlen széltől)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$10d$

(*) Az EUROCODE-ban tévesen 15!

Huzalszegek képlékeny határnyomatékának karakterisztikus értéke

$f_u=600$ N/mm² esetén: $M_{y,k}=0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$

d [mm]	2	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
$M_{y,k}$ [10 ⁴ Nmm]	0,109	0,140	0,195	0,262	0,341	0,434	0,579	0,751	0,952	1,18	1,51	1,90	2,34	2,83	3,39	4,01

Az n_{ef} hatékony szegszám rostirányban egymás után elhelyezett

n db szeg és rostirányú erő esetén:

$$n_{ef} = n^{k_{ef}}$$

ahol k_{ef} a $k_{ef}(a_1/d)$ táblázat értékeinek lineáris interpolációjával adódik

a_1/d	k_{ef}
≥ 14	1,0
10	0,85
7	0,7
4	0,5

n_{ef}	a_1/d (k_{ef})											
	4 (0,5)	5 (0,567)	6 (0,633)	7 (0,7)	8 (0,75)	9 (0,8)	10 (0,85)	11 (0,887)	12 (0,925)	13 (0,962)	14 (1)	
2	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2	
3	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3	
4	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4	
5	2,2	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,2	4,4	4,7	5	
6	2,4	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	4,9	5,2	5,6	6	
7	2,6	3,0	3,4	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,0	6,5	7	
8	2,8	3,2	3,7	4,3	4,8	5,3	5,9	6,3	6,8	7,4	8	
9	3,0	3,5	4,0	4,7	5,2	5,8	6,5	7,0	7,6	8,3	9	
10	3,2	3,7	4,3	5,0	5,6	6,3	7,1	7,7	8,4	9,2	10	
11	3,3	3,9	4,6	5,4	6,0	6,8	7,7	8,4	9,2	10,1	11	
12	3,5	4,1	4,8	5,7	6,4	7,3	8,3	9,1	10,0	10,9	12	
13	3,6	4,3	5,1	6,0	6,8	7,8	8,8	9,7	10,7	11,8	13	
14	3,7	4,5	5,3	6,3	7,2	8,3	9,4	10,4	11,5	12,7	14	
15	3,9	4,6	5,6	6,7	7,6	8,7	10,0	11,1	12,2	13,6	15	
16	4,0	4,8	5,8	7,0	8,0	9,2	10,6	11,7	13,0	14,4	16	
17	4,1	5,0	6,0	7,3	8,4	9,6	11,1	12,4	13,7	15,3	17	
18	4,2	5,1	6,2	7,6	8,7	10,1	11,7	13,0	14,5	16,2	18	
19	4,4	5,3	6,5	7,9	9,1	10,5	12,2	13,6	15,2	17,0	19	
20	4,5	5,5	6,7	8,1	9,5	11,0	12,8	14,3	16,0	17,9	20	
21	4,6	5,6	6,9	8,4	9,8	11,4	13,3	14,9	16,7	18,7	21	
22	4,7	5,8	7,1	8,7	10,2	11,9	13,8	15,5	17,4	19,6	22	
23	4,8	5,9	7,3	9,0	10,5	12,3	14,4	16,2	18,2	20,4	23	
24	4,9	6,1	7,5	9,3	10,8	12,7	14,9	16,8	18,9	21,3	24	
25	5,0	6,2	7,7	9,5	11,2	13,1	15,4	17,4	19,6	22,2	25	

A beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke a faanyag minősége és a huzalszeg átmérője függvényében, előfúrás nélküli szegezésnél

$$f_{h,0,k}[N/mm^2]=0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{0,3}$$

$f_{h,0,k}$ [N/mm ²]	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL32c	GL32h	GL36c	GL36h	KERTO -S,Q	KERTO -T
ρ_k [kg/m ³]	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	530	560	590	650	700	900	350	380	410	430	450	480	410			
d [mm]	2	19,3	20,6	21,3	22,0	22,6	23,3	24,6	25,3	26,6	28,0						23,3	25,3	27,3	28,6	30,0	32,0	27,3			
	2,2	18,8	20,1	20,7	21,4	22,0	22,7	23,9	24,6	25,9	27,2							22,7	24,6	26,5	27,8	29,1	31,1	26,5		
	2,5	18,1	19,3	19,9	20,6	21,2	21,8	23,0	23,7	24,9	26,2							21,8	23,7	25,5	26,8	28,0	29,9	25,5		
	2,8	17,5	18,7	19,3	19,9	20,5	21,1	22,3	22,9	24,1	25,3							21,1	22,9	24,7	25,9	27,1	28,9	24,7		
	3,1	16,9	18,1	18,7	19,3	19,9	20,4	21,6	22,2	23,4	24,5							20,4	22,2	23,9	25,1	26,3	28,0	23,9		
	3,4	16,5	17,6	18,2	18,7	19,3	19,9	21,0	21,6	22,7	23,9							19,9	21,6	23,3	24,4	25,6	27,3	23,3		
	3,8	15,9	17,0	17,6	18,1	18,7	19,2	20,3	20,9	22,0	23,1							19,2	20,9	22,5	23,6	24,7	26,4	22,5		
	4,2	15,5	16,5	17,1	17,6	18,1	18,7	19,7	20,3	21,3	22,4							18,7	20,3	21,9	22,9	24,0	25,6	21,9		
	4,6	15,0	16,1	16,6	17,1	17,6	18,2	19,2	19,7	20,8	21,8							18,2	19,7	21,3	22,3	23,3	24,9	21,3		
	5	14,7	15,7	16,2	16,7	17,2	17,7	18,7	19,2	20,2	21,3							17,7	19,2	20,7	21,8	22,8	24,3	20,7		
	5,5	14,3	15,2	15,7	16,2	16,7	17,2	18,2	18,7	19,7	20,7							17,2	18,7	20,2	21,1	22,1	23,6	20,2		
	6	13,9	14,9	15,3	15,8	16,3	16,8	17,7	18,2	19,2	20,1							16,8	18,2	19,6	20,6	21,6	23,0	19,6		
	6,5	13,6	14,5	15,0	15,4	15,9	16,4	17,3	17,8	18,7	19,6							16,4	17,8	19,2	20,1	21,0	22,4	19,2		
	7	13,3	14,2	14,6	15,1	15,6	16,0	16,9	17,4	18,3	19,2							16,0	17,4	18,8	19,7	20,6	22,0	18,8		
	7,5	13,0	13,9	14,3	14,8	15,2	15,7	16,6	17,0	17,9	18,8							15,7	17,0	18,4	19,3	20,2	21,5	18,4		
	8	12,7	13,6	14,1	14,5	14,9	15,4	16,3	16,7	17,6	18,5							15,4	16,7	18,0	18,9	19,8	21,1	18,0		

(kötelező előfúrás)

A beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke a faanyag minősége és a huzalszeg átmérője függvényében, előfúrt szegezésnél

$$f_{h,0,k}[N/mm^2]=0,082 \cdot (1-0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$f_{h,0,k}$ [N/mm ²]	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL32c	GL32h	GL36c	GL36h	KERTO -S,Q	KERTO -T
ρ_k [kg/m ³]	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	530	560	590	650	700	900	350	380	410	430	450	480	410			
d [mm]	2	23,3	24,9	25,7	26,5	27,3	28,1	29,7	30,5	32,1	33,8	42,6	45,0	47,4	52,2	56,3	72,3	28,1	30,5	32,9	34,6	36,2	38,6	32,9		
	2,2	23,3	24,9	25,7	26,5	27,3	28,1	29,7	30,5	32,1	33,7	42,5	44,9	47,3	52,1	56,1	72,2	28,1	30,5	32,9	34,5	36,1	38,5	32,9		
	2,5	23,2	24,8	25,6	26,4	27,2	28,0	29,6	30,4	32,0	33,6	42,4	44,8	47,2	52,0	56,0	72,0	28,0	30,4	32,8	34,4	36,0	38,4	32,8		
	2,8	23,1	24,7	25,5	26,3	27,1	27,9	29,5	30,3	31,9	33,5	42,2	44,6	47,0	51,8	55,8	71,7	27,9	30,3	32,7	34,3	35,9	38,3	32,7		
	3,1	23,0	24,6	25,4	26,2	27,0	27,8	29,4	30,2	31,8	33,4	42,1	44,5	46,9	51,6	55,6	71,5	27,8	30,2	32,6	34,2	35,8	38,1	32,6		
	3,4	23,0	24,6	25,3	26,1	26,9	27,7	29,3	30,1	31,7	33,3	42,0	44,4	46,7	51,5	55,4	71,3	27,7	30,1	32,5	34,1	35,6	38,0	32,5		
	3,8	22,9	24,5	25,2	26,0	26,8	27,6	29,2	30,0	31,6	33,1	41,8	44,2	46,5	51,3	55,2	71,0	27,6	30,0	32,3	33,9	35,5	37,9	32,3		
	4,2	22,8	24,4	25,1	25,9	26,7	27,5	29,1	29,9	31,4	33,0	41,6	44,0	46,3	51,1	55,0	70,7	27,5	29,9	32,2	33,8	35,4	37,7	32,2		
	4,6	22,7	24,3	25,0	25,8	26,6	27,4	28,9	29,7	31,3	32,9	41,5	43,8	46,2	50,8	54,8	70,4	27,4	29,7	32,1	33,6	35,2	37,5	32,1		
	5	22,6	24,1	24,9	25,7	26,5	27,3	28,8	29,6	31,2	32,7	41,3	43,6	46,0	50,6	54,5	70,1	27,3	29,6	31,9	33,5	35,1	37,4	31,9		
	5,5	22,5	24,0	24,8	25,6	26,3	27,1	28,7	29,4	31,0	32,5	41,1	43,4	45,7	50,4	54,2	69,7	27,1	29,4	31,8	33,3	34,9	37,2	31,8		
	6	22,4	23,9	24,7	25,4	26,2	27,0	28,5	29,3	30,8	32,4	40,9	43,2	45,5	50,1	54,0	69,4	27,0	29,3	31,6	33,1	34,7	37,0	31,6		
	6,5	22,2	23,8	24,5	25,3	26,1	26,8	28,4	29,1	30,7	32,2	40,6	42,9	45,2	49,8	53,7	69,0	26,8	29,1	31,4	33,0	34,5	36,8	31,4		
	7	22,1	23,6	24,4	25,2	25,9	26,7	28,2	29,0	30,5	32,0	40,4	42,7	45,0	49,6	53,4	68,6	26,7	29,0	31,3	32,8	34,3	36,6	31,3		
	7,5	22,0	23,5	24,3	25,0	25,8	26,5	28,1	28,8	30,3	31,9	40,2	42,5	44,8	49,3	53,1	68,3	26,5	28,8	31,1	32,6	34,1	36,4	31,1		
	8	21,9	23,4	24,1	24,9	25,6	26,4	27,9	28,7	30,2	31,7	40,0	42,2	44,5	49,0	52,8	67,9	26,4	28,7	30,9	32,4	33,9	36,2	30,9		

3.1.4 Csavarozott, acélhengeres és facsavaros kapcsolatok

Csavarozott kapcsolatok

Csavarok képlékeny határnyomatékának karakterisztikus értéke:

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} \cdot d^{2,6} \quad (\text{lásd táblázatban a 36. oldalon})$$

ahol $M_{y,Rk}$ a képlékeny határnyomaték karakterisztikus értéke Nmm-ben

d a szeg átmérője mm-ben

$f_{u,k}$ a huzal húzószilárdságának karakterisztikus értéke N/mm²-ben

A beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke a rostokkal α szöget bezáró erő esetén (30 mm átmérőig, természetes fa, RR-fa és LVL esetén):

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$$\text{ahol } k_{90} = \begin{cases} 1,35 + 0,015 \cdot d & \text{"C" és "GL" esetén} \\ 1,30 + 0,015 \cdot d & \text{"LVL" esetén} \\ 0,90 + 0,015 \cdot d & \text{"D" esetén} \end{cases}$$

$f_{h,0,k}$ a rostokkal párhuzamos beágyazási szilárdság kar. értéke N/mm² -ben

ρ_k a fa testsűrűségének kar. értéke kg/m³-ben

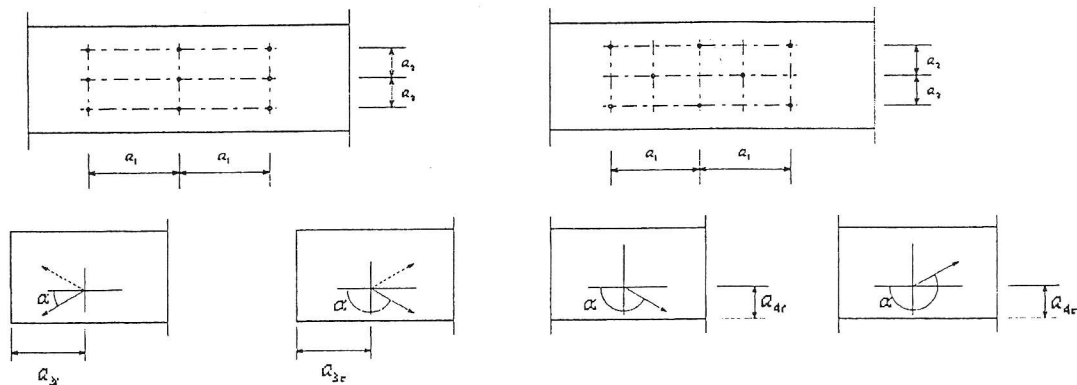
α az erő és a rostirány közti szög

d a csavarátmérő mm-ben

(lásd táblázatokban a 42-43. oldalon)

A csavarelrendezés legkisebb távolságai:

(lásd még összefoglaló táblázatban a 44-45. oldalon)



Távolság az ábra szerint	α	minimum
a_1 (rostirányban egymástól)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha)d$
a_2 (rostirányra merőlegesen egymástól)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
$a_{3,t}$ (terhelt végtől)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80\text{mm})$
$a_{3,c}$ (terheletlen végtől)	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$	$\max[(1 + 6\sin \alpha)d; 4d]$
	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	$4d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(1 + 6\sin \alpha)d; 4d]$
$a_{4,t}$ (terhelt széltől)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2\sin \alpha)d; 3d]$
$a_{4,c}$ (terheletlen széltől)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

Rostirányban egymás után elhelyezett n csavar és rostirányú erő esetén a teherbírást az n_{ef} hatékony csavarszám alkalmazásával kell meghatározni, ahol:

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right.$$

ahol: a_1 a csavarok közti távolság rostirányban

d a csavarátmérő

n az egy sorban (rostirányban) elhelyezett csavarok száma

(lásd táblázatban a 42.oldalon)

Rostokra merőleges erő esetén $n_{ef}=n$

Ha $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ akkor $n_{ef, \alpha}$ lineáris interpolációval határozható meg $n_{ef, \alpha=0}$ és $n_{ef, \alpha=90}=n$ között, illetve igazolni kell, hogy az $n_{ef}=n_{ef, \alpha=0}$ alkalmazásával számított rostirányú teherbírás nagyobb, mint a terhelő erő rostirányú komponense.

A csavarnak fűrt lyuk átmérője legfeljebb 1 mm-rel lehet nagyobb a csavarátmérőnél. Acéllemezes kapcsolathoz az acéllemezbe fűrt lyuk átmérője legfeljebb 2 mm-el (vagy $0,1d$ -vel, ha ez a nagyobb) lehet nagyobb a csavarátmérőnél).

A csavaralátétek minimális átmérője vagy oldalhossza $3d$, minimális vastagsága $0,3d$. Az alátétnek teljes felületén érintkeznie kell a fával.

Húzóerővel terhelt csavarok tengelyirányú teherbírása a csavar húzási teherbírása és az alátét (vagy acéllemez) alatti pecsétnyomási teherbírás közül a kisebb. Az alátétnél ill. acéllemeznel a rostokra merőleges nyomószilárdság karakterisztikus értéke $3,0 \cdot f_{c,90,k}$. (Vagyis $k_{c,90,alátét}=3$.) Acéllemez esetén csavaronként egy darab egyenértékű kör alakú alátéttel számolhatunk, amelynek átmérője nem nagyobb, mint $4d$ (ahol d a csavarátmérő) és nem nagyobb, mint $12t$ (ahol t az acéllemez vastagsága).

Acélhengeres kapcsolatok

Általában a csavarozott kapcsolatokra vonatkozó szabályok érvényesek.

t_1 a szélső faelemek vastagsága vagy az acélhenger behatolása a szélső elemekbe.

Az acélhenger-elrendezés legkisebb távolságai:

(lásd még összefoglaló táblázatban a 44-45. oldalon)

Távolság az ábra szerint	α	minimum
a_1 (rostirányban egymástól)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3+2 \cos\alpha)d$
a_2 (rostirányra merőlegesen egymástól)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$
$a_{3,t}$ (terhelt végtől)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80\text{mm})$
$a_{3,c}$ (terheletlen végtől)	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$	$\max[(a_{3,t} \sin\alpha)d; 3d]$
	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	$3d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(a_{3,t} \sin\alpha)d; 3d]$
$a_{4,t}$ (terhelt széltől)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2+2\sin\alpha)d; 3d]$
$a_{4,c}$ (terheletlen széltől)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

Az acélhengerek mérettűrése $-0/+0,1$ mm legyen. Az előfűrt lyuk átmérője ne legyen nagyobb az acélhenger átmérőjénél.

Facsavaros kapcsolatok

Keresztirányban terhelt facsavarok

6 mm átmérő felett ($d > 6\text{mm}$) a sima szárszakasszal rendelkező facsavarokra a csavarokra (átmenőcsavarokra) vonatkozó szabályok érvényesek.

6 mm vagy kisebb átmérő esetén ($d \leq 6\text{mm}$) a sima szárszakasszal rendelkező facsavarokra a szegekre vonatkozó szabályok érvényesek.

A menetes rész hatásának figyelembe vételére a d_{ef} hatásos csavarátmérő:

A szárátmérővel azonos ($d_{ef} = d_{szár}$), ha

- a menetes rész külső átmérője azonos a szárátmérővel
- a sima szárszakasz benyúlása a csúcsot tartalmazó elembe nem kisebb, mint $4d$

A magátmérő 1,1-szerese ($d_{ef} = 1,1d_{mag}$), ha a fenti feltételek nem teljesülnek.

Nem szükséges előfúrás sima szárszakasszal rendelkező 6 mm-nél nem nagyobb facsavarok és puhafa ("C" ill. "GL") esetén.

Előfúrás szükséges keményfa ("D") esetén minden facsavarhoz, puhafa ("C" ill. "GL") esetén a 6 mm-nél nagyobb átmérőjű facsavarokhoz, az alábbiak szerint:

Az előfúrt lyuk előírt átmérője:

A sima szárszakasznak fúrt lyuk átmérője legyen azonos a szárátmérővel, mélysége legyen azonos a sima szárszakasz hosszával.

A menetes részhez fúrt vezetőlyuk átmérője a szárátmérő kb. 70 %-a legyen 500 kg-nál nagyobb testsűrűségű faanyag esetén az előfúrás átmérőjét kísérletekkel kell meghatározni.

Tengelyirányban terhelt facsavarok

Az alábbi főnkremeneteli módokat ill. teherbírásokat kell figyelembe venni:

A menetes rész kihúzóadási teherbírása

Acéllemezes kapcsolatnál a csavarfej lenyíródása

Fa-fa kapcsolatnál a csavarfej áthúzóadási

A csavar húzási teherbírása

Acéllemezes kapcsolatnál főnkremenetel az együttdolgozó csavarok csoportjának kerülete mentén

A facsavarok kihúzóási teherbírásának karakterisztikus értéke:

$$F_{\alpha,\alpha,Rk} = n_{ef} \cdot (\pi \cdot d \cdot \ell_{ef})^{0,8} \cdot f_{\alpha,\alpha,k}$$

- ahol $F_{\alpha,\alpha,Rk}$ a rostiránnyal α szöget bezáró kihúzóási teherbírás kar. értéke
 n_{ef} a hatékony csavarszám
 d a menetes rész külső átmérője
 ℓ_{ef} a csúcs behatolási mélysége egy átmérőnyi értékkel csökkentve
 $f_{\alpha,\alpha,k}$ a rostiránnyal α szöget bezáró kihúzóási szilárdság kar. értéke

A rostirányra merőleges kihúzóási szilárdság karakterisztikus értéke:

$$f_{\alpha,k} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_k^{1,5}$$

- ahol $f_{\alpha,k}$ a rostirányra merőleges kihúzóási szilárdság kar. értéke
 ρ_k a testsűrűség kar. értéke kg/m^3 – ben

A rostiránnyal α szöget bezáró kihúzóási szilárdság kar. értéke:

$$f_{\alpha,\alpha,k} = \frac{f_{\alpha,k}}{\sin^2 \alpha + 1,5 \cdot \cos^2 \alpha}$$

- ahol α a húzóerő és a rostirány közti szög
 $f_{\alpha,\alpha,k}$ a rostiránnyal α szöget bezáró kihúzóási szilárdság kar. értéke
 $f_{\alpha,k}$ a rostirányra merőleges kihúzóási szilárdság kar. értéke

A csavarfej áthúzóási teherbírását kísérletekkel kell meghatározni.

Facsavarok együttdolgozó csoportjánál, melyeket a csavarszárral párhuzamos erő illetve erőkomponens terhel az n_{ef} effektív csavarszámot az alábbiak szerint kell meghatározni:

$$n_{ef} = n^{0,9}$$

- ahol n_{ef} az effektív csavarszám
 n az együttdolgozó csavarok száma

Tengelyirányban és keresztirányban is terhelt facsavarok

Keresztirányú és tengelyirányú terhek kombinációjával ($F_{\alpha,Ed}$ és $F_{v,Ed}$) igénybe vett facsavarokra az alábbi feltételt kell kielégíteni:

$$\left(\frac{F_{\alpha,Ed}}{F_{\alpha,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

Az $\alpha=0^\circ$ -hoz tartozó beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke a faanyag minősége és a csavar átmérője függvényében

$$f_{h,0,k}[\text{N/mm}^2]=0,082 \cdot (1-0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$f_{h,0,k}$ [N/mm ²]	"C"										"D"							"GL"					"LVL"			
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL32c	GL32h	GL36c	GL36h	KERTO-S-Q (LVL)	KERTO-T (LVL)
ρ_k [kg/m ³]	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	530	560	590	650	700	900	350	380	410	430	450	480	410			
d [mm]	8	21,9	23,4	24,1	24,9	25,6	26,4	27,9	28,7	30,2	31,7	40,0	42,2	44,5	49,0	52,8	67,9	26,4	28,7	30,9	32,4	33,9	36,2	30,9		
	10	21,4	22,9	23,6	24,4	25,1	25,8	27,3	28,0	29,5	31,0	39,1	41,3	43,5	48,0	51,7	66,4	25,8	28,0	30,3	31,7	33,2	35,4	30,3		
	12	20,9	22,4	23,1	23,8	24,5	25,3	26,7	27,4	28,9	30,3	38,2	40,4	42,6	46,9	50,5	64,9	25,3	27,4	29,6	31,0	32,5	34,6	29,6		
	14	20,5	21,9	22,6	23,3	24,0	24,7	26,1	26,8	28,2	29,6	37,4	39,5	41,6	45,8	49,4	63,5	24,7	26,8	8,9	30,3	31,7	33,8	8,9		
	16	20,0	21,4	22,0	22,7	23,4	24,1	25,5	26,2	27,6	28,9	36,5	38,6	40,6	44,8	48,2	62,0	24,1	26,2	28,2	29,6	31,0	33,1	28,2		
	18	19,5	20,8	21,5	22,2	22,9	23,5	24,9	25,6	26,9	28,2	35,6	37,7	39,7	43,7	47,1	60,5	23,5	25,6	27,6	28,9	30,3	32,3	27,6		
	20	19,0	20,3	21,0	21,6	22,3	23,0	24,3	24,9	26,2	27,6	34,8	36,7	38,7	42,6	45,9	59,0	23,0	24,9	26,9	28,2	29,5	31,5	26,9		
	24	18,1	19,3	19,9	20,6	21,2	21,8	23,1	23,7	24,9	26,2	33,0	34,9	36,8	40,5	43,6	56,1	21,8	23,7	25,6	26,8	28,0	29,9	25,6		
	27	17,4	18,6	19,2	19,8	20,4	21,0	22,1	22,7	23,9	25,1	31,7	33,5	35,3	38,9	41,9	53,9	21,0	22,7	24,5	25,7	26,9	28,7	24,5		
	30	16,6	17,8	18,4	18,9	19,5	20,1	21,2	21,8	23,0	24,1	30,4	32,1	33,9	37,3	40,2	51,7	20,1	21,8	23,5	24,7	25,8	27,6	23,5		

Csavarok képlékeny határnyomatékának karakterisztikus értéke:

$$M_{y,k}=0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

A hatékony csavarszám rostirányban egymás után elhelyezett n csavar és rostirányú erő esetén:

$$n_{ef}=n^{0,9} \cdot (a_1/13d)^{0,25}$$

d [mm]	f_u [N/mm ²]				
	300	400	500	600	800
$M_{y,k}$ [10 ⁴ Nmm]	3.6	4.6	5.6	6.6	8.8
8	2,01	2,67	3,34	4,01	5,35
10	3,58	4,78	5,97	7,17	9,55
12	5,76	7,67	9,59	11,5	15,3
14	8,59	11,5	14,3	17,2	22,9
16	12,2	16,2	20,3	24,3	32,4
18	16,5	22,0	27,5	33,0	44,0
20	21,7	29,0	36,2	43,4	57,9
24	34,9	46,5	58,2	69,8	93,1
27	47,4	63,2	79,0	94,8	126
30	62,3	83,1	104	125	166

n	n_{ef}	a_1/d										
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
n	2	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9
	3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8
	4	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6
	5	3,4	3,5	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,3	4,4
	6	3,9	4,1	4,3	4,4	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2
	7	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,4	5,5	5,6	5,8	5,9	6,0
	8	5,1	5,4	5,6	5,8	5,9	6,1	6,2	6,4	6,5	6,6	6,7
	9	5,7	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	6,9	7,1	7,2	7,4	7,5
	10	6,3	6,5	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	7,9	8,1	8,2
	11	6,8	7,1	7,4	7,7	7,9	8,1	8,3	8,5	8,7	8,8	9,0
	12	7,4	7,7	8,0	8,3	8,5	8,8	9,0	9,2	9,4	9,5	9,7

Az α szöghöz tartozó beágyazási szilárdság ($f_{h,\alpha,k} = k_{h,\alpha} \cdot f_{h,0,k}$) számításához

$k_{h,\alpha}$ értékei α és d függvényében faanyag-típusonként

“C” $k_{h,\alpha} = 1 / [(1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha]$

C és GL		α																		
$k_{h,\alpha}$		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
d [mm]	8	1,00	1,00	0,99	0,97	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84	0,81	0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,68
	10	1,00	1,00	0,99	0,97	0,94	0,92	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,68	0,67	0,67	0,67
	12	1,00	1,00	0,98	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65
	14	1,00	1,00	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,84	0,81	0,78	0,75	0,73	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,64
	16	1,00	1,00	0,98	0,96	0,94	0,90	0,87	0,84	0,80	0,77	0,74	0,72	0,69	0,67	0,66	0,64	0,64	0,63	0,63
	18	1,00	1,00	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87	0,83	0,80	0,76	0,73	0,71	0,68	0,66	0,65	0,63	0,62	0,62	0,62
	20	1,00	1,00	0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,82	0,79	0,75	0,72	0,70	0,67	0,65	0,64	0,62	0,61	0,61	0,61
	24	1,00	0,99	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85	0,81	0,77	0,74	0,71	0,68	0,65	0,63	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58
	27	1,00	0,99	0,98	0,95	0,92	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,69	0,66	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	0,57	0,57
	30	1,00	0,99	0,98	0,95	0,91	0,87	0,83	0,79	0,75	0,71	0,68	0,65	0,63	0,60	0,59	0,57	0,56	0,56	0,56

“GL” és “LVL” $1 / [(1,30 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha]$

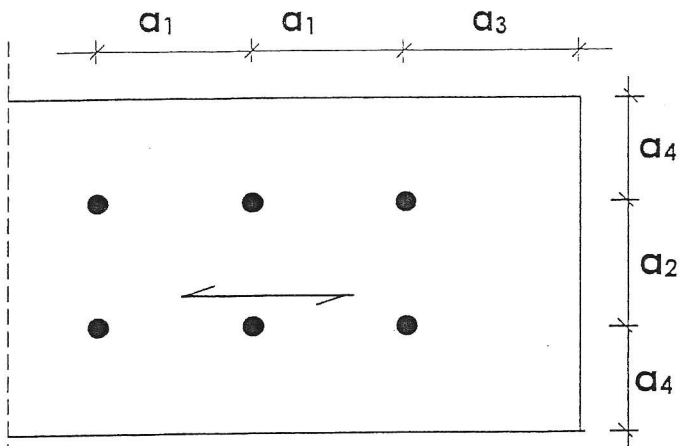
LVL		α																		
$k_{h,\alpha}$		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
d [mm]	8	1,00	1,00	0,99	0,97	0,95	0,93	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80	0,78	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70
	10	1,00	1,00	0,99	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,84	0,82	0,79	0,77	0,75	0,73	0,72	0,70	0,70	0,69	0,69
	12	1,00	1,00	0,99	0,97	0,95	0,92	0,89	0,86	0,83	0,81	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,69	0,68	0,68	0,68
	14	1,00	1,00	0,98	0,97	0,94	0,92	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,75	0,72	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,66
	16	1,00	1,00	0,98	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	0,69	0,68	0,66	0,66	0,65	0,65
	18	1,00	1,00	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,65	0,64	0,64	0,64
	20	1,00	1,00	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87	0,84	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,63	0,63	0,63
	24	1,00	1,00	0,98	0,96	0,93	0,89	0,86	0,82	0,79	0,75	0,72	0,69	0,67	0,65	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60
	27	1,00	0,99	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85	0,81	0,77	0,74	0,71	0,68	0,65	0,63	0,62	0,60	0,59	0,59	0,59
	30	1,00	0,99	0,98	0,95	0,92	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,69	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	0,57	0,57

“D” $k_{h,\alpha} = 1 / [(0,90 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha] \cdot 000$

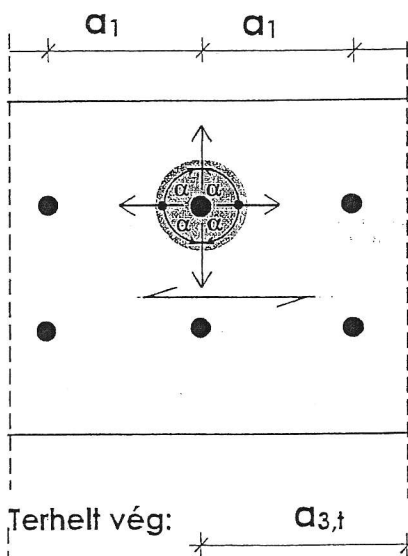
D		α																		
$k_{h,\alpha}$		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
d [mm]	8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	10	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95
	12	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	14	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,90
	16	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88
	18	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,86	0,85
	20	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83	0,83
	24	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,85	0,84	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	0,79
	27	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,77	0,77
	30	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,78	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74

3.1.5 Csap típusú kapcsolóelemek szerkesztési szabályainak összefoglaló táblázata

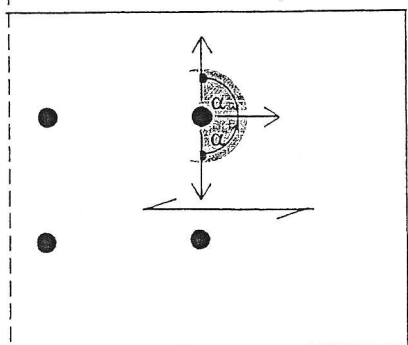
A túloldalon a csap típusú kapcsolóelemek elhelyezésének könnyebb tervezhetősége érdekében megadjuk a szerkesztési szabályok egyszerűsített összefoglaló táblázatát. Táblázatunkban a jobb áttekinthetőség érdekében az α szögét az EUROCODE-ban közöltéktől eltérően, nem az elemvég felé mutató rostiránnyal párhuzamos irányvektorhoz viszonyítva, hanem a rostokkal bezárt 90° -nál nem nagyobb szöggént értelmeztük. Így nincs szükség sem 90° -nál nagyobb szögek, sem az abszolútértékek használatára, fontos viszont a terhelt ill. terheletlen elemvég és elemszél helyes értelmezése az alábbi ábrásor szerint.



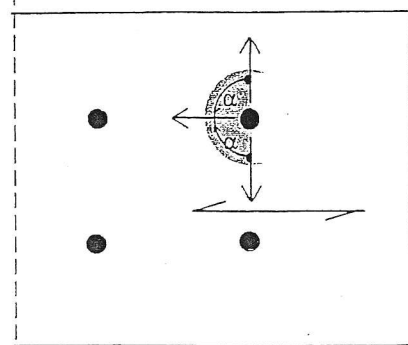
Kapcsolaton belül
rostirányban:



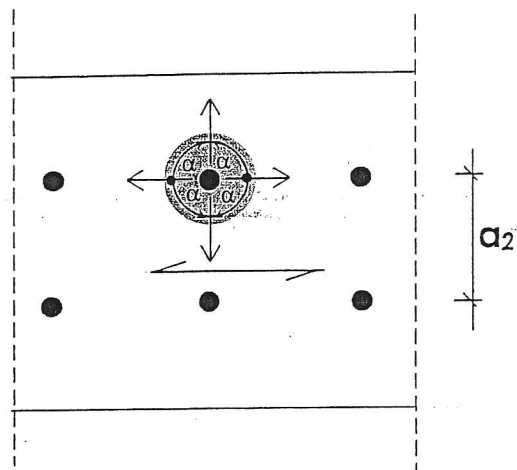
Terhelt vég: $a_{3,t}$



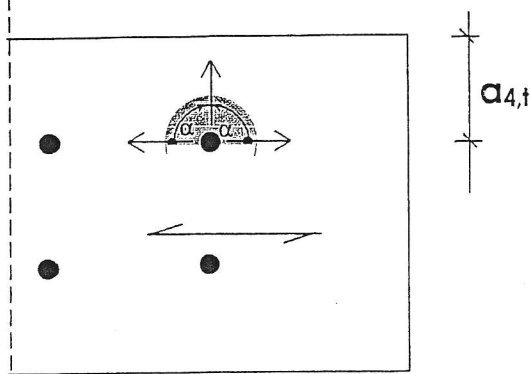
Terheletlen vég: $a_{3,c}$



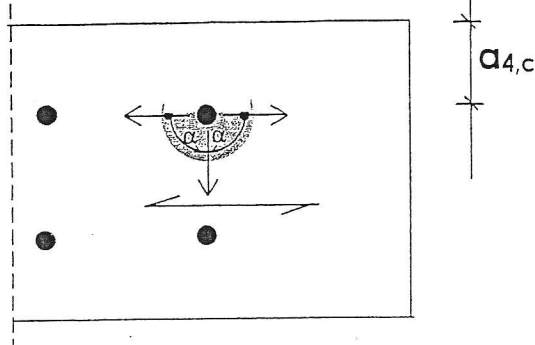
Kapcsolaton belül
rostirányra merőlegesen:



Terhelt szél:



Terheletlen szél:



3.2 Gyűrűk és tárcsák

3.2.1 A gyűrűk és a beeresztéssel elhelyezendő tárcsák méretezése

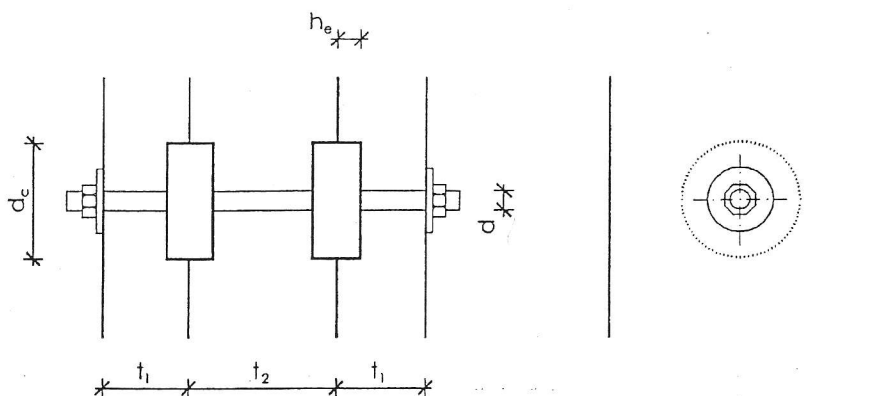
A gyűrűk és a beeresztéssel elhelyezendő tárcsák teherbírásának karakterisztikus értéke:

$$F_{v,0,Rk} = \min. \begin{cases} k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot (35 \cdot d_c^{1,5}) \\ k_1 \cdot k_3 \cdot h_e \cdot (31,5 \cdot d_c) \end{cases} \quad [\text{N}]$$

ahol: d_c a külső átmérő és
 h_e a behatolási mélység mm-ben.

A k_1 tényező értéke:

$$k_1 = \min. \begin{cases} 1,0 \\ \frac{t_1}{3 \cdot h_e} \\ \frac{t_2}{5 \cdot h_e} \end{cases}$$



A külső fák vastagsága: $t_1 \geq 2,25h_e$, a középső fa vastagsága: $t_2 \geq 3,75h_e$ legyen.

A k_2 tényező értéke: Csak terhelt elemvégnél alkalmazandó, ha $-30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$

$$k_2 = \min. \begin{cases} k_\alpha \\ \frac{a_{3,t}}{2 \cdot d_c} \end{cases}$$

ahol:

$$k_\alpha = \begin{cases} 1,25 & \text{amennyiben nyírt síkonként csak egy kötőelem helyezkedik el} \\ 1,00 & \text{amennyiben nyírt síkonként egynél több kötőelem helyezkedik el} \end{cases}$$

$a_{3,t}$ a kötőelem távolsága a terhelt elemvégtől

A k_3 tényező értéke:

$$k_3 = \min. \begin{cases} 1,75 \\ \rho_k / 350 \end{cases}$$

ahol ρ_k a faanyag testsűrűségének karakterisztikus értéke [kg/m^3]

A k_4 tényező értéke:

$$k_4 = \begin{cases} 1,0 & \text{fa-fa kapcsolat esetén} \\ 1,1 & \text{acél-fa kapcsolat esetén} \end{cases}$$

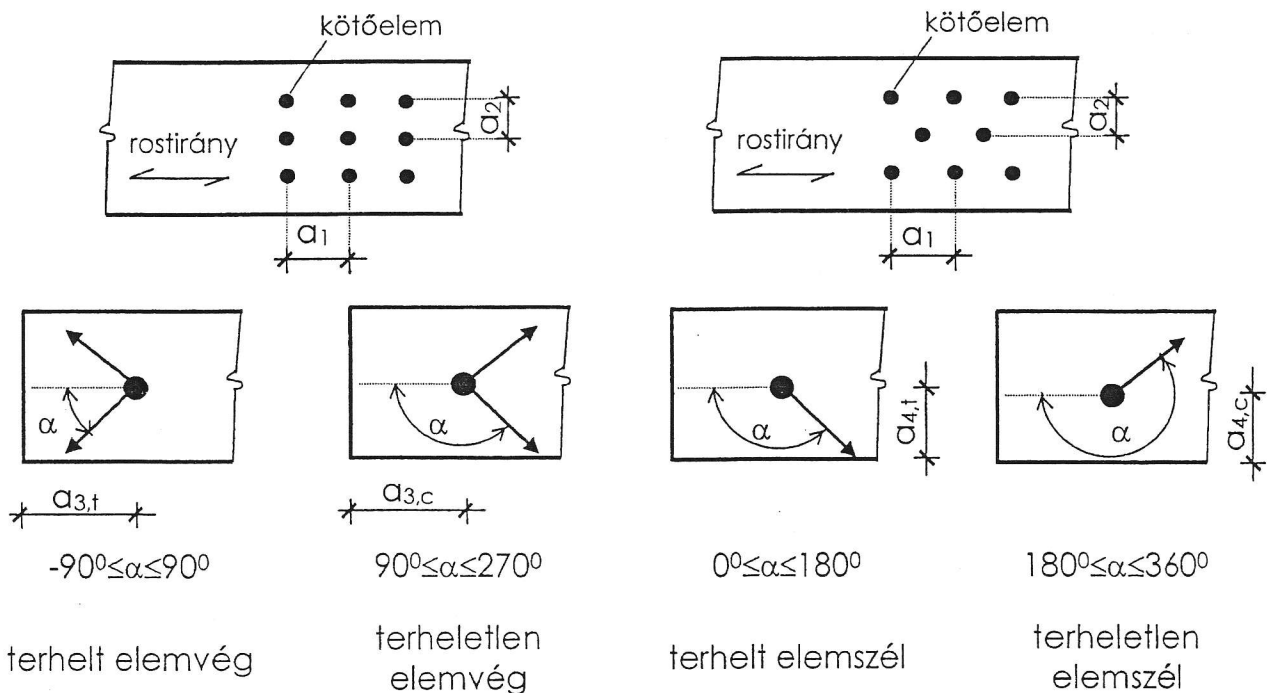
A faelem rostirányával α szöget bezáró erő esetén:

$$F_{v,\alpha,RK} = \frac{F_{v,0,RK}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

ahol: $k_{90} = 1,3 + 0,001 \cdot d_c$ és
 d_c [mm].

A gyűrűk és a beeresztéssel elhelyezendő tárcsák szerkesztési szabályai:

Jel	Meghatározás	A rostokkal bezárt szög	Minimális távolságok
a_1	A kötőelemek távolsága egymástól rostirányban:	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
a_2	A kötőelemek távolsága a rostokra merőleges irányban:	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
$a_{3,t}$	A kötőelemek távolsága a terhelt elemvégtől:	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$1,5 \cdot d_c$
$a_{3,c}$	A kötőelemek távolsága a terheletlen elemvégtől:	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
		$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
		$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
$a_{4,t}$	A kötőelemek távolsága a terhelt elemszélről:	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
$a_{4,c}$	A kötőelemek távolsága a terheletlen elemszélről:	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0,6 \cdot d_c$



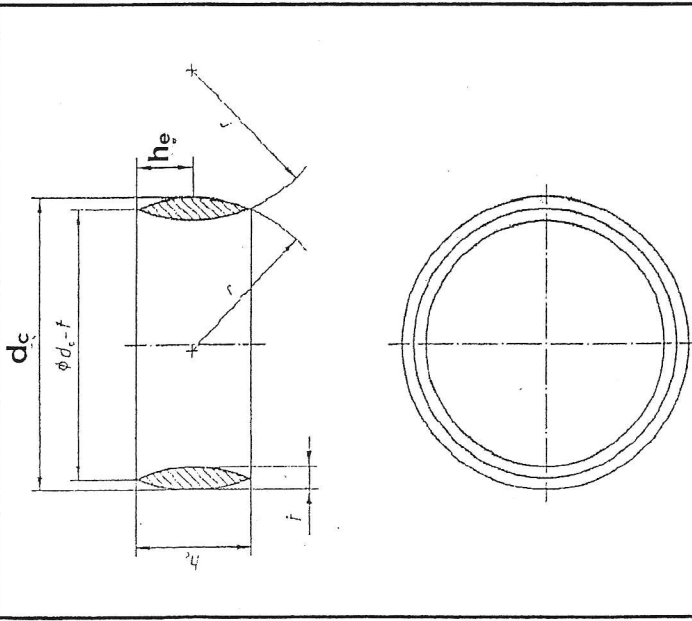
Amennyiben a rostiránnyal párhuzamosan egy sorban több kapcsolóelem helyezkedik el, rostirányú erő esetén a kapcsolat teherbírását a kapcsolóelemek n_{ef} száma alapján kell meghatározni:

$$n_{ef} = 2 + \left(1 - \frac{n}{20}\right) \cdot (n - 2)$$

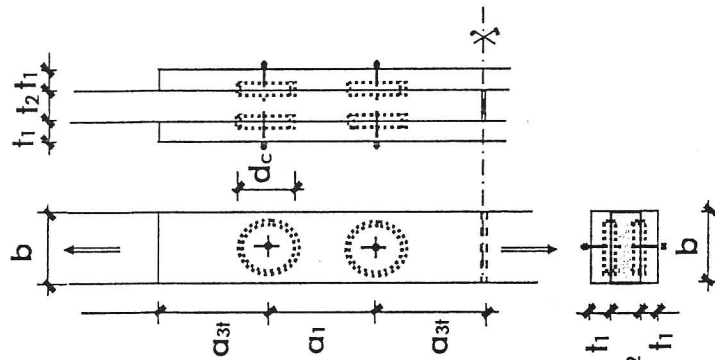
ahol n a kapcsolóelemek száma a rostiránnyal párhuzamosan.

"A" típusú zárt gyűrű (Appel-gyűrű) jellemző méretei és teherbírásának $F_{V,\alpha,RK}$ karakterisztikus értékei

A gyűrű fő méretei		Egyéb méretek			A fa elemek min. méretei [mm]					A teherbírás karakterisztikus értéke módosító tényezők nélküli α függvényében $F_{V,\alpha,RK}^0$ [kN]						
d_c [mm]	h_e [mm]	ΔA [mm ²]	h_c	t	r	d_b	b^{min} $1,2 \cdot d_c$	t_{1min}	t_{2min}	α_{3min}	$\leq 15^\circ$	$\leq 30^\circ$	$\leq 45^\circ$	$\leq 60^\circ$	$\leq 75^\circ$	$\leq 90^\circ$
65	15	980	30	5	50	12	78	$k_1=0,75$ $2,25 \cdot h_e$ 34	$k_1=0,75$ $3,75 \cdot h_e$ 56	$k_2=0,75$ $1,5 \cdot d_c$ 98	130	16,8	15,5	14,4	13,7	13,4
80	15	1200	30	6	50	12	96	34	75	120	160	25,0	21,0	19,5	18,5	18,1
95	15	1430	30	6	60	12	114	34	75	143	190	32,4	27,1	25,0	23,7	23,2
126	15	1890	30	6	60	12	151	34	75	189	252	49,5	40,8	37,5	35,4	34,7
128	22,5	2880	45	8	60	12	154	51	113	192	256	50,7	41,8	38,4	36,2	35,5
160	22,5	3600	45	10	60	16	192	51	113	240	320	70,8	57,6	52,7	49,6	48,5
190	22,5	4280	45	10	60	16	228	51	113	285	380	91,7	73,6	67,0	62,9	61,5



ΔA - egyenértékű gyengítés húzás esetén



$$F_{V,\alpha,RK} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot F_{V,\alpha,RK}^0 \text{ [kN]}$$

$k_1 = k_1(t_1, t_2)$ értéke megfelelően választott t_1 és t_2 esetén **1**

$k_2 = k_2(\alpha_{3l})$ értéke megfelelően választott α_{3l} esetén **1**
(egy síkon egy gyűrű és $\alpha < 30^\circ$ esetén **1,25** szorzó)

$$k_3 = k_3(\rho_k) = \rho_k / 350 \text{ (de max. 1,75)}$$

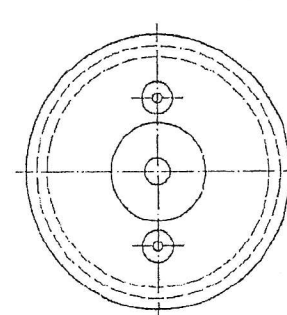
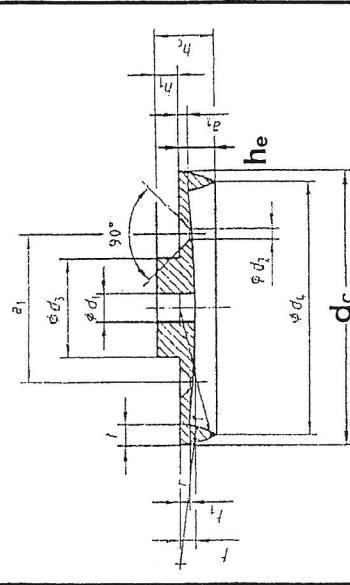
$$k_4 = 1 \text{ (fa-fa kapcsolat)}$$

$$n_{ef} = 2 + (1 - n/20) \cdot (n - 2)$$

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n_{ef}	2	2,85	3,6	4,25	4,8	5,25	5,6	5,85	6

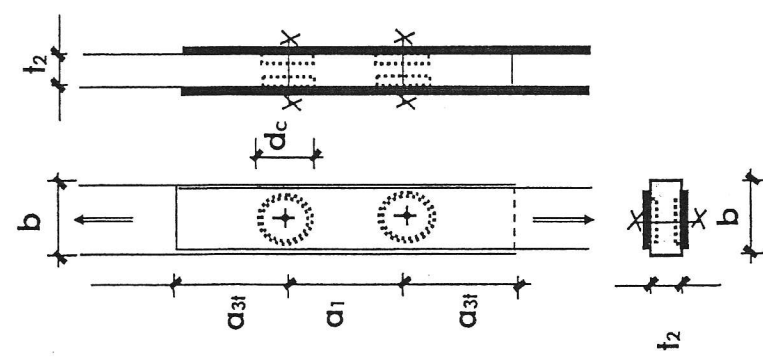
"B1" ípusú egyoldali tárcsa (Appel-tárcsa) jellemző méretei és teherbírásának $F_{V,\alpha,RK}$ karakterisztikus értékei

A tárcsa fő méretei		Egyéb méretek					
d_c [mm]	h_e [mm]	ΔA [mm ²]	h_c	t	d_1	d_2	d_3
65	15	980	23	5	13,0	6,5	22,5
80	15	1200	23	6	13,0	6,5	25,5
95	15	1430	23	6	13,0	6,5	33,5
128	22,5	2880	32,5	7,5	13,0	6,5	45
160	22,5	3600	34,5	9	16,5	6,5	50
190	22,5	4280	34,5	9	16,5	6,5	60



ΔA - egyenértékű gyengítés húzás esetén

A fa elemek min. méretei [mm]			
b_{min} $1,2 \cdot d_c$	t_{1min}	t_{2min}	a_{31min}
78	Nincs értelme	$k_1=0,75$ $3,75 \cdot h_e$	$k_2=0,75$ $1,5 \cdot d_c$
		$k_1=1,0$ $5 \cdot h_e$	$k_2=1,0$ $2 \cdot d_c$
96		56	98
114		56	120
154		84	143
192		84	192
228		84	240
		84	285



A teherbírás karakterisztikus értéke módosító tényezők nélkül						
$F_{V,RK}^0$ [kN]						
0°	≤15°	≤30°	≤45°	≤60°	≤75°	≤90°
18,3	17,9	16,8	15,5	14,4	13,7	13,4
25,0	24,4	22,9	21,0	19,5	18,5	18,1
32,4	31,6	29,5	27,1	25,0	23,7	23,2
50,7	49,3	45,8	41,8	38,4	36,2	35,5
70,8	68,7	63,5	57,6	52,7	49,6	48,5
91,7	88,8	81,7	73,6	67,0	62,9	61,5

$$F_{V,\alpha,RK} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot F_{V,\alpha,RK}^0 \text{ [kN]}$$

$k_1 = k_1(t_1, t_2)$ értéke megfelelően választott t_1 és t_2 esetén 1

$k_2 = k_2(a_{31})$ értéke megfelelően választott a_{31} esetén 1
(egy síkon egy tárcsa és $\alpha < 30^\circ$ esetén 1,25 szorzó)

$$k_3 = k_3(pk) = pk/350 \text{ (de max. 1,75)}$$

$$k_4 = 1,1 \text{ (fa-acél kapcsolat)}$$

$$n_{ef} = 2 + (1 - n/20) \cdot (n - 2)$$

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n_{ef}	2	2,85	3,6	4,25	4,8	5,25	5,6	5,85	6

3.2.2 A fogas tárcsák méretezése

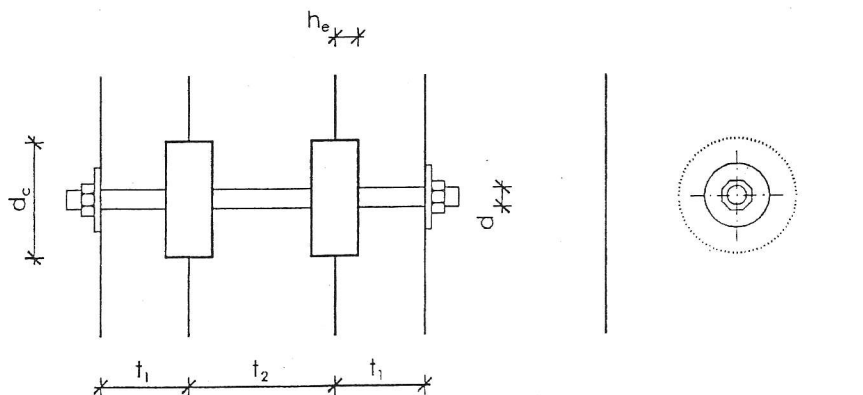
A fogas tárcsák teherbírásának karakterisztikus értéke:

$$F_{v,0,Rk} = \min. \begin{cases} 18 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot d_c^{1,5} & \text{egyoldalalás tárcsák esetén} \\ 25 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot d_c^{1,5} & \text{kétoldalalás tárcsák esetén} \end{cases}$$

ahol: d_c a tárcsa átmérője [mm] a C1, C10 és C11 típusú kapcsolóelemek esetén.

A k_1 tényező értéke:

$$k_1 = \min. \begin{cases} 1,0 \\ \frac{t_1}{3 \cdot h_e} \\ \frac{t_2}{5 \cdot h_e} \end{cases}$$



A külső fák vastagsága: $t_1 \geq 2,25h_e$, a középső fa vastagsága: $t_2 \geq 3,75h_e$ legyen.

A k_2 tényező értéke a „C1-C9” típusú kapcsolóelemek esetén:

$$k_2 = \min. \begin{cases} 1 \\ \frac{a_{3,t}}{1,5 \cdot d_c} \end{cases} \quad a_{3,t,\min} = \max \begin{cases} 1,1 \cdot d_c \\ 7 \cdot d \\ 80\text{mm} \end{cases}$$

ahol $a_{3,t}$ a kötőelem távolsága a terhelt elemvégtől,
 d_c a tárcsa külső átmérője,
 d a csavar átmérője.

A k_2 tényező értéke a „C10” és „C11” típusú kapcsolóelemek esetén:

$$k_2 = \min. \begin{cases} 1 \\ \frac{a_{3,t}}{2,0 \cdot d_c} \end{cases} \quad a_{3,t,\min} = \max \begin{cases} 1,5 \cdot d_c \\ 7 \cdot d \\ 80\text{mm} \end{cases}$$

ahol $a_{3,t}$ a kötőelem távolsága a terhelt elemvégtől,
 d_c a tárcsa külső átmérője,
 d a csavar átmérője.

A k_3 tényező értéke:

$$k_3 = \min. \begin{cases} 1,5 \\ \rho_k / 350 \end{cases}$$

ahol ρ_k a faanyag testsűrűségének karakterisztikus értéke [kg/m³]

A „C1-C9” típusú tárcsák elhelyezési szabályai:

Jel	Meghatározás	A rostokkal bezárt szög	Minimális távolságok
a ₁	A kötőelemek távolsága egymástól rostirányban:	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1,2 + 0,3 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
a ₂	A kötőelemek távolsága a rostokra merőleges irányban:	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
a _{3,t}	A kötőelemek távolsága a terhelt elemvégtől:	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$1,5 \cdot d_c$ (*)
a _{3,c}	A kötőelemek távolsága a terheletlen elemvégtől:	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$	$(0,9 + 0,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
		$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
		$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0,9 + 0,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
a _{4,t}	A kötőelemek távolsága a terhelt elemszélről:	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
a _{4,c}	A kötőelemek távolsága a terheletlen elemszélről:	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0,6 \cdot d_c$

(*)Az EUROCODE-ban tévesen $2 \cdot d_c$ szerepel.

A „C10” és „C11” típusú tárcsák elhelyezési szabályai:

Jel	Meghatározás	A rostokkal bezárt szög	Minimális távolságok
a ₁	A kötőelemek távolsága egymástól rostirányban:	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
a ₂	A kötőelemek távolsága a rostokra merőleges irányban:	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
a _{3,t}	A kötőelemek távolsága a terhelt elemvégtől:	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$2,0 \cdot d_c$
a _{3,c}	A kötőelemek távolsága a terheletlen elemvégtől:	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
		$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
		$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
a _{4,t}	A kötőelemek távolsága a terhelt elemszélről:	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
a _{4,c}	A kötőelemek távolsága a terheletlen elemszélről:	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0,6 \cdot d_c$

Megjegyzés:

Az 55. oldalon a 3.2.3. pontban a gyűrűk és tárcsák elhelyezésének könnyebb tervezhetősége érdekében megadjuk a szerkesztési szabályok egyszerűsített összefoglaló táblázatát.

"C1" típusú kétoldali tárcsa (Bulldog-tárcsa) jellemző méretei és teherbírásának $F_{V,RK}$ karakterisztikus értékei

A tárcsa fő méretei		Egyéb méretek				A fa elemek min. méretei [mm]				A teherbírás karakterisztikus értéke módosító tényezők nélkül				
d_c [mm]	h_e [mm]	ΔA [mm ²]	h_c	t	h_2	$n_{k\ddot{u}}s\ddot{o}$ fog/ $n_{b\ddot{e}}l\ddot{s}\ddot{o}$ fog	d_1	b^{min} $1,2 \cdot d_c$	t^{min} $k_1=0,75$ $2,25 \cdot h_e$		t_2^{min} $k_1=0,75$ $3,75 \cdot h_e$	a_{3t}^{min} $k_2=0,75$ $1,1 \cdot d_c$	a_{3t}^{min} $k_2=1,0$ $1,5 \cdot d_c$	$F_{V,RK}^0$ [kN]
50	6	170	13	1,00	-	24/-	17	60	14	18	23	30	75	
62	7,4	300	16	1,20	-	24/-	21	74	17	36	28	37	93	12,2
75	9,1	420	19,5	1,25	-	24/-	26	90	20	27	34	46	113	16,2
95	11,3	670	24	1,35	9,5	24/12	33	114	25	34	42	57	143	23,1
117	14,3	1000	30	1,50	12,5	24/12	48	140	32	43	54	72	176	31,6
140	14,7	1240	31	1,65	10,5	28/14	58	168	33	44	55	74	210	41,4
165	15,6	1490	33	1,80	11,0	32/16	68	198	35	47	59	78	248	53,0

h_e , t , d_c

t_1 , t_2 , a_1 , a_{3t} , b

(*) $a_{3t} \geq 80$ mm miatt
 $k_2 > 0,75$ és $a_{3t} > 1,1 d_c$

t_1 , t_2 , a_1 , a_{3t} , b

t_1 , t_2 , a_1 , a_{3t} , b

(*) $a_{3t} \geq 80$ mm miatt
 $k_2 > 0,75$ és $a_{3t} > 1,1 d_c$

t_1 , t_2 , a_1 , a_{3t} , b

t_1 , t_2 , a_1 , a_{3t} , b

(*) $a_{3t} \geq 80$ mm miatt
 $k_2 > 0,75$ és $a_{3t} > 1,1 d_c$

$$F_{V,RK} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot F_{V,RK}^0 \text{ [kN]}$$

$k_1 = k_1(t_1, t_2)$ értéke megfelelően választott t_1 és t_2 esetén 1

$k_2 = k_2(a_{3t})$ értéke megfelelően választott a_{3t} esetén 1

$$k_3 = k_3(\rho_k) = \rho_k / 350 \text{ (de max. 1,5)}$$

Az Eurocode3 nem ad n_{ef} -re vonatkozó előírást a "C" típus esetén. Javasoljuk az "A" és "B" típusra vonatkozó alábbi előírás betartását a "C" típus esetén is.

$$n_{ef} = 2 + (1 - n / 20) \cdot (n - 2)$$

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n_{ef}	2	2,85	3,6	4,25	4,8	5,25	5,6	5,85	6

ΔA - egyenértékű gyengítés húzás esetén

$$\phi \cdot d_c \geq 95$$

"C10" típusú kétoldali tárcsa (GEKA-tárcsa) jellemző méretei és teherbírásának $F_{V,RK}$ karakterisztikus értékei

A tárcsa fő méretei		Egyéb méretek				A fa elemek min. méretei [mm]				A teherbírás karakterisztikus értéke módosító tényezők nélkül			
d_c [mm]	h_e [mm]	ΔA [mm ²]	h_c	t	d_1	d_2	d_3	b_{min}	t_{1min}	t_{2min}	a_{31min}	$F_{V,RK}^0$ [kN]	
50	12	460	27	3,0	30,5	41	-	$1,2 \cdot d_c$	$k_1=0,75$ $2,25 \cdot h_e$	$k_1=0,75$ $3,75 \cdot h_e$	$k_2=0,75$ $1,5 \cdot d_c$		$k_2=1,0$ $2 \cdot d_c$
65	12	590	27	3,0	35,5	48	58	60	27	45	60	98	13,1
80	12	750	27	3,0	49,5	60	70	96	27	45	60	120	17,9
95	12	900	27	3,0	65,5	76	88	114	27	45	60	143	23,1
115	12	1040	27	3,0	85,5	95	108	138	27	45	60	173	30,8

15°

$F_{V,RK} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot F_{V,RK}^0$ [kN]

$k_1 = k_1(t_1, t_2)$ értéke megfelelően választott t_1 és t_2 esetén **1**

$k_2 = k_2(a_{3t})$ értéke megfelelően választott a_{3t} esetén **1**

$k_3 = k_3(pk) = pk/350$ (de max. 1,5)

Az Eurocode3 nem ad n_{ef} -re vonatkozó előírást a "C" típus esetén. Javasljuk az "A" és "B" típusra vonatkozó alábbi előírás betartását a "C" típus esetén is.

$n_{ef} = 2 + (1 - n/20) \cdot (n - 2)$

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n_{ef}	2	2,85	3,6	4,25	4,8	5,25	5,6	5,85	6

ΔA - egyenértékű gyengítés húzás esetén

"C11" típusú egyoldali tárcsa (GEKA-tárcsa) jellemző méretei és teherbírásának $F_{V,RK}$ karakterisztikus értékei

A tárcsa fő méretei		Egyéb méretek				A fa elemek min. méretei [mm]			A teherbírás karakterisztikus értéke módosító tényezők nélkül			
d_c [mm]	h_e [mm]	ΔA [mm ²]	h_c	t	d_1	d_2	d_3	b_{min} $1,2 \cdot d_c$	t_{2min} $k_1=0,75$ $3,75 \cdot h_e$	$k_2=0,75$ $1,5 \cdot d_c$	α_{3min} $k_2=1,0$ $2 \cdot d_c$	$F_{V,RK}^0$ [kN]
50	12	540	15	3,0	12,5	40	-	60	45	60	75	100
65	12	710	15	3,0	16,5	46	56	78	45	60	98	130
80	12	870	15	3,0	20,5	57	69	96	45	60	120	160
95	12	1070	15	3,0	24,5	64	84	114	45	60	143	190
115	12	1240	15	3,0	24,5	84	106	138	45	60	173	230

$F_{V,RK} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot F_{V,RK}^0$ [kN]

$k_1 = k_1(t_1, t_2)$ értéke megfelelően választott t_1 és t_2 esetén 1

$k_2 = k_2(a_{3f})$ értéke megfelelően választott a_{3f} esetén 1

$k_3 = k_3(\rho_k) = \rho_k / 350$ (de max. 1,5)

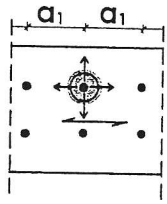
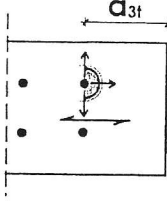
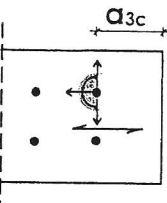
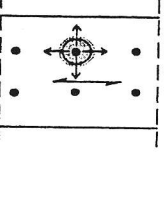
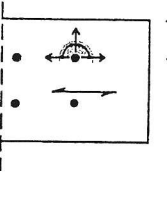
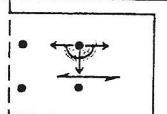
Az Eurocode3 nem ad n_{ef} -re vonatkozó előírást a "C" típus esetén. Javasoljuk az "A" és "B" típusra vonatkozó alábbi előírás betartását a "C" típus esetén is.

$n_{ef} = 2 + (1 - n/20) \cdot (n - 2)$

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n_{ef}	2	2,85	3,6	4,25	4,8	5,25	5,6	5,85	6

ΔA - egyenértékű gyengítés húzás esetén

3.2.3 Gyűrűk és tárcsák szerkesztési szabályainak összefoglaló táblázata

Gyűrűk és tárcsák minimális távolsága egymástól ill. a faelem végétől és szélétől „ a/d_c ” alakban		α	„A” és „B” típusok	„C1-C9” típusok	„C10” és „C11” típusok	
Rostiránnyal párhuzamosan	 <p>Egymástól - a_1</p>	0°	2	1,5	2	
		15°	1,2+0,8·cos α	1,2+0,3·cos α	1,2+0,8·cos α	2,0
		30°				1,9
		45°				1,8
		60°				1,6
		75°				1,4
		90°	1,2	1,2	1,2	
	 <p>Terhelt végétől - a_{3t}</p>	0°	2 (*) (de min. 80 mm)	1,5 (*) (de min. 80 mm és min. 7d _{csavar})	2 (de min. 80 mm és min. 7d _{csavar})	
		15°				
		30°				
		45°				
		60°				
		75°				
		90°				
	 <p>Terheletlen végétől - a_{3c}</p>	0°	1,2	1,2	1,2	
		15°	0,4+1,6sin α (de min. 1,2)	0,9+0,6sin α (de min. 1,2)	0,4+1,6sin α (de min. 1,2)	1,2
		30°				1,2
		45°				1,5
60°		1,8				
75°		1,9				
90°		2	1,5	2		
Rostirányra merőlegesen	 <p>Egymástól - a_2</p>	90°	1,2	1,2	1,2	
		75°				
		60°				
		45°				
		30°				
		15°				
	0°	0,8	0,8	0,8		
	 <p>Terhelt szélétől - a_{4t}</p>	90°	0,6+0,2sin α	0,6+0,2sin α	0,6+0,2sin α	
		75°				0,8
		60°				0,8
		45°				0,75
		30°				0,7
15°		0,65				
0°	0,6	0,6	0,6			
 <p>Terheletlen szélétől - a_{4c}</p>	90°-0°	0,6	0,6	0,6		

Megjegyzések:

Összefoglaló táblázatunkban a jobb áttekinthetőség érdekében az erő α szögét az EUROCODE-ban közöltektől eltérően, nem az elemvég felé mutató rostiránnyal párhuzamos irányvektorhoz viszonyítva, hanem a rostokkal bezárt 90°-nál nem nagyobb szöggként értelmeztük. Így nincs szükség sem 90°-nál nagyobb szögek, sem az abszolút-értékek használatára, fontos viszont a terhelt ill. terheletlen elemvég és elemszél helyes értelmezése.

A táblázat a_{3t} értékei a $k_2=1$ -hez tartozó értékek. A korábban k_2 definiálásánál részletezett módon $\alpha \leq 30^\circ$ esetén megengedett $a_{3t,min}$ csökkentése (max. 25 %-kal) a teherbírás arányos csökkentése ($0,75 \leq k_2 \leq 1,0$) mellett.

(*) A két jelölt érték az EUROCODE-ban tévesen, egymással felcserélve szerepel.

4. KÖZPONTOSAN HÚZOTT ÉS KÖZPONTOSAN NYOMOTT RUDAK

4.1 Húzás rostirányban

A következő feltételt kell teljesíteni:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

A keresztmetszet csökkentését figyelembe kell venni, kivéve, ha a csökkentést előfűrés nélküli, 6 mm-nél kisebb átmérőjű szeglyukak okozzák.

4.2 Nyomás rostirányban

A következő feltételt kell teljesíteni:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

A stabilitásvesztés lehetőségét is meg kell vizsgálni.

4.2.1 Nyomott rudak stabilitásvesztésének (kihajlásának) vizsgálata

A relatív karcsúsági tényezők értékei a következők:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\text{, ahol } \lambda_y = \frac{\ell_{ef,y}}{i_y}$$

$\ell_{ef,y}$ a kihajlási hossz

i_y az inerciasugár

(hasonlóan – az indexek értelemszerű cseréjével – számítható $\lambda_{rel,z}$ és λ_z)

Ha $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$ és $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$, akkor a stabilitásvesztés lehetőségét nem kell vizsgálni, elegendő a nyomott keresztmetszet vizsgálata a $\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$ összefüggés alapján.

Minden más esetben (ha bármelyik $\lambda_{rel} > 0,3$) a $\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,min} \cdot f_{c,0,d}$ feltételt kell teljesíteni

$$\text{, ahol } k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

(hasonlóan – az indexek értelemszerű cseréjével – számítható $k_{c,z}$ és k_z)

$$k_{c,min} = \min \begin{cases} k_{c,y} \\ k_{c,z} \end{cases}$$

β_c az egyenességi követelmény tényezője:

természetes faanyag esetén

$$\beta_c = 0,2$$

rétegelt-ragasztott és LVL faanyag esetén

$$\beta_c = 0,1$$

4.2.2 Nyomott rudak stabilitásvesztésének (kihajlásának) egyszerűsített vizsgálata

A λ_{rel} tényező számítása

A számítások megkönnyítésére és a hazai szakmai gyakorlatban meggyökeresedett módszerekhez való formai közelítés érdekében az EUROCODE képletein elvégezhetjük az alábbi azonos átalakításokat (az egyszerűség kedvéért az y és z indexek elhagyásával):

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E_{0,05}}{f_{c,0,k}}}} = \frac{\lambda}{\lambda_E}$$

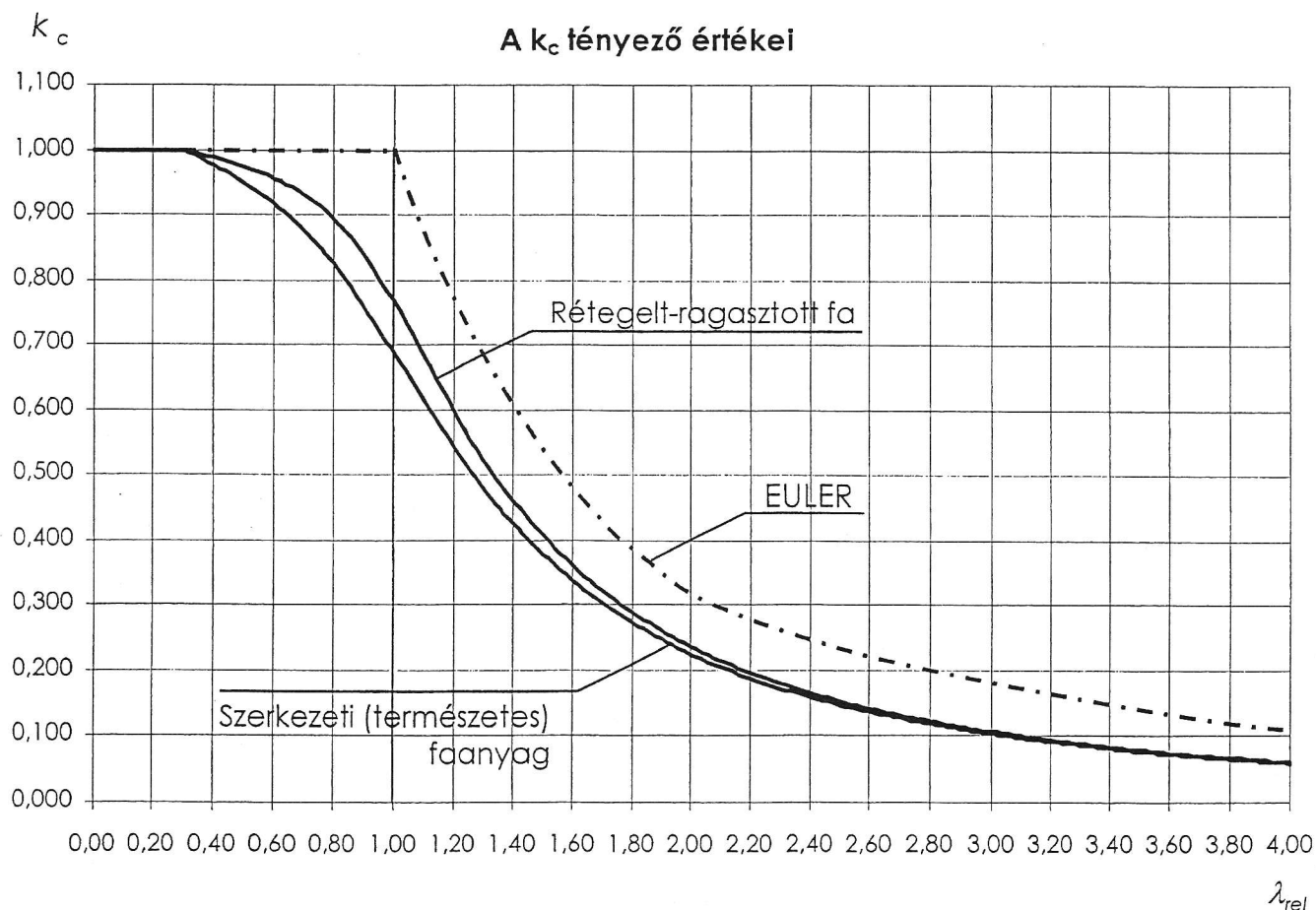
vagyis $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\lambda_E}$

, ahol $\lambda_E = \pi \cdot \sqrt{\frac{E_{0,05}}{f_{c,0,k}}}$

λ_E értéke – mivel csak az anyagjellemzőktől függ – szilárdsági osztályonként előre kiszámítható és táblázatba foglalható. (lásd 2.2.1 és 2.2.2 fejezet)

A k_c tényező számítása

$k_{c,min} = k_c \cdot (\lambda_{rel,max})$ tartalmilag azonos a szilárdságtanban használatos $\varphi_{min} = \varphi(\lambda_{max})$ illetve az „EUROCODE 3”-ban használatos $\chi_{min} = \chi(\lambda_{rel,max})$ kihajlási csökkentő tényezővel.



A központos nyomás k_c csökkentő tényezőjének értékei
szerkezeti (természetes) faanyag esetén

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$$

λ_{rel}	k_c
0,30	1,000
0,32	0,996
0,34	0,991
0,36	0,986
0,38	0,982
0,40	0,977
0,42	0,972
0,44	0,967
0,46	0,961
0,48	0,956
0,50	0,950
0,52	0,944
0,54	0,938
0,56	0,932
0,58	0,925
0,60	0,918
0,62	0,910
0,64	0,903
0,66	0,894
0,68	0,886
0,70	0,877
0,72	0,868
0,74	0,858
0,76	0,847
0,78	0,836
0,80	0,825
0,82	0,813
0,84	0,801
0,86	0,788
0,88	0,775
0,90	0,762
0,92	0,748
0,94	0,733
0,96	0,719
0,98	0,704
1,00	0,689

λ_{rel}	k_c
1,00	0,689
1,02	0,674
1,04	0,660
1,06	0,645
1,08	0,630
1,10	0,615
1,12	0,601
1,14	0,586
1,16	0,572
1,18	0,558
1,20	0,545
1,22	0,532
1,24	0,519
1,26	0,506
1,28	0,494
1,30	0,482
1,32	0,470
1,34	0,459
1,36	0,448
1,38	0,437
1,40	0,427
1,42	0,417
1,44	0,407
1,46	0,397
1,48	0,388
1,50	0,379
1,52	0,371
1,54	0,362
1,56	0,354
1,58	0,346
1,60	0,339
1,62	0,331
1,64	0,324
1,66	0,317
1,68	0,310
1,70	0,304

λ_{rel}	k_c
1,70	0,304
1,72	0,297
1,74	0,291
1,76	0,285
1,78	0,279
1,80	0,274
1,82	0,268
1,84	0,263
1,86	0,258
1,88	0,253
1,90	0,248
1,92	0,243
1,94	0,238
1,96	0,234
1,98	0,230
2,00	0,225
2,02	0,221
2,04	0,217
2,06	0,213
2,08	0,209
2,10	0,206
2,12	0,202
2,14	0,198
2,16	0,195
2,18	0,192
2,20	0,188
2,22	0,185
2,24	0,182
2,26	0,179
2,28	0,176
2,30	0,173
2,32	0,170
2,34	0,168
2,36	0,165
2,38	0,162
2,40	0,160

λ_{rel}	k_c
2,40	0,160
2,42	0,157
2,44	0,155
2,46	0,152
2,48	0,150
2,50	0,148
2,55	0,142
2,60	0,137
2,65	0,132
2,70	0,128
2,75	0,123
2,80	0,119
2,85	0,115
2,90	0,111
2,95	0,108
3,00	0,104
3,05	0,101
3,10	0,098
3,15	0,095
3,20	0,092
3,25	0,089
3,30	0,087
3,35	0,084
3,40	0,082
3,45	0,079
3,50	0,077
3,55	0,075
3,60	0,073
3,65	0,071
3,70	0,069
3,75	0,068
3,80	0,066
3,85	0,064
3,90	0,063
3,95	0,061
4,00	0,060

A központos nyomás k_c csökkentő tényezőjének értékei rétegelt-ragasztott faanyag és LVL termékek esetén

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$$

λ_{rel}	k_c
0,30	1,000
0,32	0,998
0,34	0,996
0,36	0,993
0,38	0,991
0,40	0,988
0,42	0,986
0,44	0,983
0,46	0,980
0,48	0,977
0,50	0,974
0,52	0,971
0,54	0,968
0,56	0,964
0,58	0,960
0,60	0,956
0,62	0,952
0,64	0,947
0,66	0,942
0,68	0,937
0,70	0,931
0,72	0,925
0,74	0,919
0,76	0,911
0,78	0,904
0,80	0,895
0,82	0,886
0,84	0,876
0,86	0,865
0,88	0,854
0,90	0,841
0,92	0,828
0,94	0,814
0,96	0,800
0,98	0,784
1,00	0,768

λ_{rel}	k_c
1,00	0,768
1,02	0,752
1,04	0,735
1,06	0,718
1,08	0,701
1,10	0,684
1,12	0,667
1,14	0,650
1,16	0,633
1,18	0,617
1,20	0,600
1,22	0,585
1,24	0,569
1,26	0,555
1,28	0,540
1,30	0,526
1,32	0,512
1,34	0,499
1,36	0,486
1,38	0,474
1,40	0,462
1,42	0,450
1,44	0,439
1,46	0,428
1,48	0,418
1,50	0,408
1,52	0,398
1,54	0,388
1,56	0,379
1,58	0,370
1,60	0,362
1,62	0,354
1,64	0,346
1,66	0,338
1,68	0,330
1,70	0,323

λ_{rel}	k_c
1,70	0,323
1,72	0,316
1,74	0,309
1,76	0,302
1,78	0,296
1,80	0,290
1,82	0,284
1,84	0,278
1,86	0,272
1,88	0,267
1,90	0,261
1,92	0,256
1,94	0,251
1,96	0,246
1,98	0,241
2,00	0,237
2,02	0,232
2,04	0,228
2,06	0,224
2,08	0,220
2,10	0,216
2,12	0,212
2,14	0,208
2,16	0,204
2,18	0,200
2,20	0,197
2,22	0,194
2,24	0,190
2,26	0,187
2,28	0,184
2,30	0,181
2,32	0,178
2,34	0,175
2,36	0,172
2,38	0,169
2,40	0,166

λ_{rel}	k_c
2,40	0,166
2,42	0,164
2,44	0,161
2,46	0,159
2,48	0,156
2,50	0,154
2,55	0,148
2,60	0,142
2,65	0,137
2,70	0,132
2,75	0,127
2,80	0,123
2,85	0,119
2,90	0,115
2,95	0,111
3,00	0,107
3,05	0,104
3,10	0,101
3,15	0,098
3,20	0,095
3,25	0,092
3,30	0,089
3,35	0,087
3,40	0,084
3,45	0,082
3,50	0,079
3,55	0,077
3,60	0,075
3,65	0,073
3,70	0,071
3,75	0,069
3,80	0,067
3,85	0,066
3,90	0,064
3,95	0,063
4,00	0,061

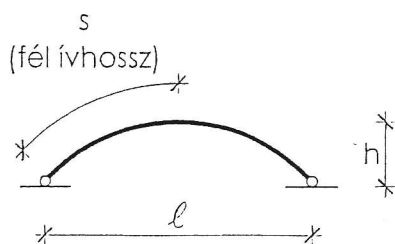
4.2.3 Az l_{ef} kihajlási hossz meghatározása

Az l_{ef} kihajlási hosszak meghatározására az EUROCODE 5 nem ad előírást, pontosabb számítás hiányában az alábbi táblázat szerinti kihajlási hosszokat vehetjük számításba, ahol $l_{ef} = \nu \cdot l$.

ν értéke az elemi szilárdságtan szerint	1,0	0,7	0,5	1,0	2,0	1,2
ν értéke fa esetében, a félmerev (rugalmas) kapcsolat közelítő figyelembevételével	1,0	0,8	0,65	1,2	2,2 (gyűrű, tárcsa) 2,4 (átmenőcsavar)	
ν értéke fa esetében, a félmerev (rugalmas) kapcsolat pontosabb figyelembevételével					$\sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l \cdot K_r}}$ (Itt K_r a kapcsolat elfordulási merevsége)	

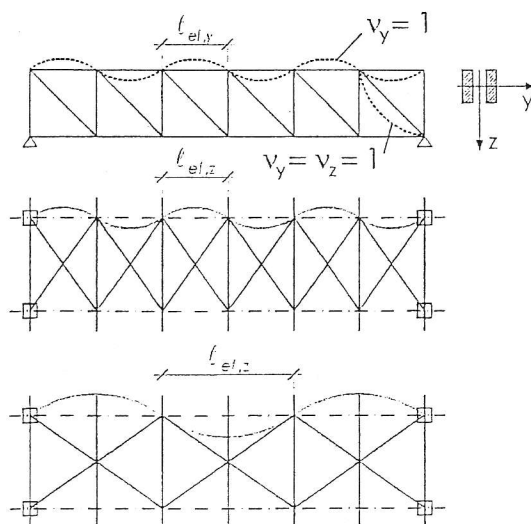
Két- és háromcsuklós ívek:

$$\text{Ha } 0,15 \leq \frac{h}{l} \leq 0,5 \quad \rightarrow \quad l_{ef} = 1,25 \cdot s$$

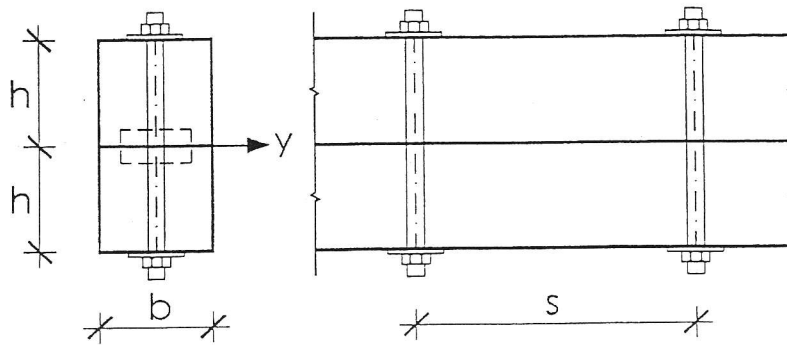


A normálerőt a méretezés során szabad a negyedpontokban fellépő normálerővel figyelembe venni.

Rácsostartók:



4.2.4 A téglalap keresztmészetű, kétszer szimmetrikus kialakítású, kétszelvényű rudak keresztmetszeti jellemzőinek meghatározásához használt α_I , α_W és α_F segédmenyiségek



$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A \cdot s}{K \cdot \ell^2}}$$

, ahol s a kapcsolóelemek osztásköze
 $K \left[\frac{N}{mm} \right]$ a csúszási merevség
 ℓ a rúd hossz

$$l_{ef,y} = \alpha_I \cdot l_{y0}$$

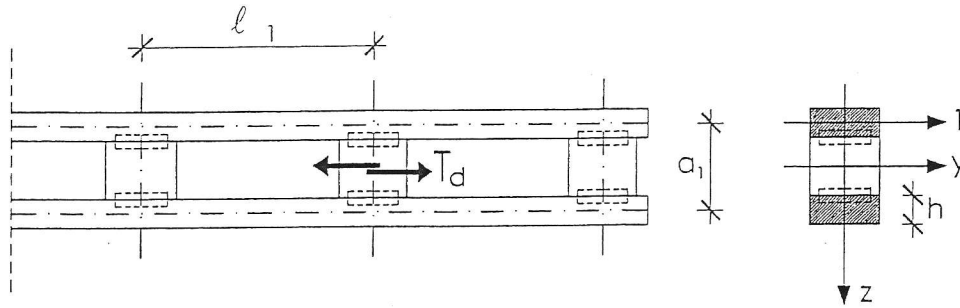
$$W_{ef,y} = \alpha_W \cdot W_{y0}$$

$$F_s = \alpha_F \cdot F_{s0}$$

A kötés fajtája	γ_1	$\alpha_I = \frac{1+7 \cdot \gamma_1}{4+4 \cdot \gamma_1}$	$\alpha_W = \frac{1+7 \cdot \gamma_1}{2+6 \cdot \gamma_1}$	$\alpha_F = \frac{4 \cdot (12 \cdot \gamma_1 + 12 \cdot \gamma_1^2)}{3 \cdot (2 + 16 \cdot \gamma_1 + 14 \cdot \gamma_1^2)}$
Összekapcsolás nélkül	0,00	0,25	0,50	0,00
	0,05	0,32	0,59	0,30
	0,10	0,39	0,65	0,47
	0,15	0,45	0,71	0,59
Átmenő csavar, fogas tárcsa *	0,20	0,50	0,75	0,67
	0,25	0,55	0,79	0,73
Gyűrű, peremes tárcsa, szeg, facsavar *	0,30	0,60	0,82	0,77
	0,35	0,64	0,84	0,81
	0,40	0,68	0,86	0,84
	0,45	0,72	0,88	0,87
	0,50	0,75	0,90	0,89
	0,55	0,78	0,92	0,91
	0,60	0,81	0,93	0,92
	0,65	0,84	0,94	0,94
	0,70	0,87	0,95	0,95
	0,75	0,89	0,96	0,96
	0,80	0,92	0,97	0,97
	0,85	0,94	0,98	0,98
	0,90	0,96	0,99	0,99
	0,95	0,98	0,99	0,99
Egyszelvényű, ragasztás	1,00	1,00	1,00	1,00

* Pontosabb számítás hiányában

4.2.5 Az osztott keresztmetszetű rudak számítása



$$\lambda_{ef,y} = \sqrt{\lambda_y^2 + \eta \cdot \frac{n}{2} \cdot \lambda_1^2} \quad \lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} \quad i_y = \sqrt{\frac{I_{tot,y}}{A_{tot}}} = \sqrt{i_1^2 + \left(\frac{a_1}{2}\right)^2}$$

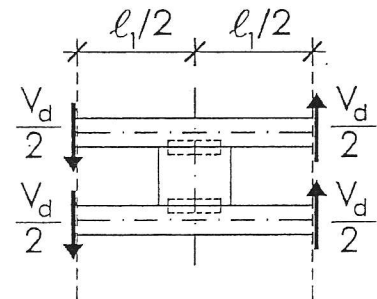
(de most $n=2$ és $n/2=1$)

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{i_1} \quad i_1 = \sqrt{\frac{h^2}{12}} \quad , \text{de } \lambda_1 \geq 30$$

η értékei	betétfás			hevederes	
	ragasztás	szeg	gyűrű, tárcsa	ragasztás	szeg
A teheridőtartam osztályai					
Állandó/ hosszú időtartamú	1	4	3,5	3	6
Közepes/ rövid időtartamú	1	3	2,5	2	4,5

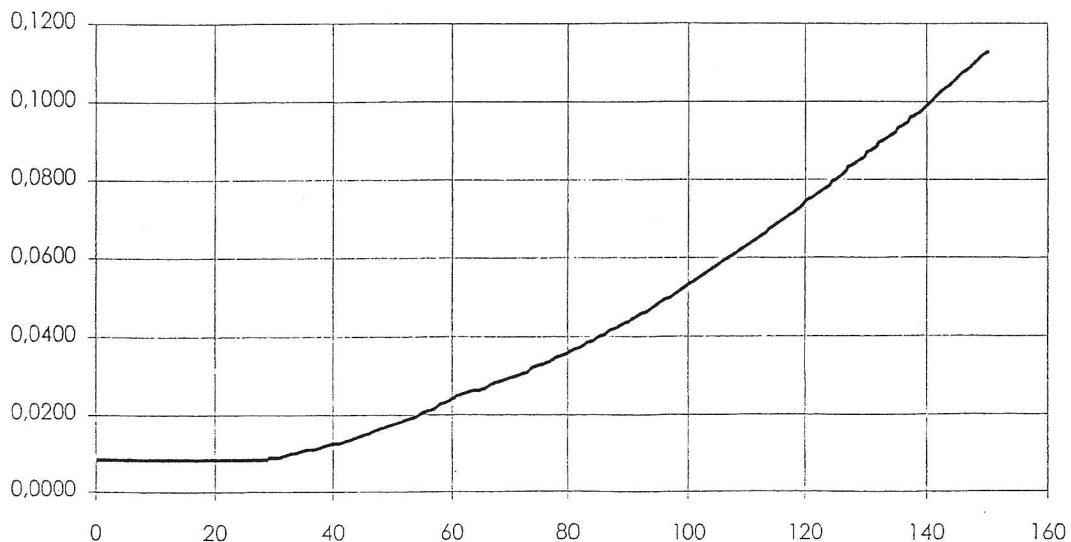
4.2.6 A V_d fiktív nyírőerő meghatározása

$$V_d = \begin{cases} \frac{F_{c,d}}{120 \cdot k_c} & , \text{ ha } \lambda_{ef} < 30 \\ \frac{F_{c,d} \cdot \lambda_{ef}}{3600 \cdot k_c} & , \text{ ha } 30 \leq \lambda_{ef} < 60 \\ \frac{F_{c,d}}{60 \cdot k_c} & , \text{ ha } 60 \leq \lambda_{ef} \end{cases}$$



Legyen $V_d = k_{Vd} \cdot F_{c,d}$.

A k_{Vd}
tényező értékei



A k_{vd} tényező értékei a V_d fiktív nyíróerő közelítő számításához:

	λ_{ef}	k_{vd}
	0	0,0083
	1	0,0083
	2	0,0083
	3	0,0083
	4	0,0083
	5	0,0083
	6	0,0083
	7	0,0083
	8	0,0083
	9	0,0083
	10	0,0083
	11	0,0083
	12	0,0083
	13	0,0083
	14	0,0083
$\frac{1}{120 \cdot k_c}$	15	0,0083
	16	0,0083
	17	0,0083
	18	0,0083
	19	0,0084
	20	0,0084
	21	0,0084
	22	0,0085
	23	0,0085
	24	0,0085
	25	0,0086
	26	0,0086
	27	0,0086
	28	0,0087
	29	0,0087
	30	0,0088
	31	0,0091
	32	0,0095
	33	0,0098
	34	0,0102
	35	0,0105
	36	0,0109
	37	0,0113
	38	0,0117
	39	0,0121
	40	0,0125
	41	0,0129
	42	0,0133
	43	0,0137
	44	0,0142
$\frac{\lambda_{ef}}{3600 \cdot k_c}$	45	0,0147
	46	0,0151
	47	0,0156
	48	0,0162
	49	0,0167
	50	0,0172
	51	0,0178
	52	0,0184
	53	0,0190
	54	0,0197
	55	0,0204
	56	0,0211
	57	0,0218
	58	0,0226
	59	0,0234
	60	0,0242

	λ_{ef}	k_{vd}
	60	0,0242
	61	0,0246
	62	0,0251
	63	0,0256
	64	0,0261
	65	0,0266
	66	0,0271
	67	0,0276
	68	0,0282
	69	0,0288 /
	70	0,0294
	71	0,0300
	72	0,0306
	73	0,0312
	74	0,0319
	75	0,0325
	76	0,0332
	77	0,0339
	78	0,0346
	79	0,0353
	80	0,0360
	81	0,0368
	82	0,0375
	83	0,0383
	84	0,0391
	85	0,0398
	86	0,0406
	87	0,0415
	88	0,0423
$\frac{1}{60 \cdot k_c}$	89	0,0431
	90	0,0439
	91	0,0448
	92	0,0457
	93	0,0465
	94	0,0474
	95	0,0483
	96	0,0492
	97	0,0501
	98	0,0511
	99	0,0520
	100	0,0529
	101	0,0539
	102	0,0549
	103	0,0558
	104	0,0568
	105	0,0578
	106	0,0588
	107	0,0599
	108	0,0609
	109	0,0619
	110	0,0630
	111	0,0640
	112	0,0651
	113	0,0662
	114	0,0673
	115	0,0684
	116	0,0695
	117	0,0706
	118	0,0717
	119	0,0728
	120	0,0740

	λ_{ef}	k_{vd}
	120	0,0740
	121	0,0751
	122	0,0763
	123	0,0775
	124	0,0787
	125	0,0799
	126	0,0811
	127	0,0823
	128	0,0835
	129	0,0847
	130	0,0860
	131	0,0872
	132	0,0885
	133	0,0897
	134	0,0910
	135	0,0923
	136	0,0936
	137	0,0949
	138	0,0962
	139	0,0976
	140	0,0989
	141	0,1002
	142	0,1016
	143	0,1030
	144	0,1043
	145	0,1057
	146	0,1071
	147	0,1085
	148	0,1099
	149	0,1113
$\frac{1}{60 \cdot k_c}$	150	0,1128
	151	0,1142
	152	0,1157
	153	0,1171
	154	0,1186
	155	0,1201
	156	0,1216
	157	0,1230
	158	0,1246
	159	0,1261
	160	0,1276
	161	0,1291
	162	0,1307
	163	0,1322
	164	0,1338
	165	0,1354
	166	0,1369
	167	0,1385
	168	0,1401
	169	0,1417
	170	0,1434
	171	0,1450
	172	0,1466
	173	0,1483
	174	0,1499
	175	0,1516
	176	0,1533
	177	0,1549
	178	0,1566
	179	0,1583
	180	0,1600

5. HAJLÍTOTT TARTÓK

5.1 Egyenes hajlítás

A feszültségek feleljenek meg a következő feltételnek:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

,ahol a k_{crit} tényezővel a kifordulás miatt csökkent teherbírást vesszük figyelembe.

Gerendák esetén a k_{crit} tényezőt az alábbi egyenletek alapján számíthatjuk: *

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & , \text{ ha } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} & , \text{ ha } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & , \text{ ha } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

A k_{crit} értéke 1,0 lehet, ha a gerenda nyomott övének oldalirányú elmozdulását a teljes hossz mentén megakadályozzuk, a támaszoknál pedig meggátoljuk az elcsavarodást.

* Ha a kezdeti oldalirányú görbeség az előírt határokon belül van. Az egyenestől való eltérés a támaszköz közepén mérve ne haladja meg a stabilitásvesztésre érzékeny oszlopok és gerendák, továbbá a keretek elemei esetén:

- a hosszúság 1/300-szorosát, ha a szerkezet anyaga természetes faanyag, illetve
- a hosszúság 1/500-szorosát, ha a szerkezet anyaga rétegelt-ragasztott fa vagy LVL.

A hajlítófeszültségek számítása során figyelembe kell venni a kezdeti görbeséget, a külpontosságot és a keletkező alakváltozásokat, továbbá a keresztirányú terheket.

A relatív karcsúsági tényező értéke általános alakú keresztmetszet esetében:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

$$, \text{ ahol } \sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{ef} \cdot W_y}$$

,ahol: I_{tor} a csavarási inercianyomaték
 l_{ef} a gerenda effektív hossza, mely a megtámasztási viszonyoktól és a teher fajtájától függ az alábbi táblázat szerint

A gerenda típusa	A teher típusa	$\nu_m = \frac{\ell_{ef}}{\ell}$
Kéttámaszú tartó	- A tartó támaszainál két azonos nagyságú, ellenkező előjelű koncentrált nyomaték	1,0
	- Egyenletesen megoszló teher	0,9
	- Koncentrált erő a fesztávolság közepén	0,8
Konzol	- Egyenletesen megoszló teher	0,5
	- Koncentrált erő a tartó befogással átellenes végén	0,8

Fenti értékek akkor érvényesek, ha a tartó támaszainál elcsavarodás ellen megtámasztott, és a teher a keresztmetszet súlypontjában adódik át. Amennyiben a teher a tartó nyomott oldalán adódik át, az effektív hossz $2 \cdot h$ -val megnövelendő és húzott oldali terhelés esetén $0,5 \cdot h$ -val csökkenthető.

Téglalap keresztmetszetű puhafa (fenyő) gerendák esetén:

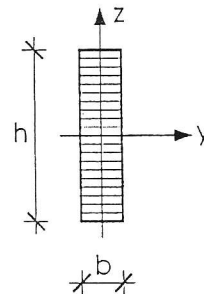
$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot \ell_{ef}} \cdot E_{0,05}$$

ahol a $\sigma_{m,crit}$ kritikus hajlítófeszültséget az alsó 5%-os merevségi kvantilissal számítjuk a klasszikus stabilitáselmélet alapján.

A továbbiakban csak az ábra szerinti téglalap keresztmetszetekkel foglalkozunk.

Ezekre

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot h \cdot \ell_{ef}}{0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}} = \frac{\sqrt{\frac{h \cdot \ell_{ef}}{b^2}}}{\sqrt{\frac{0,78 \cdot E_{0,05}}{f_{m,k}}}} = \frac{\lambda_m}{\lambda_{E,m}}$$



Vagyis $\lambda_{rel,m} = \frac{\lambda_m}{\lambda_{E,m}}$, ahol $\lambda_m = \sqrt{\frac{\ell_{ef} \cdot h}{b^2}}$

b, h az ábra szerint

ℓ_{ef} pontosabb számítás hiányában az elcsavarodás ellen megtámasztott keresztmetszetek távolsága

$$\lambda_{E,m} = \sqrt{\frac{0,78 \cdot E_{0,05}}{f_{m,k}}}$$

csak az anyagjellemzőktől függ, táblázatba foglalható (lásd. 2.2.1 és 2.2.2)

Ha $\lambda_m^2 = \frac{\ell_{ef} \cdot h}{b^2} \leq 140$, akkor további számítás nélkül feltételezhetjük, hogy kifordulásveszély nem áll fenn és $k_{crit} = 1,0$ (Ez a szabály az EUROCODE-ban nem szerepel, a DIN-ből vettük át.)

5.2 A k_{crit} tényező értékei hajlított és külpontosan nyomott rudak kifordulásvizsgálatához

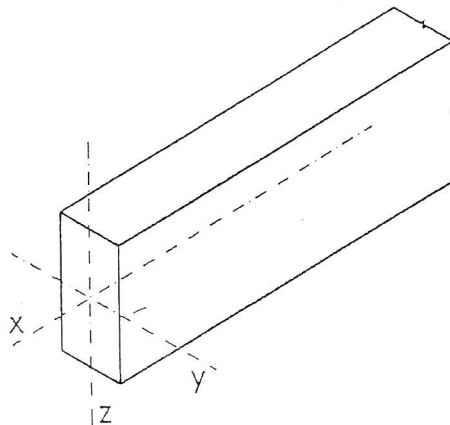
$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}
$\leq 0,75$	1,00	1,00	0,810	1,50	0,444	2,00	0,250	2,52	0,157
		1,02	0,795	1,52	0,433	2,02	0,245	2,54	0,155
		1,04	0,780	1,54	0,422	2,04	0,240	2,56	0,153
		1,06	0,765	1,56	0,411	2,06	0,236	2,58	0,150
		1,08	0,750	1,58	0,401	2,08	0,231	2,60	0,148
		1,10	0,735	1,60	0,391	2,10	0,227	2,62	0,146
		1,12	0,720	1,62	0,381	2,12	0,222	2,64	0,143
		1,14	0,705	1,64	0,372	2,14	0,218	2,66	0,141
		1,16	0,690	1,66	0,363	2,16	0,214	2,68	0,139
		1,18	0,675	1,68	0,354	2,18	0,210	2,70	0,137
		1,20	0,660	1,70	0,346	2,20	0,207	2,72	0,135
		1,22	0,645	1,72	0,338	2,22	0,203	2,74	0,133
1,24	0,630	1,74	0,330	2,24	0,199	2,76	0,131		
0,76	0,990	1,26	0,615	1,76	0,323	2,26	0,196	2,78	0,129
0,78	0,975	1,28	0,600	1,78	0,316	2,28	0,192	2,80	0,128
0,80	0,960	1,30	0,585	1,80	0,309	2,30	0,189	2,82	0,126
0,82	0,945	1,32	0,570	1,82	0,302	2,32	0,186	2,84	0,124
0,84	0,930	1,34	0,555	1,84	0,295	2,34	0,183	2,86	0,122
0,86	0,915	1,36	0,540	1,86	0,289	2,36	0,180	2,88	0,121
0,88	0,900	1,38	0,525	1,88	0,283	2,38	0,177	2,90	0,119
0,90	0,885	1,40	0,510	1,90	0,277	2,40	0,174	2,92	0,117
0,92	0,870	1,42	0,496	1,92	0,271	2,42	0,171	2,94	0,116
0,94	0,855	1,44	0,482	1,94	0,266	2,44	0,168	2,96	0,114
0,96	0,840	1,46	0,469	1,96	0,260	2,46	0,165	2,98	0,113
0,98	0,825	1,48	0,457	1,98	0,255	2,48	0,163	3,00	0,111
1,00	0,810	1,50	0,444	2,00	0,250	2,50	0,160	3,02	0,110

5.3 Ferde hajlítás

A következő feltételeket kell teljesíteni:

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$



A $\sigma_{m,y,d}$ és $\sigma_{m,z,d}$ hajlításból származó normál feszültségek tervezési értékei a keresztmetszet fő tengelyeire vonatkozóan az ábra szerint, az $f_{m,y,d}$ és az $f_{m,z,d}$ pedig a hajlítószilárdság megfelelő tervezési értékei.

A k_m tényező értékét a következő módon kell figyelembe venni:

- téglalap keresztmetszet esetén:

$$k_m = 0,7$$

- egyéb keresztmetszet esetén:

$$k_m = 1,0$$

A stabilitásvesztés lehetőségét is meg kell vizsgálni.

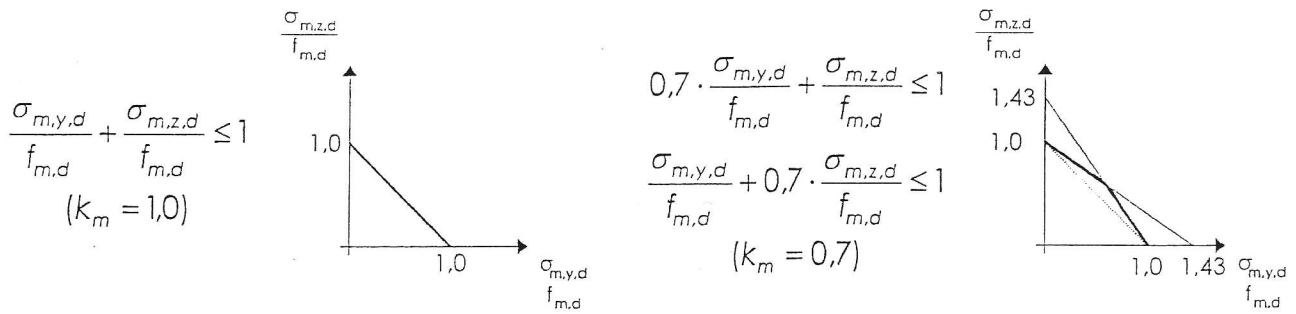
Megjegyezzük, hogy az EUROCODE az "a stabilitásvesztés lehetőségét is meg kell vizsgálni" utasításon túl nem ad útmutatást a ferde hajlítás és a kifordulásveszély hatásának együttes figyelembevételére. Ennek javasolt módja $f_{m,y,d}$ helyett $k_{crit} \cdot f_{m,y,d}$ szerepeltetése:

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Tekintettel arra, hogy a ferde hajlítás a szelemenek tipikus igénybevétele, a továbbiakban feltételezzük, hogy a ferde hajlításra igénybe vett rudak kifordulás ellen megtámasztottak illetve geometriai arányaik olyanok, hogy kifordulásveszély nem áll fenn, vagyis $k_{crit} = 1,0$ és így további képleteinkben nem szerepeltetjük.

A $k_m = 0,7$ tényező hatásának grafikus megjelenítése:



Belátható, hogy a szilárdságtanból jól ismert $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$ képlet biztonságos közelítést jelent. Ha ezzel a képlettel a vizsgálat eredménye „megfelel”, akkor biztosan megfelel, ha „nem felel meg”, de $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1,2$, akkor alkalmazhatjuk a kibővített teherbírasi

tartománynak megfelelő „eredeti” $0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$ és $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$ kéletpárt.

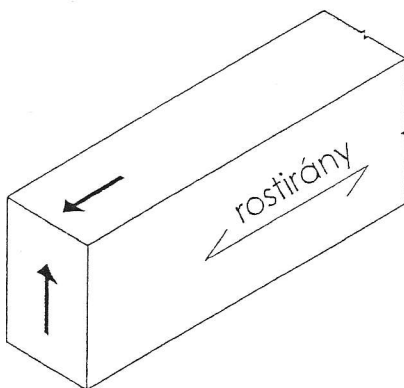
Az EUROCODE nem ad feltételt a kibővített teherbírasi tartomány alkalmazására, de a DIN-re és saját megfontolásainkra támaszkodva alkalmazását nem javasoljuk $h/b > 4$ arányú keresztmetszet esetén.

5.4 Nyírás

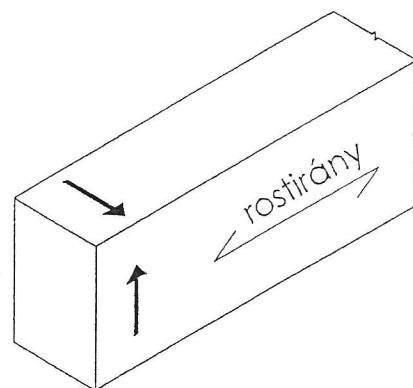
Azokban az esetekben, amikor az egyik nyírófeszültség komponens párhuzamos a rostokkal (az a) ábra szerint), illetve mindkét komponens merőleges a rostokra (a b) ábra szerint) az alábbi feltételt kell kielégíteni:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

ahol τ_d a nyírófeszültség tervezési értéke
 $f_{v,d}$ a nyírószilárdság tervezési értéke



a) az egyik nyírófeszültség komponens párhuzamos a rostokkal



b) mindkét nyírófeszültség komponens merőleges a rostokra (rolling shear)

Hajlított-nyírt tartók nyírási teherbírása

Hajlított-nyírt tartók nyírási teherbírásának ellenőrzésekor a repedések hatását az alábbiakban adott effektív szélesség számításával vegyük figyelembe:

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b$$

,ahol b az éppen vizsgált keresztmetszeti szélesség.

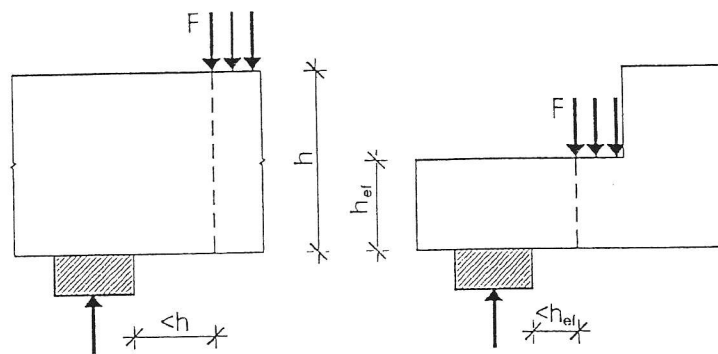
A k_{cr} tényező javasolt értékei:

$k_{cr} = 0,67$ szerkezeti fa, rétegelt-ragasztott fa és LVL esetén

$k_{cr} = 1,0$ falemezek, más faalapú anyagok esetén.

Támaszközeli koncentrált erők

Azokban az esetekben, amikor a támaszok közelében ható F erő a gerenda felső oldalán, a támasz élétől h , illetve h_{ef} távolságon belül hat, a nyíróerő meghatározásakor az F erő figyelmen kívül hagyható. Bevágott végű gerendák esetében ez a csökkentés csak akkor alkalmazható, ha a bevágás a támaszsal ellentétes oldalon van.



Az F koncentrált erő figyelmen kívül hagyásának feltételei a nyíróerő meghatározásakor.

5.5 Csavarás

Csavart rudak vizsgálatokor az alábbi feltételt kell kielégíteni:

$$\tau_{tor,d} \leq k_{shape} \cdot f_{v,d}$$

$$,ahol \quad k_{shape} = \begin{cases} 1,2 & \text{kör keresztmetszet esetén} \\ \min. \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0,15 \cdot \frac{h}{b} \\ 2,0 \end{array} \right. & \text{téglalap keresztmetszet esetén} \end{cases}$$

,ahol $\tau_{tor,d}$ a csavarófeszültség tervezési értéke
 $f_{v,d}$ a nyírószilárdság tervezési értéke
 k_{shape} alak tényező
 h a nagyobb keresztmetszeti méret
 b a kisebb keresztmetszeti méret

6. KÜLPONTOS IGÉNYBEVÉTELEK

6.1 Külpontos húzás

A következő feltételeket kell teljesíteni:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$
$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

(A k_m tényezőre a „ferde hajlítás” címszó alattiak érvényesek.)

6.2 Külpontos nyomás

A következő feltételeket kell teljesíteni:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$
$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

(A k_m tényezőre a „ferde hajlítás” címszó alattiak érvényesek.)

A stabilitásvesztés lehetőségét is meg kell vizsgálni!

„Oszlopok”

A hajlítófeszültségek számítása során figyelembe kell venni a kezdeti görbeséget, a külpontosságot és a keletkező alakváltozásokat, továbbá a keresztirányú terheket.

A $\lambda_{rel,y}$, $\lambda_{rel,z}$ relatív karcsúsági tényezők és a $k_{c,y}(\lambda_{rel,y})$, $k_{c,z}(\lambda_{rel,z})$ tényezők értékei a „nyomot rudak stabilitásvesztésének (kihajlásának) vizsgálata” címszó alattiak szerint.

A λ_y és $\lambda_{rel,y}$ az y tengely körüli hajlításra vonatkozik (a kihajlás z irányú),

a λ_z és $\lambda_{rel,z}$ a z tengely körüli hajlításra vonatkozik (a kihajlás y irányú).

Ha $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$ és $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$, akkor a fenti-feltételek teljesüljenek.

Minden más esetben a feszültségek feleljenek meg a következő feltételeknek:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

„Gerendák”

A hajlítófeszültségek számítása során figyelembe kell venni a kezdeti görbeséget, a külpontosságot és a keletkező alakváltozásokat, továbbá a keresztirányú terheket.

A $\lambda_{rel,m}$ karcsúsági tényező és a $k_{crit}(\lambda_{rel,m})$ tényezők értéke a „gerendák egyenes hajlításra a kifordulásveszély figyelembevételével” címszó alattiak szerint.

Abban az esetben, ha a gerendára M_y nyomaték ($I_y > I_z$) és $F_{c,d}$ nyomóerő is hat, a feszültségek feleljenek meg a következő feltételnek:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

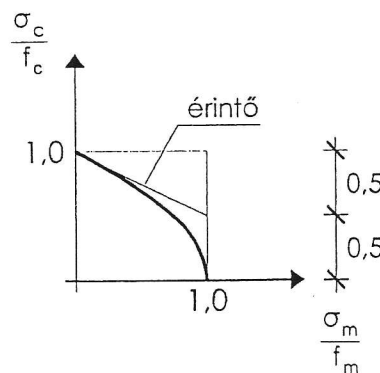
6.2.1 Az egyirányban külpontos nyomás egyszerűsített képletei és a teherbírási tartományok ábrái

A jobb áttekinthetőség kedvéért a felesleges indexeket elhagytuk, valamennyi mennyiség „tervezési érték”, vagyis „d” indexű, a normálfeszültség és a nyomószilárdság minden esetben rostokkal párhuzamos, vagyis „0” indexű. Ezek elhagyásával jobban figyelhetünk a nyomást és hajlítást megkülönböztethető „c” és „m” illetve az irányokat megkülönböztető „y” és „z” indexekre! A képletek $M=M_y$ egyirányú nyomatékot tételeznek fel.

A) Zömök rudak:

$$\lambda_{rel,y} \leq 0,3 \quad \text{és} \quad \lambda_{rel,z} \leq 0,3$$

$$(A) \quad \left(\frac{\sigma_c}{f_c} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y}}{f_m} \leq 1$$

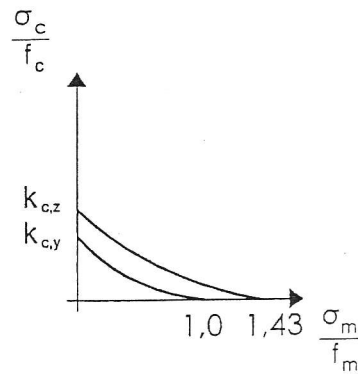


B) Kifordulás ellen kellően megtámasztott ill. kifordulásra zömök rudak:

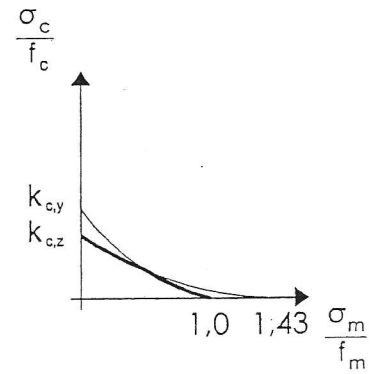
$$\lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1,0$$

$$(B1) \quad \frac{\sigma_c}{k_{c,y} \cdot f_c} + \frac{\sigma_{m,y}}{f_m} \leq 1$$

$$(B2) \quad \frac{\sigma_c}{k_{c,z} \cdot f_c} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y}}{f_m} \leq 1$$



$k_{c,y} < k_{c,z}$ (B2 felesleges)



$k_{c,y} > k_{c,z}$

Pontosabb számítás hiányában itt:

$$\sigma_{m,y} = k_{II} \cdot \frac{M_y}{W_y}$$

ahol M_y az elsőrendű elmélettel meghatározott nyomaték

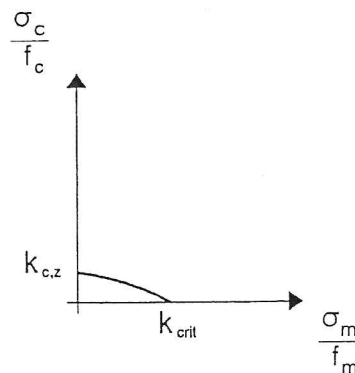
$$k_{II} = \frac{1}{1 - \frac{F_c}{A \cdot f_c} \cdot \left(\frac{\lambda_y}{\lambda_E}\right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{\sigma_c}{f_c} \cdot \lambda_{rel,y}^2}$$

növelő tényező, amely a másodrendű hatásokat veszi figyelembe a nyomott rúd nyomatékának meghatározásakor

C) Kifordulásra veszélyes rudak:

$$\lambda_{rel,m} > 0,75 \quad k_{crit} < 1$$

$$(C) \quad \frac{\sigma_c}{k_{c,z} \cdot f_c} + \left(\frac{\sigma_{m,y}}{k_{crit} \cdot f_m}\right)^2 \leq 1$$



$$\sigma_{m,y} = k_{II} \cdot \frac{M_y}{W_y}$$

k_{II} hasonlóan számítható a B) pontban leírtakhoz.

Az EUROCODE nem írja elő, de $\frac{\sigma_c}{f_c}$ nagy értékeinél meg kell nézni (B)-t is!

6.2.2 A kétirányban külpontos nyomás képletei és a térbeli teherbírasi tartományok axonometrikus ábrái.

Itt már csak azzal a leggyakrabban előforduló esettel foglalkozunk, amikor a rúd nem annyira „zömök”, hogy ne legyen kihajlásveszély, vagyis

$$\lambda_{rel,y} > 0,3 \quad \lambda_{rel,z} > 0,3$$

,de a rúd kifordulásra nem annyira „karcsú”, hogy kifordulásveszély legyen, vagyis

$$\lambda_{rel,m} < 0,75$$

Az EUROCODE „általános” képletpárja (továbbra is a felesleges indexek elhagyásával) – valamennyi, ferde hajlításra, központos és külpontos nyomásra vonatkozó korábbi képlet ezekből származtatható:

$$\frac{\sigma_c}{k_{c,y} \cdot f_c} + \frac{\sigma_{m,y}}{f_m} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z}}{f_m} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_c}{k_{c,z} \cdot f_c} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y}}{f_m} + \frac{\sigma_{m,z}}{f_m} \leq 1$$

Pontosabb számítás hiányában:

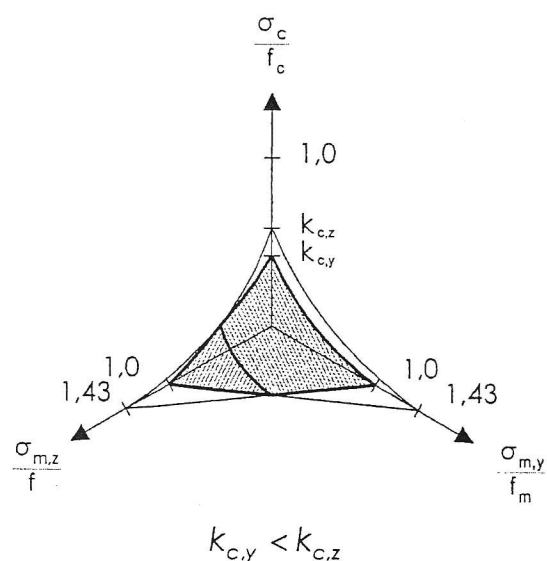
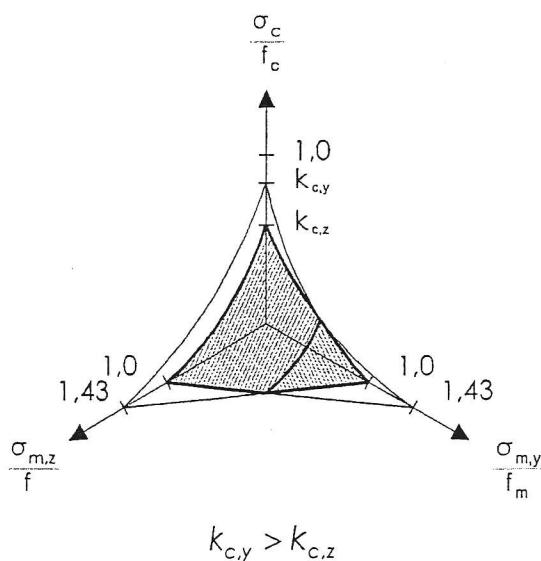
$$\sigma_{m,y} = k_{II,y} \cdot \frac{M_y}{W_y};$$

$$k_{II,y} = \frac{1}{1 - \frac{F_c}{A \cdot f_c} \cdot \left(\frac{\lambda_y}{\lambda_E}\right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{\sigma_c}{f_c} \cdot \lambda_{rel,y}^2}$$

$$\sigma_{m,z} = k_{II,z} \cdot \frac{M_z}{W_z};$$

$$k_{II,z} = \frac{1}{1 - \frac{F_c}{A \cdot f_c} \cdot \left(\frac{\lambda_z}{\lambda_E}\right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{\sigma_c}{f_c} \cdot \lambda_{rel,z}^2}$$

A térbeli teherbírasi tartományok axonometrikus ábrái:



7. HASZNÁLHATÓSÁGI HATÁRÁLLAPOTOK

7.1 Alakváltozások

7.1.1 Általános követelmények

A tartószerkezet igénybevételekből (például normál- és nyíróerőkből, hajlító nyomatékokból, továbbá a kapcsolatok csúszásából) és nedvességi hatásokból származó alakváltozása maradjon egy alkalmas határon belül, hogy elkerülhető legyen a burkolatok, mennyezetek, válaszfalak, befejező munkák károsodása, továbbá teljesüljenek a rendeltetéssel és a külső megjelenéssel kapcsolatos követelmények.

Az U_{inst} pillanatnyi alakváltozást az igénybevételek karakterisztikus kombinációjával és a megfelelő rugalmassági modulusok, nyírési modulusok és csúszási tényezők középértékével kell számolni.

Az U_{fin} végső alakváltozást a terhek kvázi-állandó kombinációjával kell számítani.

Különböző kúszási tulajdonságú elemekből összetett szerkezet végső alakváltozását módosított merevségi tényezőkkel kell kiszámítani. Ezeket úgy határozzuk meg, hogy mindegyik szerkezeti elem merevségi tényezőjének pillanatnyi értékét a neki megfelelő $(1 + k_{def})$ értékkel osztjuk.

Azonos kúszási tulajdonságú elemekből azonos kúszási tulajdonságú kapcsolatokkal összeépített szerkezetek esetén, ha feltételezhető a terhek és az okozott alakváltozások közötti lineáris kapcsolat, az U_{fin} végső alakváltozás az:

$$U_{fin} = U_{fin,G} + U_{fin,Q_1} + U_{fin,Q_i}$$

összefüggés alapján számítható, ahol

$$U_{fin,G} = U_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})$$

$$U_{fin,Q_1} = U_{inst,Q_1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def})$$

$$U_{fin,Q_i} = U_{inst,Q_i} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def})$$

és: $\psi_{2,1}$ és $\psi_{2,i}$ az esetleges terhek kvázi-állandó értékének együtthatói

$\psi_{0,i}$ az esetleges terhek kombinációs értékének együtthatói

k_{def} az alábbi táblázat szerint:

k_{def} értékei	Felhasználási osztály		
	1	2	3
szerkezeti (természetes) fa, rétegelt-ragasztott fa és LVL	0,60	0,80	2,00

Kapcsolatok esetén:

- Azonos kúszási tulajdonságú elemek kapcsolatánál k_{def} kétszeresét kell figyelembe venni.
- Különböző kúszási tulajdonságú faelemek kapcsolatánál a végső alakváltozást $2 \cdot \sqrt{k_{def,1} \cdot k_{def,2}}$ figyelembevételével kell számítani, ahol $k_{def,1}$ és $k_{def,2}$ az egyes elemek tényezői.

7.1.2 A kapcsolatok csúszása

A csap típusa kapcsolóelemekkel kialakított kapcsolatok K_{ser} pillanatnyi csúszási tényezőjének értékeit nyírási síkonként egy kapcsolóelemre vonatkozóan a használati terhek esetében az alábbi táblázat tartalmazza, ahol ρ_m kg/m³-ben, a d illetve d_c pedig mm-ben értendő.

A kapcsolat típusa	$K_{ser} \left[\frac{N}{mm} \right]$
Átmenőcsavar* Acélhenger Facsavar Előfúrt szeg	$\rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{23}$
Előfúrás nélküli szeg	$\rho_m^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{30}$
Tűzőkapocs	$\rho_m^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{80}$
Gyűrű és tárcsa (A és B típus)	$\rho_m \cdot \frac{d_c}{2}$
Fogas. tárcsa (C1-C9 típus, pl. Bulldog)	$1,5 \cdot \rho_m \cdot \frac{d_c}{4}$
Tűskés tárcsa (C10-C11 típus, pl. GEKA)	$\rho_m \cdot \frac{d_c}{2}$

* K_{ser} értéke a fúrt lyuk mérettűrésétől független, a mérettűrést külön kell hozzáadni az alakváltozáshoz.

Ha két egymáshoz kapcsolódó szerkezeti elem sűrűsége ($\rho_{m,1}$ és $\rho_{m,2}$) különböző, akkor az előző képletek ρ_m értékét a következő képlettel kell kiszámítani:

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \cdot \rho_{m,2}}$$

Fa és acél vagy fa és beton kapcsolatoknál K_{ser} a faelem ρ_m sűrűsége alapján számítható és megszorozható 2,0-vel.

A kapcsolatok pillanatnyi csúszási tényezőjének értéke teherbírasi határállapotban:

$$K_v = \frac{2}{3} \cdot K_{ser}$$

A K_{ser} csúszási tényező értéke [kN/mm= 10^3 N/mm] a faanyag és a huzalszeg átmérője függvényében előfúrás nélküli szegezésnél, egy kapcsolóelem egy nyírt síkjára

$$K_{ser} [N/mm] = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{30}$$

K_{ser} [kN/mm]	C14 C16 C18 C20 C22 C24 C27 C30 C35 C40																D30 D35 D40 D50 D60 D70						GI24c	GI24h	GI28c	GI28h	GI32c	GI32h	GI36c	GI36h	KERTO	KERTO
	ρ_m [kg/m ³]	350	370	380	390	410	420	440	460	480	500	640	670	700	780	840	1080	420	460	490	510	540	510	440								
d [mm]	2	0,38	0,41	0,43	0,45	0,48	0,50	0,54	0,57	0,61	0,65							0,50	0,57	0,63	0,67	0,73	0,67	0,54								
	2,2	0,41	0,45	0,46	0,48	0,52	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70							0,54	0,62	0,68	0,72	0,79	0,72	0,58								
	2,5	0,45	0,49	0,51	0,53	0,58	0,60	0,64	0,68	0,73	0,78							0,60	0,68	0,75	0,80	0,87	0,80	0,64								
	2,8	0,50	0,54	0,56	0,59	0,63	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85							0,65	0,75	0,82	0,87	0,95	0,87	0,70								
	3,1	0,54	0,59	0,61	0,63	0,68	0,71	0,76	0,81	0,87	0,92							0,71	0,81	0,89	0,95	1,03	0,95	0,76								
	3,4	0,58	0,63	0,66	0,68	0,74	0,76	0,82	0,88	0,93	0,99							0,76	0,88	0,96	1,02	1,11	1,02	0,82								
	3,8	0,64	0,69	0,72	0,75	0,81	0,83	0,90	0,96	1,02	1,08							0,83	0,96	1,05	1,12	1,22	1,12	0,90								
	4,2	0,69	0,75	0,78	0,81	0,87	0,90	0,97	1,04	1,10	1,17							0,90	1,04	1,14	1,21	1,32	1,21	0,97								
	4,6	0,74	0,80	0,84	0,87	0,94	0,97	1,04	1,11	1,19	1,26							0,97	1,11	1,23	1,30	1,42	1,30	1,04								
	5	0,79	0,86	0,89	0,93	1,00	1,04	1,11	1,19	1,27	1,35							1,04	1,19	1,31	1,39	1,52	1,39	1,11								
	5,5	0,85	0,93	0,97	1,00	1,08	1,12	1,20	1,29	1,37	1,46							1,12	1,29	1,41	1,50	1,64	1,50	1,20								
	6	0,92	0,99	1,04	1,08	1,16	1,20	1,29	1,38	1,47	1,56							1,20	1,38	1,52	1,61	1,75	1,61	1,29								
	6,5	0,98	1,06	1,10	1,15	1,24	1,28	1,38	1,47	1,57	1,67							1,28	1,47	1,62	1,72	1,87	1,72	1,38								
	7	1,04	1,13	1,17	1,22	1,31	1,36	1,46	1,56	1,66	1,77							1,36	1,56	1,71	1,82	1,98	1,82	1,46								
	7,5	1,09	1,19	1,24	1,29	1,39	1,44	1,54	1,65	1,76	1,87							1,44	1,65	1,81	1,92	2,10	1,92	1,54								
	8	1,15	1,25	1,30	1,36	1,46	1,51	1,62	1,74	1,85	1,97							1,51	1,74	1,91	2,03	2,21	2,03	1,62								

(kötelező előfúrás)

A K_{ser} csúszási tényező értéke [kN/mm= 10^3 N/mm] a faanyag és a huzalszeg átmérője függvényében előfúrt szegezésnél, egy kapcsolóelem egy nyírt síkjára

$$K_{ser} [N/mm] = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{23}$$

K_{ser} [kN/mm]	C14 C16 C18 C20 C22 C24 C27 C30 C35 C40																D30 D35 D40 D50 D60 D70						GI24c	GI24h	GI28c	GI28h	GI32c	GI32h	GI36c	GI36h	KERTO	KERTO
	ρ_m [kg/m ³]	350	370	380	390	410	420	440	460	480	500	640	670	700	780	840	1080	420	460	490	510	540	510	440								
d [mm]	2	0,57	0,62	0,64	0,67	0,72	0,75	0,80	0,86	0,91	0,97	1,41	1,51	1,61	1,89	2,12	3,09	0,75	0,86	0,94	1,00	1,09	1,00	0,80								
	2,2	0,63	0,68	0,71	0,74	0,79	0,82	0,88	0,94	1,01	1,07	1,55	1,66	1,77	2,08	2,33	3,39	0,82	0,94	1,04	1,10	1,20	1,10	0,88								
	2,5	0,71	0,77	0,81	0,84	0,90	0,94	1,00	1,07	1,14	1,22	1,76	1,89	2,01	2,37	2,65	3,86	0,94	1,07	1,18	1,25	1,36	1,25	1,00								
	2,8	0,80	0,87	0,90	0,94	1,01	1,05	1,12	1,20	1,28	1,36	1,97	2,11	2,25	2,65	2,96	4,32	1,05	1,20	1,32	1,40	1,53	1,40	1,12								
	3,1	0,88	0,96	1,00	1,04	1,12	1,16	1,24	1,33	1,42	1,51	2,18	2,34	2,50	2,94	3,28	4,78	1,16	1,33	1,46	1,55	1,69	1,55	1,24								
	3,4	0,97	1,05	1,10	1,14	1,23	1,27	1,36	1,46	1,55	1,65	2,39	2,56	2,74	3,22	3,60	5,25	1,27	1,46	1,60	1,70	1,85	1,70	1,36								
	3,8	1,08	1,18	1,22	1,27	1,37	1,42	1,52	1,63	1,74	1,85	2,68	2,87	3,06	3,60	4,02	5,86	1,42	1,63	1,79	1,90	2,07	1,90	1,52								
	4,2	1,20	1,30	1,35	1,41	1,52	1,57	1,69	1,80	1,92	2,04	2,96	3,17	3,38	3,98	4,45	6,48	1,57	1,80	1,98	2,10	2,29	2,10	1,69								
	4,6	1,31	1,42	1,48	1,54	1,66	1,72	1,85	1,97	2,10	2,24	3,24	3,47	3,70	4,36	4,87	7,10	1,72	1,97	2,17	2,30	2,51	2,30	1,85								
	5	1,42	1,55	1,61	1,67	1,80	1,87	2,01	2,14	2,29	2,43	3,52	3,77	4,03	4,74	5,29	7,72	1,87	2,14	2,36	2,50	2,73	2,50	2,01								
	5,5	1,57	1,70	1,77	1,84	1,99	2,06	2,21	2,36	2,51	2,67	3,87	4,15	4,43	5,21	5,82	8,49	2,06	2,36	2,59	2,75	3,00	2,75	2,21								
	6	1,71	1,86	1,93	2,01	2,17	2,25	2,41	2,57	2,74	2,92	4,22	4,52	4,83	5,68	6,35	9,26	2,25	2,57	2,83	3,00	3,27	3,00	2,41								
	6,5	1,85	2,01	2,09	2,18	2,35	2,43	2,61	2,79	2,97	3,16	4,58	4,90	5,23	6,16	6,88	10,0	2,43	2,79	3,07	3,25	3,55	3,25	2,61								
	7	1,99	2,17	2,25	2,34	2,53	2,62	2,81	3,00	3,20	3,40	4,93	5,28	5,64	6,63	7,41	10,8	2,62	3,00	3,30	3,51	3,82	3,51	2,81								
	7,5	2,14	2,32	2,42	2,51	2,71	2,81	3,01	3,22	3,43	3,65	5,28	5,66	6,04	7,10	7,94	11,6	2,81	3,22	3,54	3,76	4,09	3,76	3,01								
	8	2,28	2,48	2,58	2,68	2,89	2,99	3,21	3,43	3,66	3,89	5,63	6,03	6,44	7,58	8,47	12,3	2,99	3,43	3,77	4,01	4,36	4,01	3,21								

A K_{ser} csúszási tényező értéke [kN/mm=10³N/mm] a faanyag és az átmenőcsavar átmérője függvényében, egy kapcsolóelem egy nyírt síkjára

$$K_{ser} [N/mm] = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{23}$$

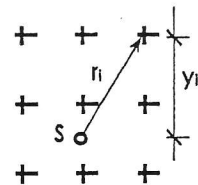
K_{ser} [kN/mm]	"C"										"D"							"GL"					"LVL"			
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70	GL24c	GL24h	GL28c	GL24h	GL28c	GL24h	GL28c	GL24h	GL28c	KERTO-S,Q (LVL)
ρ_k [kg/m ³]	350	370	380	390	410	420	440	460	480	500	640	670	700	780	840	1080	420	460	490	510	540	510	440			
d [mm]	8	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	5,6	6,0	6,4	7,6	8,5	12,3	3,0	3,4	3,8	4,0	4,4	4,0	3,2		
	10	2,8	3,1	3,2	3,3	3,6	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	7,0	7,5	8,1	9,5	10,6	15,4	3,7	4,3	4,7	5,0	5,5	5,0	4,0		
	12	3,4	3,7	3,9	4,0	4,3	4,5	4,8	5,1	5,5	5,8	8,4	9,0	9,7	11,4	12,7	18,5	4,5	5,1	5,7	6,0	6,5	6,0	4,8		
	14	4,0	4,3	4,5	4,7	5,1	5,2	5,6	6,0	6,4	6,8	9,9	10,6	11,3	13,3	14,8	21,6	5,2	6,0	6,6	7,0	7,6	7,0	5,6		
	16	4,6	5,0	5,2	5,4	5,8	6,0	6,4	6,9	7,3	7,8	11,3	12,1	12,9	15,2	19,1	24,7	6,0	6,9	7,5	8,0	8,7	8,0	6,4		
	18	5,1	5,6	5,8	6,0	6,5	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7	12,7	13,6	14,5	17,0	19,1	27,8	6,7	7,7	8,5	9,0	9,8	9,0	7,2		
	20	5,7	6,2	6,4	6,7	7,2	7,5	8,0	8,6	9,1	9,7	14,1	15,1	16,1	18,9	21,2	30,9	7,5	8,6	9,4	10,0	10,9	10,0	8,0		
	24	6,8	7,4	7,7	8,0	8,7	9,0	9,6	10,3	11,0	11,7	16,9	18,1	19,3	22,7	25,4	37,0	9,0	10,3	11,3	12,0	13,1	12,0	9,6		
	27	7,7	8,4	8,7	9,0	9,7	10,1	10,8	11,6	12,3	13,1	19,0	20,4	21,7	25,6	28,6	41,7	10,1	11,6	12,7	13,5	14,7	13,5	10,8		
	30	8,5	9,3	9,7	10,0	10,8	11,2	12,0	12,9	13,7	14,6	21,1	22,6	24,2	28,4	31,8	46,3	11,2	12,9	14,1	15,0	16,4	15,0	12,0		

Síkjában nyomatékkaal terhelt kapcsolat $K_{r,ser}$ elfordítási merevsége

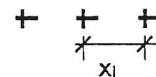
$$K_{r,ser} = \frac{M}{\Delta\varphi}$$

- általában:

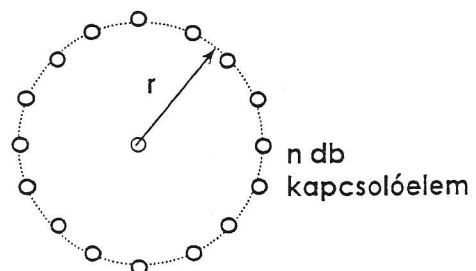
$$K_{r,ser} = \sum_{i=1}^n K_{ser,i} \cdot r_i^2 = \sum_{i=1}^n K_{ser,i} \cdot (x_i^2 + y_i^2)$$



- kör alakban elhelyezett azonos kapcsolóelemek esetén:



$$K_{r,ser} = K_{ser} \cdot n \cdot r^2$$



7.1.3 A szerkezeti (természetes) faanyagok, a rétegelt-ragasztott tartók és az LVL-termékek kúszási alakváltozásainak meghatározásához használt tényezők és együtthatók

A teher fajtája	A teher kombinációs értékek együtthatója	A teher kvázi-állandó értékek együtthatója	Állandó teher és kiemelt esetleges teher			Egyéb esetleges teher		
			$1 + \psi_2 \cdot k_{def}$			$\psi_0 + \psi_2 \cdot k_{def}$		
	ψ_0	ψ_2	Felhasználási osztály			Felhasználási osztály		
			1.	2.	3.	1.	2.	3.
Önsúly/állandó terhek	1,0	1,0	1,60	1,80	3,00	-	-	-
Lakások, irodák	0,7	0,3	1,18	1,24	1,60	0,88	0,94	1,3
Üzletek, gyülekezésre alkalmas helyiségek	0,7	0,6	1,36	1,48	2,20	1,06	1,18	1,9
Raktárak	1,0	0,8	1,48	1,64	2,60	1,48	1,64	2,6
Hó (Magyarországon)	0,5	0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5
Szél	0,6	0	1,0	1,0	1,0	0,6		

Egyetlen Q_1 esteleges teher esetén:

$$U_{fin} = U_{fin,G} + U_{fin,Q_1} = U_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + U_{inst,Q_1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def})$$

Egy Q_1 kiemelt és egy Q_2 egyéb esetleges teher esetén:

$$U_{fin} = U_{fin,G} + U_{fin,Q_1} + U_{fin,Q_2} = U_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + U_{inst,Q_1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) + U_{inst,Q_2} \cdot (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} \cdot k_{def})$$

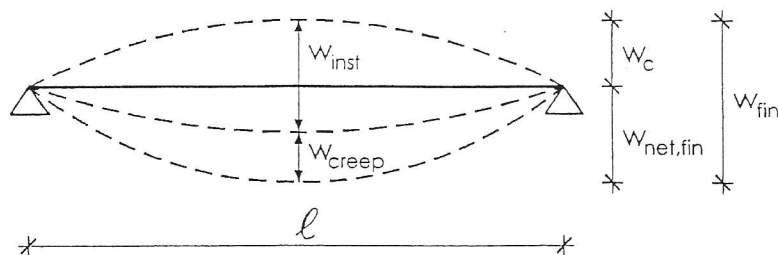
Egy Q_1 kiemelt és n Q_i ($i = 2, 3, \dots, n$) egyéb esetleges teher esetén:

$$U_{fin} = U_{fin,G} + U_{fin,Q_1} + U_{fin,Q_2} = U_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + U_{inst,Q_1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) + \sum_{i=1}^n U_{inst,Q_i} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def})$$

7.1.4 Gerendák lehajlásának határértékei

A lehajlás összetevőit az alábbi ábra alapján értelmezzük, ahol

W_c	a túlemelés (ha van ilyen)
W_{inst}	a pillanatnyi (rugalmas) lehajlás
W_{creep}	a kúszási lehajlás
W_{fin}	a teljes („végső”) lehajlás
$W_{net,fin}$	a nettó teljes lehajlás



A $W_{net,fin}$ nettó teljes lehajlás a támaszokat összekötő egyenesre vonatkozik, értéke:

$$W_{net,fin} = W_{inst} + W_{creep} - W_c = W_{fin} - W_c$$

Az alábbi táblázat a lehajlási határértékek javasolt értékhatárait tartalmazza:

	W_{inst}	$W_{net,fin}$	W_{fin}
Kéttámaszú tartó	$\frac{l}{300}$ -tól $\frac{l}{500}$ -ig	$\frac{l}{250}$ -tól $\frac{l}{350}$ -ig	$\frac{l}{150}$ -tól $\frac{l}{300}$ -ig
Konzol	$\frac{l}{150}$ -tól $\frac{l}{250}$ -ig	$\frac{l}{125}$ -tól $\frac{l}{175}$ -ig	$\frac{l}{75}$ -tól $\frac{l}{150}$ -ig

7.2 Lengések

Gondoskodni kell arról, hogy a várhatóan gyakran előforduló hatások ne okozzanak olyan lengéseket, amelyek akadályozzák a szerkezet rendeltetésszerű használatát, és ne okozzanak a használóknak elfogadhatatlan kényelmetlenségeket.

A födém lengéseit mérésekkel és számítással becsüljük meg, figyelembe véve a födém merevségét és a csillapítás mértékét.

Ha nincsenek pontosabb értékek, a csillapítási tényező értéke: $\zeta = 0,01$ (azaz 1%).

7.2.1 Lakóépületek közbelső födémeinek lengései

Téglalap alaprajzú, szélein szabadon felfekvő l támaszközű fagerendás födém

f_1 alaprezgésszáma közelítőleg az $f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{(E \cdot I)_\ell}{m}}$ összefüggés alapján számítható, ahol:

- m a felületegységre jutó tömeg $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$ -ben
- ℓ a földém támaszköze $[\text{m}]$ -ben
- $(EI)_\ell$ a földém egyenértékű hajlítási merevsége a gerendára merőleges tengelyre $\left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{m}}\right]$ -ben.

Amennyiben a földém alaprezgésszáma kisebb vagy egyenlő, mint 8 Hz ($f_1 \leq 8$ Hz) részletes vizsgálatot kell végezni.

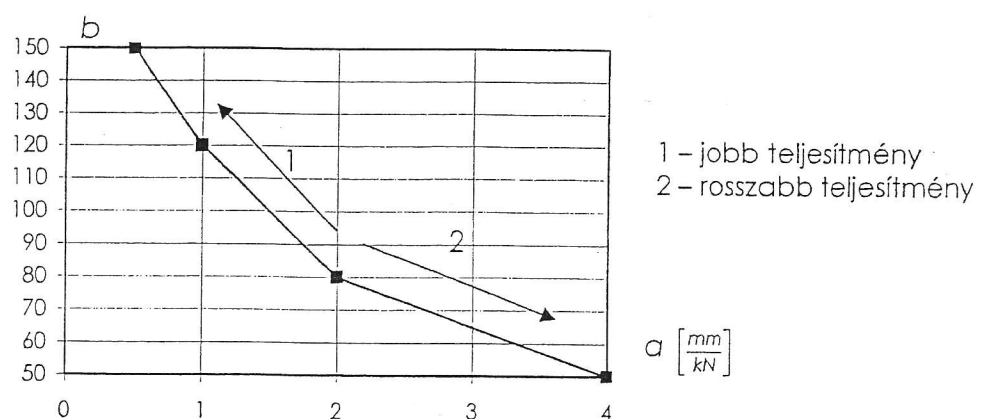
Amennyiben a földém alaprezgésszáma nagyobb, mint 8 Hz ($f_1 > 8$ Hz) a következő követelményeket kell teljesíteni:

$$\frac{w}{F} \leq a \quad \left[\frac{\text{mm}}{\text{kN}}\right]$$

$$v \leq b^{(f_1 \zeta - 1)} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{Ns}^2}\right]$$

- , ahol
- w a földém bármely pontján működtetett statikus F erő által okozott legnagyobb függőleges irányú lehajlás, figyelembe véve a terhek eloszlását
 - v az egységnyi impulzusra adott sebességválasz, azaz a függőleges irányú földémlengés sebességének legnagyobb kezdeti értéke $[\text{m/s}]$, amelyet egy egységnyi impulzus (1 Ns) okoz a földém azon pontján, ahol a sajátrezgésszám-válasz a legnagyobb. A 40 Hz feletti összetevők figyelmen kívül hagyhatók.
 - ζ a csillapítási tényező

Az a és b paraméterek javasolt értékei:



A földémek lengéseire általában elegendő követelmény, ha $f_1 > 8$ Hz. Mivel sok esetben ez a határérték is túl szigorúnak bizonyul, javasolható a fiziológiailag még nem zavaró – de érzékelhető – $f_1 > 6$ Hz követelmény előírása. (A szabvány előírásainál enyhébb követelményt célszerű a tervezési szerződésbe foglalni.) Ekkor:

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{(EI)_\ell}{m}} > 6 \text{ Hz} \quad \rightarrow \quad l_{\min} = \frac{144 \cdot \ell^4 \cdot m}{\pi^2 \cdot E}$$