

– Facsavarok tengelyirányú teherbírása:*

A kihúzóoldási teherbírás karakterisztikus értéke a rostokkal α szöget** bezáró irányú facsavarokkal kialakított kapcsolat esetén:***

$$F_{ax\alpha, Rk} = \frac{n_{ef} f_{ax,k} d \ell_{ef} k_d}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$$

ahol

- n_{ef} a kapcsolatban együtt dolgozó n csavar esetén a hatékony csavarok száma: $n_{ef} = n^{0,9}$
 $f_{ax,k}$ a rostirányra merőleges kihúzóoldási szilárdság karakterisztikus értéke:† $f_{ax,k} = 0,52 d^{-0,5} \ell_{ef}^{-0,1} \varrho_k^{0,8}$
 d a facsavar átmérője
 ℓ_{ef} a menetes rész benyúlása az elembe
 k_d $k_d = \min \begin{cases} d/8 \\ 1 \end{cases}$

– Egyéb tudnivalók:

A facsavar átmérője:

Ha a menet külső átmérője megegyezik a sima szárrész átmérőjével, és a sima szárrész benyúlása a csavarcsúcsot tartalmazó elembe legalább $4d$, akkor d_{ef} hatékony átmérő azonos a sima szárrész átmérőjével.

Ha az előző feltétel nem teljesül, akkor d_{ef} a menet gyökméretének 1,1-szerese.

Előfűrés:

Puhafában alkalmazott, $d \leq 6$ mm átmérőjű, részben sima szárú önfúró facsavarokhoz nem szükséges előfűrés.
 Keményfában minden csavar esetén, puhafában pedig $d > 6$ mm átmérőjű csavarok esetén szükséges előfűrés.

Keresztirányban és tengelyirányban is terhelt facsavarok esetén a következő összefüggésnek kell teljesülnie:

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

Széchenyi István Egyetem

Segédlet zárthelyi dolgozathoz

- kivonat az MSZ EN 1995-1-1:2010 szabványból

Tartalomjegyzék

1. Táblázatok	2
2. Rostirányra merőleges nyomás és rostiránnyal szöget bezáró nyomószilárdság	4
3. Gerendák	5
3.1. Csonkított végű gerendák	5
3.2. Használhatósági határállapot – alakváltozások	5
4. Oszlopok	6
4.1. Külponos nyomás	6
4.2. Betétfás vagy hevederes osztott keresztmetszetű oszlopok	7
5. Csap típusú acél kapcsolóelemes kapcsolatok	8
5.1. Egy kapcsolóelem keresztirányú teherbírása	8
5.2. Szegezett kapcsolatok	10
5.3. Átmenőcsavaros kapcsolatok	11
5.4. Facsavaros kapcsolatok	11

*Ha az egyéb tönkremeneteli módok (csavarfej leszakadása, csavarfej fejtárhúzódnása, csavar húzási tönkremenetele, csavar kihajlási tönkremenetele, blokkos, illetve réteges blokkos elnyíródás) nem mértékadóak.

** $\alpha \geq 30^\circ$

***Ha $6 \text{ mm} \leq d \leq 12 \text{ mm}$ és $0,6 \leq d_1/d \leq 0,75$ (d a csavarment külső átmérője, d_1 a csavarment belső átmérője).

† $f_{ax,Rk}$ -t N/mm^2 -ben kapjuk, ha d -t és ℓ_{ef} -et mm-ben, a ϱ_k sűrűséget pedig kg/m^3 -ben helyettesítjük be.

1. Táblázatok

Az anyagok mechanikai jellemzői a szilárdsági osztályba sorolás alapján:

Faanyag		Szilárdsági tulajdonságok (N/mm ²)						Merevségi tulajdonságok (kN/mm ²)				Sűrűség (kg/m ³)	
		Hajlítás	Rostirányú húzás	Rostirányra merőleges húzás	Rostirányú nyomás	Rostirányra merőleges nyomás	Nyírás	A rostirányú rugalmassági modulus középértéke	A rostirányú rug. modulus 5%-os kvantilisé	A rostirányra merőleges rug. modulus középértéke	A nyírási modulus középértéke	A sűrűség alsó 5%-os kvantilisé	A sűrűség középértéke
		$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,mean}$	$E_{0,05}$	$E_{90,mean}$	G_{mean}	ϱ_k	ϱ_{mean}
Fenyő és nyár fafajok	C14	14	8	0,3	16	2	3	7	4,7	0,23	0,44	290	350
	C16	16	10	0,3	17	2,2	3,2	8	5,4	0,27	0,5	310	370
	C18	18	11	0,3	18	2,2	3,4	9	6	0,3	0,56	320	380
	C20	20	12	0,3	19	2,3	3,6	9,5	6,3	0,32	0,59	330	400
	C22	22	13	0,3	20	2,4	3,8	10	6,7	0,33	0,63	340	410
	C24	24	14	0,4	21	2,5	4	11	7,4	0,37	0,59	350	420
	C27	27	16	0,4	22	2,6	4	11,5	7,7	0,38	0,72	370	450
	C30	30	18	0,4	23	2,7	4	12	8	0,4	0,75	380	460
	C35	35	21	0,4	25	2,8	4	13	8,7	0,43	0,81	400	480
	C40	40	24	0,4	26	2,9	4	14	9,4	0,47	0,88	420	500
	C45	45	27	0,6	27	3,1	4	15	10	0,5	0,94	440	520
	C50	50	30	0,6	29	3,2	4	16	10,7	0,53	1	460	550
Lombos fafajok	D18	18	11	0,6	18	7,5	3,4	9,5	8	0,63	0,59	475	570
	D24	24	14	0,6	21	7,8	4	10	8,5	0,67	0,62	485	580
	D30	30	18	0,6	23	8	4	11	9,2	0,73	0,69	530	640
	D35	35	21	0,6	25	8,1	4	12	10,1	0,8	0,75	540	650
	D40	40	24	0,6	26	8,3	4	13	10,9	0,86	0,81	550	660
	D50	50	30	0,6	29	9,3	4	14	11,8	0,93	0,88	620	750
	D60	60	36	0,6	32	10,5	4,5	17	14,3	1,13	1,06	700	840
	D70	70	42	0,6	34	13,5	5	20	16,8	1,33	1,25	900	1080
		$f_{m,g,k}$	$f_{t,0,g,k}$	$f_{t,90,g,k}$	$f_{c,0,g,k}$	$f_{c,90,g,k}$	$f_{v,g,k}$	$E_{0,g,mean}$	$E_{0,05}$	$E_{90,g,mean}$	$G_{g,mean}$	$\varrho_{g,k}$	$\varrho_{g,mean}$
Homogén RR	GL24h	24	16,5	0,4	24	2,7	2,7	11,6	9,4	0,39	0,72	380	450
	GL28h	28	19,5	0,45	26,5	3	3,2	12,6	10,2	0,42	0,78	410	480
	GL32h	32	22,5	0,5	29	3,3	3,8	13,7	11,1	0,46	0,85	430	500
	GL36h	36	26	0,6	31	3,6	4,3	14,7	11,9	0,49	0,91	450	520

A rostirányban egy sorban elhelyezett n számú szeg esetén* a rostirányú teherbírást az $n_{ef} = n^{k_{ef}}$ hatékony kapcsoló-elemszámmal számítjuk. (n a szegek száma az adott sorban; k_{ef} az alábbi táblázat szerint.)

A szegek osztásköze	k_{ef}	
	Előfúrás nélkül	Előfúrással
$a_1 \geq 14d$	1,0	1,0
$a_1 = 10d$	0,85	0,85
$a_1 = 7d$	0,7	0,7
$a_1 = 4d$	–	0,5

5.3. Átmenőcsavaros kapcsolatok

- A képlékeny nyomaték karakterisztikus értéke [Nmm]:

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

ahol

$f_{u,k}$ a húzószilárdság karakterisztikus értéke [N/mm²]

d a csavar átmérője [mm]

- A beágyazási szilárdság karaterisztikus értéke** [N/mm²]:

rostokkal párhuzamos erő esetén: $f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01d) \varrho_k$

rostokkal α szöget bezáró erő esetén: $f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$

ahol

$$k_{90} = \begin{cases} 1,35 + 0,015d & \text{puhafákra} \\ 1,30 + 0,015d & \text{LVL-re} \\ 0,90 + 0,015d & \text{keményfákra} \end{cases}$$

ϱ_k a fa sűrűségének karakterisztikus értéke [kg/m³]

α az erő és a rostirány által bezárt szög

d a csavar átmérője [mm]

- Az átmenőcsavarok tengelyirányú teherbírása a csavar húzási teherbírása és az alátét*** alatti fa pecsétnyomási teherbírása közül a kisebbik.

- Egyéb tudnivalók:

Rostirányban egymás után elhelyezett n számú átmenőcsavar esetén a rostirányú teherbírást n_{ef} hatékony kapcsolóelem-számmal számítjuk, ahol:

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{matrix} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{matrix} \right. \quad (a_1 \text{ a csavarok közti távolság rostirányban, } d \text{ a csavarátmérő})$$

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

Ha $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, akkor n_{ef} 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.

5.4. Facsavaros kapcsolatok

- A képlékeny nyomaték karakterisztikus értéke:

Részben sima szárú, $d > 6$ mm átmérőjű facsavarokra az átmenőcsavarokra vonatkozó előírások érvényesek. Részben sima szárú, $d \leq 6$ mm átmérőjű facsavarokra a szegekre vonatkozó előírások érvényesek.

- A beágyazási szilárdság karaterisztikus értéke:

Részben sima szárú, $d > 6$ mm átmérőjű facsavarokra az átmenőcsavarokra vonatkozó előírások érvényesek. Részben sima szárú, $d \leq 6$ mm átmérőjű facsavarokra a szegekre vonatkozó előírások érvényesek.

*Hacsak a sor szegei nincsenek rostirányra merőlegesen legalább 1d-vel eltolva.

***Tömör fában és LVL-ben.

***Vagy acéllemez-fa kapcsolat esetén az acéllemez.

5.2. Szegezett kapcsolatok

- A képlékeny nyomaték karakterisztikus értéke [Nmm]:

$$M_{y,Rk} = \begin{cases} 0,3 f_u d^{2,6} & \text{kör keresztmetszetű szegek esetén} \\ 0,45 f_u d^{2,6} & \text{négyszög keresztmetszetű és bordás szegek esetén} \end{cases}$$

ahol

$f_{u,k}$ a húzószilárdság karakterisztikus értéke [N/mm²]

d a szeg átmérője [mm]

- A beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke 8 mm szegátmérőig* (8 mm szegátmérő felett az átmenőcsavarokra érvényes értéket alkalmazzuk) [N/mm²]:

előfúrás nélkül: $f_{h,k} = 0,082 \varrho_k d^{-0,3}$

előfúrással: $f_{h,k} = 0,082 (1 - 0,01d) \varrho_k$

ahol

ϱ_k a fa sűrűségének karakterisztikus értéke [kg/m³]

d a szeg átmérője [mm].

- Szegek tengelyirányú teherbírása:

$$\text{nem sima palástfelületű szegek: } F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} f_{ax,k} d t_{pen} \\ f_{head,k} d_h^2 \end{cases}$$

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

ahol

$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \varrho_k^2$ (a kihúzóadási szilárdság karakterisztikus értéke a szegcsúcs felőli elembe** [N/mm²])

$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \varrho_k^2$ (a fejáthúzóadási szilárdság karakterisztikus értéke a szegfej felőli elembe** [N/mm²])

d a szeg átmérője

t_{pen} a szeg benyúlása a szegcsúcs felőli elembe, vagy a nem sima szárszakasz benyúlása a szegcsúcs felőli elembe

t a szegfej felőli elem vastagsága

d_h a szegfej átmérője

Sima palástfelületű szegek t_{pen} szegcsúcs felőli benyúlása legalább $8d$ legyen. $12d$ -nél kisebb szegcsúcs felőli benyúlás esetén a kihúzóadási teherbírást ($t_{pen}/4d - 2$) értékkel meg kell szorozni. Nem sima palástfelületű szegek t_{pen} szegcsúcs felőli benyúlása legalább $6d$ legyen. $8d$ -nél kisebb szegcsúcs felőli benyúlás esetén a kihúzóadási teherbírást ($t_{pen}/2d - 3$) értékkel meg kell szorozni.

- Egyéb tudnivalók:

A t_1 értelmezése:

egyszer nyírt kapcsolatban a szegfej felőli elem vastagsága,

kétszer nyírt kapcsolatban a szegfej felőli elem vastagsága és a szegcsúcs felőli elembe való behatolási mélység közül a kisebb.

A t_2 értelmezése:

egyszer nyírt kapcsolatban a szegcsúcs felőli elembe való behatolási mélység,

kétszer nyírt kapcsolatban a középső elem vastagsága.

A fát elő kell fűzni, ha:

a fa testsűrűségének karakterisztikus értéke nagyobb, mint 500 kg/m³

a szeg d átmérője meghaladja a 6 mm-t.

A k_{mod} módosító tényező:

Faanyag	Felhasználási osztály	Teheridőtartam-osztály				
		Állandó	Hosszú időtartamú	Közepes időtartamú	Rövid időtartamú	Pillanatnyi
Tömör fa, 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
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70

Anyagjellemzők és ellenállások γ_M parciális biztonsági tényezői:

Alapkombinációk:	
Tömör fa	1,3
Rétegelt-ragasztott fa	1,25
LVL, rétegelt lemez, OSB	1,2
Faforgácslap	1,3
Farostlemezek, MDF lapok	1,3
Kapcsolatok	1,3
Szeglemezek	1,25
Rendkívüli kombinációk	1,0

Teheridőtartam-osztályok

Teheridőtartam-osztály	A karakterisztikus hatás összesített időtartama	Példa terhelésre
Állandó	több, mint 10 év	önsúly
Hosszú időtartamú	6 hónap – 10 év	raktárakozás
Közepes időtartamú	1 hét – 6 hónap	födémek hasznos terhei, hó
Rövid időtartamú	1 hétnél rövidebb	hó, szél
Pillanatnyi		szél, rendkívüli teher

Egyes hatások biztonsági tényezői (parciális tényezők γ):

Teherbírási határállapot					Használhatósági határállapot
Hatás(teher) jellege	Jel	Tartós és ideiglenes tervezési helyzet		Rendkívüli/ szeizmikus tervezési helyzet	
		Szilárdsági/alkali stabilitás vizsgálat	Helyzeti állékonyság vizsgálat		
Állandó	kedvező	1,35	1,10	1,0	1,0
	kedvezőtlen	1,00	0,90		
Esetleges		1,50			
Rendkívüli		-	-		

Egyes hatások Ψ tényezői :

Hatás(teher) jellege		Egyidejűségi tényező	Gyakori teherszint tényezője	Kváz-állandó teherszint tényezője
		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Meteorológiai terhek	Szélteher (Mo.-on)	0,6	0,5	0,0
	Hóteher (Mo.-on)	0,5	0,2	0,0
Hasznos teher	Lakóépületek, irodák	0,7	0,5	0,3
	Gyülekezésre szolgáló helyiségek, üzletek	0,7	0,7	0,6
	Raktárak	1,0	0,9	0,8
Járműteher		1,0	0,9	0,0

*Tömör fában és LVL-ben.

**Itt ϱ_k a fa sűrűségének karakterisztikus értéke kg/m³-ben.

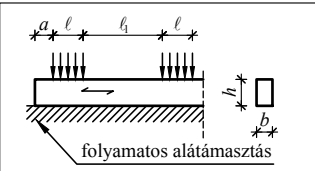
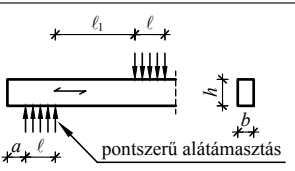
2. Rostirányra merőleges nyomás és rostiránnyal szöget bezáró nyomószilárdság

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

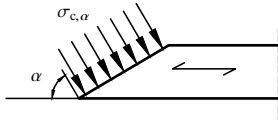
$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}}$$

A_{ef} hatékony csatlakozási felületet a hatékony csatlakozási hossz figyelembevételével kell számolni, ahol a tényleges ℓ csatlakozási hossz mindkét oldalon 30 mm-rel, de legfeljebb a , ℓ vagy $\ell_1/2$ -vel növelve van.

$k_{c,90} = 1$ általános esetben, de ha $\ell_1 \geq 2h$, akkor az alábbi táblázat szerint:

		
szerkezeti puhafa	1,25	1,5
rétegelt ragasztott puhafa	1,5	1,75

A rostiránnyal α szöget bezáró nyomófeszültségre teljesülnie kell a következő feltételnek:



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

ahol

$F_{v,Rk}$ egy nyírt kapcsolóelemsík teherbírásának karakterisztikus értéke,

t_i – Egyszer nyírt kapcsolatban: a faelem, vagy falemez vastagsága, vagy a behatolási mélység $i = 1$ -re, illetve $i = 2$ -re.

– Kétszer nyírt kapcsolatban: t_1 a szélső faelem vastagsága és a behatolási mélység közül a kisebbik, t_2 a középső faelem vastagsága.

$f_{h,i,k}$ a beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke az i jelű elemben,

d kapcsolóelem átmérője,

$M_{y,Rk}$ a kapcsolóelem képlékeny nyomatékának karakterisztikus értéke,

$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$ a faelemek beágyazási szilárdságának aránya,

$F_{ax,Rk}$ a kapcsolóelem tengelyirányú kihúzóerő teherbírásának karakterisztikus értéke.

A kötőeffektus teherbírást növelő mértékét a Johansen tag következőkben meghatározott hányadára kell korlátozni:

- kör keresztmetszetű sima szegek esetén: 15%
- négyszög keresztmetszetű és bordás szegek esetén: 25%
- egyéb szegek esetén: 50%
- facsavarok esetén: 100%
- átmenőcsavarok esetén: 25%
- hengercsapok esetén: 0%

5. Csap típusú acél kapcsolóelemes kapcsolatok

5.1. Egy kapcsolóelem keresztirányú teherbírása

- Fa-fa és falemez-fa kapcsolatok

Egy nyírt síkú kapcsolóelemek esetén:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2\beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases}$$

Két nyírt síkú kapcsolóelemek esetén:

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

- Acéllemez-fa kapcsolatok

Egyszer nyírt kapcsolat esetén:

vékony acéllemezzel ($t_2 \leq 0,5d$)	vastag acéllemezzel ($t_2 \geq d$)
$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,4 f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 1,15 \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases}$	$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases}$

Kétszer nyírt kapcsolat esetén, ha az acéllemez a középső elem:

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

Kétszer nyírt kapcsolat esetén, ha a külső elemek acéllemezek:

vékony acéllemezzel ($t_1 \leq 0,5d$)	vastag acéllemezzel ($t_1 \geq d$)
$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases}$	$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases}$

3. Gerendák

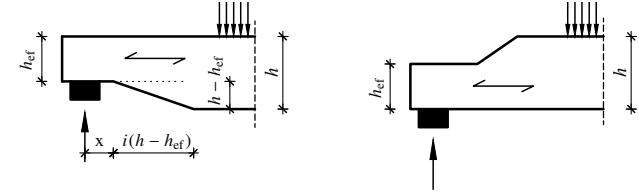
3.1. Csonkított végű gerendák

$$\tau_d = \frac{1,5V}{bh_{ef}} \leq k_v f_{v,d} \quad k_v: \text{csökkentő tényező}$$

- a támasszal ellentétes oldalon csökkentett keresztmetszetű gerendákra: $k_v = 1,0$
- a támasz felőli oldalon csökkentett keresztmetszetű gerendákra:*

$$k_v = \min \begin{cases} 1 \\ k_n \left(1 + \frac{1,1i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right) \\ \frac{1}{\sqrt{h} \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \end{cases}$$

$$k_n = \begin{cases} 4,5 & \text{LVL-re} \\ 5 & \text{tömör fára} \\ 6,5 & \text{rétegelt-ragasztott fára} \end{cases} \quad \alpha = \frac{h_{ef}}{h} \quad i: \text{a keresztmetszetcsökkenés mereksége}$$



3.2. Használhatósági határállapot – alakváltozások

Általános követelmények:

- Az u_{inst} pillanatnyi alakváltozást a hatások karakterisztikus kombinációja alapján, az anyagjellemzők várható értékével kell számítani.
- Az alakváltozás u_{fin} végértékét a hatások kváziállandó kombinációja alapján kell számítani.
- Az alakváltozás u_{fin} végértéke – egyszerűsítésképpen – a következők szerint számítható:

Egyetlen Q_1 esetleges 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 domináns, és n darab Q_i ($i = 2, 3, \dots, n$) nem domináns esetleges teher esetén:

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

ahol

- $u_{inst,G}$, u_{inst,Q_1} , u_{inst,Q_i} a megfelelő G , Q_1 , Q_i hatás által okozott pillanatnyi alakváltozás
- $\Psi_{2,1}$, $\Psi_{2,i}$ az esetleges hatások kváziállandó értékéhez tartozó tényezők
- $\Psi_{0,i}$ az esetleges hatások kombinációs értékéhez tartozó tényezők
- k_{def} értéke az alábbi táblázat alapján:

	1. felh. oszt.	2. felh. oszt.	3. felh. oszt.
k_{def}^{**}	0,60	0,80	2,00

ℓ támaszközzű kéttámaszú tartó középső keresztmetszetének elfogadható lehajlás értéke (a támaszokat összekötő egyenestől mérve): $\ell/250$.

* k_v képletébe a h és x távolságokat milliméterben kell behelyettesíteni.

**Tömör fa, rétegelt-ragasztott fa és LVL termékek esetén.

4. Oszlopok

4.1. Külponyos nyomás

A relatív karcsúságot a következőképpen kell számítani:

$$\lambda_{\text{rel},y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad \lambda_{\text{rel},z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

– Ha egyidejűleg $\lambda_{\text{rel},y} \leq 0,3$ és $\lambda_{\text{rel},z} \leq 0,3$, akkor a feszültségek a

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

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

feltételeknek megfelelőek legyenek ($k_m = 0,7$ téglalap alakú keresztmetszetekre*, $k_m = 1,0$ egyébként).

– Minden más esetben a feszültségek feleljenek meg a következő feltételeknek:

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

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

ahol

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

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}}$$

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

$$k_z = 0,5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},z}^2 \right)$$

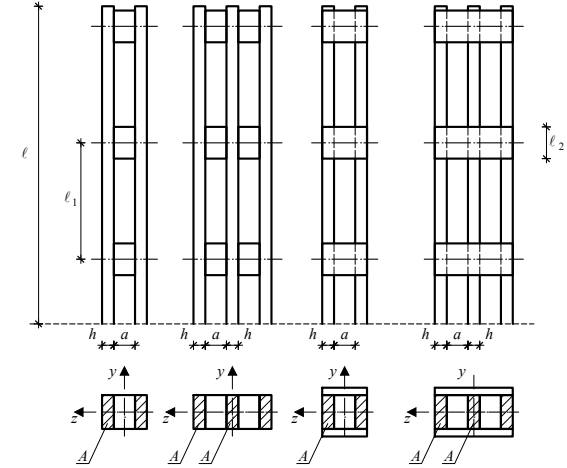
($\beta_c = 0,2$ tömör fa esetén, $\beta_c = 0,1$ rétegelt-ragasztott fa és LVL esetén.)

A k_c karcsúsági csökkentő tényező értékei természetes faanyag esetén:

λ_{rel}	k_c	λ_{rel}	k_c	λ_{rel}	k_c	λ_{rel}	k_c	λ_{rel}	k_c	λ_{rel}	k_c	λ_{rel}	k_c
0,30	1,000	0,68	0,886	1,06	0,645	1,44	0,407	1,82	0,268	2,20	0,188	2,70	0,128
0,32	0,996	0,70	0,877	1,08	0,630	1,46	0,397	1,84	0,263	2,22	0,185	2,75	0,123
0,34	0,991	0,72	0,868	1,10	0,615	1,48	0,388	1,86	0,258	2,24	0,182	2,80	0,119
0,36	0,986	0,74	0,858	1,12	0,601	1,50	0,379	1,88	0,253	2,26	0,179	2,85	0,115
0,38	0,982	0,76	0,847	1,14	0,586	1,52	0,371	1,90	0,248	2,28	0,176	2,90	0,111
0,40	0,977	0,78	0,836	1,16	0,572	1,54	0,362	1,92	0,243	2,30	0,173	2,95	0,108
0,42	0,972	0,80	0,825	1,18	0,558	1,56	0,354	1,94	0,238	2,32	0,170	3,00	0,104
0,44	0,967	0,82	0,813	1,20	0,545	1,58	0,346	1,96	0,234	2,34	0,168	3,05	0,101
0,46	0,961	0,84	0,801	1,22	0,532	1,60	0,339	1,98	0,230	2,36	0,165	3,10	0,098
0,48	0,956	0,86	0,788	1,24	0,519	1,62	0,331	2,00	0,225	2,38	0,162	3,15	0,095
0,50	0,950	0,88	0,775	1,26	0,506	1,64	0,324	2,02	0,221	2,40	0,160	3,20	0,092
0,52	0,944	0,90	0,762	1,28	0,494	1,66	0,317	2,04	0,217	2,42	0,157	3,25	0,089
0,54	0,938	0,92	0,748	1,30	0,482	1,68	0,310	2,06	0,213	2,44	0,155	3,30	0,087
0,56	0,932	0,94	0,733	1,32	0,470	1,70	0,304	2,08	0,209	2,46	0,152	3,35	0,084
0,58	0,925	0,96	0,719	1,34	0,459	1,72	0,297	2,10	0,206	2,48	0,150	3,40	0,082
0,60	0,918	0,98	0,704	1,36	0,448	1,74	0,291	2,12	0,202	2,50	0,148	3,45	0,079
0,62	0,910	1,00	0,689	1,38	0,437	1,76	0,285	2,14	0,198	2,55	0,142	3,50	0,077
0,64	0,903	1,02	0,674	1,40	0,427	1,78	0,279	2,16	0,195	2,60	0,137	3,55	0,075
0,66	0,894	1,04	0,660	1,42	0,417	1,80	0,274	2,18	0,192	2,65	0,132	3,60	0,073
0,68	0,886	1,06	0,645	1,44	0,407	1,82	0,268	2,20	0,188	2,70	0,128	3,65	0,071

*Tömör fa, rétegelt-ragasztott fa és LVL termékek esetén.

4.2. Betétfás vagy hevederes osztott keresztmetszetű oszlopok



– y irányú kihajlás esetén a teherbírás az alkotó oszlopszelvények teherbírásának összege.

– z irányú kihajlás esetén a következő feltétel teljesülését kell igazolni*:

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

ahol

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A_{\text{tot}}} \quad \text{az } A_{\text{tot}} \text{ teljes keresztmetszeti terület alapján meghatározott nyomófeszültség.}$$

k_c az előző (4.1) szakasz alapján meghatározott $k_{c,y}$ tényező, de λ_y helyett λ_{ef} effektív karcsúságot figyelembe véve.

λ_{ef} számítása:

$$\lambda_{\text{ef}} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2}$$

ahol

λ azonos hosszúságú, azonos keresztmetszeti területű (A_{tot}) és azonos inerciájú (I_{tot}) , tömör keresztmetszetű oszlop karcsúsága, vagyis:

$$\lambda = \ell \sqrt{A_{\text{tot}} / I_{\text{tot}}}$$

λ_1 egy szelvény karcsúsága, vagyis:

$$\lambda_1 = \sqrt{12} \frac{\ell_1}{h} \quad (\text{de minimum } 30)$$

n az alkotó szelvények száma

η a teheridőtartamtól és a kapcsolat kialakításától függő tényező:

	Betétfák			Hevederek	
	ragasztott	szegezett	csavarozott**	ragasztott	szegezett
Állandó, illetve hosszú időtartamú teher	1	4	3,5	3	6
Közepes, illetve rövid időtartamú teher	1	3	2,5	2	4,5

*Ha a teher a geometriai középpontban ható F_c tengelyirányú erő.

**Tárcsákkal.