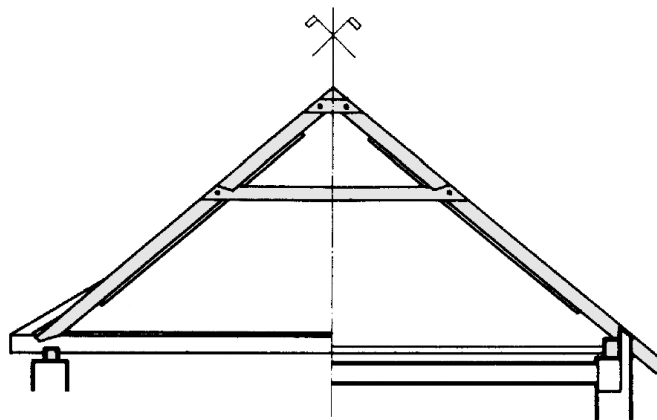




Fogópáros fa fedélszék számítása

Segédlet v3.2

Összeállította: *Koris Kálmán*
Erdődi László
Molnár András



Budapest, 2010. október 18.

Tartalomjegyzék

Fogópáros fa fedélszék számítása	1
1. Alkalmazott szabványok és előírások	4
2. Szerkezeti kialakítás.....	4
3. Anyagok és anyagjellemzők	5
4. Terhek	6
4.1. Állandó terhek.....	6
4.2. Esetleges terhek.....	7
4.2.1. Hóteher.....	7
4.2.2. Szélteher	8
5. Igénybevételek számítása a szaruállás méretezéséhez	10
5.1. Igénybevételek tervezési értéke teherbírási határállapotban	13
5.2. Használhatósági határállapotok.....	14
6. Fa anyagú teherviselő szerkezeti elemek teherbírásának ellenőrzése	14
6.1. A szarufa ellenőrzése	15
6.2. A fogópár ellenőrzése	16
7. Kapcsolatok teherbírásának ellenőrzése.....	17
7.1. A szarufa és a talpszelemen kapcsolata.....	17
7.2. A szarufa és a fogópár kapcsolata	20
7.3. Szarufa toldásának ellenőrzése.....	22
8. Hosszirányú merevítés közelítő ellenőrzése.....	23
9. Vasbeton szerkezeti elemek teherbírásának vizsgálata	25
9.1. Koszorú vasalása.....	25
9.2. Vasbeton oszlop vasalása	25
10. Mellékletek	26

Fogópáros fedélszék

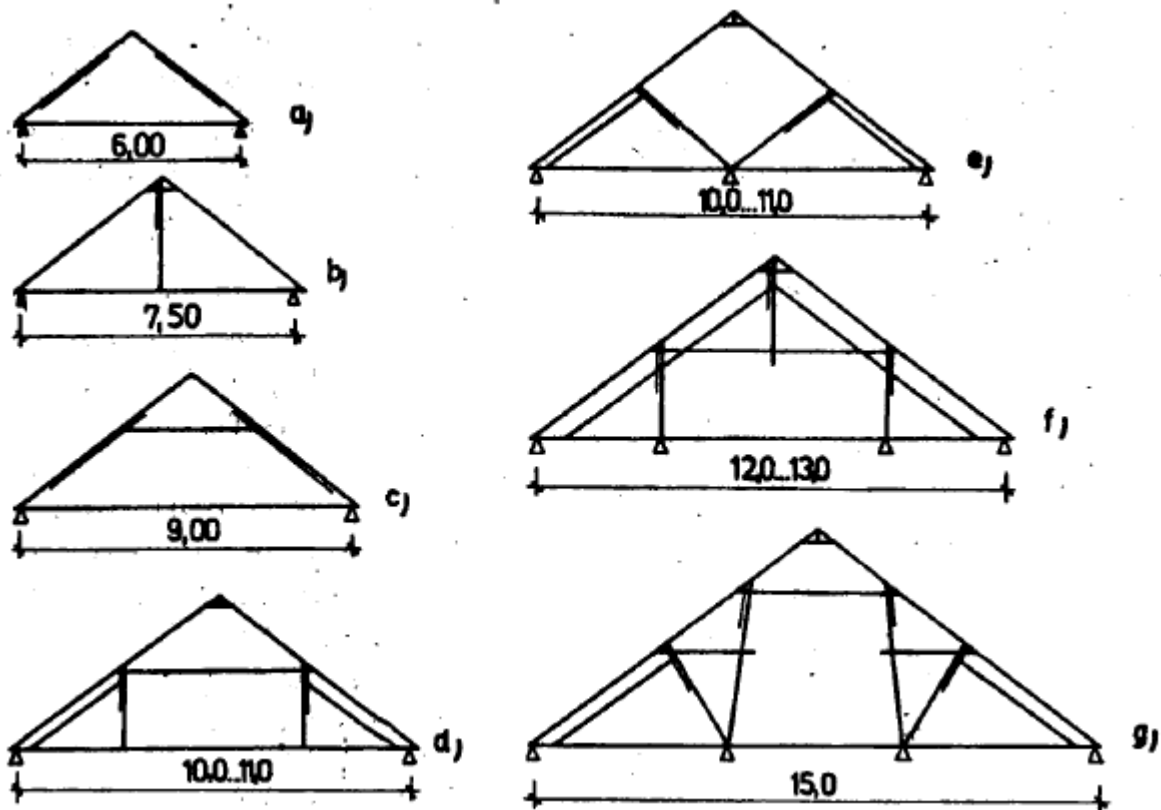
Fa szerkezeti elemek és kapcsolatok tervezése és ellenőrzése

Bevezetés

A feladatban egy családi ház léptékű, beépített tetőterű fedélszék statikai számítását vesszük végig, egyes részein az EUROCODE szabványsorozat szerinti számításokat alkalmazva, más részekben az EUROCODE szerinti eljárásokat egyszerűsítve – ezek egy valós feladat esetében nem mind lennének alkalmazhatóak, mert egyes esetekben nem a biztonság javára történnek.

A fedélszék típusoknak két nagy csoportja van: a szelemenes és a szarufás rendszerek. A feladatban egy szarufás rendszerű fedélszékkel foglalkozunk, amelyben a fő terheket (a tető önsúlya, felületén keletkező szél és hóterhek) a szarufák továbbítják a térdfalra. A tetőszerkezet térbeli állékonyságát a merevítő rendszer és a szarufákat összekötő szelemenek adják. **A feladatot két fő részre oszthatjuk: az egyik a szaruállások méretezése, a másik a merevítő rendszer méretezése.**

A hagyományos fedélszék típusok és jellemző fesztávolságuk láthatóak az 1. képen.



1. ábra: Fedélszék típusok és jellemző fesztávolságaik

1. Alkalmazott szabványok és előírások

Terhek:

EC1: MSZ EN 1991-1-1:2005

MSZ EN 1991-1-3:2005

MSZ EN 1991-1-4:2004

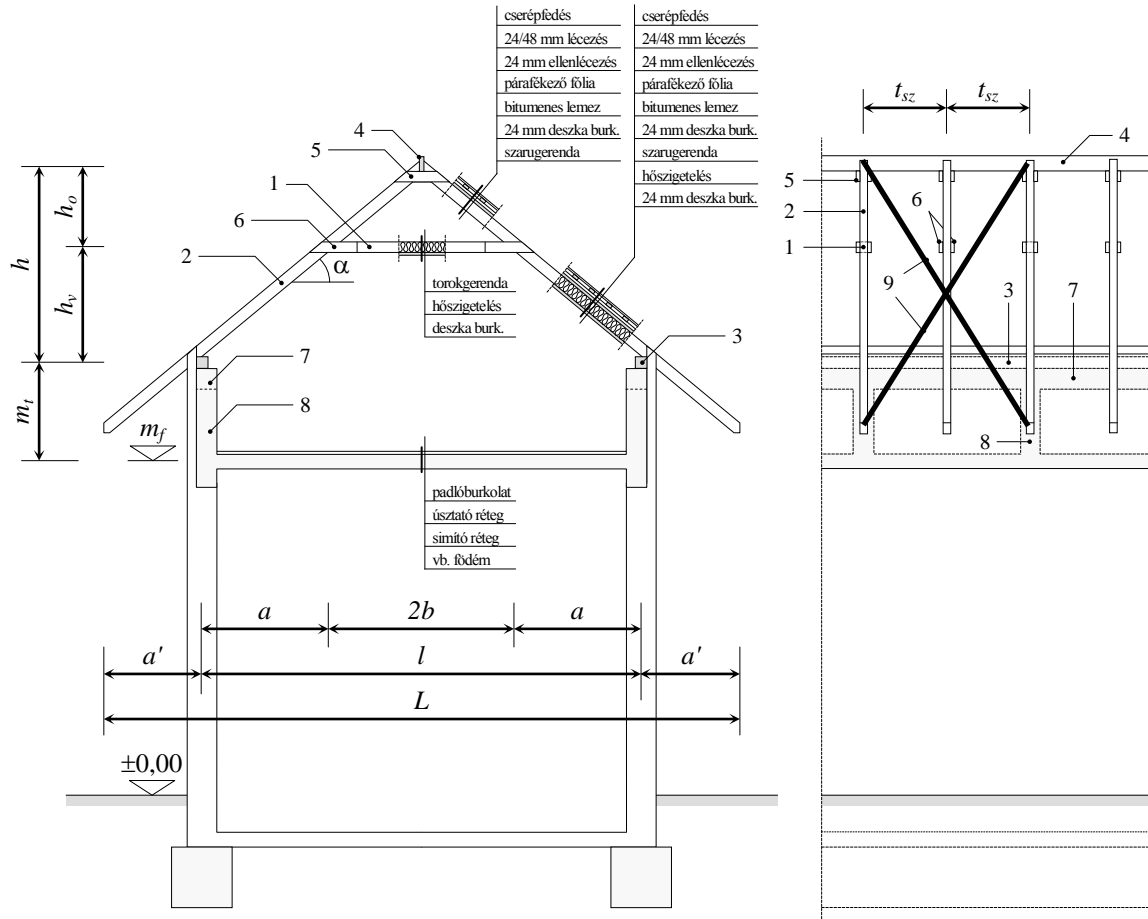
Faszerkezetek:

EC 5: MSZ EN 1995-1-1:2005

Faanyag szilárdsági osztályok:

MSZ EN 338:2003

2. Szerkezeti kialakítás

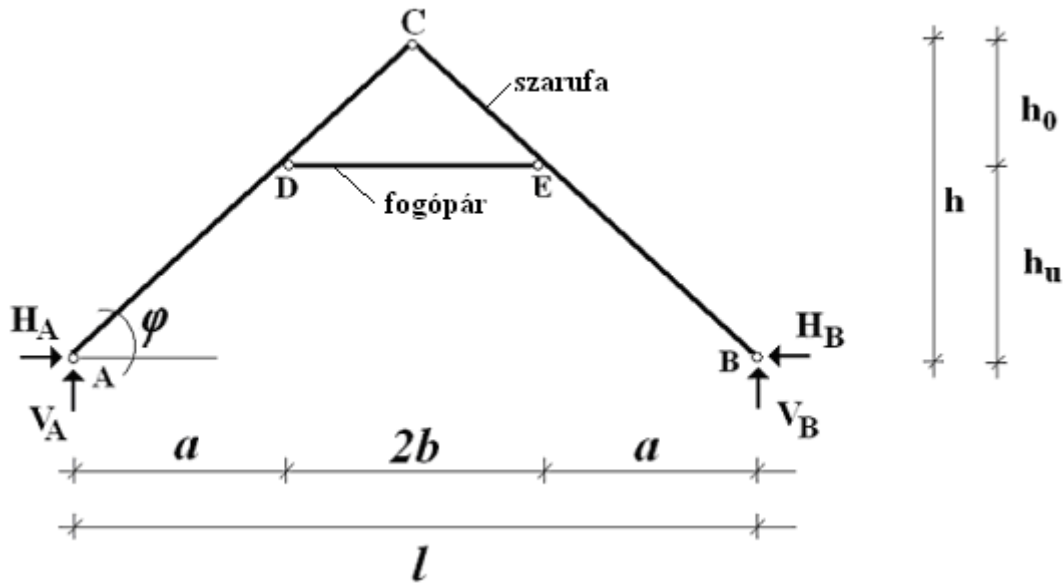


1 – fogópár, 2 – szarugerenda, 3 – talpszelemen, 4 – taréjszelemen (taréjdeszka), 5 – taréjfogópár (taréjfogó),
6 – fogópár, 7 – vasbeton koszorú, 8 – vasbeton merevítő oszlop, 9 – hosszirányú merevítés

2. ábra: A fogópáros fedélszék szerkezeti kialakítása: metszet és oldalnézet

Statikai váz

A fogópáros fedélszék statikai váza látható a 3. ábrán. A vízszintes reakciók felvételét a térdfalak közvetítésével a vasbeton földem vagy gerenda biztosítja. A fedélszék egyszeresen határozatlan, a D-E pontokat összekötő fogópár nyomott. A számítás során, a tervezési feladat egyszerűsítése végett elhanyagoljuk a feltámaszkodási ponton túlnyúló részeket, de a rajzi megjelenítésnél kérjük azok ábrázolását. Ez az elhanyagolás a szarufa hajlítónyomatékát és a fogópár normálerejét a biztonság javára, a reakcióerőket a biztonság kárára módosítja, de csak kis mértékben.



3. ábra: A fedélszék statikai váza

3. Anyagok és anyagjellemzők

Az EUROCODE szerinti tervezéskor az építőanyagok szilárdsági jellemzőinek megkülönböztetjük karakterisztikus és tervezési értékét. Az építőanyagok szilárdságának karakterisztikus értékét a szabványban található táblázat rögzíti (**B** melléklet). A faanyagok anyagjellemzőinek magyarázata:

$f_{m,k}$	hajlítószilárdság karakterisztikus értéke
$f_{c,0,k}$	rostokkal párhuzamos nyomószilárdság karakterisztikus értéke
$f_{c,90,k}$	rostokra merőleges nyomószilárdság karakterisztikus értéke
$f_{t,0,k}$	rostokkal párhuzamos húzószilárdság karakterisztikus értéke
$f_{t,90,k}$	rostokra merőleges húzószilárdság karakterisztikus értéke
$f_{v,k}$	nyírószilárdság karakterisztikus értéke
$E_{0,mean}$	rostiránnyal párhuzamos rugalmassági modulus középértéke
$E_{0,05}$	rostiránnyal párhuzamos rugalmassági modulus karakterisztikus értéke
$E_{90,mean}$	rostirányra merőleges rugalmassági modulus karakterisztikus értéke

A szakítószilárdság karakterisztikus értéke az acél anyagú kapcsolóelemeknél:

átmenőcsavar	pl.: $f_{uk} = 500 \text{ N/mm}^2$ (5.6-os minőség)
facsavar:	$f_{uk} = 340 \text{ N/mm}^2$
huzalszeg:	$f_{uk} = 600 \text{ N/mm}^2$

Az anyagi biztonsági tényezők értékei:

- faanyagú teherviselő szerkezetek:

biztonsági tényező: $\gamma_{fa} = 1,3$

- faanyagú elemek kapcsolatai:

biztonsági tényező: $\gamma_{kapcs} = 1,3$

Figyelem! Az EUROCODE szabványsorozat a „ γ ” jelet két különböző értelemben is használja: egyrészt a biztonsági tényezőt jelöli, másrészt a térfogatsúlyt. A kettőt nem szabad összekeverni!

4. Terhek

4.1. Állandó terhek

A tetősík különböző területein, és a fogópáron az eltérő rétegrend miatt más és más önsúlyintenzitás van jelen (2. ábra). A feladatban ezt egyszerűsítjük: a szarufa teljes hosszán a hőszigeteléssel együtt számított önsúlyt helyezük el (ez a biztonság javára tett közelítés), a fogópáron az ott megadott rétegrenddel számolunk (4. ábra). Az önsúlyteher karakterisztikus értékének számításánál a méretezett szerkezeti elem folyómétersúlyát is figyelembe kell venni.

1. táblázat: Súlyelemzés

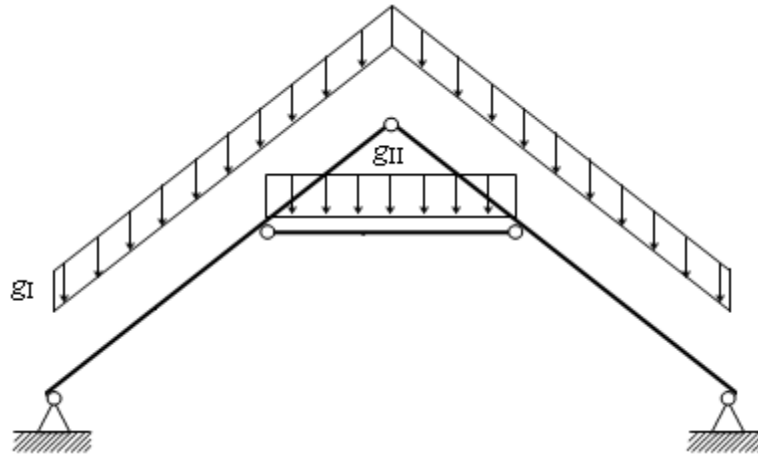
Réteg neve	Vastagság [mm]	Térfogatsúly [kN/m ³]	Négyzetmétersúly [kN/m ²]	Szarufára jutó teher [kN/m]
.
.
.
Összesen:				

2. táblázat: Adatok a súlyelemzéshez

Hőszigetelő anyagok	γ_k [kN/m ³]
EPS hab	0,1-0,15
XPS hab	0,3-0,4
Kőzetgyapot	0,3-0,8
Üveggyapot	0,10-0,11

Faanyagok	γ_k [kN/m ³]
Fenyő, erdei (C22-C35)	4,1-4,8
Rétegelt lemez (fenyő)	5,0
Faforgácslap	7,0-8,0
Farostlemez (MDF)	8,0

Héjazatok	g_k [kN/m ²]
Betoncserép	0,45
Hódfarkú egyszeres	0,35
Hornyolt agyagcserép	0,38
Fazsindely	0,35
Bitumenes lemez (4mm)	0,05



4. ábra: Az önsúlyterhek és elrendezésük

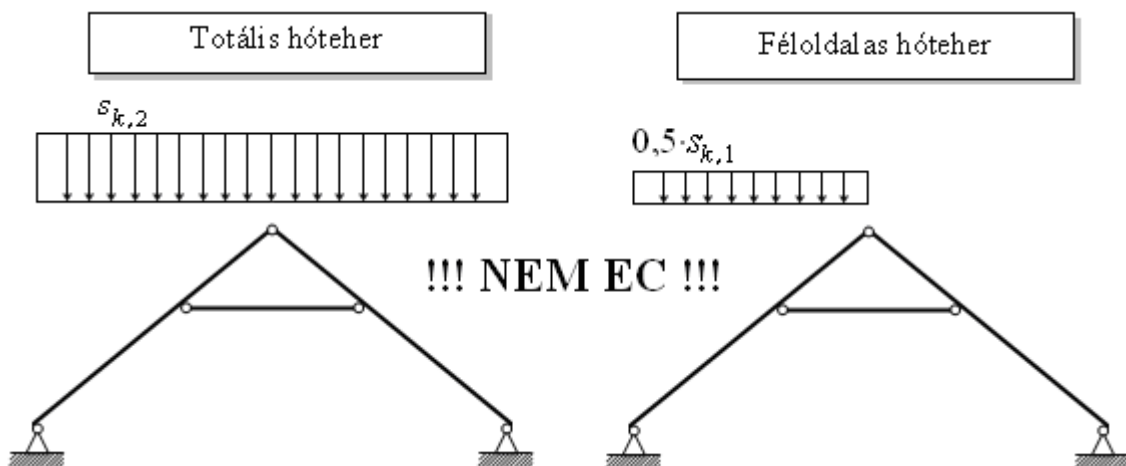
4.2. Esetleges terhek

4.2.1. Hóteher

A vízszintessel α szöget bezáró tetők **vízszintes vetületére vonatkoztatott függőleges irányú** hóteher a következő összefüggésből kell számítani az EC 1 alapján:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

A szabványos ellenőrzés szerint egy aszimmetrikus és egy féloldali hóteher kellene figyelembe venni, ehelyett itt egyszerűsítésként egy szimmetrikus és egy féloldali hóteherrel számolunk.



5. ábra: A hóterhek és elrendezésük

A teher intenzitását a szabványos számítási módszerrel határozzuk meg. Mivel a tető szimmetrikus, hajlásszöge 30° és 60° közé esik, a tengerszint feletti magasság 400 méternél kisebb, a hóteher értéke:

$$s_{1,2} = \mu_{1,2} \cdot 1,25 \text{ kN/m}^2, \text{ és}$$

$$\begin{aligned} \mu_1 &= 0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30 \\ \mu_2 &= 1,1 \cdot (60 - \alpha) / 30 \end{aligned} \quad (\alpha\text{-t fokban kell behelyettesíteni, a képletek } 30^\circ \text{ és } 60^\circ \text{ között érvényesek})$$

A tetőhéjzat önsúlyához hasonlóan a hőterhet egy szarugerendára jutó, vonal mentén megoszló teherként adjuk meg.

$$s_{k,1} = t_{sz} \cdot \mu_1 \cdot 1,25 \text{ kN/m}^2 \text{ (ennek a felét alkalmazzuk féloldalas leterhelésként)}$$

$$s_{k,2} = t_{sz} \cdot \mu_2 \cdot 1,25 \text{ kN/m}^2 \text{ (ezt alkalmazzuk totális leterhelésként)}$$

4.2.2. Szélteher

Megkülönböztetünk szélnyomást (külső, belső), szélsúrlódást valamint dinamikus szélhatást. A feladatban szereplő fedélszéknel csak a külső szélnyomással foglalkozunk. Ez a felületre merőleges hatásként jelentkezik. Az épület külső felületén működő szélnyomást az EC1 szerint a következő összefüggésből kell számítani:

$$w_e = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

ahol: q_{ref} az átlagos torlónyomás, ami egyben a szélteher karakterisztikus értékét jelenti (a 2%-os túllépéshez tartozó valószínűségi érték), Magyarország területén $q_{ref} = 0,25 \text{ kN/m}^2$ veendő számításba.

$c_e(z_e)$ a helyszíntényező, melynek értékét a terep tulajdonságai (beépítettség kategóriák, terep tagoltsága) és a z_e terepszint feletti, ún. referenciamagasság függvényében lehet meghatározni. A tervezési feladatban $c_e(z_e) = 2$ veendő számításba.

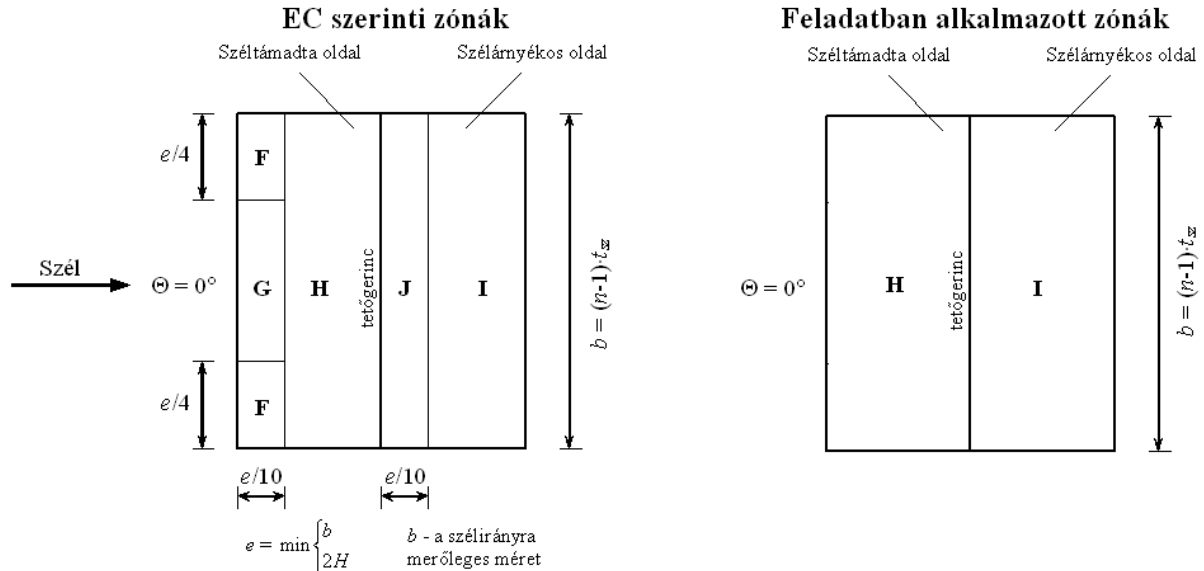
c_{pe} a külső nyomási tényező, melynek értéke azon A felület függvényében határozható meg, amelyre a szélnyomás (szélszívás) nagyságát meg akarjuk határozni. Értéke függ az adott felület szélnek való kitétségétől, amelyet az EUROCODE szélnyomási zónák definiálásával vesz figyelembe), valamint a felület nagyságától. A tervezési feladatban a méretezendő szerkezeti elemekhez jellemzően 10 m^2 -nél nagyobb felület tartozik, ezért csak ezt az esetet tárgyaljuk.

Azaz a tervezési feladatban a fenti képlet a következőképpen alakul:

$$w_e = 2 \cdot c_{pe} \cdot 0,25 \text{ kN/m}^2$$

A feladat során a szaruállás méretezésénél, és a merevítő rendszer méretezésénél is figyelembe kell venni a szélterhet:

- A külső nyomási tényező (c_{pe}) értékei a fedélszékre ható szélteher esetén:
(Az EC 1 által előírtak közül csak két zónát veszünk figyelembe a szaruállások méretezésekor – a figyelembe nem vett zónák a tetőfelület 10%-át teszik ki, ezért az igénybevételeket nem befolyásolják jelentősen.)



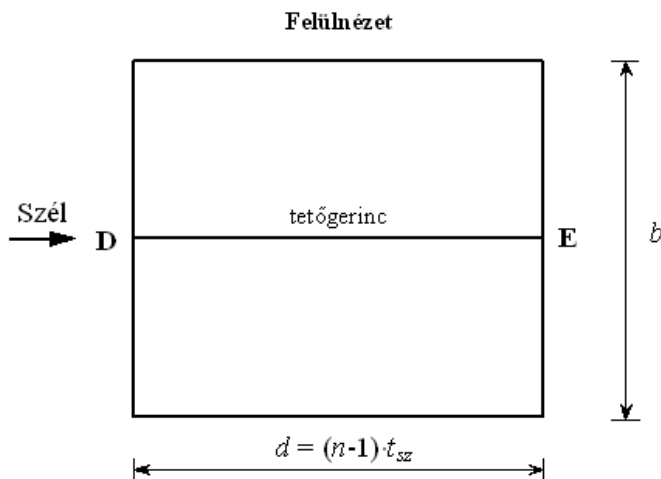
6. ábra: Szélnyomási zónák a tetőfelületen (felülnézet)

3. táblázat: Külső nyomási tényezők: F-J zónák

Tetőhajás (α)	Zónák $\Theta = 0^\circ$ szélirányhoz nyeregtető esetén									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4					
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,2		-0,3	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	

Az azonos előjelű értékek között lineáris interpoláció alkalmazható.

- A külső nyomási tényező (c_{pe}) értékei az épület függőleges oldalfalára ható szélteher esetén: amennyiben a vizsgált oldalfal magassága nem haladja meg a szél irányára merőleges szélességi méretet, elegendő egyetlen szélnyomászóna figyelembe vétele. A tervezési feladatban megadott fedélszék- és épületméretek esetén ez a feltételezés jó közelítéssel fennáll, ezért egyszerűsítésképpen a számítás során ezt az esetet alkalmazhatjuk.



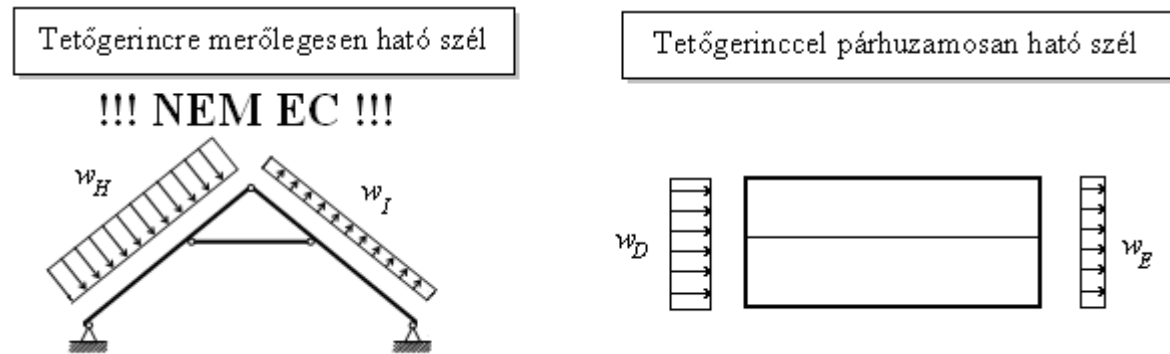
7. ábra: Szélnyomási zónák az oromfalakon

4. táblázat: Külső nyomási tényezők: D, E zóna

b/H	Zónák			
	D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≤ 1	+0,8	+1,0	-0,3	
≥ 4	+0,6	+1,0	-0,3	

Megjegyzés: Az ábrákon és táblázatokban a méretek szabvány szerinti jelölését alkalmaztuk: a b szélesség mindig a szélre merőleges méretet jelenti.

A tervezési feladatban az előzőek alapján meghatározandók a következő szélnyomás értékek:



8. ábra: Szélből adódó teheresetek

A tetőgerincre merőlegesen ható szélterhet egy szaruállásra jutó vonal menti teherként adjuk meg:

$$w_H = t_{sz} \cdot c_{pe,H} \cdot 2 \cdot 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$w_I = t_{sz} \cdot c_{pe,I} \cdot 2 \cdot 0,25 \text{ kN/m}^2$$

A tetőgerinccel párhuzamosan ható szélterhet felületi megoszló teherként adjuk meg:

$$w_D = c_{pe,D} \cdot 2 \cdot 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$w_E = c_{pe,E} \cdot 2 \cdot 0,25 \text{ kN/m}^2$$

5. Igénybevételek számítása a szaruállás méretezéséhez

Tartószerkezetek méretezésekor mindig azokat az igénybevételeket keressük, amely a vizsgálandó szerkezeti elemek és kapcsolatok méretezése szempontjából fontosak (5. táblázat).

5. táblázat: A méretezéshez szükséges igénybevételek

Szarufa	Hajlított-nyomott elem	$(M_{\max}, N), (N_{\max}, M)$
Fogópár	Hajlított-nyomott elem	$(M_{\max}, N), (N_{\max}, M)$
Szarufa feltámaszkodása	Csuklós kapcsolat	F_x, F_y
Szarufa – fogópár	Csuklós kapcsolat	F_x, F_y
Szarufa toldása	Nyomatékbíró kapcsolat	(M_{\max}, N, V) (N_{\max}, M, V) (V_{\max}, M, N)

A feladatban szereplő fogópáros fedélszék statikailag egyszeresen határozatlan tartó, megoldása pl. a virtuális erők tétele alapján lehetséges.

Határozza meg az önsúlyteherből származó igénybevételeket erőmódszerrel, és a kapott eredményeket hasonlítsa össze az alább leírt táblázatos számítási módszerrel meghatározott igénybevételekkel!

Az igénybevételek számítását megkönnyíti, ha mérnöki kézikönyveket használunk. A 6. táblázat a fontosabb igénybevételek értékeit tartalmazza: H_A és H_B jelölik a vízszintes, V_A és

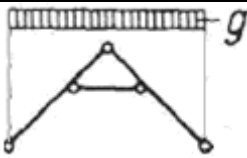
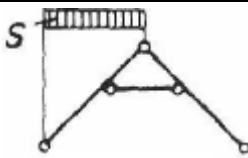
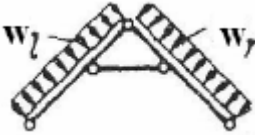
V_B a függőleges reakcióerőket az A ill. B támasznál (lásd a 3. ábrán). M_E és M_D a szarufában keletkező nyomaték értékét adja meg a fogópárral való kapcsolódás helyén, amely egyben a maximális nyomaték helye. N_{ED} a fogópárban keletkező normálerő. A segédmenyiségként használt α , β , γ ill. κ paramétereket a feladatlapon meghatározott geometriai, és a 4. pontban meghatározott szélterhek alapján vesszük fel.

$$\alpha = h_u/h \quad \beta = h_0/h = 1-\alpha \quad \gamma = \alpha \cdot \beta \quad \kappa = w_l/w_H$$

A fogópáron ható terheket a szaruállás igénybevételeinek számításakor a feladatban nem vesszük figyelembe (ez valós feladatoknál nem engedhető meg). A szarufa mentén egyenletesen megoszló ferde önsúly jellegű terheket (g_l) a feladatban úgy vesszük figyelembe, hogy meghatározzuk az alaprajzra vetített teherintenzitásukat, és a vonatkozó terhelési esetekhez ezt alkalmazzuk:

$$g = g_l / \cos \varphi$$

6. táblázat: Igénybevételek számítása

			
H_A	$\frac{1 + 4\alpha + \gamma}{16\alpha \tan \varphi} g \cdot l$	$\frac{1 + 4\alpha + \gamma}{32\alpha \tan \varphi} s \cdot l$	$\frac{k_1 + \kappa k_2}{16} w_l \cdot l$
H_B	$\frac{1 + 4\alpha + \gamma}{16\alpha \tan \varphi} g \cdot l$	$\frac{1 + 4\alpha + \gamma}{32\alpha \tan \varphi} s \cdot l$	$\frac{k_2 + \kappa k_1}{16} w_l \cdot l$
V_A	$\frac{g \cdot l}{2}$	$\frac{3}{8} s \cdot l$	$\frac{3 - k_5 + \kappa}{8} w_l \cdot l$
V_B	$\frac{g \cdot l}{2}$	$\frac{1}{8} s \cdot l$	$\frac{1 + k_5 + 3\kappa}{8} w_l \cdot l$
M_D	$\frac{3\gamma - 1}{32} g \cdot l^2$	$\frac{7\gamma - 1}{64} s \cdot l^2$	$\frac{k_3 - \kappa k_4}{64} w_l \cdot l^2$
M_E	$\frac{3\gamma - 1}{32} g \cdot l^2$	$-\frac{1 + \gamma}{64} s \cdot l^2$	$\frac{-k_4 + \kappa k_3}{64} w_l \cdot l^2$
N_{DE}	$-\frac{1 + \gamma}{16\gamma \tan \varphi} g \cdot l$	$-\frac{1 + \gamma}{32\gamma \tan \varphi} s \cdot l$	$-\frac{(1 + \kappa) \cdot k_4}{32 \cdot \gamma \cdot \tan \varphi} w_l \cdot l$

Segédmenyiségek a szélteherből származó igénybevételek meghatározásához:

$$k_1 = \frac{2}{\tan \varphi} - 6 \tan \varphi + \frac{1 + \gamma}{2\alpha} \cdot \frac{1 + \tan^2 \varphi}{\tan \varphi}$$

$$k_2 = \frac{1 + \tan^2 \varphi}{\tan \varphi} \cdot \left(2 + \frac{1 + \gamma}{2\alpha} \right)$$

$$k_3 = (1 + \tan^2 \varphi) (7\gamma - 1)$$

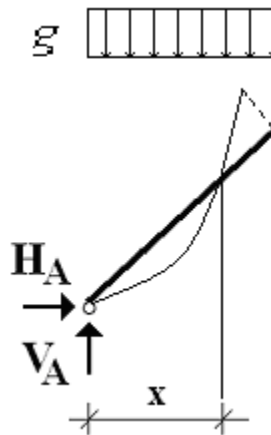
$$k_4 = (1 + \tan^2 \varphi) (1 + \gamma)$$

$$k_5 = \tan^2 \varphi \cdot (1 - \kappa)$$

A 6. táblázatban megtalálható w_r értéket a feladatban w_l -vel jelöltük, a w_l értéket pedig w_H -val.

A további igénybevételek a fent meghatározottak alapján már számíthatóak:

- A szarufában ébredő normálerő a támasznál a reakcióerők szarufa irányú vetületeiből számítható.
- A fogópáron mint kéttámaszú tartón meghatározható a benne ébredő hajlítónyomaték, valamint a leadódó függőleges reakcióerő.
- A szarufatoldás helyének meghatározása két elv szerint lehetséges. Az egyik az optimális anyagfelhasználás, azaz kerek 4-5-6-7 méter hosszúságú gerendák alkalmazása. A másik az erőtani megfontolás, azaz a toldás igénybevételeinek minimalizálása, pl. úgy, hogy az állandó terhekből származó nyomatéki ábra zérushelyének közelében helyezzük el (10 cm-re kerekítve, legalább fél méterre a fogópárral való kapcsolattól), ehhez:
 - Rajzolja fel az önsúlyterhekből származó nyomatéki ábrát – a fent kiszámított reakcióerők és maximális nyomaték, valamint a teher figyelembevételével.
 - A nyomatéki nullpont helyét a támasztól indulva az alábbi erők alapján tudja megkeresni:



9. ábra: A nyomatéki ábra zérushelyének meghatározása

- A szarufa toldásánál ébredő igénybevételeket a fentihez hasonló módon kell meghatározni minden terhelési esetből. (Normálerő és nyíróerő a függőleges és vízszintes komponensből számítható a szarufa tengelyére, ill. arra merőlegesen vett vetületek előjelhelyes összegzésével.)

A terhek karakterisztikus értékéből számított igénybevételeket foglalja össze táblázatban!

7. táblázat: Igénybevételek összefoglaló táblázata

	Önsúly	Totális hó	Féloldalas hó	Szél
H_A	A 6. táblázat alapján számítható.			
H_B				
V_A				
V_B				
$N_{sz,A}$	A szarufában ébredő normálerő, amely az adott teheresetthez az A ill., B támaszreakciók vetületeiből számítható.			
$N_{sz,B}$				
M_D	A 6. táblázat alapján számítható.			
M_E				
N_{DE}				
$M_{t,A}$	A szarufa toldásánál ébredő igénybevételek, amelyek a toldás helyének meghatározása után számíthatóak az adott teheresetthez, a reakcióerők és a terhek felhasználásával.			
$N_{t,A}$				
$V_{t,A}$				
$M_{t,B}$				
$N_{t,B}$				
$V_{t,B}$				

5.1. Igénybevételek tervezési értéke teherbírási határállapotban

Az előző pontban meghatároztuk a számunkra fontos igénybevételek karakterisztikus értékeit a különböző teheresetekből. Egy szerkezeti elem kiválasztott helyének, kiválasztott igénybevételét vizsgálva, a fenti táblázat alapján el tudjuk dönteni, hogy melyik teheresetnek van növelő és melyiknek csökkentő hatása.

Teherkombinációnak nevezzük a terhelési eseteknek, biztonsági és kombinációs tényezőknek azon csoportját, amelyet egy adott igénybevétel (igénybevételcsoport) meghatározásakor figyelembe veszünk. A teherkombinációkon belül most három teheresetípust különböztetünk meg:

- G – állandó teher,
- Q_1 – kiemelt esetleges teher,
- Q_2 – további esetleges teher (terhek).

Az igénybevételek *tervezési értékének* meghatározásához az EC1 szerinti „tartós és átmeneti” tervezési helyzet összefüggéseit alkalmazzuk. A biztonsági és egyidejűségi tényezőket [2] az A függelék 4. illetve 5. táblázata alapján vettük fel.

8. táblázat: Biztonsági és egyidejűségi tényezők

Biztonsági és kombinációs tényezők		
A teher típusa	γ	ψ_{0i}
állandó teher*	1,35	–
hó	1,5	0,6
szél	1,5	0,6

* Az állandó teherhez a szabvány definiálja a biztonsági tényező alsó értékét is, amelyet akkor kell figyelembe venni, ha az önsúlyteher valamely igénybevétel szempontjából kedvező – ezzel a tervezési feladatban nem foglalkozunk.

Igénybevétel tervezési értékének elvi képzése az EC1 szerint:

kiemelt a hóteher $Y_d = \gamma_G Y_G + \gamma_{hó} Y_{hó} + \psi_{szél} \gamma_{szél} Y_{szél}$
vagy

kiemelt a szélteher $Y_d = \gamma_G Y_G + \psi_{hó} \gamma_{hó} Y_{hó} + \gamma_{szél} Y_{szél}$

Egy teherkombinációt akkor nevezünk mértékadónak (egy adott hely, adott igénybevétel szempontjából), ha az összes lehetséges teherkombináció közül a legnagyobb igénybevétel adódik belőle. Ezt kétféleképpen állíthatjuk elő: vagy előállítjuk az összes lehetséges kombinációt, és kiválasztjuk közülük a mértékadót (ez a számítógépes programok eljárása), vagy az egyes teheresetekből adódó igénybevételek alapján úgy állítjuk össze a teherkombinációt, hogy az mértékadó legyen.

A szerkezeti elemek méretezéséhez szükséges igénybevételeket felsoroló 5. táblázat, és az egyes tehereseteknél számított igénybevételeket összefoglaló 7. táblázat alapján határozzuk meg, hogy az egyes szerkezeti elemek méretezéséhez milyen teherkombinációkat kell figyelembe venni! Melyik lesz a kiemelt esetleges teher? Minden további esetleges terhet figyelembe kell venni?

A teherkombinációk képzésénél a következőkre kell ügyelni:

- A hóteher kétféle teheresetet jelent – egyszerre csak egyik lehet „aktív”.
- **A vizsgált szerkezet szimmetrikus, és az aszimmetrikus tehereseteket csak egyik oldalról vettük figyelembe.** A méretezéshez hiba volna az igénybevételek jobb és baloldali mértékadó értékét külön meghatározni, ezért pl. a szarufa mértékadó nyomatókához tartozó teherkombináció meghatározásakor egyszerre kell figyelni az M_D és M_E értékeket. (Ugyanígy a reakcióerők szarufa normálerő, valamint szarufa toldási igénybevételek esetében)

5.2. Használhatósági határállapotok

Ebben a feladatban a használhatósági határállapotokat nem vizsgáljuk. (Az EC5 maximális lehajlásra vonatkozó korlátozása hajlított tartóra általában $l/200$ ill. $l/300$).

6. Fa anyagú teherviselő szerkezeti elemek teherbírásának ellenőrzése

A szarufát és a fogópárt külpontos nyomásra kell vizsgálni az EC5 5.2 fejezete szerint. Ezt az alábbiakban ismertetjük.

A faanyag szilárdsági jellemzőinek számítása az EC5 szerinti módosító tényezőkkel:

Környezettől függő módosító tényező:

Zárt térben a levegő átlagos páratartalma 65%-nál kisebb, a faanyag I. osztályú, tömör fa. A teherkombinációkban a hó- és a szélteher rövididejű. Az EC5 alapján (ld. A melléklet):

$$k_{mod} = 0,9$$

Mérettől függő módosító tényező:

Ha a faanyagú teherviselő elem h magassága kisebb 150 mm-nél akkor a hajlítási határfeszültség karakterisztikus értékét az alábbi módosító tényezővel is szorozni kell az EC5 3.2.2 (5) szerint:

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} (150/h)^{0,2} \\ 1,3 \end{array} \right.$$

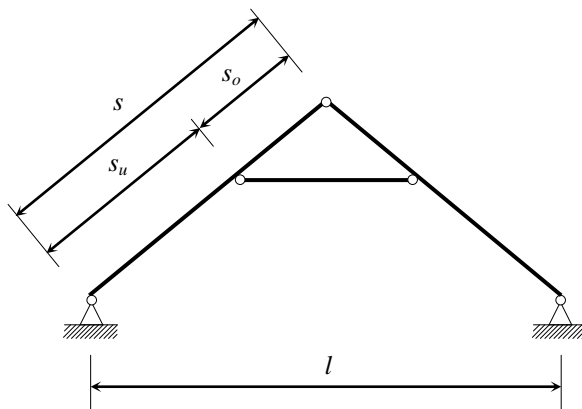
A faanyag **tervezési szilárdsága**: nyomásra ill. hajlításra

rosttal párhuzamosan: $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{fa}} k_{mod}$ ill. $f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_{fa}} k_{mod} \cdot (k_h)$

6.1. A szarufa ellenőrzése

a) Kihajlási hossz

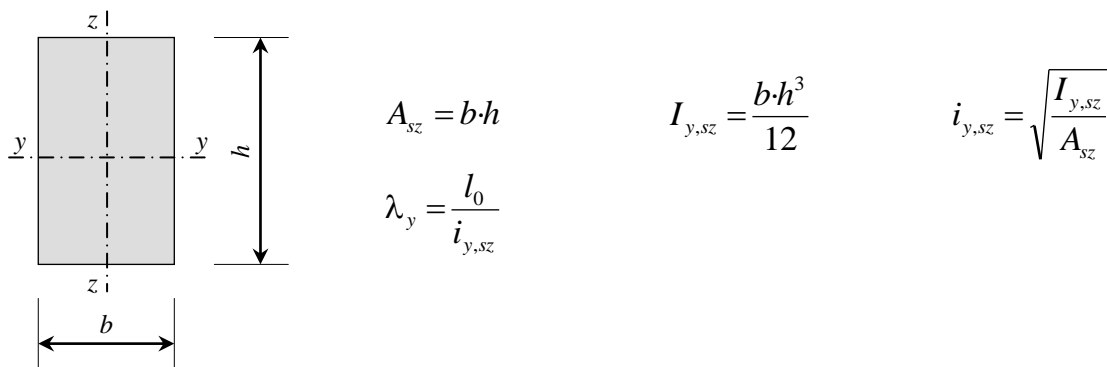
A szarufák a szaruállás síkjára merőleges kihajlását a hosszirányú merevítés kell gátolja. A hosszirányú merevítésbe a taréjszelemen, a deszkázat vagy a viharléc, illetve a cseréplécezés számítható be. A szaruállás ebben az irányban merevített, kihajlás tehát nem fenyeget. A szaruállás síkjában az egész szaruállás globális stabilitásvesztésének lehetőségére is tekintettel kell lenni. A szarufa l_0 kihajlási hossza – pontosabb számítás hiányában – az ábra alapján vehető fel.



Szarugerenda kihajlási hossza (l_0)		
s_u	$s_u < 0,7 \cdot s$	$s_u \geq 0,7 \cdot s$
l_0	$0,8 \cdot s$	s

10. ábra: A szarufa kihajlási hosszának számításánál alkalmazott hosszak

b) Keresztmetszeti jellemzők

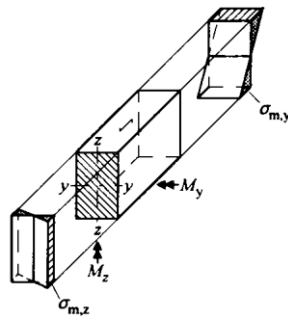


11. ábra: A szarufa keresztmetszete

c) Külpontosan nyomott elem vizsgálata az EC5 szerint

Külpontosan nyomott keresztmetszet esetén igazolni kell, hogy a feszültségekből, módosító tényezőkből és szilárdságokból képzett alábbi kifejezés értéke kisebb 1-nél. Az első tag a tiszta nyomással a második és harmadik tag a hajlítással kapcsolatos.

A külpontosan nyomott elem megfelel, ha



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

(egytengelyű hajlítás esetén csak az első két tagot vesszük figyelembe)

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

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

12. ábra: Feszültségeloszlás különböző irányú hajlítások esetén

A feszültségösszetevők az egyidejű mértékadó igénybevételekből:

nyomásból: $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed,sz}}{A_{sz}}$

hajlításból: $\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{Ed,sz}}{I_{y,sz}} \frac{h}{2}$

a relatív karcsúság:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} \quad \text{ahol} \quad \sigma_{c,crit,y} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} \quad \text{az Euler-féle kritikus kihajlási feszültség.}$$

A fenti összefüggésekben szereplő konstansok:

$$\beta_c = 0,2 \quad \text{és} \quad k_m = \begin{cases} 0,7 & \text{négyszög} \\ 1,0 & \text{kör} \end{cases} \quad \text{keresztmetszetre}$$

6.2. A fogópár ellenőrzése

A szerkezet modelljében a fogópár a szarufákhoz csuklósan kapcsolódik, ezért az l_0 kihajlási hossz egyenlő a $2b$ távolsággal. A kihajlást a feladatban függőleges síkban vizsgáljuk. A fogópár igénybevétele külpontos nyomás, a számítás lépései azonosak a szarufánál látottakkal az $N_{Ed,t}$ és az $M_{Ed,t}$ igénybevétel kombinációból. A fogópárnak a szaruállás síkjára merőleges kihajlásával szembeni ellenállását a fogópárok közé pl. 80 centiméterenként elhelyezett tuskók segítségével lehet biztosítani. Ezt jelen feladat keretében nem kell ellenőrizni, de a rajzon kérjük megjelenítésüket.

7. Kapcsolatok teherbírásának ellenőrzése

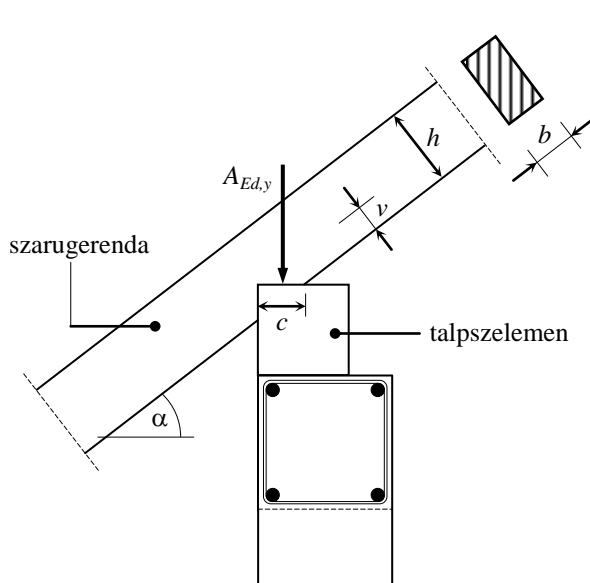
Faszerkezetek esetében a feladatban két kapcsolattípus kerül felhasználásra: ácskapcsolat (a szarufa feltámaszkodása a talpszeleменre) és csap típusú kapcsolat. (A tervezési feladatban ez lehet szeg, facsavar vagy csavar.)

Az ácskapcsolatok esetében az igénybevételeket az összetámaszkodó fafelületek adják át egymásnak. A tervezésénél általában csak az érintkező felületekre merőleges feszültségeket veszünk figyelembe (a súrlódás elhanyagolásával), és az ellenőrzés során a keletkező nyomófeszültséget az érintkező faelemekben az erő és rostirány által bezárt szögnek megfelelő tervezési szilárdsággal hasonlítjuk össze.

A csap típusú kapcsolóelemek esetében az erő átadásában valamilyen kapcsolóelem is szerepet játszik. Itt csak olyan kapcsolatokkal foglalkozunk, ahol a kapcsolóelem tengelyére merőleges erők adódnak át. Az erőátadás történhet fa és fa valamint fa és acéllemez között. Acéllemez esetén az acéllemez vastagsága is befolyásolja a kapcsolat teherbírását, ugyanis a vastag acéllemez képes befogni a csapot, míg a vékony acéllemezben a csap „szabadon” elfordul. Megkülönböztetünk egyszer nyírt és kétszer nyírt kapcsolatokat, aszerint, hogy a kapcsolóelemek hány határfelületen mennek keresztül. A csap típusú kapcsolatok **egy kapcsolóeleme egy nyírási síkjának** ellenállását a kapcsolat típusának megfelelő Johansen-egyenlet adja.

7.1. A szarufa és a talpszeleмен kapcsolata

a) *Függőleges erő felvétele:*



$$v \leq \frac{h}{4} \quad c = \frac{v}{\sin \alpha}$$

A szarufáról a talpszeleменre átvitt erő a rostokra merőleges (Ezért kisebb a határfeszültség tervezési értéke a talpszeleменnél, mint a szarufánál).

A rostokra merőleges határerő a talpszeleменnél ($b \cdot c$ felület):

$$A_{Rd,y} = c \cdot b \cdot f_{c,90,d}$$

13. ábra: A szarufa és talpszeleмен kapcsolata függőleges erőre

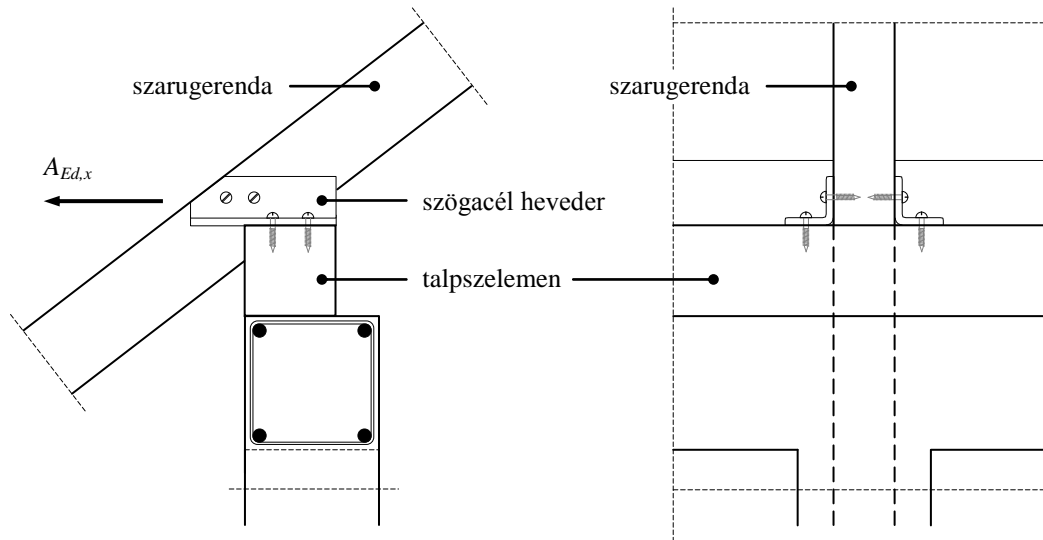
A kapcsolat a függőleges erőre megfelel, ha

$$A_{Rd,y} \geq A_{Ed,y}$$

b) A vízszintes erő felvétele:

A vízszintes reakcióerőt kétoldali szögacél hevederrel adjuk át a talpszelemre facsavaros kapcsolat alkalmazásával. Az egyszer nyírt acél-fa kapcsolat vizsgálatát EC5 6.2.2 fejezete tárgyalja (lásd **E** melléklet). A kapcsolat határeřejének számításához vizsgálandó:

- fa-acél kapcsolat a szarufánál (rostokkal szöget bezáró erő);
- fa-acél kapcsolat a talpszelemennél (rostokra merőleges erő);
- a szögacél hevederek húzásra és palástnyomásra – ez a lépés a tervezési feladatnak nem része.



14. ábra: A szarufa és talpszelem kapcsolata vízszintes reakcióerőre

Mivel a feladatból kimarad a szögacélpár ellenőrzése, a számítás során az acéllemez vastagságát 3 mm-nek, a rajzon a szögacél méretét 60x60x3-nak feltételezze!

A facsavarok méretezési sajátossága, hogy az EC5 nem tárgyalja külön fejezetben a méretezésüket. 6 mm alatti átmérő esetén a szegeknek megfelelően, 6 mm átmérő fölött a csavaroknak megfelelően kell méretezni őket. Ez a különbség a beágyazási szilárdság számításánál jelentkezhet: a szegek teherbírását a szabvány szerint nem befolyásolja az erő rostiránytól eltérő iránya, míg a csavaroknál csökkenti azt. A feladatban 6-10 mm átmérőjű facsavarokat célszerű alkalmazni a vízszintes reakcióerők nagysága, és a csavarok számára rendelkezésre álló hely méretei miatt, ezért a csavaroknak megfelelő méretezési eljárást kell alkalmazni. A tönkremeneteli módok vékony és vastag acéllemez esetén eltérőek. Az acéllemez vastagságának osztályozása a kapcsolóelem (szeg, csavar) átmérőjétől függ:

ha $t_{\text{acél}} < 0,5 \cdot d$, akkor vékony az acéllemez;

ha $t_{\text{acél}} > d$, akkor vastag az acéllemez.

(Átmeneti lemezvastagságok esetén a teherbírási értékek között interpolálni kell.)

A fent leírtakból következik, hogy a feladatban (6 mm feletti csavarátmérő és 3 mm-es acéllemez miatt) vékony acéllemezes kapcsolattal dolgozunk. Az alkalmazott csavar és a csavarszám megválasztásához figyelembe kell venni az erőtani szempontokat és a szerkesztési szabályokat is:

- A csavar méretválaszték a **D** mellékletben található.
- Egy csavar teherbírásának karakterisztikus értékét az **E** melléklet alapján határozhatjuk meg.
- A szerkesztési szabályokat az **F** melléklet tartalmazza.

A tervezés javasolt lépései:

- Alkalmazható csavarszám, erőátadó nyírási síkok számának meghatározása a szerkesztési szabályok és a kapcsolat elrendezése alapján.
(Lényeges, hogy a szerkesztési szabályok mindig a rostiránnyal párhuzamos, ill. arra merőleges távolságot adják. Acél-fa kapcsolatoknál a kapcsolóelemek osztástávolságai a fa-fa kapcsolatokra vonatkozó értékek 0,7-szeresét vehetik fel, ugyanakkor a vég- és széltávolságok nem csökkenthetők.)
- Beágyazási szilárdság meghatározása a szarufán és a talpszelemenen.
- Különböző csavarok ellenállásának számítása, a megfelelő kiválasztása. – A számítást érdemes először a várhatóan legnagyobb erőt felvenni képes kapcsolóelemmel kezdeni, hogy kiderüljön, hogy a kapcsolati erők fölvehető-e az itt bemutatott módon. Amennyiben nem, alkalmazzon átmenő csavaros kapcsolatot. (Ennek a számításáról részletes leírást talál a szarufa-fogópár kapcsolat leírásánál.)

A csap típusú (szeg vagy csavar) kapcsolóelemek teherbírásának számításához szükséges mennyiségek meghatározása

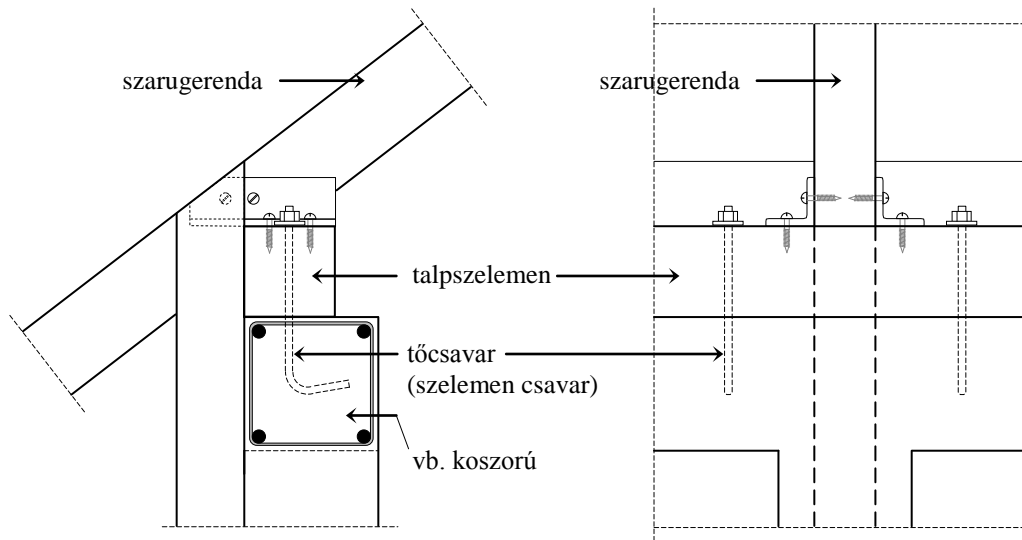
Szegezett kapcsolat	Csavarozott kapcsolat
d – a szeg átmérőjét jelenti	d – a csavar átmérője
$f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2$ (a szeg anyagának szakítóhúzószilárdsága) $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$ (a huzalszeg képlékeny határnyomatékának karakterisztikus értéke kör alakú szeg esetén) $f_{u,k}:[\text{N/mm}^2]$ $d:[\text{mm}]$ $M_{y,Rk}:[\text{Nmm}]$	$f_{u,k}$: pl. 8.8 esetén 800 N/mm^2 (a csavar anyagának szakítóhúzószilárdsága) $M_{y,Rk} = 0,8 \cdot f_{u,k} \cdot d^3 / 6$ (a csavar képlékeny határnyomatékának karakterisztikus értéke) $f_{u,k}:[\text{N/mm}^2]$ $d:[\text{mm}]$ $M_{y,Rk}:[\text{Nmm}]$
ERŐIRÁNYTÓL FÜGGETLEN $f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$ (beágyazási szilárdság 8 mm szegátmérőig, előfúrás nélkül; $d:[\text{mm}]$ $\rho_k:[\text{kg/m}^3]$ $f_{h,k}:[\text{N/mm}^2]$) $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ (beágyazási szilárdság 8 mm szegátmérőig, előfúrással; $d:[\text{mm}]$ $\rho_k:[\text{kg/m}^3]$ $f_{h,k}:[\text{N/mm}^2]$)	ERŐIRÁNYTÓL FÜGGŐ $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ (beágyazási szilárdság rostiránnyal párhuzamos erő esetén, 30 mm átmérőig; $d:[\text{mm}]$ $\rho_k:[\text{kg/m}^3]$ $f_{h,k}:[\text{N/mm}^2]$) $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d$ (fűrészelt fa és RRFa esetén) A beágyazási szilárdság értéke a rostiránnyal α szöget bezáró erő esetén: $f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$

A kapcsolat teherbírásának ellenőrzésekor az egy nyírási sík teherbírása karakterisztikus értékének kiszámításánál rajzolja fel a tönkremeneteli módokat, és tüntesse fel a hozzá tartozó teherbírásértékeket!

A kapcsolat teherbírásának tervezési értékét ugyanúgy kell számolni, mint a fa szilárdsági jellemzőinek karakterisztikus értékét. A kapcsolatokra vonatkozó biztonsági tényező és módosító tényező értéke $\gamma_{\text{kapcs}} = 1,30$, $k_{\text{mod}} = 0,9$.

Az erőirányban több kapcsolóelemet tartalmazó kapcsolat esetében a szabvány definiálja az effektív kapcsolóelemszámot – ezzel a tervezési feladat keretében nem foglalkozunk.

A vízszintes erő felvételét a talpszelemen és a koszorú között is biztosítani kell pl. bebetonozott tőcsavar segítségével az alábbi ábrán látható módon. Ennek méretezése nem tartozik a feladathoz, de a terven ezt is fel kell tüntetni.



15. ábra: A vízszintes reakcióerő továbbítása a térdfalra tőcsavarral

A szarufa és a fogópár kapcsolata

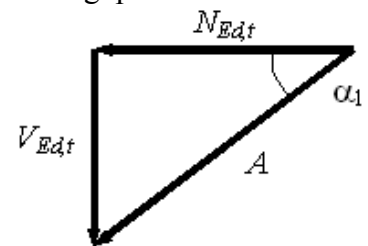
A szarufa és fogópár kapcsolata megoldható kétszer nyírt átmenőcsavaros kapcsolattal, vagy két oldalról történő szegezéssel. A szaruállás statikai vázában ezt a kapcsolatot csuklósnak feltételeztük, ezért törekedni kell a kis elfordulási merevséggel rendelkező kapcsolati kialakításra, azaz átmenő csavaros kapcsolat esetén egy csavar alkalmazására. (Szegezett esetben a kapcsolat a több szeg miatt mindenképpen rendelkezik elfordulási merevséggel, ennek hatását ebben a feladatban nem vizsgáljuk.) A kapcsolattal a fogópár normál- és nyíróerejét adjuk át a szarufára.

Az erő iránya a fogópárban:

$$\tan \alpha_1 = \frac{V_{Ed,t}}{N_{Ed,t}}$$

A szarufában (az α tetőhajlást figyelembe véve):

$$\alpha_2 = \alpha - \alpha_1$$

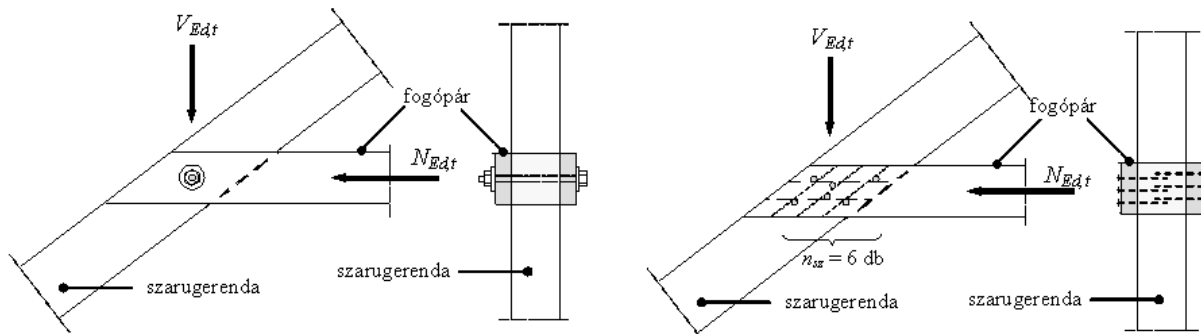


A fent meghatározott szögeket (esetleg) figyelembe kell venni a beágyazási szilárdságok számításánál. Szegezett kapcsolat esetén minden szegre ugyanakkora erőt veszünk figyelembe.

Az átmenő csavaros kapcsolat kétszer nyírt fa-fa kapcsolat. A csavar átmérőjét, minőségét a **D** melléklet alapján határozhatjuk meg, az egy nyírási síkon fellépő ellenállást az **E** melléklet alapján számíthatjuk, és ellenőrizni kell, hogy az **F** mellékletben található szerkesztési szabályok is teljesülnek-e.

A két oldalról szegezett kapcsolat kialakítható kétszer nyírt kapcsolatként, megfelelő hosszúságú szegek alkalmazásával, de ezt a tervezési feladatban nem (sem) javasoljuk. Ha lehetséges, két oldalon azonos számú, legfeljebb 6 mm átmérőjű, előfúrás nélküli szegeket alkalmazzon! Amennyiben a szegek csak egy nyírási síkon haladnak keresztül, egyszer nyírt fa-fa kapcsolatként kell őket méretezni. Az alkalmazható szegek a **D** mellékletben találhatóak, a teherbírás számítása az **E** melléklet alapján történhet, és ellenőrizni kell, hogy az **F** mellékletben található szerkesztési szabályok is teljesülnek-e.

A kapcsolat teherbírásának ellenőrzésekor az egy nyírási sík teherbírása karakterisztikus értékének kiszámításánál rajzolja fel a tönkremeneteli módokat, és tüntesse fel a hozzá tartozó teherbírásértékeket!



16. ábra: Szarufa és fogópár kapcsolata: csavarozott – szegezett

7.3. Szarufa toldásának ellenőrzése

A toldás hevederek segítségével történik, lehet csavarozott vagy szegezett kialakítású, egyszer vagy kétszer nyírt fa-fa kapcsolat. A kapcsolat típusa szabadon választható. Az igénybevételek, amikre a toldást méretezzük:

$$\left(V_{\xi}^{\max}, N_{\xi}^{\text{egyidejű}}, M_{\xi}^{\text{egyidejű}} \right), \left(N_{\xi}^{\max}, V_{\xi}^{\text{egyidejű}}, M_{\xi}^{\text{egyidejű}} \right), \left(M_{\xi}^{\max}, V_{\xi}^{\text{egyidejű}}, N_{\xi}^{\text{egyidejű}} \right)$$

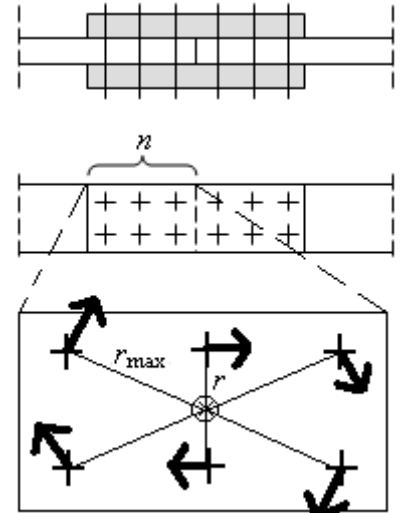
A toldás valójában két kapcsolat közvetlenül egymás után: az igénybevételeket először átadódnak az egyik szarufáról a hevederekre, majd tovább a másik szarufára. A normálerő és nyíróerő mellett hajlítónyomaték is átadódik, ennek következtében a kapcsolóelemek nem azonos nagyságú erőt továbbítanak. A kapcsolat elfordulási középpontja (azonos kapcsolóelemek esetén) egy-egy oldal kapcsolóemeinek geometriai középpontjában feltételezhető. Az ellenőrzéshez a legjobban terhelt kapcsolóelem egy nyírási síkján átadódó erő komponenseit határozzuk meg.

- normálerő: $N_i = N_{\xi}/n$

- nyíróerő: $V_i = V_{\xi}/n$

- nyomatékból származó nyíróerő: $F_i = \frac{M_{\xi} \cdot r_{\max}}{\sum_i r_i^2}$

Ahol n – a kapcsolati igénybevételek átadásában részt vevő nyírási síkok száma
 i – a nyírási síkok sorszám
 r – a kapcsolóelem távolsága a geometriai középponttól.



17. ábra: Toldás, a kapcsolóelemekben ébredő erők iránya

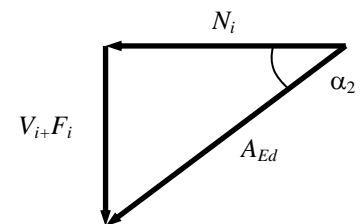
A kapcsolóelemek helyzetének meghatározásakor vegye figyelembe az **F** mellékletben található szerkesztési szabályokat.

A mértékadó helyzetben lévő kapcsolóelemre ható erők eredőjének számításakor a nyomatékból származó kapcsolóelem-igénybevételt legalább 6 kapcsolóelem esetén közelítésképpen vehetjük egyirányúnak a nyíróerőből származóval. (Kevesebb kapcsolóelem esetén vektoriális összegzésre van szükség.)

$$A_{Sd} = \sqrt{N_i^2 + (V_i + F_i)^2}$$

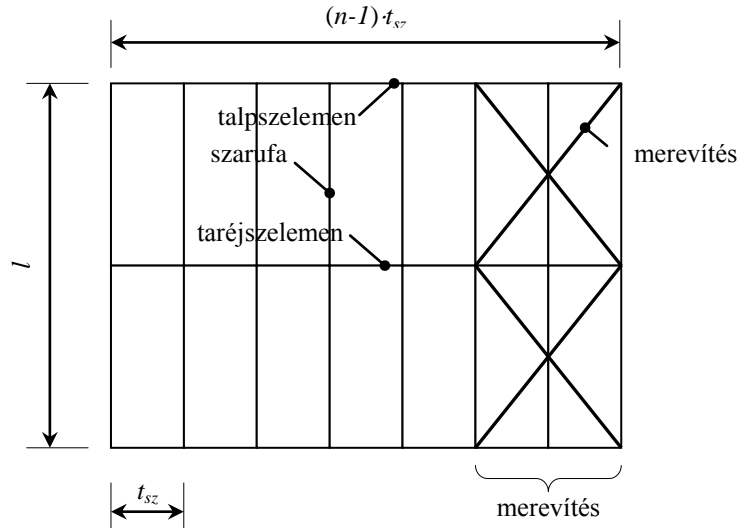
Az ellenőrzést az így számított A_{Sd} nagyságú és α_2 irányú erőre végezzük el, az egyszer vagy kétszer nyírt (kialakítástól függően) kapcsolatokra vonatkozó Johansen-egyenletek alapján (**E** melléklet).

A kapcsolat teherbírásának ellenőrzésekor az egy nyírási sík teherbírása karakterisztikus értékének kiszámításánál rajzolja fel a tönkremeneteli módokat, és tüntesse fel a hozzá tartozó teherbírásértékeket!



8. Hosszirányú merevítés közelítő ellenőrzése

A merevítést a tető síkjában, a szaruállások távolságának függvényében legalább két, esetleg több mezőben kell elhelyezni (18. ábra). A merevítést gyári szalagokból (G melléklet) vagy laposacélból javasoljuk kialakítani.



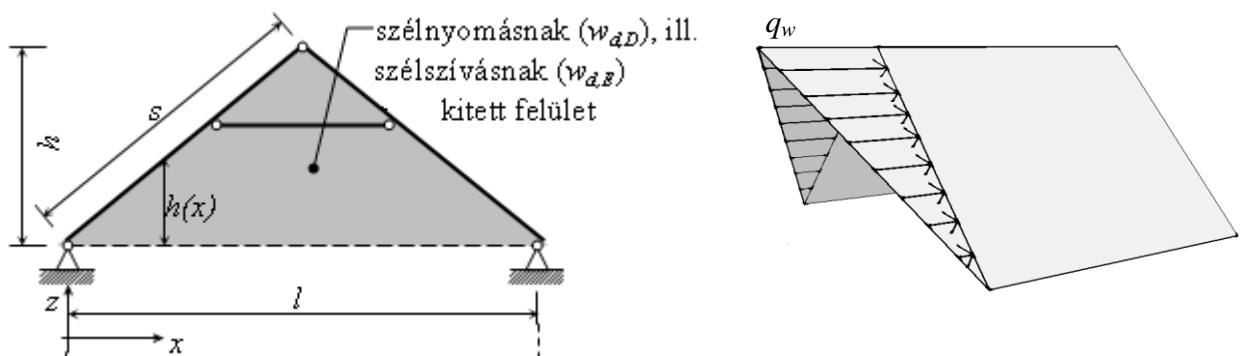
18. ábra: A merevítés elhelyezkedése – felülnézet

A merevítésre kétféle megoszló terhelést veszünk figyelembe.

a.) Hosszirányban működő szélteher. Nagyságát az oromfal teljes felületén egyenletesnek tételezzük fel. Kéttámaszú teherbírást feltételezve, a teher fele jut a szarufákra, és képez a tető síkjával párhuzamos egyenletesen változó nagyságú megoszló terhelést (ld. 19. ábra), amelynek maximális intenzitását a következő képlet adja:

$$q_w = \frac{1}{2} \frac{\ell \cdot h \cdot (|w_D| + |w_E|)}{2 \cdot s}$$

ahol w_D és w_E a szélnyomás ill. a szélszívás értéke a tetőgerinc magasságában (lásd 4.2.2. pont)



19. ábra: Az oromfalra ható szélteher redukálása a tető síkjára

b.) A keretállások síkjában fellépő normálerő miatti többletterhelés:

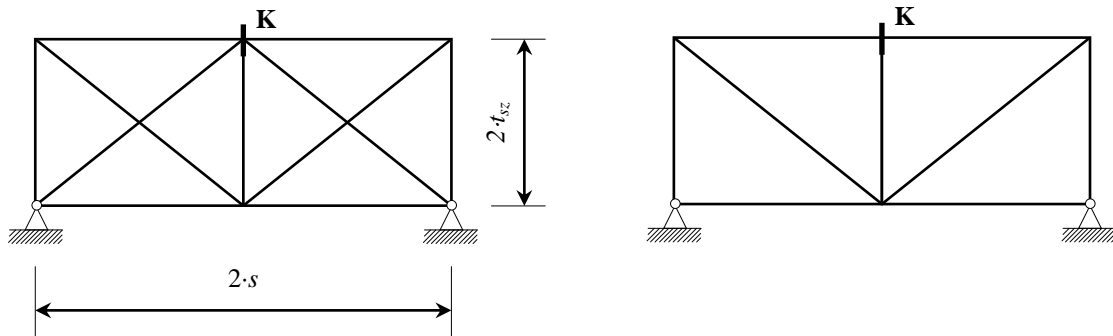
$$q_N = k_1 \cdot \frac{n \cdot N_d}{30 \cdot s}$$

$$\text{ahol: } k_1 = \min \left\{ 1, \sqrt{15/s} \right\}$$

n a párhuzamosan merevített keretállások száma

N_d a nyomóerő átlagértéke a szarufában (a talpszelemennél és a taréjszelemennél fellépő normálerő átlagával közelíthető)

A merevítés a szarufával és a szelemenekkel egy statikailag határozatlan rácsos tartót képez, de mivel a merevítést adó szerkezeti elemek nagy karcsúságúak, nyomott rúdként nem vehetőek figyelembe, az ellenőrzést a húzott póttárlós rácsostartó-modellen kell elvégezni (20. ábra).



20. ábra: A fedélszék merevítésének kiterített statikai váza

A merevítés megfelelő, ha a „**K**” keresztmetszetben fellépő alakváltozás kisebb, mint:

$$q_w \text{ terhelés esetében: } 2 \cdot s / 700$$

$$q_w + q_N \text{ esetében: } 2 \cdot s / 500$$

A statikailag határozott rácsos tartón a rúderők egyszerűen számíthatók. A középső keresztmetszet alakváltozását a virtuális erők tétele segítségével határozzuk meg:

$$e = \sum_i \frac{S_i S_{i0}}{EA_i} l_i$$

ahol: S_i a külső teherből keletkező rúderők

S_{i0} a „**K**” keresztmetszetben beiktatott egységterhelésből keletkező rúderők

l_i az i -dik rácsrúd hálózati hossza

A húzott rúdban fellépő rúderő ismeretében ellenőrizendő a merevítő rúd keresztmetszete (teherbírási határállapothoz tartozó teherkombinációból!)

9. Vasbeton szerkezeti elemek teherbírásának vizsgálata

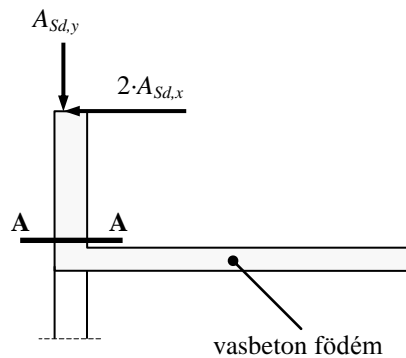
9.1. Koszorú vasalása

A koszorú a vízszintes terheket folytatólagos többtámaszú tartóként viseli. Feltéve, hogy minden második szaruállást merevítünk vasbeton oszlopokkal, a koszorú szélességének és támaszközének aránya körülbelül 1:8-ra adódik. Ilyen arányok mellett várhatóan nincs szükség a koszorú hajlítási és nyírási vasalásának méretezésére, elegendő a szerkesztési szabályokat kielégítő minimális vasmennyiség alkalmazása.

9.2. Vasbeton oszlop vasalása

Ha minden második szaruállást merevítünk vasbeton oszlopokkal, akkor a köztes szaruállások függőleges terhét a falazat veszi fel, a vízszintes teher a koszorú közvetítésével az oszlopokra adódik. Ennek megfelelően a vizsgálandó oszlopot egy szaruállás függőleges reakcióereje, és két szaruállás vízszintes reakcióereje terheli a 21. ábrán látható módon. Az oszlopot az **A-A** metszetben külpontos nyomásra kell méretezni (az $A_{Sd,y}$ erő is lehet külpontos az elrendezéstől függően!).

Határozza meg, hogy a vasbeton oszlop befogási keresztmetszetében mekkora nyomaték ébred!



21. ábra: A vasbeton merevítő oszlopo, és a rá ható erők

10. Mellékletek

A melléklet

k_{mod} – nedvességtartalomtól és a teher tartósságától függő módosító tényező

Az alábbi táblázatban szereplő k_{mod} módosító tényezőket kell használni.

Ha a teherkombinációban két különböző időtartamú teher szerepel, akkor k_{mod} értékéhez a kevésbé tartós hatású teherhez tartozó módosító tényezőt kell alkalmazni. Például önsúly és rövid idejű teher (pl. meteorológiai teher) kombinációjakor az utóbbihoz tartozó k_{mod} értékét kell használni.

Anyag / Teher típusa	Nedvességtartalom T = 20 °C esetén (Service class)		
	1. osztály u < 65%	2. osztály u < 85%	3. osztály u < 85%
Tömör és rétegelt-ragasztott faszerkezet, furnérlemez			
Állandó	0,60	0,60	0,50
Hosszantartó	0,70	0,70	0,55
Közepes ideig tartó	0,80	0,80	0,60
Rövid ideig tartó	0,90	0,90	0,70
Pillanatnyi	1,10	1,10	0,90
Forgácslap			
Állandó	0,40	0,30	-
Hosszantartó	0,50	0,40	-
Közepes ideig tartó	0,70	0,55	-
Rövid ideig tartó	0,90	0,70	-
Pillanatnyi	1,10	0,90	-
Farostlemez (nagy keménységű)			
Állandó	0,20	-	-
Hosszantartó	0,45	0,30	-
Közepes ideig tartó	0,65	0,45	-
Rövid ideig tartó	0,85	0,60	-
Pillanatnyi	1,10	0,80	-
Farostlemez (közepes keménységű)			
Állandó	0,20	-	-
Hosszantartó	0,40	-	-
Közepes ideig tartó	0,60	-	-
Rövid ideig tartó	0,80	-	-
Pillanatnyi	1,10	-	-

B melléklet

Az egyes fafajták szilárdsági osztályai, a szilárdsági paraméterek karakterisztikus értékei az EC 5 szerint

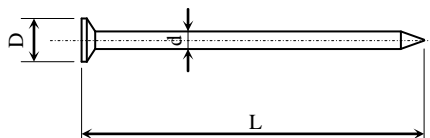
	Tülevelű- és nyárfafélék										Lombhullató fajták					
	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D60	D50	D40	D35	D30	D70	
Szilárdsági értékek (N/mm²)																
Hajlítás	14	16	18	22	24	27	30	35	40	60	50	40	35	30	70	
Szállírányal párhuzamos húzás	8	10	11	13	14	16	18	21	24	36	30	24	21	18	42	
Szállírányra merőleges húzás	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9	
Szállírányal párhuzamos nyomás	16	17	18	20	21	22	23	25	26	32	29	26	25	23	34	
Szállírányra merőleges nyomás	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6	6,3	10,5	9,7	8,8	8,4	8	13,5	
Nyírás	1,7	1,8	2	2,4	2,5	2,8	3	3,4	3,8	5,3	4,6	3,8	3,4	3	6	
Merevségi értékek (kN/mm²)																
Szállírányal párhuzamos rugalmassági modulus átlagértéke	7	8	9	10	11	12	12	13	14	17	14	11	10	10	20	
Szállírányal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke	4,7	5,4	6	6,7	7,4	8	8	8,7	9,4	14,3	11,8	9,4	8,7	8	16,8	
Szállírányra merőleges rugalmassági modulus átlagértéke	0,23	0,27	0,3	0,33	0,37	0,4	0,4	0,43	0,47	1,13	0,93	0,75	0,69	0,64	1,33	
Nyírási modulus átlagértéke	0,44	0,5	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	1,06	0,88	0,7	0,65	0,6	1,25	
Sűrűség (kg/m³)																
Sűrűség	290	310	320	340	350	370	380	400	420	700	650	590	560	530	900	
Átlagos sűrűség	350	370	380	410	420	450	460	480	500	840	780	700	670	640	1080	

C melléklet

Fa fűrészárúk járatos keresztmetszeti méretei

Megnevezés	Méret (b/h)
Léc [mm/mm]	24/24, 24/38, 24/48, 28/38, 28/48, 38/38, 38/48
Élfa [cm/cm]	10/12, 10/15, 12/12, 12/15, 12/17
Gerenda [cm/cm]	15/15, 15/17, 15/20, 17/17, 17/20, 20/20, 25/25
L = 3 m ÷ 6 m (25 cm-es lépcsőkben)	

Megnevezés	Vastagság (h [mm])		Szélesség (b [cm]) (1 cm-es lépcsőkben)
	szabványos	társmeret	
Deszka	12	13	6 ÷ 32
	16	-	8 ÷ 32
	18	19, 20	8 ÷ 32
	22	-	8 ÷ 32
	24	25	8 ÷ 32
	28	30	10 ÷ 32
	33	32	10 ÷ 32
	38	40	10 ÷ 32
Palló	45	-	10 ÷ 32
	48	50	12 ÷ 32
	60	63	12 ÷ 32
	75	76, 78, 80	12 ÷ 32
	100	96, 98	12 ÷ 32

D melléklet**Kapcsolóelemek****Huzalszeg**

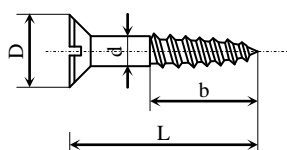
Jel	Szeg				Fa vastagsága	
	szárátmérő d [mm]	fejátmérő D [mm]	hossz L [mm]	tömeg [1000 db/kg]	legkisebb	ajánlott
25 × 55	2,5	6,5	55	6,5	18	18
25 × 60	2,5	6,5	60	6,5	18	18
28 × 65	2,8	7	65	7	18	18
31 × 65	3,1	7,5	65	7,5	18	18
31 × 70	3,1	7,5	70	7,5	20	24
31 × 80	3,1	7,5	80	7,5	22	24
34 × 80	3,4	8	80	8	22	24
34 × 90	3,4	8	90	8	24	30
42 × 70	4,2	9	70	9	20	24
42 × 100	4,2	9	100	9	28	35
42 × 120	4,2	9	120	9	30	40
46 × 120	4,6	9,5	120	9,5	30	40
46 × 130	4,6	9,5	130	9,5	32	50
50 × 130	5,0	11	130	11	32	50
55 × 160	5,5	12	160	12	38	60
60 × 180	6,0	13	180	13	38	60
70 × 210	7,0	15	210	15	45	70

d = szárátmérő

D = fejátmérő

L = hossz

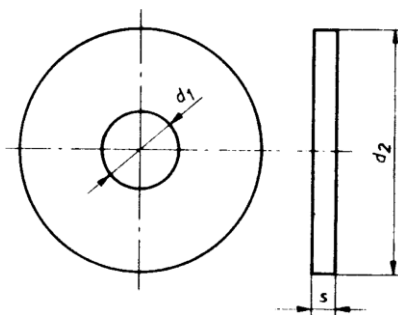
Süllyesztett fejű facsavar



d [mm]	1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10
D [mm]	3,0	3,8	4,7	5,6	6,5	7,4	9,2	11	14,5	18
L [mm]	Hosszméret tartomány									
8										
10										
12										
16										
20										
25										
30										
35										
40										
45										
50										
60										
70										
80										
90										
100										
110										
120										

- d = szárátmérő
 D = fejtátmérő
 L = hossz
 b = $0,6 \cdot L$ menethossz

Csavar alátét átmenő csavaros fakapcsolatokhoz



A csavar menete <i>d</i>	<i>d</i> ₁		<i>d</i> ₂		<i>s</i>		Tájékoztató tömeg* kg/1000 db
	mérete	tűrése	mérete	tűrése	mérete	tűrése	
M6	6,6	+0,36	22	0	2	± 0,3	5,4
M8	9	0	28	-1,30	3	± 0,6	12,8
M10	11	+0,43	34	0	3		18,9
M12	14	0	45	-1,60	4	± 1,0	45,1
M16	18	+0,70 0	58	0	5		93,8
M20	22	+0,84 0	68	-1,90	5		126
M22	24		80		6		214
M24	26	92	0	6	286		
M27	33	+1,0	98	-2,20	6		322
M30	36	0	105		6		368

* A tömeg 7,85 kg/dm³ sűrűséggel számítva.

Tőcsavar (szelemen csavar)

alkalmazást ld. 15. ábrán

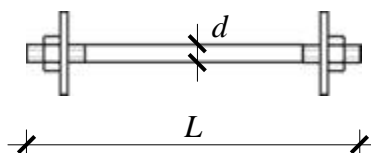


		Hossz [mm]						
		300	350	400	450	500	600	850
Átmérő [mm]	12							
	14							
	16							

 Járatos méretek



Átmenő csavar (fogópár)



Járatos átmérők [mm]: $d = 10, 12, 14 \dots 30$

Járatos hosszak [mm]: $L = 200, 250, 300, 350$

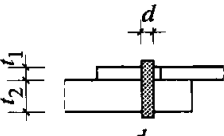
Anyagminőségek: 5.6, 6.6, 8.8, 10.9

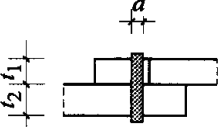
Szükség esetén két végén menetes szár is alkalmazható átmenő csavarnak, M6–M20 közötti átmérővel 1 m-es hosszig.

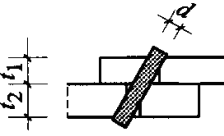
E melléklet

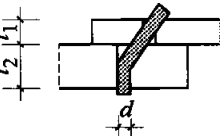
Fa-fa típusú kapcsolatok


Egyszer nyírt kapcsolóelemek tervezési teherbírása:


a)  $R_k = f_{h,1,k} t_1 d$ (a)

b)  $R_k = f_{h,1,k} t_2 d \beta$ (b)

c)  $R_k = \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (c)

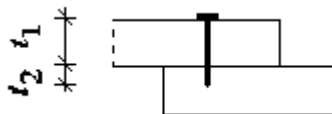
d)  $R_k = 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (d)

e)  $R_k = 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta) M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (e)

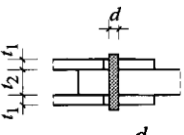
f)  $R_k = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,k} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (f)

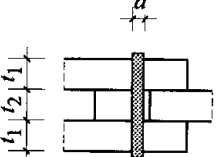
t_1	= a kapcsolóelem hossza az 1 jelű faelemben*
t_2	= a kapcsolóelem hossza a 2 jelű faelemben*
$f_{h,1,k}, f_{h,2k}$	= a palástnyomási szilárdság karakterisztikus értéke t_1 ill. t_2 -ben
β	= $f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$
d	= a kapcsolóelem átmérője
$M_{y,k}$	= a kapcsolóelem folyási nyomatékának karakterisztikus értéke
$F_{ax,Rk}$	= a kapcsolóelem kihúzóerő teherbírásának karakterisztikus értéke

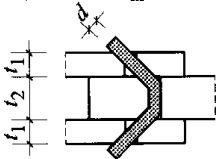
*Átmenő csavaros kapcsolat esetén t_1 és t_2 megegyezik a faelemek vastagságával, facsavaros vagy szegezett kapcsolat esetén a fej felőli kapcsolóelemben a teljes elemvastagságot, a csúc felőli elembe a behatolási mélységet kell figyelembe venni:

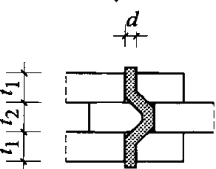


Kétszer nyírt kapcsolóelemek tervezési teherbírása (nyírási síkonként):

g)  $R_k = f_{h,1,k} t_1 d$

h)  $R_k = 0,5 f_{h,1,k} t_2 d \cdot \beta$

j)  $R_k = 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (j)

k)  $R_k = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,k} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (k)

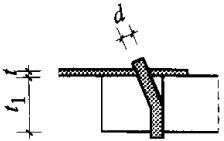
t_1 = a közrefogó faelem vastagsága
 t_2 = a közrefogott faelem vastagsága
 $f_{h,1,k}, f_{h,2,k}$ = a palástnyomási szilárdság karakterisztikus értéke t_1 ill. t_2 -ben
 β = $f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$
 d = a kapcsolóelem átmérője
 $M_{y,k}$ = a kapcsolóelem folyási nyomatékának karakterisztikus értéke
 $F_{ax,Rk}$ = a kapcsolóelem kihúzó térbírásának karakterisztikus értéke – jelen tervezési feladatban ezzel nem kell számolni

Acél-fa típusú kapcsolatok

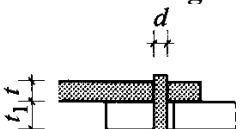
Egyszer nyírt kapcsolóelemek tervezési teherbírása:

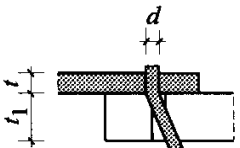
- Vékony acéllemez ($t \leq 0,5 \cdot d$) esetén

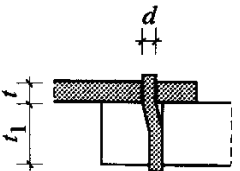
a)  $R_k = 0,4 \cdot f_{h,1,k} t_1 d$ (a)

b)  $R_k = 1,15 \sqrt{2 M_{y,k} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (b)

- Vastag acéllemez ($t \geq d$) esetén

c)  $R_k = f_{h,1,k} t_1 d$

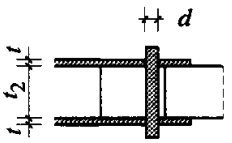
d)  $R_k = f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

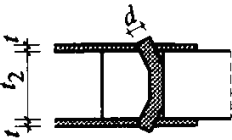
e)  $R_k = 2,3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

- t_1 = a kapcsolóelem hossza a faelemben
 $f_{h,1,k}$ = a palástnyomási szilárdság karakterisztikus értéke a fában
 d = a kapcsolóelem átmérője
 $M_{y,k}$ = a kapcsolóelem folyási nyomatékának karakterisztikus értéke
 $F_{ax,Rk}$ = a kapcsolóelem kihúzóerő teherbírásának karakterisztikus értéke – jelen tervezési feladatban ezzel nem kell számolni

Kétszer nyírt kapcsolóelemek tervezési teherbírása:

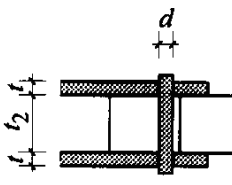
- Vékony acéllemez ($t \leq 0,5 \cdot d$) esetén

j)  $R_k = 0,5 f_{h,2,k} t_2 d$

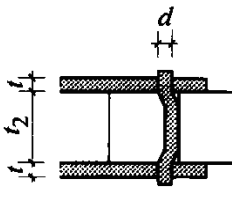
k)  $R_k = 1,15 \sqrt{2 M_{y,k} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

(j)

- Vastag acéllemez ($t \geq d$) esetén

l)  $R_k = 0,5 f_{h,2,k} t_2 d$

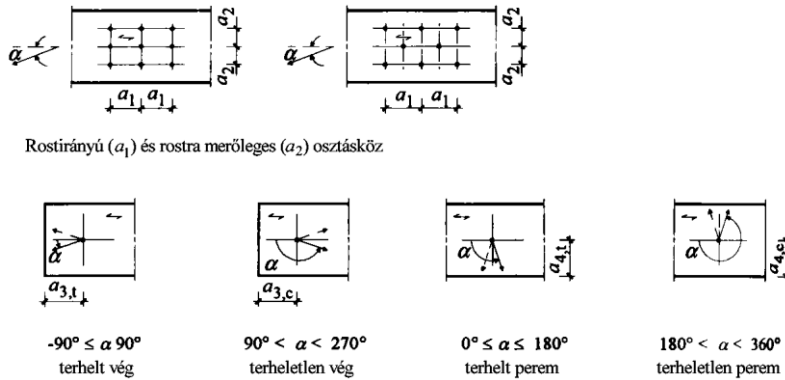
(k)

m)  $R_k = 2,3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

(l)

t_2 = a közrefogott faelem vastagsága
 $f_{h,2,k}$ = a palástnyomási szilárdság karakterisztikus értéke a fában
 d = a kapcsolóelem átmérője
 $M_{y,k}$ = a kapcsolóelem folyási nyomatékának karakterisztikus értéke
 $F_{ax,Rk}$ = a kapcsolóelem kihúzóerő teherbírásának karakterisztikus értéke – jelen tervezési feladatban ezzel nem kell számolni

F melléklet



Szegek minimális osztástávolságai

Fa-fa kapcsolat esetén*			
Távolság	Előfűrés nélkül		Előfűréssel
	$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$	
a_1	$d < 5 \text{ mm } (5 + 5 \cos\alpha)d$ $d \geq 5 \text{ mm } (5 + 7 \cos\alpha)d$	$(7 + 8 \cos\alpha)d$	$(4 + 3 \cos\alpha)d^{**}$
a_2	$5d$	$7d$	$(3 + \sin\alpha)d$
$a_{3,t}$ (terhelt bütüvég)	$(10 + 5 \cos\alpha)d$	$(15 + 5 \cos\alpha)d$	$(7 + 5 \cos\alpha)d$
$a_{3,c}$ (terheletlen bütüvég)	$10d$	$15d$	$7d$
$a_{4,t}$ (terhelt perem)	$(5 + 5\sin\alpha)d$	$(7 + 5\sin\alpha)d$	$(3 + 4\sin\alpha)d$
$a_{4,c}$ (terheletlen perem)	$5d$	$7d$	$3d$

* **Acél-fa kapcsolat esetén** az elemvégtől és lemeztől mért távolságok változatlanok, a minimális osztástávolságok a táblázati érték 0,7-szeresét vehetik fel.

** Az a_1 minimális osztásköz tovább redukálható 4d értékig, ha az $f_{h,k}$ palástnyomási szilárdságot a $\sqrt{a_1 / (4 + 3|\cos\alpha|)}d$ értékkel csökkentjük

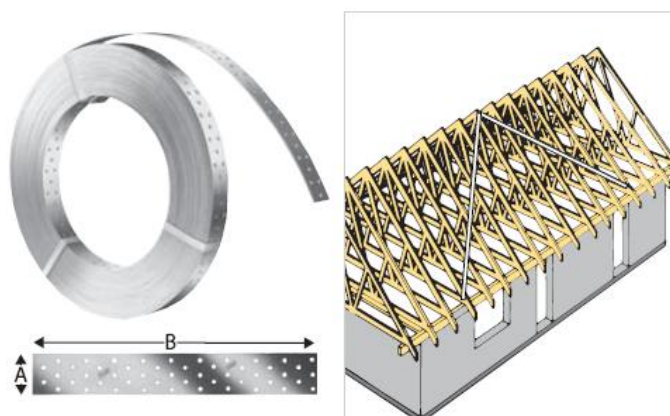
Csavarok minimális osztástávolságai

a_1	rostiránnyal párhuzamosan	$(4 + 3 \cos\alpha)d^*$
a_2	rostirányra merőlegesen	$4d$
$a_{3,t}$ (terhelt bütüvég)	$-90^\circ \leq \alpha < 90^\circ$	$7d$ (de min. 80 mm)
$a_{3,c}$ (terheletlen bütüvég)	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	$4d$
	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$	$(1 + 6 \sin\alpha)d$ (de min. 4d)
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(1 + 6 \sin\alpha)d$ (de min. 4d)
$a_{4,t}$ (terhelt perem)	$0^\circ \leq \alpha < 180^\circ$	$(2 + 2\sin\alpha)d$ (de min. 3d)
$a_{4,c}$ (terheletlen perem)	minden más α esetén	$3d$

* Az a_1 minimális osztásköz tovább redukálható 4d értékig, ha az $f_{h,k}$ palástnyomási szilárdságot a $\sqrt{a_1 / (4 + 3|\cos\alpha|)}d$ értékkel csökkentjük

G melléklet

Merevítésnél alkalmazható szalagok



A: 40/60/80 mm
B: 25/50 m
T: 2,0/3,0 mm

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Dulácska Endre: Kisokos, 5. jav. utánnomás, 1998.
- [2] Kollár L.: Vasbetonszerkezetek I. – Vasbeton szilárdságtan az EUROCODE 2 szerint, Műegyetemi Kiadó, 1997.
- [3] Szerényi István, Gázsó Anikó: Kőműves szakmai ismeretek II., Pécs, 1996.
- [4] Batran és tsai: Építőipari technológiák, B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., 1999.
- [5] Schneider: Bautabellen für Ingenieure, Werner-Verlag 11. kiadás, 1994.
- [6] Massányi – Dulácska: Statikusok könyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
- [7] Dr. Széll László: Magasépítéstan II. kötet, Tankönyv Kiadó, Budapest, 1967.
- [8] Dr. Huszár Zsolt: Torokgerendás fa fedélszék számítása. Oktatási segédlet. BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke. Budapest, 1998.