

**Dezső Zsigmond
Szabó László**

FASZERKEZETEK TERVEZÉSE EUROCODE 5 ALAPJÁN

Útmutató példákkal, gyakorló mérnökök számára

**Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozat
Budapest, 2010**

Szerzők:

Dezső Zsigmond
okleveles építőmérnök

Szabó László
okleveles építőmérnök

Bíráló:

Bátki Károly
okleveles építőmérnök

ISBN: 978-615-5093-01-2

Kiadó: PI Innovációs Kft
1106 Budapest
Gépmadár u. 5.

© Mérnöki Kamara Nonprofit Kft. 2010. Budapest

Steinhausz Tibor-nak
Rövid barátságunk emlékére

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	7
2. Szabványkörnyezet	8
3. Anyagjellemzők	9
3.1. Megnevezés	9
3.1.1. Fűrészáru	10
3.1.2. Faipari termékek ma	11
3.1.3. Magyarországon jelenleg leggyakrabban használt fafajok	14
3.1.4. Faanyagok és -termékek szilárdsági és merevségi jellemzői	15
3.2. Tervezési változók	18
3.2.1. Karakterisztikus értékek	18
3.2.2. Teheridőtartam-osztályok	18
3.2.3. Felhasználási osztályok	18
3.2.4. Felhasználási osztályok és teheridőtartam-osztályok szilárdsági módosító tényezői	19
3.2.5. Felhasználási osztályok alakváltozási módosító tényezői	20
3.3. Szilárdság tervezési értéke	21
3.3.1. Anyagjellemzők tervezési értéke	21
3.3.2. Merevségi jellemzők tervezési értéke	21
4. Teherbírási határállapotok igazolása	22
4.1. Egytengelyű igénybevétellel terhelt keresztmetszetek	22
4.1.1. Rostokkal párhuzamos húzás	22
4.1.2. Rostokkal párhuzamos nyomás	22
4.1.3. Rostokra merőleges nyomás, „pecsétnyomás”	22
4.1.4. Ferde hajlítás	23
4.1.5. Tiszta nyírás	23
4.1.6. Tiszta csavarás	24
4.2. Összetett igénybevétellel terhelt keresztmetszetek	24
4.2.1. Rostiránnyal szöget bezáró nyomás	24
4.2.2. Külponos húzás	24
4.2.3. Külponos nyomás	24
4.3. Szerkezeti elemek stabilitása	25
4.3.1. Nyomott szerkezeti elemek kihajlása	25
4.3.2. Karcsú gerendák kifordulása	26
4.4. Keresztmetszet-változás hatása	27
4.4.1. Kiharapott tartóvég	27
4.4.2. Egy irányban ferde élű gerenda	28
4.4.3. Két irányban ferde élű gerendák, ívelt gerenda	29
5. Használhatósági határállapotok igazolása	31
5.1. Alakváltozások ellenőrzése	31
5.2. Gerendák lehajlása	31
5.3. Kapcsolatok csúszása	31
6. Kapcsolatok	33
6.1. Kapcsolatok osztályozása	33
6.2. Keresztirányban terhelt csap típusú acél kapcsolóelemek (csavar, szeg, facsavar) teherbírása	33
6.2.1. Csap típusú acél kapcsolóelemek (csavar, szeg, facsavar) teherbírása	34

6.2.2. Csap típusú acél kapcsolóelemek (csavar, szeg, facsavar) legkisebb osztásközei, elemvég- és elemszéltávolságai	38
6.2.3. Több kapcsolóelemből álló, csap típusú acél kapcsolóelemes (csavar, szeg, facsavar) kapcsolatok	40
6.2.4. Több nyírt síkú kapcsolatok	41
6.2.5. Rostokkal szöget bezáró kapcsolati erők	41
6.3. Szeglemezes kapcsolatok teherbírása	41
6.3.1. Szeglemezek szilárdsági jellemzői	42
6.3.2. Szeglemez lehorgonyzási szilárdságai	42
6.3.3. Szeglemez lehorgonyzási teherbírása	43
6.3.4. Szeglemez teherbírása	44
7. Szerkezeti kialakítás szabályai	46
7.1. Rácsostartók	46
7.2. Gerenda-, illetve rúcsostartók nyomott övének megtámasztása	46
7.3. Kapcsolatok kialakításának szabályai	47
7.3.1. Szegek elhelyezése	47
7.3.2. Átmenőcsavarok elhelyezése	47
7.3.3. Facsavarok elhelyezése	47
7.3.4. Szeglemezek elhelyezése	47
8. Példák	48
8.1. Egyenletes megoszló erővel terhelt kéttámaszú gerenda (fűrészelt, illetve természetes fából)	48
8.2. Egyenletes megoszló erővel terhelt kéttámaszú gerenda (RRFA, azaz rétegelt-ragasztott fából), összehasonlító számítás	52
8.3. Egyenletes megoszló erővel terhelt kéttámaszú gerenda (RRFA, illetve rétegelt-ragasztott fából)	55
8.4. Kiharapott tartóvégű gerenda nyírásvizsgálata	59
8.5. Egyenletes megoszló erővel terhelt kéttámaszú gerenda (változó magasságú rétegelt-ragasztott fából)	61
8.6. Derékszelemen ellenőrzése ferde hajlításra (ferde helyzetű RRFA keresztmetszet)	69
8.7. Derékszelemen ellenőrzése ferde hajlításra (függőleges „álló” helyzetű RRFA keresztmetszet)	72
8.8. Derékszelemen ellenőrzése ferde hajlításra (függőleges „álló” helyzetű fűrészeltfa keresztmetszet)	74
8.9. Megerősített derékszelemen ellenőrzése (függőleges tengelyű, U acélszelvényt megerősített fűrészeltfa keresztmetszet) ..	76
8.10. Együttműködő fagerenda és U acélszelvény (egyszer nyírt) átmenőcsavaros kapcsolata	78
8.11. Kétszer nyírt, átmenőcsavaros kapcsolat teherbírása	81
8.12. Egyszer nyírt, átmenőcsavaros kapcsolat teherbírása (rostiránnyal szöget bezáró erők esetén)	84
8.13. Nyomott oszlop teherbírása	87
8.14. Nyomott, osztott szelvényű oszlop teherbírása	89
8.15. Háromcsuklós ívtartó ellenőrzése, közelítő számítás (állandó keresztmetszetű RRFA keresztmetszet)	92
9. Irodalom	97
10. Mellékletek	99

1. Bevezetés

Az Eurocode szabványsorozat előírásai és ajánlásai kisebb-nagyobb mértékben eltérnek a hazánkban eddig használt szabályozóktól. A faszerkezetek Eurocode 5 alapú tervezése a jelölésrendszer, illetve a szilárdsági osztály változása miatt már az anyag használata és elnevezése terén is újat jelent. Ezért is különös jelentősége van az eligazodást segítő minden könyvnek és segédletnek.

Ez a könyv a fa tartószerkezetek Eurocode 5 alapú méretezés alapjait mutatja be olyan, elsősorban nem faszerkezetek tervezésére specializálódott mérnökök számára, akiknek mindennapi tervezői tevékenységük kisebb hányadát teszik ki a faszerkezetekkel kapcsolatos tervezési feladatok, de mindenképpen szeretnék ismerni, illetve ismerniük is kell az új előírásokat. Mind az elméleti részek, mind pedig a példák az egyszerűbb eseteket tárgyalják közérthető módon, tervezőmérnökök számára. Tehát, ebben a könyvben nem célunk a faszerkezetekkel kapcsolatos ismeretek teljességének átadása, a tudományos bizonyítások és levezetések közzlése. Feladatunk, a faszerkezetek tervezésében jártas kollégák alapismereteire támaszkodva, az áttekinthető információk átadása az olvasóknak, akik a saját tudáshálózatukba könnyen elhelyezhetik a korábbi ismeretekkel analóg, vagy új értesüléseket. Így, a könyv nagy segítséget tud nyújtani a faszerkezetek tervezésében ritkán elmélyülők számára is.

2. Szabványkörnyezet

A könyv az „Eurocode 5: Faszerkezetek tervezése, MSZ EN 1995-1-1:2009 Általános szabályok. Közös és az épületekre vonatkozó szabályok” 2009 évi szabványjavaslatának figyelembevételével készült.

A fa tartószerkezetek méretezéséhez használt MSZ és az új MSZ EN sorozatok egyszerűsített összefoglalása:

MSZ 15020

Építmények teherhordó szerkezetei erőtani tervezésének előírásai
Terhek, hatások

MSZ 15021

Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Magasépítési szerkezetek

MSZ 15025

Építmények teherhordó faszerkezeteinek erőtani tervezése

MSZ 10144

Teherhordó faszerkezetek anyagai

MSZ EN 1990

A tartószerkezetek méretezésének alapjai

MSZ EN 1991

A tartószerkezeteket érő hatások

MSZ EN 1995

Faszerkezetek tervezése

MSZ EN 338

Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok

MSZ EN 1194

Faszerkezetek. Rétegelt-ragasztott fa. A szilárdsági osztályok és a jellemző értékek meghatározása

MSZ EN 14080

Faszerkezetek. Rétegelt-ragasztott fa. Követelmények

MSZ EN 14081-1

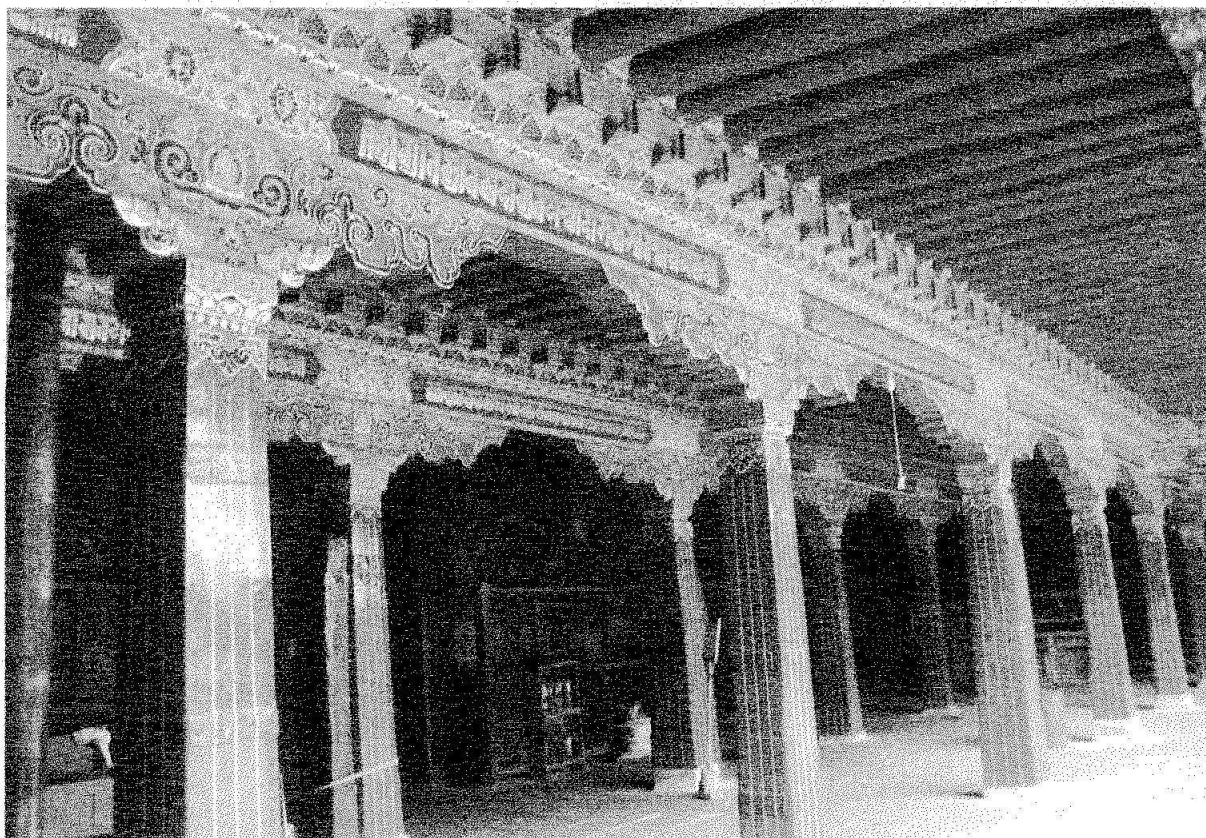
Faszerkezetek. Szilárdság szerint osztályozott, négyszög keresztmetszetű fa. Általános követelmények.

Tekintettel arra, hogy az „általános alapelvek”, valamint a „terhek és hatások” ismertetésével, illetve elemzésével számtalan szakirodalom és külön kiadvány is foglalkozik, így e könyv csak a faszerkezetekre vonatkozó előírások alapjait tárgyalja.

3. Anyagjellemzők

3.1. Megnevezés

A fa, illetve a növényi eredetű anyagok könnyű beépíthetősége tette lehetővé építőanyagkénti széleskörű elterjedésüket. Így nem csoda, hogy a kő és agyag mellett az egyik legősibb építőanyag a fa. Gyakori előfordulása révén nemcsak a beszerzés volt egyszerű, hanem kedvező tulajdonsága (önsúlyukhoz viszonyítottan magas szilárdság) miatt is gyors és egyszerű építést tett lehetővé. Így például a keleti építészet jellegzetes talaj, illetve vályogfalú épületeinek oszlop- és gerendarendszerű vázszerkezeteit és földemeit is fából készítették. A függőleges erők helyes felvételét a terhelési mező nagyságától, az áthidalandó terület méretétől függő oszlopszámmal biztosították. Ezek az oszlopok tetejükön díszes konzolos oszlopfővel készültek, amelyre keresztbe fektetett, hornyolt gerendacsonkok kerültek a tetőről átadódó terhek fokozatos átvitelére.



A fa ismert alkalmazási formái a vízszintes faelemek, gyűrűgerendák vagy koszorúgerendák, amelyek a világ számos területén megtalálhatók. A faszerkezeteket felhasználták a falazatok vízszintes erősítése céljából is, amely a földrengés okozta mozgással szemben nagyobb ellenállást biztosított, megelőzve a falak torzulását és elmozdulását.

Hegyvidékek gyaloghídjainak konzolos szerkezeteinél is gyakran előfordul.



Tartószerkezeti elemnek – a beépítés körülményeitől függően szinte minden fafaj alkalmas. Élettani körülményeik miatt azonban nemcsak az eltérő fafajok közti szilárdsági értékek mutatnak nagy szórást, hanem az azonos fajok között is jelentős a mechanikai tulajdonságaik, illetve szilárdságuk közötti eltérés. Ennek megfelelően a mai követelményekhez igazodó biztonság megtartása mellett „globális” tervezési szilárdságuk alacsony értéket adna, ami túlzott keresztmetszeteket, gazdaságtalan beépítést eredményezne.

Komolyabb szerkezetek esetén a gazdaságos tervezéshez elengedhetetlenül szükséges a faanyag fizikai paramétereinek, de legfőképp szilárdságának, illetve határfeszültségének minél pontosabb meghatározása. Ehhez a fákat nemcsak a fafajok szerint, hanem azon belül is különböző, tulajdonságaiknak megfelelő kategóriákba kell sorolni, azaz szilárdságilag osztályozott faanyagra van szükség.

3.1.1. Fűrészáru

A fűrészáru faanyag szilárdsági osztályait az EN 338 adja meg.

- kilenc osztály a puhafa nyárfa fűrészárura:
C14, C16, C18, C22, C24, C27, C30, C35 és C40
- hat osztály a lombhullató fára:
D30, D35, D40, D50, D60 és D70

A szilárdsági osztályok jelölésénél szereplő kétjegyű szám a rostirányú hajlítószilárdság karakterisztikus (5%-os előfordulási valószínűséghez tartozó) értékét mutatja.

A hazai gyakorlatban egyáltalán nem jellemző a szilárdság szerinti osztályozás. A fűrészárut csupán két kategóriába, „asztalos” és „építő” minőségbe szokták sorolni, melyből az utóbbi a gyengébb. A magyar és európai szabványok viszont lehetőséget adnak osztályozási eljárások alkalmazására.

A faanyag szilárdság szerinti válogatása lehet vizuális vagy gépi osztályozás.

A vizuális szilárdság szerinti osztályozást az MSZ EN 518-as szabvány írja le, az MSZ EN 1912 szabvány pedig azt, hogy a különféle nemzeti szabványok szerint osztályozott anyagokat melyik kategóriába lehet besorolni.

Az MSZ EN 338-as szabvány írja le a roncsolásmentes szilárdságvizsgálat szerinti osztályozással kapcsolatos tudnivalókat. Ezzel a módszerrel az MSZ EN 518-nak megfelelő osztályokba lehet besorolni az anyagokat. A besorolás roncsolásmentes módszerekkel mért rugalmassági modulus és sűrűség alapján történik, amelyek jó kapcsolatban állnak a szilárdsági tulajdonságokkal. Ezzel a módszerrel jó közelítéssel, illetve kellő pontossággal lehet megbecsülni a fűrészáru szilárdságát, különösen a vizuális jegyek alapján történő osztályozással szemben.

Magyarországon nem elterjedt a megfelelő gépi szilárdsági osztályozás.

3.1.2. Faipari termékek ma

Faszerkezetek tervezése során sokáig a természetes faanyagok, fűrészáruk széles választékából gazdálkodva tervezhettünk „hagyományos” faanyagú tartószerkezeteket. Idővel azonban a választék csökkenése mellett az igény épp a nagyobb és különlegesebb tartószerkezetek tervezése felé fordult. A rétegelt-ragasztott fa megjelenése nemcsak a faszerkezetek további felhasználását tette lehetővé, hanem kiszélesítette a faszerkezetek alkalmazhatóságának határait is.

A technológiák és ragasztók fejlődése lehetővé tette további számos faipari termék előállítását, megnövelve így a szilárdság és a geometriai méretek szerinti választást. Ennek megfelelően a „hagyományos” tartószerkezetek építéséhez szükséges faválaszték is bővült a természetes faanyagok mellett, azokhoz hasonló faipari termékekkel.

Faipari termékek lehetnek:

- Ragasztott faanyagok: amelyek válogatott és toldott faanyagú elemek összeragasztásával készülnek, a természetes fához hasonló termékek.
- Faalapú kompozitok: amelyek faanyagú adalék (pl. faforgács) kötőanyaggal történő tömbösítésével készülő mesterséges falemez termékek.

A következőkben a Magyarországon is alkalmazott faszerkezeti elemekre, illetve fatermékekre adott néhány példával segítjük az eligazodást.

3.1.2.1. Ragasztott faanyagok

Aragasztott faelemek a természetes fához hasonló tulajdonságú termékek, amelyek természetes faanyagú elemekből hossz- vagy széltoldott, illetve rétegelt formában,

a szükséges hosszúságú vagy keresztmetszetű faelem előállítását teszik lehetővé. A természetes faanyag méretei sok esetben kisebbek, fahibákat tartalmaznak és erősen hajlamosak a vetemedésre. A ragasztott fa előállítása során nemcsak a kívánt geometriai méretekkel rendelkező faelem előállítása a cél, hanem a válogatott faanyag nagyméretű összeragasztásával a mechanikai tulajdonságok is javíthatók.

Ragasztott faanyagú – teljes és részletes felsorolás nélkül –, a mérnöki gyakorlatban leginkább elterjedt vagy közismert néhány termék:

- rétegelt-ragasztott faanyag (RRFA),
- hosszoldott fűrészáru,
- tömörfa- és rétegelt lemezek,
- LVL (KERTO) termék.

Rétegelt-ragasztott faanyag

Magyarországon rétegelt-ragasztott fatartók tervezése és gyártása az 1970-es évektől terjedt el széles körben. Rétegelt-ragasztott faanyag gyártása során ékcsapos hosszoldással kialakított lamellákat használnak, nemegyszer az egyes rétegekben szélességben is toldva.

A lamellák toldásával szabadon formált, a természetes faanyagnál jóval nagyobb keresztmetszetű és hossz méretű elemek is könnyedén előállíthatóak. Így igen nagy, sőt változó keresztmetszetű és akár íves vagy különleges vonalvezetésű tartószerkezetek kialakítása is lehetséges. Ennek megfelelően a rétegelt-ragasztott faszerkezetek nagy fesztávolságú, szabadon megformált terek építésénél kedvelt tartószerkezeti elemmé váltak.

RRFA tartó gyártásához Magyarországon döntően lucfenyőt, kisebb mennyiségben erdei fenyőt, illetve vörösfenyőt használnak.

Hosszoldott fűrészáru

A hosszoldott fűrészáru elsősorban a kereskedelemben kapható hosszúságú, jó minőségű faanyag iránti szükségletek kielégítésére szolgál. Alkalmazásával nemcsak megfelelő hosszúságú fa alapanyaghoz, pallóhoz, gerendához juthatunk, hanem hosszoldott, válogatott, a hibáktól mentes darabokból ékcsapos hosszoldással kialakított kiváló minőségű faanyagú terméket kapunk.

Magyarországon leginkább az Ausztriában előállított hosszoldott fűrészárut, az ún. KVH-t lehet beszerezni. Ezt általában lucfenyőből, 13 m-es hosszban, 6÷14×8÷24 cm keresztmetszettel állítják elő. Ma már hazai hosszoldott fűrészáru is kapható.

Tömör fa- és rétegelt lemezek

Sok esetben igen széles anyagra is szükségünk lehet, amelyet természetes fából kifűrészelni nem lehetséges. Ezt a hiányt pótolják a tömörfából készült egy- vagy többretegű lemezek. Egyretegű lemezeket az építőiparban ritkán használunk, mivel

alaktartóssága rosszabb, mint a több rétegben összeépített lemezé, valamint rostra merőleges szilárdsága is gyengébb. A többrétegű lemezek páratlan rétegszámmal, szimmetrikus elrendezésben, szálirányra merőlegesen „összeforgatva” készülnek. Ezért vetemedésük elkerülhető, illetve jelentősen csökkenthető, így kiváló alak-tartó lemezterméket nyerünk.

A rétegelt lemezek a tömör falemezekhez hasonlóak, de vékony furnérrétegekből készülnek.

A rétegelt lemezek csatlakozó rétegeit is a szálirányok merőleges elforgatásával ragasztják egymáshoz, így a két irányban ugyan eltérő szilárdságú rétegelt lemez-termék mindkét irányban teherbíró. A rostra merőleges irányú rétegek ellenére teherbírása a nagyobb szilárdságú, fő teherviselő irányban a természetes faanyagéhoz hasonló.

LVL (KERTO) termék

Az LVL a rétegelt lemezhez hasonlóan több réteg furnérből készül, a hosszoldott furnérok több rétegben történő összepréselésével. Azonban az LVL rétegeinek száliránya párhuzamos, így a rétegelt lemeztől eltérően a tartó a száliránnyal párhuzamos fő teherviselő iránnyal rendelkezik.

Az LVL termék vastagsága akár 90 mm is lehet, de felhasználása 35÷45 mm (13÷17 rétegű) vastagságban gyakori, és általában lucfenyő alapanyagból az alábbi típusokat gyártják:

- KERTO-S: teherviselő szerkezetekhez gyártott LVL (tartók, könnyűszerkezetes épületek keretváza céljára). Minimális garantált szilárdsága 44 N/mm²,
- KERTO-T: alacsonyabb teherbírási LVL termék (könnyűszerkezetes falak bordáihoz),
- KERTO-Q: felületborításokhoz kifejlesztett LVL termék.

3.1.2.2. Faalapú kompozitlemezek

A mesterséges falemez termékek valamilyen faanyagú adalék (pl. faforgács) kötő-, illetve ragasztóanyaggal történő tömbösítésével készülnek. Elsősorban a könnyűszerkezetes építésben, felületek borítására alkalmazzák ezeket. A kel-lő szilárdságú és megfelelő kötőelemmel rögzített borítások a keretszerkezetek tárcsásítására is alkalmasak, így nincs szükség külön szélrácsok, ferde merevítő elemek alkalmazására. A fa lemeztermékek I- és kazettás tartók gerinclemezeinek is alkalmasak.

A magyarországi építőipari alkalmazásban a falemez termékek közül gyakori felhasználásuk miatt az alábbiak méltók említésre:

- farostlemez,
- OSB.

Farostlemez

A farostlemezek sokféle csoportosításából az építőiparban a térfogati sűrűség szerinti felosztás a leggyakoribb:

- LDF: alacsony sűrűségű (400 kg/m^3 alatti) farostlemez (padlóborításnak, kitűnő hangszigetelő, lépéshang gátló). Alacsony szilárdságú, szerkezeti célokra nem alkalmas.
- MDF: közepes sűrűségű ($400 \div 800 \text{ kg/m}^3$) farostlemez (elsősorban bútorgyártásban) célokra alkalmazzák, de a nyitott pórusú MDF-lapok átszellőztetett szerkezetekhez, pl. tetőhéjalás alatti borításra, keretszerkezetes falak külső burkolatára is használják).
- HDF: nagy sűrűségű (800 kg/m^3 felett) farostlemez (gyenge szilárdsági tulajdonságai miatt az építőiparban nem használatos).

A farostlemezek szilárdsága különféle burkolatok céljára elegendő, de nem éri el az elsősorban építészeti célra gyártott termékek (pl. a rétegelt lemez, az OSB) szilárdságát, ezért a farostlemezt tartószerkezeti elemként csak elvétve használjuk.

OSB

A szálforgácsokból kialakított lemez hosszúkás forgácsait a felületek közelében a lemez hosszirányával párhuzamosan, míg a lemez belsejében keresztirányban fektetik. Az OSB sűrűsége és szilárdsága a rétegelt lemezekéhez hasonló, de változó vízfelvétel esetén, nagyobb mérvű dagadása miatt, a kapcsolatok (szögek, csavarok) teherbírása erőteljesen csökken. Az MSZ EN 300-as szabvány szerint az alábbi OSB termékeket különböztetjük meg:

- OSB 1: nem szerkezeti célú OSB (pl. csomagolás céljára),
- OSB 2: nem vízálló OSB,
- OSB 3: vízálló OSB,
- OSB 4: nagy szilárdságú fokozottan vízálló lemez.

A nagyszilárdságú OSB 4 csoportba tartozó lemezeket I-tartók gerinceként vagy más tartószerkezeti elemként is alkalmazzák.

3.1.3. Magyarországon jelenleg leggyakrabban használt fafajok

Tartószerkezeti célra többnyire fenyőféléket szoktak alkalmazni. Egyes közép-európai országokban, így hazánkban is, gyakori előfordulásuk miatt, a kemény lombos fafajok használata sem ritka.

Magyarországon jelenleg leggyakrabban használt fafajok:

- Fenyőfélék:
erdei fenyő, lucfenyő, jegenyefenyő,
vörösfenyő: kiváló tulajdonságai szilárdsága és tartóssága miatt elsősorban speciális célokra szokták használni.

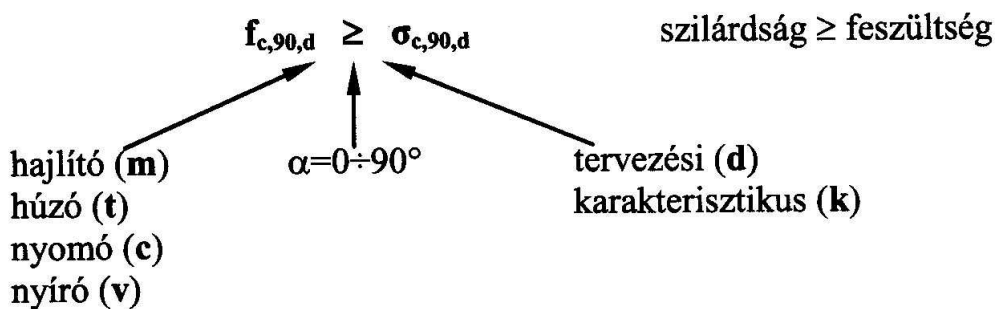
- Lombos fák:
tölgy és akác: nagy szilárdságúak és igen tartósak,
bükk: csak ritkán használatos, mert kevésbé tartós,
nyár és éger: csak nagyon ritkán szokták használni.

Természetes faanyagok	szilárdsági osztály γ_m [kN/m ³]			
Puha lombosfa (nyár, éger, fűz)	C14	C20	3,5	4,0
Erdei fenyő	C22	C35	4,1	4,8
Vörösfenyő	C40	C50	5,0	5,5
Hazai keményfa, lombos (akác, bükk, tölgy)	D30	D50	6,4	7,0
Egzotikus keményfa	D60	D70	8,4	10,8

Faanyag termékek	szilárdsági osztály γ_m [kN/m ³]			
Rétegelt-ragasztott fatartók				
homogén	GL24h	GL36h	3,7	4,4
kombinált	GL24c	GL36c	3,3	4,2
KERTO furnérfa		KERTO-S	4,8	
		KERTO-Q	4,8	

3.1.4. Faanyagok és -termékek szilárdsági és merevségi jellemzői

A szilárdsági és feszültségi értékek jelölésénél az index első tagja az igénybevétel típusára utal, második tagja a feszültség irányának a rosttal bezárt szögét mutatja, míg az index harmadik tagja a szilárdság valószínűségi szintjét jelöli, az alábbiak szerint:



Fenyők		Tülevelűek és nyárfafélék								
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C40	
Szilárdsági értékek (N/mm²)										
Hajlítás		$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	40
Húzás	Rosttal párhuzamos	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	24
	Rostra merőleges	$f_{t,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Nyomás	Rosttal párhuzamos	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	26
	Rostra merőleges	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9
Nyírás		$f_{v,k}$	1,7	1,8	2	2,4	2,5	2,8	3	3,8
Merevségi értékek (kN/mm²)										
Rugalmassági modulus		$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	14
Rosttal párhuzamos	átlagértéke	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6	6,7	7,4	8	8	9,4
5%-os küszöbértéke										
Rostra merőleges	átlagértéke	$E_{90,mean}$	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
Nyírási modulus	átlagértéke	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,72	0,75	0,88
Sűrűség (kg/m³)										
Átlagos sűrűség		ρ_{mean}	350	370	380	410	420	450	460	500
Stabilitási anyagjellemzők										
k_c tényező számításához kihajlásvizsgálatnál		λ_E	53,8	56,0	57,4	57,5	59,0	59,9	58,6	59,7
k_{crit} tényező számításához kifordulásvizsgálatnál		λ_{Em}	16,2	16,2	16,2	15,5	15,5	15,3	14,5	13,6

Keményfák		Lombhullató fajták					
		D30	D35	D40	D50	D60	
Szilárdsági értékek (N/mm²)							
Hajlítás		$f_{m,k}$	30	35	40	50	60
Húzás	Rosttal párhuzamos	$f_{t,0,k}$	18	21	24	30	36
	Rostra merőleges	$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
Nyomás	Rosttal párhuzamos	$f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32
	Rostra merőleges	$f_{c,90,k}$	8	8,4	8,8	9,7	11
Nyírás		$f_{v,k}$	3	3,4	3,8	4,6	5,3
Merevségi értékek (kN/mm²)							
Rugalmassági modulus		$E_{0,mean}$	10	10	11	14	17
Rosttal párhuzamos	átlagértéke	$E_{0,05}$	8	8,7	9,4	12	14
5%-os küszöbértéke							
Rostra merőleges	átlagértéke	$E_{90,mean}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
Nyírási modulus	átlagértéke	G_{mean}	0,6	0,7	0,7	0,9	1,1
Sűrűség (kg/m³)							
Sűrűség	közéértéke	ρ_{mean}	640	670	700	780	840
Stabilitási anyagjellemzők							
k_c tényezőhöz kihajlásvizsgálat		λ_E	59	59	60	63	66
k_{crit} tényezőhöz kifordulásvizsgálat		λ_{Em}	14	14	14	14	14

Rétegezt ragasztott fa /RRFA/		Homogén GL24h 36h				Kombinált GL24c 36c				
		24h	28h	32h	36h	24c	28c	32c	36c	
Szilárdsági értékek (N/mm²)										
Hajlítás	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36	24	28	32	36	
Húzás	Rosttal párhuzamos Rostra merőleges	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26	14	16,5	19,5	22,5
		$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6	0,35	0,4	0,45	0,5
Nyomás	Rosttal párhuzamos Rostra merőleges	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31	21	24	26,5	29
		$f_{c,90,g,k}$	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 értékek (kN/mm²)										
Rugalmassági modulus Rosttal párhuzamos átlagértéke 5%-os küszöbértéke Rostra merőleges átlagértéke	$E_{0,g,mean}$	11,6	12,6	13,7	14,7	11,6	12,6	13,7	14,7	
	$E_{0,g,05}$	9,4	10,2	11,1	11,9	9,4	10,2	11,1	11,9	
	$E_{90,g,mean}$	0,39	0,42	0,46	0,49	0,32	0,39	0,42	0,46	
Nyírási modulus átlagértéke	$G_{g,mean}$	0,72	0,78	0,85	0,91	0,59	0,72	0,78	0,85	
Sűrűség (kg/m³)										
Sűrűség középértéke	ρ_{mean}	460	490	510	535	420	460	490	520	
Stabilitási anyagjellemzők										
k_c tényezőhöz kihajlásvizsg.	λ_E	62,2	61,6	61,5	61,6	66,5	64,8	64,3	63,6	
k_{crit} tényezőhöz kifordulásv.	$\lambda_{E,m}$	17,5	17,1	16,7	16,3	16,9	16,8	16,4	16	

KERTO - LVL termékek		KERTO-S	KERTO-Q	
Szilárdsági értékek (N/mm²)				
Hajlítás	A furnérok síkjában	$f_{m,0,edge,k}$	44,0	32,0
	Mérethatás-tényező	s	0,12	0,12
	A furnérok síkjára merőlegesen	$f_{m,0,flat,k}$	50,0	36,0
Húzás	Rosttal párhuzamos	$f_{t,0,k}$	35,0	26,0
	Rostra merőleges	$f_{t,90,edge,k}$	0,8	6,0
Nyomás	Rosttal párhuzamos	$f_{c,0,k}$	35,0	26,0
	Rostra merőlegesen, a furnérok síkjában	$f_{c,90,edge,k}$	6,0	9,0
	Rostra és a furnérok síkjára merőlegesen	$f_{c,90,flat,k}$	1,8	1,8
Nyírás	A furnérok síkjában	$f_{v,90,edge,k}$	4,1	4,5
	A furnérok síkjára merőlegesen	$f_{v,90,flat,k}$	2,3	1,3
Merevségi értékek (kN/mm²)				
Rugalmassági modulus	Rosttal párhuzamos	$E_{0,k}$	11,6	8,8
	Rostra merőlegesen, a furnérok síkjában	$E_{90,edge,k}$	0,35	2,0
	Rostra és a furnérok síkjára merőlegesen	$E_{90,flat,k}$	0,1	0,1
Nyírási rugalmassági modulus		$G_{0,k}$	0,4	0,4
Sűrűség (kg/m³)				
Sűrűség középértéke		ρ_k	480	480

3.2. Tervezési változók

3.2.1. Karakterisztikus értékek

Hajlítás és húzás esetén, kis keresztmetszetű tartóknál a szilárdságok $f_{m,k}$ és $f_{t,0,k}$, illetve $f_{m,g,k}$ és $f_{t,0,g,k}$ / karakterisztikus értékei k_h szorzótényezővel növelhetők.

Természetes fa	RRFa	LVL
$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right.$ $\left. 1,3 \right\}$	$k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \right.$ $\left. 1,1 \right\}$	$k_h = \min \left\{ \left(\frac{300}{h} \right)^s \right.$ $\left. 1,2 \right\}$
hajlítás: $h \leq 150$ mm húzás: $h \leq 150$ mm	hajlítás: $h \leq 600$ mm húzás: $h \leq 150$ mm	hajlítás: $h \leq 600$ mm s: mérethatás-tényező (s: ENV 14374 szerint)
(h: magasság, illetve szélesség)		

A faanyag, ill. faalapanyagú szerkezeti elemek szilárdsági és merevségi jellemzőit a teher időtartama és a nedvességtartalom erősen befolyásolja, ezért e két tényezőt figyelembe kell venni a mechanikai ellenállás és a használhatóság tervezésekor.

3.2.2. Teheridőtartam-osztályok

A teheridőtartam-osztályokat a szerkezet élettartamán belül meghatározott ideig ható egyenletes teher hatásával jellemezzük. A terheket a táblázatban megadott teheridőtartam-osztályok egyikébe kell besorolni a szilárdsági és merevségi számításokhoz.

Teheridőtartam-osztályok

Teheridőtartam-osztály	A karakterisztikus értékű teher összesített időtartamának sorrendje	Példák a terhelésre
Állandó	Több, mint 10 év	Önsúly
Hosszú időtartamú	6 hónap – 10 év	Raktározás
Közepes időtartamú	1 hét - 6 hónap	Födémek hasznos terhei, hó
Rövid időtartamú	kevesebb, mint 1 hét	Hó, szél
Pillanatnyi		Szél, rendkívüli teher

3.2.3. Felhasználási osztályok

A felhasználási osztályok jellemzője a faanyag nedvességtartalma 20°C hőmérsékleten, a környező levegő – évente csak néhány hétig meghaladó – relatív páratartalmának függvényében.

Felhasználási osztályok

Felhasználási osztály	A környezet relatív páratartalma	A faanyag átlagos nedvességtartalma	Példák a beépítési környezetre
1.	max. 65% 20°C fokon	$u \leq 12\%$ (9±3%)	fűtött zárt terekben
2.	max. 85% 20°C fokon	$u \leq 20\%$ (12 ±3% fűtetlen zárt, 15 ±3% fedett-nyitott, ≥ 18 % szabad tér)	fűtetlen zárt fedett, de nyitott terekben, csapóesőnek kitett szerkezetek
3.	≥ 85% fölötti éghajlati viszony	$u \geq 20\%$ (30 % rosttelítettségi határérték felett)	talajban, víz alatt (fedett terekben csak kivételes esetben)

A nedvességtartalom 0% és 30 % közötti változása következtében a faanyag mérete megváltozik (dagad, zsugorodik). A vízfelvételkor dagadás és leadáskor zsugorodás mértéke rostirányban minimális, a rostra merőleges irányokban azonban számottevő. A faanyag vetemedésének oka, hogy egy-egy fűrészáru a rönkön belül különböző helyről származó anyagot foglal magába. Ezeknek a különböző farészeknek a méretváltozása eltérő, ezért a fűrészáru eredeti alakja megváltozik, azaz vetemedik. Ezt gyakran fokozza a túlságosan gyors kiszáradás, amikor nincs idő az így kialakuló feszültségek relaxációjára. A vetemedés a kezdeti nedvességtartalom helyes megválasztásával elkerülhető. Ezért a faanyagok nedvességtartalmát minél alacsonyabb szinten kell tartani. Figyelemmel kell lenni arra is, hogy a fa tartószerkezeti elemek gyártási és beépítési körülményei változóak, azaz különböző külső hatások érhetik (pl. tároláskor, vagy az építés helyszínén az anyag megázhat). A faszerkezeti elem egyensúlyi nedvességtartalmát ezért célszerű néhány százalékkal a beépített szerkezet várható nedvességtartalma alatt beállítani.

A vetemedés megakadályozásának biztos módja a ragasztott termékek használata. A ragasztott termékekben a különböző elemek összeragasztása miatt az alakváltozások kiegyenlítődnek, a méretváltozásokra kevesebb a lehetőség, így kiegyensúlyozottabb, stabilabb anyag jön létre.

3.2.4. Felhasználási osztályok és teheridőtartam-osztályok szilárdsági módosító tényezői

A teher időtartama alapján teheridőtartam-osztályba és a nedvességtartalom alapján felhasználási osztályba sorolás figyelembevételével a mechanikai ellenállás tervezésekor a táblázatban megadott k_{mod} módosító tényezőket kell alkalmazni. Ha egy adott teherkombináció különböző teheridőtartam-osztályokba tartozó terheket tartalmaz, akkor a k_{mod} módosító tényező értékét a legrövidebb időtartamú terhelés alapján kell meghatározni, tehát például önsúly és rövid időtartamú teher kombinációja esetén a rövid időtartamú teherhez tartozó k_{mod} értéket kell használni.

Ha egy kapcsolat két eltérő viselkedésű faelemből áll, akkor a kapcsolat számítását a következő k_{mod} tényezővel kell végezni:

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

A k_{mod} tényező értékei

Anyag	Felhasználási osztály	Teheridőtartam-osztály				
		Állandó hatás	Hosszú idő-tartamú hatás	Közepes idő-tartamú hatás	Rövid idő-tartamú hatás	Pillanatnyi hatás
Szerkezeti fa, Rétegelt- ragasztott fa, LVL, Rétegelt lemez	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/2	1.	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
OSB/3	1.	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
OSB/4	2.	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Farost- lemez, MDF MDF.LA MDF.HLS	1.	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	2.	-	-	-	0,45	0,80

3.2.5. Felhasználási osztályok alakváltozási módosító tényezői

A nedvességtartalom alapján felhasználási osztályba sorolás figyelembevételével a használhatóság ellenállás tervezésekor a táblázatban megadott k_{def} módosító tényezőket kell alkalmazni.

Faanyagok és faalapú anyagok k_{def} módosító tényezőjének értékei

Anyag	Felhasználási osztály		
	1	2	3
Szerkezeti fa, Rétegelt- ragasztott fa, LVL	0,60	0,80	2,00
Rétegelt lemez			
EN 636-1 típus	0,80	-	-
EN 636-2 típus	0,80	1,00	-
EN 636-3 típus	0,80	1,00	2,50

Anyag	Felhasználási osztály		
	1	2	3
OSB			
OSB/2	2,25	-	-
OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Farostlemez, MDF			
MDF.LA	2,25	-	-
MDF.HLS	2,25	3,00	-

3.3. Szilárdság tervezési értéke

3.3.1. Anyagjellemzők tervezési értéke

$$X_d = k_{\text{mod}} \frac{X_k}{\gamma_M} \quad \text{ahol:}$$

X_k szilárdsági jellemző karakterisztikus értéke,

γ_M anyagjellemzők parciális tényezője,

k_{mod} teheridőtartamtól és a nedvességtartalomtól függő módosító tényező.

Az anyagjellemzők és ellenállások ajánlott γ_M parciális tényezői

Alapkombinációk:	
Természetes fa	1,30
Rétegelt-ragasztott fa	1,25
LVL, rétegelt lemez, OSB	1,20
Faforgácslap	1,30
Farostlemez, MDF	1,30
Kapcsolatok	1,30
Szeglemezek	1,25
Rendkívüli kombinációk	1,00

3.3.2. Merevségi jellemzők tervezési értéke

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

E_{mean} rugalmassági modulus várható értéke,

G_{mean} nyírási modulus várható értéke.

4. Teherbírási határállapotok igazolása

4.1. Egytengelyű igénybevétellel terhelt keresztmetszetek

4.1.1. Rostokkal párhuzamos húzás

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad \text{ahol:}$$

$\sigma_{t,0,d}$ a rostokkal párhuzamos húzófeszültség tervezési értéke,
 $f_{t,0,d}$ a rostokkal párhuzamos húzószilárdság tervezési értéke.

4.1.2. Rostokkal párhuzamos nyomás

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad \text{ahol:}$$

$\sigma_{c,0,d}$ rostokkal párhuzamos nyomófeszültség tervezési értéke,
 $f_{c,0,d}$ rostokkal párhuzamos nyomószilárdság tervezési értéke.

A keresztmetszet tiszta nyomása mellett a nyomott rúdelem stabilitásvesztésére vonatkozó előírások teljesülését is ellenőrizni kell!

4.1.3. Rostokra merőleges nyomás, „pecsétnyomás”

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \times f_{c,90,d} \quad \text{és} \quad \sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \quad \text{ahol:}$$

$\sigma_{c,90,d}$ rostokra merőleges nyomófeszültség tervezési értéke a hatékony csatlakozási felületen,

$f_{c,90,d}$ rostokra merőleges nyomószilárdság tervezési értéke,

$F_{c,90,d}$ rostokra merőleges nyomóerő tervezési értéke,

A_{ef} hatékony csatlakozási felület a rostokra merőleges nyomás esetén,

$k_{c,90}$ teherelrendezést, a felhasadás lehetőségét és a nyomási alakváltozás mértékét figyelembe vevő tényező.

Az A_{ef} rostokra merőleges irányú hatékony csatlakozási felület méretét egy rost-iránnyal párhuzamos, hatékony csatlakozási hossz figyelembevételével ℓ_{ef} kell meghatározni, ahol a csatlakozási hossz mindkét oldalon 30 mm-rel, de legfeljebb a , ℓ vagy $\ell_1/2$ -vel megnövelhető.

$$\ell_{ef, \text{max.}} = \ell + 2 \times 30 \text{ mm} \quad A_{ef} = \ell_{ef} \times b$$

$k_{c,90}$ módosító tényező értékei

		Szerkezeti puhafa	RRFa puhafa
Folytonos támaszon felfekvő elemek		1,00	1,00
	$\ell_1 \geq 2h$	1,25	1,50

		Szerkezeti puhafa	RRFa puhafa
Szakaszos támaszon felfekvő elemek		1,00	1,00
	$\ell_1 \geq 2h$	1,50	1,75

ahol:

$k_{c,90} = 1,75$ - RRFa esetén csak akkor, ha $\ell \leq 400$ mm,

h a szerkezeti elem magassága,

ℓ a csatlakozási felület hossza,

ℓ_1 a csatlakozási felületek közti távolság,

a az elem szélétől mért távolság,

4.1.4. Ferde hajlítás

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad \text{és} \quad k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad \text{ahol:}$$

$\sigma_{m,y,d}$ és $\sigma_{m,z,d}$ a főtengelyek körüli hajlításból származó normálfeszültségek tervezési értéke,

$f_{m,y,d}$ és $f_{m,z,d}$ a megfelelő hajlítoszilárdságok tervezési értéke.

k_m tényező értéke: 0,7: téglalap alakú keresztmetszetekre,
1,0: minden más esetben.

4.1.5. Tiszta nyírás

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad \text{ahol:}$$

τ_d a nyírófeszültség tervezési értéke,

$f_{v,d}$ a nyírószilárdság tervezési értéke.

Hajlított szerkezetek nyírási teherbírásának igazolásakor a repedések hatását b_{ef} hatékony elemszélességgel kell figyelembe venni:

$$b_{ef} = k_{cr} \times b \quad \text{ahol:}$$

b szerkezeti elem keresztmetszetének szélessége,

k_{cr} módosító tényező,

k_{cr} tényező értéke: 0,67: szerkezeti fa és RRFa esetén
1,00: egyéb faalapú termékek esetén.

A támasz szélétől az elem támasz fölötti magasságánál kisebb távolságon belül, a gerenda felső oldalán ható koncentrált erő hatása a nyíróerőben figyelmen kívül hagyható. A támasznál csökkentett keresztmetszetű gerendák esetén ez csak akkor lehetséges, ha a keresztmetszet csökkentése, „kiharapása” a támasszal ellentétes (felső) oldalon van.

4.1.6. Tiszta csavarás

$$\tau_{\text{tor,d}} \leq k_{\text{shape}} \times f_{\text{v,d}} \quad \text{ahol:}$$

$\tau_{\text{tor,d}}$ csavarásból származó nyírófeszültség tervezési értéke,

$f_{\text{v,d}}$ nyírószilárdság tervezési értéke,

k_{shape} keresztmetszet alakjától függő tényező,

h nagyobb keresztmetszeti méret,

b kisebb keresztmetszeti méret.

k_{shape} tényező értéke: 1,20 kör keresztmetszetnél,

$$\min \begin{cases} 1 + 0,15 \frac{h}{b} & \text{téglalap keresztmetszetnél,} \\ 0,2 & \end{cases}$$

4.2. Összetett igénybevétellel terhelt keresztmetszetek

4.2.1. Rostiránnyal szöget bezáró nyomás

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

$\sigma_{\text{c},\alpha,\text{d}}$ a rostiránnyal α szöget bezáró nyomófeszültség,

$k_{\text{c},90}$ a korábban tárgyalt tényező, amely bármilyen rostra merőleges nyomófeszültség hatását veszi figyelembe.

4.2.2. Külpontos húzás

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

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

4.2.3. Külpontos nyomás

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

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

4.3. Szerkezeti elemek stabilitása

4.3.1. Nyomott szerkezeti elemek kihajlása

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

λ_y és $\lambda_{\text{rel},y}$ y tengely körüli hajlításhoz tartozó karcsúság és relatív karcsúság (a kihajlás z irányú),

λ_z és $\lambda_{\text{rel},z}$ z tengely körüli hajlításhoz tartozó karcsúság és relatív karcsúság (a kihajlás y irányú),

$E_{0,05}$ a rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os kvantilise.

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

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

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

Minden más esetben:

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

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

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

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

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

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

β_c egyenességi tényező: 0,2: természetes szerkezeti fa esetén,
0,1: RRFa és LVL termékek esetén.

4.3.2. Karcsú gerendák kifordulása

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \times f_{m,d} \quad (\text{hajlító nyomaték esetén})$$

ahol:

$\sigma_{m,d}$ hajlításból származó normálfeszültség tervezési értéke,

$f_{m,d}$ hajlítoszilárdság tervezési értéke,

k_{crit} tényező a kifordulás miatt csökkent hajlítoszilárdság figyelembevételére.

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1,0 \quad (\text{hajlítónyomaték és nyomóerő esetén})$$

ahol:

$\sigma_{m,d}$ hajlításból származó normálfeszültség tervezési értéke,

$\sigma_{c,d}$ rost irányú nyomófeszültség tervezési értéke,

$f_{c,0,d}$ rost irányú nyomószilárdság tervezési értéke,

$k_{c,z}$ korábban (nyomott rúd kihajlásánál) tárgyalt tényező.

A kifordulási stabilitást mindkét esetben igazolni kell.

$k_{crit} = 1,0$ ha a gerenda nyomott öve oldalirányban teljes hosszban megtámasztott és elfordulás ellen rögzített.

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

De a gerenda görbesége nem haladhatja meg:

természetes fánál az: $l/300$ -at,

RRFa és LVL termékénél az: $l/500$ -at.

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad \text{ahol:}$$

$\sigma_{m,crit}$ hajlításból származó kritikus normálfeszültség

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

$E_{0,05}$ rost irányú rugalmassági modulus 5%-os kvantilise,

$G_{0,05}$ rost irányú nyírási modulus 5%-os kvantilise,

I_z keresztmetszet másodrendű nyomatéka a „gyenge” z tengely körüli hajlítás-hoz,

- I_{tor} keresztmetszet csavarási másodrendű nyomatéka,
 ℓ_{ef} gerenda megtámasztási viszonyoktól és a terhelés elrendezésétől függő effektív hossza (kifordulási hossza),
 W_y keresztmetszeti tényező az „erős” y tengely körüli hajlításhoz.

Az effektív (kifordulási) hossz és a támaszköz aránya

Gerenda típusa	Terhelés típusa	ℓ_{ef}/ℓ
Kéttámaszú	Állandó nyomaték	1,0
	Egyenletesen megoszló teher	0,9
	Koncentrált erő tartóközépen	0,8
Konzol	Egyenletesen megoszló teher	0,5
	Koncentrált erő a szabad végen	0,8

Az ℓ_{ef} effektív (kifordulási) hossz és az ℓ támaszköz fenti arányai a támaszainál elfordulás ellen rögzített, középvezetékén terhelte gerendára érvényesek.

Puhafa és tömör négyszögkeresztmetszet esetén:

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

- b gerenda szélessége,
h gerenda magassága.

4.4. Keresztmetszet-változás hatása

4.4.1. Kiharapott tartóvég

A keresztmetszet-változásból adódó feszültségváltozás hatását csak hajlításból származó húzás esetén kell figyelembe venni, ha a csökkentés, illetve a kiékelés meredeksége nagyobb 1:10 aránynál.

A hossz tengelyével párhuzamos rostirányú, derékszögű négyszög keresztmetszetű, a támasznál kihapott tartóvégű (csökkentett keresztmetszetű) gerendáknál a nyírófeszültségeket a h_{ef} hatékony (csökkentett) tartómagassággal kell számítani.

$$\tau_d = \frac{1,5 V}{b h_{\text{ef}}} \leq k_v f_{v,d} \text{ ahol:}$$

- τ_d nyírófeszültség tervezési értéke,
V nyíróerő tervezési értéke,
b gerenda szélessége,
 h_{ef} gerenda csökkentett magassága,

$f_{v,d}$ nyírószilárdság tervezési értéke,
 k_v csökkentő tényező $k_v = 1,0$, de
 támasz felöli(oldali) keresztmetszet-csökkentésnél, ha

$$k_v = \frac{k_n \left(1 + \frac{1,1i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}{\sqrt{h} \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} < 1,0, \text{ akkor csökkenteni kell az értéket.}$$

A képletben

i keresztmetszet-csökkentés meredeksége,

h [mm] gerenda magassága,

x [mm] támaszreakció hatásvonalja és a keresztmetszet-csökkentés támaszközeli sarokpontja közötti távolság.

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h}$$

k_n természetes fánál: 5

RRFa termékénél: 6,5

LVL termékénél: 4,5

4.4.2. Egy irányban ferde élű gerenda

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,\alpha} f_{m,d} \quad \text{ahol:}$$

$\sigma_{m,\alpha,d}$ hajlításból származó normálfeszültség tervezési értéke a rostiránnyal szöget bezáró irányban,

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \sigma_{m,0,d} = \frac{6M_d}{b h^2}$$

$f_{m,d}$ hajlítószilárdság tervezési értéke,

$k_{m,\alpha}$ ferde él szélső szálfeszültségének módosító tényezője:

húzásnál

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{0,75 f_{v,d}} \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \tan^2 \alpha \right)^2}}$$

nyomásnál

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 f_{v,d}} \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \tan^2 \alpha \right)^2}}$$

ahol:

- $f_{v,d}$ nyírószilárdság tervezési értéke,
- $f_{t,90,d}$ rostokra merőleges húzószilárdság tervezési értéke,
- $f_{c,90,d}$ rostokra merőleges nyomószilárdság tervezési értéke,
- α ferde él rostiránnyal (hossztengellyel) bezárt szöge.

4.4.3. Két irányban ferde élű gerendák, ívelt gerenda

Rétegelt-ragasztott fa (esetleg LVL termék) alkalmazása esetén előfordulhat, hogy a gerenda két irányban is ferde élű vagy ívelt kialakítású. Ilyenkor a csúcs környezetében:

$\sigma_{m,d} \leq k_r f_{m,d}$ ahol:

$\sigma_{m,d}$ a csúcsnál lévő hajlításból származó normálfeszültség tervezési értéke,

$$\sigma_{m,d} = k_\ell \frac{6M_{ap,d}}{b h_{ap}^2} \text{ ahol:}$$

$$k_\ell = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \tan \alpha_{ap} + 5,4 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \tan \alpha_{ap}$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \tan \alpha_{ap} - 7,8 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$k_4 = 6 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$r = r_{in} + 0,5h_{ap} \quad \text{ahol:}$$

$M_{ap,d}$ nyomaték tervezési értéke a csúcsnál,

h_{ap} tartómagasság a csúcsnál,

b gerenda szélessége,

r_{in} ívelt tartónál a belső sugár,

α_{ap} ferde él szöge a csúcsnál.

$f_{m,d}$ hajlítószilárdság tervezési értéke,

k_r gyártás során meghajlított rétegek szilárdságcsökkenését figyelembe vevő tényező:

Két irányban ferde élű gerenda: $k_r = 1,0$.

Ívelt, vagy részben két irányban ferde élű gerenda:

$$k_r = \begin{cases} 1 & , \text{ha } \frac{r_{in}}{t} \geq 240 \\ 0,76 + 0,001 \frac{r_{in}}{t} & , \text{ha } \frac{r_{in}}{t} < 240 \end{cases} \quad \text{ahol:}$$

r_{in} ívelt tartó belső sugara,
 t réteg, illetve lamella vastagsága.

A csúcs környezetében a rostokra merőleges legnagyobb húzófeszültség:

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d} \quad \text{ahol:}$$

$\sigma_{t,90,d}$ csúcsnál lévő rostokra merőleges legnagyobb húzófeszültség tervezési értéke,

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6M_{ap,d}}{b h_{ap}^2} \quad \text{vagy}$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6M_{ap,d}}{b h_{ap}^2} - 0,6 \frac{p_d}{b} \quad \text{ahol:}$$

$M_{ap,d}$ belső íves felületen húzófeszültséget okozó nyomaték tervezési értéke a csúcsnál,

p_d gerenda felső felületén lévő egyenletesen megoszló teher a csúcsnál,

b gerenda szélessége,

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 \quad \text{ahol: } \begin{aligned} k_5 &= 0,2 \operatorname{tg} \alpha_{ap} \\ k_6 &= 0,25 - 1,5 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 2,6 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \\ k_7 &= 2,1 \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 4 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \end{aligned}$$

k_{dis} csúcs környezetének feszültség-eloszlását figyelembe vevő tényező:

Két irányban ferde élű, vagy ívelt gerenda: $k_{dis} = 1,4$.

Részben két irányban ferde élű vagy ívelt gerenda: $k_{dis} = 1,7$.

k_{vol} térfogati tényező:

Természetes fára: $k_{vol} = 1,0$.

$$\text{RRFára és tengelyirányú LVL-re: } k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} \quad \text{ahol:}$$

V_0 referencia-térfogat (0,01 m³ értékkel),

V csúcs környezetének feszültséggel terhelt térfogata [m³-ben]; mely max. $2Vb/3$, ahol Vb a gerenda teljes térfogata.

$f_{t,90,d}$ rostokra merőleges húzószilárdság tervezési értéke.

A csúcs környezetében a rostokra merőleges húzás és nyírás kombinációjára:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}} \leq 1,0 \quad \text{ahol:}$$

$\sigma_{t,90,d}$ rostokra merőleges húzófeszültség tervezési értéke,

τ_d nyírófeszültség tervezési értéke,

$f_{v,d}$ nyírószilárdság tervezési értéke,

k_{dis} és k_{vol} előbbieik szerint.

5. Használhatósági határállapotok igazolása

5.1. Alakváltozások ellenőrzése

Az alakváltozások ellenőrzése során két értéket, a pillanatnyi alakváltozást (u_{inst}) és az alakváltozás végértékét (u_{fin}) kell megvizsgálni. Az alakváltozás számításánál az állandó, a kiemelt esetleges és az egyidejű esetleges terhek és hatások kombinációját a pillanatnyi alakváltozásnál a hatások karakterisztikus kombinációjából, míg az alakváltozás végértékénél a hatások kvázi-állandó kombinációjából kell meghatározni, a megfelelő rugalmassági modulusok várható értékével számolva.

A fentiekből következik, hogy azonos kúszási viselkedésű elemek esetén az alakváltozás végértéke:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q,1} + \sum u_{fin,Q,i} \quad \text{ahol:}$$

$u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def})$ egy G állandó hatás esetén,
 $u_{fin,Q,1} = u_{inst,Q,1} (1 + \psi_{2,1} k_{def})$ egy Q_1 kiemelt esetleges hatás esetén,
 $u_{fin,Q,i} = u_{inst,Q,i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def})$ egy Q_i egyidejű esetleges hatás esetén,
 $u_{inst,G}, u_{inst,Q,1}, u_{fin,Q,i}$ a megfelelő G, Q_1, Q_i hatások által okozott pillanatnyi alakváltozások,

$\psi_{2,1}, \psi_{2,i}$ esetleges hatások kvázi-állandó értékéhez tartozó tényezők,
 $\psi_{0,i}$ esetleges hatások kombinációs értékéhez tartozó tényezők,
 k_{def} felhasználási osztályok alakváltozási módosító tényezője.

5.2. Gerendák lehajlása

$$w_{net,fin} = w_{fin} - w_c = (w_{inst} + w_{creep}) - w_c \quad \text{ahol:}$$

$w_{net,fin}$ nettó lehajlás végértéke,
 w_{fin} lehajlás végértéke,
 w_c túlemelés,
 w_{inst} pillanatnyi lehajlás,
 w_{creep} a kúszási lehajlás.

A gerendák lehajlásának határértékei

Gerenda típusa	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
Kéttámaszú	$\ell/300 - \ell/500$	$\ell/250 - \ell/350$	$\ell/150 - \ell/300$
Konzolos	$\ell/150 - \ell/300$	$\ell/125 - \ell/175$	$\ell/75 - \ell/150$

Az értékek ℓ támaszközű gerendára érvényesek.

5.3. Kapcsolatok csúszása

Kapcsolatoknál a csúszási modulus (K_{ser}) egy nyírt síkra vonatkozóan az alábbiak szerint kell felvenni:

Fa-fa kapcsolatokban a kapcsolóelemek K_{ser} értékei [N/mm]

Kapcsolóelem típusa	K_{ser}
Acélhengerek, csavarok, előfűrt szegek	$\rho_m^{1.5} d/23$
Szegek (előfűrés nélkül)	$\rho_m^{1.5} d^{0.8}/30$

ahol:

ρ_m [kg/m³] a faelem várható sűrűsége,
 d [mm] a kapcsolóelem átmérője.

Két eltérő sűrűségű fa anyagú elem összekapcsolásánál a csúszási moduluszt a két elem sűrűségének mértani közepével kell számolni.

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

Faelemek acél- vagy betonszerkezetekkel való kapcsolatánál a csúszási modulus (K_{ser}) értékét a fa sűrűségével kiszámolt érték kétszeresére kell venni.

6. Kapcsolatok

6.1. Kapcsolatok osztályozása

Faszerkezetek kapcsolatait – a kapcsoló és kapcsolt elemek típusa, illetve anyaga mellett a kapcsolat terhelésének függvényében – az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

Kapcsolóelem erőátvitelének módja szerint:

- keresztirányban terhelt kapcsolóelemek,
- tengelyirányban terhelt kapcsolóelemek,
- kereszt- és tengelyirányban is terhelt kapcsolóelemek.

Kapcsolóelem típusa szerint:

- csap típusú kapcsolóelemek,
- átmenőcsavaros kapcsolatok,
- szegezett kapcsolatok,
- facsavaros kapcsolatok,
- szeglemezes kapcsolatok,
- tűzőkapcsos kapcsolatok,
- acélhengeres kapcsolatok,
- gyűrűs és peremes tárcsás kapcsolatok,
- fogas-tárcsás kapcsolatok.

Faszerkezethez kapcsolt elemek anyaga szerint:

- fa,
- falemez,
- acéllemez.

Természetesen a faszerkezetek kapcsolatait, illetve teherbírásukat további tényezők is meghatározzák:

- kapcsolóelemek száma,
- nyírt síkok száma, nyírt síkú kapcsolatok esetén,
- kapcsolati erők rostokkal bezárt szöge,
- erők irányának váltakozása, váltakozó irányú erők esete.

6.2. Keresztirányban terhelt, csap típusú acél kapcsolóelemek (csavar, szeg, facsavar) teherbírása

Faszerkezetek kapcsolatainál leggyakrabban előforduló kapcsolat típusa a keresztirányban terhelt (nyírt síkú), csavar, szeg vagy facsavaros kapcsolat.

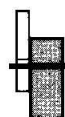
A számítási módszerek két (fa-fa és fa-falemez kapcsolatok, valamint az acél-fa kapcsolatok) csoportba oszthatók, azokon belül is figyelembe véve a kapcsolati teherbírás karakterisztikus értékének meghatározásánál a kapcsolóelem hajlítószilárdságát, továbbá beágyazási és kihúzóási szilárdságát is.

6.2.1. Csap típusú acél kapcsolóelemek (csavar, szeg, facsavar) teherbírása

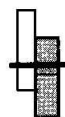
Az összefüggések a Johansen-féle képlékeny elmélet alapján számított teherbírási értékeket adják, amelyekhez a kötőeffektus hozzájárulását a teherbíráshoz ($F_{ax,Rk}/4$) a szabvány szerint korlátozott mértékben hozzá lehet adni. Ha azonban a kapcsolóelem tengelyirányú kihúzóerő teherbírásának karakterisztikus értéke ($F_{ax,Rk}$) nem ismert, akkor a kötőeffektus teherbírást növelő mértékét zérusnak kell tekinteni. Ennek megfelelően a biztonság javára az összefüggések ezen tagját az egyszerűsítések érdekében elhagytuk.

6.2.1.1. Fa-fa és falemez-fa kapcsolatok

Egyszer nyírt kapcsolóelemek esetén $F_{v,Rk}$ az alábbiak minimuma:



$$f_{h,1,k}t_1d$$



$$f_{h,2,k}t_2d$$



$$\frac{f_{h,1,k}t_1d}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right]$$



$$1,05 \frac{f_{h,1,k}t_1d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}dt_1^2}} - \beta \right]$$



$$1,05 \frac{f_{h,1,k}t_2d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}dt_2^2}} - \beta \right]$$



$$1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,Rk}f_{h,1,k}d}$$

Kétszer nyírt kapcsolóelemek esetén $F_{v,Rk}$ az alábbiak minimuma:



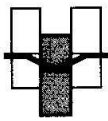
$$f_{h,1,k}t_1d$$



$$0,5f_{h,2,k}t_2d$$



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



$$1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d}$$

ahol:

$F_{v,Rk}$ kapcsolóelem egy nyírt síkjában a teherbírás karakterisztikus értéke,
 t_i faelem vagy falemmez vastagsága, vagy a behatolási mélység, $i = 1$ -re,
 illetve $i = 2$ -re,

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

d kapcsolóelem átmérője,

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

β a faelemek beágyazási szilárdságának aránya,

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

6.2.1.2. Acéllemez-fa kapcsolatok

Az acéllemez-es kapcsolatok teherbírása az acéllemez vastagságától is függ. Az acéllemezek vastagság szerinti minősítésük:

$v \leq 0,5d$	$0,5d < v < d$	$d \leq v$
vékony		vastag

A *vékony*nak, illetve *vastag*nak minősíthető méret közötti acéllemezzel kialakított kapcsolatok teherbírását a vékony, illetve vastag acéllemezre vonatkozó teherbírási értékek közti lineáris interpolációval számíthatjuk.

Egyszer nyírt kapcsolóelemek esetén $F_{v,Rk}$ az alábbiak minimuma:



$$0,4 f_{h,k} t_1 d$$

vékony acéllemez esetén



$$1,15 \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,k} d}$$



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



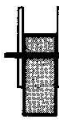
$$2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d}$$

vastag acéllemez esetén



$$f_{h,k} t_1 d$$

Kétszer nyírt kapcsolat külső elemei esetén $F_{v,Rk}$ az alábbiak minimuma:

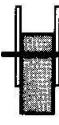


$$0,5 f_{h,2,k} t_2 d$$

vékony acéllemez esetén

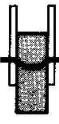


$$1,15 \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,2,k} d}$$



$$0,5 f_{h,2,k} t_2 d$$

vastag acéllemez esetén



$$2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d}$$

Kétszer nyírt kapcsolat középső eleme esetén $F_{v,Rk}$ az alábbiak minimuma (bármilyen vastagságú acéllemezénél):



$$f_{h,1,k} t_1 d$$



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



$$2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d}$$

ahol:

$F_{v,Rk}$ kapcsolóelem egy nyírt síkjában a teherbírás karakterisztikus értéke,
 t_1 szélső faelem vastagsága, illetve a behatolási mélység közül a kisebbik,

- t_2 középső faelem vastagsága,
 $f_{h,k}$ beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke a faelemben,
 d kapcsolóelem átmérője,
 $M_{y,Rk}$ kapcsolóelem képlékeny nyomatékának karakterisztikus értéke.

6.2.1.3. $M_{y,Rk}$ – képlékeny nyomaték meghatározása

$M_{y,Rk}$ – a kapcsoló elem képlékeny nyomatékának karakterisztikus értékei

		$M_{y,Rk}$
Csavar		$0,3f_{u,k}d^{2,6}$
Szeg	kör km.	$0,3f_u d^{2,6}$
	négyszög km.	$0,45f_u d^{2,6}$
Facsavar	$d > 6$ mm	$0,3f_{u,k}d^{2,6}$
	$d \leq 6$ mm	$0,3f_u d^{2,6}$

ahol:

- $f_{u,k}$ csavar húzószilárdságának karakterisztikus értéke,
 f_u szeg, illetve facsavar húzószilárdsága [N/mm²],
 d kapcsolóelem átmérője [mm].

6.2.1.4. $f_{h,k}$ – beágyazási szilárdság meghatározása

$f_{h,k}$ a beágyazási szilárdság karakterisztikus értékei

		$f_{h,k}$	k_{90}
Csavar	Puhafa, RRFa	$0,082(1-0,01d)\rho_k$ $k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha$	$1,35+0,15d$
	LVL -re		$1,30+0,15d$
	keményfákra		$0,90+0,15d$
	fa-falemez kapcsolat	$0,11(1-0,01d)\rho_k$	Rétegelt lemez
		$50 d^{-0,6} t^{0,2}$	OSB
Szeg	előfúrás nélkül	$0,082\rho_k d^{-0,3}$	
	előfúrással	$0,082(1-0,01d)\rho_k$	
	fa-falemez kapcsolat min. 2d fejátmérő	$0,11 \rho_k d^{-0,3}$	Rétegelt lemez
		$65 d^{-0,7} t^{0,1}$	OSB
Facsavar	$d > 6$ mm	$0,3f_{u,k}d^{2,6}$	
	$d \leq 6$ mm	$0,45f_u d^{2,6}$	

ahol:

- d kapcsoló elem átmérője [mm],
 ρ_k faanyag testsűrűségének karakterisztikus értéke [kg/m³],
 α erő irányának a rostiránnyal bezárt szöge,
 f_u szeg, illetve facsavar húzószilárdsága [N/mm²],
 $f_{u,0,k}$ rostirányú beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke:
 $f_{u,0,k} = 0,082(1-0,01d)\rho_k$
 t falemez vastagsága [mm].

Megjegyzés

Keresztirányban terhelt szegeknél:

- Ha $d > 8$ mm, akkor a beágyazási szilárdság karakterisztikus értékeire a csavarokra vonatkozó formulát alkalmazzuk.
- Ha $d > 6$ mm, vagy $\rho_k > 500$ kg/m³, akkor a fát elő kell fűrni!
- A szegcsúcs legalább $8d$ mértékben nyúljon be a szegcsúcs felőli elembe.
- Háromelemű kapcsolatban, ha $(t-t_2) > 4d$, akkor a szegek a középső elemben átfedhetnek.

Keresztirányban terhelt facsavaroknál:

- A facsavar menetes részének hatását d_{ef} hatékony átmérő alkalmazásával kell figyelembe venni.
- Sima szárszakaszú facsavaroknál a menet külső átmérője egyezzen meg a sima szárszakasz átmérőjével, és
 - d_{ef} hatékony átmérő azonos a sima szárszakasz átmérőjével,
 - a sima szárszakasz benyúlása a csavarsúcsot tartalmazó elembe min. $4d$.
- Ha ezen feltételek nem teljesülnek, akkor a facsavar teherbírását a menet gyökméretének 1,1-szeresével meghatározott d_{ef} hatékony átmérő használatával kell számítani.

6.2.2. Csap típusú acél kapcsolóelemek (csavar, szeg, facsavar) legkisebb osztásközei, elemvég- és elemszéltávolságai

A legkisebb osztásközöket bemutató táblázatok a biztonság javára történő egyszerűsítésekkel készültek, így csak a rostiránnyal párhuzamos, vagy arra merőleges irányokat tartalmazzák.

Csavarok legkisebb osztásközei

a_1	Egymásközt Rostirányban	5d
a_2	Egymásközt Rostra merőlegesen	4d

Csavarok legkisebb osztásközei

a_{3t}	Terhelt végtől Rostirányban	7d, de min. 80 mm
a_{3c}	Terheletlen végtől Rostirányban	4d
a_{4t}	Terhelt széltől Rostra merőlegesen	4d
a_{4t}	Terheletlen széltől Rostra merőlegesen	3d

ahol:

- d csavar átmérője [mm],
 a_1 csavarok osztásköze a rostokkal párhuzamos soron belül,
 a_2 csavarok osztásköze a rostokra merőlegesen,
 $a_{3,c}$ csavar és a terheletlen elemvég közti távolság,
 $a_{3,t}$ csavar és a terhelt elemvég közti távolság,
 $a_{4,c}$: csavar és a terheletlen elemszél közti távolság,
 $a_{4,t}$ csavar és a terhelt elemszél közti távolság.

Szegek legkisebb osztásközei

		Előfúrás nélkül		Előfúrással
		$\rho_k \leq 420$ kg/m ³	$\rho_k > 420$ kg/m ³	$\rho_k > 500$ kg/m ³
a_1	Egymásközt Rostirányban	12d	15d	7d
a_2	Egymásközt Rostra merőlegesen	5d	7d	4d
a_{3t}	Terhelt végtől Rostirányban	15d	20d	12d
a_{3c}	Terheletlen végtől Rostirányban	10d	15d	7d
a_{4t}	Terhelt széltől Rostra merőlegesen	10d	12d	10d
a_{4t}	Terheletlen széltől Rostra merőlegesen	5d	7d	3d

ahol:

- d szeg átmérője [mm],
 ρ_k faanyag testsűrűségének karakterisztikus értéke [kg/m³],
 a_1 szegek osztásköze a rostokkal párhuzamos soron belül,

- a_2 a szegsorok osztásköze a rostokra merőlegesen,
- $a_{3,c}$ a szeg és a terheletlen elemvég közti távolság,
- $a_{3,t}$ a szeg és a terhelt elemvég közti távolság,
- $a_{4,c}$ a szeg és a terheletlen elemszél közti távolság,
- $a_{4,t}$ a szeg és a terhelt elemszél közti távolság,
- α az erő és a rostirány közötti szög.

Megjegyzés

- A szegezett fát elő kell fúrni, ha a faelemek vastagsága kisebb, mint $t < 7d$, vagy $t < (13d-30)\rho_k/400$,
- Felhasadásra érzékeny fafajok (jegenyefenyő, duglászfenyő és lucfenyő) szegezett fáit elő kell fúrni, ha a faelemek vastagsága kisebb, mint $t < 14d$, vagy $t < (13d-30)\rho_k/200$.

6.2.3. Több kapcsolóelemből álló, csap típusú acél kapcsolóelemes (csavar, szeg, facsavar) kapcsolatok

Több, azonos kapcsolóelemből álló kapcsolat teherbírása a rostok irányában általában kisebb, mint az egyes kapcsolóelemek teherbírásának összege.

$$F_{v,ef,Rk} = n_{ef} F_{v,Rk} \quad \text{ahol:}$$

- $F_{v,ef,Rk}$ rostirányban egy sorban elhelyezett kapcsolóelemek hatékony teherbírásának karakterisztikus összértéke,
- n_{ef} rostokkal párhuzamos hatékony kapcsolóelemek száma,
- $F_{v,Rk}$ egyes kapcsolóelemek rostokkal párhuzamos teherbírásának karakterisztikus értéke.

Rostra merőleges irányban $n_{ef} = n$, azaz a rostra merőleges irányban teherbírás-csökkenéssel nem számolunk. A rosttal párhuzamos és merőleges irányok között n_{ef} értéke lineárisan interpolálható.

n_{ef} a hatékony kapcsolóelem (csavar, szeg) száma az adott sorban

		n_{ef}	k_{ef}	
Csavar		$n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}}$		
		de min. n	előfúrás nélkül	előfúrással
Szeg	$a_1 \geq 14d$	$n_{ef} = n \cdot k_{ef}$	1,0	1,0
	$a_1 = 10d$		0,85	0,85
	$a_1 = 7d$		0,7	0,7
	$a_1 = 4d$		-	0,5

ahol:

- d kapcsolóelem (csavar, szeg) átmérője [mm],
- a_1 kapcsolóelemek (csavar, szeg) osztásköze rostirányban,
- n kapcsolóelemek (csavar, szeg) száma az adott sorban.

Egy kapcsolatban legalább két szegnek kell lenni.

6.2.4. Több nyírt síkú kapcsolat

Több nyírt síkú kapcsolat minden egyes nyírt síkjának teherbírását egy háromele-
mű kapcsolatsorozat részeként határozzuk meg.

6.2.5. Rostokkal szöget bezáró kapcsolati erők

Ha egy kapcsolati erő a rostokkal valamilyen szöget zár be, akkor az $F_{Ed} \sin \alpha$ rost-
irányra merőleges húzást okozó erőkomponens által eredményezett felhasadás le-
hetőségét is figyelembe kell venni.

$F_{v,Ed} \leq F_{90,Rd}$ ahol:

$F_{90,Rd}$ a felhasadási teherbírás tervezési értéke,

$F_{90,Rk}$ a felhasadási teherbírás karakterisztikus értéke, puhafák esetén:

$$F_{90,Rk} = 14b \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} \quad \text{ahol:}$$

h_e faelem terhelt szélének távolsága a legtávolabbi kapcsol-
óelem súlypontjától vagy a szeglemez távolabbi szélétől [mm],

h faelem magassága [mm],

b faelem szélessége [mm].

6.3. Szeglemez kapcsolatok teherbírása

Szeglemez kapcsolatoknak a faelemek mindkét oldalán azonos típusú és méretű,
valamint azonosan (azonos irányban) elhelyezett szeglemezeket kell tartalmazniuk,
amelyek értelmezése a következő:

x-irány szeglemez főiránya,

y-irány a szeglemez mellékiránya, a főirányára merőleges irány,

α lemez főiránya és az erőirány által bezárt szög,

β rostirány és az erőirány által bezárt szög,

γ faelemek csatlakozó éle és a lemez főiránya által bezárt szög,

A_{ef} szeglemez és a faelem „hatékony” csatlakozási felülete, a szélektől 5 mm-es
és rostirányban elemvégtől a lemezvastagság 6-szorosának megfelelő sávval
csökkentett felület,

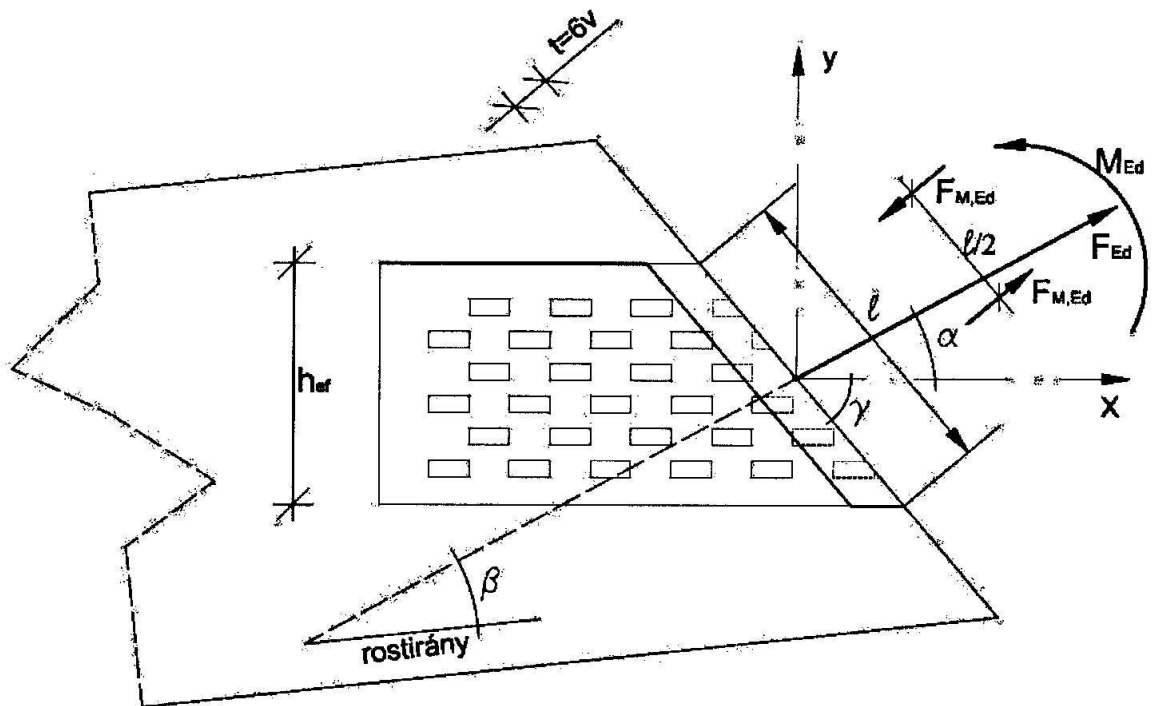
ℓ a csatlakozási vonal szeglemezt metsző hossza.

6.3.1. Szeglemezek szilárdsági jellemzői

A szeglemezre vonatkozóan rendelkezésre kell állni a következő szilárdsági karakterisztikus értékeknek:

$f_{a,0,0,k}$	szeglek (egységnyi felület) lehorgonyzási teherbírása	$\alpha=\beta=0^\circ$,
$f_{a,90,90,k}$	szeglek (egységnyi felület) lehorgonyzási teherbírása	$\alpha=\beta=90^\circ$,
$f_{t,0,k}$	szeglemez (egységnyi szélességű rész) húzási teherbírása	$\alpha=0^\circ$,
$f_{t,90,k}$	szeglemez (egységnyi szélességű rész) húzási teherbírása	$\alpha=90^\circ$,
$f_{c,0,k}$	szeglemez (egységnyi széles rész) nyomási teherbírása	$\alpha=0^\circ$,
$f_{c,90,k}$	szeglemez (egységnyi széles rész) nyomási teherbírása	$\alpha=90^\circ$,
$f_{v,0,k}$	szeglemez (egységnyi lemezsáv) nyírási teherbírása x főirányban,	
$f_{v,90,k}$	szeglemez (egységnyi lemezsáv) nyírási teherbírása y irányban,	
k_1, k_2	α_0 a szeglemez típusára jellemző konstansok,	
γ_0, k_v	az alkalmazott szeglemezre vonatkozó állandók,	
$k_{mod}=1$	húzási, nyomási és nyírási teherbírásnál.	

F_{Ed} erővel és M_{Ed} nyomatékkal terhelt szeglemezcsatlakozás



1 A hatékony felület határa

2 Rostirány

6.3.2. Szeglemez lehorgonyzási szilárdságai

A lemezenkénti lehorgonyzási szilárdság $f_{a,\alpha,\beta,k}$ karakterisztikus értékei (kísérletekből is meghatározható):

$$\text{ha } \beta \leq 45^\circ: \quad f_{a,\alpha,\beta,k} = \max \begin{cases} f_{a,\alpha,0,k} - (f_{a,\alpha,0,k} - f_{a,90,90,k}) \frac{\beta}{45^\circ} \\ f_{a,0,0,k} - (f_{a,0,0,k} - f_{a,90,90,k}) \sin[\max(\alpha, \beta)] \end{cases}$$

$$\text{ha } 45^\circ < \beta: \quad f_{a,\alpha,\beta,k} = f_{a,0,0,k} - (f_{a,0,0,k} - f_{a,90,90,k}) \sin[\max(\alpha, \beta)]$$

A lemezenkénti lehorgonyzási szilárdság rostokkal párhuzamos karakterisztikus értéke:

$$\text{ha } \alpha \leq \alpha_0: \quad f_{a,\alpha,0,k} = f_{a,0,0,k} + k_1 \alpha$$

$$\text{ha } \alpha_0 \leq \alpha \leq 90^\circ: \quad f_{a,\alpha,0,k} = f_{a,0,0,k} + k_1 \alpha_0 + k_2(\alpha - \alpha_0)$$

6.3.3. Szeglemez lehorgonyzási teherbírása

Lehorgonyzási feszültségek tervezési értéke:

$$\tau_{F,d} = \frac{F_{A,Ed}}{A_{ef}}; \quad \tau_{M,d} = \frac{M_{A,Ed}}{W_p} \quad \text{ahol:}$$

$$W_p = \int_{A_{ef}} r \, dA \approx \frac{A_{ef}}{4} \sqrt{\left(\frac{A_{ef}}{h_{ef}}\right)^2 + h_{ef}^2} \quad \text{ahol:}$$

$F_{A,Ed}$ egyoldali szeglemezre a hatékony felület súlypontjába redukált erő tervezési értéke (azaz a faelemben ható erő fele),

$M_{A,Ed}$ egyoldali szeglemezre a hatékony felület súlypontjában ható nyomaték tervezési értéke,

W_p szeglemez hatékony felületének poláris keresztmetszeti tényezője a súlypontjában,

dA szeglemez elemi felületrészének területe,

r szeglemez súlypontja és a kis dA felületrész közötti távolság,

A_{ef} szeglemez hatékony felülete,

h_{ef} hatékony felület magassága a leghosszabb oldalra merőlegesen.

Nyomott öv szeglemezzel történő hevederes toldásakor a faelemek közötti kontakt nyomást úgy lehet figyelembe venni, hogy az egyoldali szeglemezt a következő összefüggésekkel megadott $F_{A,Ed}$ erőre és $M_{A,Ed}$ nyomatékra méretezzük:

$$F_{A,Ed} = \sqrt{\left(\frac{F_{Ed} \cos \beta}{2} - \frac{3|M_{Ed}|}{2h}\right)^2 + (F_{Ed} \sin \beta)^2}$$

$$M_{A,Ed} = \frac{M_{Ed}}{2} \quad \text{ahol:}$$

F_{Ed} egyoldali szeglemezen ható, övben fellépő normálerő tervezési értéke (nyomás, vagy zérus),

M_{Ed} egyoldali szeglemezen ható, övben fellépő hajlítónyomaték tervezési értéke,
 h öv magassága.

A szeglek teherbírása azok kihasználtságával ellenőrizhető (négyzetes összefüggés):

$$\left(\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,\alpha,\beta,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{M,d}}{f_{a,0,0,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

6.3.4. Szeglemez teherbírása

A csatlakozási felületeken a főirányokban működő erőkomponensek a következő összefüggések alapján számíthatók:

$$F_{x,Ed} = F_{Ed} \cos \alpha \pm 2 F_{M,Ed} \sin \gamma$$

$$F_{y,Ed} = F_{Ed} \sin \alpha \pm 2 F_{M,Ed} \cos \gamma \quad \text{ahol:}$$

F_{Ed} az egyoldali szeglemezen ható erő tervezési értéke (vagyis a faelemben működő teljes erő fele),

$F_{M'Ed}$ az egyoldali szeglemezen ható nyomatékból származó erő tervezési értéke ($F_{M'Ed} = 2M_{Ed}/\ell$).

A szeglemez teherbírása azok kihasználtságával ellenőrizhető (négyzetes összefüggés):

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{y,Ed}}{F_{y,Rd}} \right)^2 \leq 1,0 \quad \text{ahol:}$$

$F_{x,Ed}$, $F_{y,Ed}$ az x és az y irányú erők tervezési értékei,
 $F_{x,Rd}$, $F_{y,Rd}$ a lemez teherbírásának tervezési értékei.

A lemez teherbírásának karakterisztikus értékei:

$$F_{x,Rk} = \max \left\{ \begin{array}{l} |f_{n,0,k} \ell \sin(\gamma - \gamma_0 \sin(2\gamma))| \\ |f_{v,0,k} \cos \gamma| \end{array} \right.$$

$$F_{y,Rk} = \max \left\{ \begin{array}{l} |f_{n,90,k} \ell \cos \gamma| \\ k f_{v,90,k} \ell \sin \gamma \end{array} \right. \quad \text{ahol:}$$

húzás esetén: $f_{n,,0,k} = f_{t,0,k} \quad k = 1+k_v \sin(2\gamma)$

nyomás esetén: $f_{n,,0,k} = f_{c,0,k} \quad k = 1$

húzás esetén: $f_{n,,90,k} = f_{t,90,k}$

húzás esetén: $f_{n,,90,k} = f_{c,90,k}$

γ_0, k_v

az alkalmazott szeglemezekre vonatkozó állandók
(pontosabb vizsgálat hiányában, javasolt érték: 0)

7. Szerkezeti kialakítás szabályai

7.1. Rácsostartók

A rácsostartó kialakításánál kívánatos, hogy magassága legyen nagyobb a támaszköz 0,15-szörösénél és az övmagasság 10-szeresénél.

A nyomott rudak tartósíkú kihajlási hosszát a szomszédos nyomatéki nullpontok közötti távolságra kell felvenni.

A teljesen háromszög kialakítású rácsostartók nyomott elemeinek kihajlási hossza a mezőhossz, azaz az elméleti csomóponttávolság.

Szeglemezes, háromszög kialakítású rácsostartók esetén a kihajlási hosszak a mezőhossz (l_m) függvényében:

- szélső mezőben: $l_0 = l_m \times 0,8;$
- közbenső mezőben: $l_0 = l_m \times 0,6;$
- csomópontnál: $l_0 = l_m \times 0,6$

A nyomott elemek és a kapcsolatok ellenőrzésekor a számított normálerőket 10%-kal meg kell növelni.

A csomópontoknak meg kell felelni a tartó síkjában működő tetszőleges irányú $F_{r,d}$ erőre, mely rövid időtartamú, 2. felhasználási osztályban lévő fára ható, a támaszköztől függő erő.

$$F_{r,d} = 1,0 + 0,1L \text{ [kN]} \quad \text{ahol:}$$

L rácsostartó hossza [m].

7.2. Gerenda-, illetve rácsostartók nyomott övének megtámasztása

A gerenda-, illetve a rácsos szerkezetek nyomott övét – lehetőség szerint – vízszintes síkú megtámasztással kell stabilizálni. A stabilizáló erőket az egymással párhuzamos szerkezeti elemek közé beépített megtámasztó merevítőrendszerrel kell felvenni. Ennek, a szerkezeti rendszert terhelő vízszintes síkú külső terhek felvétele mellett, a q_b belső stabilizációs megoszló teher felvételére is alkalmasnak kell lenni.

$$q_d = k_\ell \frac{n N_d}{k_{f,3} \ell} \approx \frac{n N_d}{30 \ell} \quad \text{ahol:}$$

N_d elemekben működő átlagos nyomóerő tervezési értéke,

n egymással párhuzamos szerkezeti elemek száma,

ℓ merevítőrendszer által megtámasztott tartó teljes támaszköze,

k_1 módosító tényező; 15 m fesztáv felett $k_1 = 1$, ez alatt

$$k_1 = \sqrt{\frac{15}{l}}$$

7.3. Kapcsolatok kialakításának szabályai

7.3.1. Szegek elhelyezése

A szegeket olyan mélységig kell beverni, hogy a szegfej külső felülete a fa külső felületével megegyezzen.

Az előfúrás átmérője legyen: $d_e \leq 0,8d$

7.3.2. Átmenőcsavarok elhelyezése

Az átmenőcsavarokat és hatlapfejű facsavarokat úgy kell meghúzni, hogy szorosan illeszkedjenek. Szükség esetén, amikor a fa elérte egyensúlyi nedvességtartalmát újra meg kell húzni őket.

Az átmenőcsavarokhoz szükséges furatok átmérője:

faelemekben: $\varnothing = d + 1 \text{ mm}$

acéllemezekben: $\varnothing = d + 2 \text{ mm}$

Csavaroknál min. $3d$ átmérőjű és $0,3d$ vastagságú alátétet kell alkalmazni, mindkét oldalon (a csavarfej és a csavaranya alatt is).

7.3.3. Facsavarok elhelyezése

Puhafában kisátmérőjű ($d \leq 6 \text{ mm}$) csavarok esetén nem szükséges előfúrás. Minden más esetben, keményfában, valamint 6 mm-nél nagyobb átmérőjű csavaroknál, puhafában is előfúrás szükséges.

Az előfúrásnál szükséges furatok átmérője:

sima palástfelületű csavarnál: $d_e = d$ és $l_e = l$

(a vezetőluk átmérője legyen azonos a csavarszár átmérőjével és mélysége egyezzen meg a csavarszár hosszával)

menetes csavarnál: $d_e = 0,7d$

(a vezetőluk átmérője legyen a csavarszár átmérőjének 70%-a)

önfúró csavarnál: $d_e \leq d_1$

(a vezetőluk átmérője ne legyen nagyobb, mint a csavarmenet belső átmérője).

7.3.4. Szeglemezek elhelyezése

Szeglemezes kapcsolat kialakításánál a faelemek mindkét oldalára azonos méretű és típusú szeglemezt kell elhelyezni, azonos módon és azonos irányban.

A szeglemez és a faelem legkisebb átfedése:

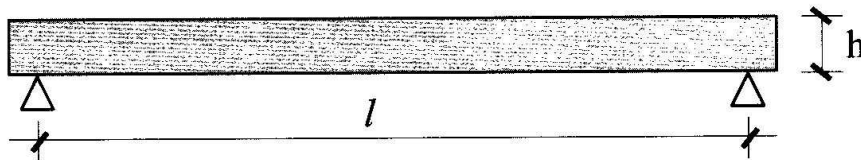
$t_{sz} = h/3 \geq 40 \text{ mm}$

(a faelem magasságának harmada, de min. 40 mm).

8. Példák

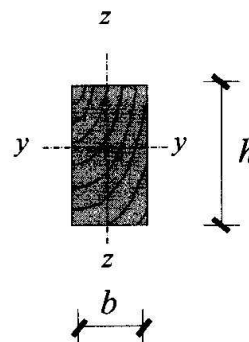
8.1. Egyenletes megoszló erővel terhelt kéttámaszú gerenda (fűrészelt, illetve természetes fából)

8.1.1. Geometriai adatok



$l = 3,20 \text{ m}$ gerenda elméleti támaszköze,
 $h = 20,0 \text{ cm} = 200 \text{ mm}$ gerenda keresztmetszeti magassága,
 $b = 15,0 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$ gerenda keresztmetszeti szélessége,

$A = 300,0 \text{ cm}^2 = 3,000 \times 10^4 \text{ mm}^2$
 $W_y = 1\,000,0 \text{ cm}^3 = 1,000 \times 10^6 \text{ mm}^3$
 $I_y = 10\,000,0 \text{ cm}^4 = 1,000 \times 10^8 \text{ mm}^4$
 $I_z = 5\,625,0 \text{ cm}^4 = 5,625 \times 10^7 \text{ mm}^4$



8.1.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: C24
 $\rho_{\text{mean}} = 420 \text{ kg/m}^3$ testsűrűség középértéke,
Felhasználási osztály: 1.
Teheridőtartam osztály: Rövid időtartamú
 $k_{\text{mód}} = 0,9$ a teher időtartamát és a faanyag nedvességtartalmát figyelembe vevő tényező,
 $\gamma_M = 1,3$ szerkezeti fa anyagára vonatkozó biztonsági tényező,

Szilárdsági értékek:

$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$ hajlítoszilárdság karakterisztikus értéke,
 $f_{t,0,k} = 14,0 \text{ N/mm}^2$ rostokkal párhuzamos húzószilárdság karakterisztikus értéke,
 $f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2$ rostokkal párhuzamos nyomószilárdság karakterisztikus értéke,
 $f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$ nyírószilárdság karakterisztikus értéke,

Merevségi értékek:

$E_{0,\text{mean}} = 11,0 \text{ kN/mm}^2$ rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus várható értéke,

$$E_{0,05} = 7,4 \text{ kN/mm}^2$$

rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os
küszöbértéke,

$$G_{\text{mean}} = 0,4 \text{ kN/mm}^2$$

nyírási modulus várható értéke,

Stabilitási anyagjellemzők:

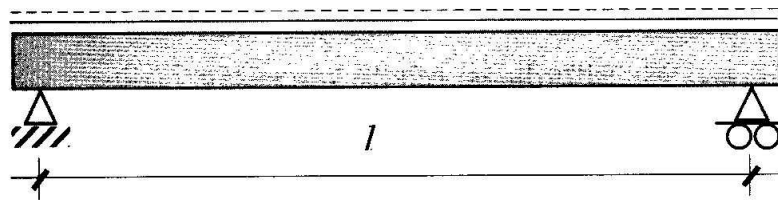
$$\lambda_E = 59,0$$

Euler-karcsúság, kihajlásvizsgálatnál k_c tényező
számításához,

$$\lambda_{E,m} = 15,5$$

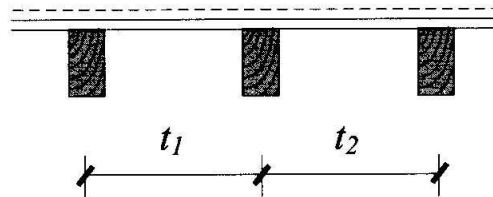
kifordulási Euler-karcsúság, kifordulásvizsgálatnál k_{crit}
tényező számításához,

8.1.3. Terhelés



t a gerendát terhelő terhelési mező szélessége,

$$t = (t_1 + t_2) / 2 = 2,00 \text{ m}$$



$$g_k = 1,20 \quad \text{kN/m}^2 \times 2,00 = 2,40 \text{ kN/m} \quad \text{állandó teher (önsúly+burkolat)}$$

$$\gamma_g = 1,35$$

$$q_{1k} = 2,00 \quad \text{kN/m}^2 \times 2,00 = 4,00 \text{ kN/m} \quad \text{kiemelt teher}$$

$$\gamma_{Q1} = 1,50 \quad \psi_{2,1} = 0,30$$

$$q_{2k} = 1,00 \quad \text{kN/m}^2 \times 2,00 = 2,00 \text{ kN/m} \quad \text{egyidejű teher}$$

$$\gamma_{Q2} = 1,50 \quad \psi_{0,2} = 0,50 ; \quad \psi_{2,2} = 0,00$$

$$Q_{\text{Ed}} = 1,35 \times 2,40 + 1,50 \times 4,00 + 0,50 \times 1,50 \times 2,00 = 10,74 \text{ kN/m}$$

8.1.4. Teherbírás-vizsgálat

$$M_{\text{Ed}} = Q_{\text{Ed}} \frac{l^2}{8} = 10,74 \frac{3,20^2}{8} = 13,75 \text{ kNm} \quad \text{hajlítónyomaték tervezési értéke,}$$

$$V_{\text{Ed}} = Q_{\text{Ed}} \frac{l}{2} = 10,74 \frac{3,20}{2} = 17,18 \text{ kN} \quad \text{nyíróerő tervezési értéke,}$$

$$f_{m,d} = k_{\text{mód}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{24,0}{1,3} = 16,62 \text{ N/mm}^2 \quad \text{hajlítószilárdság tervezési értéke,}$$

$$M_{Rd} = W_y \times f_{m,d} = 1000,0 \times 10^3 \times 16,62 = 1,662 \times 10^7 \text{ Nmm} = 16,62 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 16,62 \text{ kNm} > M_{Ed} = 13,75 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

8.1.5. Kifordulásvizsgálat

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \times f_{m,d} \quad \Rightarrow \quad \frac{M_{ed}}{W_y \times f_{md}} \leq k_{crit} \quad \Rightarrow \quad \frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq k_{crit}$$

$$k_{crit} = M_{Ed} / M_{Rd} = 13,75 / 16,62 = 0,827 \text{ a kifordulás veszélyét figyelembe vevő tényező,}$$

$$\lambda_{rel,m} = \frac{1,56 - k_{crit}}{0,75} = \frac{1,56 - 0,827}{0,75} = 0,98 \text{ kifordulási relatív karcsúság,}$$

$$\lambda_m = \lambda_{rel,m} \times \lambda_{E,m} = 0,98 \times 15,5 = 15,19 \text{ kifordulási karcsúság,}$$

Kifordulás elleni megtámasztás maximális távolsága:

$$l_{ef} \leq \frac{\lambda_m^2 \times b^2}{h} = \frac{15,19^2 \times 15^2}{20} = 2596 \text{ cm} = 25,96 \text{ m}$$

Kifordulás ellen a nyomott öv közbenső megtámasztása nem szükséges.

8.1.6. Alakváltozás ellenőrzése

Pillanatnyi alakváltozás:

$$u_{inst,G} = \frac{5}{384} \frac{g_k \times l^4}{E_{0,mean} \times I_y} = \frac{5}{384} \frac{2,40 \times 3,20^4 \times 10^6}{11,0 \times 10^2 \times 10000,0} =$$

$$= 0,30 \text{ cm} = 3,0 \text{ mm} \quad \text{az állandó terhekből,}$$

$$u_{inst,Q1} = \frac{5}{384} \frac{q_{1k} \times l^4}{E_{0,mean} \times I_y} = \frac{5}{384} \frac{4,00 \times 3,20^4 \times 10^6}{11,0 \times 10^2 \times 10000,0} =$$

$$= 0,50 \text{ cm} = 5,0 \text{ mm} \quad \text{a kiemelt teherből,}$$

$$u_{inst,Q2} = \frac{5}{384} \frac{q_{2k} \times l^4}{E_{0,mean} \times I_y} = \frac{5}{384} \frac{2,00 \times 3,20^4 \times 10^6}{11,0 \times 10^2 \times 10000,0} =$$

$$= 0,25 \text{ cm} = 2,5 \text{ mm} \quad \text{az egyidejű terhekből,}$$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q1} + u_{inst,Q2} = 1,05 \text{ cm} = 10,5 \text{ mm}$$

$$u_{\max} = l/300 = 3200/300 = 10,6 \text{ mm} > u_{\text{inst}} = 10,5 \text{ mm}$$

Megfelel

Alakváltozás végértéke:

$k_{\text{def}} = 0,60$ 1. felhasználási osztályhoz tartozó alakváltozási tényező,

$$u_{\text{fin,G}} = u_{\text{inst,G}} \times (1 + k_{\text{def}}) = 0,30 \times (1 + 0,6) = 0,48 \text{ cm} = 4,8 \text{ mm} \quad \text{az állandó terhekből,}$$

$$u_{\text{fin,Q1}} = u_{\text{inst,Q1}} \times (1 + \psi_{2,1} k_{\text{def}}) = 0,50 \times (1 + 0,3 \times 0,6) = 0,59 \text{ cm} = 5,9 \text{ mm} \quad \text{a kiemelt teherből,}$$

$$u_{\text{fin,Q2}} = u_{\text{inst,Q2}} \times (\psi_{0,2} + \psi_{2,1} k_{\text{def}}) = 0,25 \times (0,5 + 0,0 \times 0,6) = 0,13 \text{ cm} = 1,3 \text{ mm} \quad \text{az egyidejű terhekből,}$$

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{fin,G}} + u_{\text{fin,Q1}} + u_{\text{fin,Q2}} = 12,0 \text{ mm}$$

$$w_c = 0 \text{ mm} \quad \text{túlemelés,}$$

$$w_{\text{net,fin}} = w_{\text{fin}} - w_c = 12,0 - 0,0 = 12,0 \text{ mm} \quad \text{lehajlás végértéke,}$$

$$w_{\max} = l/250 = 3200/250 = 12,8 \text{ mm} > w_{\text{net,fin}} = 12,0 \text{ mm}$$

Megfelel

8.2. Egyenletes megoszló erővel terhelt kéttámaszú gerenda (RRFA, azaz rétegelt-ragasztott fából), összehasonlító számítás

Az összehasonlíthatóság érdekében az előzővel azonos geometriájú és terhelésű, de *RRFA* anyagú gerenda vizsgálata.

$$\begin{aligned}l &= 3,20 \text{ m} && \text{gerenda elméleti támaszköze,} \\h &= 20,0 \text{ cm} = 200 \text{ mm} && \text{gerenda keresztmetszeti magassága,} \\b &= 15,0 \text{ cm} = 150 \text{ mm} && \text{gerenda keresztmetszeti szélessége,}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_y &= 1,00 \times 10^6 \text{ mm}^3 \\I_y &= 1,00 \times 10^8 \text{ mm}^4 \\I_z &= 5,625 \times 10^7 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

8.2.1. Anyagjellemzők

$$\begin{aligned}\text{Fa szilárdsági osztálya:} & \text{ GL24h} \\ \text{Felhasználási osztály:} & \text{ 1.} \\ \text{Teheridőtartam osztály:} & \text{ Rövid időtartamú} \\ \gamma_M &= 1,25 & k_{\text{mód}} &= 0,9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Szilárdsági értékek:} & \\ f_{m,g,k} &= 24,0 \text{ N/mm}^2 & \text{hajlítoszilárdság karakterisztikus értéke,}\end{aligned}$$

$$k_h = \left(\frac{600}{200} \right)^{0,1} = 1,12 \quad kh = 1,1 \implies f_{m,g,k} = 26,40 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Merevségi értékek:} & \\ E_{0,g,\text{mean}} &= 11,6 \text{ kN/mm}^2 & \text{rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus várható} \\ & & \text{értéke,}\end{aligned}$$

Stabilitási anyagjellemzők:

$$\begin{aligned}\lambda_E &= 62,2 & \text{Euler-karcsúság,} \\ \lambda_{E,m} &= 17,5 & \text{kifordulási Euler-karcsúság,}\end{aligned}$$

8.2.2. Terhelés

$$Q_{Ed} = 10,74 \text{ kN/m}$$

8.2.3. Teherbírás-vizsgálat

$$M_{Ed} = 13,75 \text{ kNm}$$

$$f_{m,g,d} = 0,9 \frac{26,4}{1,25} = 19,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{hajlítószilárdság tervezési értéke}$$

$$M_{Rd} = 1000,0 \times 10^3 \times 19,00 = 1,900 \times 10^7 \text{ Nmm} = 19,00 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 19,00 \text{ kNm} > M_{Ed} = 13,75 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

RRFA alkalmazása esetén a keresztmetszet referenciamagasságának figyelembevételével a gerenda teherbírása kb. 14%-kal nő. A hajlítószilárdság karakterisztikus értékének megnövelése nélkül a teherbírás növekedés csupán 4% körüli.

8.2.4. Kifordulásvizsgálat

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \times f_{m,d} \quad \Rightarrow \quad \frac{M_{ed}}{W_y \times f_{md}} \leq k_{crit} \quad \Rightarrow \quad \frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq k_{crit}$$

$$k_{crit} = M_{Ed} / M_{Rd} = 13,75 / 17,28 = 0,796 \quad \text{a kifordulás veszélyét figyelembe vevő tényező,}$$

$$\lambda_{rel,m} = \frac{1,56 - k_{crit}}{0,75} = \frac{1,56 - 0,796}{0,75} = 1,02 \quad \text{kifordulási relatív karcsúság,}$$

$$\lambda_m = \lambda_{rel,m} \times \lambda_{E,m} = 1,02 \times 17,5 = 17,85 \quad \text{kifordulási karcsúság}$$

Kifordulás elleni megtámasztás maximális távolsága:

$$l_{ef} \leq \frac{\lambda_m^2 \times b^2}{h} = \frac{17,85^2 \times 15^2}{20} = 3585 \text{ cm} = 35,85 \text{ m}$$

RRFA alkalmazása esetén a kifordulás elleni megtámasztás szükséges távolsága jelentősen, kb. 38%-kal megnő.

8.2.5. Alakváltozás ellenőrzése

Pillanatnyi alakváltozás:

$$u_{inst,G} = 2,8 \text{ mm} \quad u_{inst,Q1} = 4,7 \text{ mm} \quad u_{inst,Q2} = 2,4 \text{ mm}$$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q1} + u_{inst,Q2} = 9,9 \text{ mm}$$

Alakváltozás végértéke:

$$u_{\text{fin,G}} = 0,28 \times (1+0,6) = 4,5 \text{ mm}$$

$$u_{\text{fin,Q1}} = 0,47 \times (1+0,3 \times 0,6) = 5,5 \text{ mm}$$

$$u_{\text{fin,Q2}} = 0,24 \times (0,5+0,0 \times 0,6) = 1,2 \text{ mm}$$

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{fin,G}} + u_{\text{fin,Q1}} + u_{\text{fin,Q2}} = 11,2 \text{ mm}$$

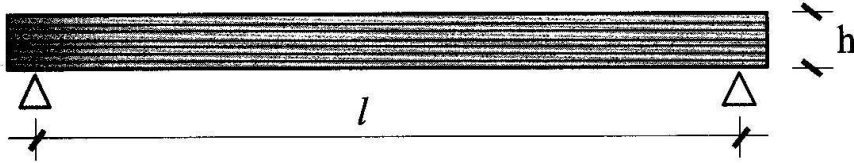
RRFA alkalmazása esetén az alakváltozás csupán kb. 5-7%-kal csökken.

Összehasonlító megállapítás:

Azonos feltételekkel alkalmazott RRFA szerkezettel közel azonos teherbírás és alakváltozás jön létre, de kifordulás szempontjából kedvezőbb megtámasztási viszonyok mellett.

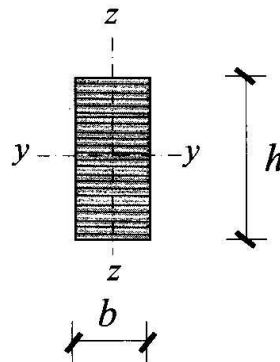
8.3. Egyenletes megoszló erővel terhelt kéttámaszú gerenda (RRFA, azaz rétegelt-ragasztott fából)

8.3.1. Geometriai adatok



$l = 15,00 \text{ m}$ gerenda elméleti támaszköze,
 $h = 70,0 \text{ cm} = 700 \text{ mm}$ gerenda keresztmetszeti magassága,
 $b = 14,0 \text{ cm} = 140 \text{ mm}$ gerenda keresztmetszeti szélessége,

$W_y = 11\,433,3 \text{ cm}^3 = 1,143 \times 10^7 \text{ mm}^3$
 $I_y = 400\,166,7 \text{ cm}^4 = 4,002 \times 10^9 \text{ mm}^4$
 $I_z = 16\,006,7 \text{ cm}^4 = 1,601 \times 10^8 \text{ mm}^4$



8.3.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: GL28h
 $\rho_{\text{mean}} = 490 \text{ kg/m}^3$ testsűrűség középértéke,

Felhasználási osztály: 1.
 Teheridőtartam osztály: Rövid időtartamú
 $k_{\text{mód}} = 0,9$ teher időtartamát és a faanyag nedvességtartalmát
 figyelembe vevő tényező,
 $\gamma_M = 1,25$ rétegelt-ragasztott fa anyagára vonatkozó biztonsági
 tényező,

Szilárdsági értékek:

$f_{m,g,k} = 28,0 \text{ N/mm}^2$ hajlítoszilárdság karakterisztikus értéke,
 $f_{t,0,g,k} = 19,5 \text{ N/mm}^2$ rostokkal párhuzamos húzószilárdság karakterisztikus
 értéke,
 $f_{c,0,g,k} = 26,5 \text{ N/mm}^2$ rostokkal párhuzamos nyomószilárdság karakterisztikus
 értéke,
 $f_{v,g,k} = 3,2 \text{ N/mm}^2$ nyírószilárdság karakterisztikus értéke,

Merevségi értékek:

$E_{0,g,mean} = 12,6 \text{ kN/mm}^2$ rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus várható értéke,

$E_{0,g,05} = 10,2 \text{ kN/mm}^2$ rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke,

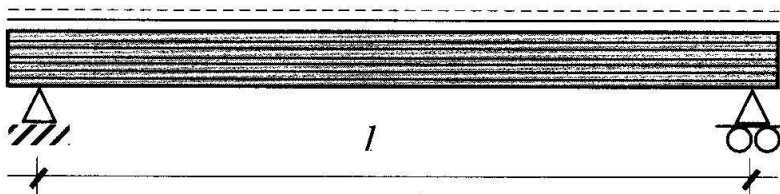
$G_{g,mean} = 0,78 \text{ kN/mm}^2$ nyírási modulus várható értéke.

Stabilitási anyagjellemzők:

$\lambda_E = 61,6$ Euler-karcsúság, kihajlásvizsgálatnál k_c tényező számításához,

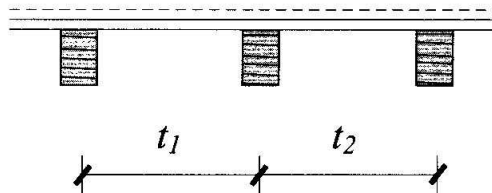
$\lambda_{E,m} = 17,1$ kifordulási Euler-karcsúság, kifordulásvizsgálatnál k_{crit} tényező számításához.

8.3.3. Terhelés



t a gerendát terhelő terhelési mező szélessége,

$$t = (t_1 + t_2) / 2 = 2,00 \text{ m}$$



$g_k = 1,42 \text{ kN/m}^2 \times 2,00 = 2,84 \text{ kN/m}$ állandó teher, (önsúly+burkolat),

$\gamma_g = 1,35$

$q_{1k} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \times 2,00 = 2,00 \text{ kN/m}$ kiemelt teher,

$\gamma_{Q1} = 1,50$ $\psi_{2,1} = 0,00$

$q_{2k} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \times 2,00 = 1,20 \text{ kN/m}$ egyidejű teher,

$\gamma_{Q2} = 1,50$ $\psi_{0,2} = 0,60$; $\psi_{2,2} = 0,00$

$$Q_{Ed} = 1,35 \times 2,84 + 1,50 \times 2,00 + 0,60 \times 1,50 \times 1,20 = 7,90 \text{ kN/m}$$

8.3.4. Teherbírás-vizsgálat

$$M_{Ed} = Q_{Ed} \frac{l^2}{8} = 7,90 \frac{15,00^2}{8} = 222,19 \text{ kNm}$$
 hajlítónyomaték tervezési értéke,

$$V_{Ed} = Q_{Ed} \frac{l}{2} = 7,90 \frac{15,00}{2} = 59,25 \text{ kN}$$
 nyíróerő tervezési értéke,

$$f_{m,d} = k_{\text{mód}} \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{28,0}{1,25} = 20,16 \text{ N/mm}^2 \quad \text{hajlítószilárdság tervezési értéke}$$

$$M_{Rd} = W_y \times f_{m,d} = 11433,3 \times 10^3 \times 20,16 = 23,05 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_{Rd} = 230,50 \text{ kNm} > M_{Ed} = 222,19 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

8.3.5. Kifordulásvizsgálat

$$\sigma_{m,d} \leq k_{\text{crit}} \times f_{m,d} \implies \frac{M_{ed}}{W_y \times f_{md}} \leq k_{\text{crit}} \implies \frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq k_{\text{crit}}$$

$$k_{\text{crit}} = M_{Ed} / M_{Rd} = 222,19 / 230,50 = 0,964 \quad \text{a kifordulás veszélyét figyelembe vevő tényező,}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \frac{1,56 - k_{\text{crit}}}{0,75} = \frac{1,56 - 0,964}{0,75} = 0,80 \quad \text{kifordulási relatív karcsúság,}$$

$$\lambda_m = \lambda_{\text{rel,m}} \times \lambda_{E,m} = 0,80 \times 17,1 = 13,68 \quad \text{kifordulási karcsúság.}$$

Kifordulás elleni megtámasztás maximális távolsága:

$$l_{\text{ef}} \leq \frac{\lambda_m^2 \times b^2}{h} = \frac{13,68^2 \times 14^2}{70} = 524 \text{ cm} = 5,24 \text{ m}$$

Kifordulás ellen a nyomott övet két helyen is közbenső megtámasztással kell ellátni.

8.3.6. Alakváltozás ellenőrzése

Pillanatnyi alakváltozás:

$$u_{\text{inst,G}} = \frac{5}{384} \frac{g_k \times l^4}{E_{0,g,\text{mean}} \times I_y} = \frac{5}{384} \frac{2,84 \times 15,00^4 \times 10^6}{12,6 \times 10^2 \times 400166,7}$$

$$= 3,70 \text{ cm} = 37,0 \text{ mm} \quad \text{állandó terhekből,}$$

$$u_{\text{inst,Q1}} = \frac{5}{384} \frac{q_{1k} \times l^4}{E_{0,g,\text{mean}} \times I_y} = \frac{5}{384} \frac{2,00 \times 15,00^4 \times 10^6}{12,6 \times 10^2 \times 400166,7}$$

$$= 2,61 \text{ cm} = 26,1 \text{ mm} \quad \text{kiemelt teherből,}$$

$$u_{\text{inst},Q2} = \frac{5}{384} \frac{q_{2k} \times l^4}{E_{0,g,mean} \times I_y} = \frac{5}{384} \frac{1,20 \times 15,00^4 \times 10^6}{12,6 \times 10^2 \times 400166,7}$$

$$= 1,57 \text{ cm} = 15,7 \text{ mm} \quad \text{egyidejű terhekből,}$$

$$u_{\text{inst}} = u_{\text{inst},G} + u_{\text{inst},Q1} + u_{\text{inst},Q2} = 7,88 \text{ cm} = 78,8 \text{ mm}$$

$$u_{\text{max}} = l/300 = 15000/300 = 50,0 \text{ mm} < u_{\text{inst}} = 78,8 \text{ mm}$$

Nem felel meg!

A keresztmetszetet meg kell növelni!

Alakváltozás végértéke:

$$k_{\text{def}} = 0,60 \quad \text{1. felhasználási osztályhoz tartozó alakváltozási tényező,}$$

$$u_{\text{fin},G} = u_{\text{inst},G} \times (1 + k_{\text{def}}) = 3,71 \times (1 + 0,6)$$

$$= 5,92 \text{ cm} = 59,2 \text{ mm} \quad \text{az állandó terhekből,}$$

$$u_{\text{fin},Q1} = u_{\text{inst},Q1} \times (1 + \psi_{2,1} k_{\text{def}}) = 2,61 \times (1 + 0,0 \times 0,6)$$

$$= 2,61 \text{ cm} = 26,1 \text{ mm} \quad \text{a kiemelt teherből,}$$

$$u_{\text{fin},Q2} = u_{\text{inst},Q2} \times (\psi_{0,2} + \psi_{2,1} k_{\text{def}}) = 1,57 \times (0,6 + 0,0 \times 0,6)$$

$$= 0,94 \text{ cm} = 9,4 \text{ mm} \quad \text{az egyidejű terhekből,}$$

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{fin},G} + u_{\text{fin},Q1} + u_{\text{fin},Q2} = 9,47 \text{ cm} = 94,7 \text{ mm}$$

$$w_{\text{max}} = l/150 = 15000/150 = 100,0 \text{ mm} > w_{\text{fin}} = 94,7 \text{ mm}$$

Megfelel!

$$w_c = 40,0 \text{ mm} \quad \text{tülelemelés,}$$

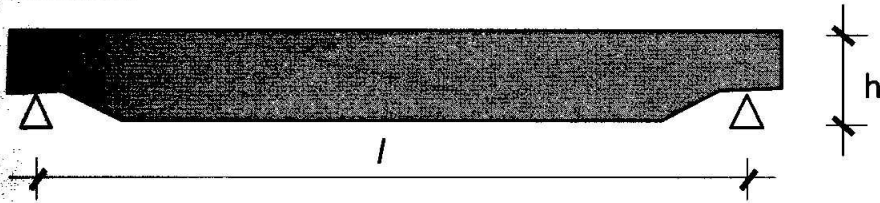
$$w_{\text{net},\text{fin}} = w_{\text{fin}} - w_c = 94,7 - 40,0 = 54,7 \text{ mm} \quad \text{lehajlás végértéke}$$

$$w_{\text{max}} = l/250 = 15000/250 = 60,0 \text{ mm} > w_{\text{net},\text{fin}} = 54,7 \text{ mm}$$

A lehajlás végértéke ugyan 40 mm tülelemeléssel megfelel, pillanatnyi alakváltozásra azonban nem, így a keresztmetszetet meg kell növelni!

8.4. Kiharapott tartóvégű gerenda nyírásvizsgálata

A geometriai és anyagjellemzők megegyeznek az előző, 7.3. számú példában foglaltakkal.



$l = 15,00 \text{ m}$ gerenda elméleti támaszköze

$h = 70,0 \text{ cm} = 700 \text{ mm}$

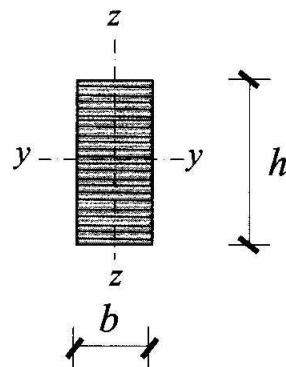
$b = 14,0 \text{ cm} = 140 \text{ mm}$

$A = 980 \text{ cm}^2 = 98000 \text{ mm}^2$

$W_y = 11\,433,3 \text{ cm}^3 = 1,143 \times 10^7 \text{ mm}^3$

$I_y = 400\,166,7 \text{ cm}^4 = 4,002 \times 10^9 \text{ mm}^4$

$I_z = 160\,06,7 \text{ cm}^4 = 1,601 \times 10^8 \text{ mm}^4$



A fél keresztmetszet statikai nyomatéka az y tengelyre:

$$S_y = \frac{b \times h^2}{8} = 8,575 \times 10^3 \text{ cm}^3 = 8,575 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

8.4.1. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: GL28h

Felhasználási osztály: 1.

Teheridőtartam osztály: Rövid időtartamú

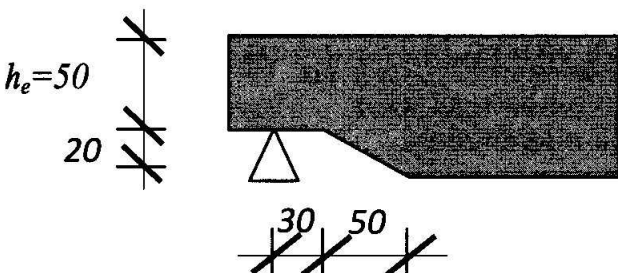
$\gamma_M = 1,25$ $k_{\text{mód}} = 0,9$

Szilárdsági értékek:

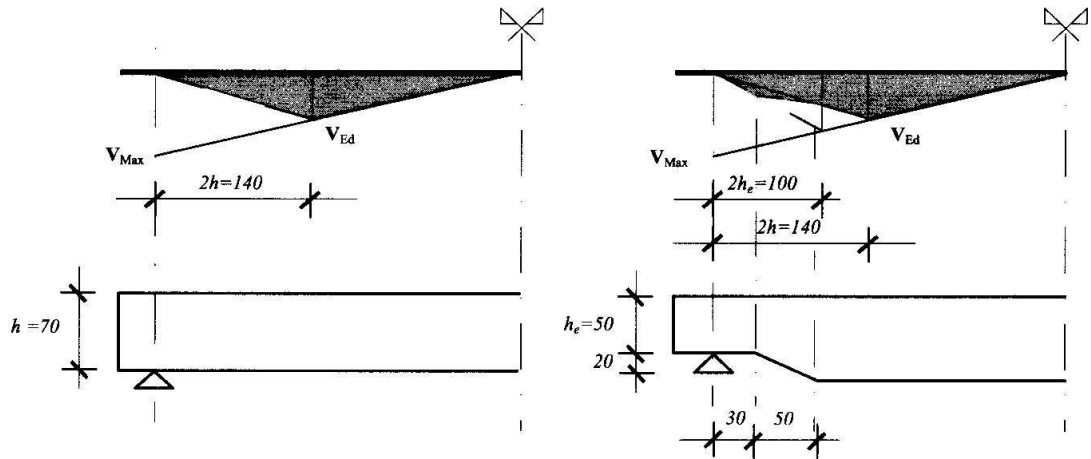
$f_{v,g,k} = 3,2 \text{ N/mm}^2$ nyírószilárdság karakterisztikus értéke

8.4.2. Nyírési teherbírás ellenőrzése

Kiharapott tartóvég geometriai kialakítása



$$V_{Max} = Q_{Ed} \frac{l}{2} = 7,90 \frac{15,00}{2} = 59,25 \text{ kN} \quad \text{maximális nyíróerő}$$



A nyíróerő a támasz $2h$ környezetében csökkenthető, a redukált nyíróerő:

$$V_{Ed} = V_{Max} \frac{\frac{1}{2}l - 2h}{\frac{1}{2}l} = 59,25 \frac{7,5 - 1,4}{7,5} = 48,19 \text{ kN}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{3,2}{1,25} = 2,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = \frac{V_d S_y}{I_y b} = 0,74 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{v,g,d} = 2,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kiékézés figyelembevétele:

$$h_e = 50 \text{ cm} = 500 \text{ mm}$$

$$k_n = 6,5$$

$$a = 30 \text{ cm} = 300 \text{ mm}$$

$$\alpha = h_e/h = 0,71$$

$$i = 500/200 = 2,5$$

$$k_v = 0,32$$

a kiékelt rész magassága,

rétegelt ragasztott fa esetén,

kiékézés távolsága a támaszvonaltól,

kiékézés szögének iránytangense

kiharapott tartóvég okozta módosító tényező

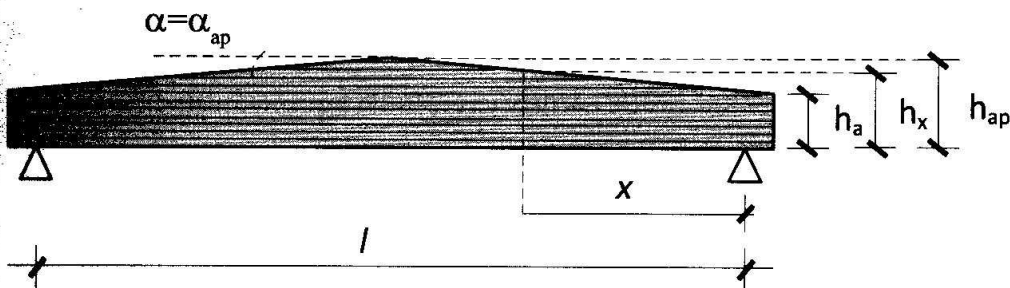
$$k_v = \frac{k_n \left(1 + \frac{1,1i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}{\sqrt{h} \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} < 1,0$$

Kiharapott tartóvég nyírási teherbírásának ellenőrzése:

$$\tau_d = 0,74 \text{ N/mm}^2 \leq k_v \times f_{v,g,k} = 0,74 \text{ N/mm}^2 \quad \text{— Megfelel!}$$

8.5. Egyenletes megoszló erővel terhelte kéttámaszú gerenda (változó magasságú rétegelt-ragasztott fából)

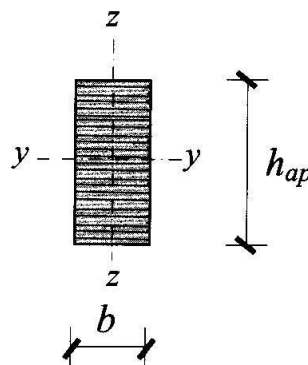
8.5.1. Geometriai adatok



$l = 9,00 \text{ m}$	gerenda elméleti támaszköze,
x	maximális szélsőszálfeszültség helye,
h_x	gerenda keresztmetszeti magassága, a maximális szélső-
	szálfeszültség helyén
$h_a = 40,0 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$	gerenda szélső km. magassága
$h_{ap} = 60,0 \text{ cm} = 600 \text{ mm}$	a csúcs-környezeti km. magassága
$b = 15,0 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$	gerenda keresztmetszeti szélessége

A csúcs-környezeti keresztmetszeti paraméterek:

$A_{ap} = 900,0 \text{ cm}^2 = 9,000 \times 10^4 \text{ mm}^2$
$W_{y,ap} = 9\,000,0 \text{ cm}^3 = 9,000 \times 10^6 \text{ mm}^3$
$I_{y,ap} = 270\,000,0 \text{ cm}^4 = 2,700 \times 10^9 \text{ mm}^4$
$I_{z,ap} = 16\,875,0 \text{ cm}^4 = 1,688 \times 10^8 \text{ mm}^4$



8.5.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: GL28h

$\rho_{\text{mean}} = 490 \text{ kg/m}^3$ testsűrűség középértéke

Felhasználási osztály: 1.

Tetheridőtartam osztály: Rövid időtartamú

$k_{\text{mód}} = 0,9$ a teher időtartamát és a faanyag nedvességtartalmát figyelembe vevő tényező, szerkezeti fa anyagára vonatkozó biztonsági tényező,

$\gamma_M = 1,25$

Szilárdsági értékek:

$f_{m,g,k} = 28,0 \text{ N/mm}^2$	hajlítószilárdság karakterisztikus értéke,
$f_{t,0,g,k} = 19,5 \text{ N/mm}^2$	rostokkal párhuzamos húzószilárdság karakterisztikus értéke,
$f_{t,90,g,k} = 0,45 \text{ N/mm}^2$	rostokra merőleges húzószilárdság karakterisztikus értéke,

$$f_{c,0,g,k} = 26,5 \text{ N/mm}^2$$

rostokkal párhuzamos nyomószilárdság karakterisztikus értéke,

$$f_{v,g,k} = 3,2 \text{ N/mm}^2$$

nyírószilárdság karakterisztikus értéke.

Merevségi értékek:

$$E_{0,g,\text{mean}} = 12,6 \text{ kN/mm}^2$$

rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus várható értéke,

$$E_{0,g,05} = 10,2 \text{ kN/mm}^2$$

rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke,

$$G_{\text{mean}} = 0,78 \text{ kN/mm}^2$$

nyírási modulus várható értéke.

Stabilitási anyagjellemzők:

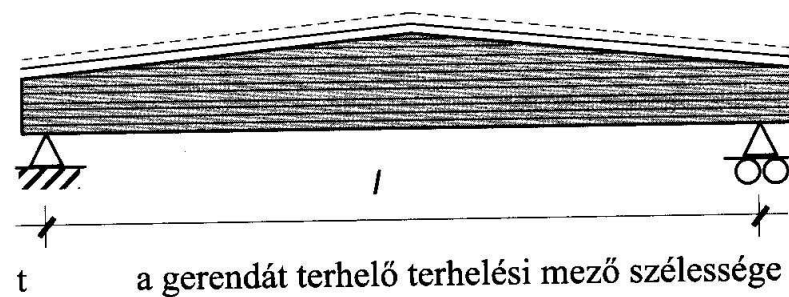
$$\lambda_E = 61,6$$

Euler-karcsúság, kihajlásvizsgálatnál k_c tényező számításához,

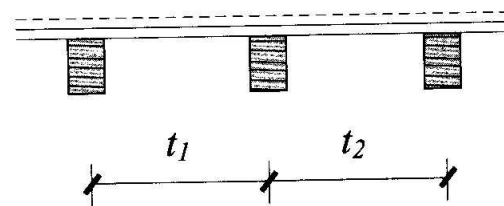
$$\lambda_{E,m} = 17,1$$

kifordulási Euler-karcsúság, kifordulásvizsgálatnál k_{crit} tényező számításához.

8.5.3. Terhelés



$$t = (t_1 + t_2) / 2 = 2,00 \text{ m}$$



$$g_k = 1,20 \text{ kN/m}^2 \times 2,00 = 2,40 \text{ kN/m} \quad \text{állandó teher (önsúly+burkolat)}$$

$$\gamma_g = 1,35$$

$$q_{1k} = 2,00 \text{ kN/m}^2 \times 2,00 = 4,00 \text{ kN/m} \quad \text{kiemelt teher}$$

$$\gamma_{Q1} = 1,50 \quad \psi_{2,1} = 0,30$$

$$q_{2k} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \times 2,00 = 2,00 \text{ kN/m} \quad \text{egyidejű teher}$$

$$\gamma_{Q2} = 1,50 \quad \psi_{0,2} = 0,50 ; \quad \psi_{2,2} = 0,00$$

$$Q_{\text{Ed}} = 1,35 \times 2,40 + 1,50 \times 4,00 + 0,50 \times 1,50 \times 2,00 = 10,74 \text{ kN/m}$$

8.5.4. Teherbírás-vizsgálat a csúcs keresztmetszetében lévő hajlításból

$$\sigma_{m,d} = k_l \times f_{m,g,d} = k_l \times \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} \quad \text{ahol:}$$

k_l a rétegek gyártás közbeni meghajlításából származó szilárdságcsökkenést veszi figyelembe,

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3$$

$r = \infty$ mivel a tartó alja egyenes, így a görbületi sugár végtelen,

$$\tan \alpha_{ap} = \frac{20}{480} = 0,042 \quad \alpha_{ap} \text{ a ferde él szöge a csúcsnál}$$

$$k_l = k_1 = 1 + 1,4 \times \tan \alpha_{ap} + 5,4 \times \tan^2 \alpha_{ap} = 1,07$$

$$M_{ap,d} = Q_{Ed} \frac{l^2}{2} = 10,74 \frac{9,6^2}{8} = 123,72 \text{ kNm} \quad \text{hajlítónyomaték tervezési értéke a csúcsnál,}$$

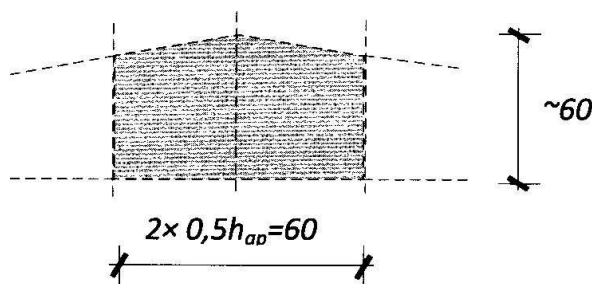
$$V_{Ed} = Q_{Ed} \frac{l}{2} = 10,74 \frac{9,6}{2} = 51,55 \text{ kN} \quad \text{nyíróerő tervezési értéke,}$$

$$f_{m,g,d} = k_{mód} \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{28,0}{1,25} = 20,16 \text{ N/mm}^2 \quad \text{hajlítószilárdság tervezési értéke,}$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = k_l \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} = 1,07 \frac{123,72 \times 10^6}{9 \times 10^6} = 14,71 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,g,d} = 20,16 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{m,\alpha,d} = 14,71 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

8.5.5. Rostokra merőleges húzás vizsgálata a csúcs környezetében



$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} \leq k_{dis} \times k_{vol} \times f_{t,90,g,d}$$

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 \quad - r = \infty$$

$$k_p = k_5 = 0,2 \cdot \tan \alpha_{ap} = 0,2 \times 0,042 = 0,008$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,008 \frac{123,72 \times 10^6}{9 \times 10^6} = 0,11 \text{ N/mm}^2 \quad \text{rostokra merőleges legnagyobb húzófeszültség,}$$

$$k_{dis} = 1,4 \quad \text{két irányban ferde élű gerenda,}$$

$$V_0 = 0,01 \text{ m}^3 \quad \text{szabványban meghatározott referenciatérfogat értéke,}$$

$$V = 0,6 \times 0,6 \times 0,15 \approx 0,054 \text{ m}^3$$

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{0,054} \right)^{0,2} = 0,71 \quad \text{térfogati hatás}$$

$$k_{dis} \times k_{vol} \times f_{t,90,g,d} = 1,4 \times 0,71 \times 0,45 = 0,45 \text{ N/mm}^2 \quad \text{rostokra merőleges tervezési szilárdság, a csúcs környezetének feszültségeloszlását is figyelembe vett módosított értéke,}$$

$$k_{dis} \times k_{vol} \times f_{t,90,g,d} = 0,45 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{t,90,d} = 0,11 \text{ N/mm}^2$$

Megfelel!

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} \times k_{vol} \times f_{t,90,g,d}} = \frac{0,11}{1,4 \times 0,71 \times 0,45} = 0,25 < 1$$

8.5.6. Teherbírás-vizsgálat a maximális szélsőszálfeszültség helyén

$$\xi_0 = \frac{h_a}{2 \times h_{ap}} = \frac{40}{2 \times 60} = 0,333 \text{ m}; \quad \xi'_0 = 1 - \xi_0 = 1 - 0,333 = 0,667$$

$$x = \xi_0 \times l = 0,333 \times 9,60 = 3,20 \text{ m} \quad \text{maximális szélsőszálfeszültség helye}$$

$$h_x = h_a + \frac{h_{ap} - h_a}{\frac{l}{2}} x = 40 + \frac{60 - 40}{480} 320 = 53,33 \text{ cm}$$

$$M_{x,d} = \frac{Q_{Ed} \times x}{2} (l - x) = \frac{10,74 \times 3,2}{2} (9,6 - 3,2) = 109,98 \text{ kNm}$$

$$W_x = \frac{h_x^2 \times b}{6} = \frac{53,33^2 \times 15}{6} = 7111,11 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,0,d} = \frac{M_{x,d}}{W_x} = \frac{109,98 \times 10^6}{7111,11 \times 10^3} = 15,47 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,g,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{28}{1,25} = 20,16 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,g,d} = 20,16 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{m,0,d} = 15,47 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

8.5.7. Hajlított gerenda ferde éleinek szilárdsági ellenőrzése

$\sigma_{m,\alpha,d}$ hajlításból származó normálfeszültség tervezési értéke a rostiránnyal szöget bezáró irányban,

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,\alpha} \times f_{m,g,d}$$

$$f_{v,g,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{3,2}{1,25} = 2,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,g,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{3,0}{1,25} = 2,16 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,g,d}}{1,5 \times f_{v,g,d}} \tan \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,g,d}}{f_{c,90,g,d}} \tan^2 \alpha\right)^2}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{20,16}{1,5 \times 2,30} 0,042\right)^2 + \left(\frac{20,16}{2,16} 0,042^2\right)^2}} = 0,97$$

$$\sigma_{m,0,d} = \frac{M_{x,d}}{W_x} = \frac{109,98 \times 10^6}{7111,11 \times 10^3} = 15,47 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{m,\alpha} \times f_{m,g,d} = 0,97 \times 20,16 = 19,56 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{m,\alpha} \times f_{m,g,d} = 19,56 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{m,\alpha,d} = 15,47 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel!}$$

8.5.8. Kifordulásvizsgálat

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \times k_{m,\alpha} \times f_{m,g,d} \implies \frac{M_{x,d}}{W_x \times k_{m,\alpha} \times f_{m,g,d}} \leq k_{crit} \implies \frac{M_{x,d}}{M_{Rd}} \leq k_{crit}$$

$$M_{Rd} = W_x \times k_{m,\alpha} \times f_{m,g,d} = 7111,11 \times 10^3 \times 0,97 \times 20,16 = 139,06 \text{ kNm}$$

$$k_{crit} = M_{x,d} / M_{Rd} = 109,98 / 139,06 = 0,79$$

kifordulás veszélyét figyelembe vevő tényező,

$$\lambda_{rel,m} = \frac{1,56 - k_{crit}}{0,75} = \frac{1,56 - 0,79}{0,75} = 1,03$$

kifordulási relatív karcsúság,

$$\lambda_m = \lambda_{rel,m} \times \lambda_{E,m} = 1,03 \times 17,1 = 17,61$$

kifordulási karcsúság,

Kifordulás elleni megtámasztás maximális távolsága:

$$l_{ef} \leq \frac{\lambda_m^2 \times b^2}{h_x} = \frac{17,61^2 \times 15^2}{53,33} = 1308,4 \text{ cm} = 13,08 \text{ m}$$

Kifordulás ellen a nyomott öv megtámasztása nem szükséges.

8.5.9. Alakváltozás ellenőrzése

$$h_h = h_a + \frac{2}{3}(h_{ap} - h_a) = 40 + \frac{2}{3}(60 - 40) = 53,33 \text{ cm}$$

$$I_{y,h} = \frac{b \times h_h^3}{12} = \frac{15 \times 53,33^3}{12} = 1,896 \cdot 10^5 \text{ mm}^4 \text{ helyettesítő inercianyomaték a támaszköz harmadában,}$$

Pillanatnyi alakváltozás:

$$u_{inst,G} = \frac{5}{384} \frac{g_k \times l^4}{E_{0,mean} \times I_{y,x}} = \frac{5}{384} \frac{2,40 \times 9,6^4 \times 10^6}{12,6 \times 10^2 \times 1,896 \times 10^5} = 1,11 \text{ cm} = 11,1 \text{ mm}$$

állandó terhekből,

$$u_{inst,Q1} = \frac{5}{384} \frac{q_{1k} \times l^4}{E_{0,mean} \times I_{y,x}} = \frac{5}{384} \frac{4,00 \times 9,60^4 \times 10^6}{12,6 \times 10^2 \times 1,896 \times 10^5} = 1,85 \text{ cm} = 18,5 \text{ mm}$$

kiemelt teherből,

$$u_{inst,Q2} = \frac{5}{384} \frac{q_{2k} \times l^4}{E_{0,mean} \times I_{y,x}} = \frac{5}{384} \frac{2,00 \times 9,60^4 \times 10^6}{12,6 \times 10^2 \times 1,896 \times 10^6} =$$

$$= 0,93 \text{ cm} = 9,3 \text{ mm} \quad \text{egyidejű terhekből,}$$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q1} + u_{inst,Q2} = 3,89 \text{ cm} = 38,9 \text{ mm}$$

$$u_{max} = l/300 = 9600/300 = 32 \text{ mm} < u_{inst} = 38,9 \text{ mm}$$

Nem felel meg!

Alakváltozás végértéke:

$k_{def} = 0,60$ 1. felhasználási osztályhoz tartozóalakváltozási tényező,

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} \times (1 + k_{def}) = 1,11 \times (1 + 0,6) =$$

$$= 1,78 \text{ cm} = 17,8 \text{ mm} \quad \text{állandó terhekből,}$$

$$u_{fin,Q1} = u_{inst,Q1} \times (1 + \psi_{2,1} k_{def}) = 1,85 \times (1 + 0,3 \times 0,6) =$$

$$= 2,18 \text{ cm} = 21,8 \text{ mm} \quad \text{kiemelt teherből,}$$

$$u_{fin,Q2} = u_{inst,Q2} \times (\psi_{0,2} + \psi_{2,1} k_{def}) = 0,93 \times (0,5 + 0,0 \times 0,6) =$$

$$= 0,47 \text{ cm} = 4,7 \text{ mm} \quad \text{egyidejű terhekből,}$$

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q1} + u_{fin,Q2} = 4,43 \text{ cm} = 44,3 \text{ mm}$$

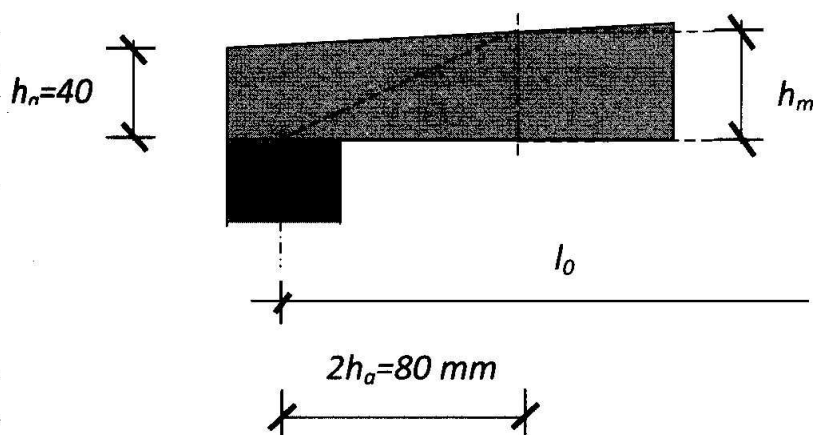
$$w_c = 0 \text{ mm} \quad \text{túlemelés,}$$

$$w_{net,fin} = w_{fin} - w_c = 44,3 - 0,0 = 44,3 \text{ mm} \quad \text{lehajlás végértéke,}$$

$$w_{max} = l/250 = 9600/250 = 38,4 \text{ mm} < w_{net,fin} = 44,3 \text{ mm}$$

Nem felel meg!

8.5.10. Nyírási teherbírás ellenőrzése



h_m a gerenda km. magassága a vizsgált helyen,

$$h_m = h_a + \frac{h_{ap} - h_a}{l} 2h_a = 40 + \frac{60 - 40}{480} 2 \times 40 = 43,33 \text{ cm}$$

$$\max V_{Ed} = Q_{Ed} \frac{l}{2} = 10,74 \frac{9,60}{2} = 51,55 \text{ kN} \quad \text{maximális nyíróerő,}$$

A redukált nyíróerő a támasz $2h_a$ környezetében:

$$V_{red} = \max V_{Ed} \left(1 - \frac{2 \times h_a}{l/2} \right) = 51,55 \left(1 - \frac{2 \times 40}{480} \right) = 42,96 \text{ kN}$$

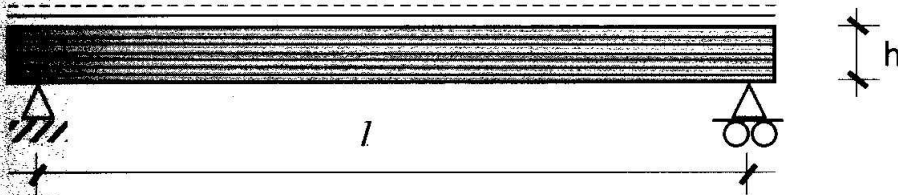
$$f_{v,g,d} = k_{mod} \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{3,2}{1,25} = 2,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{V_{red}}{b \times h_m} = 1,5 \frac{42,96 \times 10^3}{150 \times 433,3} = 0,99 \text{ N/mm}^2$$

$f_{v,g,d} = 2,3 \text{ N/mm}^2 > \tau_d = 0,99 \text{ N/mm}^2$	<i>Megfelel</i>
---	-----------------

8.6. Derékszelemen ellenőrzése ferde hajlításra (ferde helyzetű RRFA keresztmetszet)

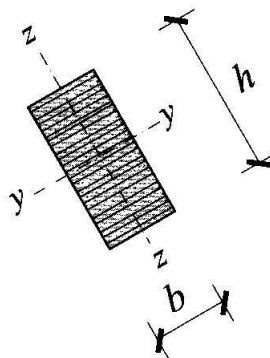
8.6.1. Geometriai adatok



$l = 7,00 \text{ m}$ gerenda elméleti támaszköze,
 $h = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$ gerenda keresztmetszeti magassága,
 $b = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$ gerenda keresztmetszeti szélessége,

$W_y = 4000,0 \text{ cm}^3 = 4,000 \times 10^6 \text{ mm}^3$
 $W_z = 1500,0 \text{ cm}^3 = 1,5000 \times 10^6 \text{ mm}^3$

$I_y = 80000,0 \text{ cm}^4 = 8,000 \times 10^8 \text{ mm}^4$
 $I_z = 11250,0 \text{ cm}^4 = 1,125 \times 10^8 \text{ mm}^4$



8.6.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: GL28h
 Felhasználási osztály: 2.
 Teheridőtartam osztály: Rövid időtartamú
 $k_{\text{mód}} = 0,9$ $\gamma_M = 1,25$

Szilárdsági értékek:

$f_{m,g,k} = 28,0 \text{ N/mm}^2$ hajlítószilárdság karakterisztikus értéke,
 $f_{t,0,g,k} = 19,5 \text{ N/mm}^2$ rostokkal párhuzamos húzószilárdság karakterisztikus értéke,
 $f_{c,0,g,k} = 26,5 \text{ N/mm}^2$ rostokkal párhuzamos nyomószilárdság karakterisztikus értéke,
 $f_{v,g,k} = 3,2 \text{ N/mm}^2$ nyírószilárdság karakterisztikus értéke.

Merevségi értékek:

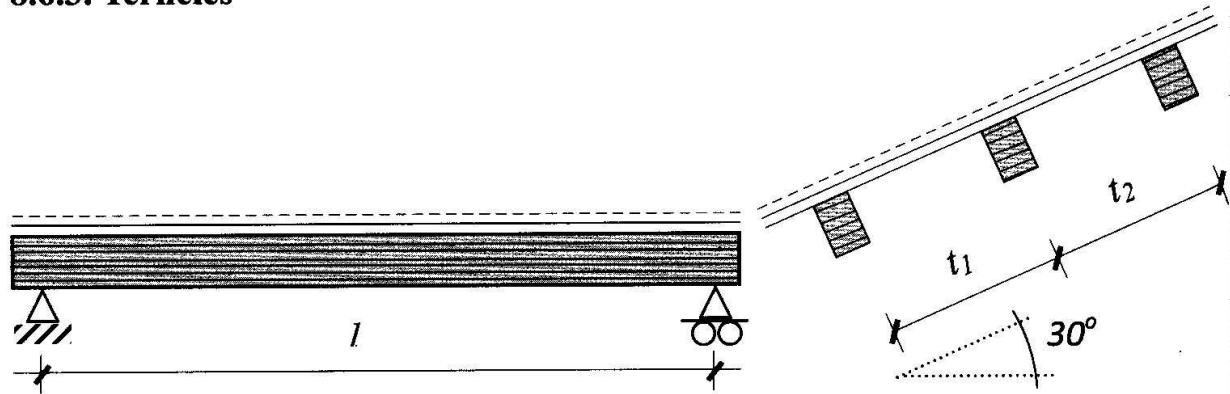
$E_{0,g,\text{mean}} = 12,6 \text{ kN/mm}^2$ rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus várható értéke,
 $E_{0,g,05} = 10,2 \text{ kN/mm}^2$ rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke,
 $G_{g,\text{mean}} = 0,78 \text{ kN/mm}^2$ nyírási modulus várható értéke,

Stabilitási anyagi jellemzők:

$\lambda_E = 61,6$ Euler-karcsúság, kihajlásvizsgálatnál k_c tényező számításához,

$\lambda_{E,m} = 17,1$ kifordulási Euler-karcsúság, kifordulásvizsgálatnál k_{crit} tényező számításához,

8.6.3. Terhelés



$t = (t_1 + t_2) / 2 = 3,00 \text{ m}$ gerendát terhelő terhelési mező szélessége,

A g_k állandó teher és a q_{1k} függőlegesen, míg a q_{2k} a felület síkjára merőlegesen terheli a szerkezetet!

$g_k = 1,12 \text{ kN/m}^2 \times 3,00 = 3,36 \text{ kN/m}$ állandó teher (önsúly+burkolat),

$\gamma_g = 1,35$

$q_{1k} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \times 3,00 = 3,00 \text{ kN/m}$ kiemelt teher,

$\gamma_{Q1} = 1,50$ $\psi_{2,1} = 0,00$ biztonsági és egyidejűségi tényező,

(Ha pl. ez hőteher, akkor természetesen csak a vetületével kell számolni.)

$q_{2k} = 0,40 \text{ kN/m}^2 \times 3,00 = 1,20 \text{ kN/m}$ egyidejű teher (szél),

$\gamma_{Q2} = 1,50$ $\psi_{0,2} = 0,60$ $\psi_{2,2} = 0,00$

$P_{Ed,z} = (1,35 \times 3,36 + 1,50 \times 3,00) \times \cos 30^\circ + 0,60 \times 1,50 \times 1,20 = 8,91 \text{ kN/m}$

$P_{Ed,y} = (1,35 \times 3,36 + 1,50 \times 3,00) \times \sin 30^\circ = 4,52 \text{ kN/m}$

8.6.4. Teherbírás-vizsgálat

$M_{y,Ed} = Q_{Ed,z} \frac{l^2}{8} = 8,91 \frac{7,00^2}{8} = 54,57 \text{ kNm}$
hajlítónyomaték tervezési értéke,

$M_{z,Ed} = Q_{Ed,y} \frac{l^2}{8} = 4,52 \frac{7,00^2}{8} = 27,69 \text{ kNm}$
hajlítónyomaték tervezési értéke,

$$f_{m,d} = k_{\text{mód}} \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{28}{1,25} = 20,16 \text{ N/mm}^2 \quad \text{hajlítószilárdság tervezési értéke,}$$

$$M_{y,Rd} = W_y \times f_{m,d} = 4,00 \times 10^6 \times 20,16 = 80,64 \times 10^6 \text{ Nmm} = 80,64 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} = 80,64 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 54,57 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

$$M_{z,Rd} = W_z \times f_{m,d} = 1,50 \times 10^6 \times 20,16 = 30,24 \times 10^6 \text{ Nmm} = 30,24 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = 30,24 \text{ kNm} > M_{z,Ed} = 27,69 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

Összetett igénybevétel vizsgálata:

$k_m = 0,7$ Szerkezeti fa, rétegelt-ragasztott fa és LVL esetén:

$k_m = 0,7$ téglalap alakú keresztmetszetekre,

$k_m = 1,0$ egyéb keresztmetszetekre,

Más faalapú termékekre, bármilyen keresztmetszetre: $k_m = 1,0$

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = 13,64 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = 18,46 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,d}} = \frac{13,64}{20,16} + 0,7 \frac{18,46}{20,16} = 1,32 > 1 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$k_m \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,d}} = 0,7 \frac{13,64}{20,16} + \frac{18,46}{20,16} = 1,39 > 1 \quad \text{Nem felel meg}$$

8.7. Derékszelemen ellenőrzése ferde hajlításra (függőleges „álló” helyzetű RRFA keresztmetszet)

Az összehasonlíthatóság érdekében az előzővel azonos geometriájú és terhelésű, de függőleges tengelyű – „álló” – keresztmetszet vizsgálata.

8.7.1. Geometriai adatok

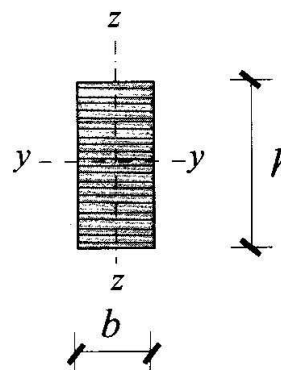
$l = 7,00 \text{ m}$ gerenda elméleti támaszköze
 $h = 40,0 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$; $b = 15,0 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$

$$W_y = 4\,000,0 \text{ cm}^3 = 4,000 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 1\,500,0 \text{ cm}^3 = 1,500 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 80\,000,0 \text{ cm}^4 = 8,000 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 11\,250,0 \text{ cm}^4 = 1,125 \times 10^8 \text{ mm}^4$$



8.7.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: GL28h

Felhasználási osztály: 2.

Teheridőtartam osztály: Rövid időtartamú

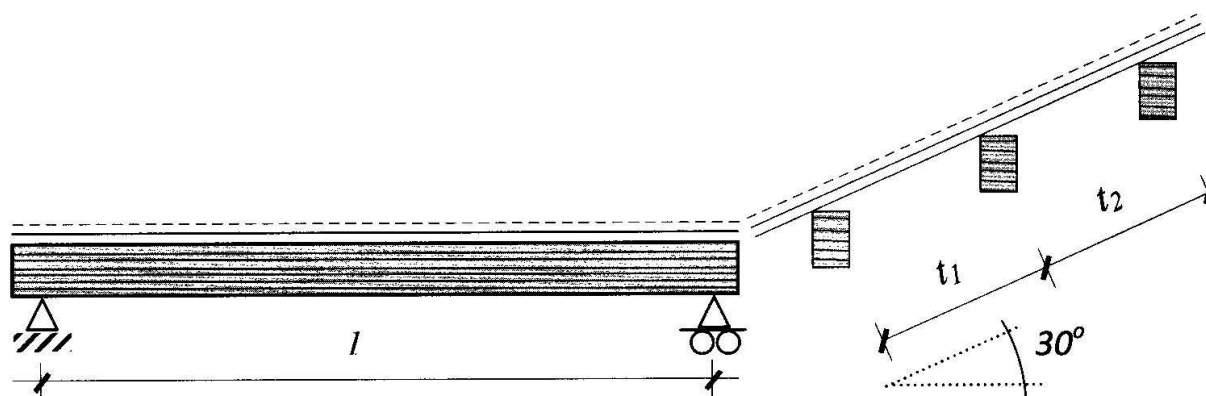
$$k_{\text{mód}} = 0,9$$

$$\gamma_M = 1,25$$

Szilárdsági értékek:

$f_{m,g,k} = 28,0 \text{ N/mm}^2$ hajlítószilárdság karakterisztikus értéke.

8.7.3. Terhelés



$t = (t_1 + t_2)/2 = 3,00 \text{ m}$ gerendát terhelő terhelési mező szélessége,

$g_k = 3,36 \text{ kN/m}$ állandó teher (önsúly+burkolat),

$q_{1k} = 3,00 \text{ kN/m}$ kiemelt teher (függőleges),

$q_{2k} = 1,20 \text{ kN/m}$ egyidejű teher (szél),

$$Q_{Ed,z} = (1,35 \times 3,36 + 1,50 \times 3,00) + 0,60 \times 1,50 \times 1,20 \times \cos 30^\circ = 9,97 \text{ kN/m}$$

$$Q_{Ed,y} = 0,60 \times 1,50 \times 1,20 \times \sin 30^\circ = 0,54 \text{ kN/m}$$

8.7.4. Teherbírás-vizsgálat

$$M_{y,Ed} = Q_{Ed,z} \frac{l^2}{8} = 9,97 \frac{7,00^2}{8} = 62,06 \text{ kNm} \quad \text{hajlítónyomaték tervezési értéke,}$$

$$M_{z,Ed} = Q_{Ed,y} \frac{l^2}{8} = 0,54 \frac{7,00^2}{8} = 3,31 \text{ kNm} \quad \text{hajlítónyomaték tervezési értéke,}$$

$$M_{y,Rd} = 80,64 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 62,06 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

$$M_{z,Rd} = 30,24 \text{ kNm} > M_{z,Ed} = 3,31 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

Összetett igénybevétel vizsgálata:

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = 15,52 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = 2,21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,d}} = \frac{15,52}{20,16} + 0,7 \frac{2,21}{20,16} = 0,85 < 1 \quad \text{Megfelel}$$

$$k_m \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,d}} = 0,7 \frac{15,52}{20,16} + \frac{2,21}{20,16} = 0,65 < 1 \quad \text{Megfelel}$$

Összehasonlító megállapítás:

Azonos feltételekkel alkalmazott ferde hajlítású gerendák közül, az irányoktól függetlenül jelentősen eltérő teherintenzitás és keresztmetszeti méretek esetén a nagyobb terhelés irányába mutató keresztmetszeti főtengelyű gerenda a gazdaságosabb.

8.8. Derékszelemen ellenőrzése ferde hajlításra (függőleges "álló" helyzetű fűrészeltfa keresztmetszet)

Karpántok (könyökfa) nélküli, tetőtéri hagyományos méretek és körülmények közötti derékszelemen ellenőrzése.

8.8.1. Geometriai adatok

$l = 4,00 \text{ m}$ gerenda elméleti támaszköze

$h = 15,0 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$

$b = 15,0 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$

$W_y = 562,5 \text{ cm}^3 = 5,625 \times 10^5 \text{ mm}^3$

$W_z = 562,5 \text{ cm}^3 = 5,625 \times 10^5 \text{ mm}^3$

$I_y = 4\,218,75 \text{ cm}^4 = 4,2188 \times 10^7 \text{ mm}^4$

$I_z = 4\,218,75 \text{ cm}^4 = 4,2188 \times 10^7 \text{ mm}^4$

8.8.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: C24

Felhasználási osztály: 2.

Tetheridőtartam osztály: Rövid időtartamú

$k_{\text{mód}} = 0,9$

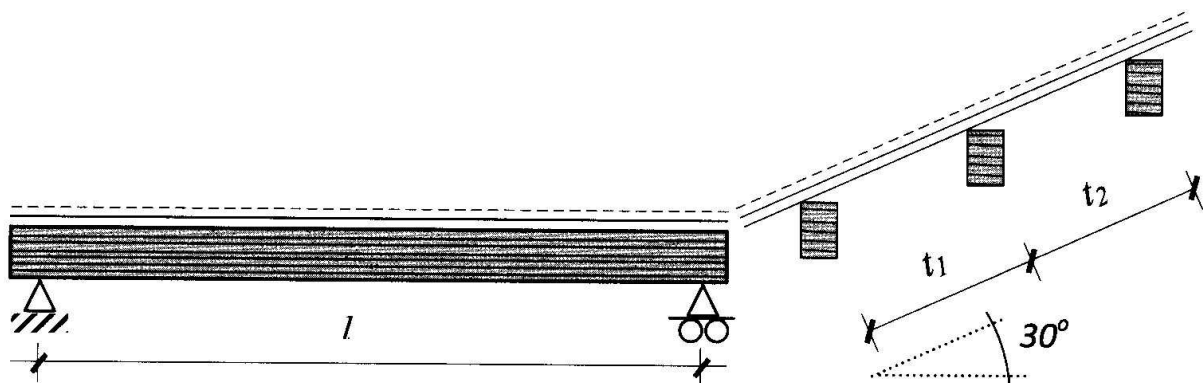
$\gamma_M = 1,30$

Szilárdsági értékek:

$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$

hajlítószilárdság karakterisztikus értéke.

8.8.3. Terhelés



$t = (t_1 + t_2)/2 = 3,00 \text{ m}$ gerendát terhelő terhelési mező szélesség,

$g_k = 3,36 \text{ kN/m}$ állandó teher (önsúly+burkolat),

$q_{1k} = 3,00 \text{ kN/m}$ kiemelt teher,

$q_{2k} = 1,20 \text{ kN/m}$ egyidejű teher,

$$Q_{Ed,z} = (1,35 \times 3,36 + 1,50 \times 3,00) + 0,60 \times 1,50 \times 1,20 \times \cos 30^\circ = 9,97 \text{ kN/m}$$

$$Q_{Ed,y} = 0,60 \times 1,50 \times 1,20 \times \sin 30^\circ = 0,54 \text{ kN/m}$$

8.8.4. Teherbírás-vizsgálat

$$M_{y,Ed} = Q_{Ed,z} \frac{l^2}{8} = 9,97 \frac{4,00^2}{8} = 19,94 \text{ kNm} \quad \text{hajlítónyomaték tervezési értéke,}$$

$$M_{z,Ed} = Q_{Ed,y} \frac{l^2}{8} = 0,54 \frac{4,00^2}{8} = 1,08 \text{ kNm} \quad \text{hajlítónyomaték tervezési értéke,}$$

$$f_{m,d} = k_{\text{mód}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{24}{1,30} = 16,62 \text{ N/mm}^2 \quad \text{hajlítószilárdság tervezési értéke,}$$

$$M_{y,Rd} = W_y \times f_{m,d} = 5,625 \times 10^5 \times 16,62 = 9,35 \times 10^6 \text{ Nmm} = 9,35 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} = 9,35 \text{ kNm} < M_{y,Ed} = 19,94 \text{ kNm} \quad \text{Nem felel meg}$$

$$M_{z,Rd} = W_z \times f_{m,d} = 5,625 \times 10^5 \times 16,62 = 12,96 \times 10^6 \text{ Nmm} = 12,96 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = 12,96 \text{ kNm} > M_{z,Ed} = 1,08 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

A derékszelemen karpántok (könyökfa) nélküli, szabad hosszon történő megerősítése szükséges!

8.9. Megerősített derékszelemen ellenőrzése (függőleges tengelyű, U acélszelvénnel megerősített fűrészeltfa keresztmetszet)

Egyoldali – asszimmetrikus – megerősítést akkor alkalmazunk, ha a fagerenda egyik oldali hozzáférése nem lehetséges, pl. a lefutó szarufáktól. A teherátadó kapcsolatokat és a gerenda megtámasztásait úgy kell kialakítani, hogy jelentős csavarás a gerendában ne keletkezhesen, így azt elhanyagolhatjuk.

8.9.1. Geometriai adatok

$l = 4,00 \text{ m}$ gerenda elméleti támaszköze,
 $h = 15,0 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$
 $b = 15,0 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$
 UPN 120 acél gerenda $h = 120 \text{ mm}$; $b = 55 \text{ mm}$

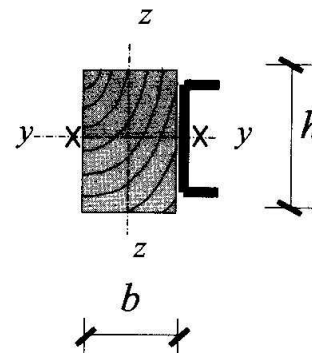
$$W_y = 562,5 \text{ cm}^3 = 5,625 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 4218,75 \text{ cm}^4 = 4,2188 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{s,y} = 60,7 \text{ cm}^3 = 6,070 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{s,pl,y} = 72,7 \text{ cm}^3 = 7,270 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_{s,y} = 364,3 \text{ cm}^4 = 3,643 \times 10^6 \text{ mm}^4$$



8.9.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: C24
 Acél alapanyaga: S235
 Felhasználási osztály: 2.
 Teheridőtartam-osztály: Rövid időtartamú
 $k_{mód} = 0,9$ $\gamma_M = 1,30$ $\gamma_{M0} = 1,00$

Szilárdsági értékek:

$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$ hajlítószilárdság karakterisztikus értéke,
 $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ hajlítószilárdság karakterisztikus értéke,

Merevségi értékek:

$E_{0,mean} = 11,0 \text{ kN/mm}^2$ rostokkal párhuzamos,
 $E_{s,x} = 210,0 \text{ kN/mm}^2$ acél rugalmassági modulusa,

8.9.3. Teherbírás-vizsgálat

$M_{y,Ed} = 19,94 \text{ kNm}$ hajlítónyomaték tervezési értéke.

Tekintettel arra, hogy a vízszintes teherkomponensekre a fagerenda is bőven megfelel, így a megerősített szelvény összetett igénybevételekre történő vizsgálatát mellőzzük.

$f_{m,d} = 16,62 \text{ N/mm}^2$ fa hajlítószilárdságának tervezési értéke,

$M_{y,Rd,C} = 9,35 \text{ kNm}$ fa gerenda hajlítási ellenállása,

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1,00} = 235,0 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Rd,S} = W_{y,pl} \times f_{y,d} = 7,27 \times 10^4 \times 235,0 = 1,708 \times 10^7 \text{ Nmm} = 17,08 \text{ kNm}$$

A terhelés az összetett szerkezet két eleme között azok merevségi arányaiban oszlik el, mivel összecsavározásuk miatt alakváltozásuk, illetve lehajlásuk azonos kell, hogy legyen.

$$p_{Ed,z} = p_{Ed,z,C} + p_{Ed,z,S} = 9,97 \text{ kN/m}$$

$$\frac{5}{384} \frac{p_{Ed,z,C} \times l^2}{E_{0,mean} I_y} = \frac{5}{384} \frac{p_{Ed,z,S} \times l^2}{E_{s,x} I_{s,y}} \Rightarrow \frac{M_{y,Ed,C}}{E_{0,mean} I_y} = \frac{M_{y,Ed,S}}{E_{s,x} I_{s,y}}$$

$$M_{y,Ed} = M_{y,Ed,C} + M_{y,Ed,S} = 19,94 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed,C}}{M_{y,Ed,S}} = \frac{E_{0,mean} I_y}{E_{s,x} I_{s,y}} = \frac{11 \times 42,188}{210 \times 3,643} = 0,607$$

$$M_{y,Ed} = M_{y,Ed,S} + 0,607 \times M_{y,Ed,S} = 1,607 \times M_{y,Ed,S} = 19,94 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed,S} = \frac{19,94}{1,607} = 12,41 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed,C} = 0,607 \times 12,41 = 7,53 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd,C} = 9,35 \text{ kNm} > M_{y,Ed,C} = 7,53 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

$$M_{y,Rd,S} = 17,08 \text{ kNm} < M_{y,Ed,S} = 12,41 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel}$$

$$p_{z,Ed,S} = \frac{9,97}{1,607} = 6,20 \text{ kN/m}$$

1 db M12-es (5.6-os) csavar egyszer nyírtsíkú ellenállása:

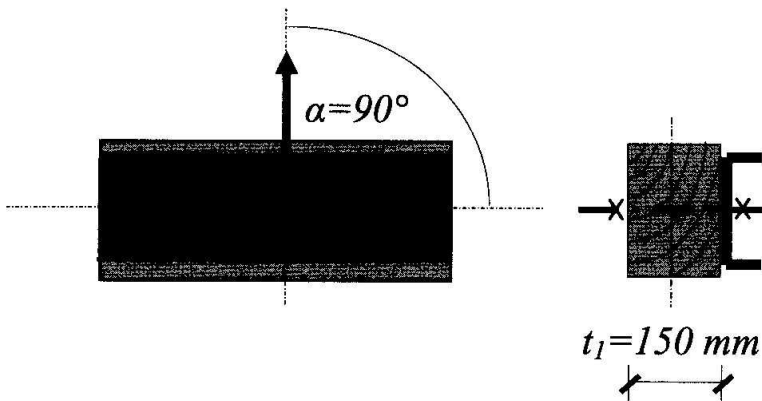
$$F_{vRd} = 5,26 \text{ kN (lásd később)} \quad l_{\max} = \frac{5,26}{6,20} = 0,84 \text{ m}$$

A fa gerendát és az acél szelvényt ~80 cm-ként kell átcsavározni.

8.10. Együttműködő fagerenda és U acélszelvény (egyszer nyírt) átmenőcsavaros kapcsolata

8.10.1. Geometriai adatok

Csavar átmérője: $d=12 \text{ mm}$



Csavarok száma:

rostirányra merőlegesen:

$$s = 1$$

rostiránnyal párhuzamosan:

$$n = 1$$

Acéllemez (gerinclemez) vastagsága:

$$v = 7 \text{ mm}$$

8.10.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: C24

$\rho_{\text{mean}} = 420 \text{ kg/m}^3$ testsűrűség középértéke,

Felhasználási osztály: 2.

Tetheridőtartam osztály: Rövid időtartamú

$k_{\text{mód}} = 0,9$

$\gamma_M = 1,30$

Csavar jele: 5.6

Szilárdsági értékek:

$f_{u,k} = 500 \text{ N/mm}^2$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \Rightarrow \quad f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \times 1 + 0} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90}}$$

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

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 12) \times 350 = 25,26 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \times d = 1,35 + 0,015 \times 12 = 1,53$$

$$f_{h,90,k} = \frac{25,26}{1,53} = 16,51 \text{ N/mm}^2 \quad \text{beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke.}$$

8.10.3. Teherbírás-vizsgálat

Átmenőcsavarok esetén a képlékeny nyomaték karakterisztikus értéke:

$$M_{y,Rk} = 0,3f_{u,k} d^{2,6} = 0,3 \times 500 \times 12^{2,6} = 95932 \text{ Nmm} = 95,93 \text{ kNmm}$$

Kapcsolat teherbírása:

Az acéllemez a „vastag” és a „vékony” közé esik.

($d = 12 \text{ mm} > v = 7 \text{ mm} > d/2 = 6 \text{ mm}$)

Vékony acéllemezek, mint egyszer nyírt kapcsolat esetén:

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

$F_{ax,Rk}$ a kapcsolóelem tengelyirányú kihúzóerő teherbírásának karakterisztikus értéke, ha nem ismert, akkor: $F_{ax,Rk} = 0$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 1,15 \sqrt{2 \times 95932 \times 16,51 \times 12} \\ 0,4 \times 16,51 \times 150 \times 12 \end{cases} = \begin{cases} 7,09 \\ 11,89 \end{cases} = 7,09 \text{ kN}$$

Vastag acéllemezek, egyszer nyírt kapcsolat esetén:

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

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 16,51 \times 150 \times 12 \times \left[\sqrt{2 + \frac{4 \times 95932}{16,51 \times 12 \times 150^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{95932 \times 16,51 \times 12} \\ 16,51 \times 150 \times 12 \end{cases} = \begin{cases} 13,20 \\ 10,18 \\ 29,72 \end{cases} = 10,18 \text{ kN}$$

A két érték között interpolálva:

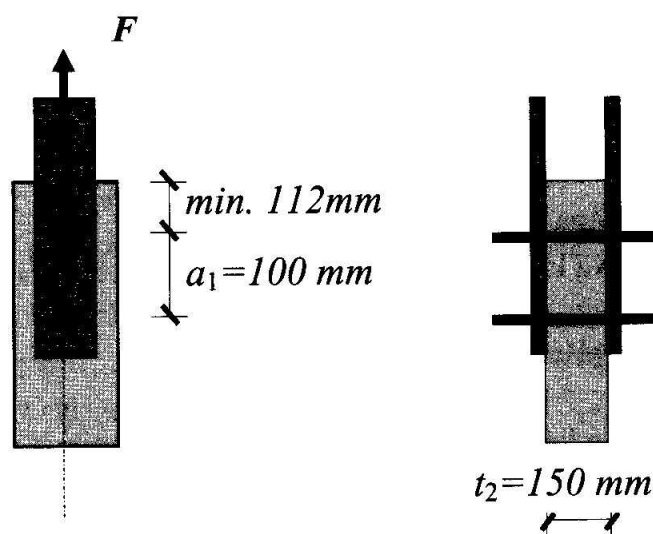
$$F_{v,Rk} = 7,09 + \frac{10,18 - 7,09}{6} = 7,60 \text{ kN}$$

Kapcsolat teherbírása:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \times 1 \times n_{\text{ef}} \times F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \times 1 \times 1 \times 7,60}{1,3} = 5,26 \text{ kN}$$

8.11. Kétszer nyírt, átmenőcsavaros kapcsolat teherbírása

8.11.1. Geometriai adatok



Csavarok száma:

rostiránnyal párhuzamosan: $n = 2$

rostirányra merőleges sorok: $s = 1$

Csavar átmérője: $d = 16\text{ mm}$

$\alpha = 0$ erő és a rostirány által bezárt szög,

Acéllemez (gerinclemez) vastagsága $v = 5\text{ mm}$

8.11.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: C24

$\rho_{\text{mean}} = 420\text{ kg/m}^3$ testsűrűség középértéke,

Felhasználási osztály: 3.

Teheridőtartam osztály: Rövid időtartamú

$k_{\text{mód}} = 0,9$ teher időtartamát és a faanyag nedvességtartalmát figyelembe vevő tényező,

$\gamma_M = 1,3$ természetes fa anyagára vonatkozó biztonsági tényező,

Csavar jele: 6.6

Szilárdsági értékek:

$f_{u,k} = 600\text{ N/mm}^2$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \Rightarrow f_{h,0,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \times 0 + 1} = \frac{f_{h,0,k}}{1}$$

A rostokkal párhuzamos beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke:

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

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 16) \times 350 = 24,11 \text{ N/mm}^2$$

Geometriai méretek ellenőrzése:

Minimális csavartávolság:

$$5 \times d = 5 \times 16 = 80 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad \text{Megfelel}$$

Csavar minimális távolsága a fa élétől az erő irányában:

$$\max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(112; 80) = 112 \text{ mm}$$

8.11.3. Teherbírás-vizsgálat

Átmenőcsavarok esetén a képlékeny nyomaték karakterisztikus értéke:

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} = 0,3 \times 600 \times 16^{2,6} = 243212 \text{ Nmm} = 243,2 \text{ kNmm}$$

n_{ef} hatékony kapcsolóelem szám,

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

a_1 csavarok osztásköze rostirányban,

d csavarátmérő,

n csavarok száma az adott sorban,

$$n_{ef} = \min. (2; 2^{0,9} \sqrt[4]{\frac{100}{13 \times 16}}) = 1,55$$

Kapcsolat teherbírása:

Az acéllemez a „vékony” kategóriába esik.

(mivel $v = 5 \text{ mm} < 0,5 \times d = 0,5 \times 16 = 8 \text{ mm}$)

Azokat az acéllemezeket minősítjük vékonynak, amelyeknek a vastagsága legfeljebb $0,5d$, és azokat az acéllemezeket minősítjük vastagnak, amelyeknek a vastagsága legalább d . A két érték közötti vastagságú acéllemez esetén a kapcsolat teherbírásának karakterisztikus értéke a vékony, illetve a vastag lemezre vonatkozó teherbírási értékek közti lineáris interpolációval számítható.

Vékony acéllemezek, kétszer nyírt kapcsolat külső elemei esetén:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,15 \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d \end{array} \right.$$

$F_{ax,Rk}$	kapcsolóelem tengelyirányú kihúzóerő teherbírásának karakterisztikus értéke, ha nem ismert, akkor: $F_{ax,Rk} = 0$
$f_{h,k}$	beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke a faelemben,
t_2	középső faelem vastagsága,
d	kapcsolóelem átmérője,
$M_{y,Rk}$	kapcsolóelem képlékeny nyomatékának karakterisztikus értéke,

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \times 24,11 \times 150 \times 16 \\ 1,15 \sqrt{2 \times 243212 \times 24,11 \times 16} \end{array} \right. = 15,75 \text{ kN}$$

Nyírt síkok száma: 2

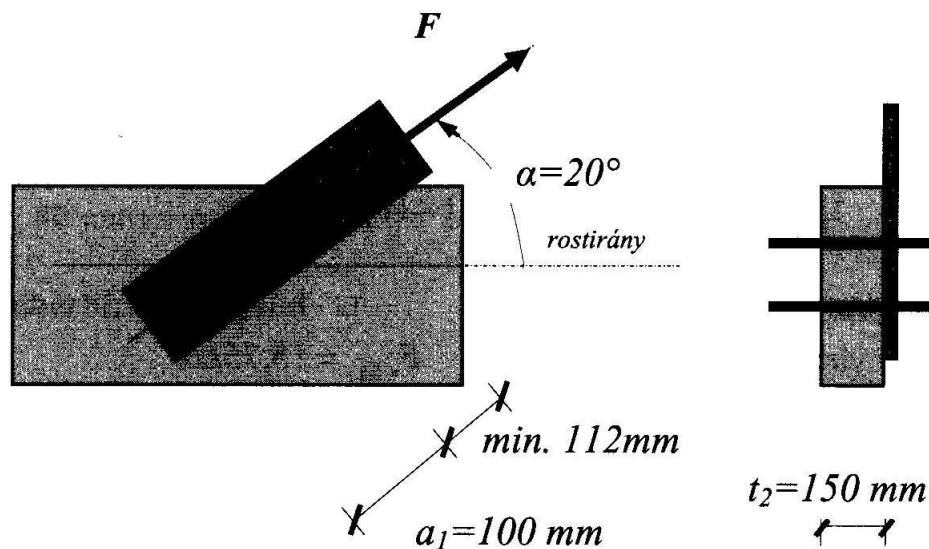
Egy elem egy nyírt síkjának teherbírása: $F_{v,Rk} = 15,75 \text{ kN}$

Kapcsolat teherbírása:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \times 2 \times n_{ef} \times F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \times 2 \times 1,55 \times 15,75}{1,3} = 33,80 \text{ kN}$$

8.12 Egyszer nyírt, átmenőcsavaros kapcsolat teherbírása (rostiránnyal szöget bezáró erők esetén)

8.12.1. Geometriai adatok



Csavarok száma:

rostiránnyal párhuzamosan: $n = 2$

rostirányra merőleges sorok: $s = 1$

Csavar átmérője: $d = 16 \text{ mm}$

$\alpha = 20^\circ$ erő és a rostirány által bezárt szög,

Acéllemez (gerinclemez) vastagsága $v = 10 \text{ mm}$

8.12.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: C24

$\rho_{\text{mean}} = 420 \text{ kg/m}^3$ testsűrűség középértéke

Felhasználási osztály: 1.

Teheridőtartam osztály: Közepes időtartamú

$k_{\text{mód}} = 0,8$ $\gamma_M = 1,30$

Csavar jele: 6.6

Szilárdsági értékek:

$f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2$

A rostokkal párhuzamos beágyazási szilárdság karakterisztikus értéke:

$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 16) \times 350 = 24,11 \text{ N/mm}^2$

$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,59$

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

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{24,11}{1,59 \times \sin^2(20) + \cos^2(20)} = 22,55 \text{ N/mm}^2$$

Geometriai méretek ellenőrzése:

Minimális csavartávolság:

$$5 \times d = 5 \times 16 = 80 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad \text{Megfelel}$$

Csavar minimális távolsága a fa szélső élétől az erő irányában:

$$\max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(112; 80) = 112 \text{ mm}$$

8.12.3. Teherbírás-vizsgálat

Átmenőcsavarok esetén a képlékeny nyomaték karakterisztikus értéke:

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} = 0,3 \times 600 \times 16^{2,6} = 243212 \text{ Nmm} = 243,2 \text{ kNmm}$$

$$n_{ef} = \min\left(2; 2^{0,9} \sqrt[4]{\frac{100}{13 \times 16}}\right) = 1,55$$

Kapcsolat teherbírása:

Az acéllemez a „vastag” és a „vékony” kategória közé esik.

(mivel $d = 16 \text{ mm} > v = 10 \text{ mm} > d/2 = 8 \text{ mm}$)

Vastag acéllemezek, mint egyszer nyírt kapcsolat esetén:

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

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 22,55 \times 150 \times 16 \times \left[\sqrt{2 + \frac{4 \times 243200}{22,55 \times 16 \times 150^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{243200 \times 22,55 \times 16} \\ 22,55 \times 150 \times 16 \end{array} \right. = \left\{ \begin{array}{l} 24,68 \\ 21,54 \\ 54,12 \end{array} \right. = 21,55 \text{ kN}$$

Vékony acéllemezek, mint egyszer nyírt kapcsolat esetén:

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

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 1,15 \sqrt{2 \times 243200 \times 22,55 \times 16} \\ 0,4 \times 22,55 \times 150 \times 16 \end{cases} = \begin{cases} 152,34 \\ 21,65 \end{cases} = 21,65 \text{ kN}$$

Egy elem egy nyírt síkjának teherbírása: $F_{v,Rk} = 21,63 \text{ kN}$

(A két érték között interpolálva: $F_{v,Rk} = 21,55 + 6 \times \frac{21,65 - 21,55}{8}$)
 Nyírt síkok száma: 1

Kapcsolat teherbírása:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \times 1 \times n_{ef} \times F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \times 1 \times 1,55 \times 21,63}{1,3} = 20,62 \text{ kN}$$

8.13. Nyomott oszlop teherbírása

8.13.1. Geometriai adatok

$h = 18,0 \text{ cm} = 180 \text{ mm}$ oszlop keresztmetszeti magassága,

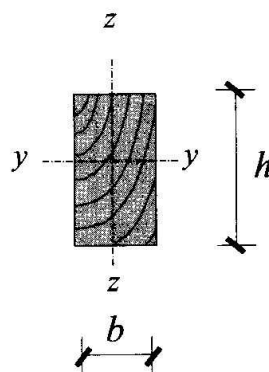
$b = 15,0 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$ oszlop keresztmetszeti szélessége,

$l_1 = 3,60 \text{ m}$ oszlop teljes magassága,

$$W_y = 810,0 \text{ cm}^3 = 8,100 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 7\,290,0 \text{ cm}^4 = 7,290 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 5\,062,5 \text{ cm}^4 = 5,063 \times 10^7 \text{ mm}^4$$



8.13.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: C22

$\rho_{\text{mean}} = 410 \text{ kg/m}^3$ testsűrűség középértéke,

Felhasználási osztály: 2.

Teheridőtartam osztály: Közepes időtartamú

$k_{\text{mód}} = 0,8$ $\gamma_M = 1,3$

Szilárdsági értékek:

$f_{c,0,k} = 20,0 \text{ N/mm}^2$ rostokkal párhuzamos nyomószilárdság karakterisztikus értéke,

Merevségi értékek:

$E_{0,05} = 6,7 \text{ kN/mm}^2$ rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke,

Stabilitási anyagjellemzők:

$\lambda_E = 57,5$ Euler-karcsúság, kihajlásvizsgálatnál,

8.13.3. Teherbírás-vizsgálat

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{\text{mód}} \times f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \times 20,0}{1,3} = 12,31 \text{ N/mm}^2$$

$A = h \times b = 18 \times 15 = 270 \text{ cm}^2 = 27000 \text{ mm}^2$ keresztmetszeti terület

$$N_{\text{Rd}} = A \times f_{c,0,d} = 27000 \times 12,31 = 332,4 \text{ kN}$$

Stabilitásvizsgálat:

y-y tengely körül

$$v_y = 1$$

$$i_y = \sqrt{\frac{7290}{270}} =$$

$$= 5,20 \text{ cm}$$

$$l_{ef,y} = 3,60 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{360}{5,20} =$$

$$= 69,28$$

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

$$= \frac{69,28}{\pi} \sqrt{\frac{20,0}{6700}} = 1,21$$

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

$$\beta_c = 0,2$$

egyenességi tényező természetes szerkezeti fánál,

$$k_y = 1,32$$

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

$$k_{c,y} = 0,54$$

$$N_{Rd,y} = k_{c,y} \times N_{Rd} = 179,5 \text{ kN}$$

z-z tengely körül

$$v_z = 1$$

$$i_z = \sqrt{\frac{5063}{270}}$$

$$= 4,33 \text{ cm}$$

$$l_{ef,z} = 3,60 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{360}{4,33} =$$

$$= 83,14$$

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

$$= \frac{83,14}{\pi} \sqrt{\frac{20,0}{6700}} = 1,45$$

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

$$k_z = 1,67$$

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

$$k_{c,z} = 0,40$$

$$N_{Rd,z} = k_{c,z} \times N_{Rd} = 133,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,z} = k_{c,z} \times N_{Rd} = 133,0 \text{ kN}$$

8.14. Nyomott, osztott szelvényű oszlop teherbírása

8.14.1. Geometriai adatok

$l_z = 3,20$ m oszlop teljes magassága oszlopot alkotó szelvények közti távolság:

$a = 42,0$ cm = 420 mm

betétfák osztásköze:

$l_1 = 70,0$ cm

oszlopot alkotó elemek keresztmetszeti méretei:

$h = 18,0$ cm = 180 mm magassága

$b = 8,0$ cm = 80 mm szélessége

$I_{y1} = 768$ cm⁴ = $7,68 \times 10^6$ mm⁴

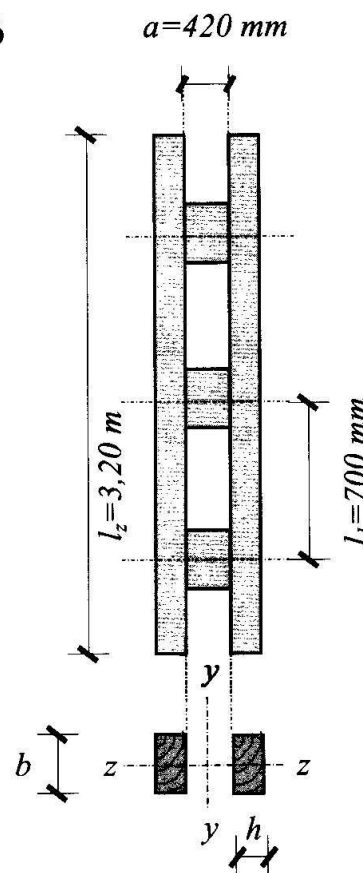
$I_{z1} = 3\,888$ cm⁴ = $3,88 \times 10^7$ mm⁴

$A_1 = 144$ cm² = $1,44 \times 10^4$ mm²

oszlopot alkotó szelvények száma:

$n = 2$ db

$A_{\text{tot}} = 2A = 2 \times 8 \times 18 = 288$ cm²



$$I_{y,\text{tot}} = \frac{b[(2h+a)^3 - a^3]}{12} = \frac{18[(2 \times 8 + 42)^3 - 42^3]}{12} = 181536 \text{ cm}^4$$

8.14.2. Anyagjellemzők

Fa szilárdsági osztálya: C24

$\rho_{\text{mean}} = 420$ kg/m³ testsűrűség középértéke,

Felhasználási osztály: 1.

Teheridőtartam osztály: Közepes időtartamú

$k_{\text{mód}} = 0,8$ $\gamma_M = 1,3$

Szilárdsági értékek:

$f_{c,0,k} = 21,0$ N/mm² rostokkal párhuzamos nyomószilárdság karakterisztikus értéke,

Merevségi értékek:

$E_{0,05} = 7,4$ kN/mm² rostokkal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke,

Stabilitási jellemzők:

$$\lambda_E = 59,0 \quad \text{Euler-karcsúság, kihajlásvizsgálatnál.}$$

8.14.3. Teherbírás-vizsgálat

$f_{c,0,d}$ nyomószilárdság tervezési értéke,

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \times 21}{1,3} = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Rd} = A_{\text{tot}} \times f_{c,0,d} = 28800 \times 12,92 = 372,1 \text{ kN}$$

8.14.4. Stabilitásvizsgálat

y-y tengely körül

$$v_y = 1$$

kihajlási tényező

$$i_y = \sqrt{\frac{181536}{288}} =$$

inerciasugár

$$= 25,11 \text{ cm}$$

$$i_1 = \sqrt{\frac{768}{144}} = 2,31 \text{ cm}$$

z-z tengely körül

$$v_z = 1$$

$$i_z = \sqrt{\frac{3888}{144}}$$

$$= 5,20 \text{ cm}$$

egy szelvény inerciasugara

$$\lambda = \ell \sqrt{A_{\text{tot}} / I_{\text{tot}}} = 320 \times \sqrt{288 / 181536} = 12,75$$

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

$$\lambda_1 = \sqrt{12} \frac{\ell_1}{h} = \sqrt{12} \frac{70}{8} = 30,31 > 30 \text{ egy szelvény karcsúsága}$$

$$\lambda_{\text{ef}} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2} = \text{karcsúság} \quad \lambda_z = \frac{320}{5,20} =$$

$$= \sqrt{12,75^2 + 3 \times \frac{2}{2} \times 30,31^2} = 54,02 \quad = 61,54$$

n az alkotó szelvények száma,

η szegezett betétfa, közepes időtartamú tehernél:

$$\eta = 3$$

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

$$= \frac{54,02}{\pi} \sqrt{\frac{21,0}{7400}} = 0,92$$

$$= \frac{61,54}{\pi} \sqrt{\frac{21,0}{7400}} = 1,04$$

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

$$\beta_c = 0,2 \quad \text{egyenességi tényező természetes szerkezeti fánál}$$

$$k_y = 0,99$$

$$k_z = 1,12$$

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

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

$$k_{c,y} = 0,75$$

csökkentő tényező

$$k_{c,z} = 0,65$$

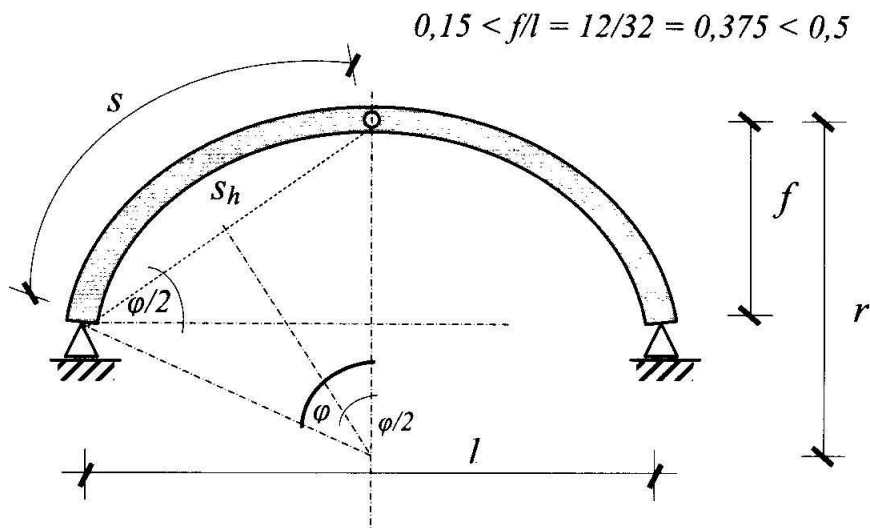
$$N_{\text{Rd},y} = k_{c,y} \times N_{\text{Rd}} = 279,1 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Rd},z} = k_{c,z} \times N_{\text{Rd}} = 241,9 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Rd},z} = k_{c,z} \times N_{\text{Rd}} = 241,9 \text{ kN}$$

8.15. Háromcsuklós ívtartó ellenőrzése, közelítő számítás (állandó keresztmetszetű RRFA keresztmetszet)

8.15.1. Geometriai adatok



$l = 32,00 \text{ m}$ ívtartó elméleti támaszköze,
 $f = 12,00 \text{ m}$ ívtartó elméleti ívmagassága,

$h = 120 \text{ cm} = 1200 \text{ mm}$ gerenda keresztmetszeti magassága,
 $b = 16 \text{ cm} = 160 \text{ mm}$ gerenda keresztmetszeti szélessége,

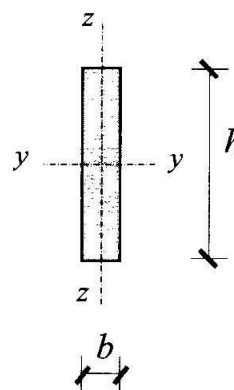
$$A = 1\,920,0 \text{ cm}^2 = 1,920 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 38\,400,0 \text{ cm}^3 = 3,840 \times 10^7 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 5\,120,0 \text{ cm}^3 = 5,120 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 2\,304\,000,0 \text{ cm}^4 = 2,304 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_z = 40\,960,0 \text{ cm}^4 = 4,096 \times 10^8 \text{ mm}^4$$



$$s_h = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + f^2} = \sqrt{\left(\frac{32}{2}\right)^2 + 12^2} = 20,0 \text{ m}$$

félív húr hossza,

$$\frac{r}{s_h/2} = \frac{s_h}{f} \implies r = 20 \times 10 / 12 = 16,67 \text{ m}$$

ív sugara,

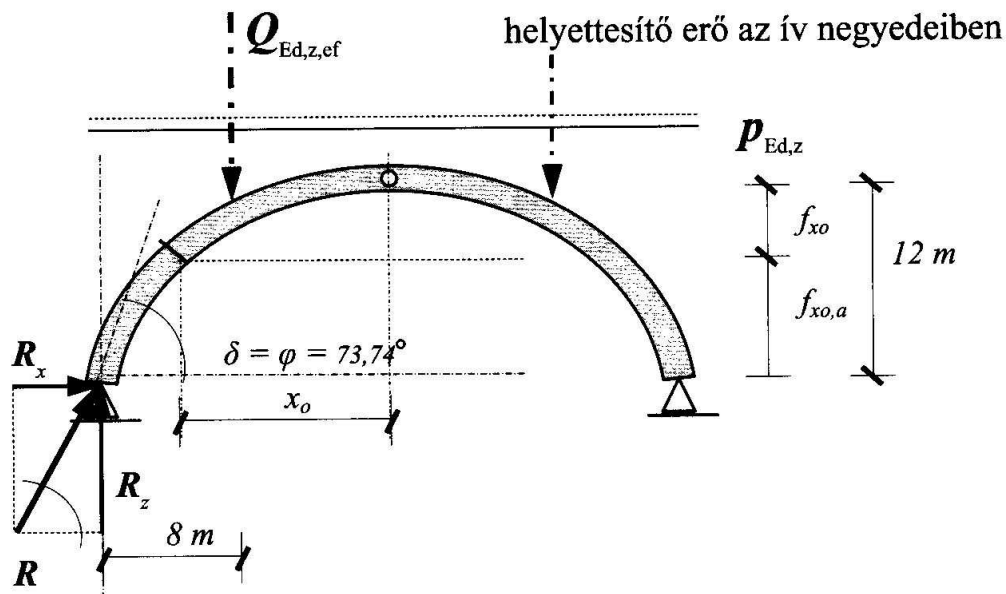
$$\arctg(\varphi/2) = f/(l/2) = 12/16 = 0,75 \quad \varphi/2 = 36,87^\circ \quad \varphi = 73,74^\circ$$

$$s = \frac{r \times \pi \times \varphi}{180} = 21,44 \text{ m}$$

félív hossza,

$$l_{ef} = 1,25 \times s = 1,25 \times 21,44 = 26,80 \text{ m}$$

félív kihajlási hossza.



$$R_z = 299,68 \text{ kN}$$

$$R_x = Q_{Ed,z,ef} \frac{l/4}{f} = 299,68 \frac{8}{12} = 199,79 \text{ kN}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{199,79^2 + 299,68^2} = 360,17 \text{ kN}$$

$$\gamma = \arctg \frac{R_z}{R_x} = \arctg \frac{299,68}{199,79} = 56,31^\circ$$

Alsó csomópontnál:

$$\alpha = \delta - \gamma = 73,74^\circ - 56,31^\circ = 17,43^\circ \quad \text{rostiránnyal bezárt szög}$$

$$V_{Ed} = R \times \sin 17,43^\circ = 108,1 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = R \times \cos 17,43^\circ = 342,2 \text{ kN}$$

Maximális nyomaték helyén:

az ív tetőpontjától mért vízszintes távolság:

$$x_0 = \sqrt{r^2 - R_x^2 / p_{Ed}^2} = \sqrt{16,67^2 - 199,79^2 / 18,73^2} = 12,81 \text{ m}$$

az ív tetőpontjától mért függőleges távolság:

$$f_{x_0} = r - \sqrt{r^2 - x_0^2} = 16,67 - \sqrt{16,67^2 - 12,81^2} = 6,00 \text{ m}$$

az ív alsó (támasz-) pontjától mért függőleges távolság:

$$f_{x_0,a} = f - f_{x_0} = 12,00 - 6,00 = 6,00 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = R_x \times x_0 / r + p_{Ed,z} \times (l/2 - x_0) \times (r - f_{x_0}) / r - R_z \times (r - f_{x_0}) / r = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = R_x \times (r - f_{x0}) / r - p_{Ed,z} \times (l/2 - x_0) \times x_0 / r + R_z \times x_0 / r = 312,2 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = R_x \times f_{x0} + p_{Ed,z} \times (l/2 - x_0)^2 / 2 - R_z \times (l/2 - x_0) = 338,1 \text{ kNm}$$

8.15.4. Teherbírás-vizsgálat

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \times f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \times 26,5}{1,25} = 19,08 \text{ N/mm}^2 \quad \text{nyomószilárdság tervezési értéke}$$

$$f_{m,g,d} = \frac{k_{mod} \times f_{m,g,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \times 28}{1,25} = 20,16 \text{ N/mm}^2 \quad \text{hajlítószilárdság tervezési értéke}$$

$$N_{Rd} = A \times f_{c,0,d} = 192000 \times 19,08 = 3,663 \times 10^6 \text{ N} = 3663,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{312200}{192000} = 1,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y} = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{3,381 \times 10^8}{3,84 \times 10^7} = 8,80 \text{ N/mm}^2$$

8.15.5. Stabilitásvizsgálat

y-y tengely körül

z-z tengely körül

$$v_y = 1,25$$

kihajlási tényező $v_z = 1$

$$l_{ef,y} = 25,80 \text{ m}$$

kihajlási hossz $l_{ef,z} = 5,36 \text{ m}$

a félívek negyedeiben hosszökötéssel merevítve

$$i_y = \sqrt{\frac{2,304 \times 10^6}{1920}} =$$

$$i_z = \sqrt{\frac{4,096 \times 10^4}{1920}} =$$

$$= 34,64 \text{ cm}$$

$$= 4,62 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{2580}{34,64} =$$

karcsúság

$$\lambda_z = \frac{536}{4,62} =$$

$$= 74,5$$

$$= 116,1$$

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

relatív karcsúság

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

$$= \frac{74,5}{\pi} \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 1,21$$

$$= \frac{116,1}{\pi} \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 1,88$$

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

$\beta_c = 0,1$ egyenességi tényező RRFA esetén

$$k_y = 1,28$$

$$k_z = 2,35$$

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

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

$$k_{c,y} = 0,59$$

csökkentő tényező

$$k_{c,z} = 0,27$$

$$N_{Rd,y} = k_{c,y} \times N_{Rd} = 2161,4 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,z} = k_{c,z} \times N_{Rd} = 989,1 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,z} = k_{c,z} \times N_{Rd} = 989,1 \text{ kN}$$

A másodrendű hatásokat figyelembe vevő növelő tényező, a nyomott rúd nyomatékának meghatározásához:

$$k_{II} = \frac{1}{1 - \frac{\sigma_c}{f_c} \times \lambda_{rel,y}^2} = \frac{1}{1 - \frac{1,63}{19,08} \times 1,21^2} = 1,14$$

$$\sigma_{m,II,y} = k_{II} \times \sigma_{m,y} = 1,14 \times 8,80 = 10,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_c}{k_{c,y} \times f_{c,d}} + \frac{\sigma_{m,II,y}}{f_{m,d}} = \frac{1,63}{0,59 \times 19,08} + \frac{10,03}{20,16} = 0,64 < 1$$

$$\frac{\sigma_c}{k_{c,z} \times f_{c,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,II,y}}{f_{m,d}} = \frac{1,63}{0,27 \times 19,08} + 0,7 \frac{10,03}{20,16} = 0,66 < 1$$

A nyomatékkaal terhelt nyomott rúd kifordulás vizsgálata:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \times b^2}{h \times l_{ef}} \times E_{0,05} = \frac{0,78 \times 160^2}{1200 \times 5360} \times 10200 = 31,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28,0}{31,67}} = 0,94 \quad \text{kifordulási relatív karcsúság,}$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,94 > 0,75 \quad \Rightarrow \quad k_{crit} = 1,56 - 0,75 \times \lambda_{rel,m} = 0,86$$

kifordulás veszélyét figyelembe vevő tényező.

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \times f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \times f_{c,d}} = \left(\frac{8,80}{0,86 \times 20,16} \right)^2 + \frac{1,63}{19,08} = 0,57 < 1$$

9. Irodalom

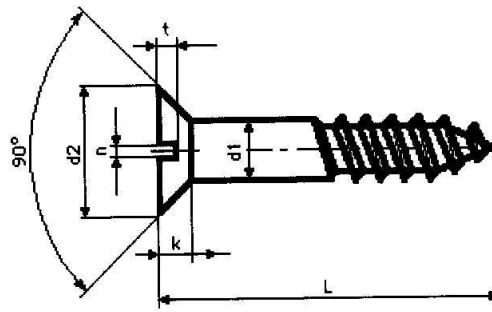
- [1] Rónai-Somfalvi: Fa tartószerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- [2] Wittman Gyula: Mérnöki faszerkezetek I. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 2000.
- [3] Wittman Gyula: Mérnöki faszerkezetek II. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 2001.
- [4] Bódi I.: Faszerkezetek tervezése az Eurocode 5 előírásai alapján. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Budapest, 2001. oktatási segédanyag
- [5] Armuth M. – Bodnár M.: Fa tartószerkezetek segédlet. Méretezés az Eurocode alapján. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építészmérnöki Kar, Budapest, 2006. oktatási segédanyag
- [6] Hantos Z.: Mérnöki faszerkezetek korszerű statikai méretezése. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Építéstani Intézet, Sopron (Előadásvázlat)
- [7] EN 1995-1-1 Design of Timber Structures.
http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2008/EN1995_2_Winter.pdf
- [8] J. Porteous-A. Kermani: Structural Timber Design to Eurocode 5. Blackwell Publishing, UK, 2007.
- [9] M. Göggel: Bemessung im Holzbau: Konstruktionsregeln, Formeln, Tafeln, Rechenwege in Beispielen. Bauverlag GmbH, Wiesbaden, Berlin, 1980.
- [10] Dezső Zs.: Évszázados tapasztalásokon alapuló szerkezeti megoldások, Tibet ősi építési kultúrája. Csíksomlyó, ÉPKO 2008. *(Előadás)*

SZABVÁNYOK:

Eurocode 0:	A tartószerkezetek tervezésének alapjai
[S1] MSZ EN 1990	A tartószerkezetek tervezésének alapjai
Eurocode 1:	A tartószerkezeteket érő hatások
[S2] MSZ EN 1991-1-1	Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei
[S3] MSZ EN 1991-1-3	Általános hatások. Hóteher
[S4] MSZ EN 1991-1-4	Általános hatások. Szélhatás
Eurocode 3:	Acélszerkezetek tervezése
[S5] MSZ EN 1993-1-1	Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
[S6] MSZ EN 1993-1-8	Csomópontok tervezése
Eurocode 5:	Faszerkezetek tervezése
[S7] MSZ EN 1995-1-1	Általános szabályok. Közös és az épületekre vonatkozó szabályok (Szabványjavaslat, MSZT Bp. 2009.)

10. Mellékletek

Süllyesztett fejű
hornyos facsavar
SZABVÁNY DIN 97

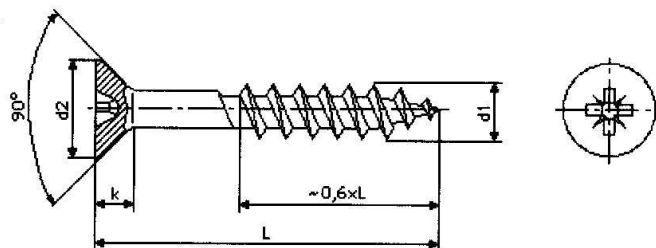


d_1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8
d_2	3,80	4,70	5,60	6,50	7,50	8,30	9,20	11,00	12,50	14,50
k_{max}	1,20	1,50	1,65	1,93	2,20	2,35	2,50	3,00	3,50	4,00
n	0,50	0,60	0,80	0,80	1,00	1,00	1,20	1,60	2,00	2,00
t_{min}	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,40	1,60

L	10												
	12												
	16												
	20												
	25												
	30												
	35												
	40												
	45												
	50												
	60												
	70												
	80												
	90												
100													

Részmenetes süllyesztett
fejű faforgácslap csavar

SZABVÁNY NCN 1581

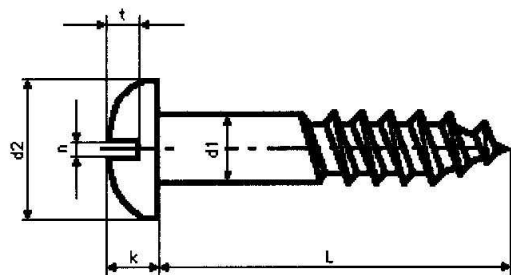


d_1	3,5	4	4,5	5	6
d_2	7,00	8,00	8,80	9,70	11,60
k_{max}	2,10	2,40	2,70	2,90	3,40

L	25	•	•			
	30	•	•	•		
	35	•	•	•		
	40	•	•	•	•	
	45		•	•	•	
	50		•	•	•	•
	55			•	•	
	60		•	•	•	•
	70			•	•	•
	80			•	•	•
	90				•	•
	100				•	•
	110				•	•
	120				•	•
	130					•
	140					•
	150					•
	160					•
	180					•
	200					•
220					•	
240					•	

**Félgömbfejű hornyos
facsavar**

SZABVÁNY DIN 96

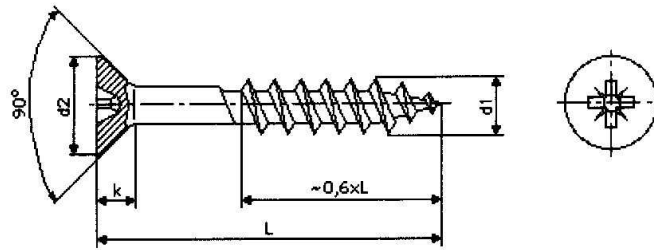


d_1	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
d_2	4,70	5,60	6,50	7,50	8,30	9,20	11,00
k_{max}	1,50	1,65	1,93	2,20	2,35	2,50	3,00
n	0,60	0,80	0,80	1,00	1,0	1,20	1,60
t_{min}	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20

L	10	•	•					
	12	•	•	•	•			
	16	•	•	•	•	•		
	20	•	•	•	•	•	•	
	25	•	•	•	•	•	•	•
	30		•	•	•	•	•	•
	35			•	•	•	•	•
	40			•	•	•	•	•
	45				•	•	•	•
	50				•	•	•	•
	60						•	•
	70						•	•
	80							•

Részmenetes süllyesztett fejű
faforgácslap csavar

SZABVÁNY NCN 1581

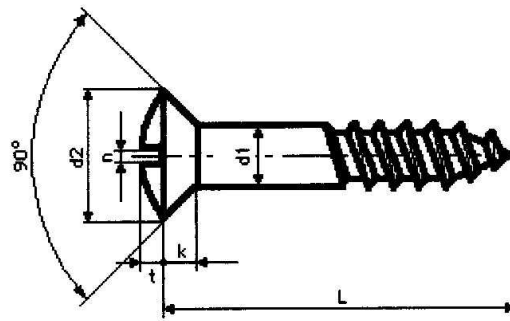


d_1	3,5	4	4,5	5	6
d_2	7,00	8,00	8,80	9,70	11,60
k_{max}	2,10	2,40	2,70	2,90	3,40

L	25	*	*		
	30	*	*	*	
	35	*	*	*	
	40	*	*	*	*
	45		*	*	*
	50		*	*	*
	55			*	*
	60		*	*	*
	70			*	*
	80			*	*
	90				*
	100				*
	110				*
	120				*
	130				*
	140				*
	150				*
	160				*
	180				*
	200				*
220				*	
240				*	

Süllyesztett lencsefejú
hornyos facsavar

SZABVÁNY DIN 95

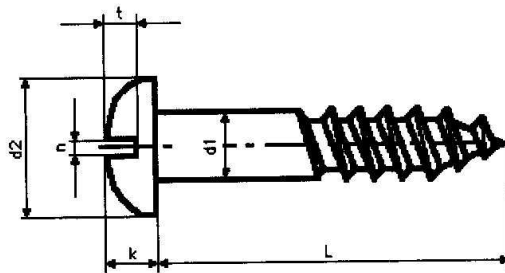


d_1	3	3,5	4	4,5	5	6
d_2	5,60	6,50	7,50	8,30	9,20	11,00
$k_{max.}$	1,65	1,93	2,20	2,35	2,50	3,00
n	0,80	0,80	1,00	1,00	1,20	1,60
$t_{min.}$	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20

L	12	•					
	16	•	•	•	•	•	
	20	•	•	•	•	•	
	25	•	•	•	•	•	
	30	•	•	•	•	•	•
	35		•	•	•	•	•
	40		•	•	•	•	•
	45			•	•	•	
	50			•	•	•	•
	60			•	•	•	•
	70						•
	80						•

**Félgömbfejű hornyos
facsar**

SZABVÁNY DIN 96

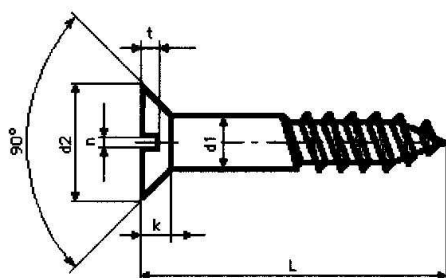


d_1	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
d_2	4,70	5,60	6,50	7,50	8,30	9,20	11,00
k_{max}	1,50	1,65	1,93	2,20	2,35	2,50	3,00
n	0,60	0,80	0,80	1,00	1,00	1,20	1,60
t_{min}	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20

L	10						
	12						
	16						
	20						
	25						
	30						
	35						
	40						
	45						
	50						
	60						
	70						
	80						

Süllyesztett fejű hornyos
facsavar

SZABVÁNY DIN 97

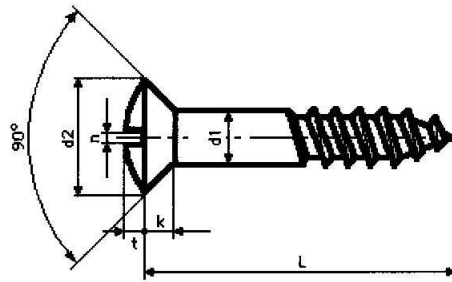


d_1	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8
d_2	4,70	5,60	6,50	7,50	8,30	9,20	11,00	14,50
$k_{max.}$	1,50	1,65	1,93	2,20	2,35	2,50	3,00	4,00
n	0,60	0,80	0,80	1,00	1,00	1,20	1,60	2,00
$t_{min.}$	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,60

L	10							
	12							
	16							
	20							
	25							
	30							
	35							
	40							
	45							
	50							
	60							
	70							
	80							
	90							
	100							

Süllyesztett lencsefejú hornyos
facsavar

SZABVÁNY DIN 95

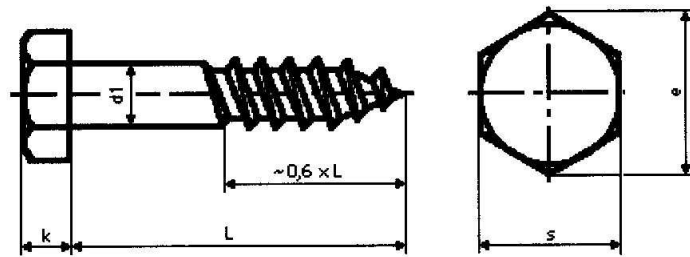


d_1	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
d_2	4,70	5,60	6,50	7,50	8,30	9,20	11,00
k_{max}	1,50	1,65	1,93	2,20	2,35	2,50	3,00
n	0,60	0,80	0,80	1,00	1,00	1,20	1,60
t_{min}	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,40

L	10							
	12							
	16							
	20							
	25							
	30							
	35							
	40							
	45							
	50							
	60							
	70							
80								

Hatlapfejű facsavar

SZABVÁNY DIN 571

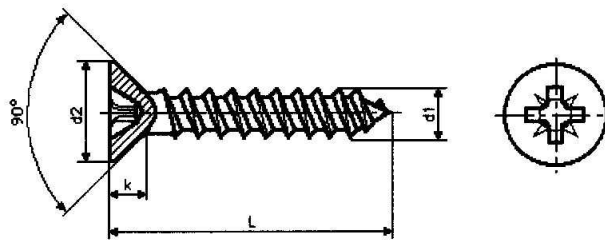


d_1	5	6	8	10	12
k	3,50	4,00	5,50	7,00	8,00
s	8,00	10,00	13,00	17,00	19,00
e_{min}	8,63	10,89	14,20	18,72	20,88

L	25					
	30					
	35					
	40					
	45					
	50					
	60					
	70					
	80					
	90					
	100					
	120					

**Tövíg menetes süllyesztett fejű
faforgácslap csavar**

SZABVÁNY DIN 7505

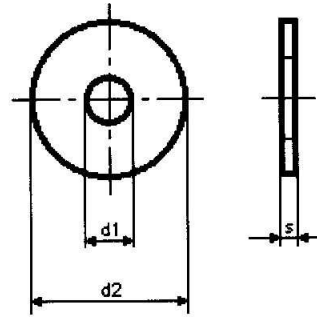


d₁	3	3,5	4	4,5	5	6
d ₂	6,00	7,00	8,00	8,80	9,70	11,60
k _{max} *	1,80	2,10	2,40	2,70	2,90	3,40

L	12					
	16					
	20					
	25					
	30					
	35					
	40					
	45					
	50					
	60					
	70					
	80					
	90					
100						

Lapos alátét fakötéshez

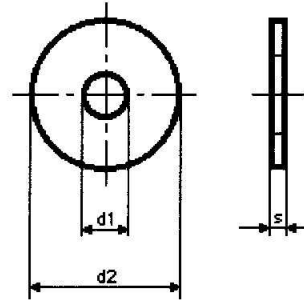
SZABVÁNY DIN 9021 ISO 7093



		d_1	d_2	s	anyag
M	2,3	2,5	7	0,8	•
	2,5	2,7	8	0,8	•
	3	3,2	9	0,8	•
	3,5	3,7	11	0,8	•
	4	4,3	12	1	•
	5	5,3	15	1,2	•
	6	6,4	18	1,6	•
	7	7,4	22	2	•
	8	8,4	24	2	•
	10	10,5	30	2,5	•
	12	13	37	3	•
	14	15	44	3	•
	16	17	50	3	•
	18	20	56	4	•
20	22	60	4	•	
		d_1	d_2	s	anyag

Lapos alátét fakötéshez

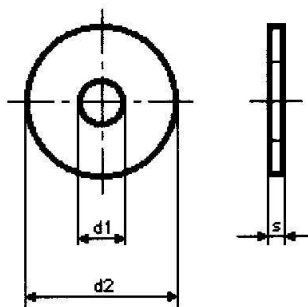
SZABVÁNY DIN 9021 ISO 7093



		d_1	d_2	s	anyag
M	2,5	2,7	8	0,8	•
	3	3,2	9	0,8	•
	3,5	3,7	11	0,8	•
	4	4,3	12	1	•
	5	5,3	15	1,2	•
	6	6,4	18	1,6	•
	8	8,4	24	2	•
	10	10,5	30	2,5	•
	12	13	37	3	•
	14	15	44	3	•
	16	17	50	3	•
	18	20	56	4	•
	20	22	60	4	•
		d_1	d_2	s	anyag

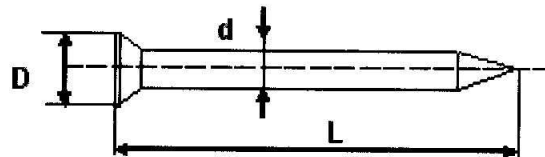
Lapos alátét fakötéshez

SZABVÁNY DIN 9021 ISO 7093



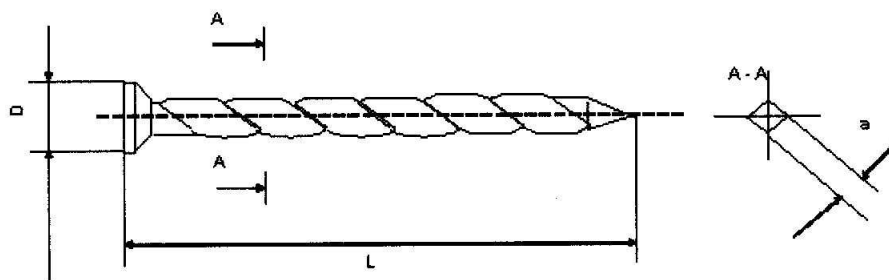
		d₁	d₂	s	horg.
M	2,5	2,7	8	0,8	•
	3	3,2	9	0,8	•
	3,5	3,7	11	0,8	•
	4	4,3	12	1	•
	5	5,3	15	1,2	•
	6	6,4	18	1,6	•
	7	7,4	22	2	•
	8	8,4	24	2	•
	10	10,5	30	2,5	•
	12	13	37	3	•
	14	15	44	3	•
	16	17	50	3	•
	18	20	56	4	•
	20	22	60	4	•
		d₁	d₂	s	horg.

Huzalszeg



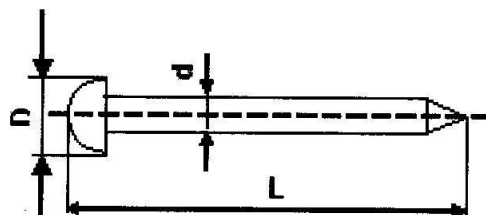
A szeg jele d x L	d,mm		L ±d,mm	D mm	Tömeg kg / 1000 db
	mérete	tűrése			
10 x 13	1,0	± 0,075	13	3,2	0,095
12 x 16	1,2		16	3,3	0,16
14 x 20	1,4		20	4,0	0,26
14 x 25	1,4		25	4,0	0,32
16 x 30	1,6		30	4,5	0,50
18 x 35	1,8	± 0,10	35	5,0	0,72
20 x 40	2,0		40	5,5	1,01
22 x 45	2,2		45	6,0	1,39
22 x 50	2,2		50	6,0	1,52
25 x 55	2,5		55	6,5	2,20
25 x 60	2,5		60	6,5	2,39
28 x 65	2,8		60	6,5	3,05
28 x 65	2,8	65	7,0	3,25	
31 x 65	3,1	± 0,18	65	7,5	4,05
31 x 70	3,1		70	7,5	4,35
31 x 80	3,1		80	7,5	4,95
34 x 70	3,4		70	7,5	5,19
34 x 80	3,4		80	8,0	5,90
34 x 90	3,4		90	8,0	6,60
42 x 70	4,2		70	9,0	7,70
42x100	4,2		100	9,0	10,70
42 x120	4,2		120	9,0	12,90
42 x150	4,2		150	9,5	16,00
46 x120	4,6		120	9,5	16,20
46 x130	4,6		130	9,5	17,50
50 x130	5,0		130	11,0	20,80
55 x160	5,5		160	12,0	30,10
60 x160	6,0		160	13,0	36,4
60 x180	6,0		180	13,0	41,00
70 x200	7,0		200	15,0	61,40
70 x210	7,0	210	15,0	64,50	
76 x230	7,6	230	16,4	83,4	
76 x260	7,6	260	17,0	102	
80 x 300	8,0	300	18,5	183,6	

Csavartszeg

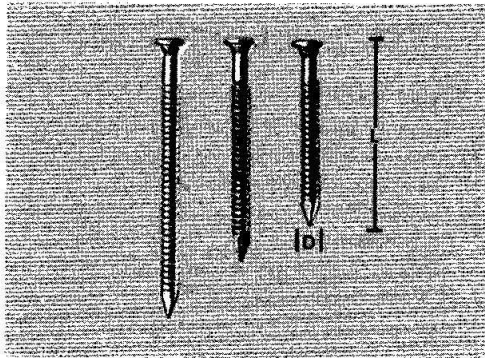


A szeg jele d x L	d,mm		L ±d,mm	D mm	Tömeg kg / 1000 db
	mérete	tűrése			
22 x 30	2,2	+ 0,20 - 0	30	5,5	1,00
22 x 40	2,2		40	5,5	1,31
25 x 50	2,5		50	6,0	1,70
28 x 55	2,8		55	6,5	2,18
28 x 65	2,8	+ 0,36 - 0	65	7,0	4,22
31 x 40	3,1		40	7,0	2,94
31 x 70	3,1		70	7,0	5,15
31 x 90	3,1		90	7,0	6,62
35 x 40	3,5		40	9,0	3,86
35 x 70	3,5		70	9,0	6,80
35 x 90	3,5		90	9,0	8,70
38 x 100	3,8		100	9,5	11,3
42 x 120	4,2		120	10	16,8
47 x 140	4,7		140	10,5	23,2
50 x 160	5,0	160	10,5	31,7	
54 x 180	5,4	180	11	41,9	
60 x 200	6,0	200	12	54,2	

Félgömbfejűszeg



A szeg jele d x L	d, mm		L ±d,mm	D, mm		Tömeg kg / 1000 db
	mérete	tűrése		méret	tűrés	
14 x 13	1,4	± 0,075	13	2,5	± 0,1	0,12
16 x 16	1,6		16	2,8		0,28
20 x 16	2,0	± 0,10	16	3,6	± 0,2	0,43
20 x 20	2,0		20	3,6		0,53
31 x 70	3,1	± 0,018	25	4,0	± 0,25	0,76
31 x 90	3,1		30	5,0		1,43
35 x 40	3,5		40	6,0	± 0,3	2,90
35 x 70	3,5		50	7,0		4,50



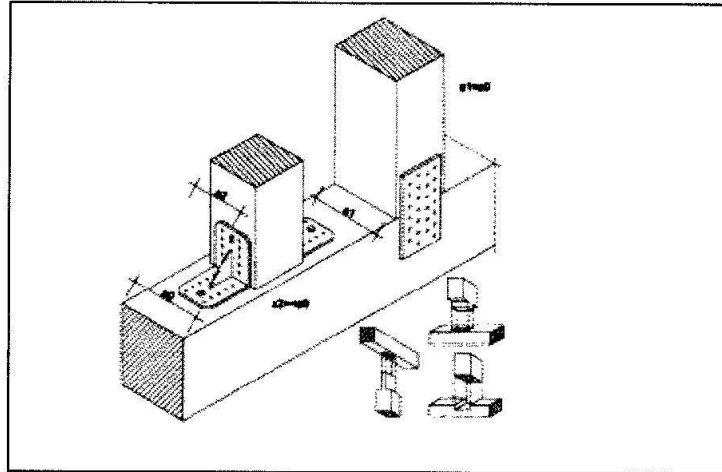
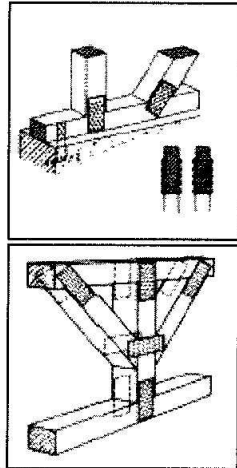
Gyűrűszeg

Minőségi tanúsítvánnyal

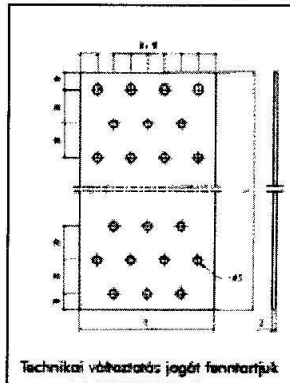
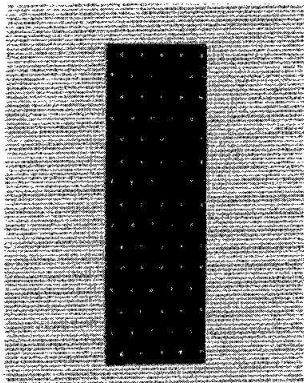


• A nyak alatti erősített rész a faösszekötőn teljesen kitölti a lyukat, így biztosítja az erőátvitelt.

Méret Ø x L mm	kg/cse.	Cikkszám	Cse./db
4,0 x 40	1,038	0681 940 040	250
4,0 x 50	1,275	0681 940 050	
4,0 x 60	1,513	0681 940 060	
4,0 x 75	1,978	0681 940 075	
4,0 x 100	2,480	0681 940 100	



Hagyományos fakötések kiváltása szeglemezzel.
(csapozás, beeresztés, oszlop - gerenda kapcsolatok)



Technikai vázlatolás jogát fenntartjuk

Szeglemez

- Fagerendák nagyterületű összekötéséhez.
- Vastagság: 2 mm.
- Lyukátmérő: 5 mm.

Méret mm	Eng. terhelés merőlegesen a szárirányra		Eng. terhelés száriránytal párhuzamosan		kg/cs.	Cikkszám	Cse./ db
	Eng. terhelés kN-ban	Gyűrű- szeg szám	Eng. terhelés kN-ban	Gyűrű- szeg szám			
40 x 120	2,10	3	-	-	6,9	0681 040 120	100
40 x 160	2,80	4	-	-	9,2	0681 040 160	
60 x 120	3,50	5	-	-	5,25	0681 060 120	
60 x 140	3,50	5	-	-	6,05	0681 060 140	50
60 x 160	5,00	7	1,40	2	7,0	0681 060 161	
60 x 200	7,15	10	3,50	5	8,7	0681 060 200	
60 x 240	8,50	12	5,00	7	10,4	0681 060 240	25
80 x 200	10,00	14	5,00	7	6,0	0681 080 200	
80 x 240	12,00	17	7,10	10	7,0	0681 080 240	
80 x 300	15,00	21	10,00	14	8,68	0681 080 300	
100 x 140	6,40	9	-	-	5,0	0681 080 140	
100 x 160	9,20	13	2,80	4	6,0	0681 080 160	
100 x 200	12,80	18	6,40	9	7,2	0681 100 200	
100 x 240	15,70	22	9,20	13	8,75	0681 100 240	
100 x 260	16,40	23	10,00	14	9,4	0681 100 260	
100 x 300	19,30	27	12,80	18	10,83	0681 100 300	
120 x 200	15,70	22	7,80	11	8,75	0681 120 200	
120 x 240	19,30	27	11,40	16	10,4	0681 120 240	
120 x 300	23,50	33	15,70	22	13,0	0681 120 300	

M 04.00.15.08.08.003
 Szemléletbeli ki. 2006. Budapest, Győr útsz. 2. Tel. 23/418.130

Eseti terhelésnél a táblázati értékek 25%-kal növelhetők.

Általánosan érvényes:

Egy húzásnak kitett szeglemez engedélyezett terhelési értéke a következők szerint számítható:

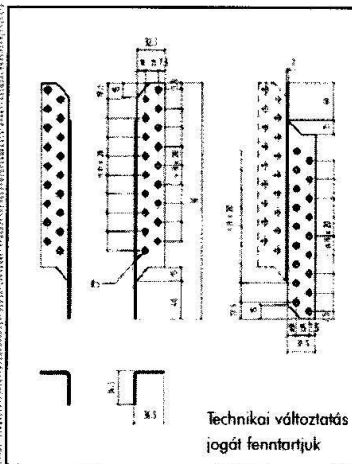
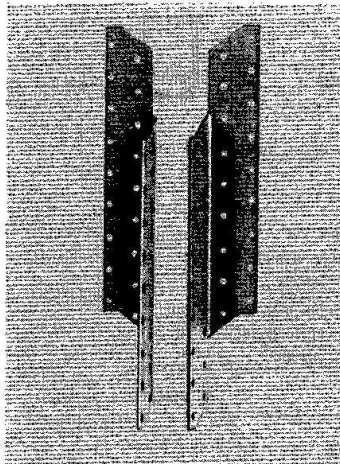
$$\text{eng. } F \text{ szeglemezenként} = 0,12 \cdot s \cdot b \text{ (kN)}$$

$$\text{vagyis} \quad 0,715 \cdot n \text{ (kN)}$$

s = szeglemez vastagság mm

b = szeglemez szélesség mm

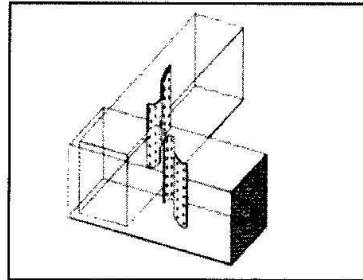
n = gyűrűszegek száma egy fereszben



Szarufarögítő

Típus jobbos, balos

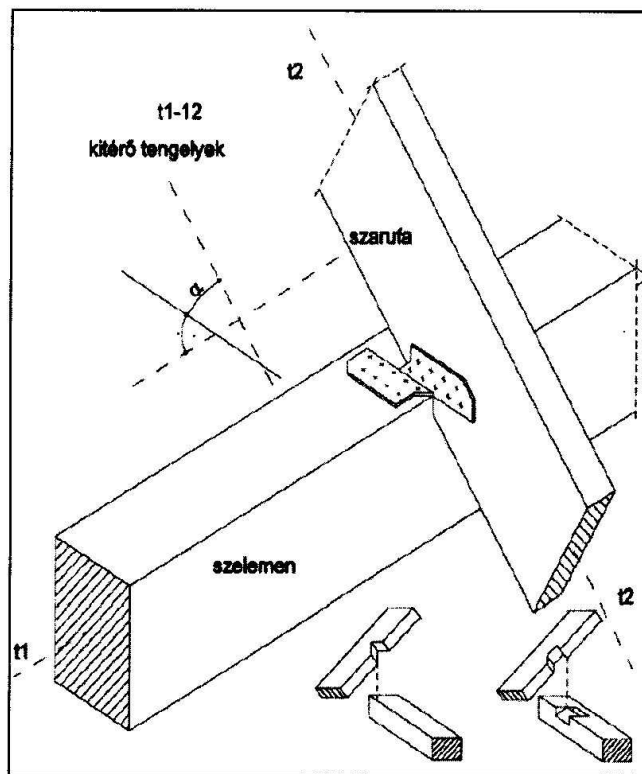
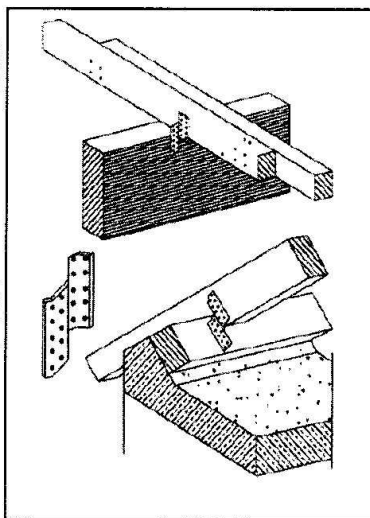
- A szarufarögítő kifűően alkalmazható olyan tetőszerkezeteknél, ahol a szarufákat a belső oldalról burkolni akarják (pl.: faborítás).
- Alkalmazható:
 - a szarufa szelemenhez való rögzítéséhez
 - a fogófa függesztéséhez
- Anyagvastagság: 2 mm.
- Lyukátmérő: 5 mm.



Magasság mm	2 szarufarögítő csatlakozásonként (diagonálás)		4 szarufarögítő csatlakozásonként		kg/cs.	Cikkszám	Cse./ db
	szegszám/ csatlakozás	max F1 kN-ban	szegszám/ csatlakozás *	max F1 kN-ban			
170	4 x 4 = 16	3,65	8 x 4 = 32	7,30	9,6	0681 170 000	100
210	4 x 6 = 24	4,85	8 x 6 = 48	9,70	6,8	0681 210 000	50
250	4 x 10 = 40	6,00	8 x 10 = 80	12,00	8,45	0681 250 000	20
290	4 x 12 = 48	7,60	8 x 12 = 96	15,20	4,2	0681 290 000	
330	4 x 14 = 56	9,00	8 x 14 = 112	18,00	4,8	0681 330 000	
370	4 x 16 = 64	9,80	8 x 16 = 128	19,60	5,6	0681 370 000	

Esesti terhelésnél a táblázati értékek 25%-kal növelhetők.

*Gyűrűszeg 4,0 x 50

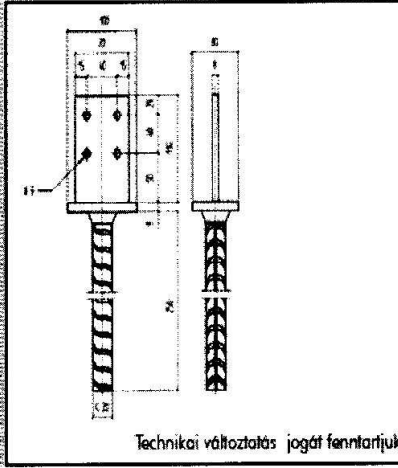
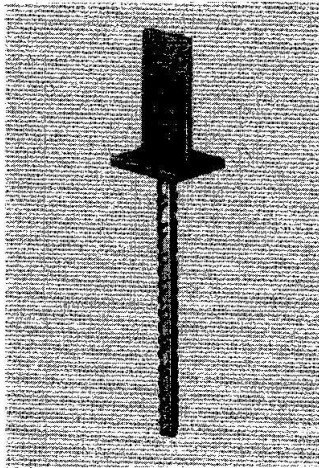


**Hagyományos fakötések kiváltása szarufarögítővel
(szarufa - szelemen kapcsolat - rováások)**

08/2002

H.04.001.2/B.05.0218

H. Szereléstechnika Kft. 2040 Budafok, Gyár utca 2. Tel.: 23/418.130



Oszloptartó

T forma

Látszó gerendákhoz.

Alkalmos nehéz igénybevételű faszerkezetekhez.

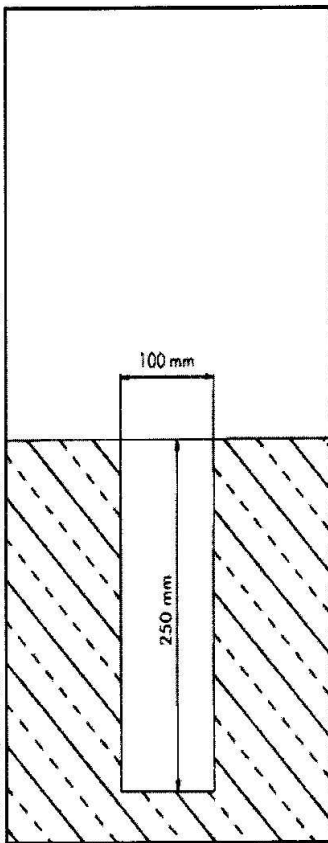


bebetonozható

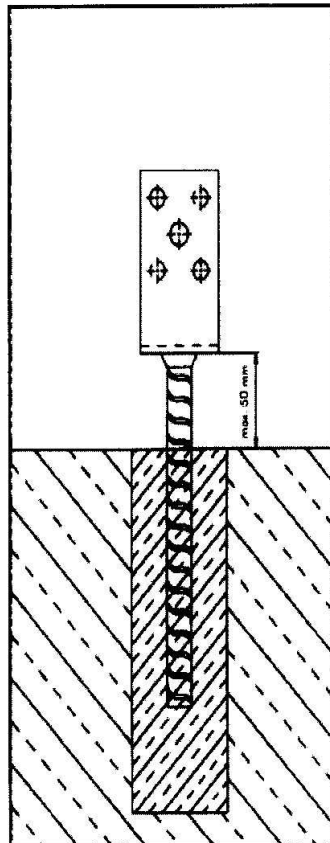
• Betonvas átmérő 20 mm, L 250 mm.

Méret mm	Féműske	Nyom. F eng. kN-ban	Húz. F eng. kN-ban	Horizont eng. kN-ban	kg/cs.	Cikkszám	Cse./db
80x70x110x100x250	4 dbx8,0 mm	21,00	16,00	0,40	10,8	0681 080 110	10

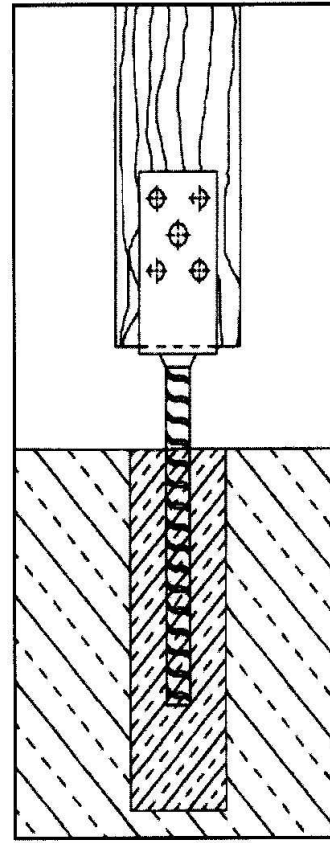
Eseti terhelésnél a táblázati értékek 25%-kal növelhetők.



Az alapba egy 100 x 100 x 250 mm-es furatot kell kialakítani.

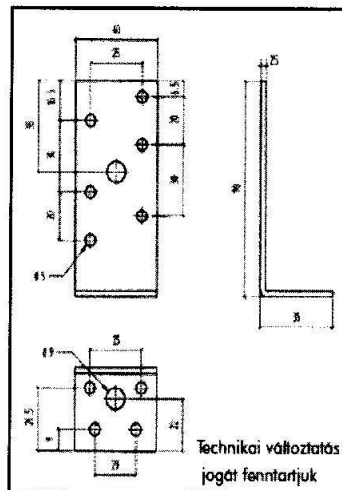
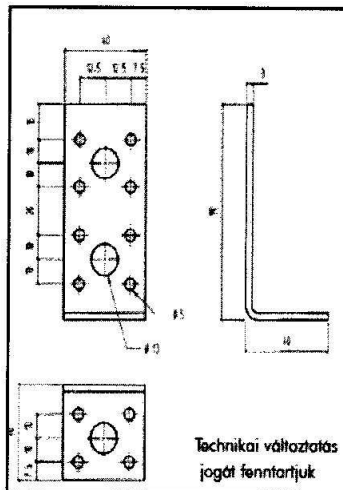
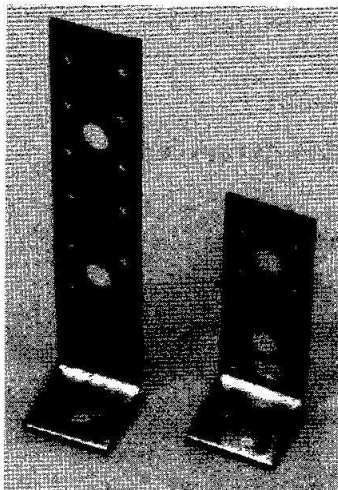


Az oszloptartót be kell betonozni. A beton kikeményedése után szerelhető rá a farész.



A fa oszlop féműskével rögzíthető.

06/7002 H 04.00.17/8 05 0 223 40 Budapest, Győr u. 2. Tel.: 23/ 4 18-130



B1, B2 típusú sarokösszekötő rögzítés

4 x 40 - 4 x 60 gyűrűszeggel és/vagy M12 fixhorgonnyal

Magnevezés	Méret mm	Engedélyezett terhelhetőség kN-ban gyűrűszeggel	Engedélyezett terhelhetőség kN-ban nagyterhelhető dübellel (átm. M12)	kg/cs.	Cikkszám	Csa./db
B1	40x160x40x3,0	19,4	14,8	8,9	0681 050 160	50
B2	40x90x40x3,0	12,25	12,25	5,75	0681 035 90	

Eseti terhelésnél a táblázati értékek 25%-kal növelhetők.

A sarokösszekötőn található összes lyukszámot 4 x 50-es gyűrűszeggel kell kitölteni a megfelelő rögzítéshez. Fa szélessége: min. 60 mm.

Sarokösszekötő dübellel rögzíthető

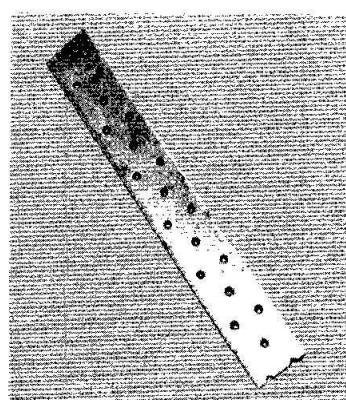
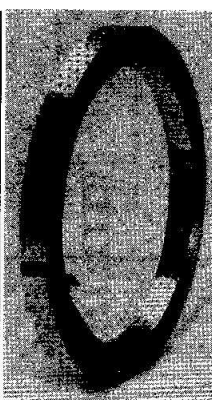
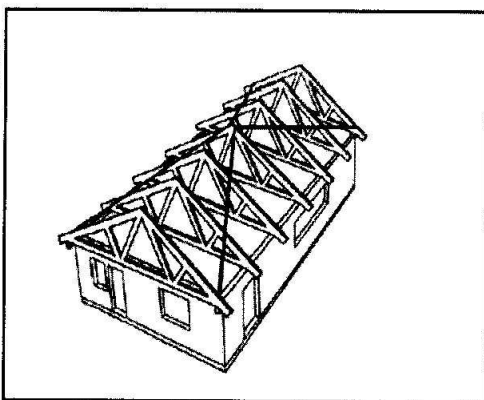


- B1: Szarufák betonlaphoz való rögzítésére.
- B2: Fát fával vagy más anyaggal összekapcsolni sarokösszekötéseknél.

08/2007

H 04 001 6/B 05 02 22

enaktechnika Kft. 2040 Budakesi, Győr úca 2. Tel.: 2 3/ 41.8.130



Méret mm Széles. x vastags.	Engedélyezett terhelhetőség kN-ban gyűrűszeggel	kg/cs.	Gyűrűszegszám max. terhelésnél	Cikkszám	Csa./db
40 x 2	9,5	28,5	14	0681 040 250	1
60 x 2	14,4	44,0	21	0681 060 250	

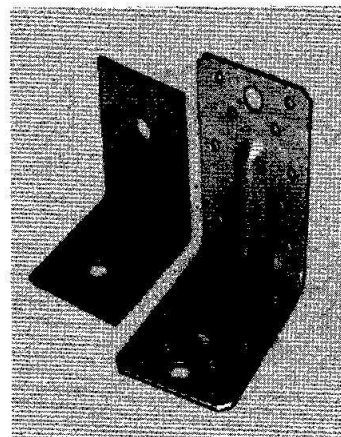
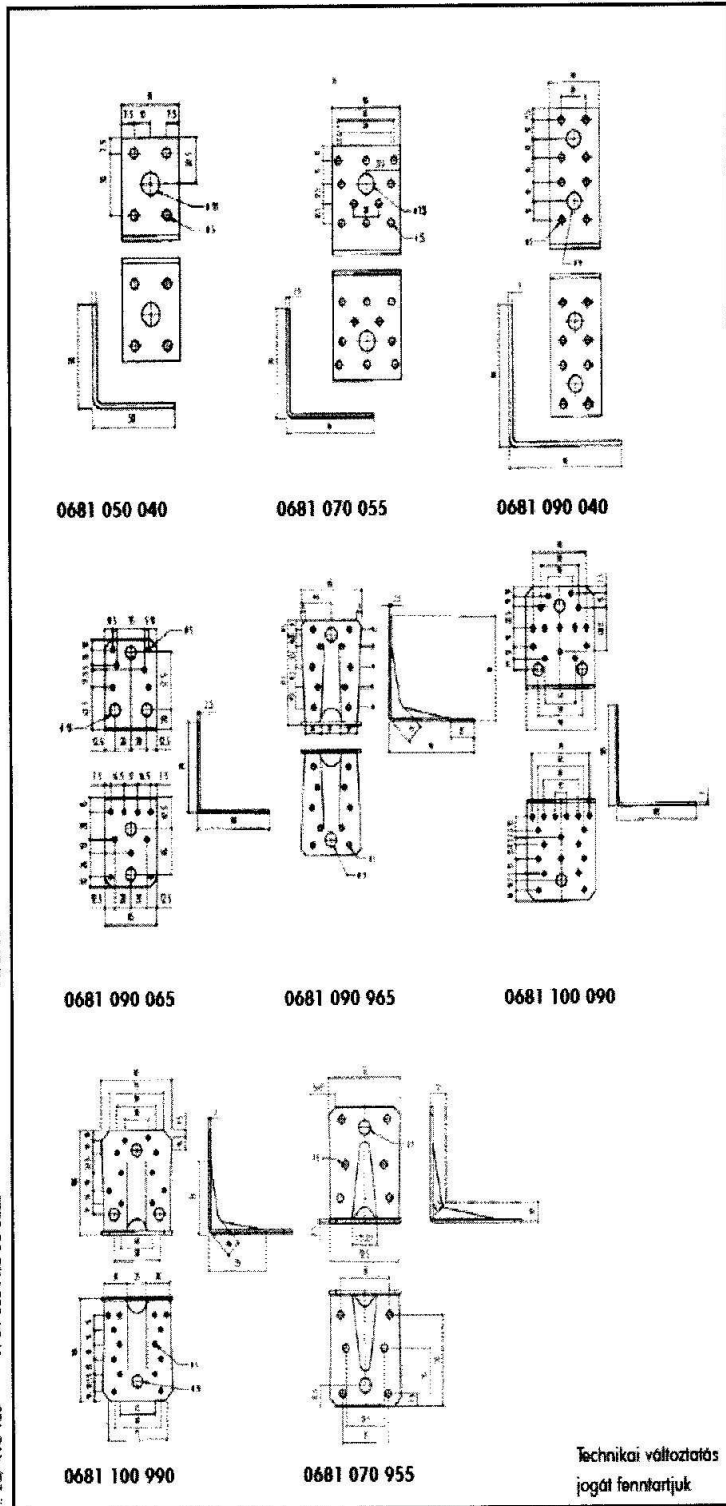
Eseti terhelésnél a táblázati értékek 25%-kal növelhetők.

4 x 50-es gyűrűszeggel rögzítve.

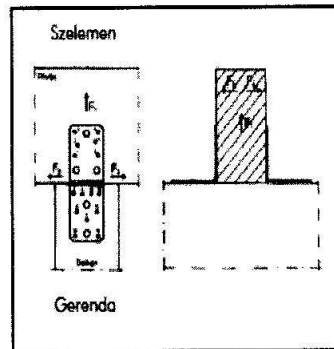
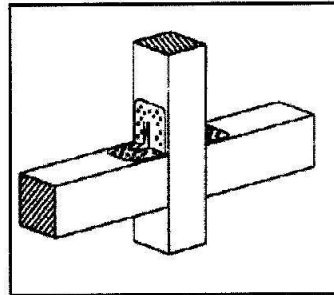
Szélrácpánt

- Horganyzott acéllemez.
- Furatátmérő: 5 mm.
- Szalaghossz: 50 m.
- Rögzítés gyűrűszeggel cikkszám: 681 940 ...
- Húzószilárdság:
40 mm széles 9,6 kN; 13 szeg/m
60 mm széles 14,4 kN; 20 szeg/m.





Sarokelem A Típus



Technikai változtatás
jogát fenntartjuk

Méret mm	Vastag -sóg mm	max F1 kN-ban	max F2 = F3 kN-ban	max F4 = F5 kN-ban	kg/cs.	Cikkszám	Csa./ db
50 x 50 x 35 ¹⁾	2,5	-	-	-	8,85	0681 050 040	150
70 x 70 x 55 ¹⁾	2,5	-	-	-	6,9	0681 070 055	50
70 x 70 x 55 ²⁾	2,5	-	-	-	6,9	0681 070 955	
90 x 90 x 40 ¹⁾	3,0	3,6	2,4	3,8	7,8	0681 090 040	
90 x 90 x 65 ¹⁾	2,5	1,4	2,6	4,55	9,75	0681 090 065	25
90 x 90 x 65 ²⁾	2,5	5,2	3,5	5,6	9,75	0681 090 955	
105 x 105 x 90 ¹⁾	3,0	2,8	4,45	4,5	9,45	0681 100 090	
105 x 105 x 90 ²⁾	3,0	7,0	5,3	5,7	9,45	0681 100 990	

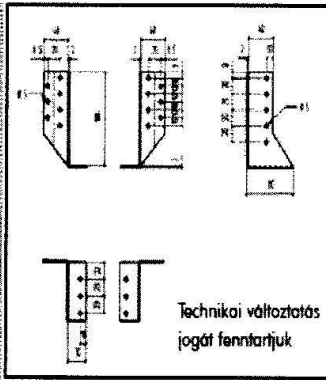
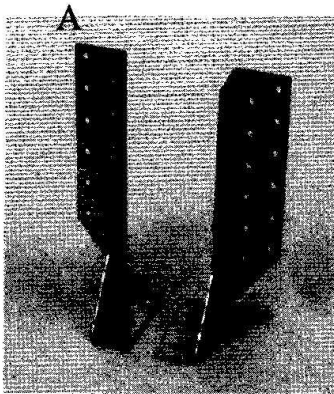
Gyűrűszeg 4 x 50

Eseti terhelésnél a táblázati értékek
25%-kal növelhetők.

Csatlakozásonként 2 sarokelem
szükséges.

¹⁾ erősítés nélküli

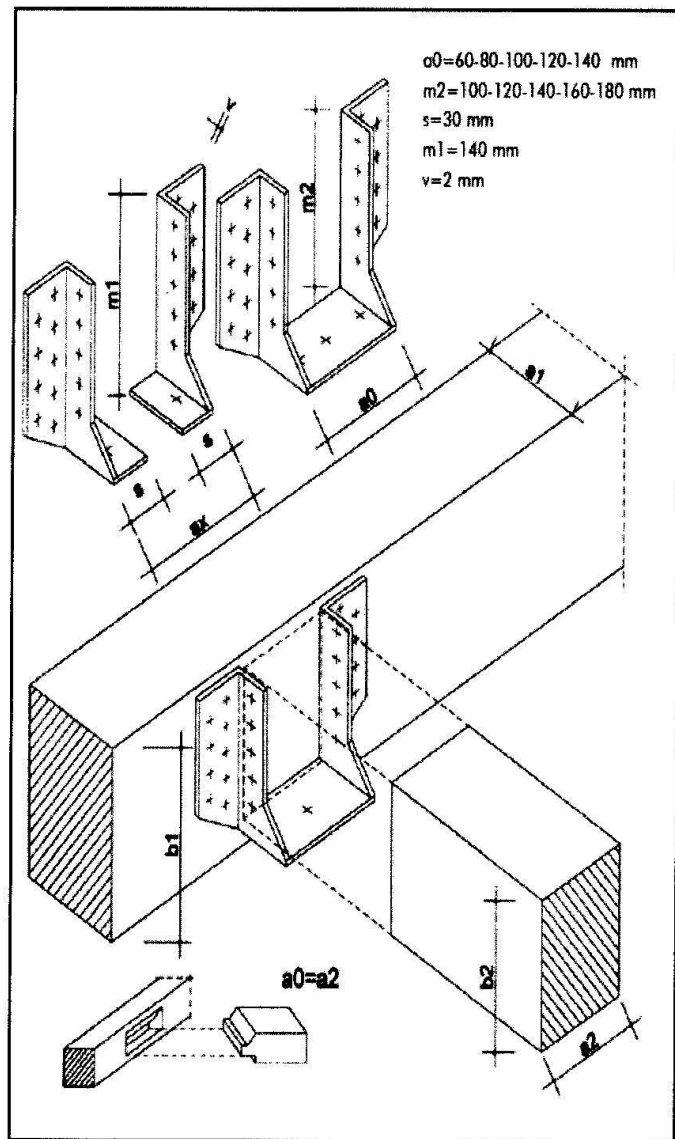
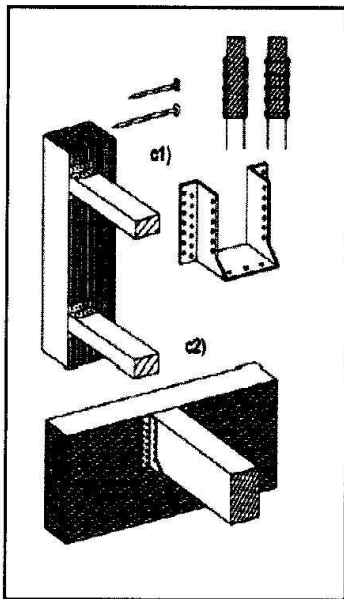
²⁾ erősített



Gerendapapucs (kétrészes)

- Ideális teherhordóelem fagerendák összekapcsolásához.
- Mindegyik kivétel alkalmas teli- és ragasztottgerendákhoz is.
- Galvánhorganyzott acéllemez, 275 g/m² -es felületi horganyréteggel.

Méret mm	Vastagság mm	Furat-Ø mm	kg/cse.	Cikkszám	Cse./db
30 x 100	2,0	5,0	7,5	0681 030 100	25 pár
30 x 150			10,4	0681 030 150	50 db



**Hagyományos fakötések kiváltása gerendapapucssal
(gerenda - gerenda síkbeli kapcsolatok)**

Technikai Kft. / 4440 Sándorcsanak, Csepel Úrsz. 18. / 2351 418-180 / H 04 / ÚZ1 / 1/8 / 03 / ÚZ1 / 7