

TARTALOMJEGYZÉK

A FA TARTÓSZERKEZETEK SEGÉDLET II. RÉSZÉHEZ

4. KÖZPONTOSAN HÚZOTT ÉS KÖZPONTOSAN NYOMOTT RUDAK.....	56
4.1 Húzás rostirányban.....	56
4.2 Nyomás rostirányban.....	56
4.2.1 Nyomott rudak stabilitásvesztésének (kihajlásának) vizsgálata.....	56
4.2.2 Nyomott rudak stabilitásvesztésének (kihajlásának) egyszerűsített vizsgálata.....	57
4.2.3 Az l_{ef} kihajlási hossz meghatározása.....	60
4.2.4 A téglalap keresztmetszetű, kétszer szimmetrikus kialakítású, kétszelvényű rudak keresztmetszeti jellemzőinek meghatározásához használt α_x , α_w és α_f segédmennyiségek.....	61
4.2.5 Az osztott keresztmetszetű rudak számítása.....	62
4.2.6 A V_d fiktív nyíróerő meghatározása.....	62
5. HAJLÍTOTT TARTÓK.....	64
5.1 Egyenes hajlítás.....	64
5.2 A k_{crit} tényező értékel hajlított és külpontosan nyomott rudak kifordulásvizsgálatához.....	66
5.3 Ferde hajlítás.....	67
5.4 Nyírás.....	68
5.5 Csavarás.....	69
6. KÜLPONTOS IGÉNYBEVÉTELEK.....	70
6.1 Külpontos húzás.....	70
6.2 Külpontos nyomás.....	70
6.2.1 Az egyirányban külpontos nyomás egyszerűsített képletei és a teherbírási tartományok ábrái.....	71
6.2.2 A kétfirányban külpontos nyomás képletei és a térbeli teherbírási tartományok axonometrikus ábrái.....	73
7. HASZNÁLHATÓSÁGI HATÁRÁLLAPOTOK.....	74
7.1 Alakváltozások.....	74
7.1.1 Általános követelmények.....	74
7.1.2 A kapcsolatok csúszása.....	75
7.1.3 A szerkezeti (természetes) faanyagok, a rétegelt-ragasztott tartók és az LVL-termékek kúszási alakváltozásainak meghatározásához használt tényezők és együtthatók.....	78
7.1.4 Gerendák lehajlásának határértékel.....	79
7.2 Lengések.....	80
7.2.1 Lakóépületek közbelső földemeinek lengéssel.....	80

4. KÖZPONTOSAN HÚZOTT ÉS KÖZPONTOSAN NYOMOTT RUDAK

4.1 Húzás rostirányban

A következő feltételt kell teljesíteni:

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

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

4.2 Nyomás rostirányban

A következő feltételt kell teljesíteni:

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

A stabilitásvesztés lehetőségét is meg kell vizsgálni.

4.2.1 Nyomott rudak stabilitásvesztésének (kihajlásának) vizsgálata

A relatív karcsúsági tényezők értékei a következők:

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

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

$\ell_{ef,y}$ a kihajlási hossz

i_y az inerciasugár

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

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

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

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

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

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

β_c az egyenességi követelmény tényezője:

természetes faanyag esetén

$$\beta_c = 0,2$$

rétegelt-ragasztott és LVL faanyag esetén

$$\beta_c = 0,1$$

4.2.2 Nyomott rudak stabilitásvesztésének (kihajlásának) egyszerűsített vizsgálata

A λ_{rel} tényező számítása

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

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

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

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

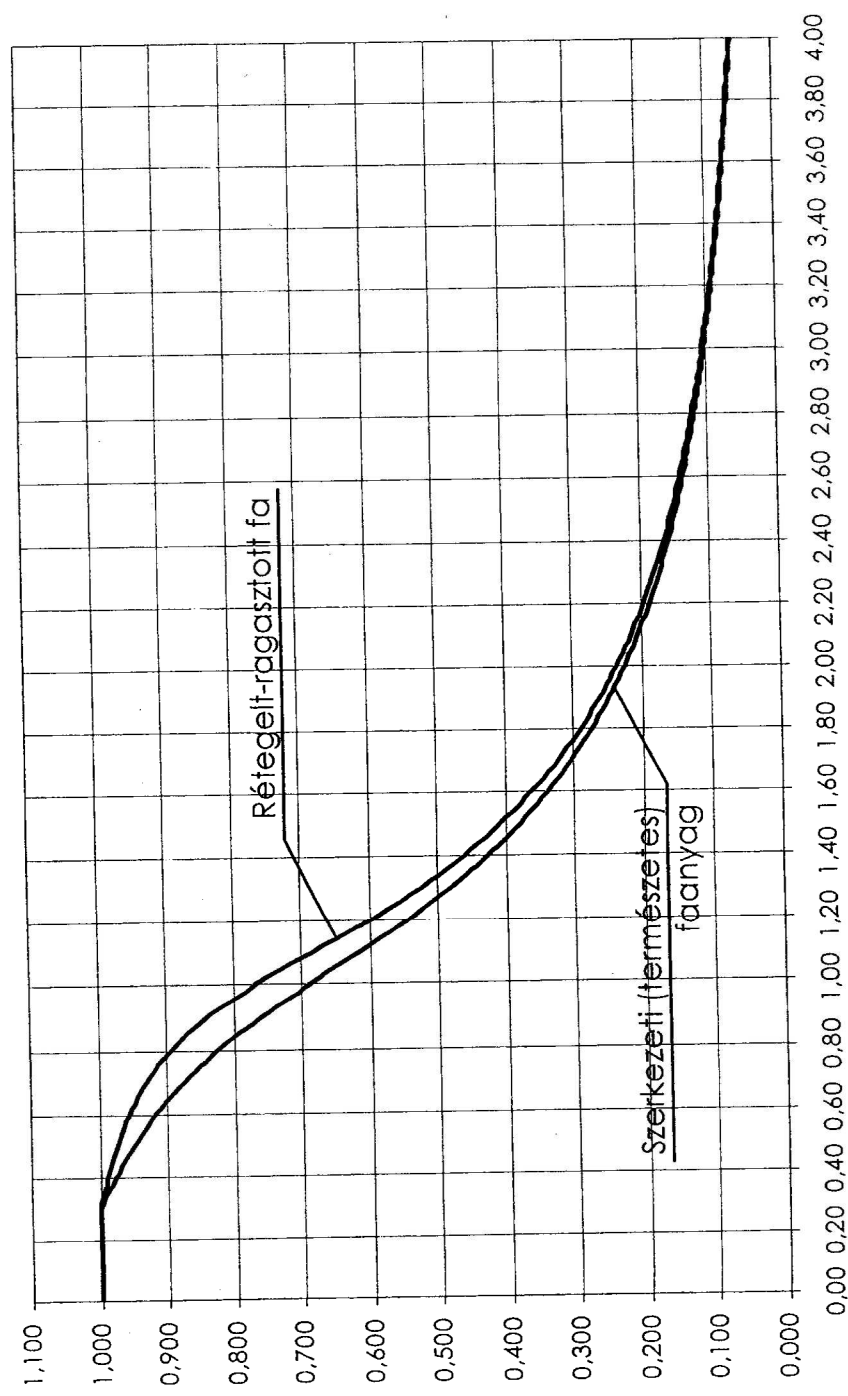
λ_E értéke – mivel csak az anyagjellemzőktől függ – szilárdsági osztályonként előre kiszámítható és táblázatba foglalható. (lásd 2.2.1 és 2.2.2 fejezet)

A k_c tényező számítása

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

k_c

A k_c tényező értékei



λ_{rel}

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

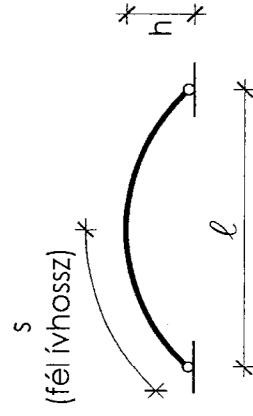
4.2.3 Az l_{ef} kihajlási hossz meghatározása

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

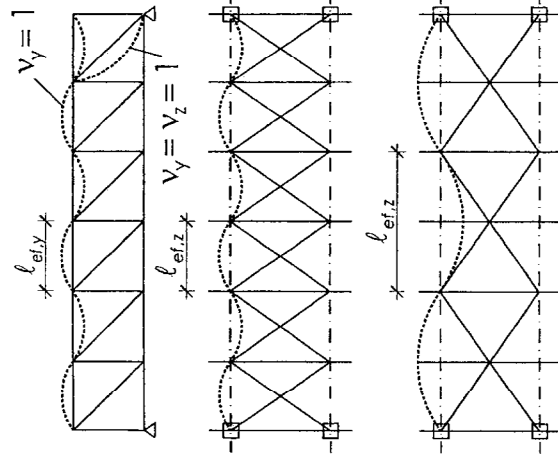
V értéke az elemi szilárdságtan szerint	1,0	0,7	0,5	1,0	2,0	1,2
V értéke fa esetében, a félmeres (rugalmas) kapcsolat közelítő figyelembevételével	1,0	0,8	0,65	1,2	2,2 (gyűrű, tárcsa) 2,5 (csavar)	1,3 (gyűrű, tárcsa) 1,4 (csavar)
V értéke fa esetében, a félmeres (rugalmas) kapcsolat pontosabb figyelembevételével					$\sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l \cdot K_r}}$ (Itt K_r , a kapcsolat elfordulási merevsége)	

Két- és háromcsuklós ívek:

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

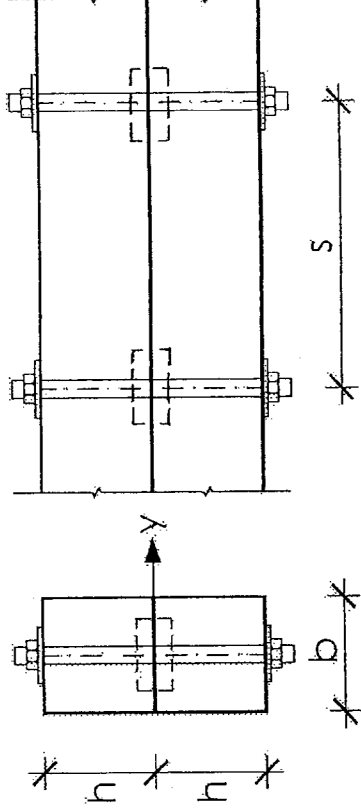


Rácsostartók:



A normálért a méretezés során szabad a negyed pontokban fellépő normálértéket figyelembe venni.

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



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

, ahol s a kapcsolóelemek osztásköze

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

$K \left[\frac{N}{mm} \right]$ a csúszási tényező

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

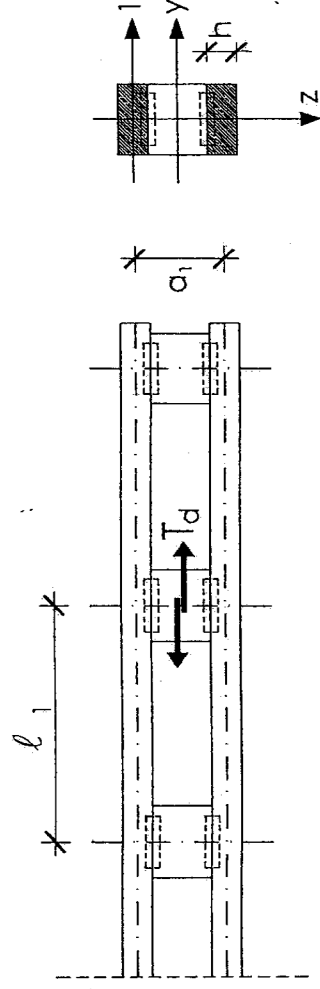
ℓ a rúd hossz

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

A kötés fajtája	γ_1	$\alpha_1 = \frac{1 + 7 \cdot \gamma_1}{4 + 4 \cdot \gamma_1}$	$\alpha_W = \frac{1 + 7 \cdot \gamma_1}{2 + 6 \cdot \gamma_1}$	$\alpha_F = \frac{4 \cdot (12 \cdot \gamma_1 + 12 \cdot \gamma_1^2)}{3 \cdot (2 + 16 \cdot \gamma_1 + 14 \cdot \gamma_1^2)}$
Összekapcsolás nélkül	0,00	0,250	0,500	0,000
	0,05	0,321	0,587	0,296
	0,10	0,386	0,654	0,471
	0,15	0,446	0,707	0,585
Átmenő csavar *	0,20	0,500	0,750	0,667
	0,25	0,550	0,786	0,727
Gyűrű, tárcsa, szeg, facsavar *	0,30	0,596	0,816	0,774
	0,35	0,639	0,841	0,812
	0,40	0,679	0,864	0,842
	0,45	0,716	0,883	0,867
	0,50	0,750	0,900	0,889
	0,55	0,782	0,915	0,907
	0,60	0,813	0,929	0,923
	0,65	0,841	0,941	0,937
	0,70	0,868	0,952	0,949
	0,75	0,893	0,962	0,960
	0,80	0,917	0,971	0,970
	0,85	0,939	0,979	0,978
	0,90	0,961	0,986	0,986
	0,95	0,981	0,994	0,993
Egyszelvényű, ragasztás	1,00	1,000	1,000	1,000

* Pontosabb számítás hiányában

4.2.5 Az osztott keresztmetszetű rudak számítása



$$\lambda_{ef,y} = \sqrt{\lambda_y^2 + \eta \cdot \lambda_1^2}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{tot,y}}{A_{tot}}} = \sqrt{i_1^2 + \left(\frac{a_1}{2}\right)^2}$$

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

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

4.2.6 A V_d fiktív nyíróerő meghatározása

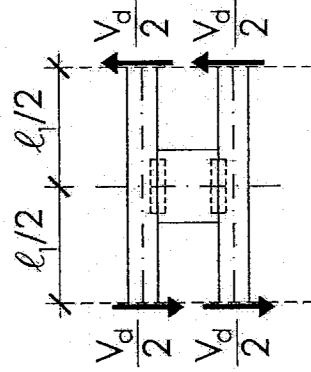
$$V_d = \begin{cases} \frac{F_{c,d}}{120 \cdot k_c} & , \text{ ha } \lambda_{ef} < 30 \\ \frac{F_{c,d} \cdot \lambda_{ef}}{3600 \cdot k_c} & , \text{ ha } 30 \leq \lambda_{ef} < 60 \\ \frac{F_{c,d}}{60 \cdot k_c} & , \text{ ha } 60 \leq \lambda_{ef} \end{cases}$$

, ha $\lambda_{ef} < 30$

, ha $30 \leq \lambda_{ef} < 60$

, ha $60 \leq \lambda_{ef}$

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



A V_d fiktív nyíróerő közelítő számítása

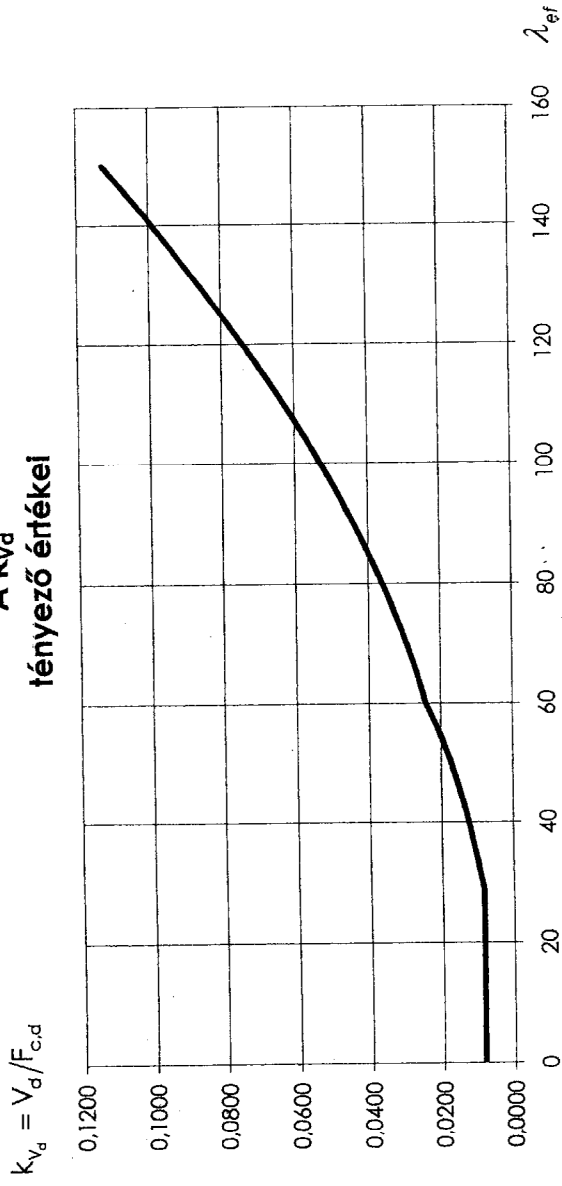
λ_{ef}	k_{Vd}
18	0,0050
19	0,0053
20	0,0056
21	0,0059
22	0,0062
23	0,0065
24	0,0068
25	0,0071
26	0,0075
27	0,0078
28	0,0081
29	0,0084
30	0,0088
31	0,0091
32	0,0095
33	0,0098
34	0,0102
35	0,0105
36	0,0109
37	0,0113
38	0,0117
39	0,0121
40	0,0125
41	0,0129
42	0,0133
43	0,0137
44	0,0142
45	0,0147
46	0,0151
47	0,0156
48	0,0162
49	0,0167
50	0,0172
51	0,0178

λ_{ef}	k_{Vd}
51	0,0210
52	0,0213
53	0,0216
54	0,0219
55	0,0222
56	0,0226
57	0,0230
58	0,0233
59	0,0238
60	0,0242
61	0,0246
62	0,0251
63	0,0256
64	0,0261
65	0,0266
66	0,0271
67	0,0276
68	0,0282
69	0,0288
70	0,0294
71	0,0300
72	0,0306
73	0,0312
74	0,0319
75	0,0325
76	0,0332
77	0,0339
78	0,0346
79	0,0353
80	0,0360
81	0,0368
82	0,0375
83	0,0383
84	0,0391

λ_{ef}	k_{Vd}
84	0,0391
85	0,0398
86	0,0406
87	0,0415
88	0,0423
89	0,0431
90	0,0439
91	0,0448
92	0,0457
93	0,0465
94	0,0474
95	0,0483
96	0,0492
97	0,0501
98	0,0511
99	0,0520
100	0,0529
101	0,0539
102	0,0549
103	0,0558
104	0,0568
105	0,0578
106	0,0588
107	0,0599
108	0,0609
109	0,0619
110	0,0630
111	0,0640
112	0,0651
113	0,0662
114	0,0673
115	0,0684
116	0,0695
117	0,0706

λ_{ef}	k_{Vd}
117	0,0706
118	0,0717
119	0,0728
120	0,0740
121	0,0751
122	0,0763
123	0,0775
124	0,0787
125	0,0799
126	0,0811
127	0,0823
128	0,0835
129	0,0847
130	0,0860
131	0,0872
132	0,0885
133	0,0897
134	0,0910
135	0,0923
136	0,0936
137	0,0949
138	0,0962
139	0,0976
140	0,0989
141	0,1002
142	0,1016
143	0,1030
144	0,1043
145	0,1057
146	0,1071
147	0,1085
148	0,1099
149	0,1113
150	0,1128

A k_{Vd}
tényező értékei



5. HAJLÍTOTT TARTÓK

5.1 Egyenes hajlítás

A feszültségek feleljenek meg a következő feltételeknek:

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

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

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

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

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

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

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

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

A relatív karcsúsági tényező értéke általános alakú keresztmetszet esetében:

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

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

, ahol: I_{tor} a csavarási inercianyomaték

ℓ_{ef} a gerenda effektív hossza, mely a megtámasztási viszonyoktól és a teher fajtájától függ az alábbi táblázat szerint

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

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

Téglalap keresztmetszetű puhafa (fenyő) gerendák esetén:

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

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

A továbbiakban csak az ábra szerinti téglalap keresztmetszetekkel foglalkozunk.

Ezekre

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

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

b, h az ábra szerint
 ℓ_{ef} pontosabb számítás

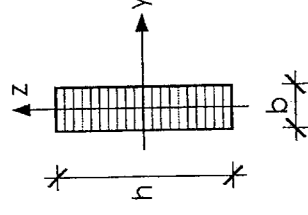
számítás hiányában az elcsavarodás ellen megtámasztott keresztmetszetek távolsága

$$\lambda_{E,m} = \sqrt{\frac{0,78 \cdot E_{0,05}}{f_{m,k}}} \text{ csak az anyagjellemzőktől függ,}$$

táblázatba foglalható (lásd. 2.2.1 és 2.2.2)

Rétegeit-ragasztott tartók esetén, ha $\lambda_m^2 = \frac{\ell_{ef} \cdot h}{b^2} \leq 140$, akkor további számítás nélkül

feltételezhetjük, hogy kifordulásveszély nem áll fenn és $k_{crit} = 1,0$ (Ez a szabály az EUROCODE-ban nem szerepel, a DIN-ből vettük át.)



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

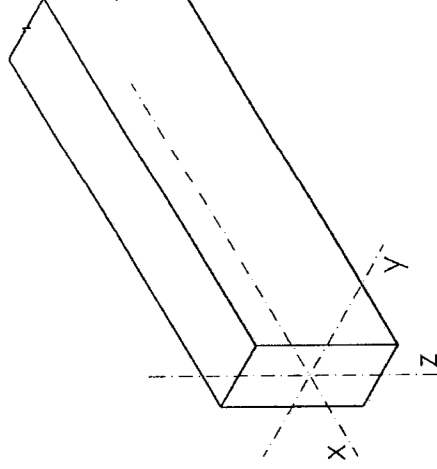
$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}
$\leq 0,75$	1,00	1,00	0,810	1,50	0,444	2,00	0,250	2,52	0,157
		1,02	0,795	1,52	0,433	2,02	0,245	2,54	0,155
		1,04	0,780	1,54	0,422	2,04	0,240	2,56	0,153
		1,06	0,765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

5.3 Ferde hajlítás

A következő feltételeket kell teljesíteni:

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

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



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

A k_m tényező értékét a következő módon kell figyelembe venni:

$$k_m = 0,7$$

$$k_m = 1,0$$

- téglalap keresztmetszet esetén:

- egyéb keresztmetszet esetén:

A stabilitásvesztés lehetőségét is meg kell vizsgálni.

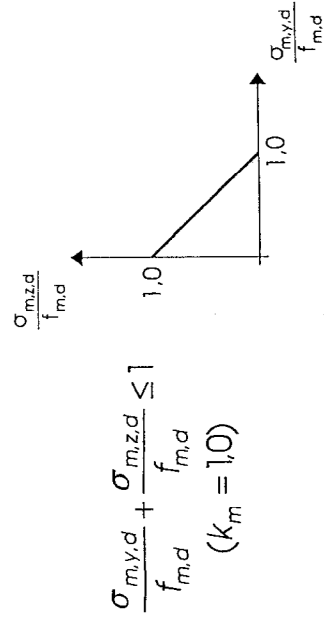
Megjegyezzük, hogy az EUROCODE az "a stabilitásvesztés lehetőségét is meg kell vizsgálni" utasításon túl nem ad útmutatást a ferde hajlítás és a kifordulásvesztés hatásának együttes figyelembevételére. Ennek javasolt módja $f_{m,y,d}$ helyett $k_{crit} \cdot f_{m,y,d}$ szerepeltetése:

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

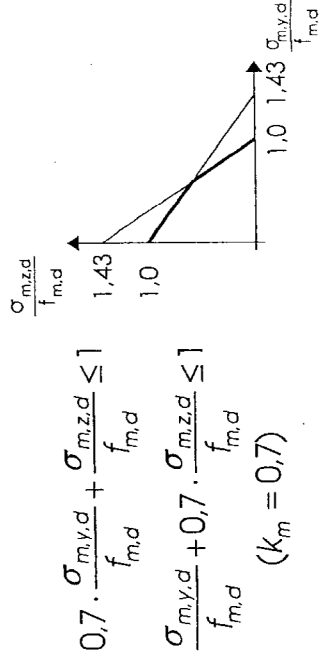
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

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

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



$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (k_m = 1,0)$$



$$0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (k_m = 0,7)$$

Belátható, hogy a szilárdságtanból jól ismert $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$ képlet biztonságos közelítést jelent. Ha ezzel a képlettel a vizsgálat eredménye „megfelel”, akkor biztosan megfelel, ha „nem felel meg”, de $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1,2$, akkor alkalmazhatjuk a kibővített teherbírási tartománynak megfelelő „eredeti” $0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$ és $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$ képletpárt.

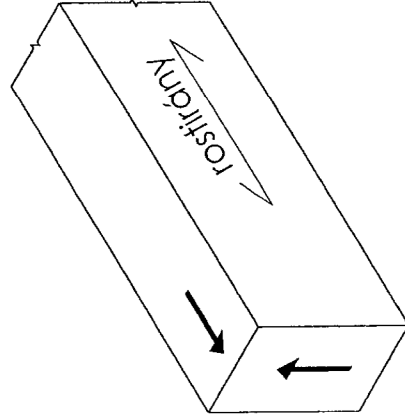
Az EUROCODE nem ad feltételeit a kibővített teherbírási tartomány alkalmazására, de a DIN-re és saját megfontolásainkra támaszkodva alkalmazását nem javasoljuk $h/b > 4$ arányú keresztmetszet esetén.

5.4 Nyírás

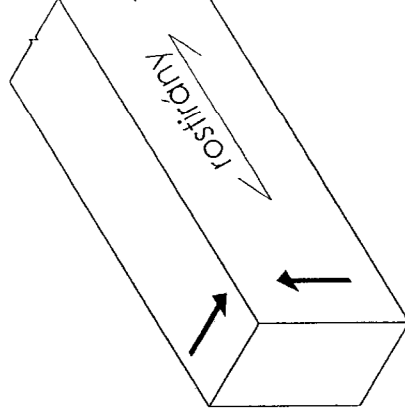
Azokban az esetekben, amikor az egyik nyírófeszültség komponens párhuzamos a rostokkal (az a) ábra szerint), illetve mindkét komponens merőleges a rostokra (a b) ábra szerint) az alábbi feltételeit kell kielégíteni:

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

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

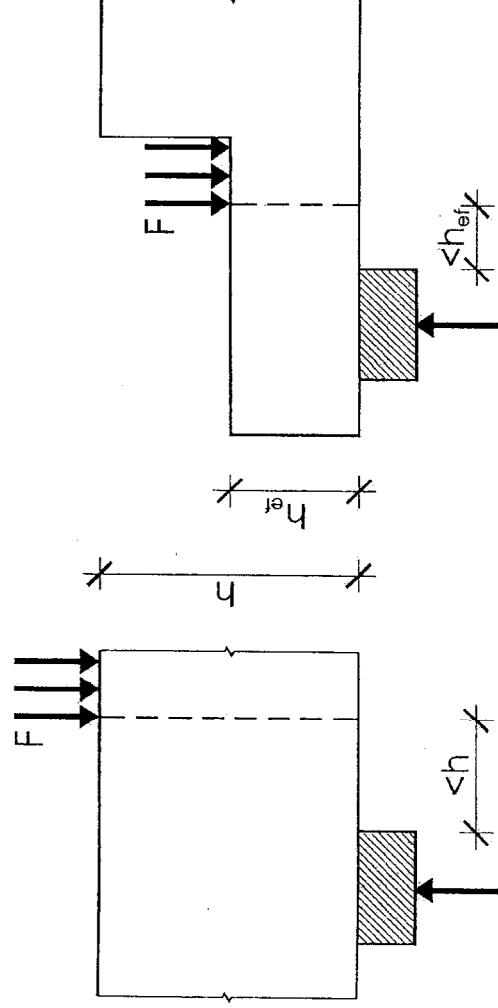


a) az egyik nyírófeszültség komponens párhuzamos a rostokkal



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

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



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

5.5 Csavarás

Csavart rudak vizsgálatakor az alábbi feltételt kell kielégíteni:

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

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

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

6. KÜLPONTOS IGÉNYBEVÉTELEK

6.1 Külpontos húzás

A következő feltételeket kell teljesíteni:

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

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

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

6.2 Külpontos nyomás

A következő feltételeket kell teljesíteni:

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

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

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

A stabilitásvesztés lehetőségét is meg kell vizsgálni!

„Oszlopok”

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

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

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

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

Minden más esetben a feszültségek feleljenek meg a következő feltételeknek:

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

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

„Gerendák”

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

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

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

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

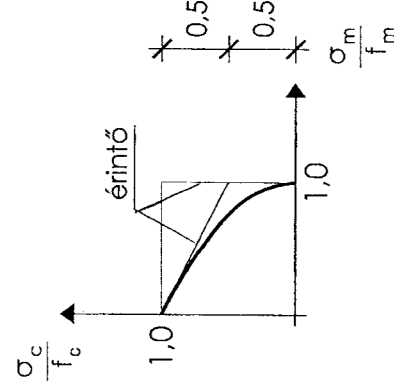
6.2.1 Az egyirányban külpontos nyomás egyszerűsített képletei és a teherbírási tartományok ábrái

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

A) Zömök rudak:

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

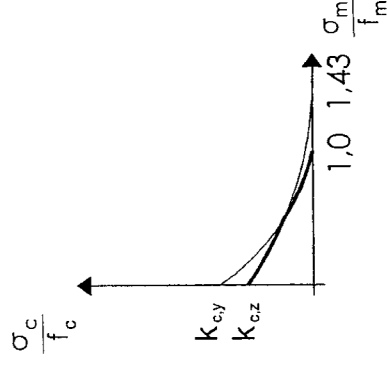
$$(A) \quad \left(\frac{\sigma_c}{f_c} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y}}{f_m} \leq 1$$



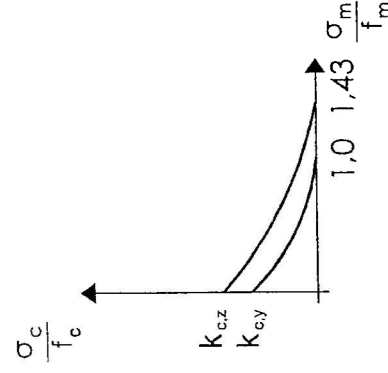
B) Kífordulás ellen kellően megtámasztott ill. kifordulásra zömök rúdak:

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

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



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



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

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

Pontosabb számítás hiányában itt:

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

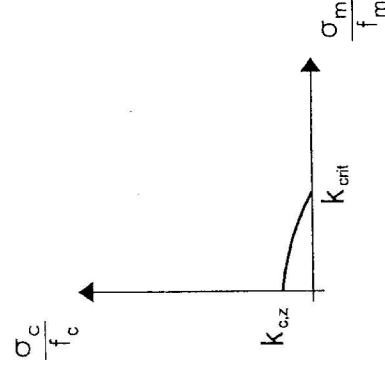
, ahol M_y az elsőrendű elmélettel meghatározott nyomaték

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

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

C) Kífordulásra veszélyes rúdak:

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



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

$\sigma_{m,y}$ hasonlóan számítható a B) pontban leírtakhoz.

(Az EUROCODE nem írja elő, de $\frac{\sigma_m}{f_m}$ kis értékénél meg kell nézni (B)-t is!)

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

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

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

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

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

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

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

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

Pontosabb számítás hiányában:

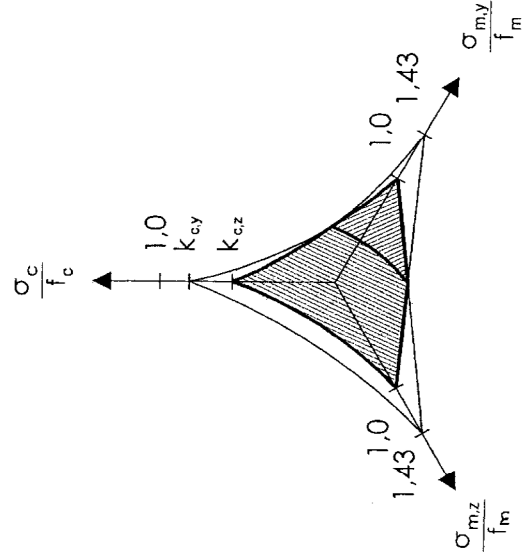
$$\sigma_{m,y} = k_{II,y} \cdot \frac{M_y}{W_y};$$

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

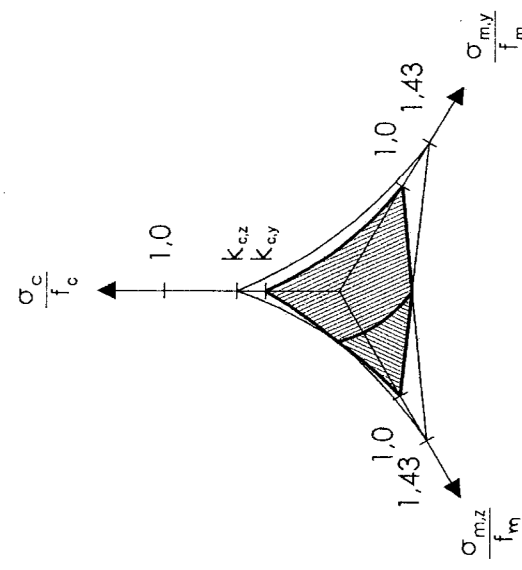
$$k_{II,y} = \frac{1}{1 - \frac{F_c}{A \cdot f_c} \cdot \left(\frac{\lambda_y}{\lambda_E} \right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{\sigma_c}{f_c} \cdot \lambda_{rel,y}^2}$$

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

A térbeli teherbírási tartományok axonometrikus ábrái:



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



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

7. HASZNÁLHATÓSÁGI HATÁRÁLLAPOTOK

7.1 Alakváltozások

7.1.1 Általános követelmények

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

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

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

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

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

$$U_{fin} = U_{fin,G} + U_{fin,Q} + U_{fin,Q}$$

összefüggés alapján számítható, ahol

$$\begin{aligned} U_{fin,G} &= U_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \\ U_{fin,Q} &= U_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \\ U_{fin,Q} &= U_{inst,Q} \cdot (\psi_{0,1} + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \end{aligned}$$

,és: $\psi_{2,1}$ és $\psi_{0,1}$ az esetleges terhek kvázi-állandó értékének együtthatói

$\psi_{0,1}$ az esetleges terhek kombinációs értékének együtthatói

k_{def} az alábbi táblázat szerint:

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

Kapcsolatok esetén:

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

7.1.2 A kapcsolatok csúszása

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

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

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

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

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

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

A kapcsolatok pillanatnyi csúszási tényezőjének értéke teherbírás határállapotban:

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

A K_{ser} pillanatnyi csúszási tényező értékei

Előfűrt szegezés esetén:

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

	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70	GL24C GL28C	GL28H GL32C	GL32H GL36C	GL36H	
2,5	0,71	0,77	0,81	0,84	0,90	0,94	1,00	1,07	1,14	1,22	1,76	1,89	2,0	2,4	2,6	3,9	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4
2,8	0,80	0,87	0,90	0,94	1,01	1,05	1,12	1,20	1,28	1,36	2,0	2,1	2,3	2,7	3,0	4,3	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5
3,1	0,88	0,96	1,00	1,04	1,12	1,16	1,24	1,33	1,42	1,51	2,2	2,3	2,5	2,9	3,3	4,8	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
3,4	0,97	1,05	1,10	1,14	1,23	1,27	1,36	1,46	1,55	1,65	2,4	2,6	2,7	3,2	3,6	5,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9
4,2	1,20	1,30	1,35	1,41	1,52	1,57	1,69	1,80	1,92	2,04	3,0	3,2	3,4	4,0	4,9	6,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3
4,6	1,31	1,42	1,48	1,54	1,66	1,72	1,85	2,0	2,1	2,2	3,2	3,5	3,7	4,4	4,9	7,1	1,7	2,0	2,2	2,3	2,5
5,0	1,42	1,55	1,61	1,67	1,80	1,87	2,0	2,1	2,3	2,4	3,5	3,8	4,0	4,7	5,3	7,7	1,9	2,1	2,4	2,5	2,7
5,5	1,57	1,70	1,77	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	3,9	4,1	4,4	5,2	5,8	8,5	2,1	2,4	2,6	2,8	3,0
6,0	1,71	1,86	1,93	2,0	2,2	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	4,2	4,5	4,8	5,7	6,4	9,3	2,2	2,6	2,8	3,0	3,3
6,5	1,85	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	4,6	4,9	5,2	6,2	6,9	10,0	2,4	2,8	3,1	3,3	3,5
7,0	2,0	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,4	4,9	5,3	5,6	6,6	7,4	10,8	2,6	3,0	3,3	3,5	3,8
7,6	2,2	0,7	0,2	2,5	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7	5,4	5,7	6,1	7,2	8,0	11,7	2,8	3,3	3,6	3,8	4,1

Előfűrés nélküli szegezés esetén:

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{30} \left[\frac{N}{mm} \right]$$

	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70	GL24C GL28C	GL28H GL32C	GL32H GL36C	GL36H
1,0	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,29	0,33	0,35	0,37	Kötelező előfűrés!									
1,2	0,25	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,33	0,38	0,41	0,43										
1,4	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,38	0,38	0,43	0,46	0,49										
1,6	0,32	0,35	0,36	0,37	0,40	0,42	0,42	0,48	0,51	0,54										
1,8	0,35	0,38	0,40	0,41	0,44	0,46	0,46	0,53	0,56	0,60										
2,0	0,38	0,41	0,43	0,45	0,48	0,50	0,50	0,57	0,61	0,65										
2,2	0,41	0,45	0,46	0,48	0,52	0,54	0,54	0,62	0,66	0,70										
2,5	0,45	0,49	0,51	0,53	0,58	0,60	0,60	0,68	0,73	0,78										
2,8	0,50	0,54	0,56	0,59	0,63	0,65	0,65	0,75	0,80	0,85										
3,1	0,54	0,59	0,61	0,63	0,68	0,71	0,71	0,81	0,87	0,92										
3,4	0,58	0,63	0,66	0,68	0,74	0,76	0,76	0,88	0,93	0,99										
4,2	0,69	0,75	0,78	0,81	0,87	0,90	0,90	1,04	1,10	1,17										
4,6	0,74	0,80	0,84	0,87	0,94	0,97	0,97	1,11	1,19	1,26										
5,0	0,79	0,86	0,89	0,93	1,00	1,04	1,04	1,19	1,27	1,35										
5,5	0,85	0,93	0,97	1,00	1,08	1,12	1,12	1,29	1,37	1,46										
≥ 6,0	Javasolt előfűrés! (d>8 mm-nél kötelező!)																			

Csavarozott, acélhengeres és facsaváros kapcsolatok esetén:

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

p (mm)	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70	GL24H GL28C	GL28H GL32C	GL32H GL36C	GL36H	
	8	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,4	3,4	3,7	3,9	5,6	6,0	6,4	7,6	8,5	12,3	3,0	3,4	3,8	4,0
10	2,8	3,1	3,2	3,3	3,6	3,7	3,7	4,3	4,6	4,9	7,0	7,5	8,1	9,5	10,6	15,4	3,7	4,3	4,7	5,0	5,5
12	3,4	3,7	3,9	4,0	4,3	4,5	4,5	5,1	5,5	5,8	8,4	9,0	9,7	11,4	12,7	18,5	4,5	5,1	5,7	6,0	6,5
14	4,0	4,3	4,5	4,7	5,1	5,2	5,2	6,0	6,4	6,8	9,9	10,6	11,3	13,3	14,8	21,6	5,2	6,0	6,6	7,0	7,6
16	4,6	5,0	5,2	5,4	5,8	6,0	6,0	6,9	7,3	7,8	11,3	12,1	12,9	15,2	19,1	24,7	6,0	6,9	7,5	8,0	8,7
18	5,1	5,6	5,8	6,0	6,5	6,7	6,7	7,7	8,2	8,7	12,7	13,6	14,5	17,0	19,1	27,8	6,7	7,7	8,5	9,0	9,8
20	5,7	6,2	6,4	6,7	7,2	7,5	7,5	8,6	9,1	9,7	14,1	15,1	16,1	18,9	21,2	30,9	7,5	8,6	9,4	10,0	10,9
24	6,8	7,4	7,7	8,0	8,7	9,0	9,0	10,3	11,0	11,7	16,9	18,1	19,3	22,7	25,4	37,0	9,0	10,3	11,3	12,0	13,1
27	7,7	8,4	8,7	9,0	9,7	10,1	10,1	11,6	12,3	13,1	19,0	20,4	21,7	25,6	28,6	41,7	10,1	11,6	12,7	13,5	14,7
30	8,5	9,3	9,7	10,0	10,8	11,2	11,2	12,9	13,7	14,6	21,1	22,6	24,2	28,4	31,8	46,3	11,2	12,9	14,1	15,0	16,4

"A" típusú gyűrűk és "B" típusú tárcsák esetén:

$$K_{ser} = \rho_m \cdot \frac{d_c}{2} \left[\frac{N}{mm} \right]$$

"C1"- "C9" típusú fogas tárcsák esetén:

$$K_{ser} = 1,5 \cdot \rho_m \cdot \frac{d_c}{4} \left[\frac{N}{mm} \right]$$

"C10"- "C11" típusú fogas tárcsák esetén:

$$K_{ser} = \rho_m \cdot \frac{d_c}{2} \left[\frac{N}{mm} \right]$$

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

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

Egyetlen Q_1 esetleges teher esetén:

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

Egy Q_1 kiemelt és egy Q_2 egyéb esetleges teher esetén:

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

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

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

7.1.4 Gerendák lehajlásának határértékei

A lehajlás összetevőit az alábbi ábra alapján értelmezzük, ahol

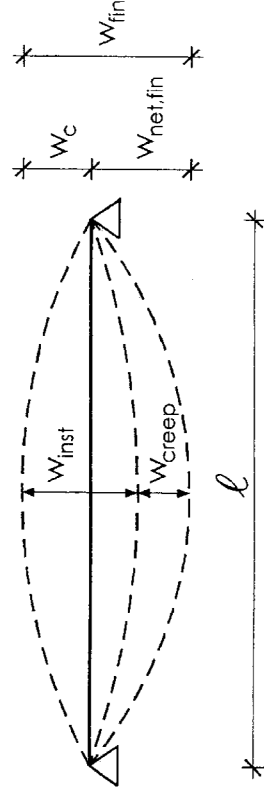
W_c a túlemelés (ha van ilyen)

W_{inst} a pillanatnyi (rugalmas) lehajlás

W_{creep} a kúszási lehajlás

W_{fin} a teljes („végső”) lehajlás

$W_{net,fin}$ a nettó teljes lehajlás



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

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

Az alábbi táblázat a lehajlási határértékek javasolt értékhatárait tartalmazza:

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

7.2 Lengések

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

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

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

7.2.1 Lakóépületek közbelső földémeinek lengései

Téglalap alaprajzú, szélein szabadon felfekvő ℓ támaszközű fagerendás földém

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

m a felületegységre jutó tömeg $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$ -ben

ℓ a földém támaszköze $[m]$ -ben

$(EI)_\ell$ a földém egyenértékű hajlítási merevsége a gerendára

merőleges tengelyre $\left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{m}} \right]$ -ben.

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

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

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

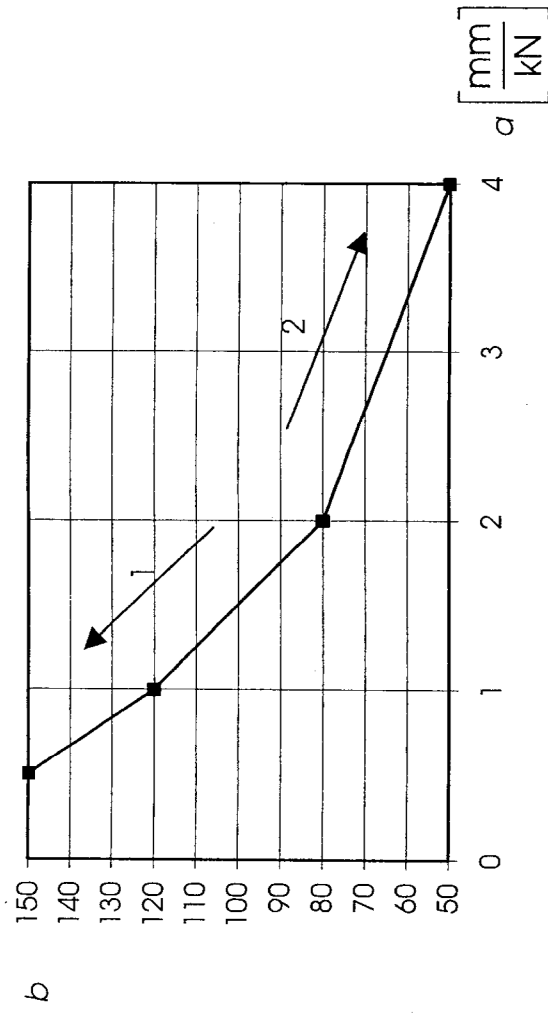
$$v \leq b^{(f_1 \cdot \zeta - 1)} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{Ns}^2} \right]$$

, ahol w a földém bármely pontján működtetett statikus F erő által okozott legnagyobb függőleges irányú lehajlás, figyelembe véve a terhek eloszlását

v az egységnyi impulzusra adott sebességválasz, azaz a függőleges irányú földémlengés sebességének legnagyobb kezdeti értéke (m/s) , amelyet egy egységnyi impulzus (1 Ns) okoz a földém azon pontján, ahol a sajátrezgésszám-válasz a legnagyobb. A 40 Hz feletti összetevők figyelmen kívül hagyhatók.

ζ a csillapítási tényező

Az a és b paraméterek javasolt értékei:

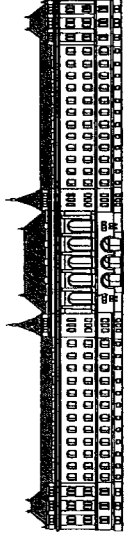


1 - jobb teljesítmény

2 - rosszabb teljesítmény

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

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



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Építészmérnöki Kar

Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

FA TARTÓSZERKEZETEK SEGÉDLET

Méretezés az Eurocode alapján

II. RÉSZ

4. Központosan húzott és nyomott rudak
 5. Hajlított tartók
 6. Külponos igénybevételek
 7. Használhatósági határállapotok

A SEGÉDLET CSAK OKTATÁSI CÉLOKAT SZOLGÁL!

Szerkesztette:

Dr. ARMUTH Miklós egy. docens
BODNÁR Miklós tanszéki mérnök

Budapest, 2006. március