

# Acélszerkezetek (I.)

## 3. Előadás

Húzott rudak számítása,  
nyomott keresztmetszetek méretezése,  
4. osztályú keresztmetszet

Szabó Imre Gábor

Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar

Építőmérnök Tanszék



# 1. Központosan húzott rudak számítása

A húzott keresztmetszetek ellenállását általános esetben a korlátozatlan folyás határállapota határozza meg. A korlátozatlan folyással szembeni ellenállást a következő képlet adja meg:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

ahol:  $N_{pl,Rd}$  – a teljes keresztmetszet képlékeny ellenállása;

$A$  – a teljes keresztmetszeti felület;

$f_y$  – az anyag folyáshatár értéke;

$\gamma_{M0}$  – parciális tényező keresztmetszeti osztályokra (értéke 1,00).



Amennyiben a vizsgált keresztmetszetet csavarlyukak gyengítik, meg kell vizsgálni a képlékeny törés határállapotához tartozó ellenállást is:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

ahol:  $N_{u,Rd}$  – a csavarlyukakkal gyengített szelvény törési ellenállása;

$A_{net}$  – a gyengített keresztmetszeti felület (a teljes felületből ki kell vonni a csavarlyukak felületét);

$f_u$  – az anyag szakítószilárdság értéke;

$\gamma_{M2}$  – parciális tényező húzott keresztmetszet szakadása esetén (értéke 1,25).

A két számítás közül a kisebbik fogja adni a keresztmetszet húzási ellenállását:

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \\ N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \end{array} \right\}$$



A feszített csavaros, úgynevezett „C kategóriájú” csavarozott kapcsolatokban az alapanyag ellenállásának ellenőrzése során a következő ellenállásértékekkel kell számolni:

$$N_{\text{net,Rd}} = \frac{A_{\text{net}} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

ahol:  $A_{\text{net}}$  – a gyengített keresztmetszeti felület;

$f_y$  – az anyag folyáshatár értéke;

$\gamma_{M0}$  – parciális tényező keresztmetszeti osztályokra (értéke 1,00).



Egyik szárukon kapcsolt szögacélok esetén az  $N_{u,Rd}$  ellenállás attól is függ, hogy az erőátadás irányába hány csavarsort helyezünk el. Egyetlen csavar alkalmazása esetén (ezt a kialakítást általában célszerű kerülni):

$$N_{u,Rd} = \frac{2 \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

ahol:  $t$  – a szögacél kapcsolt szárának vastagsága;

$f_u$  – az anyag szakítószilárdság értéke;

$\gamma_{M2}$  – parciális tényező húzott keresztmetszet szakadása esetén;

$d_0$  – a csavarlyuk átmérője;

$e_2$  – a csavar tengelyének a szögacél szélétől mért távolsága (az erőátadás irányára merőlegesen).

Két vagy több csavar esetén:

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$



ahol két csavar esetén:

$$\beta = 0,1 + 0,12 \cdot \frac{p_1}{d_0} \quad \text{de} \quad 0,4 \leq \beta \leq 0,7$$

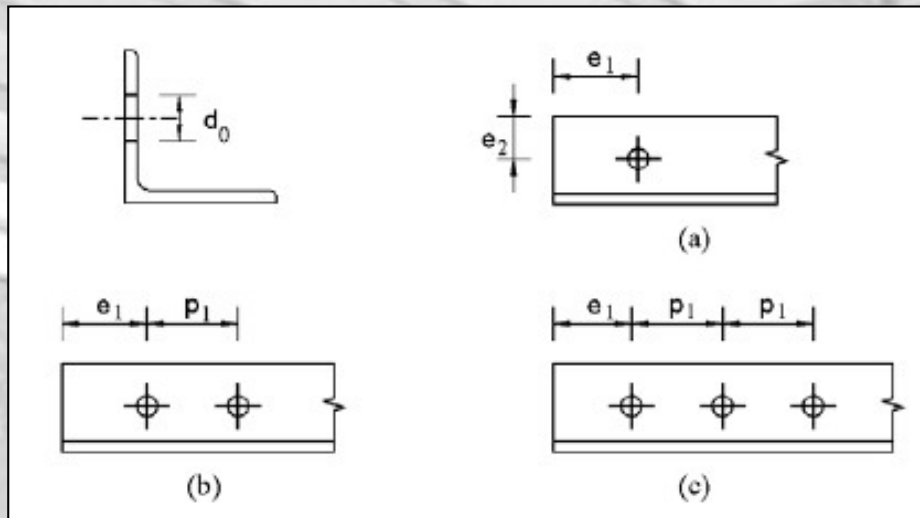
három vagy több csavar esetén:

$$\beta = 0,3 + 0,08 \cdot \frac{p_1}{d_0} \quad \text{de} \quad 0,5 \leq \beta \leq 0,7$$

ahol:  $d_0$  – a csavarlyuk átmérője;

$e_2$  – a csavar tengelyének a szögacél szélétől mért távolsága (az erőátadás irányára merőlegesen);

$p_1$  – a furatok osztástávolsága.



1. ábra. Egyik szárán kapcsolt szögacél egy sornyi csavarral (a), két sornyi csavarral (b) és három sornyi csavarral (c)  
[Dunai, Horváth 2007]



Abban az esetben, ha egy egyenlőtlen szárú szögacélt a rövidebbik szárán kapcsolunk  $A_{net}$  nem vehető nagyobbra, mint a kisebbik oldal hosszúságával megegyező szárméretű, képzelt egyenlő szárú szögacél gyengített keresztmetszeti területe.

Ha a csavarlyukak eltolt kiosztásúak, akkor az  $A_{net}$  gyengített keresztmetszeti terület számítása az úgynevezett *Cochrane-képlet* segítségével lehetséges. Az egyenes (II. típusú) illetve az egyenes és ferde szakaszokból álló (III. típusú) szakadási vonalak figyelembe vételével történik.

$$A_{net} = A - \Delta A$$


ahol:  $A$  – a teljes keresztmetszeti terület;

$\Delta A$  – a keresztmetszeti gyengítés mértéke.

$$\Delta A = \max(\Delta A_{II} - \Delta A_{III})$$

ahol:  $\Delta A_{II}$  – a II. típusú szakadási vonalakra számított gyengítés;

$\Delta A_{III}$  – a III. típusú szakadási vonalakra számított gyengítés.


$$\Delta A_{II} = n \cdot d_0 \cdot t$$

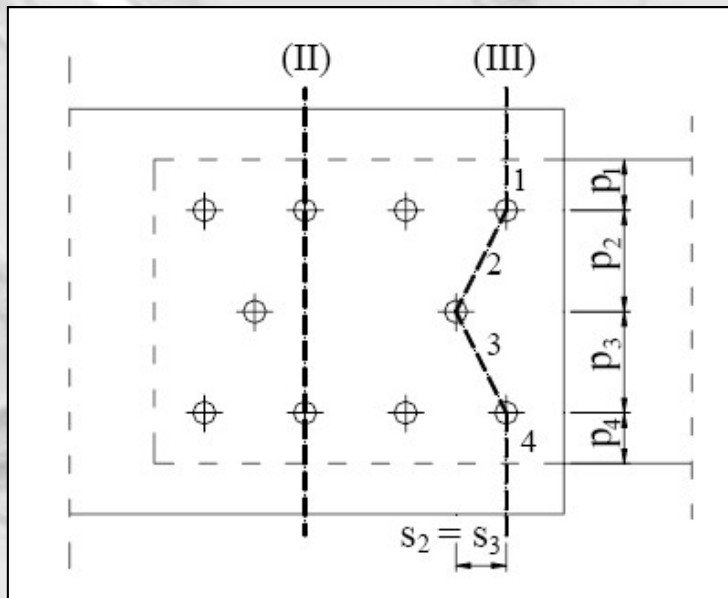
ahol:  $n$  – a csavarszám;  
 $d_0$  – a furatátmérő;  
 $t$  – a lemezvastagság.

$$\Delta A_{III} = n \cdot d_0 \cdot t - \sum_{i=1}^k \frac{s_i^2 \cdot t}{4 \cdot p_i}$$

ahol:  $n$  – a csavarszám;  
 $d_0$  – a furatátmérő;  
 $t$  – a lemezvastagság;  
 $k$  – a szakadási vonalat alkotó egyenes szakaszok száma;  
 $s_i, p_i$  – az ilyen szakaszok hosszának az erőátadás irányában, illetve arra merőlegesen mért vetülete.

Lényeges, hogy a III. típusú szakadási vonalakra felírt képlet azt veszi figyelembe, hogy egyrészt a ferde metszet hosszabb a merőleges metszeteknél, másrészt pedig a ferde metszet feszültségállapota nem tiszta húzás, hanem húzás és nyírás kombinációja.





2. ábra. A gyengített keresztmetszeti terület meghatározása eltolt kiosztású furatok esetén  
 [Dunai, Horváth 2007]

Mintapélda: AGYU: 3.1 Példa, 3.2 Példa



## 2. Keresztmetszetek osztályozása

Az Eurocode 3 a keresztmetszetek szilárdsági jellegű tönkremenetelét, valamint az ún. hosszirányú normálfeszültségek okozta horpadását egységesen kezeli, a keresztmetszeti osztályok bevezetésével. Mivel csak nyomó normálfeszültségek okozhatnak horpadást egy adott keresztmetszet osztályba sorolása csak akkor szükséges, ha az legalább részben nyomott. Ekkor a keresztmetszet viselkedését a folyás megjelenése mellett a lemezek stabilitásvesztése, azaz horpadása is befolyásolja. A keresztmetszeteket eszerint annak alapján kell osztályozni, hogy e két jelenség egymáshoz képest mikor jelentkeznek.

Tiszta hajlítás esetén négy eset lehetséges. Első lehetőség, hogy a lemezhorpadás a szélső szál megfolyása előtt következik be, az ilyen keresztmetszeteket 4. osztályúnak nevezzük. Ha a lemezhorpadás a szélső szál megfolyása után, de a keresztmetszet teljes képlékenyedése előtt következik be, a keresztmetszet 3. osztályú. Ha a lemezhorpadás a teljes képlékenyedés után, de viszonylag kis alakváltozások lejátszódása előtt következik be, a keresztmetszet 2. osztályú. Ha pedig a lemezhorpadás bekövetkezése előtt viszonylag nagy alakváltozások játszódnak le, a keresztmetszet 1. osztályú.

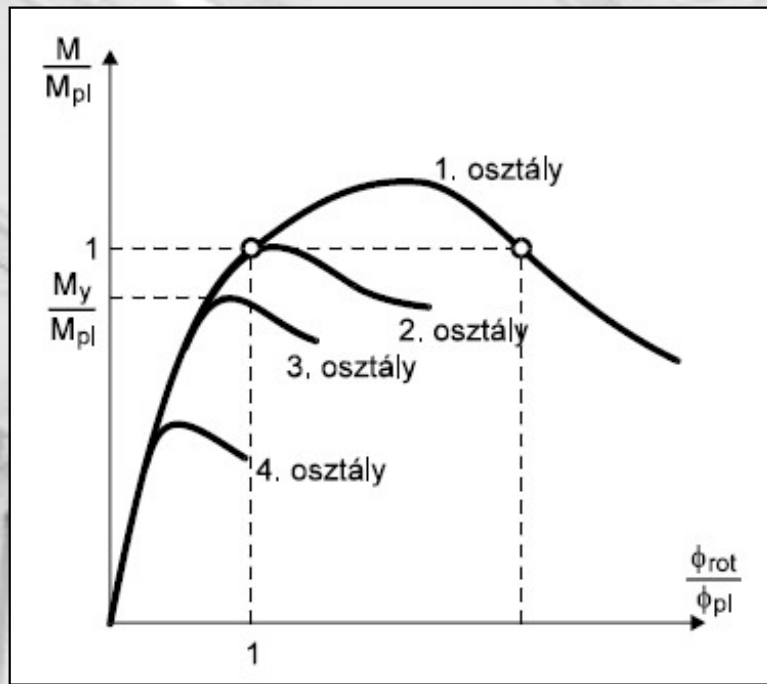


Tiszta nyomás esetén két eset van: vagy a keresztmetszet teljes megfolyása következik be előbb (ekkor a keresztmetszet 1. osztályú), vagy pedig a lemezhorpadás (ekkor a keresztmetszet 4. osztályú). 2. és 3. keresztmetszeti osztályról tiszta nyomás esetén nincs értelme beszélni, mert ilyenkor az első folyás és a korlátozatlan folyás határállapota egybeesik (azaz az első folyás megjelenésével elméletileg egy időben a teljes keresztmetszet megfolyik), és a folyást mindig nagy alakváltozások kísérik (azaz a korlátozatlan folyás bekövetkezése után elméletileg már nem alakulhat ki lemezhorpadás).

Nyomott-hajlított keresztmetszeteknél, továbbá olyan húzott-hajlított keresztmetszetek esetén, amelyek nyomott lemezekkel is rendelkeznek (nagy külpontosságú húzás) a tiszta hajlításhoz hasonlóan ugyancsak négy keresztmetszeti osztályt különböztetünk meg, ugyanazon kritériumok alapján.

Tehát röviden:

- a lemezben nyomóerő vagy hajlítás következtében horpadás keletkezhet,
- a horpadásra való hajlam korlátozza a keresztmetszet teherbírását,
- a számítás elején „kivágjuk” a horpadásra hajlamos részeket és a többire végezzük el a szilárdsági vizsgálatokat.



3. ábra. Keresztmetszetek osztályozása  
[Dunai, Horváth 2007]

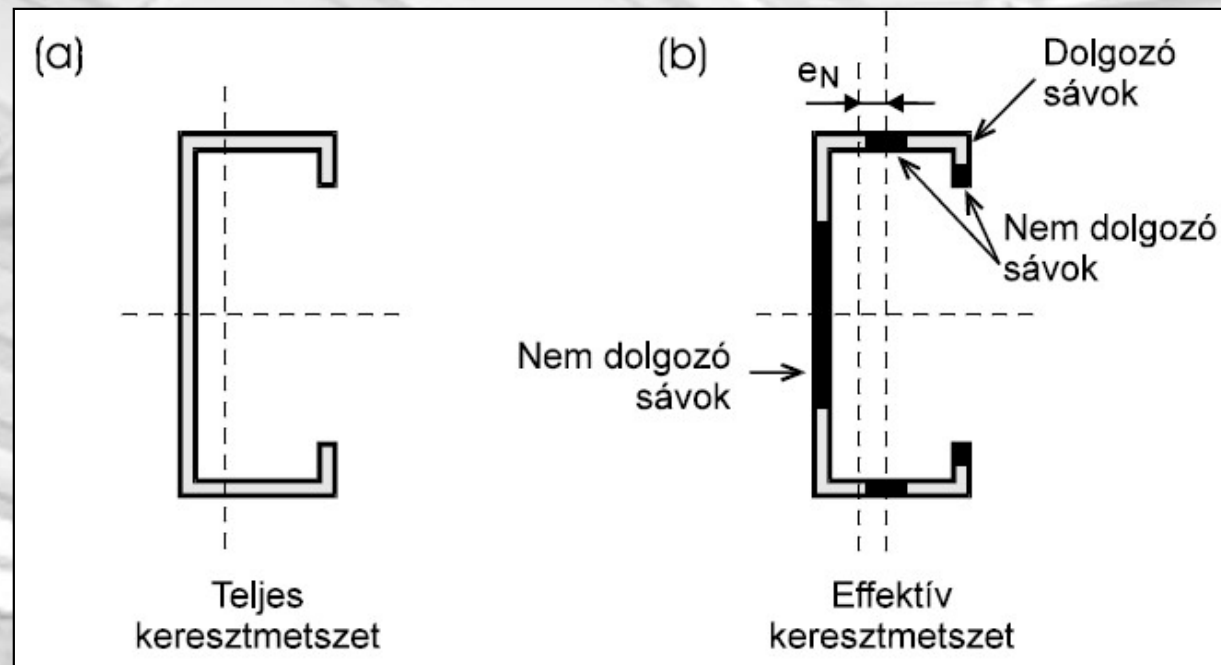
$M_{pl}$  a keresztmetszet teljes megfolyásához tartozó,  $M_y$  pedig a szélső szál megfolyását okozó nyomaték. Az alakváltozást a keresztmetszet körüli rövid tartószakaszon mért elfordulással (a tartó görbületével) írjuk le. A görbe a felkeményedés miatt emelkedhet  $M_{pl}$  fölé, de méretezéskor ezt a tartalékot nem vesszük figyelembe. A keresztmetszet osztályozása dönti el, hogy a keresztmetszet hogyan számítandó (képlékeny, rugalmas vagy csökkentett ellenállással).

### Az osztályozás általános előírásai:

- A nyomott alkotólemezek szélesség/vastagság arányától és a nyomófeszültségek eloszlásától függ.
- A lemezek különböző alkotólemezei (pl. öv, gerinc) különböző osztályúak lehetnek, ilyenkor a teljes keresztmetszetre vonatkozó osztály a legkedvezőtlenebb alkotólemez osztályával egyezik meg.



- A szélesség/vastagság arányszámoknak az 1., 2., 3. osztályra vonatkozó határértékeit a 1-4. táblázat adja meg. Azon lemezeket, amelyek nem teljesítik a 3. osztályra megadott feltételeket sem, 4. osztályúnak kell tekinteni.
- 4. osztályú keresztmetszetek esetén a lemezeket csökkentett (effektív) szélességükkel kell számításba venni. A részletes számítás az AGYU 3.1.3 fejezete szerint.




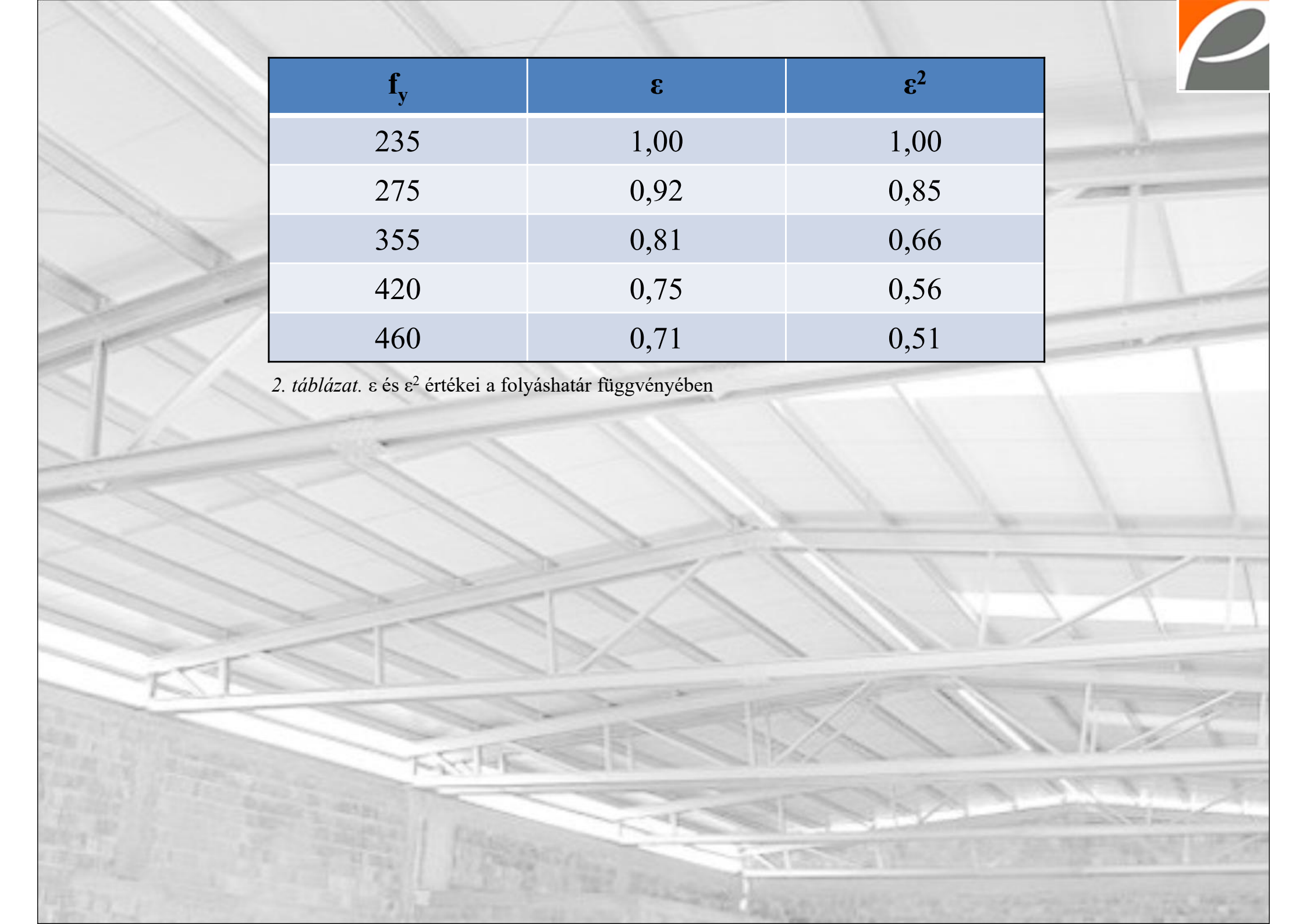
5. ábra. 4. osztályú C szelvény teljes és hatékony keresztmetszete tiszta nyomás esetén. A keresztmetszet súlypontja  $e_N$  értékkel eltolódik, aminek hatására a keresztmetszetben az eredetileg központos normálerő hajlítónyomatékot is fog okozni.

[Dunai, Horváth 2007]



Feszültség-eloszlás			
1. osztály	$\frac{c}{t} \leq 72\epsilon$	$\frac{c}{t} \leq 33\epsilon$	ha $\alpha > 0,5$ : $\frac{c}{t} \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ ha $\alpha \leq 0,5$ : $\frac{c}{t} \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$
2. osztály	$\frac{c}{t} \leq 83\epsilon$	$\frac{c}{t} \leq 38\epsilon$	ha $\alpha > 0,5$ : $\frac{c}{t} \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ ha $\alpha \leq 0,5$ : $\frac{c}{t} \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$
Feszültség-eloszlás			
3. osztály	$\frac{c}{t} \leq 124\epsilon$	$\frac{c}{t} \leq 42\epsilon$	ha $\psi > -1$ : $\frac{c}{t} \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ ha $\psi \leq -1$ : $\frac{c}{t} \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$

1. táblázat. Osztályozási határok mindkét oldalukon megtámasztott lemezekre (az ábrákon a nyomófeszültség pozitív)  
[Dunai, Horváth 2007]



$f_y$	$\varepsilon$	$\varepsilon^2$
235	1,00	1,00
275	0,92	0,85
355	0,81	0,66
420	0,75	0,56
460	0,71	0,51

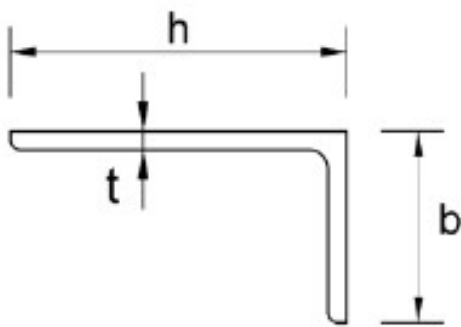
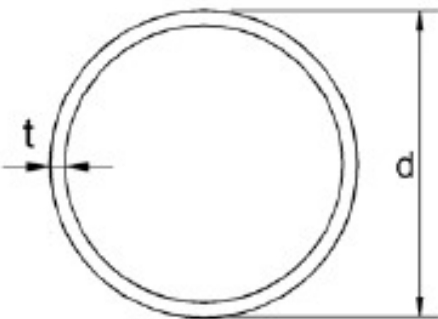
2. táblázat.  $\varepsilon$  és  $\varepsilon^2$  értékei a folyáshatár függvényében

Feszültség-eloszlás			
1. osztály	$\frac{c}{t} \leq 9\varepsilon$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2. osztály	$\frac{c}{t} \leq 10\varepsilon$	$\frac{c}{t} \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Feszültség-eloszlás			
3. osztály	$\frac{c}{t} \leq 14\varepsilon$	$\frac{c}{t} \leq 21\varepsilon\sqrt{k_{\sigma}}$	

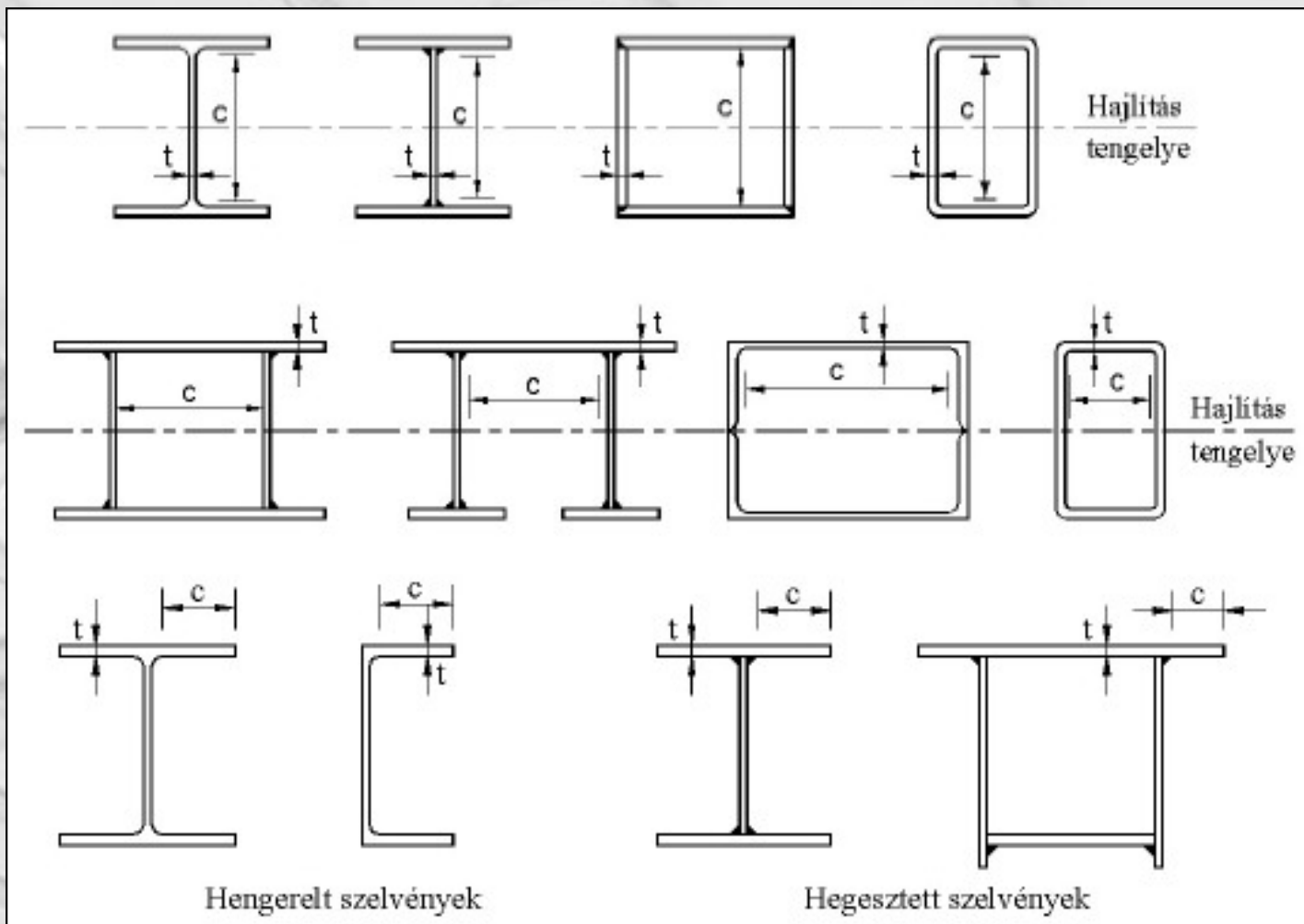
3. táblázat. Osztályozási határok egyikoldalukon megtámasztott lemezekre (az ábrákon a nyomófeszültség pozitív),  $k_{\sigma}$  magyarázata AGYU 3.1.3 fejezetben [Dunai, Horváth 2007]





	szögacél	csőszelvény
		
1. osztály	1. <előző táblázat>	$\frac{d}{t} \leq 50\epsilon^2$
2. osztály	1. <előző táblázat>	$\frac{d}{t} \leq 70\epsilon^2$
3. osztály	$\frac{h}{t} \leq 15\epsilon$ és $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$	$\frac{d}{t} \leq 90\epsilon^2$

4. táblázat. Osztályozási határok szögacélokra és csőszelvényekre. A szögacélra megadott osztályozási határ nem vonatkozik arra az esetre, amikor a szögacél folyamatosan felfekszik egy másik elemre (az ábrákon a nyomófeszültség pozitív).  
[Dunai, Horváth 2007]



6. ábra. Jellemző szélességi és vastagsági méretek az osztályozási táblázatokhoz [Dunai, Horváth 2007]



### 3. Központosan nyomott keresztmetszetek

A nyomott elemek ellenállásának számítása attól függ, hogy a keresztmetszet milyen osztályú.

A nyomott keresztmetszet ellenállásában nem vesszük figyelembe az esetleges csavarlyukak okozta gyengítés hatását.

1. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

ahol:  $N_{c,Rd}$  – a teljes keresztmetszet képlékeny ellenállása;

$A$  – a teljes keresztmetszeti felület;

$f_y$  – az anyag folyáshatár értéke;

$\gamma_{M0}$  – parciális tényező keresztmetszeti osztályokra (értéke 1,00).



4. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

ahol:  $N_{c,Rd}$  – a teljes keresztmetszet képlékeny ellenállása;

$A_{eff}$  – az effektív keresztmetszeti felület;

$f_y$  – az anyag folyáshatár értéke;

$\gamma_{M0}$  – parciális tényező keresztmetszeti osztályokra (értéke 1,00).

Ha a keresztmetszet 4. osztályú és a hatékony keresztmetszet súlypontja nem esik egybe a keresztmetszet súlypontjával, akkor ebből a külpontosságból hajlítónyomaték keletkezik. Ekkor a keresztmetszetet nyomott-hajlított keresztmetszetként kell vizsgálni.

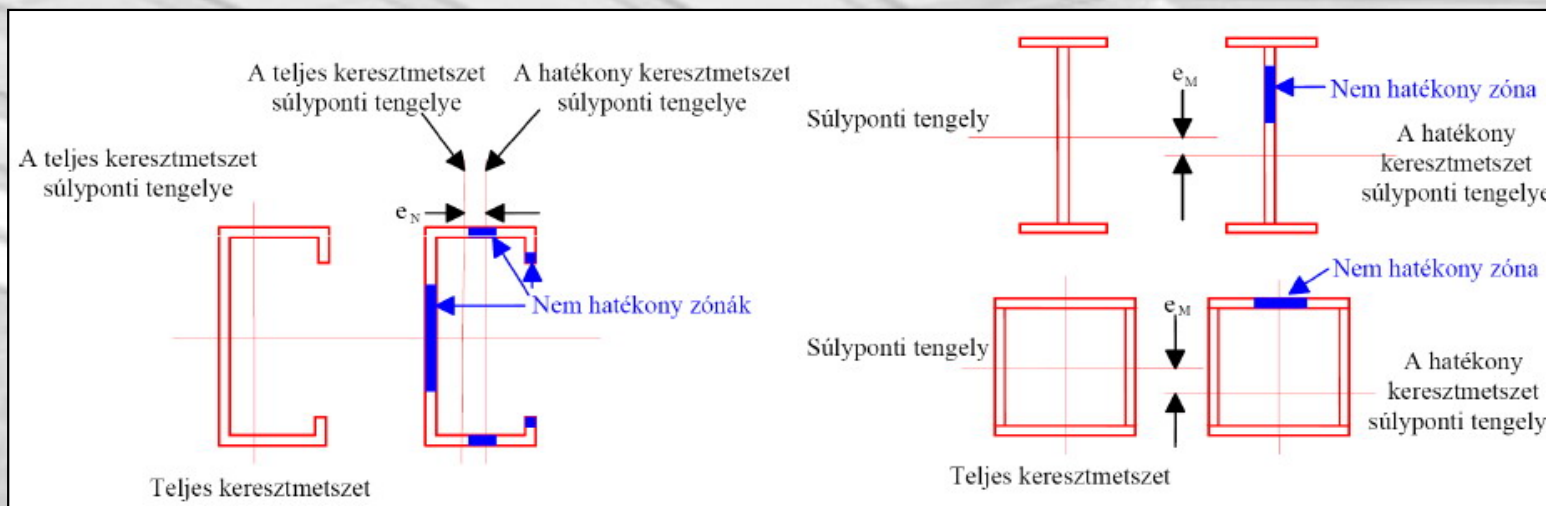
A nyomott keresztmetszetek általában nyomott rudakban helyezkednek el, a nyomott rudak ellenállása szempontjából pedig általában nem a keresztmetszet ellenállása, hanem a rúd kihajlási ellenállása a mértékadó.

Mintapélda: AGYU: 3.3 Példa, 3.4 Példa



## 4. 4. osztályú keresztmetszet

Ha egy keresztmetszet a vizsgált igénybevétel szempontjából 4. osztályúnak minősül, akkor a vizsgált igénybevétellel szembeni ellenállását úgy kell kiszámítani, mintha a keresztmetszet 3. osztályú lenne, de a tényleges keresztmetszeti jellemzőkkel (terület, keresztmetszeti modulus, stb.) egy csökkentett ún. *hatékony értékkel* vesszük figyelembe. Ezek a hatékony keresztmetszeti jellemzők egy ún. *hatékony keresztmetszeten* számíthatók, amelyet úgy veszünk fel, hogy az eredeti keresztmetszet nyomott alkotólemezei közül mindazokat, amelyek az előző szakasz szerint 4. osztályúak, a horpadásnak megfelelően csökkentjük.



9. ábra. 4. osztályú C szelvény, I szelvény és zártszelvény teljes és hatékony keresztmetszete tiszta nyomás esetén [Grün 2013]



A horpadó (4. osztályú) lemezek  $b_{eff}$  szélességének meghatározásához ki kell számolni a lemezelem  $\bar{\lambda}_p$  viszonyított karcsúságát.

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\bar{b}/t}{28,4\varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}}$$

ahol:  $\bar{\lambda}_p$  – a keresztmetszet viszonyított karcsúsága;

$\bar{b}$  – a vizsgált lemez jellemző szélességi mérete a 5. táblázat szerint;

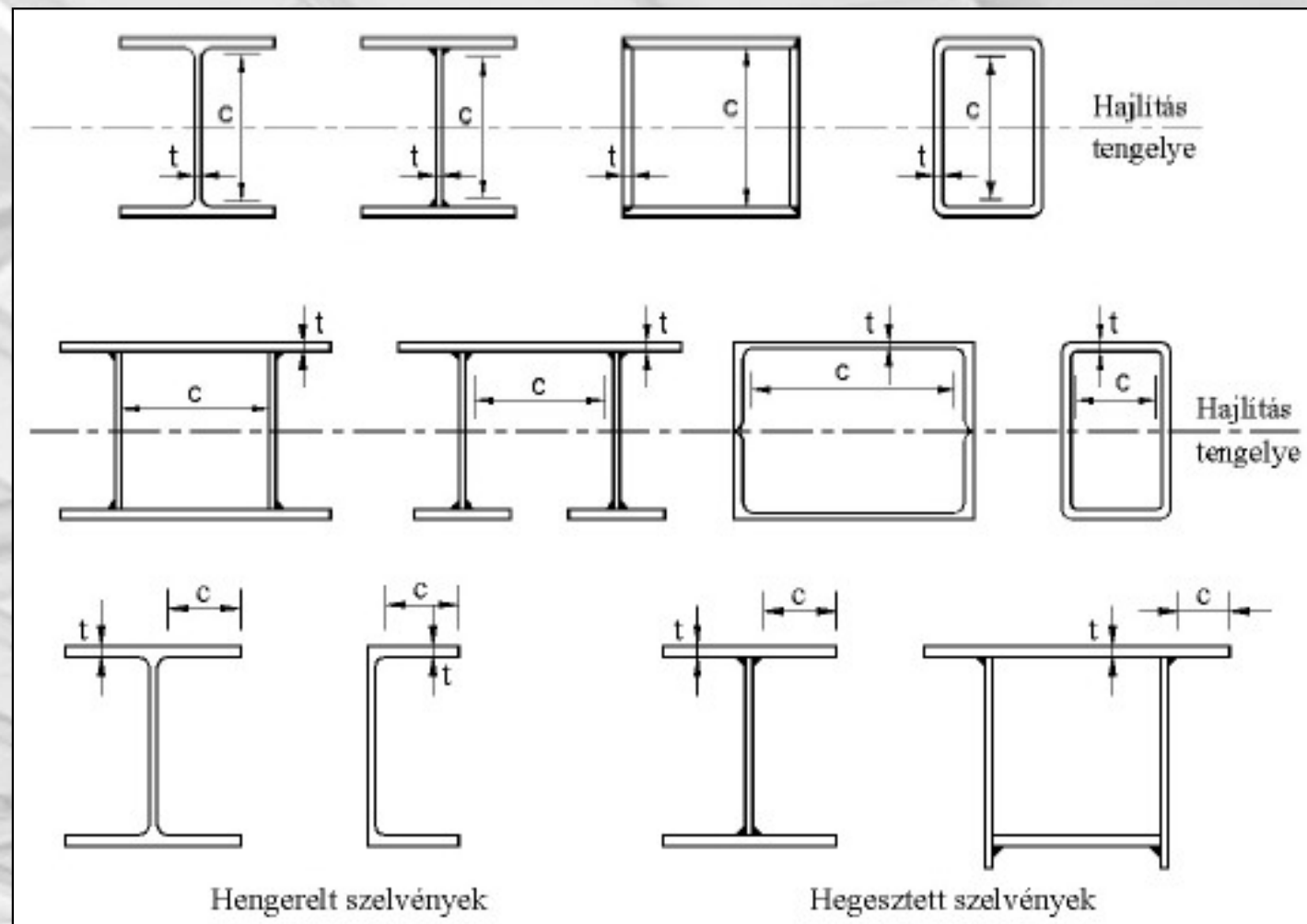
t – a lemez vastagsága;

$k_\sigma$  – a horpadási tényező.

Eset	Jellemző $\bar{b}$ szélességi méret
Gerinclemez	c
Belső övlemez általában	c
Hengerelt vagy hidegen hajlított zárt szelvényű idomacél belső övlemeze	c-3t
Szabad szélű övlemez	c
Egyenlő szárú szögacél	h
Egyenlőtlen szárú szögacél	h

5. táblázat. A jellemző szélességi méret felvétele a lemezhorpadás vizsgálatához

Az 5. táblázatban szereplő jelölések magyarázatát mutatja a 10. ábra:



10. ábra. Jellemző szélességi és vastagsági méretek az osztályozási táblázatokhoz  
[Dunai, Horváth 2007]



Ha a lemez egy része húzott (pl. hajlított I tartó gerinclemezában, a  $b_{\text{eff}} = \rho \cdot b$  képletben szereplő  $b$  csak a nyomott lemezrész szélességét jelenti, ugyanakkor a  $\bar{b}$  és a 1. táblázatban szereplő jelölések a teljes keresztmetszetre vonatkoznak!)

A  $k_{\sigma}$  horpadási tényező a nyomott lemezek horpadása során figyelembe veendő, a  $\bar{\lambda}_p$  karcsúság képletében nem szereplő körülményeket tartalmazza, ezek a következők:

- a nyomott lemezek megtámasztási viszonyai,
- a nyomott lemez hossza (illetőleg az  $l/b$  arány),
- a nyomófeszültségek eloszlása.

A 4. osztályú keresztmetszetek alkotólemezei a megtámasztás szempontjából két csoportra oszthatók:

- két oldalán megtámasztott (belső) nyomott lemezek (pl. I szelvény gerince, zártszelvény valamennyi alkotó lemeze),
- egyik oldalán megtámasztott (szabad szélű) nyomott lemezek (pl. I szelvény öve).





A nyomófeszültségek eloszlását lineárisnak tételezzük fel, és a szélső szálak feszültségének  $\sigma_{min}/\sigma_{max,ny}$  hányadosát  $\Psi$ -vel jelöljük (a  $\sigma_{max,ny}$  a lemez valamely szélén ébredő legnagyobb nyomófeszültség, a  $\sigma_{min}$  pedig a lemez ellentétes szélén ébredő feszültség). Ekkor  $k_{\sigma}$  értéke a 6. táblázat szerint alakul.

Eset	$\psi$ értéke	$k_{\sigma}$ képlete
BELSŐ NYOMOTT ELEMÉK	$\psi = 1$	4,0
	$0 < \psi < 1$	$\frac{8,2}{1,05 + \psi}$
	$\psi = 0$	7,81
	$-1 < \psi < 0$	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$
	$\psi = -1$	23,9
	$-2 < \psi < -1$	$5,98 \cdot (1 - \psi)^2$
SZABAD SZÉLŰ NYOMOTT ELEMÉK, $\sigma_{max,ny}$ A SZABAD SZÉLEN VAN	$\psi = 1$	0,43
	$\psi = 0$	0,57
	$\psi = -1$	0,85
	$-1 < \psi < 1$	fenti értékek között lineáris interpoláció
	$-3 < \psi < -1$	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ (*)
SZABAD SZÉLŰ NYOMOTT ELEMÉK, $\sigma_{max,ny}$ A MEGTÁMASZTOTT SZÉLEN VAN	$\psi = 1$	0,43
	$0 < \psi < 1$	$\frac{0,578}{\psi + 0,34}$
	$\psi = 0$	1,70
	$-1 < \psi < 0$	$1,70 - 5\psi + 17,1\psi^2$
	$\psi = -1$	23,8

Az elméleti értékek a csuklós megtámasztáshoz tartoznak, a szabvány ezen értékek használatát javasolja, a biztonság javára való közelítésként. A (\*)-gal jelölt képlet alternatív számítási módot jelent a fentebb megadottakhoz képest.

6. táblázat.  $k_{\sigma}$  értékei  $\Psi = \sigma_{min}/\sigma_{max,ny}$  függvényében  
[Dunai, Horváth 2007]



A lemezkarcsúság ismeretében a  $b_{eff}$  hatékony szélességet az eredeti  $b$  szélességnek egy  $\rho$  tényezővel való csökkentésével határozzuk meg.

$$b_{eff} = \rho \cdot b$$

ahol:  $b_{eff}$  – a hatékony szélesség;

$b$  – az eredeti szélesség;

$\rho$  – csökkentő tényező.

A  $\rho$  csökkentő tényező meghatározása:

➤ két oldalán megtámasztott („belső”) nyomott lemezekre:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \Psi)}{\bar{\lambda}_p^2}, \text{ de } \rho \leq 1,0$$

➤ egyik oldalon megtámasztott („szabad szélű”) nyomott lemezekre:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2}, \text{ de } \rho \leq 1,0$$

ahol:  $\rho$  – csökkentő tényező;

$\Psi$  – a lemez két szélén számított feszültség aránya;

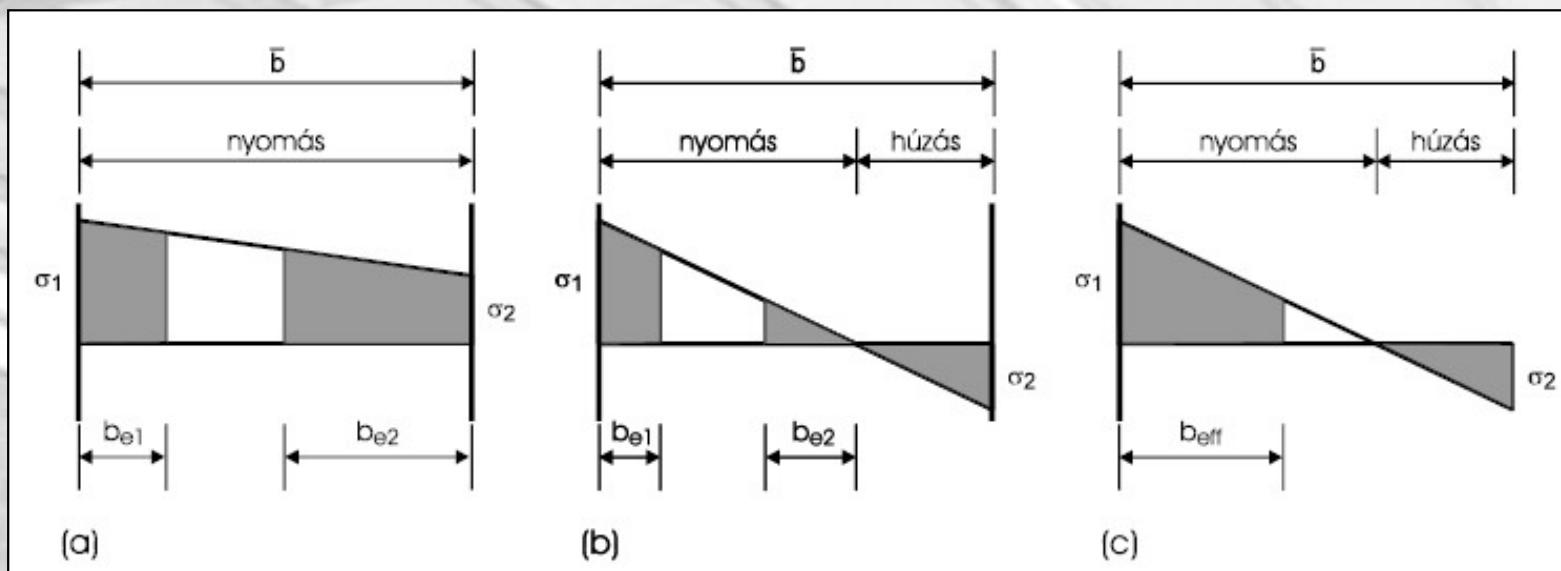
$\bar{\lambda}_p$  – a keresztmetszet viszonyított karcsúsága.



A  $b$  itt is csak a nyomott lemezrész szélességét jelöli, szemben a  $\bar{b}$  -sal, amely a jellemző szélességi méretet (a teljes szélességet) jelenti.

A hatékony lemezrész meghatározása után meg kell határozni, hogy a lemeznek mely részét kell elhagyni. (Erre egyedül a kétszeresen szimmetrikus, központosan nyomott elemek esetében nincs szükség, mivel ott a lemezhorpadás is szimmetrikusan következik be, így az eredetileg központos nyomás a horpadás megindulása után is központos marad.)

Belső nyomott lemezek esetén, ha a feszültségeloszlás egyenletes, a horpadó lemezrész a vizsgált lemez közepén helyezkedik el, más esetekben a 11. ábra szerint hagyjuk el a kihorpadó lemezrészeket.



11. ábra. Honnan kell elhagyni a horpadó részeket 4. osztályú keresztmetszetet alkotó lemezeiben: (a) belső nyomott lemezben, amely végig nyomott, (b) belső nyomott lemezben, amely egyik szélén húzott, (c) bal oldalán megtámasztott, jobb oldalán szabad lemezben [Dunai, Horváth 2007]



A 11. ábra szerinti (a) esetben:

$$b_{e1} = \frac{2}{5 - \Psi} \cdot b_{\text{eff}} \quad \text{és} \quad b_{e2} = b_{\text{eff}} - b_{e1}$$

ahol:  $\Psi$  – a lemez két szélén számított feszültség aránya

$$\Psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

A 11. ábra szerinti (b) esetben:

$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{\text{eff}} \quad \text{és} \quad b_{e2} = 0,2 \cdot b_{\text{eff}}$$

A 11. ábra szerinti (c) esetben:

Szabad szélű nyomott elemek esetén a nem hatékony rész mindig a nyomott lemez szélére esik: ha a lemez széle húzott, akkor a nyomott résznek a megtámasztástól további szélére.

Feszültségeloszlás (nyomás pozitív)			$b_{\text{eff}}$ hatékony szélesség			
			$\psi = 1$ $b_{\text{eff}} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{\text{eff}}$ $b_{e2} = 0,5 b_{\text{eff}}$			
			$1 > \psi \geq 0$ $b_{\text{eff}} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{\text{eff}}$ $b_{e2} = b_{\text{eff}} - b_{e1}$			
			$\psi < 0$ $b_{\text{eff}} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{\text{eff}}$ $b_{e2} = 0,6 b_{\text{eff}}$			
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -2$
Horpadási tényező $k_\sigma$	4,0	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$	23,9	$5,98(1 - \psi)^2$

7. táblázat. Belső nyomott lemezelemek [Iványi M. én.]



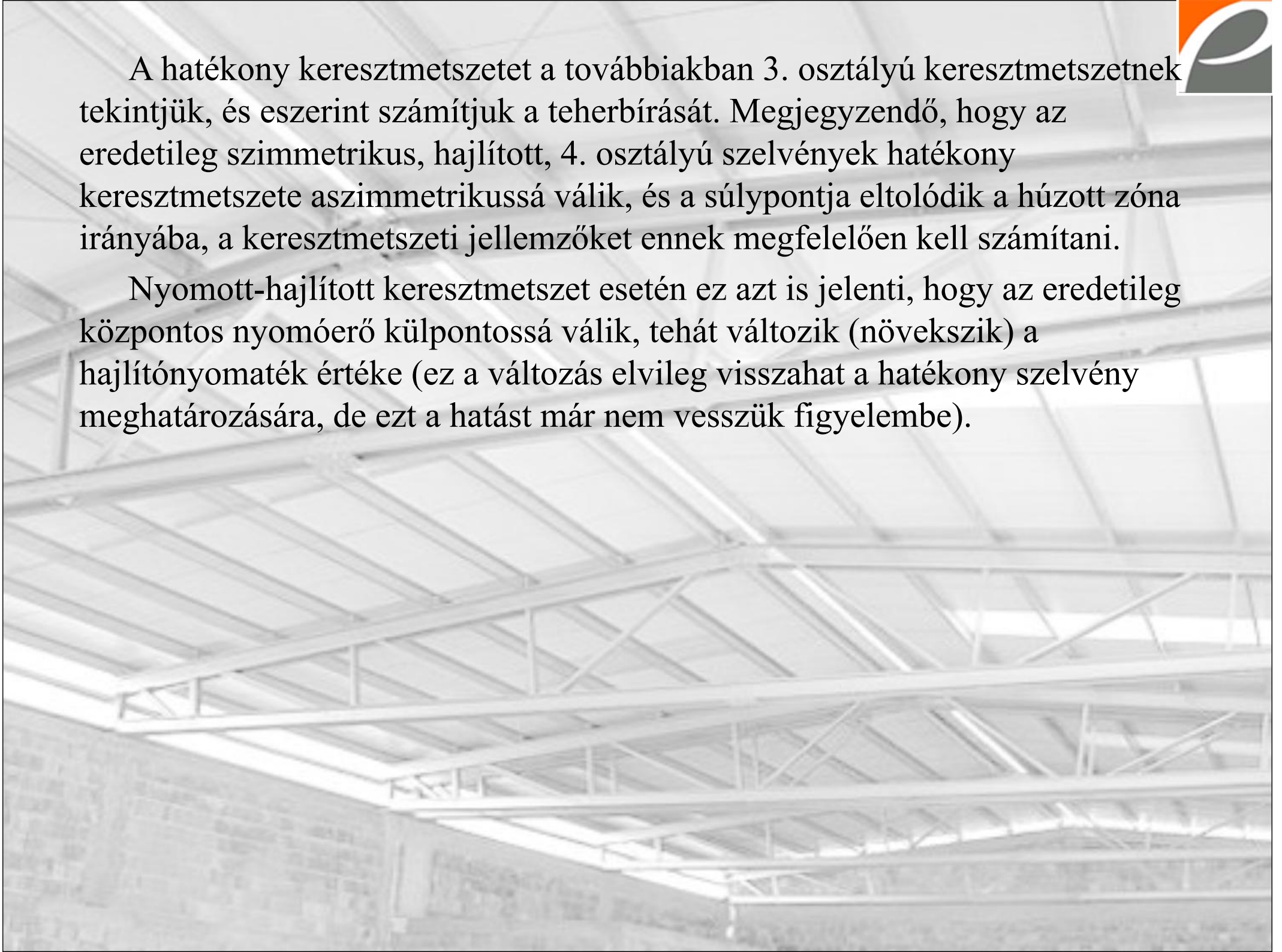
Feszültségeloszlás (nyomás pozitív)		$b_{\text{eff}}$ hatékony szélesség			
		$1 > \psi \geq 0$ $b_{\text{eff}} = \rho c$			
		$\psi < 0$ $b_{\text{eff}} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$			
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	0	-1	$-1 > \psi > -3$	
Horpadási tényező $k_\sigma$	0,43	0,57	0,85	7	
		$1 > \psi \geq 0$ $b_{\text{eff}} = \rho c$			
		$\psi < 0$ $b_{\text{eff}} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$			
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	1
Horpadási tényező $k_\sigma$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

8. táblázat. Szabad peremű nyomott lemezelemek [Iványi M. én.]



A hatékony keresztmetszetet a továbbiakban 3. osztályú keresztmetszetnek tekintjük, és eszerint számítjuk a teherbírását. Megjegyzendő, hogy az eredetileg szimmetrikus, hajlított, 4. osztályú szelvények hatékony keresztmetszete aszimmetrikussá válik, és a súlypontja eltolódik a húzott zóna irányába, a keresztmetszeti jellemzőket ennek megfelelően kell számítani.

Nyomott-hajlított keresztmetszet esetén ez azt is jelenti, hogy az eredetileg központos nyomóerő külpontossá válik, tehát változik (növekszik) a hajlítónyomaték értéke (ez a változás elvileg visszahat a hatékony szelvény meghatározására, de ezt a hatást már nem vesszük figyelembe).





## Felhasznált irodalom

**DR. IVÁNYI MIKLÓS:** *Acélszerkezetek tervezése Eurocode 3 szerint.* Elektronikus jegyzet, Budapest, é.n.

**DR. IVÁNYI MIKLÓS:** *TÁBLÁZATOK Acélszerkezetek méretezéséhez az Eurocode 3 szerint.* Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004.

**DUNAI LÁSZLÓ, HORVÁTH LÁSZLÓ, KOVÁCS NAUZIKA, VARGA GÉZA, VERŐCI BÉLA, VIGH L. GERGELY:** *Acélszerkezetek méretezése Eurocode 3 szerint, gyakorlati útmutató.* Budapest, 2007

**DUNAI LÁSZLÓ, HORVÁTH LÁSZLÓ, KOVÁCS NAUZIKA, VARGA GÉZA, VERŐCI BÉLA, VIGH L. GERGELY:** *Acélszerkezetek méretezése Eurocode 3 szerint, gyakorlati útmutató.* Budapest, 2009

**GRÜN TAMÁS:** *Acélszerkezetek I. Nyomott keresztmetszetek méretezése. 3. gyakorlat.* Elektronikus jegyzet, Pécs, 2013