

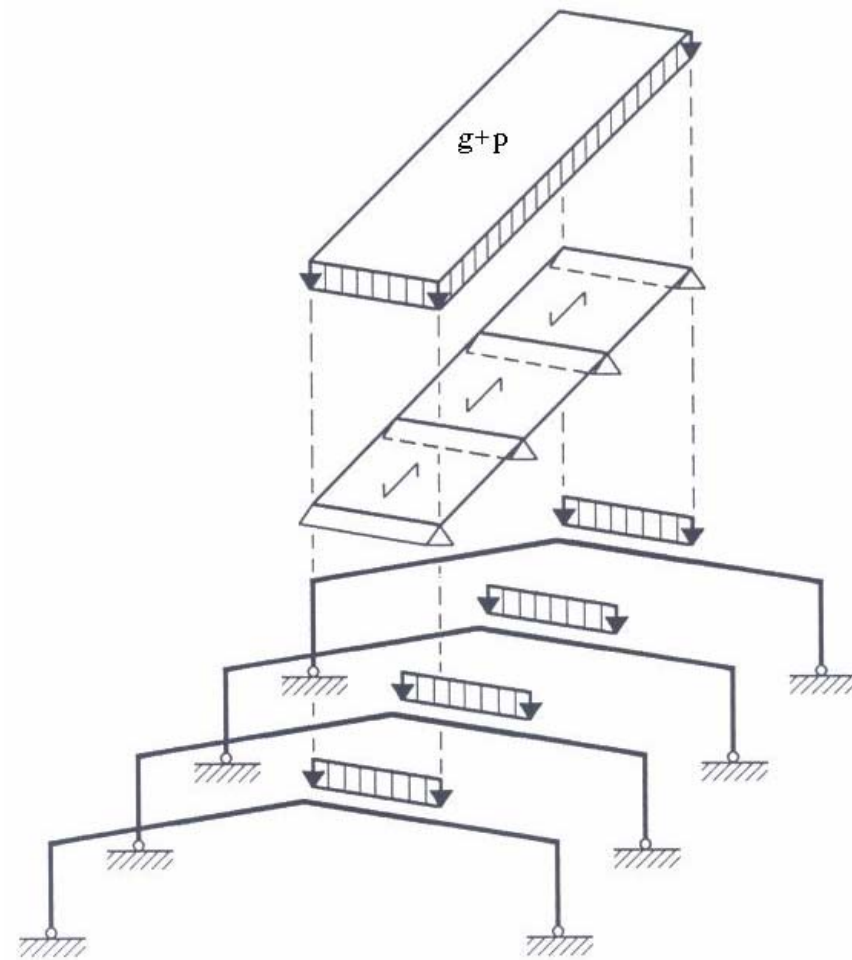
# 3. Előadás

## **Másodlagos teherviselő szerkezeti elemek**

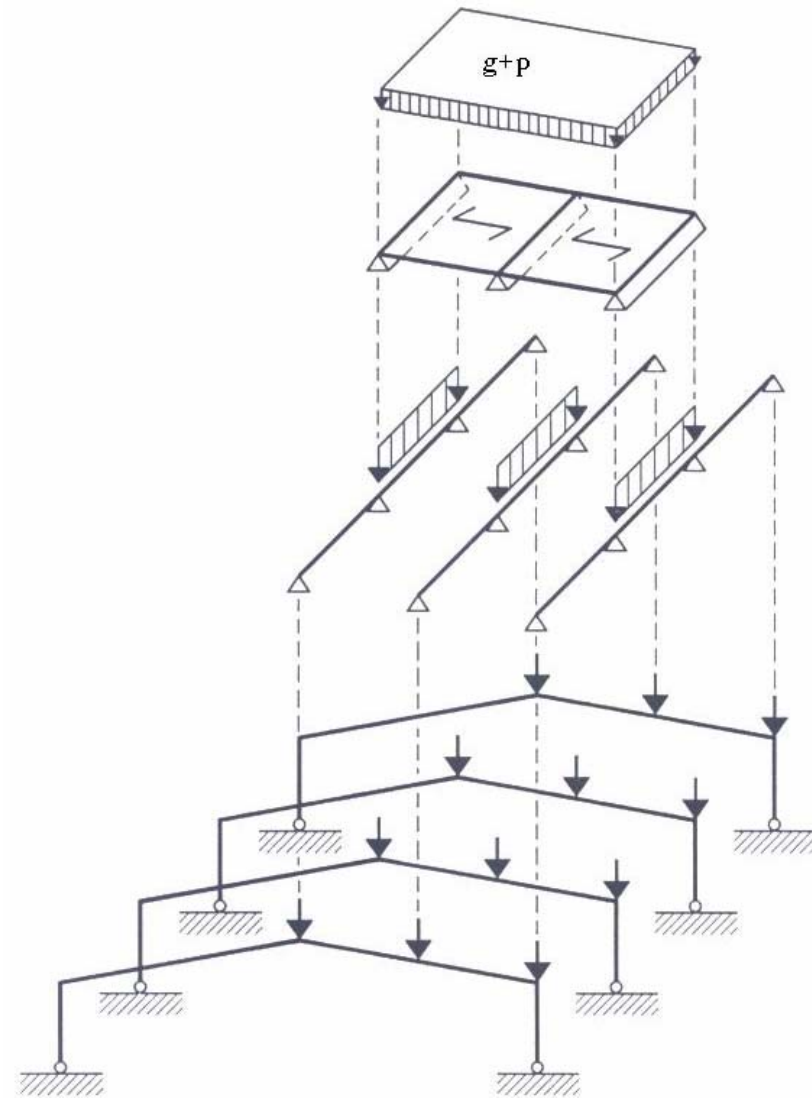
- típusai, rendszerei
- erőtani tervezés elméleti alapjai
- kísérleti vizsgálatok

# Másodlagos teherviselő szerkezeti elemek

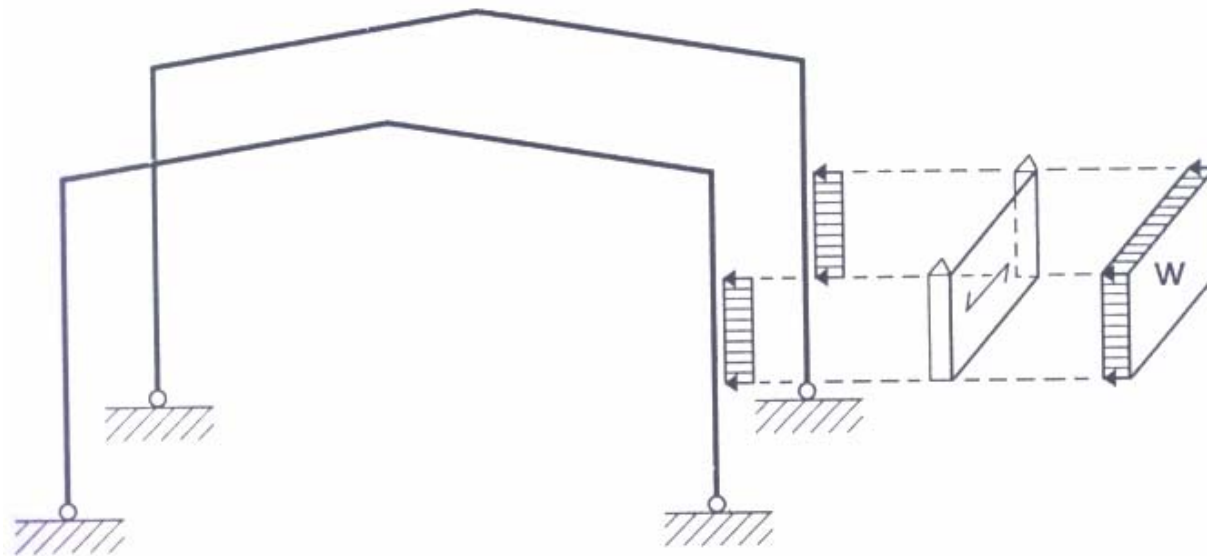
## Szerkezeti kialakítások és a teherátadás



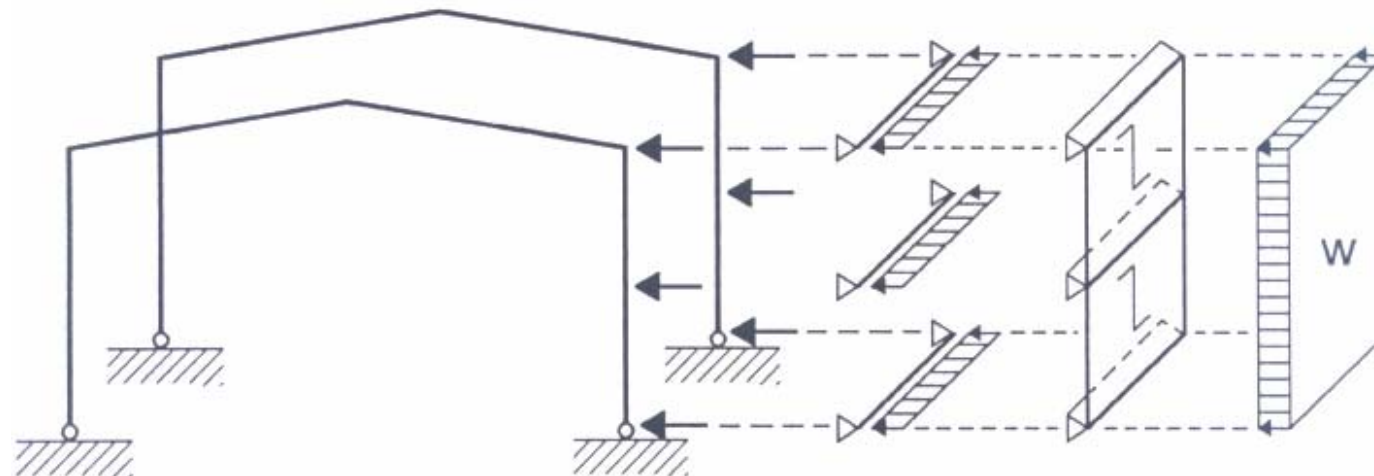
(a) Szelemen nélküli tetőhéjalás



(b) Szelemenes tetőhéjalás

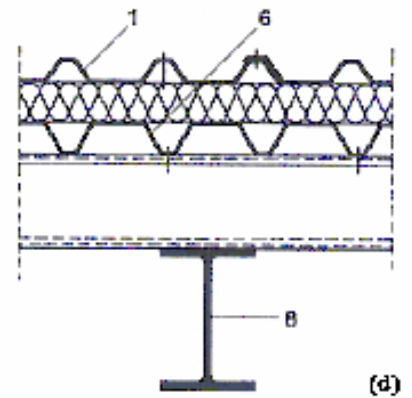
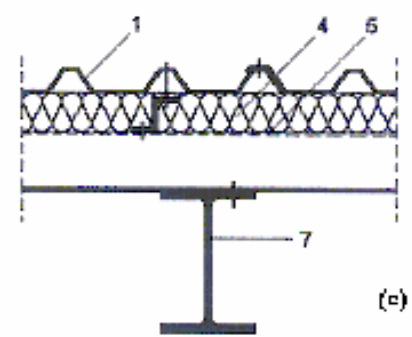
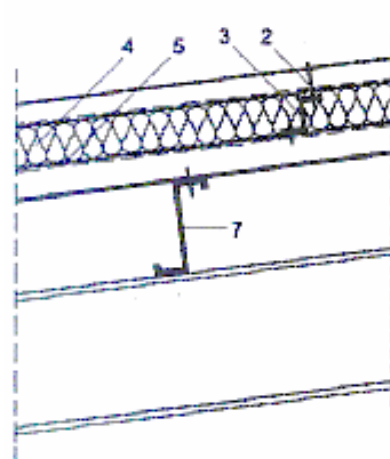
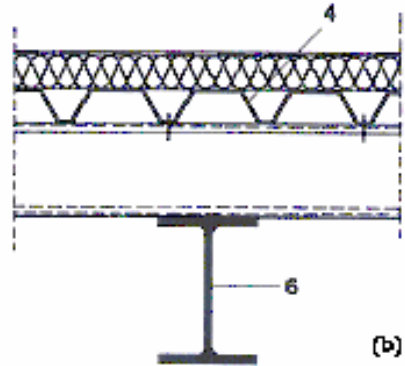
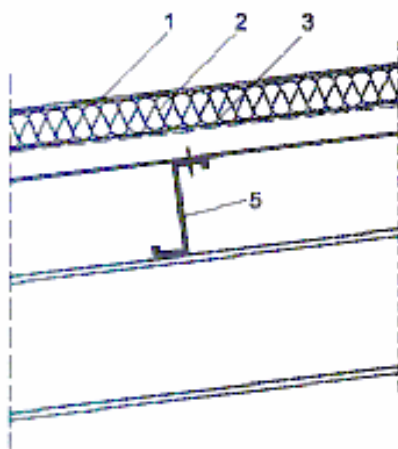
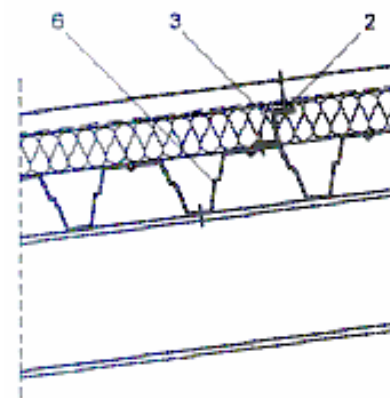
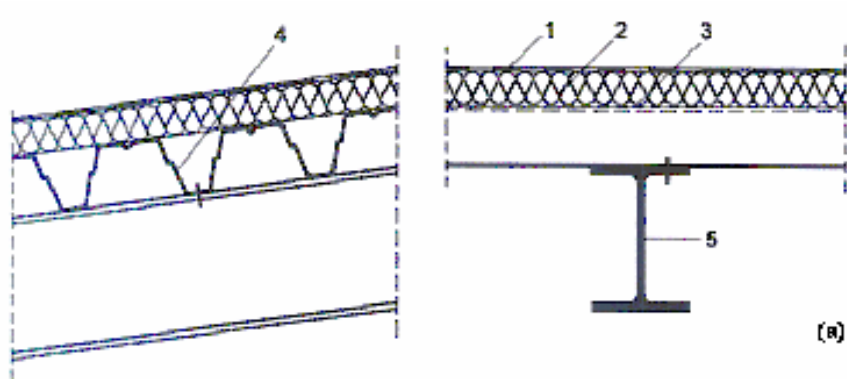


(c) Oldal falváz nélküli burkolat

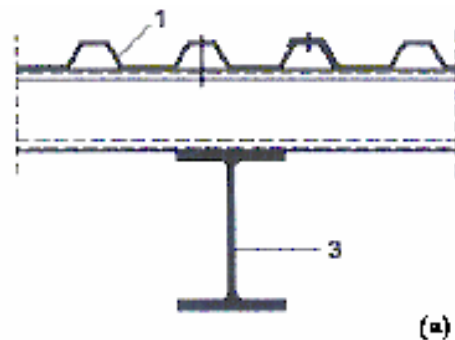
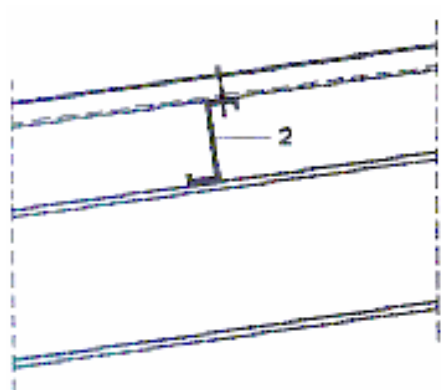


(d) Oldal falvázás burkolat

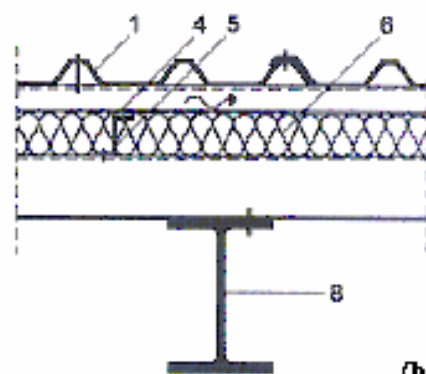
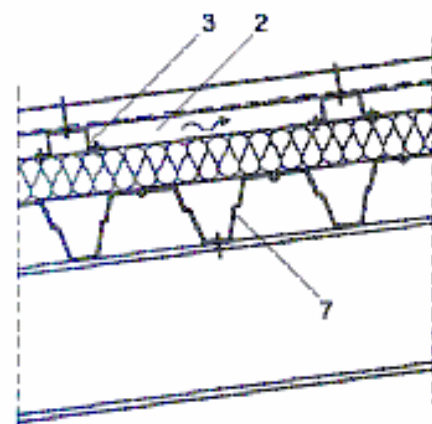
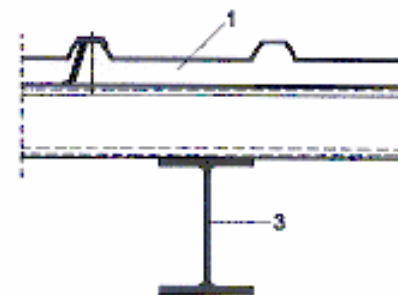
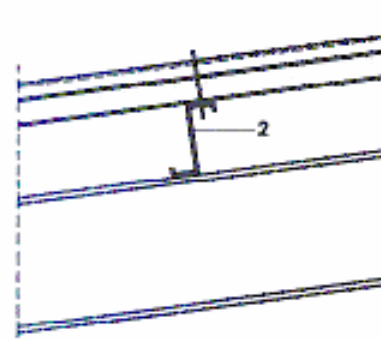
# Hőszigetelt tetőhéjalás



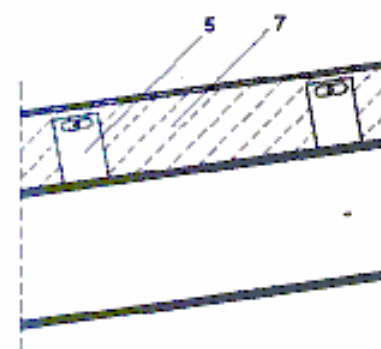
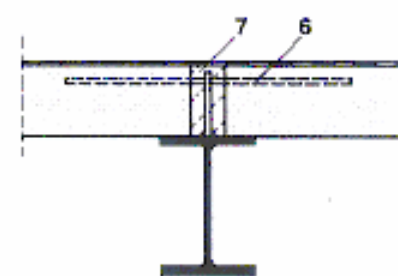
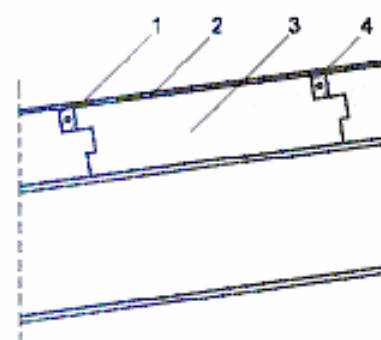
# Hőszigetelés nélküli tetőhéjazatok



(a)



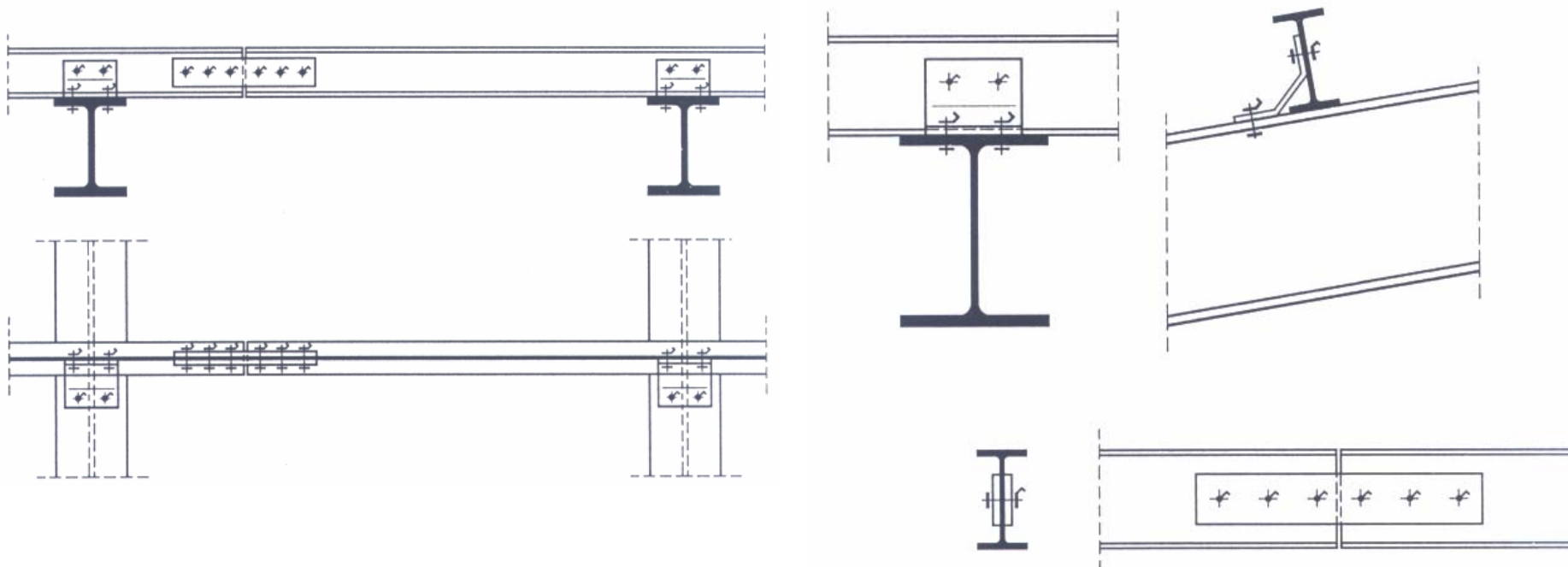
(b)



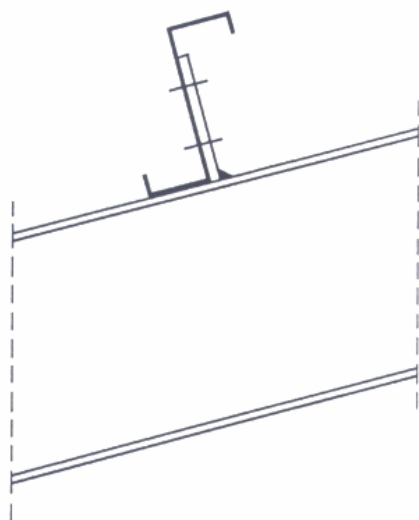
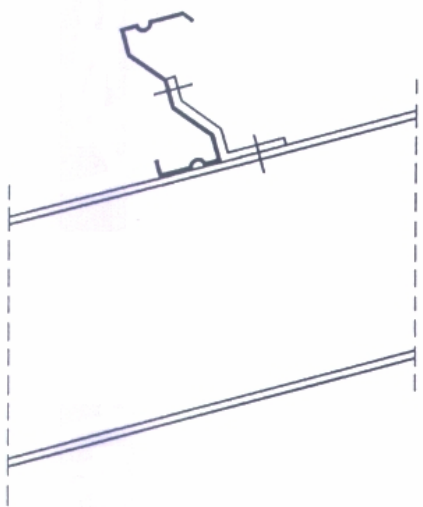
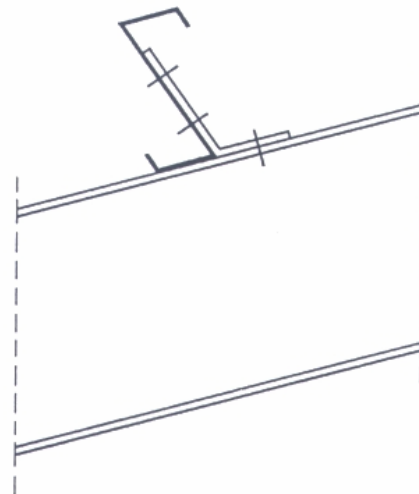
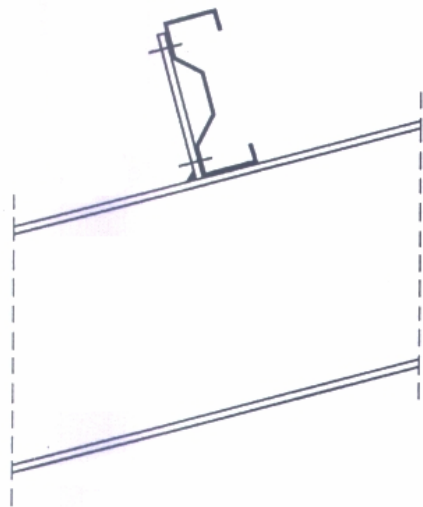
(c)

# Szelemenek:

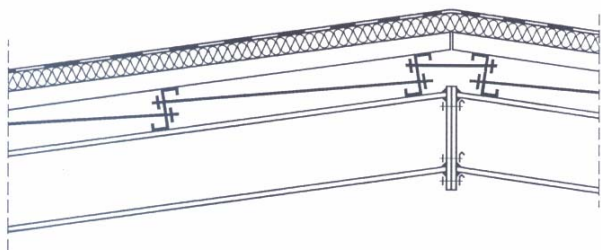
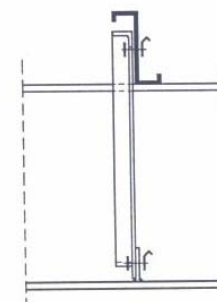
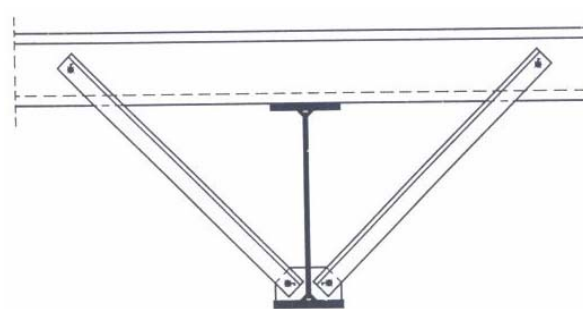
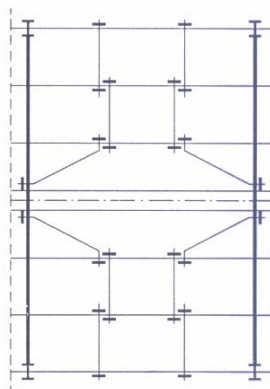
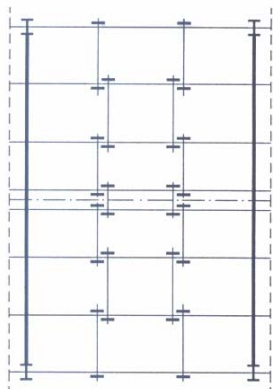
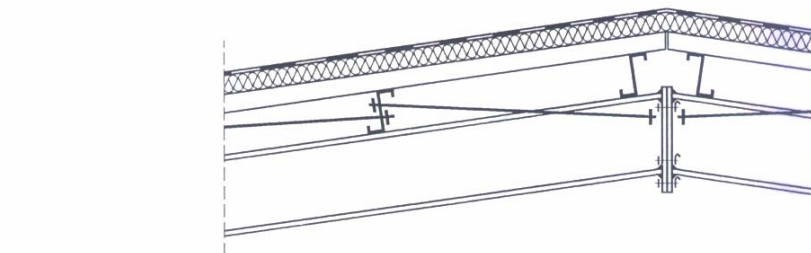
(A) Hengerelt szelvények



(B) Hidegen alakított szelvények

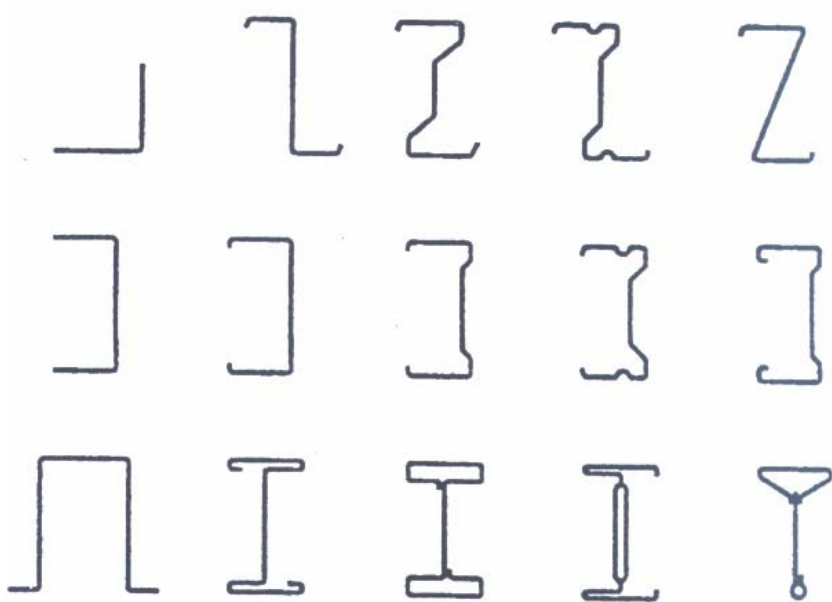


## Szelemenek megtámasztása a tető síkjában



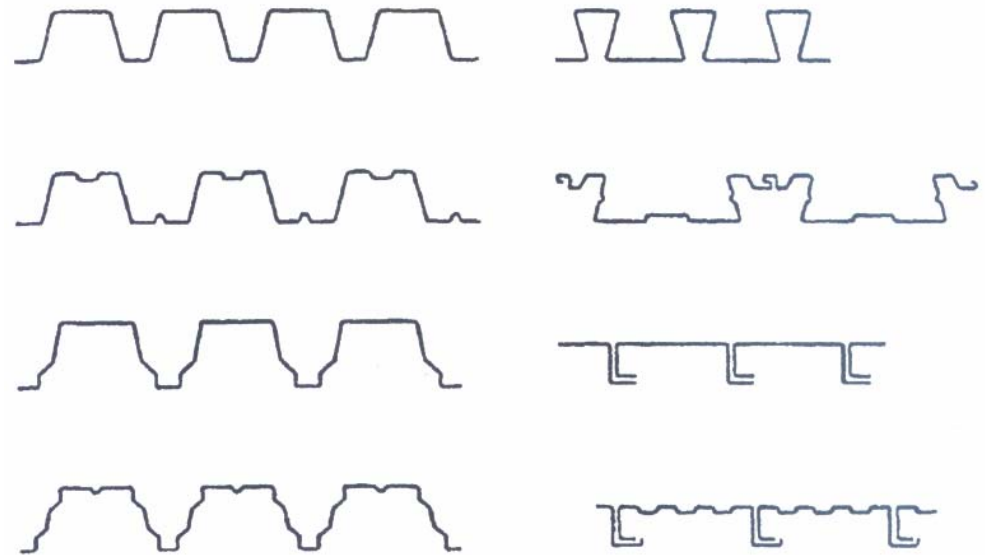


**Másodlagos teherviselő szerkezeti elemek:  
Hidegen alakított szelvények MSzENV 1993-1-3-1996 (Április 1996)  
Keresztmetszet alakja:**



Egyszerű nyitott keresztmetszetek

[Táblázatok: 89-99 oldal]



Profillemezek és tálcák

[Táblázatok: 101-107 oldal]

# Hidegen alakított szelvények:

A folyáshatár változása a hidegalakítás hatására

Az átlagos folyáshatár

$$f_{ya} = f_{yb} + (f_n - f_{yb})knt^2 / A_g,$$

de

$$f_{ya} \leq (f_n + f_{yb})/2$$

ahol

$A_g$  - a teljes keresztmetszeti terület

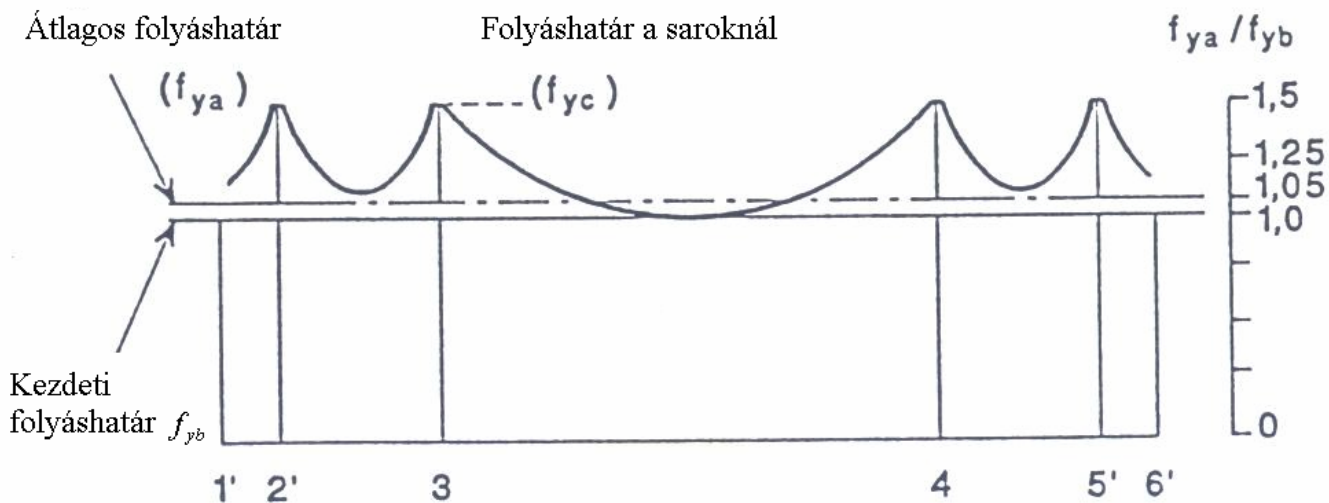
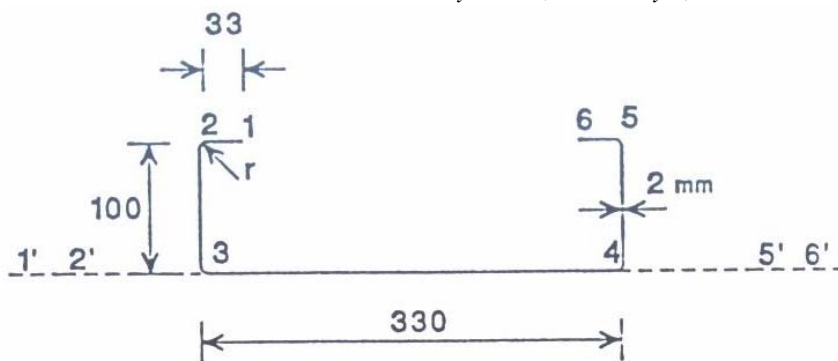
$k$  - megmunkálás módjától függő tényező

$k = 7$  hideg hengerlés esetén

$k = 5$  más egyéb alakítás esetén

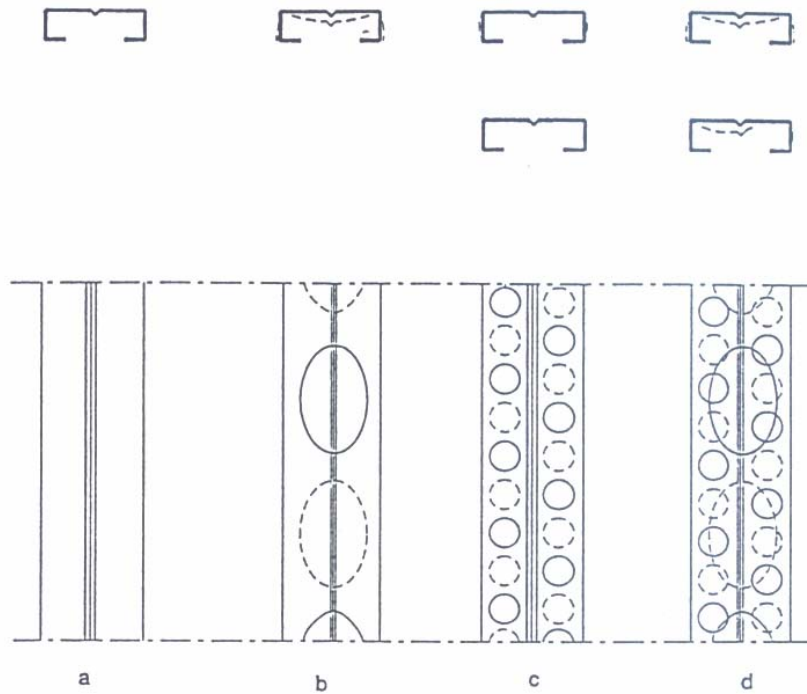
$n$  -  $r \leq 5t$  sugarú 90o-os hajlítások száma a keresztmetszetben

$t$  - az acélananyag névleges vastagsága

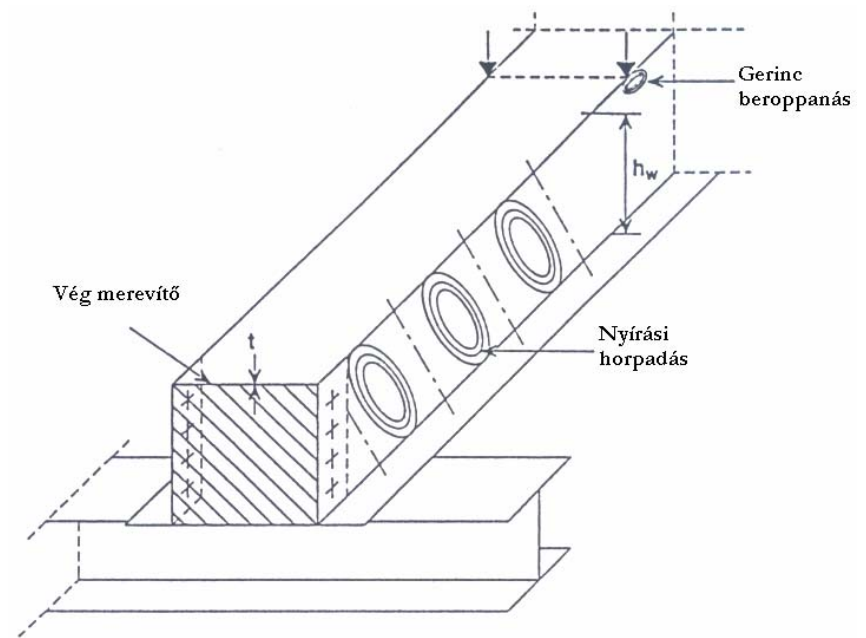


# Hidegen alakított szelvények:

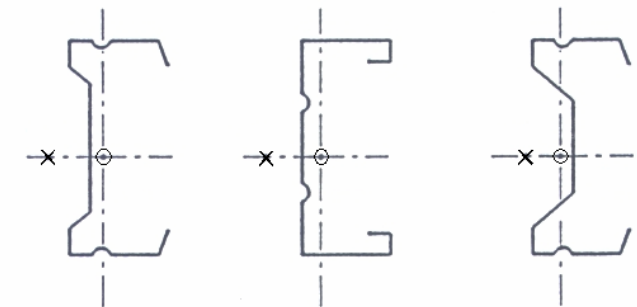
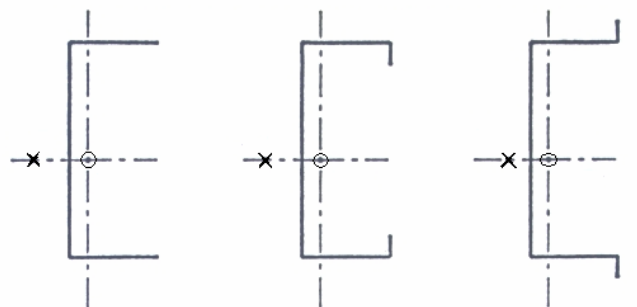
Lokális és globális instabilitások interakciója



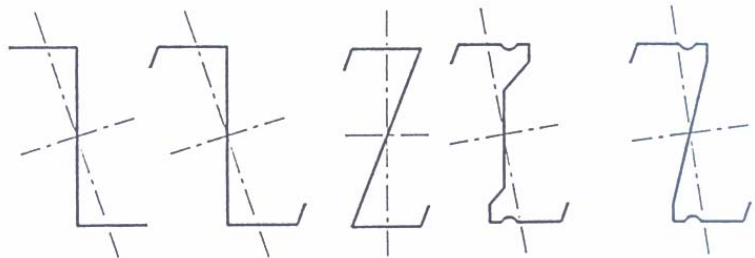
A nyírás és a koncentrált erő hatása



# Hidegen alakított szelvények:



○ Súlypont  
 × Nyírási középpont

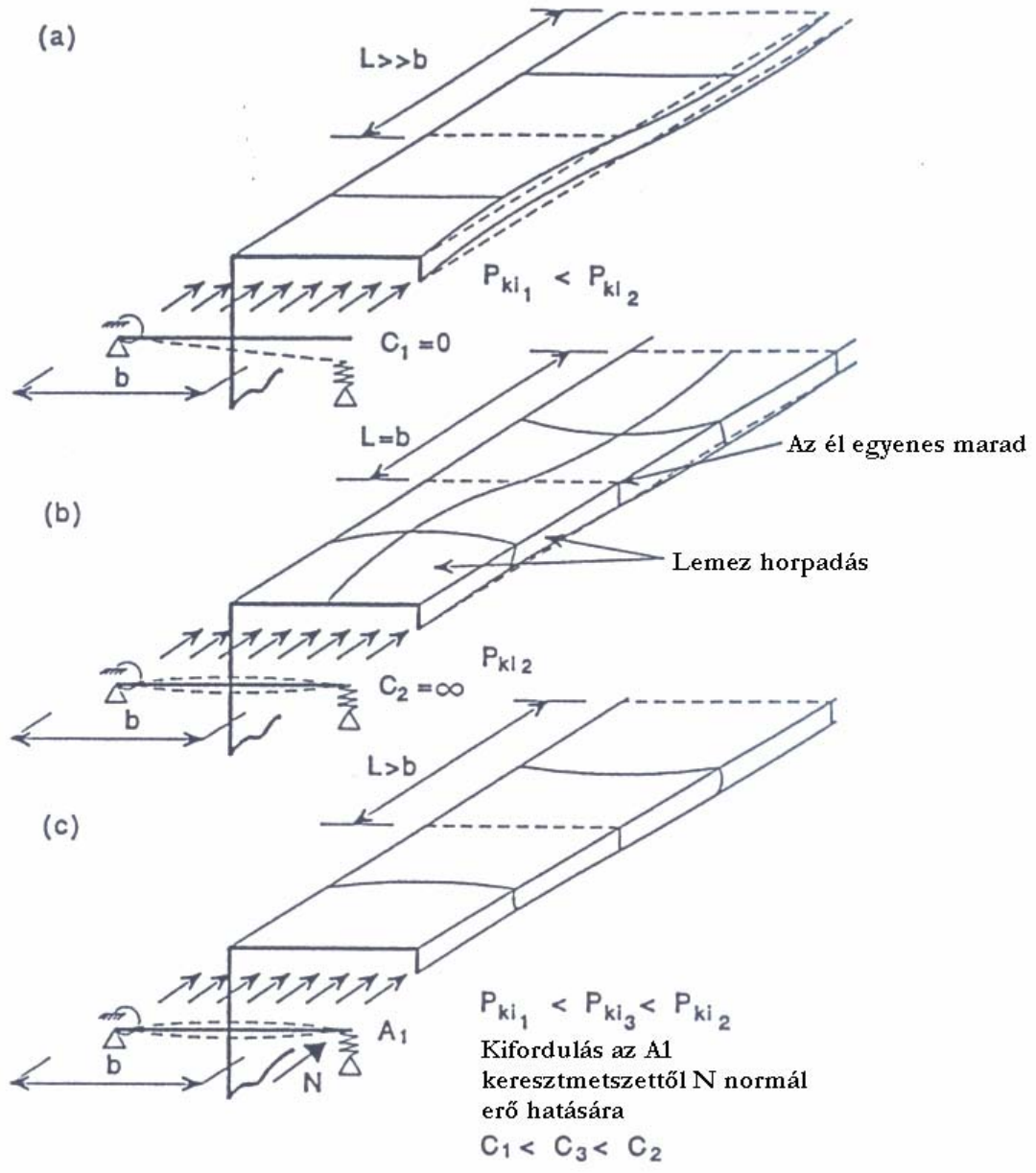


## Keresztmetszet-analízis modelljei

Elemtípus	Modell

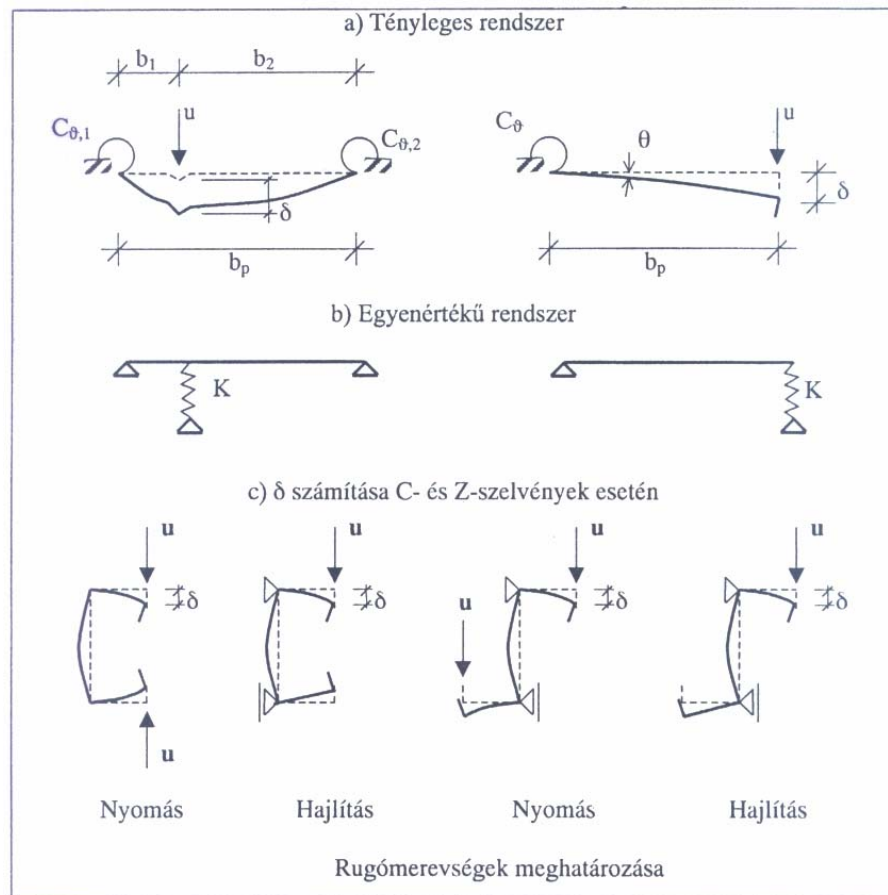
Elemtípus	Modell

# Perembordával merevített nyomott síkelem viselkedése és a tervezési modellek:



# Hidegen alakított szelvények: Horpadás

## Perembordával, vagy közbenső bordával merevített síkelemek:

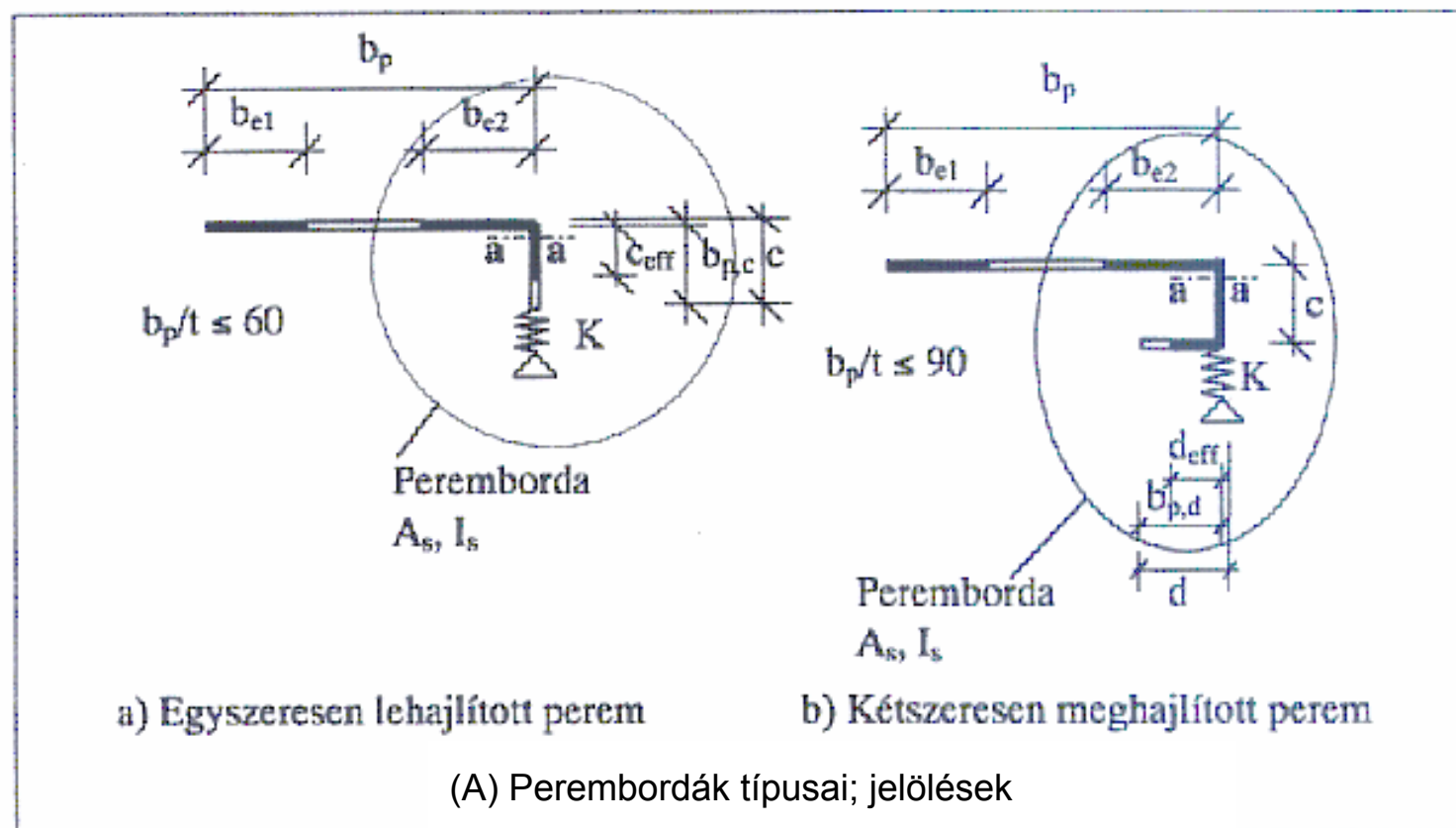


- (1) A csavarrugó-merevségek  $C_\theta$ ,  $C_{\theta,1}$  és  $C_{\theta,2}$  a keresztmetszeti geometriából történő meghatározása során figyelembe kell venni egyéb merevítők hatását is, melyek ugyanarra az elemre hatnak, valamint a keresztmetszet egyéb nyomott elemeit is.
- (2) Peremborda esetén a  $\delta$  lehajlás a következőképpen számítható:
 
$$\delta = \theta b_p + \frac{u b_p^3}{3} \times \frac{12(1-\nu^2)}{E t^3} \text{ ahol } \theta = u b_p / C_\theta$$
- (3) C- és Z-szelvények esetén  $C_\theta$  számítható u egység erő alkalmazásával
- (4) Közbenső borda esetén a  $C_{\theta,1}$  és  $C_{\theta,2}$  rugótényezők zérusának vehetők, akkor  $\delta$  lehajlás a következőképpen számítható:
 
$$\delta = \frac{u b_1^2 b_2^2}{3(b_1 + b_2)} \times \frac{12(1-\nu^2)}{E t^3}$$
- (5) A merevítőborda kihajláshoz tartozó  $\chi$  kihajlási tényezőhöz, amelyet az  $\alpha_0$  kihajlási görbe (imperfektions tényező  $\alpha=0,13$ ) alapján, tartozó viszonyított karcsúság  $\bar{\lambda}$  a következő:
 
$$\bar{\lambda} = \sqrt{f_{cr} / \sigma_{cr,2}}, \text{ ahol}$$

$$\sigma_{cr,2} \text{ a merevítő rugalmas kritikus feszültsége.}$$

## Perembordával merevített síkelemek:

- (1) A perembordák lehetnek egyszer vagy kétszer hajlítottak, ahogy az ábrán látható. A perembordákat vagy a lehajlított peremeket csak akkor kell a felületelem támaszaként figyelembe venni, ha a felületelemre merőleges sikkal bezárt hajlásszögük  $45^\circ$  és  $135^\circ$  között van, ha  $c > 0.2b_p$  ( $c$  és  $b_p$  az ábra szerint), és ha a  $b_p/t$  aránya kisebb, mint 60 egyszer hajtott peremnél és kisebb, mint 90 kétszer meghajlított peremnél. Egyéb esetekben figyelmen kívül kell hagyni őket.



(2) A peremborda az (A) ábra szerinti együttműködő keresztmetszeti területe a (B) ábrán bemutatott általános eljárással határozható meg:

1. lépés: A peremborda kezdeti hatékony keresztmetszetét a hatékony szélesség módszerével határozzuk meg feltételezve, hogy a borda teljes megfogást ad, ekkor  $\sigma_{com,ed} = f_{y,b} / \gamma_{M1}$
2. lépés: A peremborda kezdeti hatékony keresztmetszetét felhasználva meghatározzuk a kihajláshoz tartozó csökkentő tényező értékét a lemezelem folyamatos rugalmas átáramasztását biztosítva,
3. lépés: Iterációs eljárással pontosítjuk a peremborda kihajlási csökkentő tényezőjének értékét

(3) A  $b_{e1}$  és  $b_{e2}$  hatékony szélességeket az (A) ábra mutat, melyeket kéttámaszú  $b_p$  síkelemet feltételezve számítunk ki



(4) A  $c_{\text{eff}}$  és  $d_{\text{eff}}$  hatékony szélességeket a következőképpen számítjuk:

a) Egyszeresen lehajlított perem

$$c_{\text{eff}} = p b_{p,c}$$

ahol  $p$  a szokásos eljárás szerint értelmezendő, kivéve a következő  $k_0$  horpadási tényezőket:

$$k_0 = 0,5$$

$$\text{ha } b_{p,c} / b_p \leq 0,35$$

$$k_0 = 0,5 + 0,83 \times \sqrt{(b_{p,c} / b_p - 0,35)^2}$$

$$\text{ha } 0,35 < b_{p,c} / b_p \leq 0,6$$

b) Kétszeresen meghajlított perem

A  $c$  és  $d$  méreteket a  $c_{\text{eff}}$ , illetve  $d_{\text{eff}}$  együttdolgozó lemezszélességre kell csökkenteni kéttámaszú, illetve egy oldalon megtámasztott szerkezeti elemek esetén:

- (5) A hatékony peremkeresztmetszet keresztmetszete a következőképpen számítható:

$$A_s = (b_{e2} + c_{eff} + d_{eff}) t$$

- (6) A peremborda rugalmas kritikus kihajlási feszültsége a következő összefüggésből adódik:

$$\sigma_{cr,s} = 2 \frac{\sqrt{KE I_s}}{A_s}$$

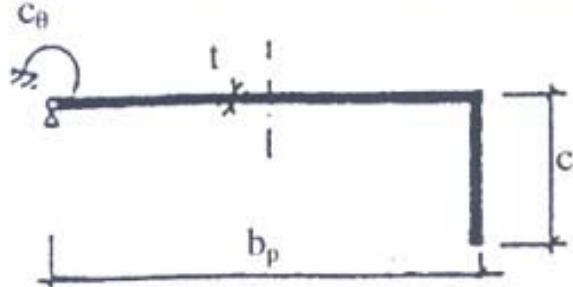
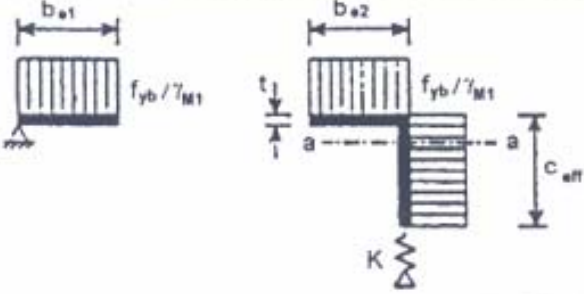
ahol

$K$  = a rugómerevség

$I_s$  = az  $A_s$  hatékony keresztmetszeti területű peremborda hatékony másodrendű nyomatéka a hatékony keresztmetszet  $a$ - $a$  semleges tengelyére meghatározva.

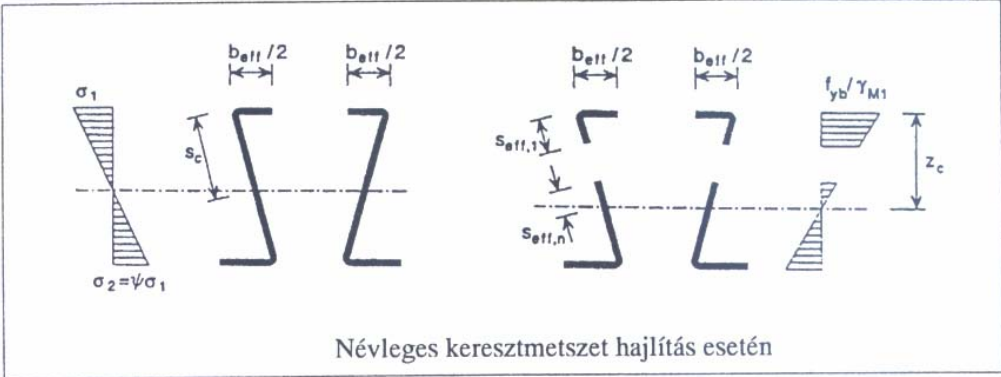
- (7) A peremborda kihajláshoz tartozó  $\chi$  kihajlási tényezőt  $\sigma_{cr,s}$  segítségével határozzuk meg.
- (8) Ha  $\chi < 1$  értékét iteratív eljárással pontosítani lehet egy módosított  $\rho$  induló értéket alkalmazva a szokásos eljárás szerint  $\sigma_{com,Ed} = \chi f_{yb} / \gamma_{M1}$  értéket felhasználva:
- $$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi}$$
- (9) Ha az iterációt választjuk, addig kell folytatni, amíg  $\chi$  aktuális értéke majdnem azonos, de semmiképpen sem több, mint az előző számított érték.

- (11) A hatékony keresztmetszeti jellemzők, a redukált hatékony  $A_{s,red}$  terület számításánál redukált lemeztvastagságokat  $t_{red} = \chi t$  kell figyelembe venni a peremgerendát alkotó lemezelemeknél.
- (12) Használhatósági állapotban a hatékony keresztmetszeti jellemzők számításánál a tervezési lemeztvastagságokat  $t$  kell figyelembe venni.

(B) Az perembordával merevített öv nyomási ellenállása	
	<p>a) Teljes keresztmetszet és peremfeltételek</p>
	<p>b) 1. lépés: Hatékony keresztmetszet</p> <p><math>K = \infty</math> a <math>\sigma_{com,Ed} = f_{yb} / \gamma_{M1}</math> feltételezésével</p>

	<p>c) <b>2. lépés:</b> A rugalmas kritikus feszültség <math>\sigma_{cr,s}</math> meghatározása az 1. lépésben számított <math>A_s</math> területen.</p>
	<p>d) <math>\chi f_{yb} / \gamma_{M1}</math> redukált feszültség meghatározása az <math>A_s</math> területen a <math>\sigma_{cr,s}</math> alapján meghatározott <math>\chi</math> csökkentő tényező segítségével.</p>
	<p>e) A peremborda effektív szélességéhez tartozó <math>t_{red}</math> redukált vastagság számítása a <math>\sigma_{cr,s}</math> alapján meghatározott <math>\chi</math> csökkentő tényező segítségével.</p>
	<p>f) <b>3. lépés:</b> Ismételjük a 2. lépést, a peremborda redukált hatékony keresztmetszetét <math>A_{s,red}</math> alkalmazva egészen addig, míg <math>\chi_n \approx \chi_{n-1}</math> de <math>\chi_n \leq \chi_{n-1}</math></p>
	<p>g) Alkalmazzuk a <math>\chi_n</math> csökkentő tényezőhöz tartozó <math>b_{e2}</math>, <math>c_{eff}</math> és <math>t_{red}</math> értékeket a hatékony keresztmetszet számításához</p>

# Hajlított szerkezeti rudak:



## Részlegesen képlékeny méretezés

(1) Ha az alábbi feltételek kielégülnek, a nyomott zóna képlékeny tartaléka is kihasználható az alakváltozás következő pontban megadott mértékéig:

- (a) A hajlítónyomaték az egyik főtengely körül hat.
- (b) A szerkezeti elem csavarással, vagy tiszta elcsavarodást, elcsavarodó kihajlást vagy kifordulást okozó igénybevétellel nem terhelt.
- (c) A keresztmetszet nyomott részeinek torzulása gátolt.
- (d) A gerinceknek a függőlegessel bezárt szöge egyik esetben sem haladja meg a 30°-ot.
- (e) A gerinc nyomott részének magasság/vastagság aránya ( $s_c/t$ ) nem haladja meg az  $1.1 \sqrt{E/f_y}$  értéket ( $\approx 33,18\epsilon$ ).

$$M_{c,Ed} = \frac{f_y W_{eff}}{\gamma_{M1}}$$

$$f_y \rightarrow f_{ya} \rightarrow f_{yb}$$

(2) Az  $\epsilon_{com,Ed}$  fajlagos összenyomódás nem haladhatja meg a  $C_y \epsilon_y / \gamma_{M1}$  értéket, ahol  $\epsilon_y = f_{yb} / E$ , a  $C_y$  a következőképpen meghatározott tényező:

- közbenső merevítés nélküli kéttámaszú szerkezeti elemek esetén:

$$\text{ha } \frac{s_c}{t} \leq 1.11 \sqrt{\frac{E}{f_y}}, (\approx 33,18\epsilon) \quad C_y = 3$$

$$\text{ha } 1.11 \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}} < \frac{s_c}{t} < 1.29 \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}}, \text{ (azaz ha } 33,18\epsilon < \frac{s_c}{t} < 38,56\epsilon)$$

$$C_y = 3 - \frac{\left( \frac{s_c}{t} \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} - 1.11 \right)}{0.09} \left( = 3 - \frac{\left( \frac{s_c}{t} - 33,18\epsilon \right)}{2,69\epsilon} \right)$$

$$\text{ha } \frac{s_c}{t} \geq 1.29 \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}}; \text{ (} = 38,56\epsilon) \quad C_y = 1$$

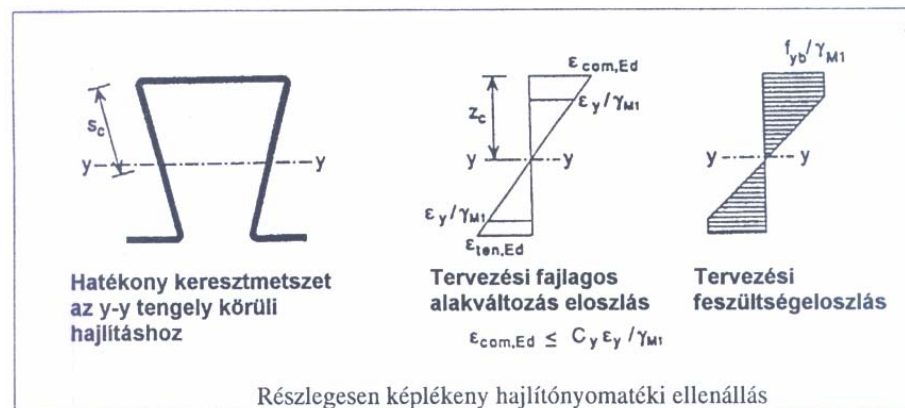
- egy oldalon megtámasztott szerkezeti elemek esetén:

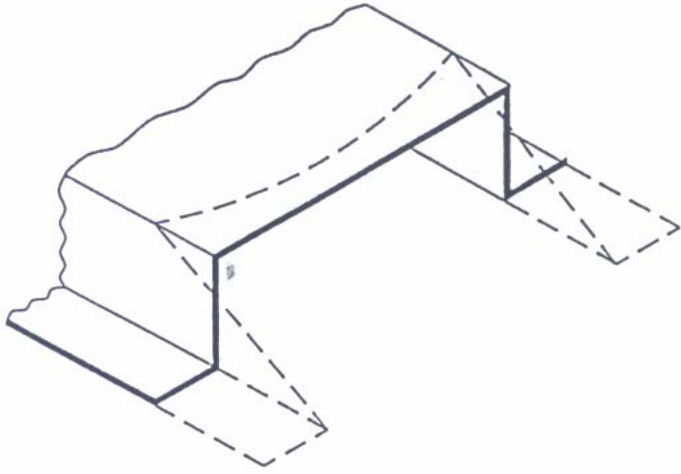
$$C_y = 1$$

- merevített szerkezeti elemek (közbenső- vagy peremborda)

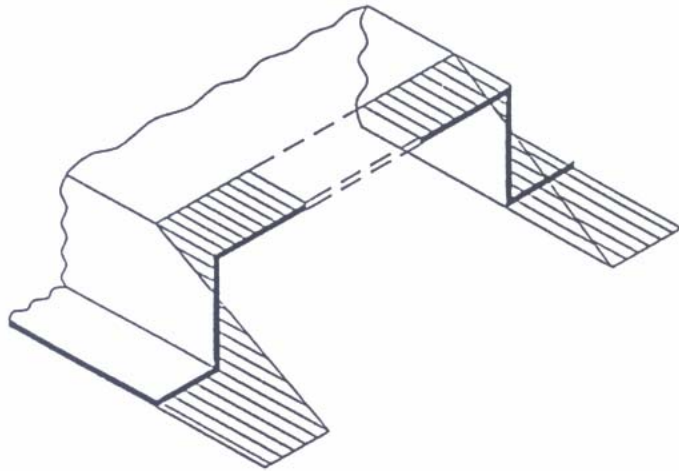
$$C_y = 1$$

- (3) Ebben az esetben a  $W_{pp}$  részlegesen képlékeny keresztmetszeti modulust a mind a húzott, mind a nyomott zónában bilineáris feszültségeloszlás feltételezésével kapjuk

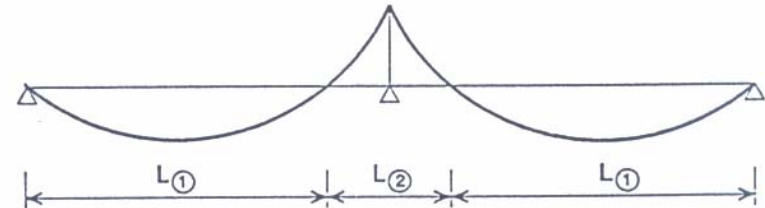
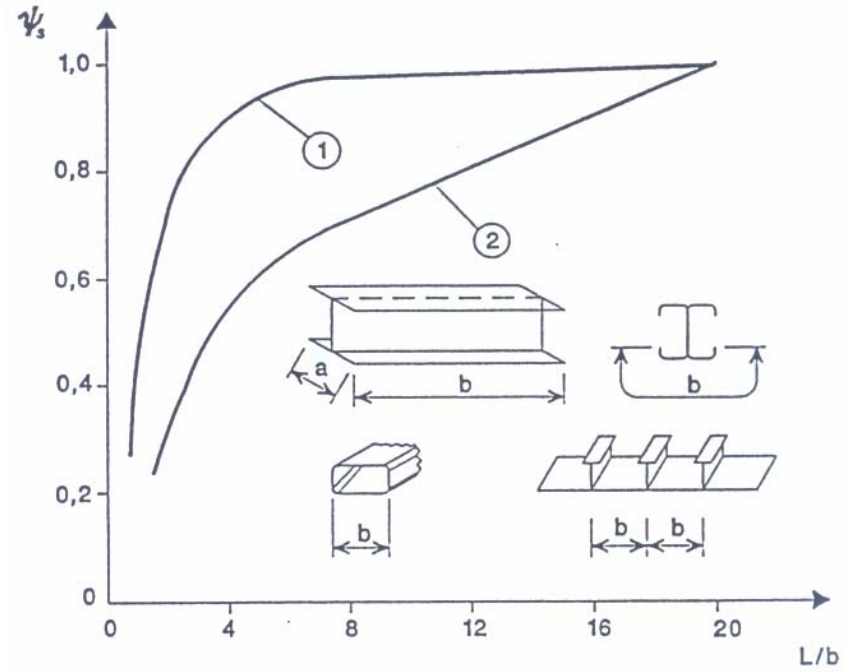




(a) Normál feszültegek eloszlása a teljes keresztmetszetben



(b) Idealizált feszültség eloszlás az effektív keresztmetszetben



Redukciós tényező  $\psi_s$

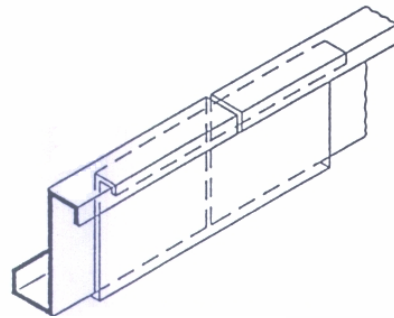
$$b_{eff} = \psi_s * \rho * b_p$$

# Szelemen méretezése

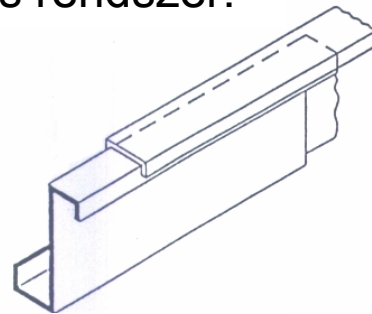
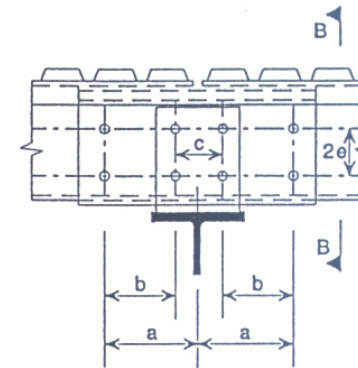
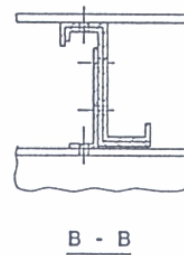
Szelemen keresztmetszetek:



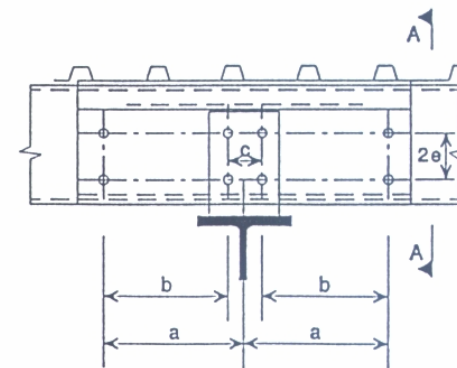
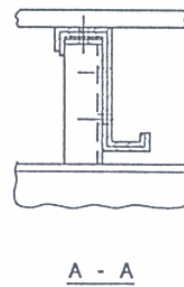
Illesztés:



(a) Hevederes rendszer:

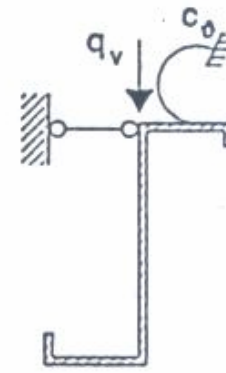
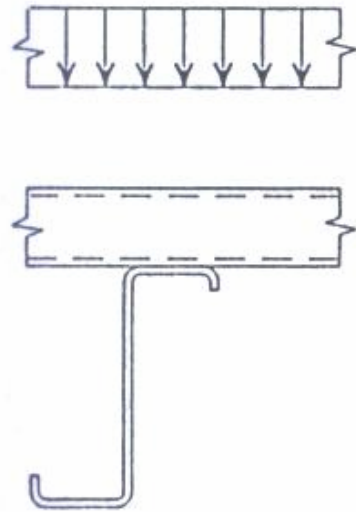


(b) Átfedéses rendszer:

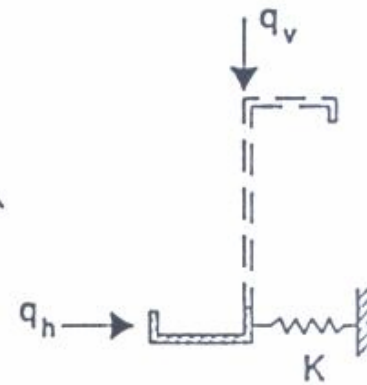




## Méretezési modellek a megtámasztás nélküli öv vizsgálatához



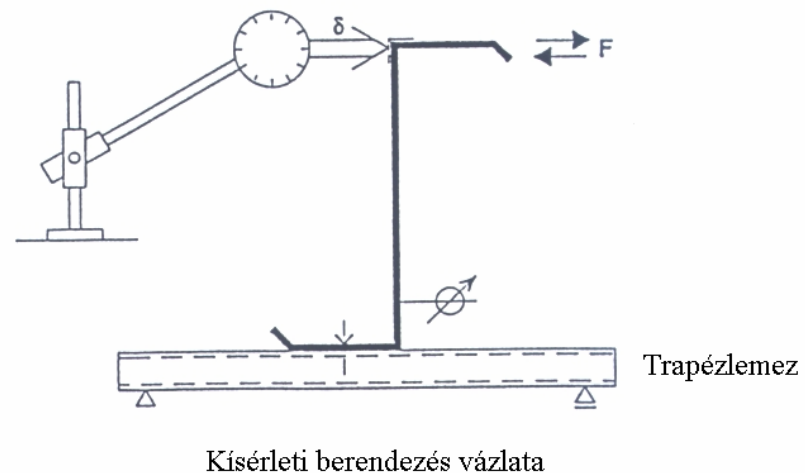
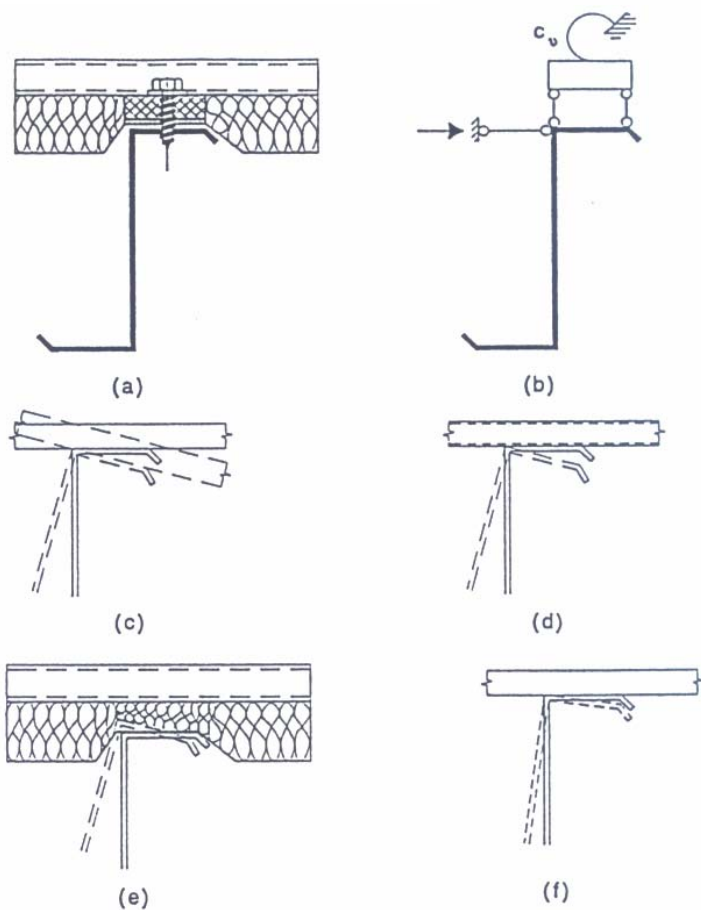
(A) A teljes keresztmetszet  $C_g$  oldalirányú megtámasztással



(B) Megtámasztás nélküli öv K megtámasztással

# Szelemen méretezés:

1. változat

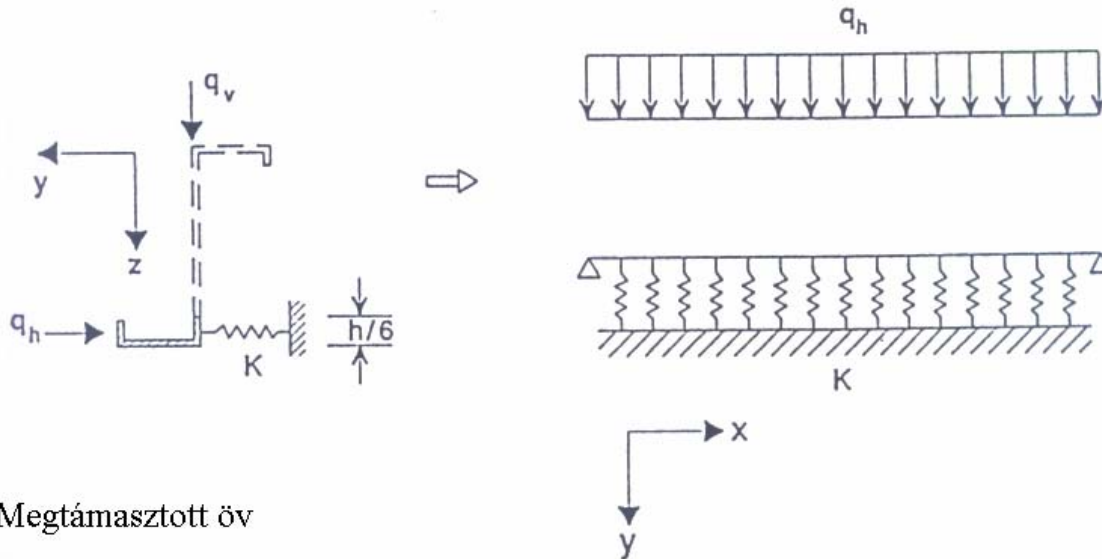


- (a) Tényleges szerkezet
- (b) Idealizálás
- (c) A héjalás deformációja (számítható)
- (c) - (f) Az egyes deformációk a  $C_v$ -hez
- (d), (f) Helyi deformációk a héjaláson és a szelemenen
- (e) A kitöltő anyag deformációja (d-f kísérlet alapján)

$C_v$  - elfordulási merevség

# Szelemen méretezés:

2. változat

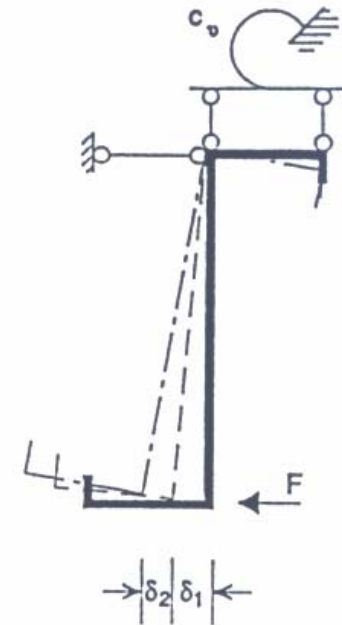


Megtámasztott öv

$$\sigma_x = \frac{M_y}{W_{cf}} + \frac{N}{A_{cf}} \leq f_y$$

Megtámasztás nélküli öv

$$\sigma_x = \frac{N}{A_{cf}} + \frac{M_y}{W_{cf}} + \frac{M_z}{W_{fz}} \leq f_y$$



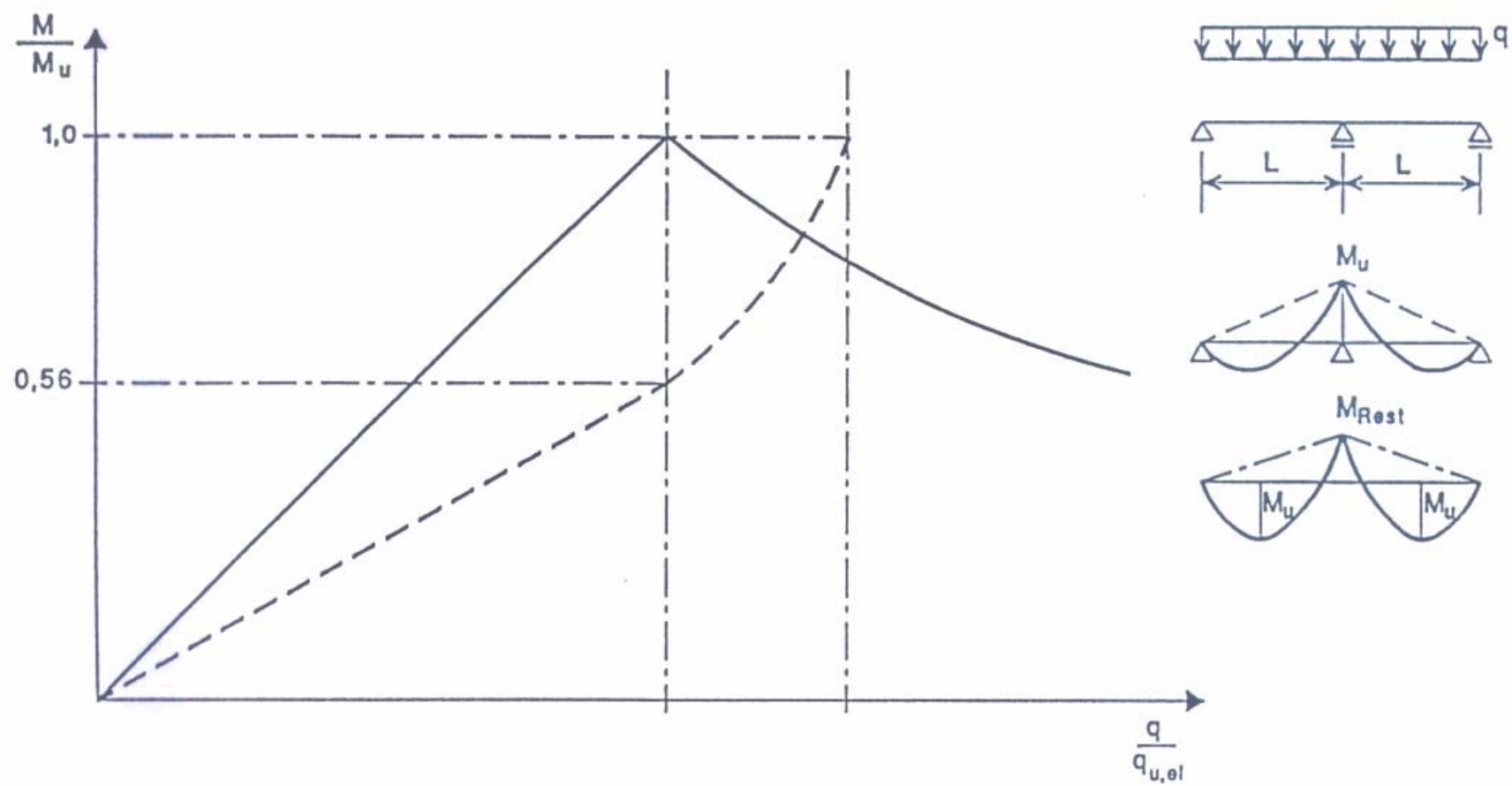
$$K = \frac{F}{\delta_1 + \delta_2}$$

Rugalmas ágyazási tényező K

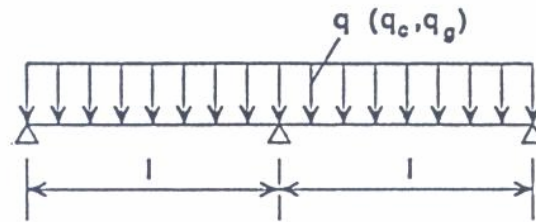
$\delta_1 - C_v$

$\delta_2 - \text{torziás}$

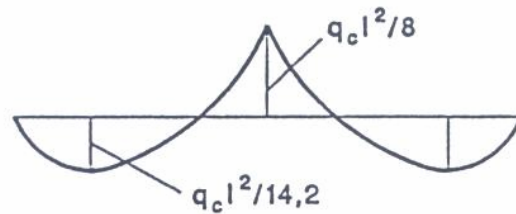
## Többtámaszú szelemen méretezése:



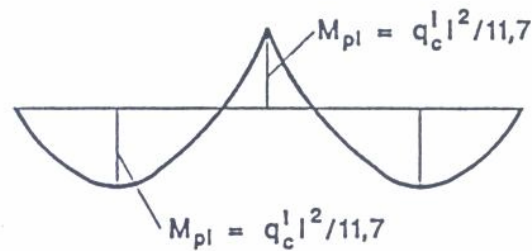
**Számítási eljárás a nyomaték elrendeződése esetén:**



Szerkezet és terhelés



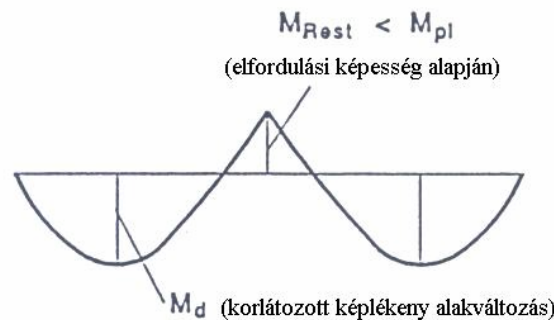
Rugalmas nyomatéki ábra  
( $q_c = 8M_{e1}/l^2$ )



Nyomaték átrendeződés  
"compact" keresztmetszet esetén

$$q_c^I = 11,7 \cdot M_{pl} / l^2$$

$$M_{pl} = f_y \cdot W_{pl} \quad q_c^I = q_g$$



Nyomaték átrendeződés  
vékonyfaló keresztmetszet esetén

$$q_c^{II} = \alpha \cdot q_c^I ; \alpha \leq 1$$

$$M_{Rest} < M_{pl}$$

$$M_d < f_y W_{pl}$$