



BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

Magasépítési acélszerkezetek

*Trapézlemez és szelemen méretezése
Gyakorlati vázlat – 2007.03.05.*

Készítette:

Dr. Dunai László
Seres Noémi

Tartalom

1. Bevezetés	
1.1. Vékonyfalú szelvények.....	3.
1.2. Alapanyag.....	4.
1.3. Korrózióvédelem.....	4.
1.4. Gyártás.....	4.
1.5. Szerkezeti viselkedés jellemzői.....	4.
2. Szerkezeti kialakítás	
2.1. Trapézlemez.....	5.
2.2. Szelemen.....	6.
3. Statikai analízis	
3.1. Terhek.....	7.
3.2. Statikai modell.....	8.
3.3. Analízis.....	8.
4. Méretezés	
4.1. Teherbírési határállapot (ULS).....	8.
4.2. Használhatósági határállapot (SLS).....	9.
5. Gyakorlati feladat	
5.1. Trapézlemez.....	9.
5.2. Szelemen.....	10.
5.3. Dokumentálás.....	11.

1. Bevezetés

1.1. Vékonyfalú szelvények (vastagság 0,5 – 3,5 mm)

- *Profil:* lemezből, hajlítással. Magassági mérete 50 – 400 mm lehet, használatos profil magasságok 100 – 300 mm közé esnek.
 - o 1. generáció: kis horpadási szilárdság



- o 2. generáció: merevített perem



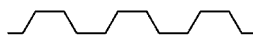
- o 3. generáció: behengerelt bordák



- *Lemez:* magassági mérete merevítetlen profillemez esetén 20 – 70 mm (alk.: 35 – 50 mm), míg merevített profillemez esetén 70 – 200 mm lehet. Egy merevítés esetén a maximális magasság 110 mm, két merevítés esetén 200 mm.



Színusz hullámú lemez

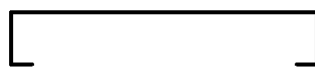


Profillemez

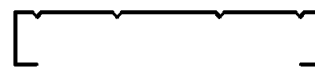


Merevített profillemez

- *Tálca*

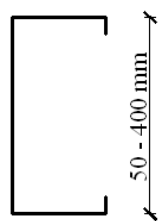


Merevítetlen tálca

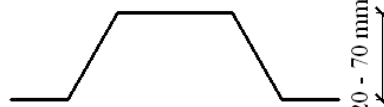


Merevített tálca

- *Méretek*



$t = 0,8 - 3,5$ mm



$t = 0,5 - 1$ mm



$t = 0,5 - 2$ mm

1.2. Alapanyag

- Hidegen/melegen hengerelt, horganyzott acél
 $f_y = 250 - 280 - 320 - 350 \text{ N/mm}^2$
- Nagyszilárdságú acél
 $f_y = 350 - 420 - 460 - 500 - 550 \text{ N/mm}^2$
 $f_u/f_y > 1,1$

Megjegyzés: A hideg hajlítás növeli a szilárdságot, de csökkenti a duktilitást!

1.3. Korrózióvédelem

A korrózióvédelemnek kiemelt szerepe van a vékonyfalú szelvények esetén. A korrózióvédelem két komponensből áll, a horganyrétegből, és a bevonatból. A horganyréteg felhordása az alakítás előtt történik.




- Zn: $\sim 275 - 350 - 450 \text{ g/m}^2$
- Zn - Al: $\sim 150 - 200 \text{ g/m}^2$

1.4. Gyártás

Követelmény: alakpontosság, a korrózióvédelem nem károsodhat

- *Élhajlítás:*
 - Megfelelő sugárral kialakított élek
 - Nem termelékeny
 - Max. 6 m hossz
- *Hideg hengerlés:*
 - Több hengerson keresztül (a szelvény bonyolultságától függően)
 - Nagy termelékenység (100 m/perc teljesítmény)

1.5. Szerkezeti viselkedés jellemzői

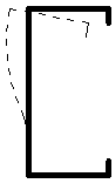
Szerkezeti kialakítás	Szerkezeti viselkedés	Méretezés
Nagy b/t arány ¹	Lemezhorpadás (+shear lag +flange curling) 	Effektív keresztmetszet (posztkritikus + szilárdsági)
Merevítetlen vagy részlegesen merevített elemek ²	Nem alaktartó stabilitásvesztés 	Effektív keresztmetszet + merevítő kihajlása
Szimmetria 1x, 0x ³	Térbeli elcsavarodó kihajlás/ kifordulás 	Effektív keresztmetszet + globális stabilitás
Vastagság	Imperfekció érzékenység, vastagság változás hatása, inhomogén keresztmetszet	Vastagság tervezési változó (statisztikai elemzés → karakterisztikus érték)
Imperfekciók ⁴		
Hidegalakítás ⁵		Átlagos folyáshatár
Kapcsolatok ⁶ (új típusú) +vastagság+korrózió	Új tönkremeneteli módok	Kísérletek szerepe, új méretezési formulák

¹ nyomott lemez esetén nagy b/t arány → 4. keresztmetszeti osztályú szelvény

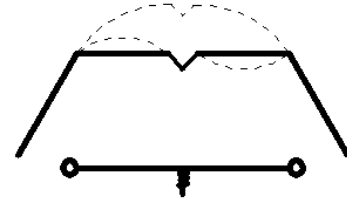
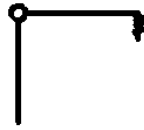
² részlegesen merevített lemezek: a rugók merevsége alapján stabilitásvizsgálat végezhető.



Lemezhorpadás



Torzulási horpadás



Lemezborða kihajlása

³ Az 1x vagy 0x szimmetrikus (2x szimmetrikus ebben az esetben nem lehet) szelvény csavarási merevsége kicsi → elcsavarodó stabilitásvesztési jelenségek

⁴ Az imperfekciók nagyságrendje más, mint a melegen hengerelt profiloknál.

⁵ A hideg alakítás hatására felkeményedés következik be a hajlítás helyén. Tehát a sarkokban a folyáshatár más lesz, mint a sarkok közötti szakaszokon. Ennek következménye, hogy a szelvény inhomogénné válik a méretezési jellemző szempontjából.

⁶ Extrém vékony elemekről lévén szó, nem lehet klasszikus kapcsolóelemeket figyelembe venni. A horganyzás miatt a vékonyfalú profilokat nem lehet hegeszteni. Az illesztés kisebb átmérőjű, önfűrő/önmetsző csavarokkal végezhető el, melyek beviszik a horganyréteget a furat belsejébe (lokális korrózióvédelem).

2. Szerkezeti kialakítás

2.1. Trapézlemez

- Gyártási, szállítási hossz ↔ statikai váz

A gyártási hosszt a lemezköteg hossza határozza meg, gyakorlatilag nem limitált. A szállítási hossz viszont < 15 m, ami tipikusan egy fél nyeregterő hosszának feleltethető meg.

- Szerkezeti rendszer:

- Szelemen + trapézlemez (~20 – 70mm): a szelemen a másodlagos teherviselő elem, a trapézlemez 20 – 70 mm magasságú, első generációs profillemmez
- Szelemen nélküli (magasprofil ~110 – 200mm)

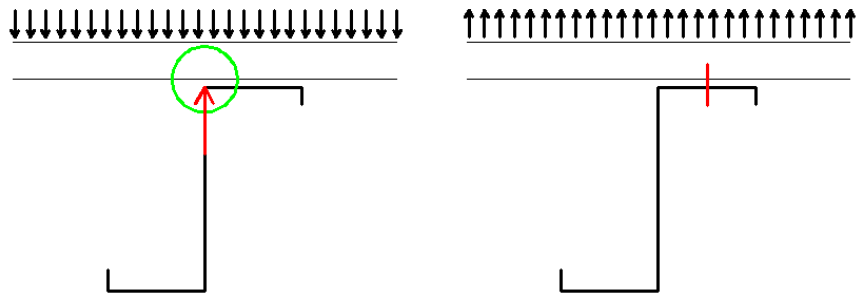
- Erősítés:

- Vastagság
- Részleges átfedés



- Teljes átfedés (több lemez, akár 3 – 4 egymáson)

- *Megtámasztás, felfekvés, leerősítés* → méretezés (koncentrált erő!)



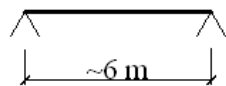
Horpadás, beroppanás

Kigombolódás, menet kihúzóadás

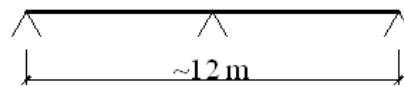
(lemez síkjába eső merevítő hatás (membránhatás) – stressed skin design)

2.2. Szelemen

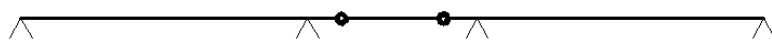
- *Gyártási, szállítási hossz* ↔ *statikai váz* ↔ *szerkezeti rendszer*



Kéttámaszú



Többtámaszú

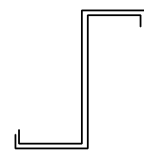
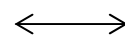


Gerber tartó (csuklós)

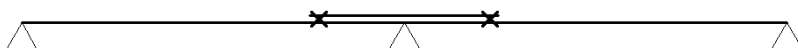
- *Toldás* (a folytonossághoz nyomatékbíró kapcsolat kell!)



Átfedésezes toldás



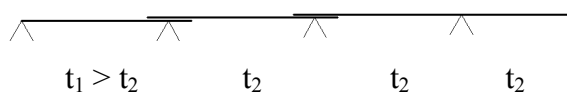
Összecsúsztható
profilokkal



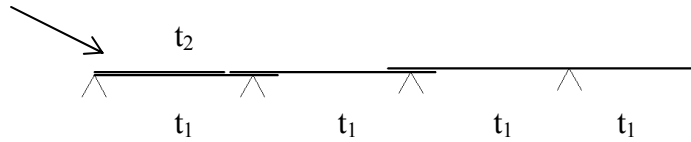
Toldóelemes toldás

- *Erősítés:*

- Támasz környezet
- Szélső mező
 - Vastagság

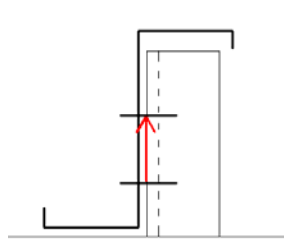


- Betolható erősítő elem:

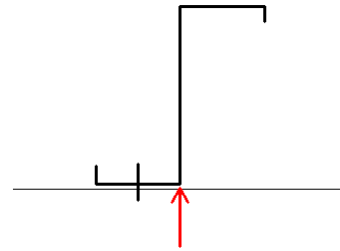


- *Megtámasztás:*

- függőleges – erőbevezetés

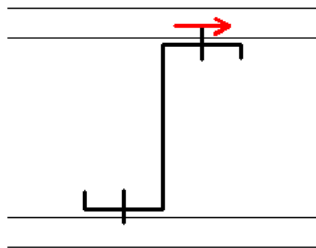


Erő átadása nyírással a gerincben
(nyírás vizsgálat)

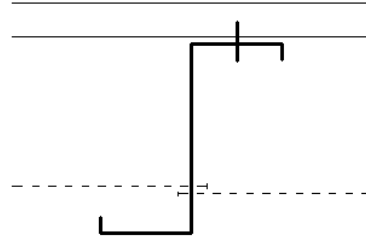


Koncentrált erő bevezetése a gerincbe
(beroppanási vizsgálat)

- oldalirányú



A trapézlemez megtámasztja a két övet
(keresztmetszet vizsgálat)



Az alsó öv megtámasztatlan vagy
részlegesen megtámasztott
(kifordulás vizsgálat)

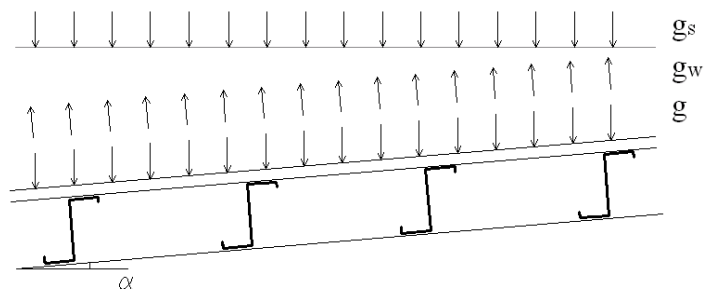
3. Statikai analízis

3.1. Terhek

gravitációs } ↔ statikai modell, méretezési eljárás
szélszívás }

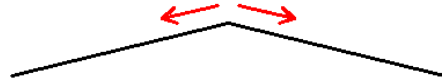
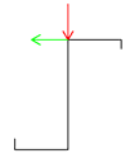
- *Redukálás:*

állandó (g)
hó (g_s)
szél (g_w)



- *Analízis + méretezés:*

állandó $g \cdot \cos \alpha$
 hó $g_s \cdot \cos^2 \alpha$
 szél g_w
 + tetősíkba eső komponens



Nyeregteő
önlehorgonyzás

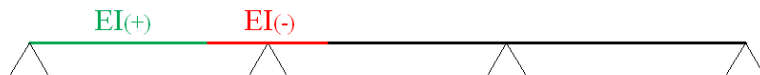


Félnyeregteő
merevítő rendszer

3.2. Statikai modell (tetősíkra merőleges).

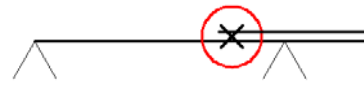
- *Szerkezeti rendszer* → változó hajlítási merevségű gerendamodell

- erősítés miatt
- effektív keresztmetszet: változó nyomaték
változó előjel I_{eff}^+ , I_{eff}^-
teherbírási és használhatósági
határállapot



3.3. Analízis

Rugalmas
Rugalmas + félmerev kapcsolat

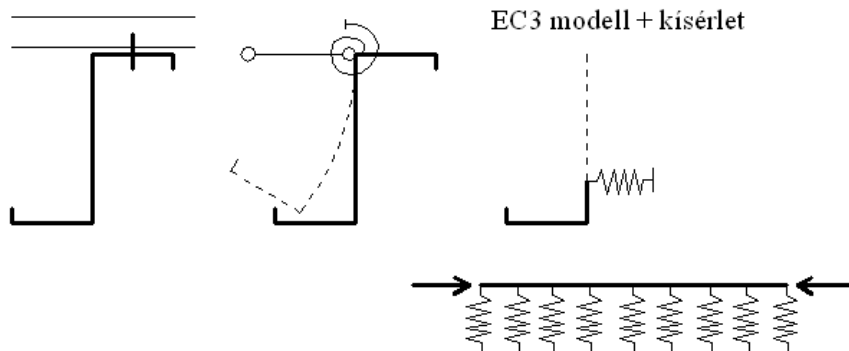


Félmerev kapcsolat

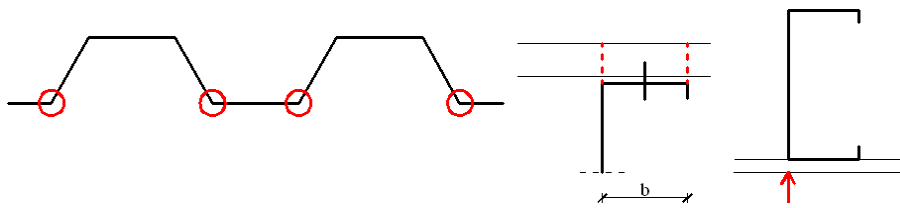
4. Méretezés

4.1. Teherbírási határállapot (ULS)

- (M) *hajlítás* keresztmetszeti ellenállás: szilárdsági és lokális stabilitás → M_{Rd}^+ , M_{Rd}^-
 szerkezeti elem ellenállás: lokális és globális stabilitás → $M_{LT,Rd}$
 nem alaktartó kifordulás



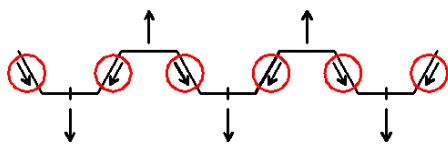
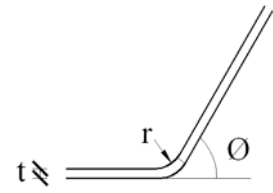
- (**F**) koncentrált erő → gerinc beroppanás



Gerinc beroppanásra ellenőrzendő helyek

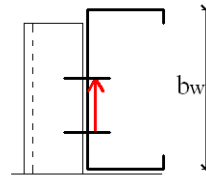
$$F_{Rd} = f\{b, t, \Theta, r, \text{merevítés}, f_y, \text{pozíció (vég v. közbenső)}\} \rightarrow$$

- (**V**) nyíróerő



Nyírásra mértékadó hely

$$V_{Rd} = f(b_w, t, \Theta, f_y, \text{merevítés}) \rightarrow$$



Kölcsönhatások: M – F
M – V

4.2. Használhatósági határállapot (SLS)

- *Lehajlás*

$$e_{\max} \leq e_h (L/200) - \text{korlát felvétel!}$$

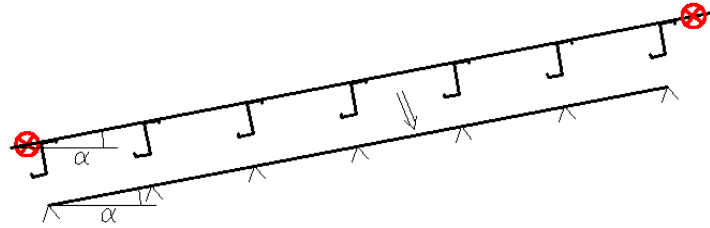
↓
modell, értelmezés

- *Lemez járhatóság*

5. Gyakorlati feladat

5.1. Trapézlemez

Az alkalmazott trapézlemez Lindab LTP20 vagy LTP45, a vastagsága $t = 0,5 - 0,6$ mm. A lemez támaszköze tipikusan LTP20 esetén $1,0 - 1,6$ m; LTP45 esetén $1,5 - 2,8$ m. A statikai vázát folytatólagos többtámaszú tartóként kell fölvenni (egy lemez fedjen le egy fél tetőt), és a konzolokat nem szükséges figyelembe venni.

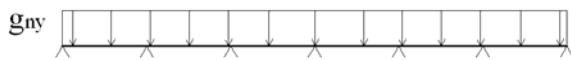


Statikai váz

- *Terhek*

- o Nyomó jellegű teher – közbenső sáv ($C_{pe,1} = +0,2; \Theta = 0^\circ$)

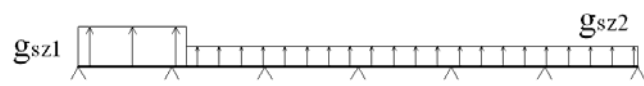
g_{ny} [kN/m²] = állandó + hó (+ szél ← kis α esetén elhanyagolható)



állandó teher = trapézlemez súlya

- o Szívó jellegű teher ($\Theta = 90^\circ$)

g_{szi} = állandó + szél

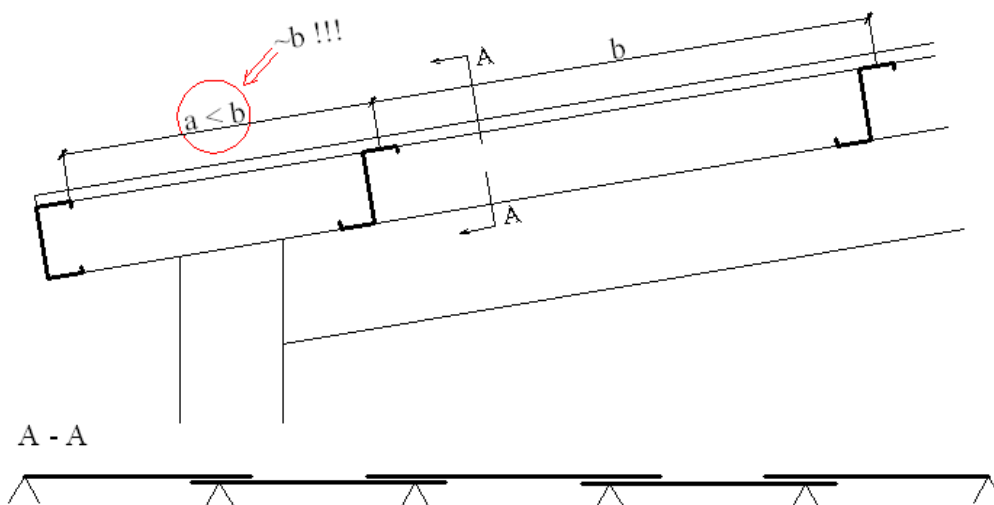


- *Méretezés*

- o ULS: $\gamma_g * g + \gamma_q * g_s (+ \psi * \gamma_q * g_w)$
(nyomó jellegű tehernél $\gamma_g = 1,35$; szívó jellegű tehernél $\gamma_g = 1,0$)
- o SLS: $1,0 * g + 1,0 * g_s (+ \psi * 1,0 * g_w)$

5.2. Szelemen

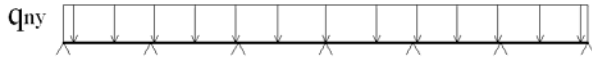
Az alkalmazott szelemen Lindab Z150 – 200 – 250/ t = 1,0 – 1,5 – 2,0 – 2,5 mm. Átfedéses rendszert feltételezünk úgy, hogy a modell a teljes épülethosszra vonatkozzon. Az átfedések mértéke 10%. A szélső terhelési mező szélességét a közbenső terhelési mező szélességével azonos nagyságúra vesszük fel.



- *Terhek*

- o Nyomó jellegű teher – közbenső sáv ($C_{pe,1} = +0,2; \Theta = 0^\circ$)

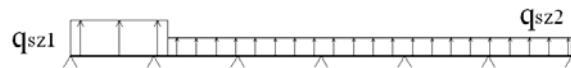
$$q_{ny} \text{ [kN/m]} = \text{állandó} + \text{hó} + \text{szél}$$



állandó teher = külső és belső trapézlemez, hőszigetelés és szelemen súlya

- o Szívó jellegű teher ($\Theta = 0^\circ, \Theta = 90^\circ$)

$$q_{szi} = \text{állandó} + \text{szél}$$



- *Méretezés*

- o ULS: $\gamma_g * g + \gamma_q * q$
(nyomó jellegű tehernél $\gamma_g = 1,35$; szívó jellegű tehernél $\gamma_g = 1,0$)
- o SLS: $1,0 * g + 1,0 * q$

Optimálást a nyomóteherre kell elvégezni, az ellenőrzést pedig a szélteherre.

5.3. Dokumentálás (beadandó feladatrészek)

- Szerkezeti kialakítás, sávok definiálása, mértékadó sávok kiválasztása (lásd pl. az alábbi ábrán)
- Teher kialakítás, számítás (ULS, SLS)
- Magyarázó ábra (szelemen és trapézlemez helye, $C_{pe} - k$)
- Az eredményt a DimRoof program dokumentálja
 - Relatív kihasználtság kell
 - Abszolút kihasználtság és kapcsolat nem kell

