



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
MŰSZAKI ÉS INFORMATIKAI KAR

Acélszerkezetek II.

3. gyakorlat

Nyírt lemezek horpadása

Szabó Imre Gábor

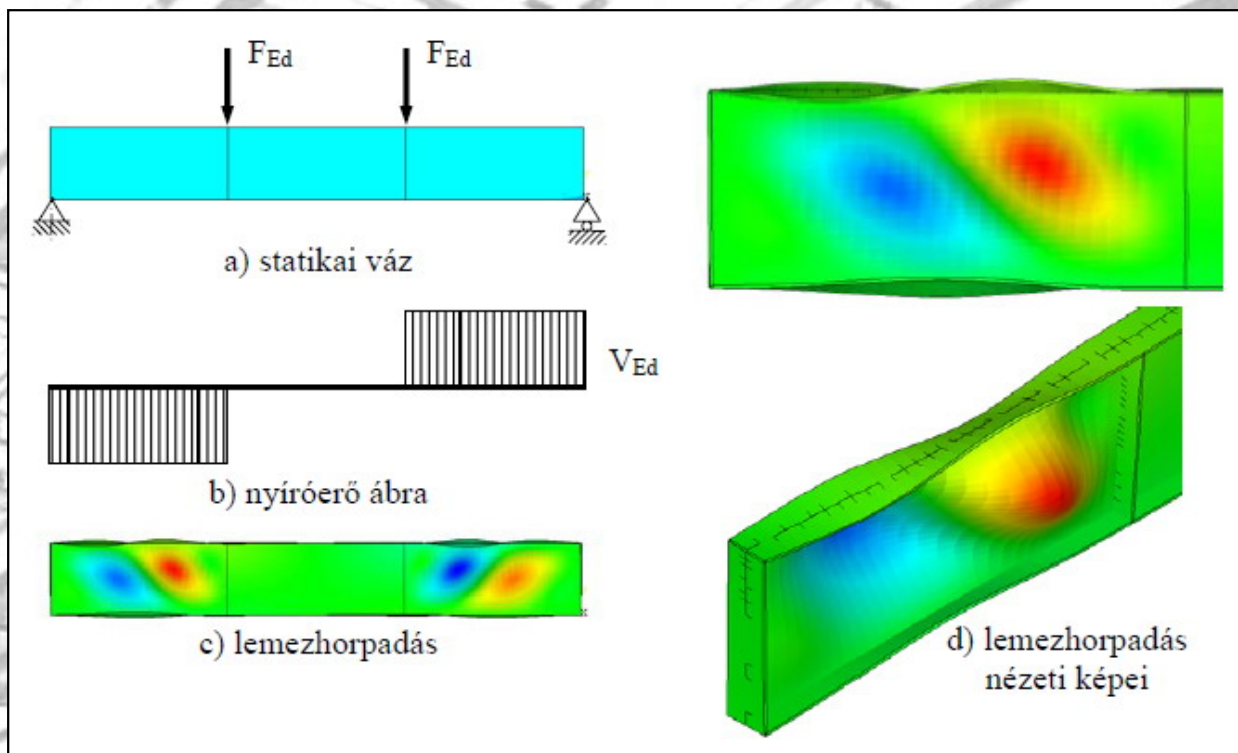
Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar

Építőmérnök Tanszék

1. Alapelvek

Nagy nyíróerő esetén vékonygerincű tartóknál lehet mértékadó.

A függőleges értelmű nyírást a gerinclemez veszi fel. A nyírás hatására jellegzetes, ferde hullámok jönnek létre a gerincben. A lenti példában a szélső lemezmezőkben van csak nyíróerő, nyírási horpadás így ott keletkezhet.



1. ábra. Nyírt gerinclemez lemezhorpadása [Dunai, Horváth 2007]

Nem kell vizsgálni, ha a gerinclemez magasságának és vastagságának aránya a következő:

- merevítetlen gerinclemez esetén:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72\varepsilon}{\eta}$$

- legalább a támaszok felett merevítő bordákkal merevített gerinclemezek esetén:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31\varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta}$$

ahol: h_w – a gerinclemez magassága;

t_w – a gerinclemez vastagsága;

ε – az anyagminőséget figyelembe vevő együttható;

k_τ – nyírási horpadási tényező (részletesen lásd lejjebb);

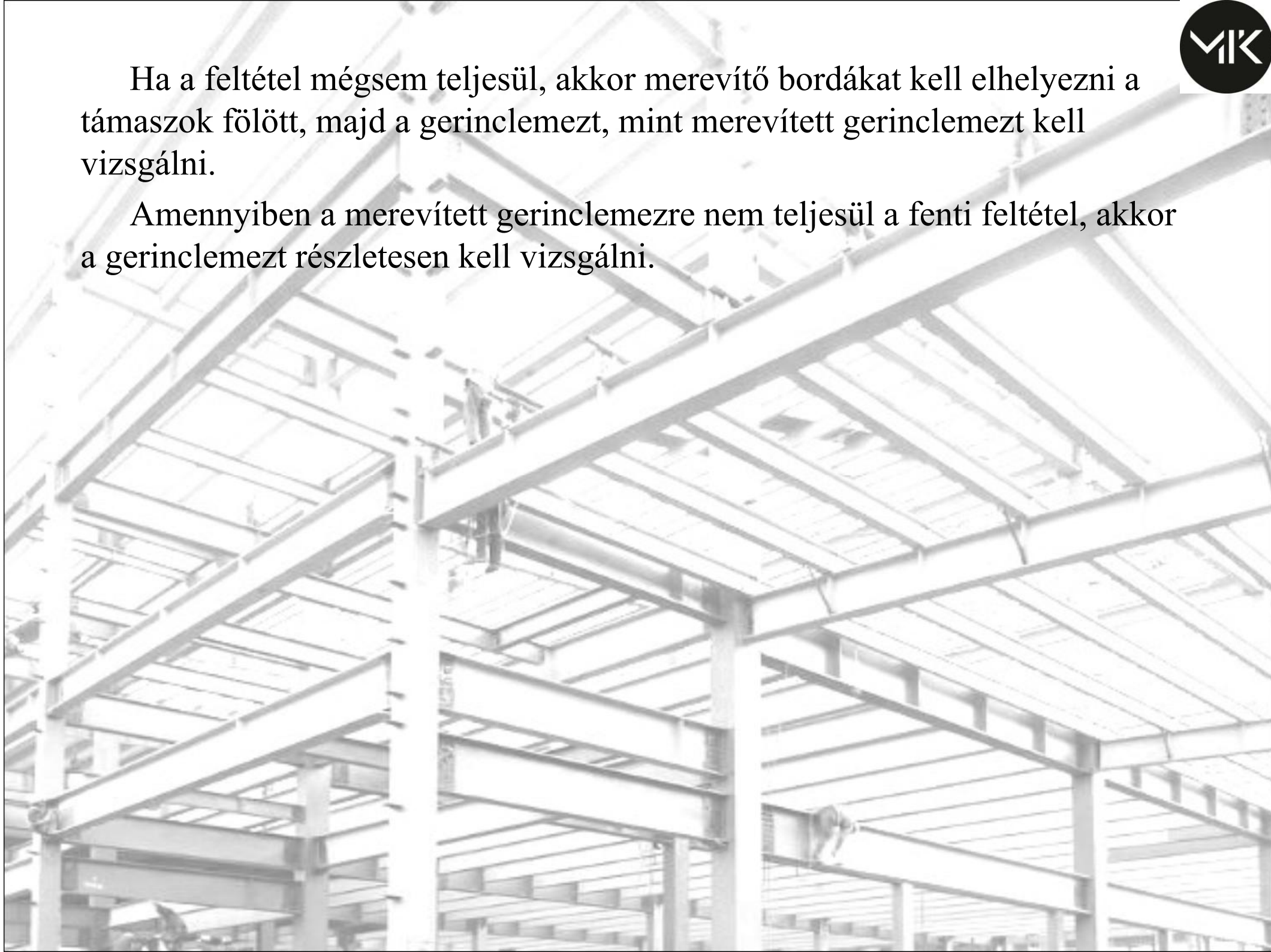
η – módosító tényező, ajánlott értéke 1,20.

A merevítetlen gerinclemezekre előírt feltétel melegen hengerelt szelvények esetén általában teljesül, ezért a melegen hengerelt gerendákat nyírási horpadásra nem kell vizsgálni.



Ha a feltétel mégsem teljesül, akkor merevítő bordákat kell elhelyezni a támaszok fölött, majd a gerinclemezt, mint merevített gerinclemezt kell vizsgálni.

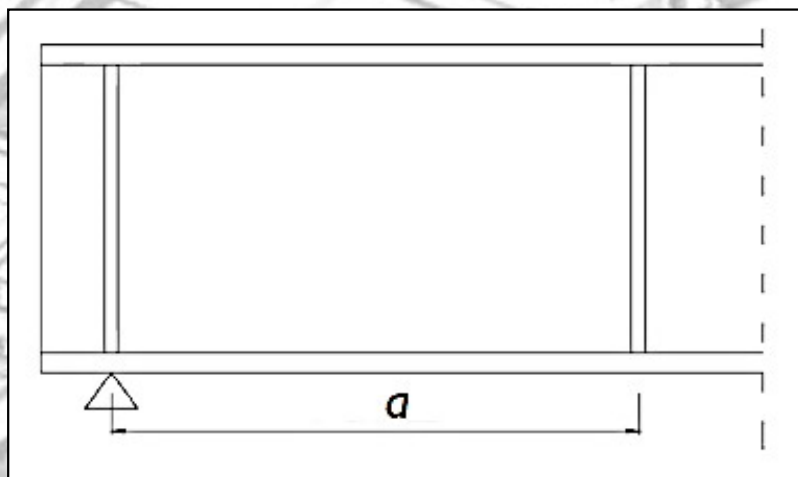
Amennyiben a merevített gerinclemezre nem teljesül a fenti feltétel, akkor a gerinclemezt részletesen kell vizsgálni.



2. A részletes vizsgálat menete

A módszer alkalmazási feltétele, hogy a gerinclemezekre legalább a támaszoknál függőleges merevítő bordákat kell elhelyezni.

A nyírási horpadás vizsgálata mindig egy *gerincpanel* (két szomszédos merevítő borda által határolt, téglalap alakú gerincszakasz) vizsgálatát jelenti. A *gerincpanel* hossza mentén fellépő legnagyobb nyíróerő nem haladhatja meg a panel nyírási ellenállását.



2. ábra. Nyírt gerincpanel ábrája [Grün 2013]



$$V_{c,Rd} = \frac{\chi_V \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

ahol: $V_{c,Rd}$ – nyírási ellenállás;

f_{yw} – az anyag folyáshatár értéke;

h_w – a gerinclemez magassága;

t_w – a gerinclemez vastagsága;

γ_{M1} – parciális tényező (értéke 1,00);

χ_V – nyírási horpadási csökkentő tényező.

A nyírási horpadási ellenállás a gerinclemez és az övlemez nyírási horpadással szembeni ellenállása összegeként számítható:

$$\chi_V = \chi_w + \chi_f$$

ahol: χ_w – a gerinclemez nyírási horpadási ellenállása;

χ_f – az övlemez nyírási horpadási ellenállása.

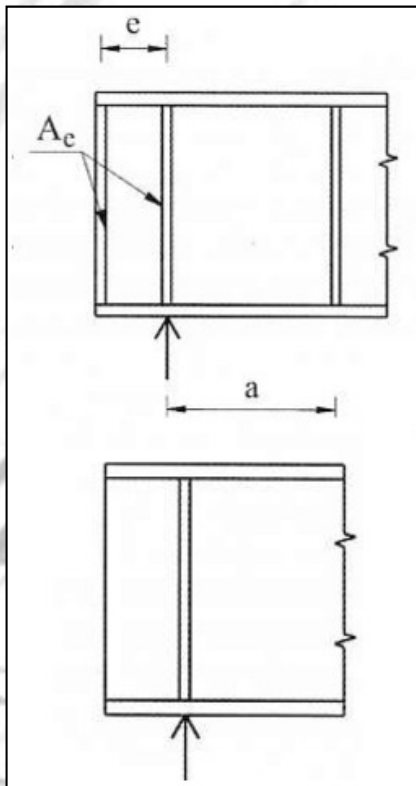
A gerinclemez hozzájárulását leíró χ_w tényező a gerinclemez $\bar{\lambda}_w$ viszonyított lemezkarcsúság alapján határozható meg a következő összefüggések alapján:

- merev véglehorgonyzást biztosító végkiképzés, illetve a tartó közbelső támasza melletti gerincpanel vizsgálata esetén:

$$\chi_w = \begin{cases} \eta & \text{ha } \bar{\lambda}_w < \frac{0,83}{\eta} \\ \frac{0,83}{\bar{\lambda}_w} & \text{ha } \frac{0,83}{\eta} \leq \bar{\lambda}_w < 1,08 \\ \frac{1,37}{0,7 + \bar{\lambda}_w} & \text{ha } 1,08 \leq \bar{\lambda}_w \end{cases}$$

- nem merev véglehorgonyzást biztosító végkiképzés esetén:

$$\chi_w = \begin{cases} \eta & \text{ha } \bar{\lambda}_w < \frac{0,83}{\eta} \\ \frac{0,83}{\bar{\lambda}_w} & \text{ha } \frac{0,83}{\eta} \leq \bar{\lambda}_w \end{cases}$$



3. ábra. Merev és nem merev véglehorgonyzás kialakítása [Grün 2013]

A $\bar{\lambda}_w$ lemezkarcsúság meghatározásához a módszer a kritikus feszültségnek a nyomott lemezekre érvényes összefüggése alapján határozható meg.

Nyírt gerinclemezek esetén mind a megtámasztási viszonyok (négy oldalán megtámasztott lemez), mind a terhelési viszonyok (négy oldalán nyírt lemez) egységeseek, ezért a k_τ csak az $\alpha = a/h_w$ hossz-szélesség arányának lesz a függvénye.

$$k_{\tau} = \begin{cases} 4 + \frac{5,34}{\alpha^2} & \text{ha } \alpha < 1,0 \\ 5,34 + \frac{4}{\alpha^2} & \text{ha } \alpha \geq 1,0 \end{cases}$$

Abban az esetben, ha a gerinclemezt csak a támaszok felett elhelyezett bordák merevítik, az $\alpha = \infty$ -hez tartozó $k_{\tau} = 5,34$ értéket használjuk.

A $\bar{\lambda}_w$ viszonyított lemezkarcsúságot a következő összefüggés adja:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{1}{\sqrt[4]{3}} \cdot \frac{h_w}{t_w} \cdot \frac{1}{28,4\varepsilon \cdot \sqrt{k_{\tau}}} = \frac{h_w}{t_w} \cdot \frac{1}{37,4\varepsilon \cdot \sqrt{k_{\tau}}}$$

ahol: $\bar{\lambda}_w$ – viszonyított lemezkarcsúság;

h_w – a gerinclemez magassága;

t_w – a gerinclemez vastagsága;

ε – az anyagminőséget figyelembe vevő együttható;

k_{τ} – nyírási horpadási tényező.

Az övlemez csak akkor járul hozzá a nyírási horpadási ellenálláshoz, ha a csak az övlemezekből (4. keresztmetszeti osztály esetén hatékony övlemezekből) álló képzeltszerezmet $M_{f,Rd}$ nyomatóki ellenállása meghaladja az M_{Ed} hajlítónyomatóki igénybevételt (azaz az övek önmagukban is képesek „elvinni” a nyomatókót).

Ekkor az övlemez hozzájárulását leíró χ_f tényezőt a következő összefüggés adja (feltételezve, hogy nincs normálerő):

$$\chi_f = \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf} \cdot \sqrt{3}}{c \cdot t_w \cdot h_w \cdot f_{yw}} \cdot \left[1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right]$$

ahol: χ_f – az övlemez nyírási horpadási ellenállása;

t_f – az övlemez vastagsága;

h_w – a gerinclemez magassága;

t_w – a gerinclemez vastagsága;

f_y – az anyag folyáshatár értéke;

M_{Ed} – hajlítónyomatók;

$M_{f,Rd}$ – nyomatóki ellenállás;



b_f – az övlemez szélessége, mely nem vehető nagyobbra, mint:

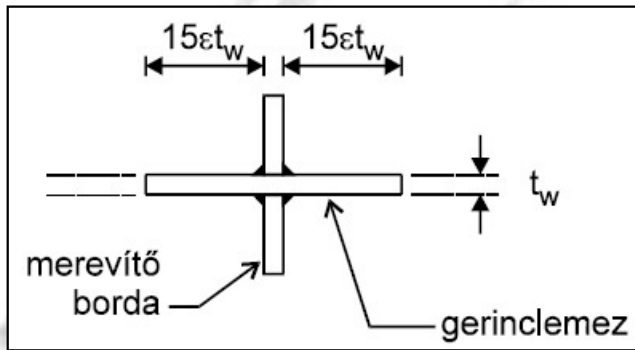
$$t_w + 30\varepsilon \cdot t_f$$

valamint:

$$c = a \cdot \left(0,25 + \frac{1,6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{t_w \cdot h_w^2 \cdot f_{yw}} \right)$$

3. A merevítő bordák méretezése

A korábbiakban megadott összefüggések csak akkor érvényesek, ha a keresztirányú merevítő borda kellő merevséggel rendelkezik ahhoz, hogy a gerinclemezek merev megtámasztást biztosítson (azaz a merevítő borda a nyírási horpadás felléptekor egyenes maradjon). Ennek ellenőrzéséhez (kétoldali borda esetén) feltételezzük, hogy a merevítő borda együtt dolgozik a gerinclemez egy darabjával (4. ábra).



4. ábra. A merevítő borda teherbírás vizsgálatánál figyelembe veendő együttműködő gerinclemez-szélesség [Dunai, Horváth 2007]

A borda akkor kellő merevségű, ha a jelzett keresztmetszetnek a gerinclemez középsíkjára vett I_{st} inerciájára teljesül a következő feltétel:

$$I_{st} \geq \begin{cases} \frac{1,5 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3}{a^2} & \text{ha } \frac{a}{h_w} < \sqrt{2} \\ 0,75 \cdot h_w \cdot t_w^3 & \text{ha } \sqrt{2} \leq \frac{a}{h_w} \end{cases}$$

ahol: I_{st} – a gerinclemez középsíkjára vett inerciája;

h_w – a gerinclemez magassága;

t_w – a gerinclemez vastagsága.



Szükséges még ellenőrizni a borda teherbírását is. E vizsgálat során a 4. ábrán látható kereszt alakú keresztmetszet kihajlását kell ellenőrizni a gerinclemez középsíkja által kijelölt tengely körüli kihajlásra, $0,75 \cdot h_w$ kihajlási hossz és a „c” kihajlási görbe feltételezésével a következő N_{Ed} nyomóerőre:

$$N_{Ed} = V_{Ed} - \chi_w \cdot \frac{f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

ahol: N_{Ed} – nyomóerő;

V_{Ed} – nyíróerő;

χ_w – a gerinclemez nyírási horpadási ellenállása;

f_y – az anyag folyáshatár értéke;

h_w – a gerinclemez magassága;

t_w – a gerinclemez vastagsága;

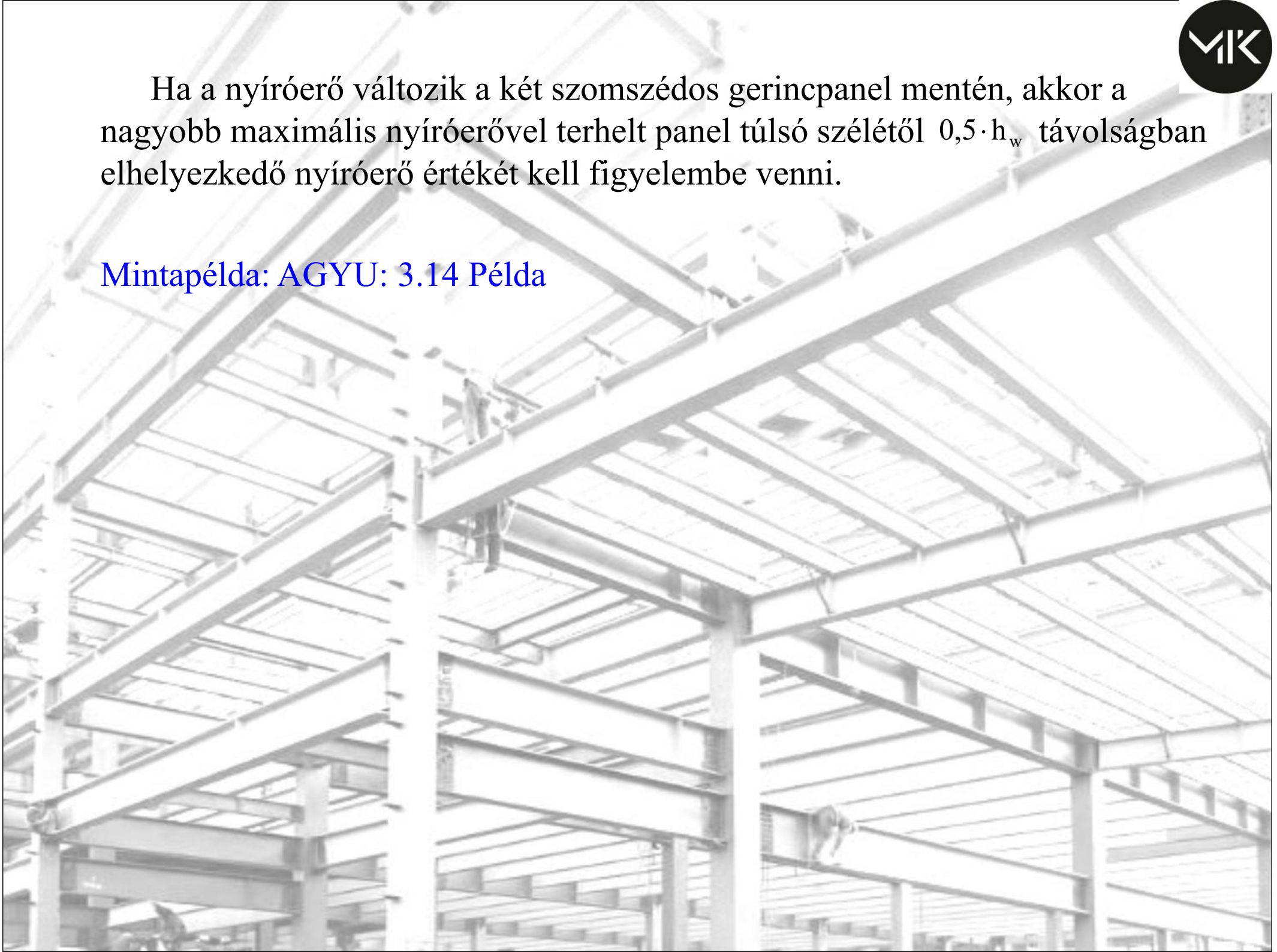
γ_{M1} – parciális tényező (értéke 1,00).

A χ_w tényezőt az előzőekben ismertetettek szerint kell meghatározni egy olyan képzeletbeli gerincpanelre, amely az éppen vizsgált borda két oldalán elhelyezkedő két panel egyesítésével adódik, ha a vizsgált bordát képzeletben elhagyjuk.



Ha a nyíróerő változik a két szomszédos gerincpanel mentén, akkor a nagyobb maximális nyíróerővel terhelt panel túlsó szélétől $0,5 \cdot h_w$ távolságban elhelyezkedő nyíróerő értékét kell figyelembe venni.

Mintapélda: AGYU: 3.14 Példa





Felhasznált irodalom

DUNAI LÁSZLÓ, HORVÁTH LÁSZLÓ, KOVÁCS NAUZIKA, VARGA GÉZA, VERŐCI BÉLA, VIGH L.

GERGELY: *Acélszerkezetek méretezése Eurocode 3 szerint, gyakorlati útmutató.* Budapest, 2007

GRÜN TAMÁS: *Acélszerkezetek II. Nyírt lemezek horpadása.* Elektronikus jegyzet, Pécs, 2013