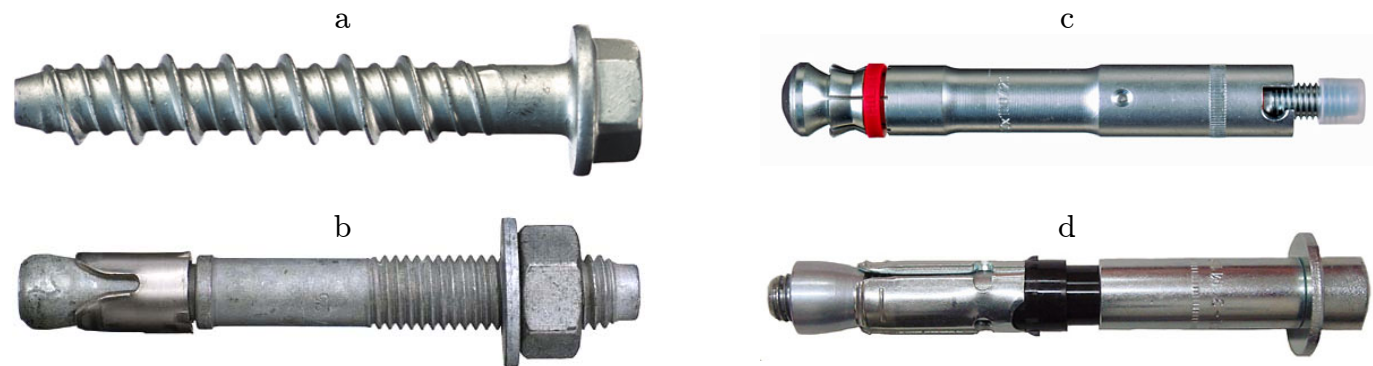


## Megerősítés dübelezett acélszalagokkal

Vasbetonszerkezetek megerősítése történhet dübelekkel rögzített acélszalagok felerősítésével a szerkezet húzott zónájában.

A húzóerőt ekkor az acélszalag a szerkezetben lévő vasalással együttműködve veszi fel.

Néhány dübel típus:



### HILTI dübelek

- a) HUS csavarmentes dübel közvetlen rögzítéshez b) HAS-F expanziós dübel repedésmentes betonba türténő megerősítéshez  
c) HAD-TR önmetsző dübel dinamikus hatás esetén repedésmentes vagy berepedt szerkezethez d) HSL-3-SH dübel

## A dübelek méretezése

- A dübelek kiosztása a rúd hossztengelye irányában
- A dübelek egymástól való távolságát a nyíróerő ábra változásának megfelelően lehet meghatározni
- A dübelek számát az **egy dübelre ható nyíróerő** ( $K_{red}$ ) és a **dübel teherbírása** ( $K_R$ ) alapján kell meghatározni:

$$K_R \geq K_{red}$$

Az egy dübelre működő nyíróerő számítása:

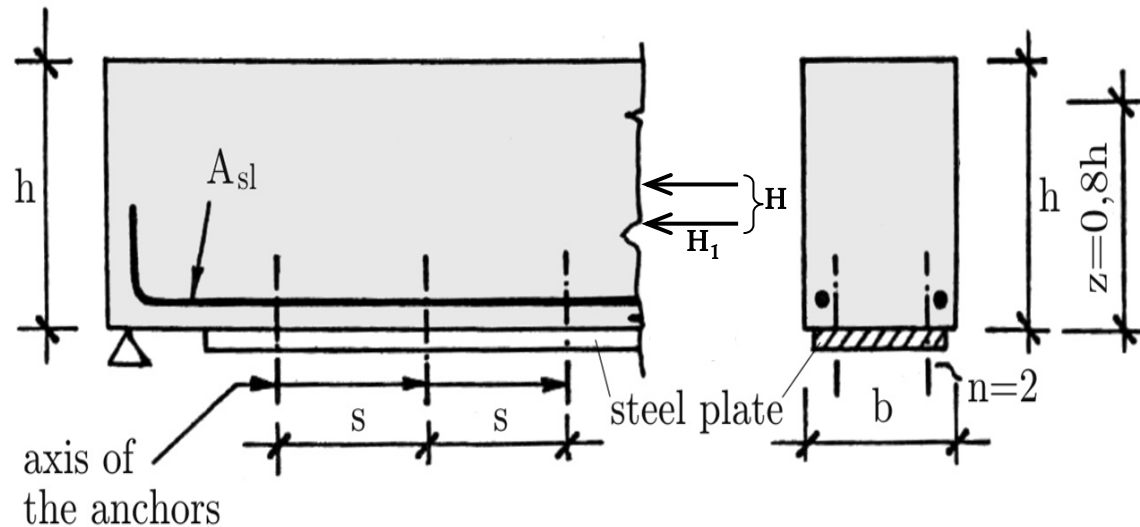
$$K = \frac{1}{n} \frac{Q_M}{z} s$$

Ahol  $Q_M$  az egy sorban elhelyezett dübelekre ható nyíróerő,  $z$  a belső erők karja a hajlítási méretezésnek megfelelően,  $s$  a dübelsorok egymástól való távolsága,  $n$  az egy sorban elhelyezett dübelek száma

Az egy dübelre jutó nyíróerő redukálható a megerősítő acéllemezre jutó hajlításból származó húzóerő ( $H_l$ ) és a hajlításból számítható, a gerenda vasalásával és a megerősítő acéllemezzel együttesen felvett teljes húzóerő ( $H$ ) arányával.

A redukálás csak akkor végezhető el, ha az eredeti szerkezetben lévő vasalás az adott keresztmetszetben megfelelően le van horgonyozva.

$$K_{red} = \frac{H_l}{H} K$$



## A dübelek teherbírása ( $K_R$ )

A HILTI dübel típusa

Teherbírása

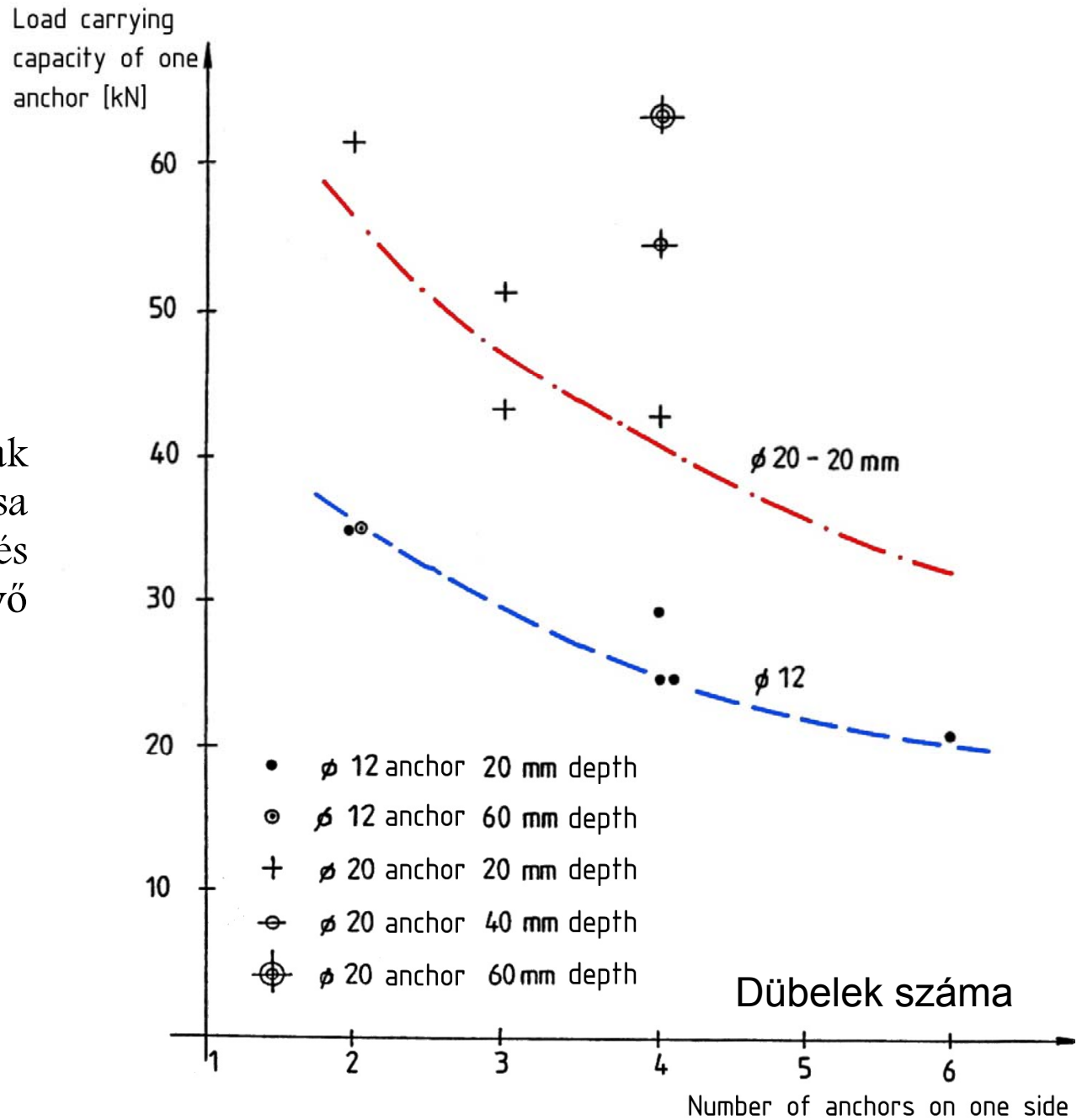
Beágyazási mélysége

Type of HILTI anchor	Carrying capacity $K_R$ [kN]	Depth of bore-hole [mm]
HAS M 8×75	8,9	55
HAS M 10×90	15,4	60
HAS M 12×110	22,7	80
HAS M 16×145	41,4	100

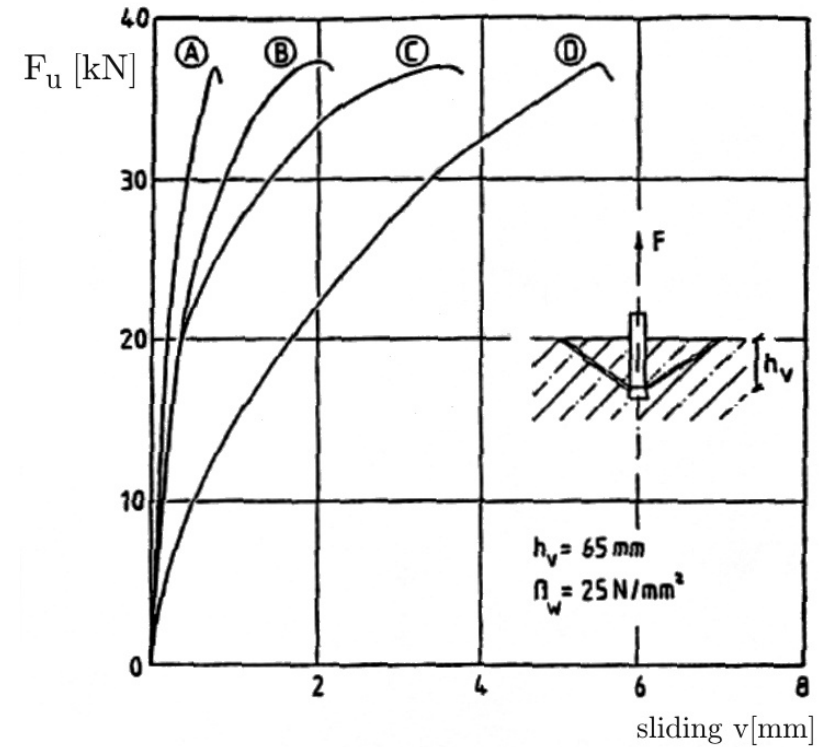
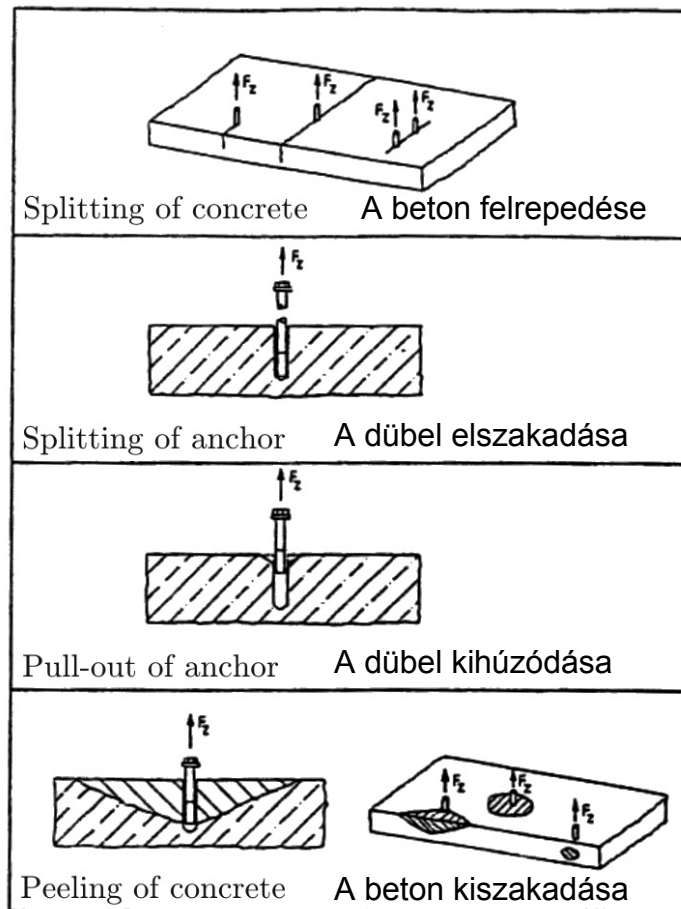


## Egy dübel teherbírása

Dübelek teherbírásának kísérleti meghatározása az átmérő, a mélység és az egy sorban lévő dübelek száma szerint



## Húzott dübelek tipikus tönkremeneteli módjai :



- (A) Expansion anchor with slip control
- (B) Screw anchor
- (C) Expansion anchor with force control
- (D) Self-undercutting anchor

## Dübelekkel rögzített acélprofilok

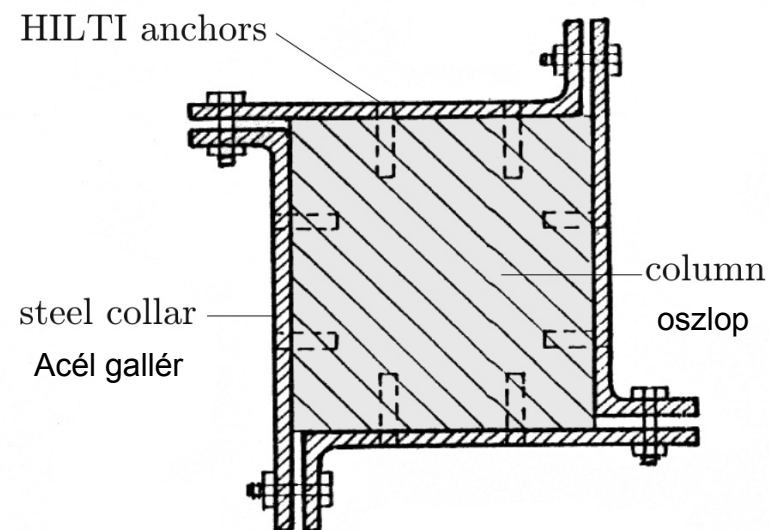
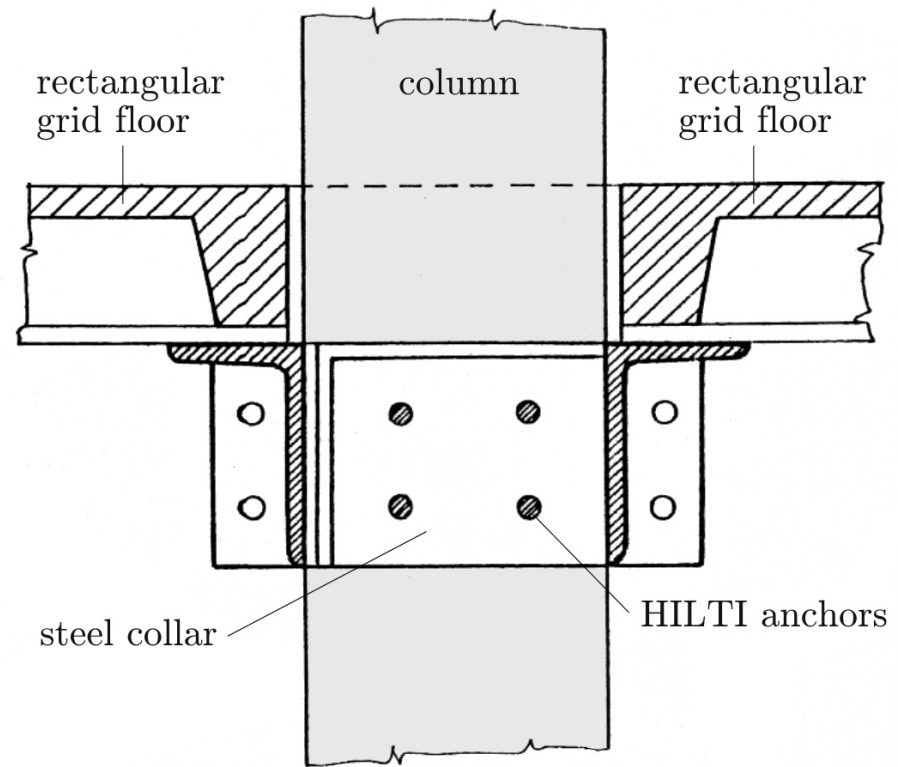
Dübelekkel rögzített acél profilokat lehet alkalmazni vasbeton gerendák vagy lemezek megerősítéséhez abban az esetben is, ha azok nyírási teherbírása nem megfelelő, vagy ha az azt alátámasztó szerkezeti elem (oszlop, vagy fal) teherbírása nem megfelelő. Ez például a következő esetekben fordulhat elő:

- Gyenge betonszilárdság,
- Elégtelen, vagy nem megfelelően kialakított vasalás,
- A betonacélok előrehaladott korróziója,
- Nem megfelelően tömörített betonban kiüregelődés,
- Helyi tönkremenetel, vagy repedezettség koncentrált erőhatásra,
- Helytelen szerkezeti kialakítás.

## Példa

Közvetlenül a gerenda vagy a lemez alsó síkja alatt az oszlophoz, vagy falhoz rögzített acélgallér.

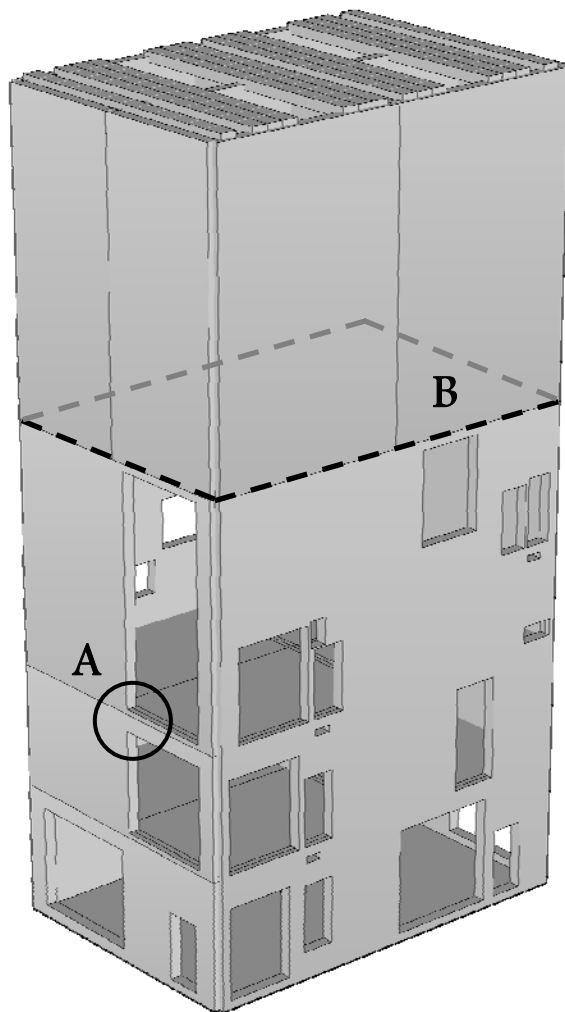
Az eredeti oszlopnak, vagy falnak megfelelő teherbírással kell rendelkeznie az átrendeződő igénybevételekkel szemben.



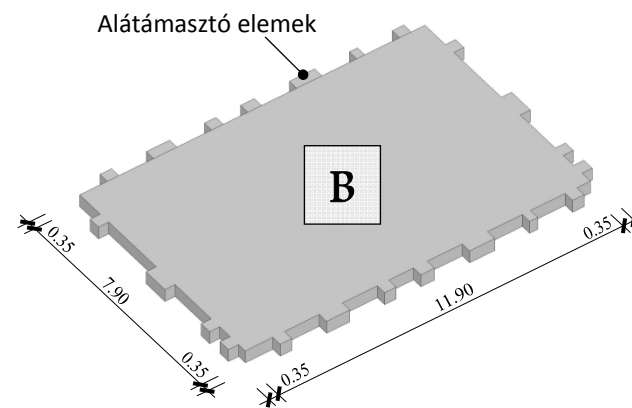


Példa

Vasbeton siló földém

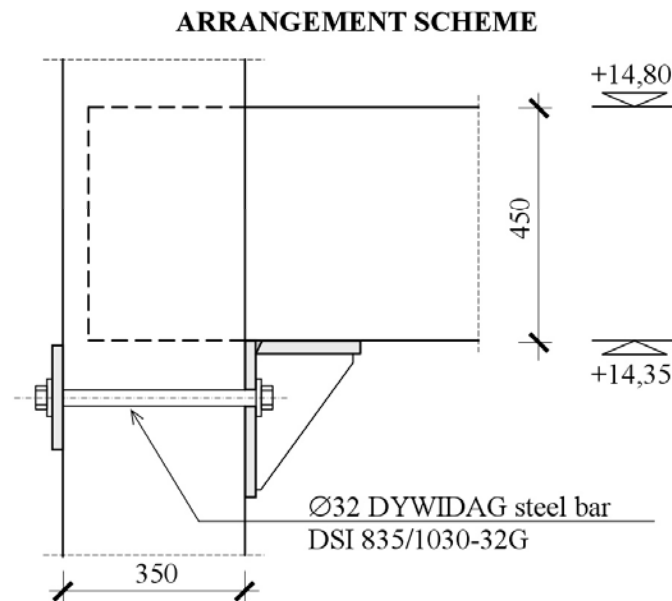
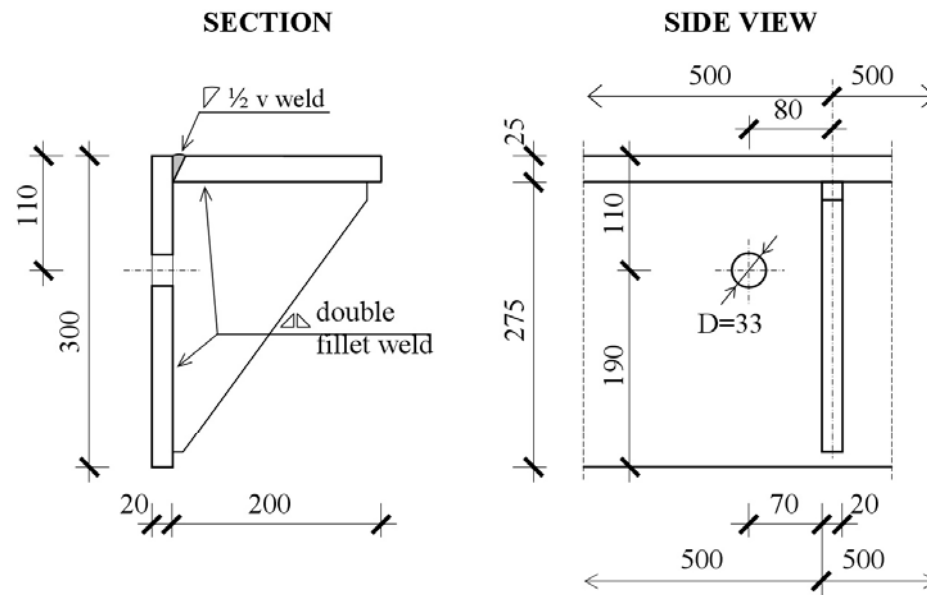


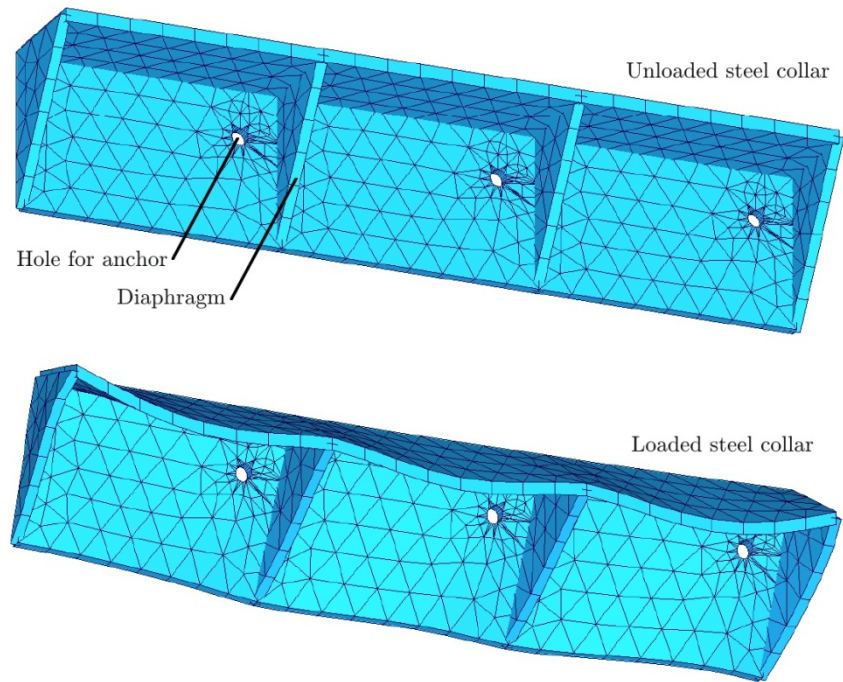
A beton kiüregelődése



Helytelen szerkezeti kialakítás,  
Alátámasztó karmokkal

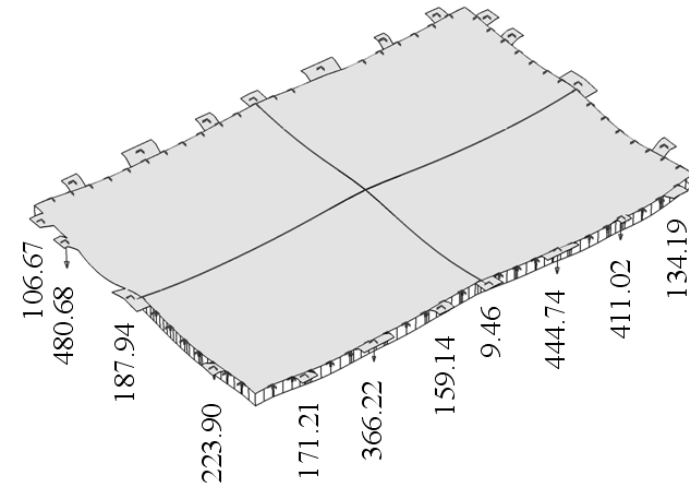
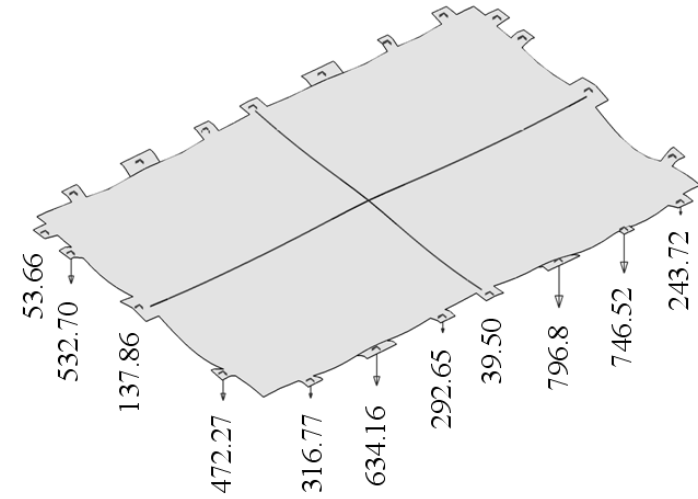
# Megerősítés





A megerősítés számításának véges elemes modellje, terheletlen és terhelt állapotban

Az alátámasztásnál keletkező reakciók az eredeti és a megerősített szerkezeten



## Feszültségek

$$\sigma_{c,max} = P \frac{C}{2 \cdot k^3 \cdot E_s I} (1 + k \cdot a)$$

$$I = \pi \cdot d^4 / 64$$

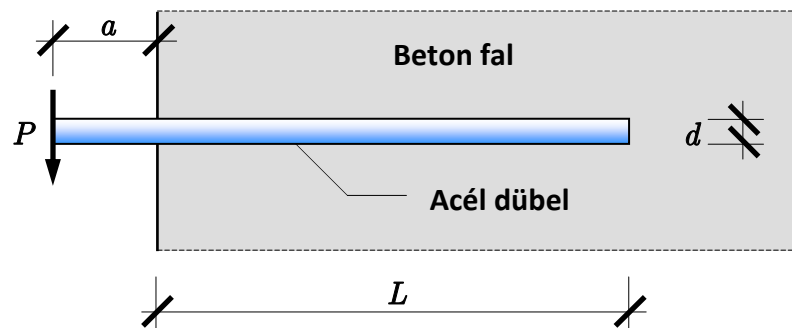
$$k = \sqrt[4]{\frac{C \cdot d}{4 \cdot E_s I}}$$

$$C = E_c \left( \frac{1}{d} + \frac{1}{L} \right)$$

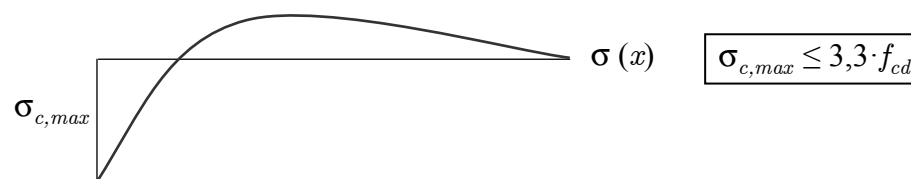
$$M_{max} = \frac{P \cdot e^{-k \cdot x_m}}{2 \cdot k} \sqrt{1 + (1 + 2 \cdot k \cdot a)}$$

$$x_m = \frac{1}{k} \arctan\left(\frac{1}{1 + 2 \cdot k \cdot a}\right)$$

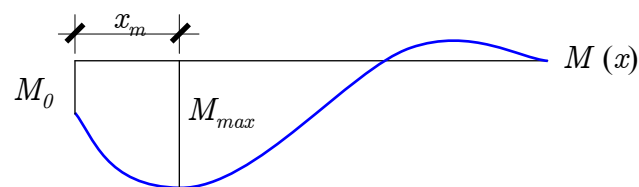
$$Q(x) = P \cdot e^{-k \cdot x} \cdot \cos(k \cdot x)$$



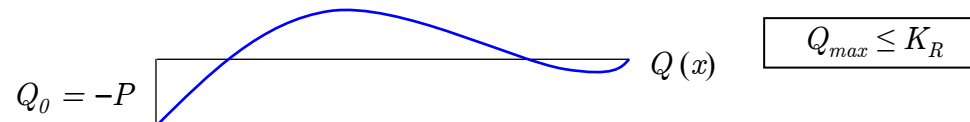
A feszültségek eloszlása a betonban:



Hajlítónyomaték a dübelben:



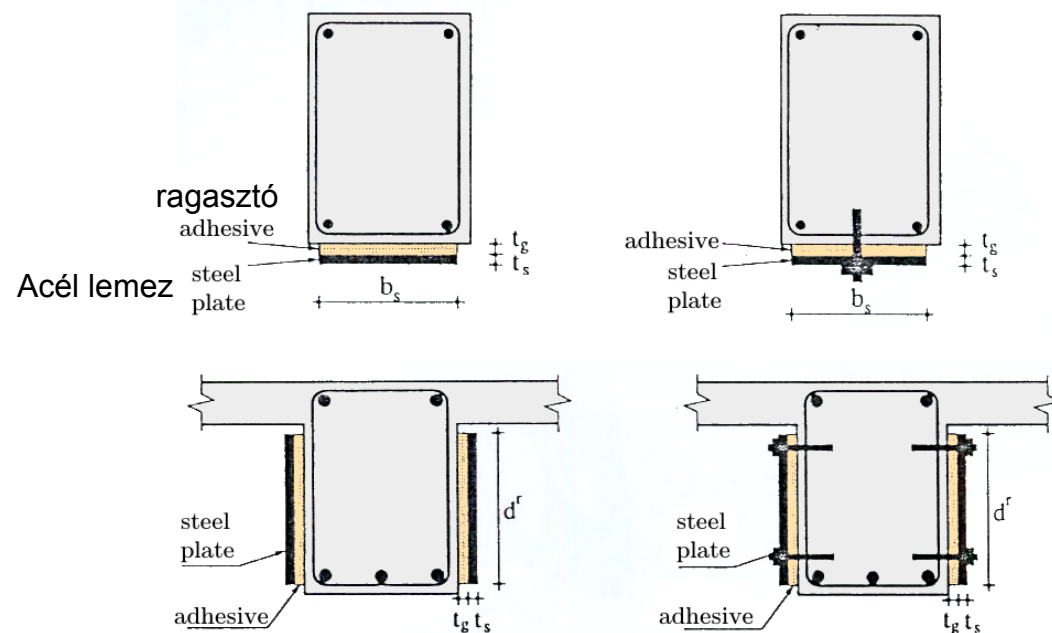
Nyíróerő a dübelben:



# Megerősítés ragasztott acélszalagokkal

Vasbeton gerendák vagy lemezek hajlítási, vagy nyírési teherbírása **felragasztott** acéllemezek alkalmazásával is növelhető.

Az acéllemezek rögzítése történhet teljes felületen ragasztással, vagy dübelekkel kialakított véglehorgonyzással-



Megerősítés hajlításra

Megerősítés nyírásra

## A ragasztóanyag

Az acéllemezek ragasztásához általában kétkomponensű, **műgyanta alapanyagú** ragasztóanyagot használnak. A szilárdulás a két komponens, a **gyanta és a szilárdító anyag** kémiai reakciója következtében jön létre.

A ragasztást általában +15 C és +30 C közötti hőmérsékleten kell végrehajtani.

A ragasztóanyag jellemző tulajdonságai:

- A fazék idő

Az az időtartam, amelyen belül a két komponensű ragasztóanyag felhasználható. Ezen túl a ragasztó szilárdulása miatt már nem alkalmazható hatékonyan az acéllemezek rögzítésére

- Kötésidő

A ragasztóanyag felhordásától a teljes kötésig terjedő időtartam, amikor az ideiglenes megtámasztás már eltávolítható.



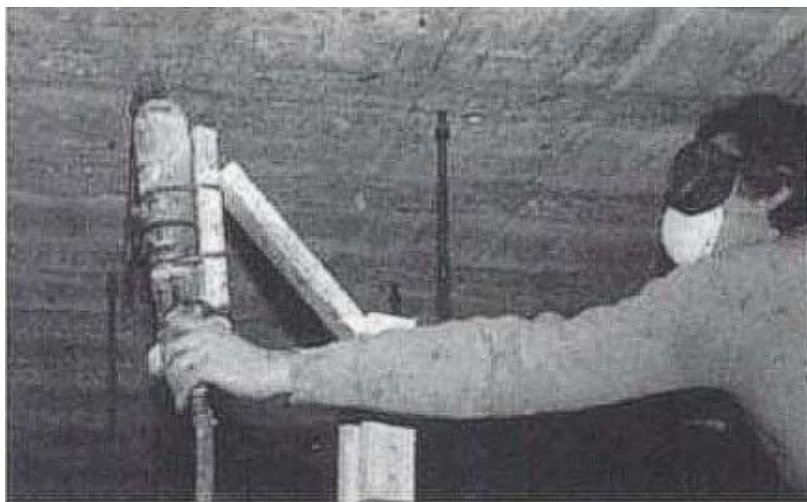
## A ragasztott acélszalagok alkalmazásának általános szabályai

- A betonfelület egyenetlensége ne legyen 5 mm-nél több 2.0 méteres szakaszon, vagy 2 mm-nél 0.2 méteren. A beton felületét nagynyomású vízszugárral vagy homokfúvással meg kell tisztítani. A felületnek a felragasztáskor teljesen száraznak kell lennie.
- A lemezvastagság legyen  $v_l = (0.005 \div 0.007) \cdot d$ , illetve 3-6 mm között. A megerősítéshez hengerelt acéllemezt alkalmazunk. Az acélszalagot pontos méretre kell szabni, és felragasztás előtt homokszórással meg kell tisztítani. A lemezeket a felragasztás után azonnal korrózióvédelemmel kell ellátni.
- A ragasztóanyag alkalmazására vonatkozó gyári előírásokat szigorúan be kell tartani. . Ajánlatos olyan ragasztóanyagot alkalmazni, amelynek nyírószilárdsága legalább a beton nyírószilárdságának kétszerese. A ragasztó réteg vastagsága legyen a lemez vastagságnak mintegy a fele, (vagyis kb. 2-3 mm).
- Az acéllemezt mintegy 15-40 kN/m<sup>2</sup> nyomással a ragasztóanyag megszilárdulásáig a betonfelülethez kell szorítani.
- A ragasztás megfelelőségét minden esetben ellenőrizni, és szükség esetén a nem megfelelő helyeken javítani kell.



## Az acéllemezrel történő megerősítés technológiája

1. lépés



A felület előkészítése homokfúvással

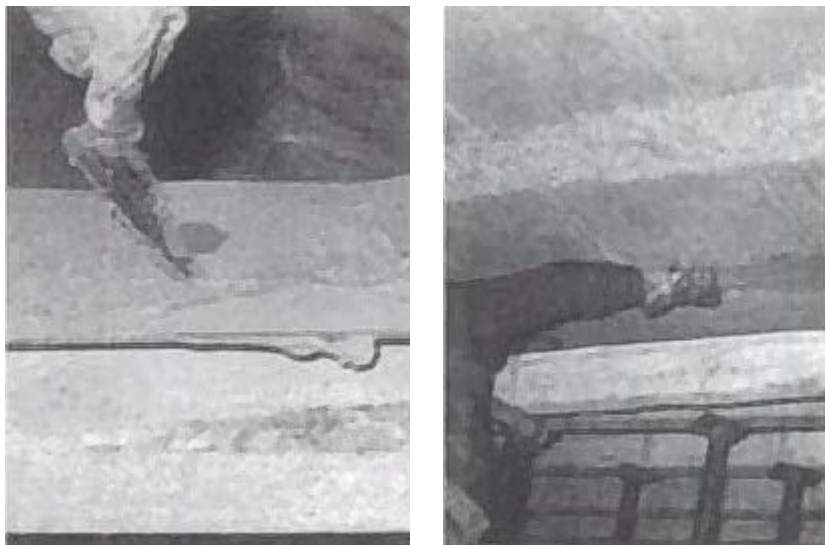
2. lépés



A ragasztóanyag keverése



3. lépés



A ragasztóanyag felhordása

4. lépés



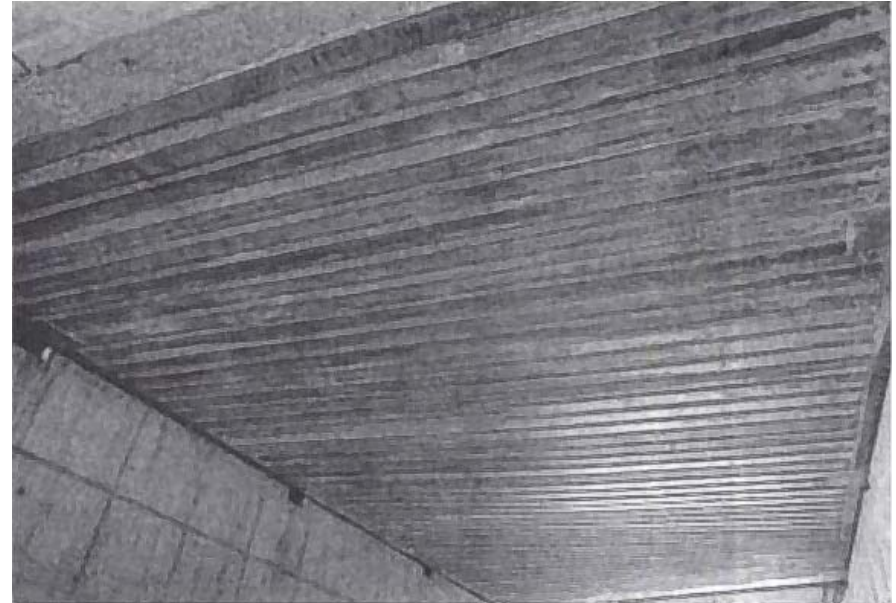
Az acéllemez rögzítése

## 5. lépés



A rögzítési nyomás kifejtése  
aládúcolással

## 6. lépés



A dúcolás eltávolítása

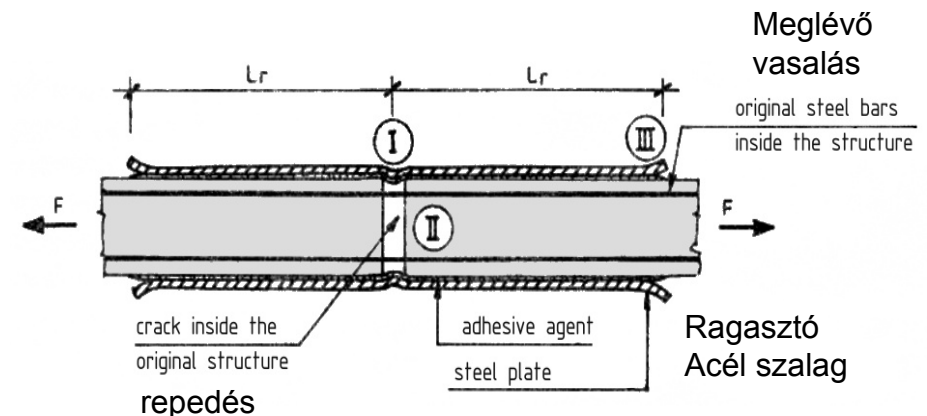
## A méretezés elve

A megerősítő acéllemezt a szerkezet húzott zónájában kell felragasztani

A nyomatéki teherbírást a szokásostól eltérően kell a lemez erősítő hatásából meghatározni (még akkor is, ha a lemez és a megerősített szerkezet felülete között tökéletes a tapadás).

A számítás során a következő hatásokat kell figyelembe venni:

- A repedések helyén a lemez helyi hajlítása (I)
- Az alakváltozások megoszlása a belső meglévő vasalás és a ragasztott lemez között (II)
- A ragasztás végénél fellépő delamináció (III)



## Kísérleti tapasztalatok:

- A maximális normál és csúsztató feszültségek a repedéseknél keletkeznek.
- A csúcsheszültségek alapvetően a szerkezet geometriájától függenek, és nem befolyásolja azt a ragasztás hossza.
- A ragasztóanyag maximális feszültsége:
  - Növekszik ha a szerkezeti magasság nő,
  - Növekszik ha a lemez vastagsága nő,
  - Csökken, ha a ragasztóréteg vastagsága nő.
- Az átlagos és a maximális feszültség ( $\sigma_{\text{average}}/\sigma_{\text{max}}$ ) aránya a lemezben függ a lemez vastagságától.

$$3 \text{ mm vastag lemeznél : } \sigma_{\text{average}}/\sigma_{\text{max}} \approx 0.65$$

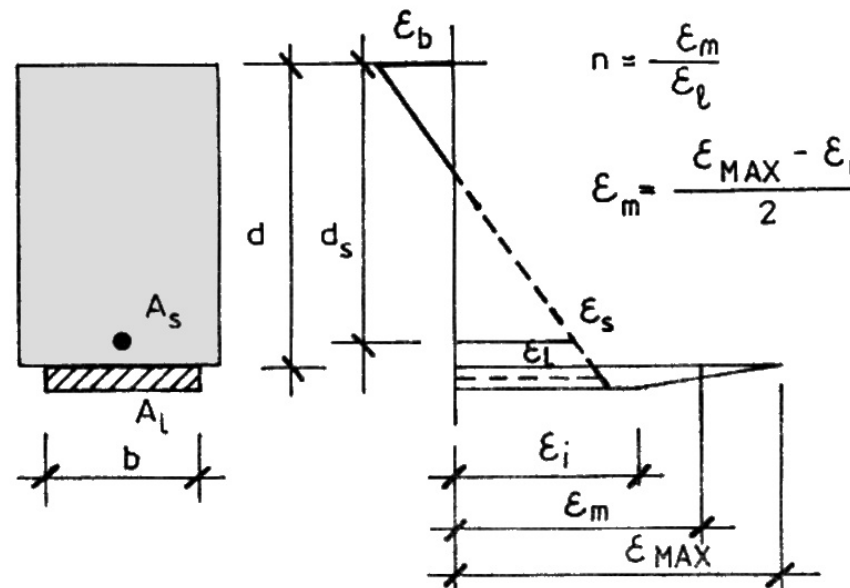
$$6 \text{ mm vastag lemeznél: } \sigma_{\text{average}}/\sigma_{\text{max}} \approx 0.75.$$

A ragasztóanyag jelentős alakváltozása miatt a sík keresztmetszet elve **nem alkalmazható!**

A tényleges alakváltozás ( $\epsilon_m$ ) és a sík keresztmetszet feltételezésével számítható alakváltozás ( $\epsilon_l$ ) aránya függ a terhelés intenzitásától.

Alacsony teherintenzitásnál:  $\epsilon_m / \epsilon_l \approx 2$

Magasabb teherintenzitásnál (amikor a lemezek képlékeny deformációt szenvednek):  $\epsilon_m / \epsilon_l \approx 1$



A megerősítéshez szükséges acéllemez keresztmetszeti területe a vasbeton gerendához hasonlóan számítható, azaz:

$$A_{sp} = \frac{b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} - A_s \cdot k_y \cdot f_{yd}}{k_{sp} \cdot f_{spd}}$$

$f_{yd}$  = a betonacél húzószilárdsága  
 $f_{spd}$  = az acéllemez húzószilárdsága

**Teherbírási határállapotban:**

$$k_y = 1.00$$

$$k_{sp} = 0.65 \quad \text{a repedések helyén keletkező többletfeszültségek miatt}$$

**Használhatósági határállapotokban:**

$$k_y = 1.2 - 0.08 \cdot v_l$$

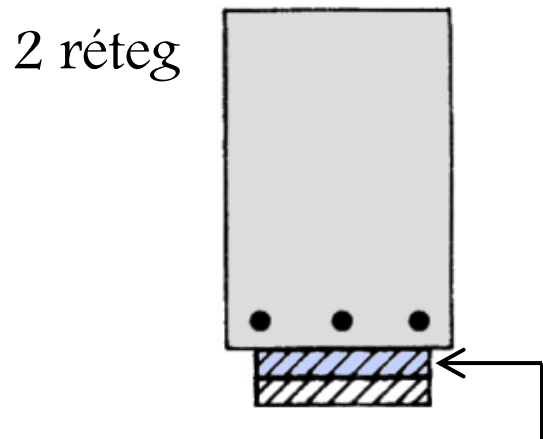
$$k_{sp} = 0.46 + 0.08 \cdot v_l$$

ahol  $v_l$  az acéllemez vastagsága ( $3 \text{ mm} \leq v_l \leq 6 \text{ mm}$ )

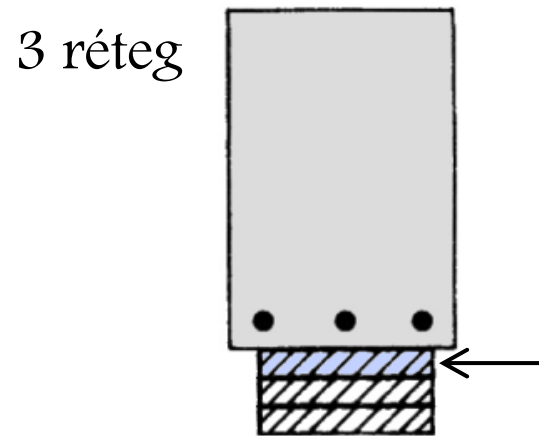
Az alkalmazott lemezvastagság ne legyen nagyobb 6 mm-nél!

Ha a szükséges lemez keresztmetszet miatt nagyobb vastagságú lemezt kellene alkalmazni, akkor **több rétegben** célszerű felragasztani a megerősítő lemezt.

Több réteg esetén kísérleti eredmények alapján a feszültségek eloszlása a lemezek között a következő:



A teljes húzóerő **66%-át** a betonra közvetlenül felragasztott acéllemez veszi fel.



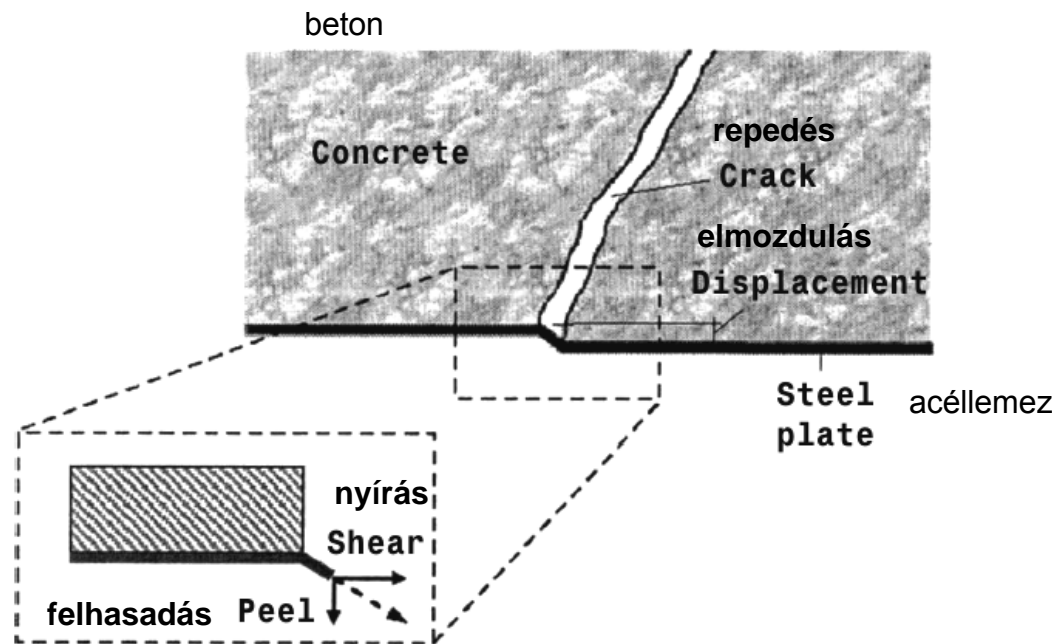
A teljes húzóerő **50%-át** a beton felületére közvetlenül felragasztott acéllemez veszi fel.

## Az acéllemez delaminációja (leválása a betonfelületről)

A lemez leválását a beton felületéről el kell kerülni.

Erre vonatkozó számítási módszerek:

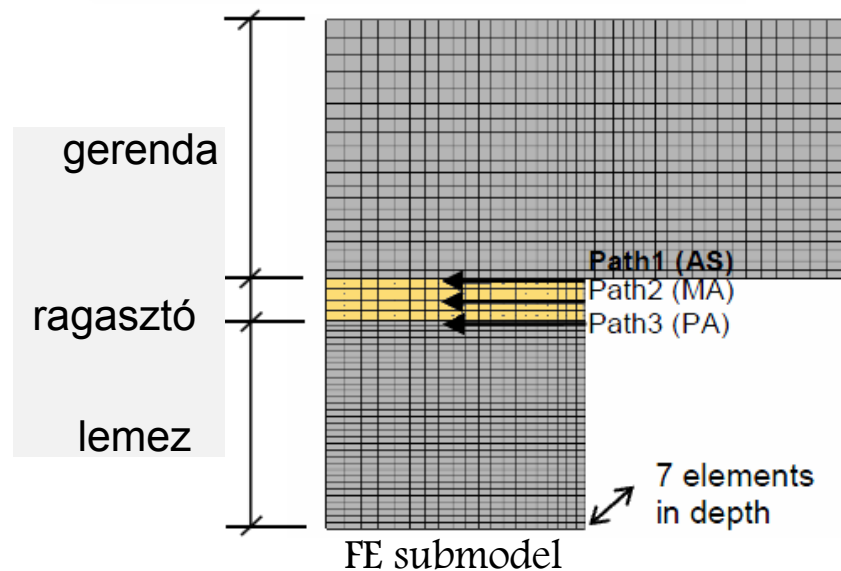
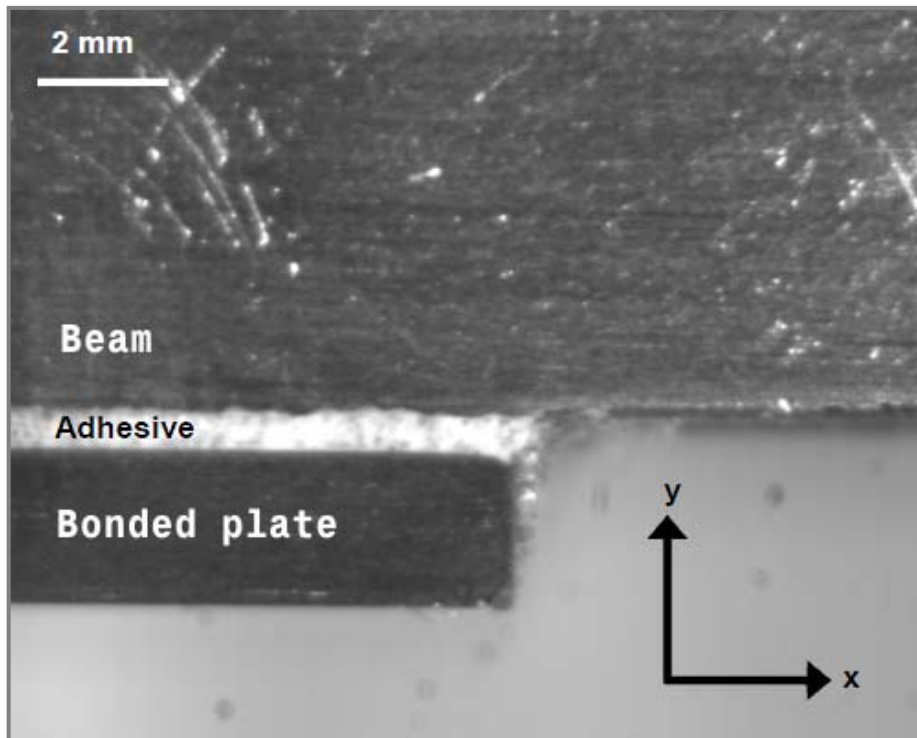
- a törésmechanika alapján történő számítás, vagy
- az együttdolgozó rugalmas rétegek alapján történő számítás lehet





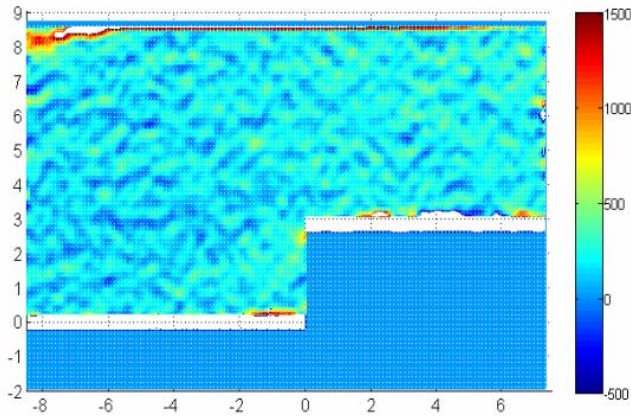
## A leválás kísérleti vizsgálata

A ragasztott lemez végénél keletkező feszültség koncentráció pl. fotoelasztikus módszerrel vizsgálható.

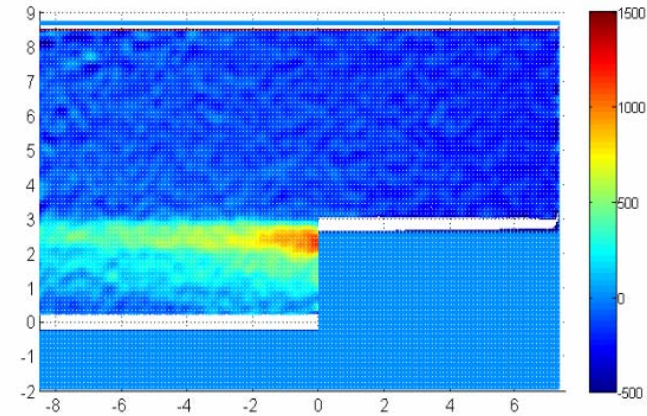


AS – ragasztó/szerkezet felület  
MA – a ragasztó középfelülete  
PA – lemez/ragasztó felület

## A fotoelasztikus vizsgálat eredményei

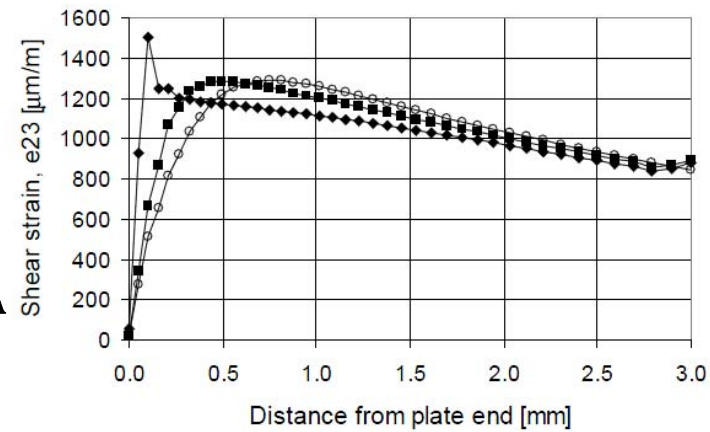
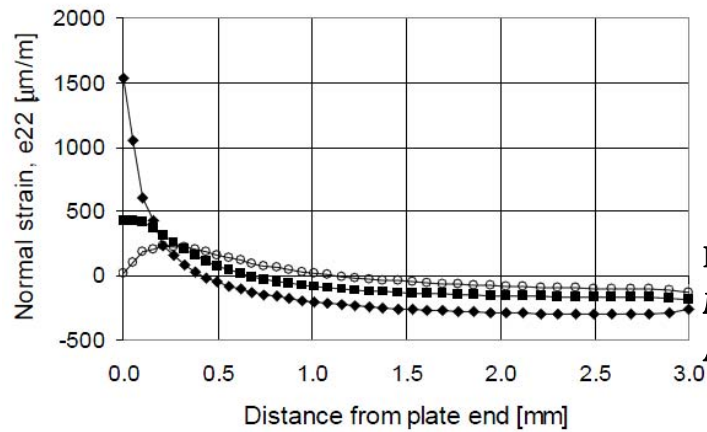


Normális alakváltozások [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ]



Nyíró alakváltozások [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ]

## A véges elemes vizsgálat eredményei



## Számítás a törésmechanika elvén

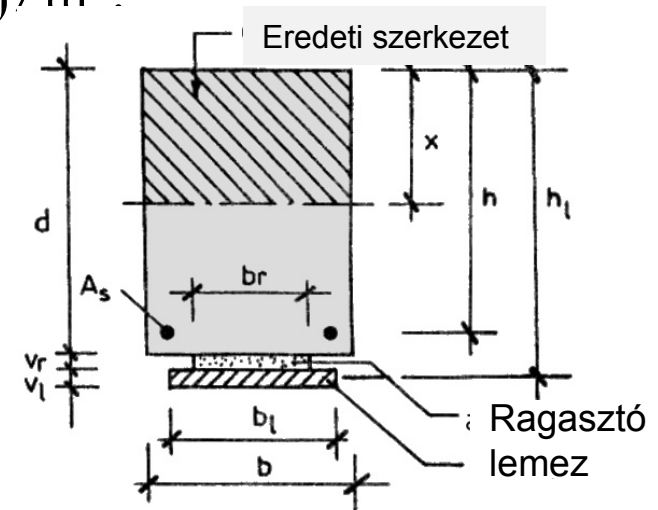
A lemez végének leválása akkor következik be, ha az eredeti és a megerősített szerkezet (W) energia különbsége a lemez végénél lévő keresztmetszetben nagyobb mint az (R) repedésterjedéshez szükséges energia.

Kísérletek szerint, szokásos ragasztóanyagok esetén, a repedésterjedéshez szükséges energia  $R = 50 \text{ J/m}^2$ .

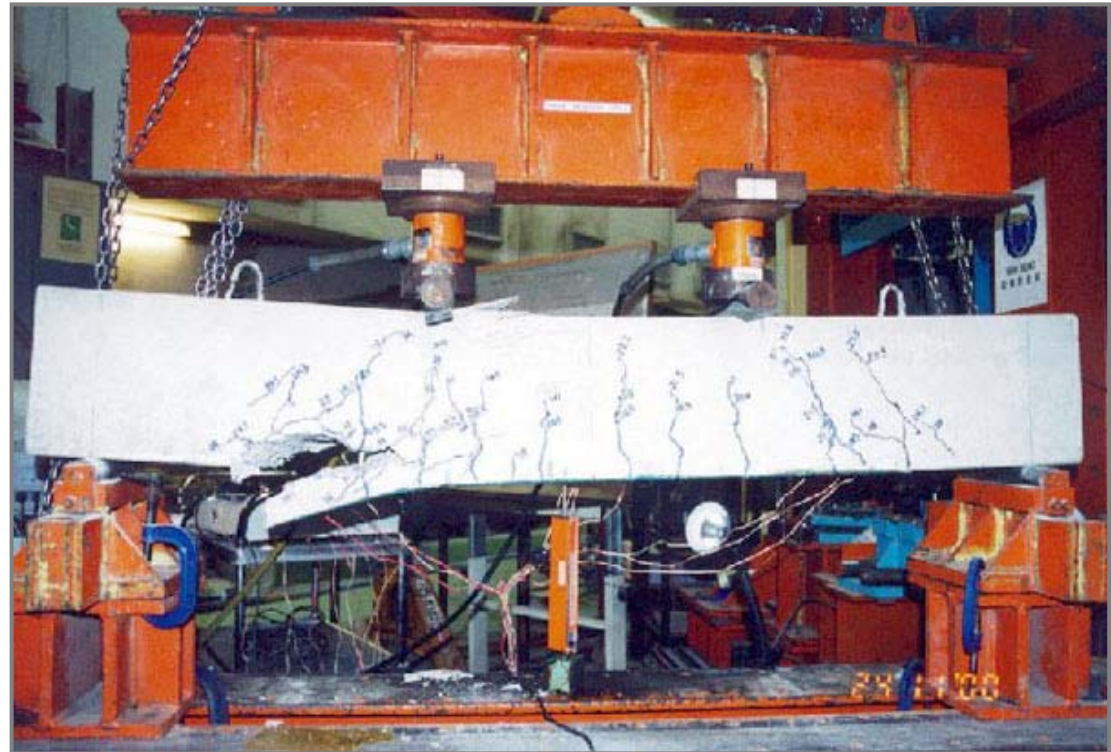
A lemez végén kialakuló energia különbség:

$$W = \frac{1}{2b_r} \left[ M_{Ed}^2 \left( \frac{1}{B_c} - \frac{1}{B_i} \right) + V_{Ed}^2 \left( \frac{1}{H_c} - \frac{1}{H_i} \right) \right]$$

$M_{Ed}$  és  $V_{ed}$  a keresztmetszet nyomatéka és nyíróereje,  
 $B_c = E_c \cdot I_c$  az eredeti km. hajlítási merevsége,  
 $H_c = G_c \cdot A_c$  az eredeti km. nyírási merevsége,  
 $B_i = E_c \cdot I_i$  a megerősített km. Ideális hajlítási merevsége,  
 $H_i = G_c \cdot A_i$  a megerősített keresztmetszet nyírási merevsége,  
 $b_r$  a ragasztás szélessége

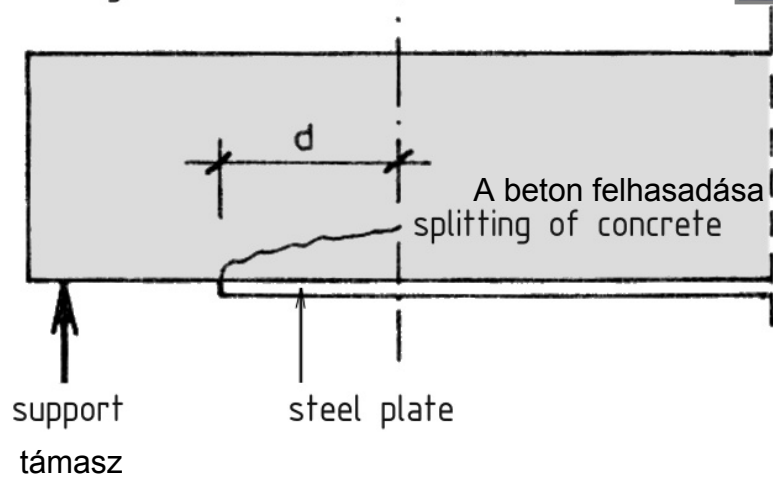


Megfelelő ragasztóanyag alkalmazása esetén a leválás általában a betontakarás lerepedésével jön létre.



A számítási nyomaték helye

place of considered  
bending moment →



A betontakarás felrepedését előidéző nyomaték:

$$M_{R,spl,d} = \frac{E_c \cdot I_{II} \cdot f_{ctd}}{\gamma \cdot E_{sp} \cdot v_l}$$

$E_c$  a beton rugalmassági tényezője,

$I_{II}$  a megerősített, berepedt keresztmetszet ideális inercianyomatéka,

$f_{ctd}$  a beton húzószilárdsága,

$E_{sp}$  az acéllemez rugalmassági modulusa,

$v_l$  a lemez vastagsága,

$\gamma$  Biztonsági tényező:

$\gamma = 1.86$  használhatósági határállapotban,

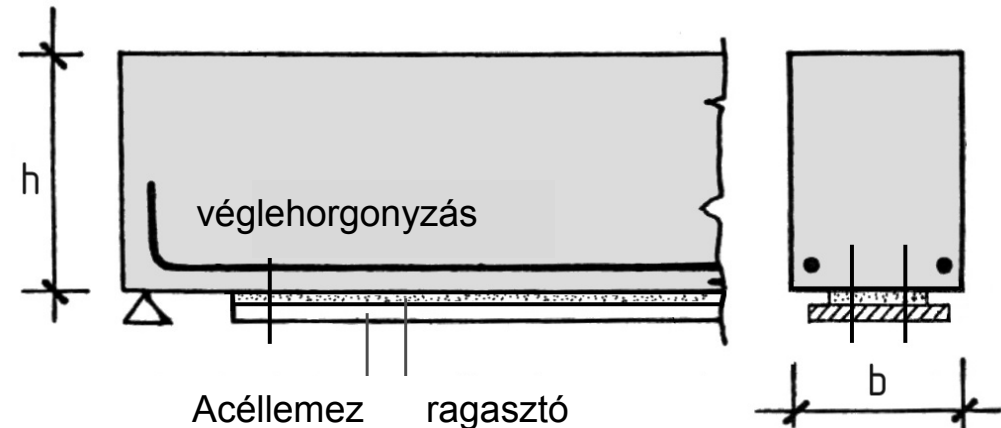
$\gamma = 0.9$  teherbírési határállapotban.

**Ha  $M_{R,spl,d} > M_{Ed}$  a felhasadás nem következik be**, itt  $M_{Ed}$  megerősített szerkezet hajlítónyomatéka a lemez végétől  $d$ , hasznos magasság távolságra.

$M_{Ed}$  kisebb a tartó végén, és vékonyabb lemez esetén a repedést okozó nyomaték nő ( $M_{R,spl,d}$ )!

A lemez végének felhasadása a megerősítés gyors tönkremeneteléhez vezet

Ezt a lemez végének dübelekkel vagy felragasztott lemezzel való rögzítésével kerülhetjük el.

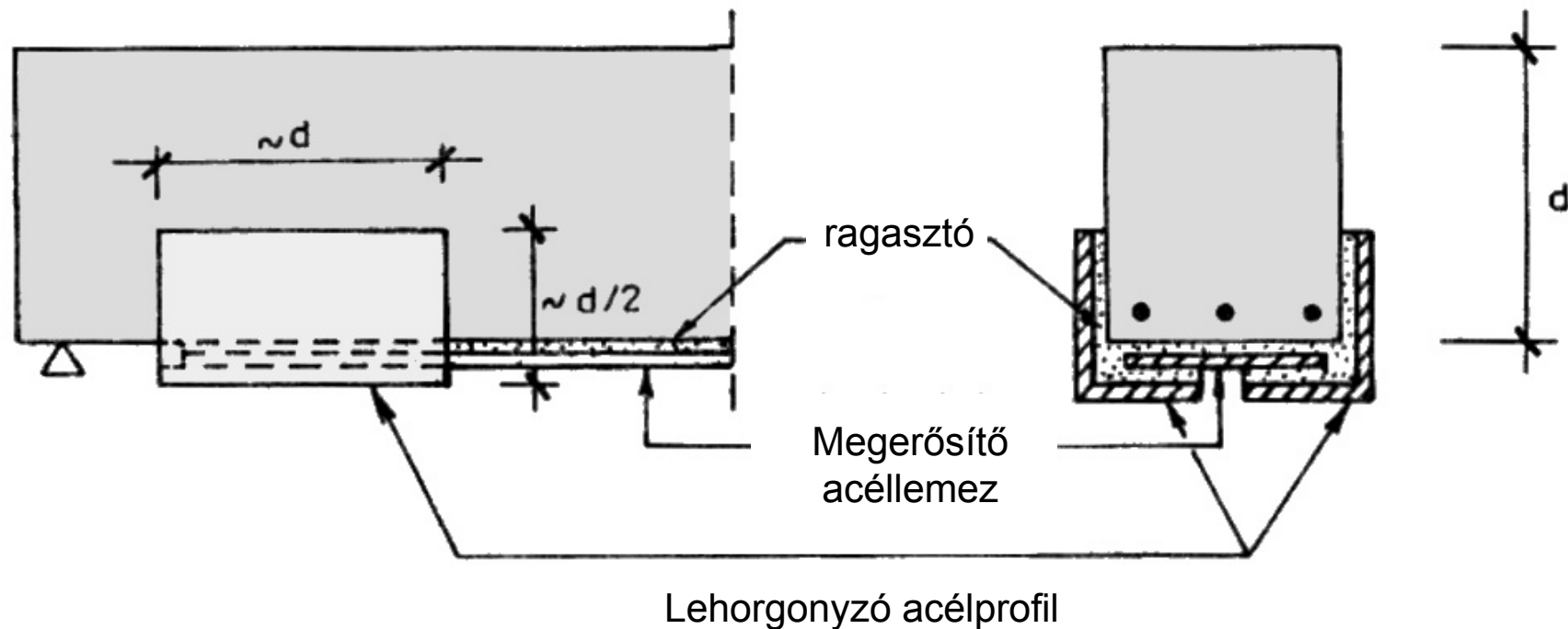


### Dübelezett lemezvég:

- Vékony lemezeknél alkalmazható, vastag lemeznél a dübel könnyen elnyíródik
- A teherbírás 5~10%-kal növelhető.
- A kapcsolat szívóssága nő, az alakváltozás – nyomaték ábra alatti terület nagyobb.
- Ismétlődő terhek esetén előnyös, pl. hidaknál.

## Véglehorgonyzás ragasztott acéllemezzel:

- A helyi feszültségcsúcsok kiküszöbölhetők,
- Az eredeti szerkezet teherbírása 55 ~ 60%-kal növekszik,
- A megerősítés szívóssága nő,
- A véglehorgonyzás megbízhatósága nagymértékben függ a ragasztás minőségétől.





Áruházi csarnok megerősítése  
Brüsszelben, 2002 –ben a tetőgerendák  
nem elegendő hosszvasalása miatt..





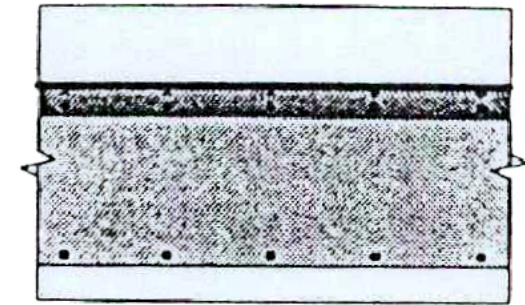
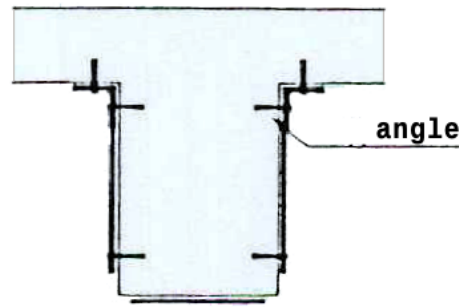
Lakóépület megerősítése Belgiumban, az elégtelen vasalás miatt.



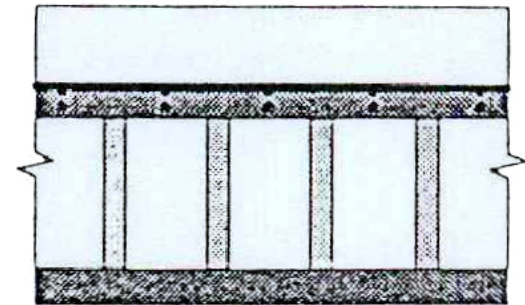
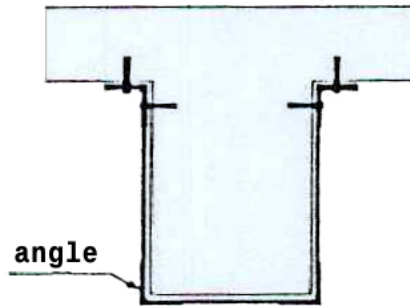
# Megerősítés nyírásra

## Folytonos lemez

Hátrányai: nagy beton felületet kell megtisztítani, a ragasztóanyag beinjektálása nehézkes.



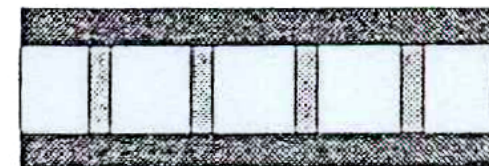
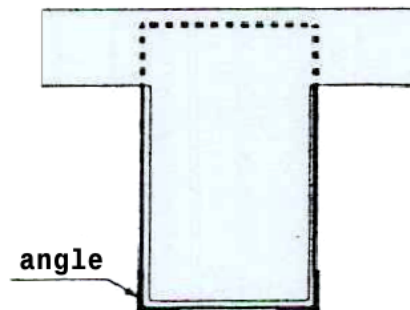
Lateral view



Lateral view

## Egyedi szalagok

Sarokban elhelyezett vasakkal biztosítható a megfelelő kapcsolat.



Bottom view

