

## Vasbeton födém szerkezetek megerősítése ragasztott – dübelezett acélszalag segítségével

Dr. Bódi István\* – Dr. Farkas György\*\*

A födémek, födém bordák teherbírásának növelésére ragasztással, dübelezéssel rögzített acélszalagok szerelhetők fel a szerkezet alsó, illetve felső felületére. Az acélszalag elsősorban a födémekben keletkező hajlítónyomatékokból származó húzóerők felvételére alkalmas, és így biztosíthatja a födém szerkezet megfelelő nyomatéki teherbírását.

A szakirodalomban található kutatási eredmények a ragasztott – dübelezett acélszalagokkal megerősített vasbetonszerkezetek nyírási teherbírásának növelésére is [1], azonban a nyírás a vizsgálataink többségét képező lemez-jellegű szerkezeteknél nem mértékadó, ezért e témakörrel itt nem foglalkozunk.

A megerősítés alapvetően három módon történhet:

- ragasztással felerősített acélszalaggal (szalagvég – lehorognyás nélkül);
- ragasztással felerősített acélszalaggal szalagvég – lehorognyással (dübelezéssel, vagy ragasztott lehorognyozó lemezzel);
- folyamatosan elhelyezett dübelekkal felerősített acélszalaggal. (Ebben az esetben a ragasztónak csak technológiai és nem erőtani szerepe van.)

A következőkben az említett acélszalagos megerősítések tervezéséhez adunk szempontokat.

### 1. Ragasztással rögzített acélszalaggal megerősített szerkezetek tervezése és kialakítása

#### 1.1. Általános megjegyzések

Az acélszalagot a födém szerkezet húzott oldalán kell felragasztani a hajlításból származó húzóerő felvételére. A megfelelően kivitelezett ragasztás az acélszalag és a betonfelület között tapadásos kapcsolatot hoz létre, ezért a méretezésnél kezdetben a vasbeton keresztmetszetek vizsgálatánál ismert alapfeltevéseket alkalmazták. Ezek egy részét a kísérletek nem igazolták.

Vasbeton szerkezeti elemek ragasztott acéllemezzel történő megerősítésének különleges problémáit az 1. ábrán feltüntetett húzott rúd viselkedése mutatja szemléletesen.

Ennek alapján a tervezésnél az alábbi hatásokat kell számításba venni:

- a repedések környékén az acélszalag helyi hajlítógénybevétele;
- az alakváltozások megoszlása a bebetonozott beton-acélok és a beton felületére felragasztott acélszalag között;
- az acélszalag végénél a ragasztás felhasadásának veszélye.

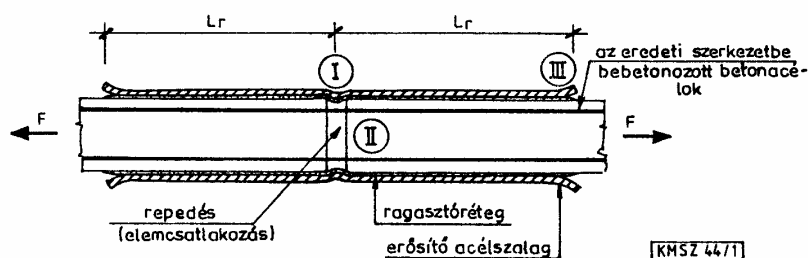
Ragasztással történő rögzítés esetén a következőkre kell tekintettel lenni:

Az LCPC francia laboratóriumban [7], valamint egyes japán kutatók által végzett [8] kísérletek szerint:

- a ragasztó rétegben keletkező csúsztató és normál-feszültségek a repedések szomszédságában maximálisak, a repedéstől távolodva pedig rohamosan csökkennek. A maximális feszültség értéke elsősorban a szerkezeti elemek geometriájától függ, de független a ragasztás  $L_r$  hosszától feltéve, hogy az legalább a betonkeresztmetszet vastagságának kétszerese;
- a ragasztó réteg maximális feszültsége a betonkeresztmetszet vastagsági méretével és az acéllemez vastagságával arányosan növekszik, míg a ragasztóréteg vastagságának csökkenésekor csökken;
- az acélszalagban keletkező átlagos normál-feszültségnek a helyi hajlítás figyelembevételével kialakuló maximális húzófeszültséghez viszonyított aránya a lemez vastagságától függ. Értéke 3 mm vastag lemez esetén kb. 0,65, míg 6 mm vastag lemeznél kb. 0,75.

A ragasztott acélszalaggal megerősített hajlított vasbeton keresztmetszet alakváltozási ábráját a kísérletek alapján a 2. ábra mutatja.

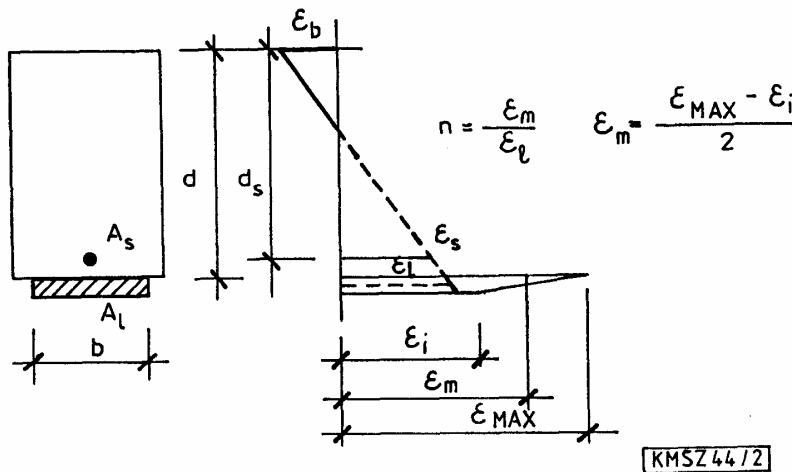
Az ábrából kitűnik, hogy az acélszalag megnyúlása a ragasztóréteg nagymértékű deformációja miatt nem határozható meg a sík keresztmetszet elvénél feltételezésével. Az acéllemez tényleges, átlagos ( $\epsilon_m$ ) alakváltozásának és a lineáris alakváltozási ábra feltételezésével meg-



1. ábra

\* Egyetemi adjunktus, BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke;

\*\* Egyetemi docens, tanszékvezető, BME Vasbetonszerkezetek Tanszék.



2. ábra

határozható átlagos ( $\epsilon_i$ ) megnyúlásának aránya a terhelés intenzitásától függ. Kis terheknél az  $n = \epsilon_m / \epsilon_l$  értéke  $\sim 2$ , míg az acéllemez pasztifikálódásakor ez az arány 1-hez közelít. Viszonylag kis terheknél tehát az acéllemezben keletkező tényleges húzófeszültség nagyobb, mint a klasszikus vasbeton elmélet szerint meghatározható érték.

1.2. A ragasztott acélszalagos megerősítés méretezése

Az előző pontban ismertetett különleges problémák miatt a megerősítés tervezésénél a következőket kell elvégeznünk a használati és teherbírási határállapotban:

- meg kell határozni az erősítő acélszalag szükséges keresztmetszetét, amelyet
- ellenőrizni kell a helyi hajlításból származó többletfeszültségekre is, továbbá
- ellenőrizni kell, hogy a ragasztás felhasadhat-e.

1.2.1. Az acélszalag szükséges keresztmetszeti területének meghatározása

Ezt a feladatot a szabványos terhekből számított igénybevételek alapján, a hajlított vasbeton keresztmetszet méretezésénél elfogadott általános alapelvek szerint lehet elvégezni az alábbi kiegészítésekkel:

Használati határállapotban történő vizsgálatnál a betonkeresztmetszetben lévő  $A_s$ , hagyományos vasalás illetve az  $A_l$  felragasztott acélszalag  $\sigma_{sb}$  illetve  $\sigma_{Hl}$  határ-szilárdságát az LCPC kísérletek figyelembevételével egy  $k_s$ , illetve  $k_l$  szorzótényezővel csökkentve javasoljuk számításba venni, ahol  $3 \text{ mm} \leq v_l \leq 6 \text{ mm}$  lemezvastagságok alkalmazása esetén a  $k_s$  és  $k_l$  csökkentő tényezők értékei az alábbiak:

$$k_s = 1,2 - 0,08 \cdot v_l$$

$$k_l = 0,46 + 0,08 \cdot v_l$$

Teherbírási határállapotban történő vizsgálat esetén sem a betonban meglévő vasalás, sem pedig a felragasztott acélszalag határ-szilárdságát nem kell redukálni. Az

acélszalag határfeszültségét azonban a fellépő helyi hajlításokból származó többletfeszültség miatt a szabványban általában megadott értékhez képest csökkenteni kell. A csökkentés mértékét a

$$k_{l,h} = 0,65$$

szorzótényezővel figyelembe kell venni.

A megerősítéshez általában 6 mm-nél vastagabb acélszalagot nem célszerű alkalmazni. Ha ezzel a szükséges acélkeresztmetszet nem biztosítható, akkor több, egymásra ragasztott réteggel érhető el a szükséges teherbírási, ezzel a megoldással a nyomtatók változása is kedvezőbben követhető. Több réteg

alkalmazása esetén a közvetlenül a betonfelülettel érintkező acéllemezben keletkező  $F_I$  húzóerőnek és a teljes húzóerőnek az aránya numerikus vizsgálatok [7] alapján:

- két réteg acélszalag esetén  $F_I = 0,66 F$

- három réteg acélszalag esetén  $F_I = 0,5 F$

értékkel vehető figyelembe. A vizsgálatok szerint a helyi hajlítás mértéke egymáshoz ragasztott lemezek esetén nem tér el jelentősen az azonos vastagságú egyetlen lemezzel történő megerősítésnél kialakuló helyi hajlítástól.

1.2.2. A ragasztás felhasadásának ellenőrzése

1.2.2.1. Törésmechanikai alapon történő ellenőrzés

Az acéllemez végénél a ragasztás felhasadása elméletileg törésmechanikai megfontolások alapján vizsgálható. A felhasadás elvileg nem következik be, ha a ragasztás végénél lévő keresztmetszet igénybevételéből az eredeti és a megerősített keresztmetszet alapján számítható  $W$  energiakülönbség nem nagyobb, mint a ragasztásban a repedés továbbterjedéséhez szükséges  $R$  energia. Kísérleti vizsgálatok [7] szerint, szokásos ragasztóanyagok alkalmazása esetén a repedés továbbterjedéséhez szükséges minimális fajlagos energia  $R = 50 \text{ J/m}^2$ .

A ragasztás végénél lévő eredeti, illetve megerősített keresztmetszet alapján kialakuló fajlagos energiakülönbség elméleti értéke:

$$W = \frac{1}{2br} \left[ M_M^2 \left( \frac{1}{B_b} - \frac{1}{B_i} \right) + Q_M^2 \left( \frac{1}{H_b} - \frac{1}{H_i} \right) \right]$$

ahol

$M_M$  ill.  $Q_M$  a mértékadó hajlítónyomaték, ill. nyíróerő a ragasztott acélszalag végénél lévő keresztmetszetben;

$B_b = E_b I_b$  ill.  $H_b = G_b A_b$  a megerősített vasbeton keresztmetszet hajlítási illetve nyírási merevsége;

$B_i = E_i I_i$  ill.  $H_i = G_i A_i$  a megerősített, acélszalaggal együttműködő ideális vasbeton keresztmetszet

hajlítási, illetve nyírási merevsége az I. feszültségi állapotban;

$b_r$  a ragasztás szélessége

A kapcsolat a ragasztás felhasadása szempontjából megfelel, ha

$$W \leq 50 \text{ J/m}^2, \text{ azaz } = 50 \text{ N/m}$$

Más kutatók [2] által végzett kísérletekben meghatározták a megerősítendő vasbetonszerkezet azon nyomatókát, mely a ragasztó felhasadását okozza. Azt tapasztalták, hogy a tönkremenetel – megfelelő minőségű ragasztóanyag esetén (lásd később a 4. pontot) – általában a megerősítendő szerkezet alsó rétegében a ragasztás fölött következik be (3. ábra). A felhasadást okozó nyomatók határértékének meghatározására az alábbi kifejezést ajánlják:

$$M_{f,H} = \frac{Eb_{II,m} \cdot \sigma_{NH}}{\gamma \cdot E_I \cdot v_I}$$

ahol

$Eb_{II,m}$  az acéllemezrel megerősített (bepedrt) gerenda hajlítási merevsége a II. feszültségi állapotban,

$\sigma_{NH}$  a beton húzási határfeszültsége,

$E_I$  a megerősítő acéllemez rugalmassági modulusa,

$v_I$  a megerősítő acéllemez vastagsága, továbbá

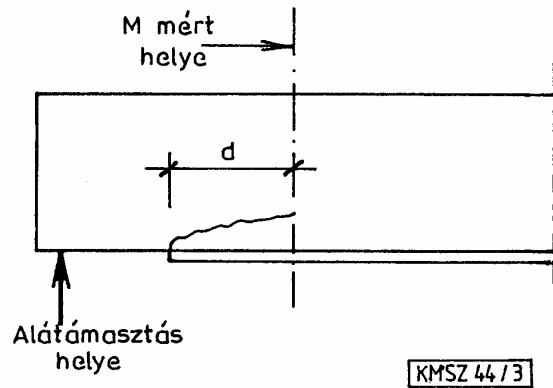
$\gamma = 1,86$  használati, illetve

$\gamma = 0,901$  teherbírási határállapotban történő vizsgálatnál.

A felhasadás nem következik be, ha

$$M_{f,H} > M_M$$

ahol  $M_M$  megerősített szalag végétől  $d$  távolságra (a tartó hasznos magassága.) lévő keresztmetszetben a megerősített gerendában fellépő mértékadó nyomatók (3. ábra).



3. ábra

E vizsgálatokból két fontos következtetést is levonhatunk: egyrészt, hogy ajánlatos az acélszalagos megerősítés végét minél közelebb vinni a gerenda megtámasztásához (kisebb az  $M_M$ ), másrészt, hogy célszerű a megerősítendő acélszalag vastagságát minél kisebbre választani (nagyobb az  $M_{f,H}$ ).

A ragasztással rögzített acélszalag vastagságára több kutató [3], [4] az alábbi értéket ajánlja:

$$v_I = (0,005 + 0,007) d$$

1.2.2.2. A rugalmas együttműködő rétegek elmélete alapján történő ellenőrzés

A ragasztás felhasadása, a ragasztó réteg tönkremenetele vizsgálható a rugalmas együttműködő rétegek elmélete alapján [5] is. A [3], [5] kutatási eredmények szerint a ragasztott kapcsolat megfelelő, ha az acéllemez végén, a ragasztórétegben fellépő  $\tau_M$ , ill.  $\sigma_M$  nyíró – ill. normál-feszültségek nem haladják meg az [5]-ben megadott  $\tau_0$ ,  $\sigma_0$  határértéket, vagyis:

$$\tau_M \leq \tau_0 \text{ és}$$

$$\sigma_M \leq \sigma_0$$

A gyakorlati esetekben  $\tau_0 = 3 + 5 \text{ N/mm}^2$  és  $\sigma_0 = 1 + 2 \text{ N/mm}^2$ , tényleges értékük a következőképpen számítható ki:

$$\tau_0 = \left[ Q_M + \left( \frac{K_s}{Eb_{VI}} \right)^{1/2} \cdot M_M^* \right] \frac{b_{VI}}{I_{I,m} \cdot b_r} (h_I - x),$$

$$\sigma_0 = \tau_0 v_s \left( \frac{K_n}{4E_I d} \right)^{1/4},$$

ahol

$K_s = \frac{G_r \cdot b_r}{v_r}$ , a ragasztás fajlagos nyírási merevsége

$K_n = \frac{E_r \cdot b_r}{v_r}$ , a ragasztás fajlagos húzási merevsége,

és

$$I_{I,m} = \frac{Eb_{VI} x^3}{3} - E_I A_s (h - x)^2 + b_{VI} (h_I - x)^2, \text{ a meg-}$$

erő-

sített szerkezet teljes inercianyomatéka.

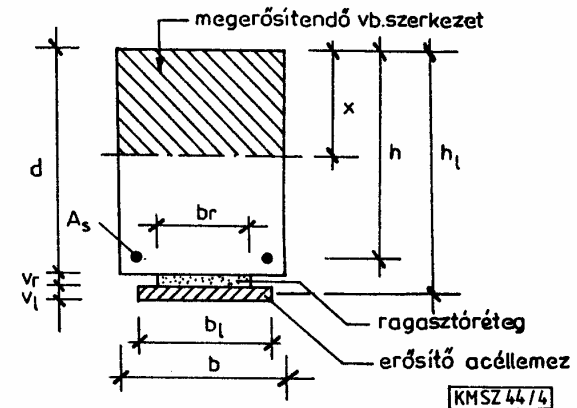
A fenti képletekben:

$Q_M$  a mértékadó nyíróerő az acélszalag végén,

$M_M^*$  a mértékadó hajlítónyomaték az acélszalag végétől  $d/2$  távolságra (hasonló módon, mint a 3. ábrán),

$E_I, E_r$ , ill.  $E_b$  az acélszalag, a ragasztó, ill. a beton rugalmassági modulusa,

$G_r$  a ragasztó nyírási rugalmassági modulusa.



4. ábra

A többi (geometriai jellegű) jelölés értelmezése a 4. ábrán látható.

Fontos szem előtt tartani, hogy a képletben a megerősítendő szerkezetben meglévő  $A_s$  acélbetét mennyiségén csak azok a vasak számíthatók be, amelyeknek a be-repedt (megerősítendő) keresztmetszettől mindkét irányban biztosított az együttlőzóságuk a betonnal (vagyis megvan a lehorgonyzási hosszuk).

## 2. Véglehorgonyzással ellátott, ragasztott acélszalag tervezése és szerkezeti kialakítása

Az acélszalag végének felszakadása a ragasztott kapcsolat gyors tönkremenetelét okozhatja. Ezt a folyamatot késleltethetjük, ha a ragasztott acélszalag végét véglehorgonyzással látjuk el. A véglehorgonyzás készülhet:

- dübeleléssel, ill.
- ragasztott lehorgonyzott acélszerelvénnyel.

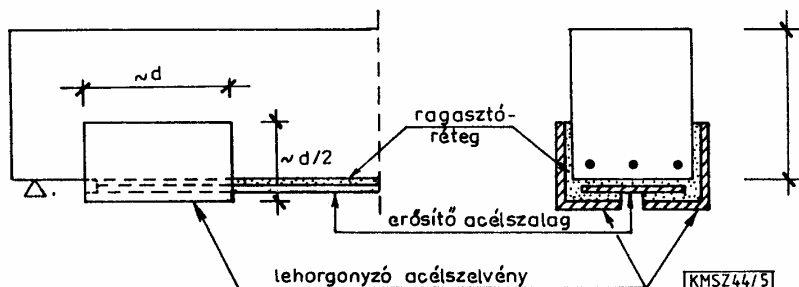
### 2.1. A dübeleléssel készített véglehorgonyzás

A dübeleléssel készített véglehorgonyzás vizsgálatával foglalkozó kutatások [5], [6] megállapítják, hogy a dübelelés csak igen csekély mértékben (5–10%) és csak vékony acélszalagok alkalmazása esetén növeli a ragasztott acéllemezrel készült megerősítés teherirását. Vékony ragasztott acélszalagnál ugyanis a szalag nem fogja erősen a dübelt, így határállapotban palástnyomásból eredő „kigombolódás” jellegű tönkremenetel következik be, miközben az acélszalag jelentős nyúlásokat szenved.

Vastag ragasztott acélszalag merevebben fogja a dübelt, így a szalagvégi lehorgonyzásban erős feszültségkoncentráció jöhet létre, amely korán nyírási jellegű helyi tönkremenetelt okozhat, még mielőtt a ragasztott kapcsolat hosszan felhasadna, tönkre menne.

Ebből is látható, hogy a ragasztott kapcsolattal történő erősítésnek felső korlátai vannak: vastag acéllemez (pl. „túlméretezésből” adódó) alkalmazása esetén a véglehorgonyzás egyáltalán nem hatásos, sőt, mint az 1.2.2.1. pontban láttuk, a felhasadás is kisebb igénybevételnél következik be. Ez a jelenség a több rétegű, vékonyabb acéllemezek alkalmazását indokolja az igénybevételi ábra lehetőség szerinti követésével. A végdübelelés elsődleges előnye abban van, hogy *duktilisabbá* teszi a ragasztott kapcsolatot [5]. A duktilitás jellemzésére szolgáló szívóssági modulus (az erő – elmozdulás diagram tönkremenetelig tartó szakasza alatti terület) jelentősen megnövekszik, ezáltal tehát megbízhatóbb, tartósabb erősítő kapcsolat létesíthető a végdübelelés alkalmazásával. Ezt főleg ismétlődő igénybevételekkel terhelt megerősítendő szerkezetek (pl. hidak) esetén célszerű szem előtt tartani.

2.2. A ragasztott lehorgonyzó acélszerelvény alkalmazása éppen a dübel „feszültséggyűjtő” hatását küszöböli ki. Viszonylag kevesebb kutatás foglalkozott e véglehorgonyzással [6], bár ezek nagyon kedvező eredményeket mutatnak, különösen a földémbordák, gerendák meg-



5. ábra

erősítése tekintetében, ahol lehetőség van az 5. ábra szerinti szerkezeti kialakításra.

Ilyen esetekben a ragasztott kapcsolat teherbírás-növekedése az 55–60%-ot is elérte, és a kapcsolat ugyanolyan duktilis tulajdonságokat mutatott, mint a végdübeleléssel ellátott kísérleti elemeké.

A ragasztott véglehorgonyzó szerelvény alkalmazása tehát több tekintetben is előnyösnek látszik, azonban a kapcsolat megbízhatósága itt is elsődlegesen a ragasztási munka minőségétől függ.

## 3. Folyamatosan elhelyezett dübelekkel felerősített acélszalag méretezése

A hajlított vasbetonszerkezet megerősítésére a szerkezet húzott oldalán folyamatosan elhelyezett, dübeleléssel felerősített acélszalag is alkalmazható [12]. A hajlításból származó húzóerőt ekkor is az acélszalag veszi fel.

A BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén végzett kísérletek szerint a vasbeton gerendák hossz tengelye mentén kellő sűrűséggel kiosztott dübelelés esetén az acélszalagban keletkező húzóerő a vasbeton keresztmetszetek méretezésénél alkalmazott alapelvek szerint határozható meg a

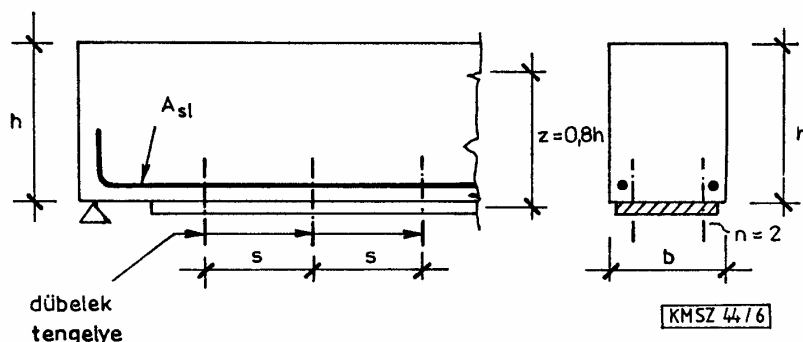
$$H_I = \frac{M_M}{z}$$

összefüggés szerint, ahol  $z$  a belső erőkarja.

Az acélszalag hasznos keresztmetszeti területének meghatározásánál a dübelek elhelyezésére szolgáló furatokat nem szabad figyelembe venni.

Az acélszalagnak a betonfelülethez való rögzítéséhez katalógusból ismert határterhelési adatú dübeleket, csavarokat javasolunk alkalmazni. A rögzítő elemeket a borda hossz tengelye mentén a mértékadó nyíróerő ábra váltózása szerint célszerű kiosztani.

Az alkalmazott csavarok, illetve dübelek számát (6. ábra) úgy kell meghatározni, hogy az egy csavarra jutó



6. ábra

csúsztatóerő nagysága a vizsgált keresztmetszetre mértékkadó nyíróerő alapján az alábbi képlet szerint legyen:

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

ahol

$Q_M$  mértékkadó nyíróerő;

$z$  a belső erők karja, (a számításban  $z = 0,8 h$  értékkel szabad számításba venni, ahol  $h$  a borda magassága);

$s$  a csavarok, illetve a dübelek távolsága a lemez hossz tengelyének irányában mérve;

$n$  az egy sorban elhelyezett csavarok száma, (feltételezve, hogy azonos átmérőjű dübeleket alkalmazunk.)

A  $K$  csúsztatóerő értéke csökkenthető a vizsgált keresztmetszetben az acélszalag által felvett  $H_I$  húzóerő és az  $M_M$  mértékkadó nyomatékból számított és az acélszalag és a bordában meglévő húzott vasalás által együttesen felvett  $H$  húzóerő arányának megfelelően, ha a betonban lévő vasalás lehorgonyozása a vizsgált keresztmetszettől számítva biztosított. Így egy rögzítő elemre redukált mértékkadó csúsztatóerő a

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

értékkel vehető figyelembe. A dübelek, csavarok teherbírásával foglalkozó szakirodalomra itt csupán [9], [10] hivatkozunk, azonban tájékoztatásul az 1. táblázatban megadjuk egy csavar határerőjét a HILTI katalógus alapján szabványosított HSA HILTI alapcsavarokat figyelembe véve, a szabványban rögzített furatmélységek esetén. A csavarokat a terhek alapértékére kell ellenőrizni.

Megjegyzések:

1. A táblázat értékek akkor használhatók, ha a beton minálisan C 20-as szilárdsági jelűnek számítható.

2. Ha a furat mélysége nem éri el a táblázatban szereplő értéket, akkor a határerőt lineárisan csökkenteni kell úgy, hogy kétszeres furatmélység esetén a határerő zérus legyen.

#### 4. A megerősítések kivitelezésének általános szabályai

Az acéllemez felragasztásakor a beton felületének egyenetlensége ne legyen több 5 mm-nél 2,0 m hosszon, illetve 2 mm-nél 0,2 m hosszon. A beton felületét az acélszalag felragasztása előtt száraz, vagy nedves homokszórással, vagy nagynyomású vízszugárral megfelelően elő kell készíteni. Nedves előkészítés esetén megfelelő száradási időt kell biztosítani a lemez felragasztása előtt.

Az egy rétegben felragasztandó acélszalag vastagsága  $v = (0,005 + 0,007) d$ , lehetőleg 3–5 mm legyen. Ragasztott acéllemezrel való megerősítéshez elsősorban A24 jelű hegeszthető acél alkalmazható. Az acéllemez megfelelő méretre vágása után annak felületét zsírtalanítani, majd homokfúvással érdesíteni kell. A lemezeket védett helyen kell tárolni, és felragasztás után azonnal korrózióvédelemmel kell ellátni.

A ragasztóanyag felhasználásánál a gyári előírásokat szigorúan be kell tartani. A ragasztáshoz olyan epoxi műgyanta alapanyagú ragasztó javasolható (pl. TIPOX IHS), melynek nyírószilárdsága megszilárdulás után a beton húzószilárdságának legalább kétszerese. Az epoxi műgyanta komponenseinek javasolt keverési aránya 1 : 2 (lassú : gyors), a így elérhető rugalmassági modulus (E) kb.: 300 N/mm<sup>2</sup>, a nyírási rugalmassági modulus (G) pedig kb.: 120 N/mm<sup>2</sup> lesz.

Az átlagos (javasolt) ragasztási vastagság 2–3 mm, de mindenképpen kisebb, mint az acélszalag vastagságának a fele.

A ragasztóanyag kötésének ideje alatt az acélszalag felületét egyenetles, 15–40 kN/m<sup>2</sup> nyomás alatt kell tar-

1. táblázat

Az acéllemezek felerősítésénél alkalmazható HILTI csavarok teherbírása

A HILTI csavar jele	Haárerő (kN)	Furatmélység (mm)
HSA M 8 × 75	8,9	55
HSA M 10 × 90	15,4	60
HSA M 12 × 110	22,7	80
HSA M 16 × 145	41,4	100

tani, ennek biztosítására a kötésidő alatt megfelelő módon (pl. kitámasztás) gondoskodni kell.

A munkafolyamatok elvégzése után a ragasztás minőségét ellenőrizni kell, és a tapasztalt hibákat ki kell javítani.

### 5. Összefoglalás

A cikk a vasbeton födém szerkezetek a ragasztott – dübelezt acélszalagok alkalmazásával történő megerősítési lehetőségeivel foglalkozik. Az eljárás nagy előnye, hogy a megerősítés kis szerkezeti magassággal kivitelezhető, vagyis az épület helyiségeinek hasznos belmagasságából keveset vesz el, továbbá, hogy a tárgyalt megerősítési módok viszonylag egyszerűen kivitelezhetők.

A BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén végzett kísérletek és a szakirodalomban található kutatások eredményei alapján összefoglaltuk a csupán felületén ragasztott, a véglehorgonyzással ellátott, ragasztott, ill. a folyamatosan elhelyezett dübelezéssel felerősített acélszalagos megerősítési módok méretezésének és kivitelezésének leglényegesebb szabályait, ajánlásait.

### 6. Hivatkozások

- [1] *Sepp.- R. Speidel*: Verstärken von Betonbauteilen durch Aufkleben von Stahllaschen  
Bautechnik 69 (1992) 8., 402–408. old.
- [2] *D. Oehlers*: Reinforced concrete beams with steel plates glued to their soffits: prevention of plate separation induced by flexural peeling Report No. R80 (1988)  
The University of Adelaide  
Adelaide, Ausztrália
- [3] *M. Hussain et al*: Flexural behavior of beams with external steel plates  
ACI Structural Journal Vol. 92. No. 1. (1995) 14–22. old.
- [4] *R. N. Swamy et al.*: Structural behavior of reinforced concrete beams strengthened by epoxy-bonded steel plates  
The Structural Engineer Vol. 65. A. No. 2. (1987) 59–68. old.
- [5] *T. M. Roberts*: Approximate analysis of shear and normal stress concentrations in the adhesive layer of plated RC beams  
The Structural Engineer Vol. 67. No. 12. (1989) 229–233. old.
- [6] *R. Jones –R. N. Swamy –A. Charif*: Plate separation and anchorage of reinforced concrete beams strengthened by epoxy-bonded steel plates  
The Structural Engineer Vol. 66 No. 5. (1988) 85–94. old.
- [7] *J. Theillout*: Renforcement des structures en béton par la technique des toles colleés,  
Annales de l'I. T. B. T. P. No. 501, février (1992.) 24–28. old.
- [8] *M. Fujii-S. Inoue-S. Utoh-Y. Setoguchi*: Steel plate bonding technique for strengthening damaged prestressed concrete beams,  
FIP XI. th. Congress Proceedings, Hamburg, June (1990)
- [9] *W. Fuchs-R. Eligehausen-J. E. Breen*: Concrete capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete  
ACI Structural Journal Vol. 92. No. 1. (1995) 73–94. old.
- [10] *M. Fohren*: Dübel – Allgemeine Einführung in die Befestigungstechnik  
Bauplanung – Bautechnik 44. Jg., Heft 7., (1990)
- [11] *J. M. Delbecq-G. Sacchi*: Restauration des Ouvrages et des Structures,  
Presses de l'E. N. P. C. (1984) 487–500 old.
- [12] *Szalai K. (Szerk)*: Ajánlások az IMS szerkezetű épületek megerősítéséhez BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke (1991)