

VASBETON KÖPENYEZÉSSSEL MEGEROSÍTETT TÉGLAPILLÉREK MODELLEZÉSE

Bódi István – Madaras Botond***

RÖVID KIVONAT

E cikkben a vasbeton köpenyezéssel megerosított téglapillérek teherbírását meghatározó jellemző összetevőket mutatjuk be. Szólunk a téglapillér megerosítését megelőzően meglévő kihasználtsági fokának és megerosító vasbeton köpeny és a falpillér kapcsolatának, a teherátadás módjának szerepéről, tárgyaljuk vb. köpeny kengyelezésének a beton határszilárdságra kifejtett növelő hatását, valamint a betonköpeny és a hosszvasalás figyelembe vehető additív teherbírását is. Sorra vesszük az erőbevezetési zóna kialakítására, továbbá a szükséges keresztirányú vasalás (kengyelezés) meghatározására javasolt modelleket és végül egy számpéldán mutatjuk be a pillér megnövekedett teherbírásának meghatározását.

1. BEVEZETÉS

Napjainkban reneszánszát éli a hagyományos falazott szerkezetekből épült épületek átalakítása, átépítése; jó példa erre Budapest belvárosa is. Ezek az épületek különböző életkorúak, a néhány tíz éves épületek ugyanannyira jellemzőek, mint a kiegyezés korabeli és századforduló táján épült 100-150 éves szerkezetek. Vizsgálatukat természetesen csak a szerkezetek gondos feltárása után lehet módszeresen elvégezni.

A vizsgált épületek közös jellemzője, hogy a függőleges terheket téglapillérek és hagyományos falazatok adják át az alaptesteknek. A falazatok minősége meglehetősen nagy szórást mutat, jellemzően egyezés azonban az életkorukkal nincsen, nem ritka a 150 éves, gyakorlatilag "hibátlan", megfelelő teherbírású falazat, ugyanakkor találkozni „új” szerkezetek esetében is a tönkremenetel határán álló falakkal, pillérekkel. Természetesen a megerosítás igénye gyakran a pillérek tehernövekedése (átépítés, ráépítés, stb.) kapcsán merül fel.

Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy a téglapillérek jellemző megerosítési módjának mondható vasbeton köpenyezés milyen módon vesz részt a pillér erőjátékában, hogyan vehető figyelembe a pillér a megerosítést követően.

2. MEGEROSÍTÉSI MEGOLDÁSOK, SZERKEZETI KIALAKÍTÁS

A hagyományos falazott téglapillérek – már említett – tipikus megerosítési módja a köpenyezés. Ennek kivitelezésére több megoldás is ismert, leggyakrabban lottbeton,

* okl. építőmérnök, PhD, egyetemi docens, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

** okl. építőmérnök, Terraplan96 Kft.

vagy hagyományos zsaluzatban készített köpennyel találkozhatunk. A megerosítés során általában fontos feltétel a kis keresztmetszet, ezért a köpenyeket gyakran egyrétegu vasalással készítik, kétrétegu vasalás alkalmazása csak a nagyobb oszlopkeresztmetszetek esetén szokásos.

Nem foglalkozunk a pusztán esztétikai szempontból hatásos felületi kéregbevonatokkal; vasbeton köpeny alatt min. 4 – 5 cm vastag falú szerkezetet értünk (ilyen méret esetén biztosítható a betonacélok korrózió elleni védelme belső térben).

A köpenyezésben elhelyezett vasalást csak akkor lehet figyelembe venni, ha az az általános szerkesztési szabályoknak (toldási hossz, betontakarás, hajlítási sugár, stb.) megfelelően kialakított. Külön megemlítenő, hogy a kengyelezés kialakítására is nagy gondot kell fordítani, különösen az erobevezetéshez közeli pillérszakaszon, ugyanis ennek – a 3.6 pontban ismertetendők szerint – komoly szerepe van a teherviselésben.

3. A TEHERBÍRÁS MEGHATÁROZÁSA

A megerosított falpillérek teherbírásának meghatározásához több tényező hatását kell figyelembe vennünk, ezek a következők:

- A falpillér keresztmetszetének teherbírását meghatározó paraméterek
- A falpillér kihasználtsági foka a megerosítést megelőzően
- A megerosító vasbeton köpeny és a falpillér kapcsolata, a teherátadás módja (közvetlen ill. közvetett)
- A vb. köpeny kengyelezésének határzilárdság növelő hatása
- A beton köpeny és a hosszvasalás figyelembe vehető additív teherbírása
- Az erobevezetési zóna kialakítása

3.1. A falpillér teherbírását meghatározó paraméterek

Az eredeti falpillér teherbírását számos paraméter határozza meg: a legfontosabbak a falazat habarcs, - ill. falazóanyagának (tégla) minősége, a falazat "elkészítési" minősége, a falazás egyenletessége, az esetleges helyi károsodások jellege, kiterjedése, korróziós károk, stb. E paraméterek vizsgálatát e helyütt részletesen nem tárgyaljuk, csupán utalunk az ezzel foglalkozó irodalomra [1], [4].

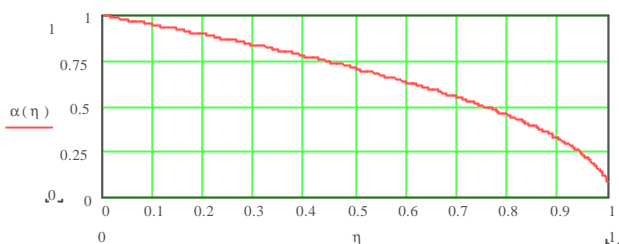
Fontos megjegyezni, hogy a – lehetőségekhez mérten – pontos vizsgálathoz elengedhetetlen fontosságú a megerosítendő falpillér anyagának szilárdságvizsgálata (helyszíni és laboratóriumi) is.

3.2. A falpillér kihasználtsági fokának hatása

A megerosítendő pillér kihasználtságának igen komoly szerepe van a megerosítés hatékonyságában. Általánosságban elfogadható, hogy törési határállapotban lévő szerkezetet erősíteni érdemben nem lehet, ebben az esetben inkább kiváltásról (függetlenül teherviselő szerkezet létrehozásáról) kell gondoskodni. Mivel a kihasználtság hatása egyszerű módszerekkel nehezen vehető figyelembe,

munkahipotézisként elfogadtuk [1] közelítését, amely szerint a vasbeton köpeny és a hosszvasalás hatását csökkentő tényezővel (α) vehetjük figyelembe, ezt a tényezőt (az eredeti állapotú) pillér kihasználtsági fokának (η) függvényében adhatjuk meg. A csökkentő tényező értéke:

$$\mathbf{a} = \sqrt{1 - \mathbf{h}}, \text{ ahol: } \mathbf{h} = \frac{N_{sd,0}}{N_{Rd,0}} \quad (1)$$



1. ábra: Az α csökkentő tényező

A megadott csökkentő tényező alapján egyértelműen állítható, hogy a megerősítés előtt igen nagy fontosságú a szerkezet lehető legnagyobb mértékű tehermentesítése, mivel így növelhető a beavatkozás hatékonysága.

3.3. A vb. köpeny kengyelezésének határszilárdság-növelő hatása

A falpillér megerősítésében komoly szerepet játszik a vasbeton köpenyben elhelyezett kengyelezés szilárdságnövelő hatása. A harántkontrakciójában – a kengyelezés által – részlegesen gátolt falazat figyelembe vehető szilárdsága a térbeli feszültségállapot miatt növekszik, ez a hatás a kengyelezés fajlagos keresztmetszeti területével arányosan változik. Az említett ok miatt fontos, hogy a kengyelezés megfelelő toldásokkal kialakított legyen, lottbeton köpeny esetén a kengyel mögötti fellazulás, „árnyék” hatását kell csökkenteni. Nyújtott alaprajzú pillérek (falpillérek) esetén a kengyelezés hatása kevésbé érvényesül, ugyanis az említett hatás a sarkok közelében a legerőteljesebb, a hosszú oldalakon ellenben csak csekély a hatása.

A pillér teherbírási vonalát az említettek miatt a kengyelezés oly módon növeli, hogy a számított normálerő – nyomaték értékek a figyelembevett szilárdság növekménnyel arányosan nőnek.

A falazat határfeszültségének számításakor az alábbi szilárdságnövekménnyel számolhatunk:

$$\Delta f_k = \frac{3kp}{1+np} \frac{f_{ywd}}{100} \leq f_k \quad (2)$$

A fenti képletben:

k – a pillér oldalarányaitól (a/b) függő tényező;

$a/b=1$ esetén $k=1$, $a/b>2$ esetben $k = 2 \cdot b / a$.

p – a kengyelezés és a pillér térfogatának százalékos aránya,

$$p = \frac{A_{sw}}{100 \cdot b \cdot s_w}, \text{ ahol } s_w \text{ a kengyelek távolsága.}$$

n – a pillér nagyobbik oldalmérete (a) és a köpenyvastagság (v) arányától függő tényező;

$n=1$, ha $a/v < 10$, illetve $n=2$, ha $a/v > 20$, a közbenso értékek interpolálhatók.

f_{ywd} – az acélbetétek (kengyelek) határszilárdsága

f_k – a megerősítetlen falpillér határszilárdsága

3.4. A megerősítő vb. köpeny és a falpillér kapcsolata

Természetesen a vasbeton köpeny a terhek viselésében is részt vesz, nagyon fontos azonban tisztázni, hogy a köpeny közvetlenül kapja – e terhet, vagy csak a pillér és a köpeny között kialakuló kapcsolat (tapadás, súrlódás) révén. Az utólagos hozzáépítés miatt a köpenyezés még közvetlen teherátadás esetén sem használható ki teljesen, közvetett teherátadás esetén a hatás tovább csökken (igen gyakori, hogy csak a közvetett teherátadási modell alkalmazható, hiszen a köpeny gyakran kérdéses állapotú födémre, rosszabb esetben aljzatra, salakfeltöltésre támaszkodik, azaz a közvetlen teherátadás nem vehető figyelembe).

A vb. köpeny hatása a megerősítésben leginkább ott mutatkozik, hogy amíg a kengyelezés jelentősen növelheti a pillér figyelembe vehető szilárdságát, a köpeny hosszvasalásának figyelembevételével számottevően növelhető a pillér adott normálerőhöz számítható határnyomatéka.

A köpeny számítása során figyelembe vehető, a teherátadás jellegének megfelelően módosított határszilárdságok:

$$f_{cd}^* = \alpha \cdot m_c \cdot f_{cd} \quad - \quad \text{a beton módosított határszilárdsága}$$

$$f_{yd}^* = \alpha \cdot m_s \cdot f_{yd} \quad - \quad \text{a betonacél módosított határszilárdsága, ahol:}$$

α – kihasználtság fokától függő tényező (lásd 3.2 pontban)

m_c – teherátadás módjától függő tényező; közvetlen terhelés esetén $m_c=0,90$, közvetett terhelés esetén $m_c=0,35$

m_s – a teherátadás módjától függő tényező; közvetlen terhelés esetén $m_s=0,70$, közvetett terhelés esetén $m_s=0,20$

3.5. A megerősített keresztmetszetű téglapillér teherbírása

A köpenyezéssel megerősített falpillér (zömöknek tekintett) középso keresztmetszetének teherbírása az elozok szerint a következőképpen adható meg:

$$N_u = A_0 (f_k + Df_k) + A_c f_{cd}^* + A_s f_{yd}^* \quad (3)$$

ahol:

- $A_0 = b_0 d_0$ – a téglapillér keresztmetszeti területe
- f_k – a téglapillér anyagának határszilárdsága (anyagvizsgálattal meghatározott, ill. eredeti)
- A_c – a megerősítő betonköpeny keresztmetszeti területe
- A_{sl} – a megerősítő betonköpeny hosszvasalásának keresztmetszeti területe
- f_{cd}^* – a beton módosított határszilárdsága
- f_{yd}^* – a hosszvasalás módosított határszilárdsága

A kihajlást is figyelembe véve, a megerősített pillér vizsgálata a meghatározott jellemzőkkel előállított teherbírási vonal alapján végezhető. A véletlen kiülbőltséget, valamint a másodrendű hatást a tényleges geometriai jellemzők alapján kell számítani. Külön vizsgálatot kell végezni az erobevezetés környezetében, ugyanis (különösen közvetetten terhelt köpeny esetén) itt a nyomatóki teherbírási számottevően csökken (húzott vasalást nem lehet figyelembe venni).

3.6. A megerősített falpillér erobevezetési zónájának modellezése

A megerősített falpillér kezdeti (erobevezetési) szakaszának erotani modellezése külön figyelmet érdemel, mind közvetlen, mind közvetett feltámaszkodás esetén. A két függőleges teherhordó szerkezet együttműködését leginkább az erősítő vb. köpenyben elhelyezett kengyelezéssel biztosíthatjuk, ezért indokolt a szükséges vasmenyiség meghatározásának részletesebb vizsgálata.

Az erobevezetési zóna modellezéséhez három, túlnyomóan kísérleti eredményekre támaszkodó módszert adunk meg.

3.6.1. Az I. módszer A szükséges keresztirányú vasalás (kengyelezés) meghatározása [2] szerint:

$$A_{sw} = e^{(A/B - 1,9)} \quad [cm^2/m - \text{egységben}], \text{ feltéve, hogy } A/B = 5,1 \quad (4)$$

Ebben a képletben

$$A = \frac{2 \cdot N_{Rd,0}}{A_0 \cdot f_k} - 1 \cong \frac{2}{I} - 1, \text{ ahol } I = \frac{N_{Rd,0(e)}}{N_{Rd,0(e=0)}}. \quad (5)$$

A kísérleti eredmények alapján falpilléreknel I értéke közelíthető az alábbi kifejezéssel:

$$I = 2,5 \left(\frac{e}{b} \right)^2 - 2,4 \left(\frac{e}{b} \right) + 1, \quad (6)$$

ahol:

- e – terhelő központossága
- b – a pillér hosszabbik oldalának mérete

A (4) képletben pedig:

$$B = 0,13 \left(1,6 - 0,6 \frac{b}{d} \right) \frac{(b_w - s_w)(d_w - s_w)}{A_0}, \quad (7)$$

ahol:

- b_w és d_w – a megerősítő kengyel méretei (szárhosszak)
- s_w – a kengyelezés távolsága
- d – a megerősített pillér szélessége (kisebbik oldalméret)

3.6.2. A II. módszer A szükséges keresztirányú vasalás (kengyelezés) meghatározása [3] szerint a harántkontrakciójában részlegesen gátolt eredeti pillér és a köpeny között kialakuló normálfeszültség értékeiből számítható az alábbi módon:

$$a_{swx} = \frac{p_x d_w}{f_{ywd}} \quad \text{és} \quad a_{swy} = \frac{p_y b_w}{f_{ywd}}, \quad \text{ahol:} \quad (8)$$

$$p_y = \left(\frac{P}{A_0} + \left| \frac{M_x}{W_x} \right| \right) \cdot 0,15 \quad \text{és} \quad p_x = \left(\frac{P}{A_0} + \left| \frac{M_y}{W_y} \right| \right) \cdot 0,15 \quad (9)$$

ahol:

- p_x és p_y – a megerősítő köpenyre (belülrol) ható, konstansnak tekintett normálfeszültség értéke
- $f_{ywd}^* = 0,8f_{ywd}$ – a kengyelezés módosított (korlátozott) határszilárdsága
- d_w ill b_w – az erősítő köpeny kengyelszárainak oldalhossza (lásd 3.6.1.)

3.6.3. A III. módszer A szükséges keresztirányú vasalás meghatározását [1] a törési határállapotban lévő falpillér egyensúlyából vezeti le. A számítás kiinduló feltételeként felvehető a ferde törési vonal függőlegessel bezárt szöge (α), valamint a ferde törésvonal mentén történő elmozduláshoz rendelhető súrlódási kúp hajlása (ϕ).

Az egyensúlyi feltételből számítható oldalnyomás:

$$p = s \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha - \phi), \quad (10)$$

ahol:

- σ – pillére ható (egyenletesnek tekintett) nyomófeszültség

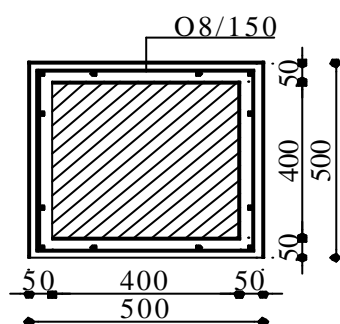
Felhasználva, hogy a törésképet jellemző α szög, valamint a súrlódási szög értéke adott tartományon belül mozoghat ($0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ és $\phi \geq 45^\circ$ a fogazott törésvonal miatt), az oldalnyomás szélsőértéke az adott terhelés mellett:

$$p_{ext} = 0,17 \mathbf{s} \quad (11)$$

Látható, hogy az elméleti úton meghatározott érték gyakorlatilag azonos eredményt ad a bemutatott II. módszerrel, a keresztirányú vasalás (kengyelezés) szükséges mennyisége analóg módon számítható.

4. SZÁMPÉLDA

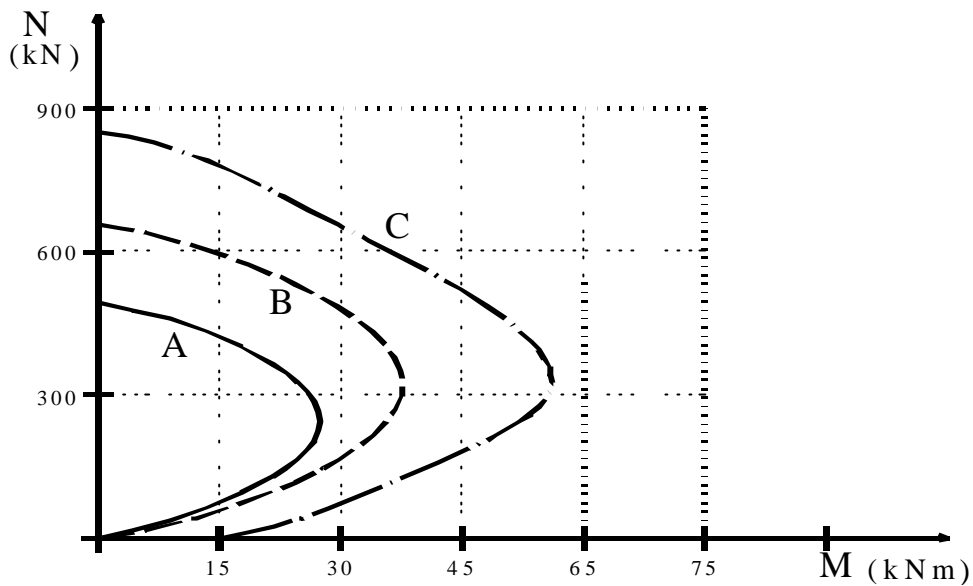
Példaképpen az elmondottak illusztrálására megmutatjuk, hogy egy 40x40 cm keresztmetszetű, kisméretű téglából falazott pillér vasbeton köpennyel történő megerosítése esetén miként számítható a teherbírás. A pillér kialakítását a 2. sz. ábra mutatja.



Anyagok:
 falazat szilárdsága: $f_k=2,9 \text{ N/mm}^2$ (mért érték)
 beton: C16-8/KK
 betonacél: B60.50
 hosszvasalás: $12\phi 12$

2. ábra: A pillér keresztmetszete

A 3. sz. ábrán az eredeti és a megerosított téglapillér teherbírási vonalát mutatjuk be. A szemléletesség kedvéért a megerosítetlen keresztmetszet teherbírási vonala (A) mellett megmutatjuk a köpenyezés határfeszültség növelő hatására ébredő teherbírás-növekmény figyelembevételével készített teherbírási vonalat (B) is. A C jelű görbe a megerosított pillér teherbírási vonala, mely figyelembe veszi a köpenyezés teherbírás növelő hatását, valamint a köpeny teherbírását az erősítő hosszvasalással. A számítás során az eredeti pillér kihasználtsági fokát $\eta=75\%$ -nak vettük fel, a köpenyt közvetlenül támaszkodónak tekintettük.



3. ábra: Az eredeti, valamint a megerősített keresztmetszet teherbírasi vonala

A 3. ábra tanúsága szerint a pillér határ-normálereje a köpenyezés szilárdságnövelő hatására is jelentősen (mintegy 45%-kal) nőtt, a közvetve terhelt köpeny teherbírása a megerősítés hatékonyságát tovább növeli, különösképpen a nagy külpontosságú terhek esetén. A megerősítés fokának, hatékonyságának elemzésekor figyelembe kell venni a megerősített szerkezetekre vonatkozó, általánosan elfogadott szabályt, amely szerint a teherbírás végállapotban nem haladhatja meg az eredeti elem teherbírásának kétszeresét.

A vasbeton köpennyel történő megerősítés hasonló alapelvekkel számítható beton és vasbetonpillérek esetén is, természetesen itt az elérhető teherbírás-növekmény kisebb hatású, tekintettel a megerősítendő szerkezet nagyobb szilárdságára.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Dulácska E.: Téglából falazott szerkezetek statikai vizsgálata és megerősítése. *A Mérnöki Kamara kiskönyvtára Tartószerkezeti Tagozat, Tervezési Segédlet Sorozat TT – TS1* (1998)
- [2] Kerkeni, N.-Hegger, J.: Bemessung von spritzbetonverstärkten Stahlbetonstützen unter beliebiger Belastung. *Beton - und Stahlbetonbau* 96, 2001/11. 708 – 715 old.
- [3] Eibl, J-Bachmann, H.: Nachträgliche Verstärkung von Stahlbetonbauteilen mit Spritzbeton. *Beton – und Stahlbetonbau* 85, 1990/1. 1 – 4 old. és 1990/2 39 – 44 old.
- [4] MI 15011 – 88 Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erotani vizsgálata – Muszaki Irányelv