

A SZERKEZETI ANYAG PARCIÁLIS TÉNYEZŐJÉNEK ÖSSZETEVŐI

*Szalai Kálmán**

RÖVID KIVONAT

A szerkezeti anyag parciális (régi megnevezéssel: biztonsági) tényezőjének abszolút értékét, fizikai tartalmát és a tartószerkezet biztonságában betöltött szerepét illetően meglévő véleménykülönbségekre tekintettel az alábbiakra szeretném felhívni figyelmet.

1. BEVEZETÉS

A szerkezeti anyagok parciális tényezője elvileg a minőségellenőrzési és tervezési értékek közötti különbséget hivatott átfedni. Mint ismeretes, az ellenőrzés során (általában 5 %-os küszöbértéknek megfelelő) karakterisztikus (MSZ: minősítési, vagy jellemző) érték vizsgálatáról van szó, tervezési (MSZ: határ-, vagy szélső-) érték esetében pedig a teherbírás (általában 1%-es küszöbérték) számításához figyelembe vett érték. Az MSZ szerinti parciális tényező általában kisebb, mint az Eurocode-ban előírt érték. Az eltérés magyarázata, hogy a hazai értelmezéstől eltérően az EC a parciális tényező értékében a vizsgálati eredmény szórásán kívül tekintettel van a geometriai és a számítási modell bizonytalanságára is.

Az alábbiakban a szerkezeti anyagok közül elsősorban a betonnal foglalkozunk, de kitérünk az acélbetét (betonacél és feszítő betét) parciális tényezőjének tartalmára is.

2. A BETON NYOMÓSZILÁRDSÁG PARCIÁLIS TÉNYEZŐJÉNEK ÖSSZETEVŐI

2.1. A beton-szilárdság relatív szórásának mértéke

A beton szórásának abszolút és relatív értéke napjainkban vita tárgyát képezi. A [4] dolgozatban található érveléssel szemben helyénvaló itt aláhúzni, hogy a relatív szórás valamilyen értékének felhasználása a világon először az MSZ 15022/1–71 szabványban jelenik meg. A tervezési szabvány vonatkozó előírásai az 1. táblázatban mutatjuk be.

* okl. mérnök, a musz. tud. doktora, kutató professzor, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

1. táblázat: A betonra vonatkozó MSZ 15022/1'1971 szerinti értékek

Megnevezés	Jelölések	A beton szilárdsági jele				
		B140	B200	B280	B400	B560
Tervszerinti jel	B(K _m)					
Átlagos érték	K _m	140	200	280	400	560
Küszöb érték	K _{min}	100	140	200	280	400
Határfeszültség	σ _{bH}	70	100	140	200	280
Relatív szórás	V	0,17	0,18	0,17	0,18	0,17
Megjegyzés: a szilárdsági értékek kp/cm ² értékekben						

A táblázat adataihoz néhány értelmezo magyarázat:

- A beton szilárdsági jel, a minosítési érték és a nyomási határfeszültség (határszilárdság) az elozo érték $\sqrt{2}$ -vel való osztással állapítható meg, [1],
- A $K_{min} = K_m(1 - 1,645V)$ képlet alapján számított relatív szórás V értéksor 17-18 %.
- A hazai kutatás a V ezen értéke alapján hivatkozik a 15 %-os relatív szórásra, [3].
- A 15 %-os relatív szórás ilyenformán az MSZ 15022/1-ben megjelent magyar találmány és nem KGST-ben meghonosodott érték.
Megjegyzés: hogy milyen zseniálisan jó ez az érték azt a [2] tanulmány is igazolja.

2.2. A beton nyomószilárdságának tervezési értéke

A beton nyomószilárdságának tervezési értékét (régebbi szóhasználattal: határfeszültségét, majd határszilárdságát) a különböző eloirások az alábbi módon határozzák meg:

$$\text{- MSZ 15022/1'71-ben: } \sigma_{bH} = \frac{0,9K_{min}}{1,25}, \quad (1/a)$$

$$\text{- MSZ 15022/1'86-ban: } \sigma_{bH} = \frac{\alpha_R K_{min}}{1,30}, \quad (1/b)$$

ahol $\alpha_R = 0,75 + 4/K_{min} \leq 1,0$ (α_R értékét általában 0,85-nek veheto)

$$\text{- MSZ ENV-ben [5] szerint } \alpha f_{cd} = \alpha \frac{f_{ck}}{1,5}, \quad (2)$$

ahol $\alpha = 0,85$, vagy $0,80$ (keresztmetszeti alakzattól függően).

Megjegyzés: α , illetve α_R fizikai taralmáról most itt ne essen szó.

Az (1) és (2) formulák közötti különbség, hogy a γ_c parciális tényező értéke az MSZ'86 szerint: 1,30, míg az MSZ ENV-ben: 1,5, illetve EC2 1-3 szerint az eloregyártott vasbetonelemeknél bizonyos feltételek teljesülése esetén (ha prototípus vizsgálat van, a próbatestek betonjának szilárdsága a kivett henger szilárdságától kis eltérést mutat, stb.), akkor a $\gamma_c = 1,4$ vagy $1,3$ értékek használatát engedi meg, [6].

2.3. A beton parciális tényezőjének értelmezése a különböző előírásokban

2.3.1. Az MSZ szerinti értelmezés A γ_c parciális tényező elvileg az 1. pontnak megfelelően az 5 %-os küszöbérték és az 1‰-es határszilárdság közötti különbség figyelembe vételére szolgál. A hazai értelmezés szerint a parciális tényező számszerű értéke e feltételhez, normális eloszlás alapján

$$\gamma_c = \frac{1 - 1,645 V_f}{1 - 3 V_f} \quad (3)$$

módon számítható, ahol V_f mérési eredmények a relatív szórása. A (3) alapján adódott az MSZ 15022/1 szerinti $g_c = 1,3$ érték, mert a g_c ezen értékéhez $V_f = 0,1334$ relatív szórás tartozik. Megjegyezzük, hogy $V = 0,15$ -höz a (3) szerint $g_c = 1,37$ érték adódik.

Az MSZ szerint azonban, ha a szerkezetből kivett próbatest, vagy előre gyártott elem törési vizsgálata alapján történik a minőségellenőrzés, akkor a vizsgálat megbízhatóbb jellege alapján ítélve, a $g_c = 1,3$ tényező gyakorlatilag egy 1,15 értékkel osztódik, azaz ilyenkor $g_c = 1,13$ értékre csökken. Ebből az következik, hogy az MSZ szerint a szerkezeti beton $g_c = 1,3$ parciális tényezőjének egy része a vizsgálati modell megbízhatóságára vonatkozik.

2.3.2. Az MSZ ENV 1992-1-3:1999 szerinti értelmezés Az MSZ ENV 1992-1-3:1999 105 melléklete szerint egyszerű esetben, ha az ellenállás az $R = m G f$ összefüggéssel adható meg, a γ_m parciális biztonsági tényező a következők szerint (3) kifejezés helyett lognormális eloszlással és

$$\gamma_m = \frac{1 - 1,64 V_f}{1 - 3 V_R} \quad (4)$$

módon számítható, ahol:

- m - a számítási modell bizonytalanságát figyelembe vevő tényező;
- G - geometriai tényező
- f - az anyag szilárdsága

$$V_R = \sqrt{V_m^2 + V_G^2 + V_f^2}, \quad (5)$$

- Az (5)-ben: V_m - az m variációs tényezője,
 V_G - a G variációs tényezője,
 V_f - az f variációs tényezője.

Az (5) szerinti egyenletben feltételezett, hogy

- a) mindhárom változó lognormális eloszlású,
- b) mindhárom változó független egymástól;
- c) az anyagok szilárdsága a karakterisztikus érték 5%-os kvantilise;
- d) a megbízhatósági index $\beta = 3,8$, az ellenállás súlyzó tényezője pedig 0,8.

Megjegyzés: Az EC szerinti (4) és az MSZ-ben lévo (3) formula abban tér el tehát (de ez lényegi eltérés), hogy (3)-tól eltéroen (4) nevezójében a szilárdsági szórás mellett a számítási modell és a geometriai modell bizonytalanságát is számításba kell venni.

2.3.3. *A Dmitri Soukhov és Frank Junwirth szerzőpáros szerinti értelmezés [2]* A [6] előírásaira hivatkozva a szerzők megállapítják, hogy az EC2 szerinti $\gamma_c = 1,5$ parciális tényező értéke több hatás egyidejű figyelembe vételét jelenti, és pedig:

$$\gamma_c = \gamma_{M1} \gamma_{M2} \quad (6)$$

A (6) szerinti parciális tényező egyes összetevőit a szerzők az alábbiak szerint értelmezik.

A γ_{M1} a szilárdság és a geometria bizonytalanság figyelembe vételére szolgál és a fenti alapfeltevésekkel a (4) alapján

$$\gamma_{M1} = \exp(\alpha \beta V_R - 1,645 V_f) \quad (7)$$

formában számolható és értéke $\gamma_{M1} = 1,3$. A (7) számításnál ($\beta = 3,8$ és $\alpha = 0,8$ értékek) mellett feltételezik, hogy

- a) a szilárdság szórása: $V_f = 0,15$,
- b) a számítási modell bizonytalansága: $V_m = 0,05$,
- c) a geometriai adatok bizonytalanság: $V_G = 0,05$.

Az γ_{M1} értékét a szerzők tovább bontják, mert feltételezik, hogy $\gamma_{M1} = 1,3$ tartalmazza a geometriai bizonytalanságra vonatkozó részt is, és

$$\gamma_{M1} = \gamma_f \gamma_G \quad (8)$$

ahol

$$\gamma_f = \exp(\alpha \beta V_f - 1,645 V_f) = 1,23. \quad (9)$$

és

$$\gamma_G = 1,3/1,23 = 1,05 \quad (10)$$

A γ_{M2} próbatestre vonatkozó számítási modell bizonytalansága és $\gamma_{M2} = 1,15$ értékű.

A fentiek értelmében a beton EC2 szerinti γ_c parciális tényezője osztott formában:

$$\gamma_c = \gamma_f \gamma_G \gamma_{M2} \quad (11)$$

alakban adható meg. Az EC szerinti $\gamma_c = 1,5$ értékhez az egyes tényezők: $\gamma_f = 1,23$, $\gamma_G = 1,05$ és $\gamma_{M2} = 1,15$ értékkel adhatók meg.

Megjegyzés: a [2] szerzők C35/45 beton adatait mérlegelve adták meg javaslatukat.

2.3.4. *Javaslat a (6) formula általánosítására - A magasabb szilárdsági jelu betonok csökkeno relatív szórása* A fentiek szerint célszerűnek látszik, hogy az EN 206-1 hazai alkalmazásához készülő ajánlásokban a beton relatív szórására, illetve ennek alapján, a tervezett keverék tervezéséhez a szilárdság várható értékére vonatkozóan az alábbiakból kiindulni.

- a) C30/37 és ennél alacsonyabb szilárdsági osztályok esetén $V = 15\%$ és a szilárdság várható értéke az $f_{ck} = f_{cm} (1 - 1,645 \times 0,15) = 0,753 f_{cm}$ alapján

$$f_{cm} = 1,33 f_{ck} \quad (12/a)$$

- b) C35/45 szilárdsági osztályban és e fölött az EC2 alapelvének megfelelően $s = 5,0 = \text{const. (N/mm}^2\text{)}$ értéket tekintjük mérvadó szórásnak és a várható értéket az EN 206-1 alapján

$$f_{cm} = f_{ck} + 12 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (12/b)$$

- c) A szilárdság növekedésével azonban a relatív szórás (gyártás igényesebb voltának következtében) egyre kisebb, aminek eredményeként a (9) szerinti γ_f parciális tényező és ezzel a γ_c értéke csökkenne. A magasabb szilárdsági osztályokban azonban egyre ridegebb viselkedésű a beton. A ridegebb viselkedés kompenzálására célszerű a relatív szórás csökkenésével párhuzamosan beiktatni a ridegebb viselkedés fedezetét, egy biztonság-módosító tényező alkalmazásával.

A ridegebb viselkedés figyelembe vétele A beton ridegebb viselkedésének ellensúlyozására célszerű egy biztonság módosító tényező beiktatása. A [7] tanulmány szerint $f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$ esetén a beton (11) szerinti parciális tényezőjét $\gamma_{HSC} = \gamma_c \gamma_{HS}$ formában javasolja alkalmazni, ahol

$$\gamma_{HS} = \frac{1}{1,1 - \frac{f_{ck}}{500}} \geq 1,0 \quad (13)$$

A (13) alapján a ridegebb viselkedés figyelembevételére $f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$ szilárdsági osztályok esetén a beton (11) szerinti parciális tényezőjét

$$\gamma_c = \gamma_f \gamma_G \gamma_m \gamma_{HS} \quad (14)$$

formában kellene használni, ahol γ_{HS} a (13) szerinti módosító tényező, a γ_f pedig a vizsgálati eredmények V_f relatív szórását figyelembe véve (9) rész-szerinti parciális tényező.

3. AZ ACÉLBETÉT PARCIÁLIS TÉNYEZŐJÉNEK ÖSSZETEVŐI

Az EC2 szerint az acélbetét szilárdságának tervezési értéke

- a) betonacél esetén:

$$f_{sd} = \frac{f_{sk}}{g_s} \quad (15/a)$$

- b) feszítobetét esetén:

$$f_{pd} = \frac{0,9 f_{pk}}{g_p} \quad (15/b)$$

Az acélbetét (betonacél és feszítobetét) parciális tényezőjének összetevőit a betonhoz hasonló módon lehet értelmezni. [6]. A részletekkel nem foglalkozva, a parciális tényezője

a) betonacél esetén:

$$\gamma_s = \gamma_f \cdot \gamma_G \cdot \gamma_m \quad (16/a)$$

b) feszítobetét esetén:

$$\gamma_p = \gamma_f \cdot \gamma_G \cdot \gamma_m, \quad (16/b)$$

ahol

γ_f - a szilárdsági szórásra,

γ_G - a geometriai, modell bizonytalanságára,

γ_m - a számítási modell bizonytalanságára vonatkozó vevo rész-parciális tényező.

Az EC2 szerint a $\gamma_s = \gamma_p = 1,15$ érték. Kiindulva a résztényezők relatív szórásának $V_f = 0,05$, $V_G = 0,04$ és $V_m = 0,035$ értékeiből a (7) és (9) szerint számolva $\gamma_f = 1,072$, továbbá $\gamma_G = 1,04$, $\gamma_m = 1,035$ értékek nyerhetők.

Megjegyzések:

a) Az EC2 1-3 szerint az előregyártott vasbetonelemeknél bizonyos feltételek teljesülése esetén (ha prototípus vizsgálat van, stb.), akkor a $\gamma_s = 1,10$ vagy $1,05$ értékek használatát engedélyezi meg, [6].

b) A feszítobetét szilárdságának tervezési értékére vonatkozó (15/b) kifejezésben lévő 0,9 szorzó a ridegebb viselkedés miatti csökkentő tényező.

HIVATKOZÁSOK

- [1] *A beton minőségellenőrzése*, MSZ Szabványosítási szakkönyvtár 26. Kötet, Szabványkiadó, 1982. Főszerkesztő: Dr. Szalai Kálmán.
- [2] Dmitri Soukhov - Frank Junwirth: Conformity and Safety of Concrete According to preEN 206 and Eurocodes, *Leipzig Annual Civil Engineering Report* N0. 2 1997. pp. 199-221.
- [3] Dr. Szalai Kálmán: *Vasbetonszerkezetek*, Muegyetemi Kiadó, 1987. Budapest
- [4] Dr. Újhelyi János: A vasbeton szerkezetek biztonsága. *Beton*, X. évfolyam 2. szám
- [5] MSZ ENV 1992-1-1:1991 *Betonszerkezetek tervezése*
- [6] MSZ ENV 1992-1-3:1999 *Eloregyártott betonszerkezetek tervezése*
- [7] Holand - S. Helland: CEB/FIP Working group on high strength/high performance concrete. *Fourth International Symposium on the Utilization of high strength/high performance concrete* 29-31 May 1996 Paris France pp. 1251-1260.