

RÉGI SZERKEZETEK EGYSZERŰSÍTETT SZILÁRDSÁGÉRTÉKELÉSE



Dr. Dulácska Endre

<https://doi.org/10.32969/VB.2022.4.5>

Ez a cikk eredetileg megjelent a Forum Media Építési Hibák digitális folyóiratban. Szerző kérte azonban annak ismételt megjelentetését a VASBETONÉPÍTÉS folyóiratban, lévén, hogy a Építési Hibák folyóirat megszűnt, és az ott megjelent anyagok hosszútávon elérhetetlenné váltak. Szerző kérésnek örömmel teszünk eleget, lévén, hogy Szerző nagyra becsült a VASBETONÉPÍTÉS cikkírói és olvasói körében.

Dr. Balázs L. György, főszerkesztő

1. BEVEZETÉS

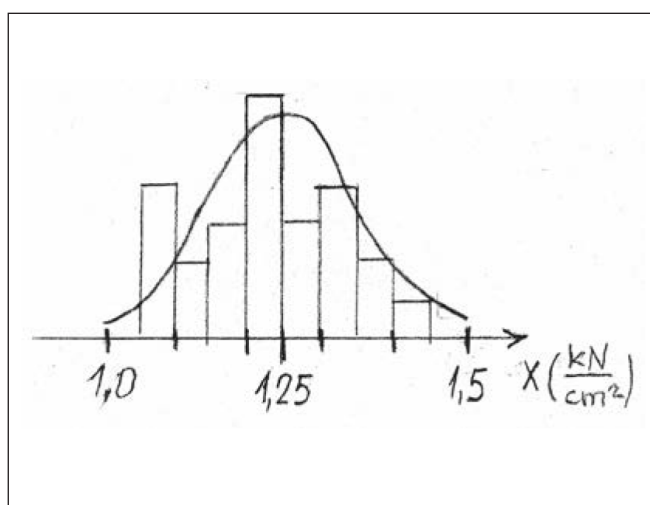
A múlt század első felében a szerkezeti anyagok szilárdsági méretezésének alapjául az átlagszilárdságot tekintették. Ezt egy biztonsági tényezővel osztva kapták a megengedett feszültség értékét. A biztonsági tényező a tapasztalatok alapján, központi előírással szabták meg. A méretezéseknél ezt a biztonsági tényezőt vették határértékként figyelembe, vagyis a számított feszültségnek nem volt szabad túllépnie a megengedett feszültséget. A század közepe táján ráébredtek arra, hogy a biztonsági tényező hol kisebb, hol pedig nagyobb a tapasztalat által indokoltnál. Ezért rátértek az osztott biztonság elvére, és a biztonságot a feladat jellege, és a felhasznált anyag tulajdonságainak figyelembevételével a valószínűségi elvek alapján igyekeztek megbecsülni. Az értékeléshez a Gauss féle normáeloszlást vették figyelembe. A méretezési elvek előírásakor az 5%-os túllépési valószínűséget (5%-os fraktilis) vették számításba. Lényegében ma is ez a méretezési alapelv (Bánhidi, 2017), Kemény, (1974), Windisch, 1982) (1. ábra).

A következőkben a régi szerkezetekre tekintettel a régi megnevezéseket, és jelöléseket alkalmazzuk. (Az új Eurocode előírások jelzéseit a régi mellett zárójelben adjuk.)

Így lényegében az X méretezési szilárdságot a következő kifejezésből számítják:

$X_H = X_{\min} / k$. Ebben a kifejezésben X_H a határigénybevétel (tervezési ellenállás), X_{\min} a minősítési (karakterisztikus) szilárdság, és k a biztonsági (parciális) tényező. A minősítési szilárdságot rendszerint az $X_{\min} = X_{\text{átlag}} - (t \cdot s)$ képletből lehet meghatározni, ahol $X_{\text{átlag}}$ az átlagos szilárdság, s a szórás, és t a mintadarabszámot figyelembe vevő STUDENT tényező (értéke 1,79 tíz, és 1,64 negyven minta esetén) (Massányi-Dulácska, 2000).

A képlet jól működik, amíg az X értékek nem nagyon különböznek (kicsi a szórás), és rendelkezésre áll a kellő darabszám. Egyéb esetekben problémák adódnak. Így pl. ha egy 10 darabos téglasorozatot vizsgálunk, és az elemszilárdságok között eredményei között az átlagtól jelentős mértékben eltérő adat adódik (véletlenül jó téglá is keveredett a gyengék közé), előfordul hogy zérushoz közeli, esetleg negatív minősítési szilárdságot kapunk. Ez nyilvánvalóan lehetetlen. Ezzel kapcsolatos egy másik probléma is, hogy a számítás nem érzékeli a plusz-mínusz hatást, és a nagyobb szilárdságot is szilárdság csökkentő hatásnak tekinti. Az is kétségeket okozhat az emberben, hogy a valószínűségi normáeloszlástól jelentsen



1. ábra: Betonszilárdság kísérleti eloszlása sűrűségfüggvénye (Ujhelyi, 1978)

eltérő tapasztalati eloszlást normáeloszlás alapján értékelünk.

Például nézzünk meg az 1. ábrán egy Ujhelyi [7] által bemutatott, jól közelítő betonvizsgálati tapasztalati gyakorisági diagramot összehasonlítva a normáeloszlás görbéjével. Látható, hogy a tényleges eloszlás eléggé eltér a megfelelő normáeloszlástól.

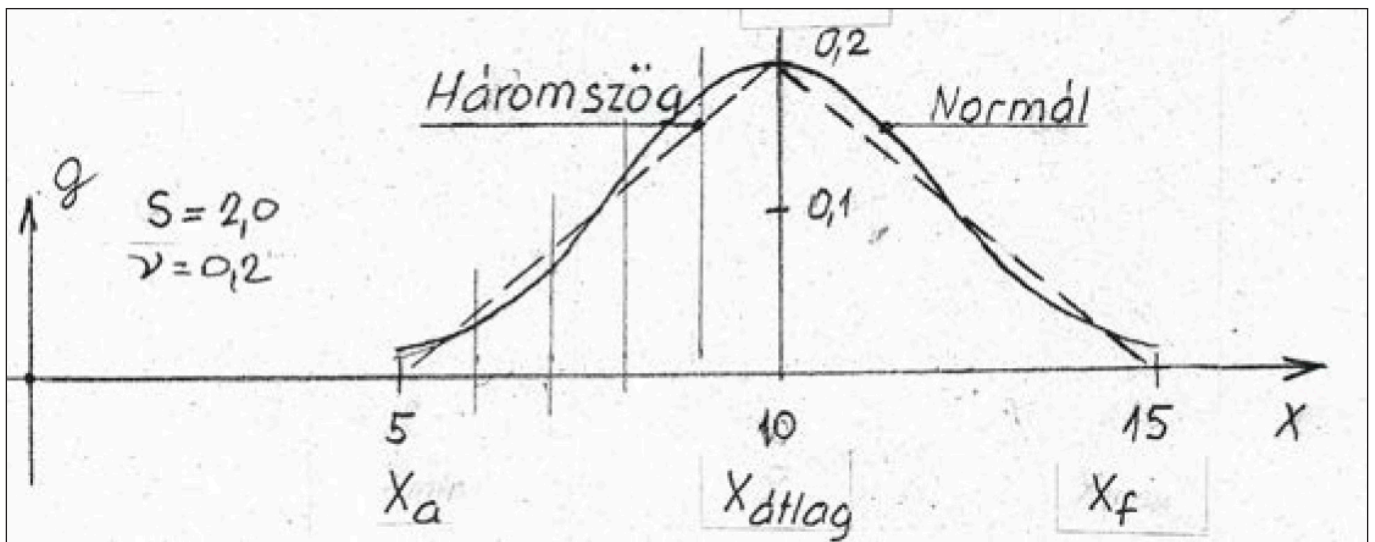
A gyakorlatban az eloszlás sokszor jelentősebb eltérést mutat, mint az 1. ábra.

Ha ilyen eltérések vannak, felmerülhet a kérdés, hogy mekkora a közelítése annak, hogy egy lépcsős ábrát az azonos szórások alapján normáeloszlás GAUSS görbéjével helyettesítünk, majd ebből vonunk le következtetéseket. Ez a körülmény felveti a pontosság kérdését. Kérdés, hogy nincs-e egyszerűbb, bár közelítő értékelési mód.

A problémákat az alkalmazás során többször észlelték, és javaslatot tettek a módszer korrekciójára (pl. Fendle-Gimesy-Rozgonyi, 1968)). A problémák pontosabb megközelítése céljából számos eloszlás típust dolgoztak ki. Pl. az Interneten mintegy 140féle eloszlás típus van felsorolva.

Az Eurocode (EC) a beton szilárdsági értékelést jelentősen leegyszerűsítette (de túl nagy szórás esetén ez sem alkalmazható). Az EC szerinti téglaminősítés pedig megelégszik az átlagérték és a legkisebb kísérleti érték magadásával (csináljon belőle az alkalmazó minősítési szilárdságot, ahogy tud.).

A meglévő régi szerkezetek értékelésénél egy sereg



2. ábra: A normál és a háromszögeloszlás sűrűségfüggvénye 0,2 relatív szórásnál

egyéb nehézség is adódik. A terjedelem (a legnagyobb és legkisebb érték különbsége, $(X_{\max} - X_{\min})$, és a szórás a régi, kezdetlegesebb gyártástechnológiák miatt jóval nagyobb, mint a ma készülő szerkezeteké. Ezenkívül rendszerint nem lehetséges a szükséges mintadarabszám előállítása. Ezért a mai technológiákra épülő, a tervezett új szerkezetekre kidolgozott EC szerinti értékelések a régi szerkezetek értékelésére nem alkalmasak, a teljesen más kiindulási alapok, más anyagok, és az irreális eredmények miatt.

2. A SZILÁRDSÁGÉRTÉKELÉS EGYSZERŰSÍTÉSE

Az előző fejezetben mondtunk egy egyszerűbb eljárás kidolgozására ösztönöztek. Ez az egyszerűbb eljárás lényegében abban áll, hogy a viszonylag komplikáltan számítható hagyományos normáeloszlást egy, a kétszeres szórás határán belüli, olyan, egyszerűen számítható, SIMPSON féle háromszögeloszlással helyettesítjük, melynek szórása megegyezik a tapasztalati szórással. Ezt 0,20 relatív szórás esetére a 2. ábrán mutatjuk be. (A háromszögeloszlás az interneten megtalálható: (Pápay, Statisztika)

Mint látható a 2. ábrán, hogy a közelítés hibája elfogadhatónak tűnik (mintegy 5,0%). Úgy véljük, hogy ez a hiba nem nagyobb, mint amikor Gauss-féle normáeloszlással helyettesítettük a tapasztalati eloszlást.

A háromszögeloszlással nagyon egyszerű dolgozni. A következőkben a közép-re szimmetrikus eloszlást mutatjuk be. (Aszimmetrikus megoldást találhatunk az Interneten, de az alig tér el a szimmetrikustól.) Meghatározzuk a mérési sokaság legkisebb és legnagyobb értékét. Amennyiben a legkisebb érték kisebbre adódik mint a $0,5 X_{\text{átlag}}$, vagy a legnagyobb érték nagyobbra adódik, mint az $1,5 X_{\text{átlag}}$, akkor minta csonkolást alkalmazunk, vagyis ezeket az értékeket ki kell hagyni a vizsgált sokaságból. (Ennek oka az, hogy ezek az értékek már más sokasághoz tartoznak.) Ezek után számítjuk az X_f felső és X_a alsó érték különbségét, azaz az $R = X_f - X_a$ terjedelmet. A minta szórását az $S = 0,204 \cdot R$ összefüggés szolgáltatja. A X_{\min} minősítési érték, azaz az 5%-os küszöb az $X_{\min} = X_{\text{átlag}} - 1,03 \cdot t \cdot S$ képletből számítható. A STUDENT féle t tényező értékei n mintadarabszám esetén a következők (háromszögeloszlásnál 1,03-al kell szorozni):

n	2	5	10	20	30	40 ≥	≥40
t	2,28	2,03	1,79	1,71	1,69	1,64	1,64

A háromszög eloszlásra mondtunkat a 3. ábra szemlélteti:

A minősítési értéket az $X_{\min} = X_{\text{átlag}} (1 + 0,42 \cdot t) + X_a (0,42 \cdot t)$ összefüggés adja.

Ha elegendően sok (≥ 40) mintánk van ($t = 1,64$), jó közelítéssel azt kapjuk, hogy a minősítési érték az X_a alsó érték kétharmadának, és az $X_{\text{átlag}}$ érték egyharmadának az összege. vagyis:

$$X_{\min} = 0,67 X_a + 0,33 X_{\text{átlag}}$$

Ha csak kevés (3-5db) mintánk van, akkor a $t = 2$ érték figyelembevételével ugyancsak jó közelítéssel a minősítési érték az $X_{\min} = 0,85 \cdot X_a + 0,15 X_{\text{átlag}}$ képletből számítható. Tehát az alsó érték 85%-a, plusz az átlagérték 15 %-ának összege az X_{\min} .

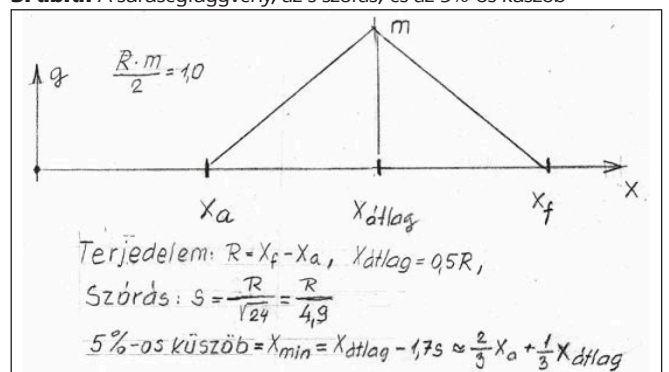
A határértéket az $X_H = X_{\min} / k$ összefüggés adja, ahol k a biztonsági tényező. Tájékoztatásul régi szerkezetekre: k értéke acél és acélszerkezet esetén 1,15, beton és vasbeton esetén 1,25, téglafal esetén 1,60, és faszervezet esetén 2,2 – 2,5 közötti.

3. GYAKORLATI SZEMPONTOK

Ha nincs elegendő mintánk, akkor a mintákat sorba rendezve, leszámolással le tudjuk vágni az 5%-os értéknél az eloszlásgörbét. Ez a módszer pontosabb eredményt szolgáltat, mint a tapasztalati eloszlásnak eloszlás függvényvel való közelítése.

Ha a mintában különböző eloszlású sokaság található, és ezért pl. kétpúpú a tapasztalati sűrűségfüggvény, akkor alkalmazhatjuk a rétegzett minták módszerét (Kehi, 2012). (Ilyen eset fordulhat elő pl. téglavizsgálatnál, ha a vizsgált

3. ábra: A sűrűségfüggvény, az s szórás, és az 5%-os küszöb



sokaság kevert. Pl. különböző gyárból származik, vagy ajándék téglaszállítványozás volt.) Ez azt jelenti, hogy a sűrűség függvényt kettő (vagy több) függőleges oszlopra bontjuk, és mindegyiket külön értékeljük. A legkedvezőtlenebb oszlop eredménye lesz a mértékadó.

HIVATKOZÁSOK

Bánhidi, L. (2017), „A hibatorvényektől a mérési bizonytalanságig. A hibaszámítás története”, *Mérés és Műszertechnikai Közlemények* 71. (2017)

Fendle – Gimesy - Rozgonyi. (1968): Szilárdsági vizsgálatok statisztikai értékeléséről. *ÉKME Tudományos közleményei*, Bp.

Kehi, D. (2012), „Monte Carlo módszerek a statisztikában”, *Statisztikai Szemle*. 90 évf. 6 szám, 521 old.

Kemény, S. (1974). „Mérési eredmények értékelése matematikai statisztikai módszerekkel”, BME. *Továbbképző Intézet*. Bp.

Massányi,-Dulácska (2000), „Statikusok Könyve”, *Műszaki Könyvkiadó*, Budapest, (2000).

Pápay, Zs. : Statisztika. BME HiT, előadás (internet)

Ujhelyi, J. (1978), „A betonok szilárdsági szórásának és a szilárdság valószínű eloszlásának a vizsgálata”, *Építéstudományi Intézet Kutatási Jelentés* 1978. december

Windisch, A (1982), „Valószínűségelméleti és matematikai statisztikai alapismeretek”, A „Betonminőség ellenőrzése” c. könyvből. *Szabványkiadó*, Bp.

SZEMÉLYI HÍREK

PROF. DR. TECHN. HABIL. BAURAT H.C. BÖLCSKEY ELEMÉR PÉTER 75. SZÜLETÉSNAPJÁRA



Bölcskey Elemér Péter 1947. június 5-én született Budapesten. A szerkezetépítés iránti érdeklődést a szülői házból hozta megával. Építőmérnöki tanulmányait az 1965-1970 években végezte a BME-n. A bécsi Műszaki Egyetemen (TU Wien) 1978-ban szakmérnöki képzettségre tett szert. Dr. techn. fokozatot szintén a TU Wien-en nyert. A mai soproni Nyugatmagyarországi Egyetemen 1988-

ban szerzett további doktori címet. 1995-ben ugyanott habilitált. Ezt a TU Wien 1999-ben nosztrifikálta. Több más tudományos cím mellett a gyakorlati mérnöki tevékenységhez kapcsolódó szakmai elismerésben részesült, így 2007-ben az osztrák szövetségi kancellár által adományozott tiszteletbeli építési tanácsosi rangban.

Mérnöki tevékenysége igen gazdag. E helyen munkája főbb pontjait soroljuk fel. 1972-ig Budapesten dolgozott mélyépítési tervezésben. 1972-73-ban a bécsi Ostrowski magasépítési cég mérnöke volt, 1973-79-ig a Lukele tervező irodában projektvezető. Ezalatt 1973-75-ig közreműködött a bécsi és alsó-ausztriai körzet nagylétesítményei szerkezeti ellenőrzésében. 1976-tól önálló projektvezető jelentős építményeknél. közöttük volt pl. a bécsi munkáskamara és az általános kórház épületeinek bővítése, ill. rekonstrukciója. 1979 évi tevékenysége volt a schönbrunni állatkert madárpavilonja újjáépítése, a mariazeili drótkötélpályaoszlopok alapjai, több ipari és magasépítési szerkezet felújítási terve. További tervezések: Irodaházak és ipari csarnokok modernizálása, a TU Wien laboratóriumi épületei átépítése, a bécsi újhelyi bírósági épület felújítása és bővítése. Kutató és szakértői munka a tartószerkezeti tervezés terén: Fa-beton öszvérszerkezetek ékelési rendszerei. Faanyagú épületszerkezetek tervezési eljárásai (az osztrák épületkarbantartó szövetséggel együttműködve). Épületfizikai és alkalmazott építőanyag-kutatásai közül a betonjavítási módszerek kidolgozását említjük meg. Nagy élelmiszer-üzletlánc épületei, mélygarázsok Bécsben és környékén, felsőausztriai mezőgazdasági silók, St. Pölten-i harangtorony, a bécsi Collegium Hungaricum hegesztett acél kupolája rekonstrukciója, északausztriai támfalak, templomok felülvizsgálata, rekonstrukciója, varsói üzletközpont és irodaház felújítási terve sorakoznak munkái közé.

Oktatási munkája is sokrétű. a TU Wien-en. 1979-től tanársegéd, 1985-től adjunktus. Az Anyagismereti és Anyagvizsgáló Intézetben. 1984-től megbízást kapott előadásokra és gyakorlatokra Építőanyagokból. 1991-től docens az Építőanyagok, épületfizika és tűzvédelem intézetben. Előadásokat tartott több más egyetemen (Dortmund, Weimar, Budapest, Sopron, Pozsony, St. Pölten stb.) 1999-től rendkívüli egyetemi tanár a TU Wien-en, a magasépítési és építéstechnológiai Intézetben, az építőanyag kutatási, anyagvizsgáló és tűzvédelmi laboratórium vezetője lett. Tanított más felsőoktatási intézetekben így Kremsben előadott az építéstechnika, újjáépítés és városfelújítási témakörben, 1991-től vezetett kollégiumot vendég professzorként. A New Design University Műszaki Karán. 2008 nyarától színpad- és zsinórpadlás- építés mechanikája studiumokat vezetett, továbbá oktatta a statika, valamint vasbeton-, acél-, faépítmények, valamint városrendezés, műemlék-szerkezetek és alkalmazott matematika és mechanika tárgyakat. 127 publikációja jelent meg. Ezek szakterületei: betonjavítás és, alkalmazás, tartószerkezeti tervezés (vasbeton és fa tartószerkezetek), épületfizika, tűzvédelem – mérnöki módszerek, anyagvizsgálat, műemlékvédelem. A felsorolás teljességre, részletes magyarázatra nem törekedhetett. A leírtakból kitűnik azonban, hogy a most 70. évét betöltő kollégánk az építőanyagok – főként a betonok – és a mérnöki létesítmények – legnagyobb részben vasbeton szerkezetek – terén igen széles körű gyakorlati munkát végzett. Tudományos munkája az építés és a fenntartás jó minőségét és gazdaságosságát szolgálta. Ugyanezt mondhatjuk el a bécsi műszaki egyetemen és más intézményekben végzett oktató munkájáról is.

Szívesen írtuk le, hogy Bölcskey Elemér Péter professzor milyen értékes szolgálatot tett nyugati szomszédainknak. Úgy érezzük, mindezek alapjainak a közvélemény elismeréssel adózik, azaz az iskoláknak, nem utolsósorban a Budapesti Műszaki Egyetemnek, és az ünnepelt magyarországi gyökereinek, ahonnan tudása és munkaszeretete eredt. Külön öröm számunkra a hazai kollégákhoz, intézményekhez, köztük a **fib** Magyar Tagozatához fűződő – számunkra értékes – kapcsolata. Az ünnepi alkalomból jó egészséget, kellemes, hasznos időtöltést, magánéletében sok örömet kívánunk.

Balázs L. György