

Eltérések és hasonlóságok az új EC2 alapján végzett hajlítási, nyírási és csavarási méretezésekben

Differences and Similarities in Bending, Shear, and Torsional Design According to the New EC2

assist. dr. ing. SÁNDOR Gábor – Álmos¹, prof. dr. ing. KISS Zoltán²

^{1,2}Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Szerkezetek Tanszék, Kolozsvár, George Barițiu utca 25, 400394, 0720536977, gabor.sandor@dst.utcluj.ro, constructii.utcluj.ro

Abstract

This paper analyzes the impact of the second-generation Eurocodes (2G Eurocodes) on the bending, shear, and torsional design of simple concrete cross-sections. Key differences and similarities between the new and current EN 1992-1-1 are highlighted through a series of parametric studies. Various structural capacities are compared, and the effects of the proposed changes are evaluated in terms of the resulting reinforcement ratios.

Keywords: EN 1992-1-1:2023, 2G Eurocodes, Bending, Shear, Torsion

Kivonat

A jelen tanulmány a második generációs Eurocode-ok (2G Eurocode-ok) hatását elemzi egyszerű beton keresztmetszetek hajlítási, nyírási és csavarási méretezésének szempontjából. Paraméteres vizsgálatokon keresztül kerülnek bemutatásra az új és a jelenlegi EN 1992-1-1 szabvány közötti főbb eltérések és hasonlóságok. Különböző teherbírési értékek kerülnek összehasonlításra, és az előirányzott változások hatásai a keletkező vashányadok tükrében értékelődnek ki.

Kulcsszavak: EN 1992-1-1:2023, 2G Eurocode-ok, Hajlítás, Nyírás, Csavarás

1. MÁSODIK GENERÁCIÓS EUROCODE-OK

A második generációs Eurocode-ok bevezetése jelentős mérföldkő az európai építőmérnöki szabványosításban. Az új szabványcsomag célja a tervezési folyamatok korszerűsítése, az egységesség növelése és a fenntarthatóság előmozdítása.

1.1. Bevezetési ütemterv

A második generációs Eurocode-ok bevezetése több szakaszban történik: Az első szakasz 2026. március 30.-ával zárul. Eddig a dátumig az Európai Szabványügyi Bizottságnak (CEN) biztosítani kell a szabványok végleges szövegeinek elérhetőségét a nemzeti szabványügyi testületek (NSB-k) számára (DAV – Date of Availability). Ezt az időszakot követi 2027. szeptember 30 -ig a szabványok nemzeti szinten történő közzétételének határideje (DoP – Date of Publication). Végül az átállási időszak, 2028. március 30. -án az első generációs Eurocode-ok visszavonásának végső határidejével ér véget (DoW – Date of Withdrawal). Ez az ütemezés biztosítja, hogy az iparág szereplőinek elegendő idejük legyen az átállásra és a felkészülésre.

1.2. Főbb változások és újdonságok

A második generációs Eurocode-ok számos újítást és frissítést tartalmaznak. Új szabványrészek kerülnek bevezetésre, például az üvegszerkezetek tervezésére (prCEN/TS 19100), valamint a meglévő szerkezetek értékelésére és megerősítésére vonatkozó irányelvek. Továbbá, az Eurocode 7 (Geotechnikai tervezés) három részre tagolódik, különválasztva az általános szabályokat, a talaj tulajdonságait és a geotechnikai szerkezeteket, ezzel növelve a tervezés pontosságát és átláthatóságát. A második generációs Eurocode-ok egyik alapkövetelménye a felhasználóbarátabb kialakítás. Az új szabványok célja a használhatóság javítása, a nemzeti eltérések csökkentése és a tervezési folyamatok egyszerűsítése.

1.3. A Romániai helyzet

Románia, mint CEN-tagállam, köteles a második generációs Eurocode-ok bevezetésére a megadott határidők szerint. A nemzeti szabványügyi testület (ASRO) feladata a szabványok nemzeti szintű közzététele és a megfelelő nemzeti mellékletek kidolgozása. A tervezőknek érdemes figyelemmel kísérni az ASRO közleményeit és részt venni a szakmai képzéseken az átállás zökkenőmentes biztosítása érdekében.

1.4. Főbb változások a betontervezés terén

A második generációs Eurocode 2 (EN 1992) jelentős változásokat hoz a betonszerkezetek tervezésében: az új szabvány egyesíti a korábbi különálló részeket, így egységesen kezeli a hidak és folyadéktároló szerkezetek tervezését is. Kiemelt figyelmet kap a meglévő szerkezetek értékelése, újrahasználat és megerősítése, támogatva a körforgásos gazdaságot. Bővül az alkalmazható anyagok köre, például az üvegszál-erősítésű polimerek (FRP) és membránszerkezetek révén, illetve új irányelvek jelennek meg ezek szabványosítására. Frissültek a tűzállósági tervezésre vonatkozó előírások is, naprakész kutatási eredmények és tapasztalatok alapján.

2. MÉRETEZÉS HAJLÍTÁSRA

Az új Eurocode 2 alapján történő hajlítási méretezés, alapján véve, nem tartalmaz jelentős változásokat (lásd 1. ábra), viszont a nyomószilárdság tervezési értékének meghatározására szolgáló képlet ((1); illetve EN 1992-1-1:2023 eq. 5.3) enyhén elérő megfogalmazásban lelhető fel.

$$f_{cd} = \eta_{cc} \cdot k_{tc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (1)$$

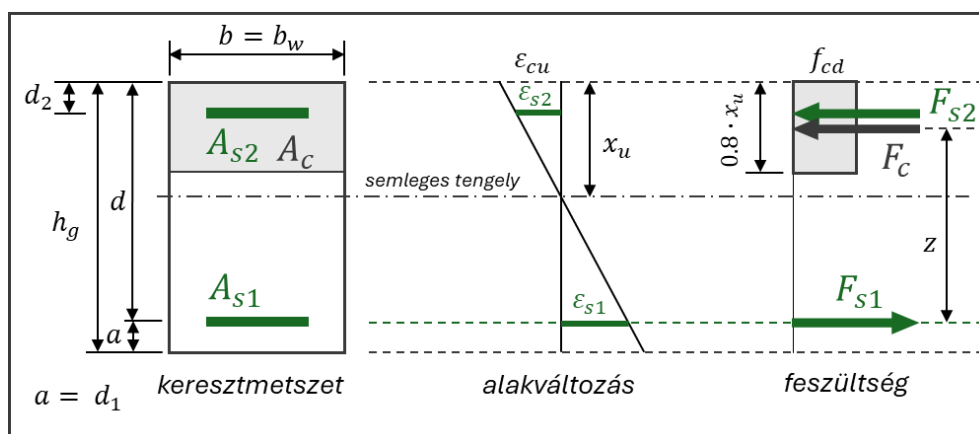
ahol:

η_{cc} egy tényező (EN 1992-1-1:2023 eq. 5.4), amely figyelembe veszi a henger zavartalan nyomószilárdsága és a szerkezeti elemben ténylegesen kifejlődő nyomószilárdság közötti különbséget, melyet a következő összefüggés alkalmazásával kell meghatározni:

$$\eta_{cc} = \left(\frac{f_{ck,ref}}{f_{ck}} \right)^{\frac{1}{3}} \leq 1,0 \quad (2)$$

A referencia nyomószilárdság ajánlott értéke, $f_{ck,ref} = 40 \text{ MPa}$;

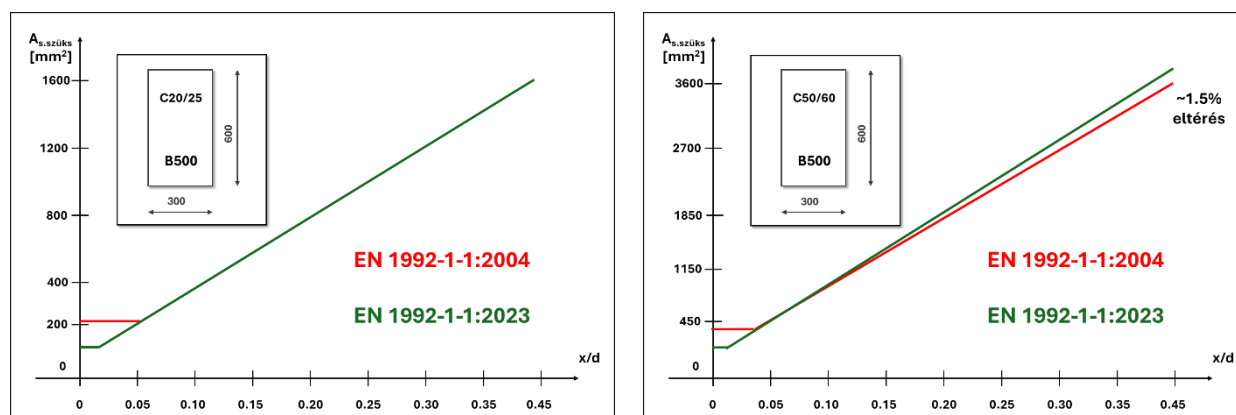
Ilyetve, k_{tc} , egy tényező, amely figyelembe veszi a nagy hosszú távú terhelések hatását, valamint a beton terheléskori korát. Amennyiben a tervezési terhelés nem kerül alkalmazásra az öntést követő első 3 hónapban, akkor egy 28 napos referenciaéletkor (t_{ref}) esetén, normál (CN) vagy gyors (CR) szilárdulási betonra $k_{tc} = 1,00$ értékkel számolunk.



1. ábra. Téglalap alakú feszültségmegoszlás az EN 1992-1-1:2023 szerint

A nyomószilárdság tervezési értékének meghatározására szolgáló képlet (1) és a téglalap alakú feszültségmegoszlásból (1. ábra) megfigyelhető, hogy hajlítás esetén valós változások, teherbírási határállapotban, csak a C40/50 –nél magasabb osztályú betonok esetében jelenhetnek meg.

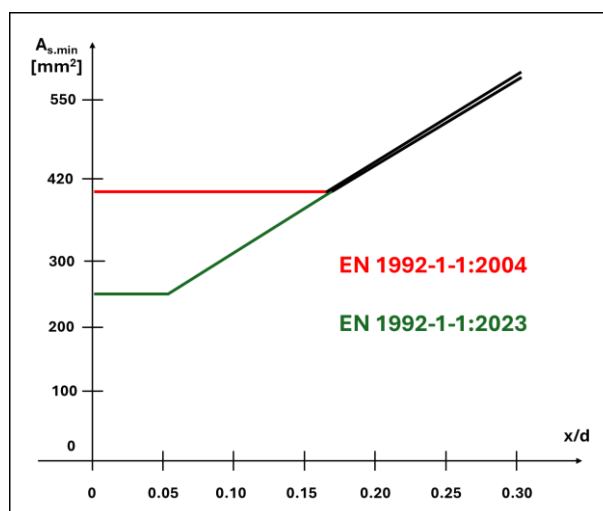
A 2. ábrán egy közösleges 300 x 600 mm keresztmetszetű és B500-as acélbetéttel rendelkező gerenda teherbírási határállapotban meghatározott szükséges vasmennyiségei vannak megjelenítve, beton osztály és terhelés függvényében. A releváns terhelések biztosításának érdekében, külső, előre meghatározott nyomaték értékek helyett, a méretezés, a belső x/d arány (a semleges tengely távolsága a nyomott szélső száltól / a keresztmetszet hasznos magasságával) függvényében lett végrehajtva.



2. ábra. Szükséges vasmennyiség az x/d arány függvényében

Az ábrán megfigyelhető, hogy, C40/50-nél kisebb betonosztály esetén, az új szabvány (EN 1992-1-1:2023) és a jelenlegi szabvány (EN 1992-1-1:2004) alapján meghatározott szükséges vasmennyiség megegyezik. C40/50-nél nagyobb betonosztályok esetén megjelenik némi eltérés, de ez, mint előzőleg említve, a nyomószilárdság tervezési értékének meghatározására szolgáló képlet (lásd (1)) változásának tulajdonítható.

További különbség észlelhető kis terhelések esetében mikor a szükséges vasmennyiség értéke nem haladja meg a legkisebb vashányad értékét. Míg a jelenlegi szabvány 9. fejezete százalékarányosan meghatározott legkisebb vashányadot ír elő, addig, az EN 1992-1-1:2023 visszatér a repesztőnyomatéki egyensúlyból számolt szükséges vasmennyiséghez (lásd 3. ábra). Megfigyelhető, hogy az így előírt vasmennyiség kisebb anyaghasználatot vezet.



3. ábra. Eltérés a minimális vasmennyiség értékében

3. MÉRETEZÉS NYÍRÁSRA

Míg az új EC2 nem hoz jelentős változásokat a hajlítás terén, ez nem jelenthető ki a nyírási teherbírás számolásával kapcsolatosan is. Annak ellenére, hogy a jól ismert rácsrúd modell megmarad, az új szabvány két jelentős változást vezet be. Egyrészt a számolási modell nyíróerőkről nyírási szilárdságokra vált, másrészt megjelenik egy γ_V -vel jelölt nyírási parciális biztonsági tényező, melynek ajánlott értéke $\gamma_V = 1,4$.

A nyírófeszültség a nyíróerő hatásos keresztmetszetre való visszaosztásából határozható meg:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot z} \quad (3)$$

ahol b_w a névleges gerincszélesség és z a belső erőkar.

A nyírási szilárdság tervezési értékének minimális értéke a következő képlettel számítható:

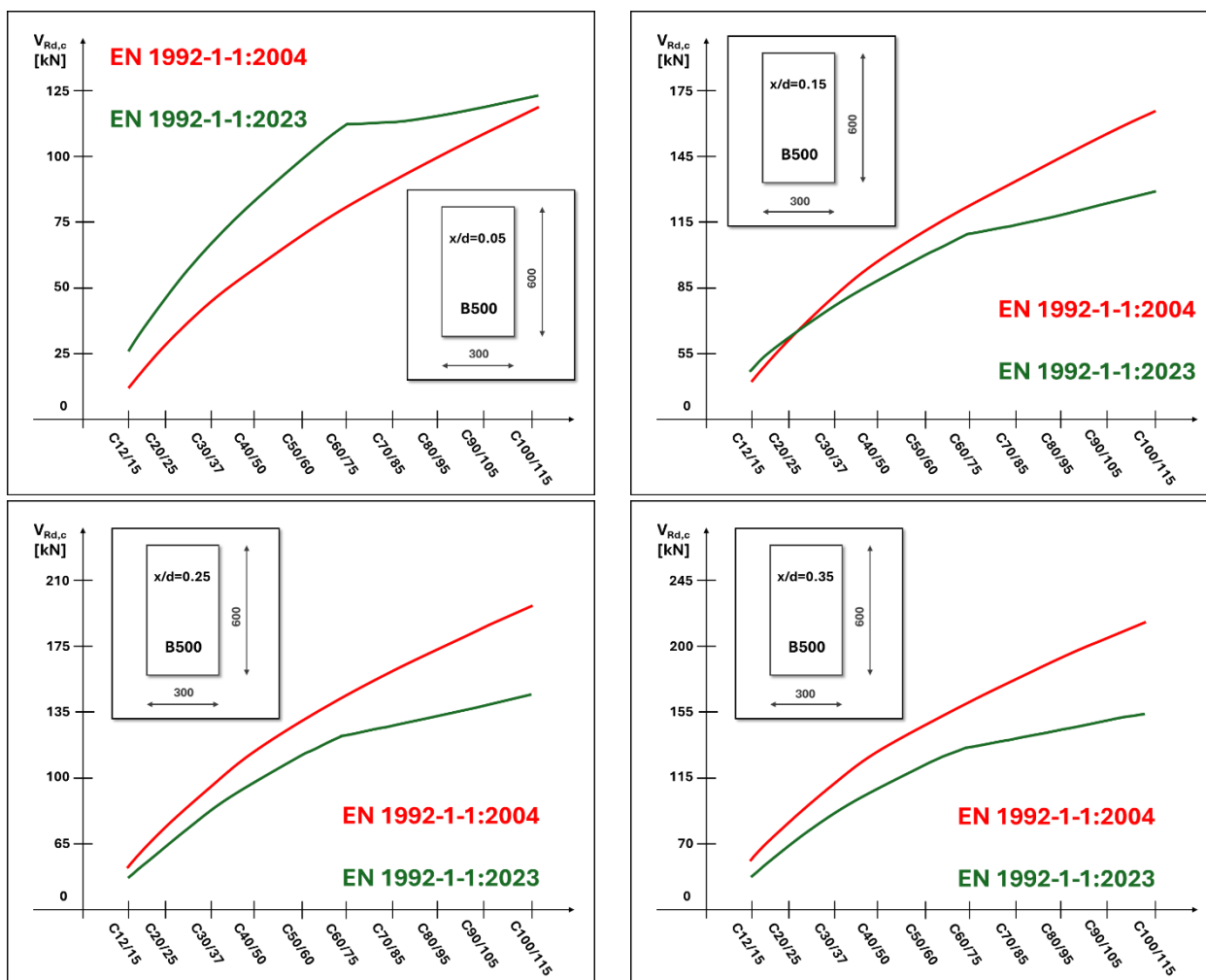
$$\tau_{Rd,min} = \frac{11}{\gamma_V} \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yd}} \cdot \frac{d_{dg}}{d}} \quad (4)$$

ahol γ_V az előbb említett nyírási parciális biztonsági tényező és d_{dg} egy méretparaméter, amely a tönkremeneteli zóna érdességét írja le, és a beton típusától, valamint az adalékanyag tulajdonságaitól (szemmérettől) függ. Bővebb információk a d_{dg} paramétréről az új szabvány 8.2.1 (4) alpontjánál lelhetőek fel.

Továbbá a nyírási vasalás nélküli tartó nyírási szilárdságának tervezési értéke, $\tau_{Rd,c}$, a következő módon határozható meg:

$$\tau_{Rd,c} = \frac{0,66}{\gamma_V} \cdot \left(100 \rho_l \cdot f_{ck} \cdot \frac{d_{dg}}{d} \right)^{\frac{1}{3}} \geq \tau_{Rd,min} \quad (5)$$

amelyben megfigyelhető, hogy a hajlítási hosszanti vasalás, a ρ_l vashányadon keresztül, jelentős szerepet tölt be a nyírási szilárdság tervezési értékének meghatározásában.

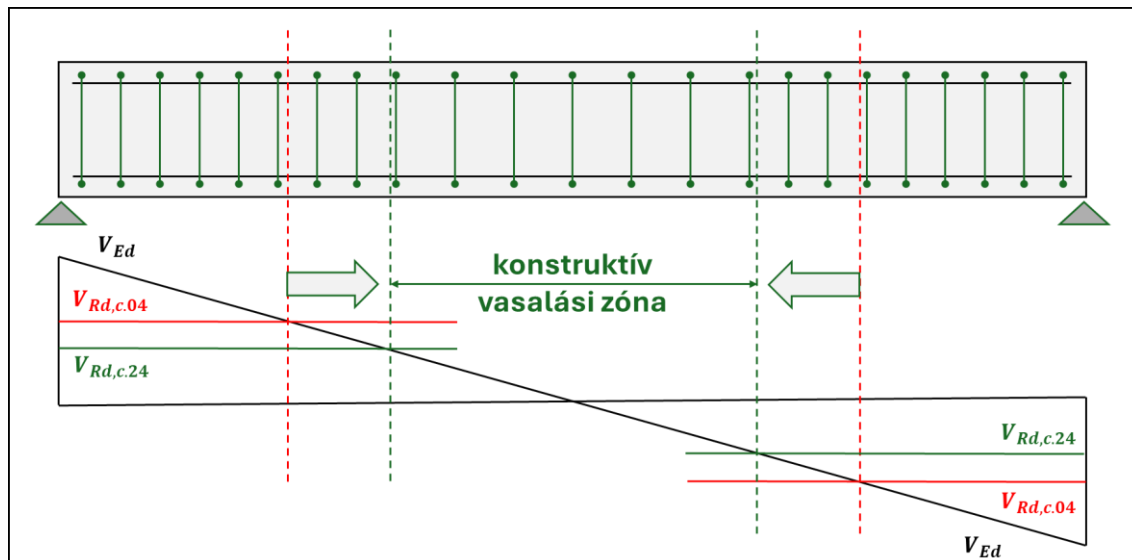


4. ábra. A nyírásvasalás nélküli tartó nyírási szilárdságának tervezési értékei betonosztály és a hajlítási hosszirányú vasalás mértékének függvényében

A jelenlegi és az új szabvány alapján, teherbírasi határállapotban, meghatározott nyírási szilárdságok tervezési értékei a 4. ábrán kerülnek bemutatásra, betonosztály illetve a hosszanti vasalás mértékének

függvényében egy 300x600 mm keresztmetszetű, B500-as hosszanti acélbetéttel rendelkező keresztmetszet alkalmazásával.

Könnyen észrevehető, hogy kis terhelések esetén (kicsi x/d arány) az új szabvány alkalmazása nagyobb teherbírást eredményez nyírási vasalás nélküli teherbírással, viszont a terhelés fokozatos növekedésével ez a teherbíróképesség jelentősen lecsökken akár 15–25%-al is. Ez a csökkenés főként a földemelemek teherbíráására lesz hatással, illetve tartók esetében a konstruktív vasalási zóna megrövidülését eredményezi (lásd 5. ábra), mely kengyelek szintjén megnövekedett anyaghasználatot fog igényelni.



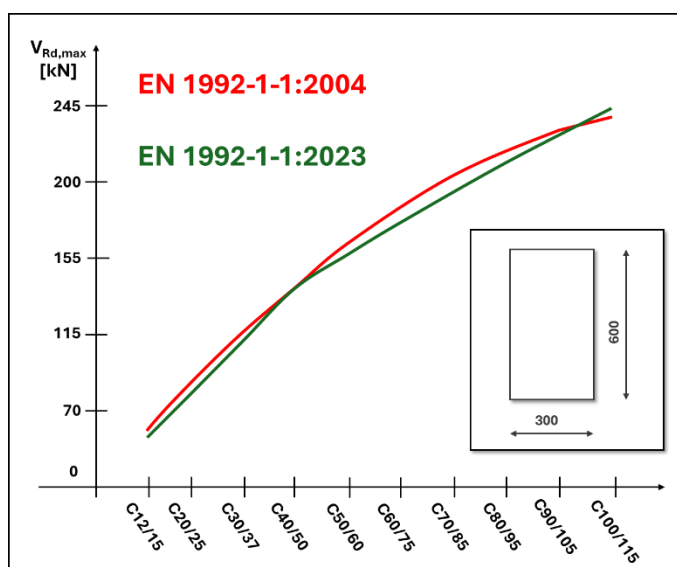
5. ábra. A konstruktív nyírási vasalási zóna csökkenése

A nyírási vasalással rendelkező keresztmetszet nyírási szilárdságának tervezési értéke a 2023-as szabvány 8.42-es képlete szerint a következő képen határozható meg:

$$\tau_{Rd,sy} = \rho_w \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (6)$$

ahol ρ_w a jelenlegi szabványhoz hasonlóan a nyírási vashányadot fejezi ki.

Továbbá könnyen észrevehető, hogy a (6)-os egyenlet egyszerű átrendezésével a jelenlegi szabványban (EN 1992-1-1:2004) előforduló, 6.8-as, $V_{Rd,s}$ képletet kapjuk. Ebből levonható a következtetés, hogy a két szabvány között nem létezik eltérés a szükséges nyírási vasalás meghatározásában.



6. ábra. A gerinc tönkremenetele nélküli legnagyobb nyíróerők tervezési értékei betonosztály függvényében

A gerinc tönkremenetele nélküli legnagyobb nyírási szilárdság értéke az EN 1992-1-1:2023 8.44-es képletének kell eleget tegyen:

$$\sigma_{cd} \leq \tau_{Ed} \cdot (\tan \theta + \cot \theta) \leq v \cdot f_{cd} \quad (7)$$

Feltételezván, hogy a betonrácsrúd és a tartó hossz tengelye által bezárt szög, $\theta = 45^\circ$, és a hatékonysági tényező az ajánlott, $v = 0,5$, értéket veszi fel, a (6)-os és (7)-es képletek felhasználásával felírható a következő egyenlet a legnagyobb nyírási szilárdság értékének meghatározása céljából:

$$\tau_{Rd,max} = \frac{v \cdot f_{cd}}{2} \quad (8)$$

A 6. ábra bemutatja a jelenlegi és az új betonszabvány alapján meghatározott, a gerinc tönkremenetele nélküli, legnagyobb nyírási teherbíróképességét egy 300 x 600 mm-es keresztmetszet alkalmazásával betonosztály függvényében. Jelentős eltérések nem észlelhetők, így kijelenthető, hogy nem kell kapacitáscsökkenésre számítani.

4. MÉRETEZÉS CSAVARÁSRA

Az új EC2 a csavarásból származó, érintő irányú nyírófeszültséget, $\tau_{t,i}$, azonos módon határozza meg mint az EN 1992-1-1:2004 (lásd (9)), viszont a csavarónyomatéki teherbírás meghatározására más megközelítést használ (lásd (10)).

$$\tau_{t,i} = \frac{T_{Ed}}{2 A_k \cdot t_{eff,i}} \quad (9)$$

$$\tau_{t,Rd} = \min\{\tau_{t,Rd,sw}; \tau_{t,Rd,sl}; \tau_{t,Rd,max}\} \quad (10)$$

Az EN 1992-1-1:2023 alapján a nyírófeszültségi (csavarónyomatéki) teherbírás a kengyelek folyáshatárának tervezési értékéből meghatározott nyírófeszültség, a csavarás fölvételéhez szükséges hosszirányú kiegészítő vasalás által adott teherbírás (nyírófeszültség), illetve, a rácsostartó-modell nyomott rács-rudjainak tönkremeneteléből származó legnagyobb nyírófeszültség, értékei által meghatározott legkisebb értékéből határozza meg (lásd 10).

Csavarási kengyelek közötti távolság és a csavarás fölvételéhez szükséges hosszirányú kiegészítő vasalás keresztmetszeti területe a két szabvány szerint

1. táblázat

Mintapélda	Kereszt-metszet	Beton osztály	Nyírás	Csavarás	Kengyel	EN 1992-1-1:2004		EN 1992-1-1:2023	
			[% max]	[% max]	[mm]	$s_{w,szüks.}$ [mm]	$\Sigma A_{sl,szüks.}$ [mm ²]	$s_{w,szüks.}$ [mm]	$\Sigma A_{sl,szüks.}$ [mm ²]
1	300x500	C25/30	30%	5%	8	103	67	103	67
2	300x500	C25/30	40%	10%	10	115	132	115	132
3	250x500	C40/50	10%	10%	8	145	178.89	145	178.89
4	250x500	C40/50	30%	5%	10	120	89.44	120	89.44
5	300x600	C50/60	25%	15%	12	114	449.38	114	449.38

$$\tau_{t,Rd,sl} = \frac{\Sigma A_{sl} \cdot f_{yd}}{t_{eff} \cdot u_k \cdot \cot \theta} \quad (11)$$

$$\tau_{t,Rd,sw} = \cot \theta \cdot \frac{A_{sw}}{t_{eff,s}} \cdot f_{ywd} \quad (12)$$

$$\tau_{t,Rd,max} = \frac{v \cdot f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} \quad (13)$$

Annak ellenére, hogy az új EC2-ben szereplő, a csavarási igénybevételekből adódó vasmennyiségek meghatározására szolgáló képletek (lásd (11) és (12)) feszültségi megfogalmazásban vannak felírva, feltételezhető, hogy ugyanazon mennyiségekhez vezetnek mint az EN 1992-1-1:2004 megtalálható, ma is használatos összefüggések. Ezen állítás igazolásának érdekében, az 1. táblázatban, bemutatásra kerül öt mintapélda eredményeinek összegzése. A mintapéldák különböző beton-keresztmetszetekre vizsgálják a szükséges nyírási és csavarási vasmennyiségeket a két EC2 szerint, különböző teherintenzitások figyelembe vételével.

Az 1. táblázatban bemutatott eredmények (utolsó négy oszlop) igazolják az előzőleges feltételezést, amely szerint a szükséges csavarási kengyel sűrűség illetve a csavarás fölvételéhez szükséges hosszirányú kiegészítő vasalás mennyisége megegyezik a szabvány két generációja között, így feltételezhetően nem lesz szükség emelt anyaghasználatra.

5. ELLENŐRZÉS ÖSSZETETT IGÉNYBEVÉTELEK ESETÉN

Nyírással egyidejű csavarás esetén a jelenlegi szabvány (EN 1991-1:2004 (6.29)) előírja, hogy a csavarónyomaték– illetve a nyíróerő tervezési értékei teljesítsék a következő feltételt:

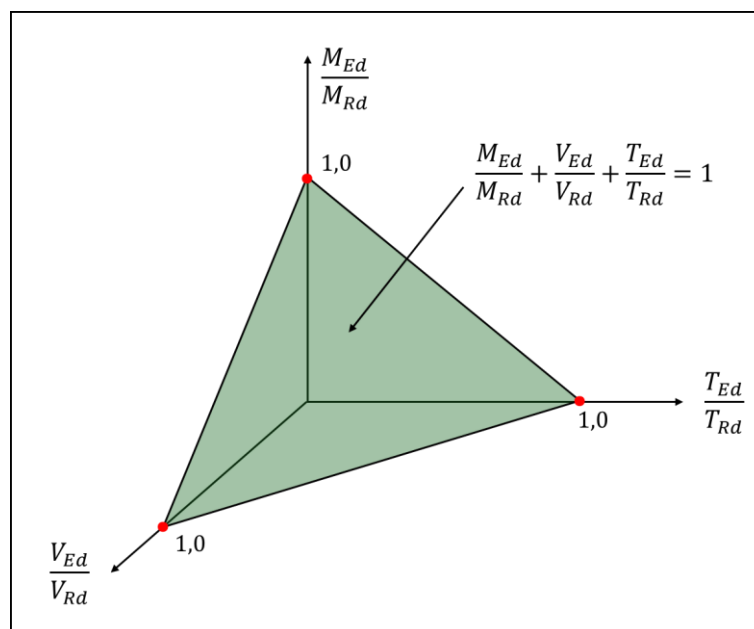
$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1 \quad (14)$$

amelyben a $V_{Rd,max}$ és $T_{Rd,max}$ értékei a rácsostartó-modell nyomott rácsrúdjaiknak tönkremeneteléből származó legnagyobb értékek.

Ezzel ellentétben az új EC2-ben (EN 1992-1-1:2023 (8.86)) előírt ellenőrzést biztosított kapacitásra és nem a nyomott rácsrúdak tönkremenetelére kell elvégezni:

$$\sum \left(\frac{S_{Ed}}{S_{Rd}} \right)_i \leq 1 \quad (15)$$

ahol S_{Ed}/S_{Rd} arány helyettesítendő a releváns igénybevételekkel (M_{Ed}/M_{Rd} ; τ_{Ed}/τ_{Rd} ; $\tau_{t,Ed}/\tau_{t,Rd}$).



7. ábra. Összetett igénybevételek ellenőrzése az EN 1992-1-1:2024 szerint

Nyírással egyidejű csavarás esetén az új EC2 alapján feltételezhető, hogy összetett igénybevétel esetén azon keresztmetszetek melyekben csak a szükséges vasmennyiséggel egyenlő vasalás kerül elhelyezésre (külön-külön minden igénybevételre) nem fogják teljesíteni a (15)-ös egyenletben megfogalmazott feltételt. Ebből kifolyólag, a 2. és 3. táblázatokban, bemutatásra kerül az öt mintapéldára elvégzett összetett igénybevétel ellenőrzése a szabvány két verziója alapján.

Összetett igénybevétel ellenőrzése az EN 1992-1-1:2004 szerint

2. táblázat

Mintapélda	Kereszt-metszet	Beton osztály	Nyírás [% max]	Csavarás [% max]	Kengyel [mm]	EN 1992-1-1:2004				
						$s_{w,szüks.}$ [mm]	$\Sigma A_{sl,szüks.}$ [mm ²]	$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}}$	$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}}$	Összetett igénybevétel ≤ 1
1	300x500	C25/30	30%	5%	8	103	67	0.278	0.056	0.334
2	300x500	C25/30	40%	10%	10	115	132	0.37	0.111	0.481
3	250x500	C40/50	10%	10%	8	145	178.89	0.238	0.198	0.436
4	250x500	C40/50	30%	5%	10	120	89.44	0.298	0.06	0.358
5	300x600	C50/60	25%	15%	12	114	449.38	0.242	0.174	0.416

Összetett igénybevétel ellenőrzése az EN 1992-1-1:2023 szerint

3. táblázat

Mintapélda	Kereszt-metszet	Beton osztály	Nyírás [% max]	Csavarás [% max]	Kengyel [mm]	EN 1992-1-1:2023				
						$s_{w,szüks.}$ [mm]	$\Sigma A_{sl,szüks.}$ [mm ²]	$\frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}}$	$\frac{\tau_{t,Ed}}{\tau_{t,Rd}}$	Összetett igénybevétel ≤ 1
1	300x500	C25/30	30%	5%	8	103	67	0.889	1	1.889
2	300x500	C25/30	40%	10%	10	115	132	0.842	1	1.842
3	250x500	C40/50	10%	10%	8	145	178.89	0.556	1	1.556
4	250x500	C40/50	30%	5%	10	120	89.44	0.882	1	1.882
5	300x600	C50/60	25%	15%	12	114	449.38	0.676	1	1.676

A (14)-es illetve (15)-ös egyenletek alapján elvégzett összetett igénybevételek ellenőrzése igen érdekes eredményekhez vezetett. Amint a 2. táblázat utolsó oszlopában megfigyelhető, az összetett igénybevétel, az EN 1992-1-1:2004 alapján, könnyű szerrel teljesíti (14)-es egyenletben megfogalmazott ellenőrzési feltételt, viszont, a 3. táblázatba foglalt, EN 1992-1-1:2023-on alapuló (15)-ös egyenletben megfogalmazott összetett igénybevétel, ugyanazon keresztmetszetre, ugyan olyan mértékű terhelés kombinációra nem teljesíti ezt.

Továbbá felmerül annak a kérdése, hogy hogyan érhető el egy sikeres ellenőrzés összetett igénybevételek esetén. A 3. táblázat eredményei arra engednek következtetni, hogy a nyírási és/vagy csavarási ellenállás tervezési értékének növelése által teljesíthető a (15)-ös egyenletben megfogalmazott ellenőrzési feltétel. Lévé, hogy a csavarónyomatéki teherbírás, három részellenállás legkisebb értékeként van meghatározva (lásd (10)), könnyűszerrel kimutatható az úgy mondott "leggyengébb láncszem". Így elégséges egy bizonyos teherbírás tervezési értékének növelése egy sikeres ellenőrzés elvégzése érdekében, a csavarás fölvételéhez szükséges hosszirányú kiegészítő vasalás, illetve a nyírási vashányad (kengyelsűrűség) növelésével.

A 4. táblázatban bemutatásra kerül, mind az öt mintapélda esetében, két-két lehetséges megoldás az összetett igénybevételek ellenőrzésére.

Mintapélda	Kereszt-metszet	Beton osztály	Nyírás [% max]	Csavarás [% max]	Kengyel [mm]	EN 1992-1-1:2023				
						$s_{w,szüks.}$ x [%]	$\Sigma A_{sl,szüks.}$ x [%]	$\frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}}$	$\frac{\tau_{t,Ed}}{\tau_{t,Rd}}$	Összetett igénybevétel ≤ 1
1a	300x500	C25/30	30%	5%	8	150%	250%	0.593	0.4	0.993
1b	300x500	C25/30	30%	5%	8	100%	800%	0.889	0.111	1
2a	300x500	C25/30	40%	10%	10	125%	210%	0.674	0.323	0.997
2b	300x500	C25/30	40%	10%	10	100%	600%	0.842	0.158	1
3a	250x500	C40/50	10%	10%	8	145%	170%	0.383	0.588	0.971
3b	250x500	C40/50	10%	10%	8	100%	230%	0.556	0.444	1
4a	250x500	C40/50	30%	5%	10	150%	250%	0.588	0.4	0.988
4b	250x500	C40/50	30%	5%	10	100%	750%	0.882	0.118	1
5a	300x600	C50/60	25%	15%	12	110%	260%	0.614	0.385	0.999
5b	300x600	C50/60	25%	15%	12	100%	350%	0.676	0.324	1

6. KÖVETKEZTETÉSEK

A hajlítási vasazásból származó eltérések csak C40/50-nél nagyobb betonosztály esetén jelennek meg. Elég nagy valószínűséggel kijelenthető, hogy a hosszanti acélbetétek anyaghasználatából kifolyólag, nem kell jelentős változásokra számítani.

Az új EC2 szerint, a hosszirányú vasalás esetében a legkisebb vashányad meghatározása a repesztőnyomatékból származó minimális vasmennyiségen alapszik. Ez, alacsony terhelésű zónákban, akár némi spórláshoz is vezethet.

A nyírásivasalás nélküli tartó nyírasi szilárdságának tervezési értékei jelentősen lecsökkennek (a hajlítási hosszirányú vasalás mértékétől függően akár 15-25%-al). Ez a csökkenés egyrészt a γ_V -nek, a nyírasi parciális biztonsági tényezőnek, másrészt az új nyírasi megközelítésnek tulajdonítható be.

A nyírásivasalás nélküli keresztmetszet nyírasi szilárdsága tervezési értékének csökkenése lineáris elemek (tartók, pillérek) esetében a konstruktív vasalási zóna megrövidülését és megnövekedett anyaghasználatot eredményez (lásd 5. ábra).

Lévéen, hogy a szükséges nyírasi vasalás meghatározására használatos képletek megegyeznek a szabvány két generációja között, kijelenthető, hogy anyaghasználatából kifolyólag, kengyelek esetében sem kell jelentős változásokra számítani, továbbá a gerinc morzsolódása nélküli legnagyobb nyírasi szilárdság tervezési értéke is nagyjából változatlan marad.

Az új, illetve jelenlegi szabvány összefüggései alapján számolt szükséges csavarasi kengyelsűrűség, illetve a csavarás fölvételéhez szükséges hosszirányú kiegészítő vasalás mennyisége megegyezik.

Nyírással egyidejű csavarás esetén az összetett igénybevételek ellenőrzése, az EN 1992-1-1:2023 szerint, szükségessé teszi a csavarás fölvételéhez szükséges hosszirányú kiegészítő vasalás, illetve a nyírasi vashányad (kengyelsűrűség) számolt értékének növelését. Az új EC2-ben előírt, kapacitáson alapuló, összetett igénybevételek ellenőrzése nagymértékű anyaghasználatnövekedéshez fog vezetni.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] ***, EN 1992-1-1:2004, *Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings*
- [2] ***, EN 1992-1-1:2023, *Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures*
- [3] Toader T.-N., Sándor G.-A., *Proiectarea betonului armat conform SR EN 1992-1-1:2024. Proiectarea Plăcilor*, AICPS – Asociația Inginerilor Constructori Proiectanți de Structuri, <https://www.aicps.ro/documente> (Utolsó letöltés: 2025. 05.03)
- [4] Sándor G.-A., Toader T.-N., *Proiectarea betonului armat conform SR EN 1992-1-1:2024. Proiectarea Grinzilor*, AICPS – Asociația Inginerilor Constructori Proiectanți de Structuri, <https://www.aicps.ro/documente> (Utolsó letöltés: 2025. 05.03)
- [5] Kiss Z., Oneț T. *Proiectarea structurilor de beton după SR EN 1992-1*, Abel, 2008