

FRP BETÉTEK ALKALMAZÁSA BETONSZERKEZETEKHEZ A VILÁGBAN

3. – KANADAI MEGKÖZELÍTÉS



Somlai Bálint - Dr. Balázs L. György - Dr. Sólyom Sándor

<https://doi.org/10.32969/VB.2025.3.3>

KULCSSZAVAK: FRP, feszítés, használati hőmérséklet, környezeti osztály, kúszás, fáradás, biztonsági tényezők

1. BEVEZETÉS

A szálerősítésű polimerek (FRP – Fibre Reinforced Polymer) a hagyományos betonacéllal szemben kínálnak lehetséges alternatívát, kedvező tulajdonságaiknak köszönhetően. Alkalmazásuk széles körben még nem terjedt el, de már rendelkezésre állnak tapasztalatok. Megszokott tervezési irányelvek nélkül nehéz meghatározni a tervezéshez szükséges információkat. Segítésül szolgálhatnak a különböző munkacsoportok által kiadott jelentések, ajánlások. Ezekre több példa létezik az FRP betétek felhasználásával (betonacél helyettesítő armatúráként) szerkezetekre vonatkozóan, többek között francia (Somlai, Sólyom & Balázs, 2024), japán (Somlai, Sólyom & Balázs, 2025) és kanadai kutatóktól. Jelen cikksorozat ilyen dokumentumokat hasonlít össze, azok tartalma és méretezési filozófiája szerint. Ezek a Francia Építőmérnök Egyesülete (AFGC – Association Francaise de Gene Civil), a Japán Feszített Beton Intézet (JPCI – Japan Prestressed Concrete Institute) és a Kanadai Szabványügyi Testület (CSA – Canadian Standards Association). Az összehasonlítás célja, hogy összefoglalja és bemutassa a szakirodalomban elérhető méretezéssel kapcsolatos ajánlásokat, azok részleteit és vonatkozásait. A cikksorozat harmadik tagja, ami a kanadai CSA által kiadott szabványt tárgyalja.

2. A MŰSZAKI AJÁNLÁSOKAT, SZABVÁNYOKAT KIADÓ SZERVEZETEK

A francia és japán ajánlások után a harmadik bemutatott mű a kanadai CSA (Canadian Standards Association) által kiadott CSA S806:12 (R2021) szabvány, ami az FRP betétekkel épített (azaz belső armatúráként használt) beton szerkezetek tervezését és kivitelezését szabályozza. A szabvány első verziója 2002-ben jelent meg és azóta bővült későbbi kiadásokkal. A vizsgált verzió 2012 márciusában került kiadásra és a cikk írásakor ez a jelenlegi legfrissebb, továbbá 2021-ben került felülvizsgálatra és jóváhagyásra. A Kanadai Szabványügyi Testület egy nemzetközileg is tevékenykedő szervezet, ami szabványosítással, vizsgálatokkal és minősítéssel foglalkozik Kanadán kívül az Egyesült Államokban, Európában és Ázsiában. Alapítása óta az 1919-ben kiadott első szabványuk után 3000 szabványt és ajánlást publikáltak számos területen.

3. A KANADAI MEGKÖZELÍTÉS: DESIGN AND CONSTRUCTION OF BUILDING STRUCTURES WITH FIBRE-REINFORCED POLYMERS

A kanadai szabvány (CSA, 2019) 2012-ben jelent meg, legutoljára 2021-ben került felülvizsgálatra és jóváhagyásra, így több mint tíz éve van hatályban. Összesen 206 oldalas, aminek első 78 oldala tartalmazza a szabvány törzsét, amit normatív és informatív mellékletek követnek. Ezek széles körben térnek ki vizsgálati eljárásokra az FRP elemek tulajdonságainak meghatározása területén. A szabvány törzs anyaga 14 fejezetből áll, ami kizárólag szöveget és képleteket tartalmaz. Ábrák és táblázatok egyben találhatóak a törzsszöveg végén, a függelékek előtt. Általánosan nincsenek kifejtve az előírásokban szereplő értékek, képletek, módszerek, a szabvány nem tér ki azok tudományos hátterére. Sok esetben a kanadai szabványrendszer egyéb tagjaira hivatkozik, azokban foglaltakat nem fejt ki. A szabvány lehetővé tette több FRP betétekkel épített szerkezet építését, mint a Nipigon folyó feletti ferdekábeles híd (*1. ábra*), aminek pályalemeze hosszirányban GFRP betétekkel, keresztirányban acéllal készült (Benmokrane & M. Mohamed, 2018).

3.1 Hatáskör

Az első fejezet a szabvány hatáskörét tárgyalja, ami a kanadai nemzeti építési szabványra (National Building Code of Canada) épül és annak elveit és módszereit alkalmazza. Meghatározásra kerül, hogy a szabvány FRP elemek és azokkal készített szerkezetek tervezésére irányul. A tárgyalt FRP elemek betétek, pászmák, szövetek, rácsok és lamellák. A szabvány kijelenti, hogy a tervezőnek kötelező figyelembe vennie tűz és magas hőmérsékelt hatását.

3.2 Referenciák

A referenciák között a CSA által kiadott más szabványok mellett megtalálható az ANSI (American National Standards Institute) szabványa, az ASTM (American Society for Testing and Materials) számos szabványa az anyagvizsgálatokhoz, valamint a CEN (European Committee for Standardization),



1. ábra: A Nipigon folyó feletti ferdekábeles híd, pályalemezében hosszirányú FRP betétekkel (Benmokrane & Mohamed, 2018)

CPCI (Canadian Precast/Prestressed Concrete Institute) és több további szervezet munkája is. A referenciák nem tartalmaznak tudományos dokumentumokat. A szabvány a kanadai nemzeti építési szabvány alá épül be és több területen, mint a terhek és teherkombinációk arra hivatkozik.

3.3 Definíciók

A harmadik fejezet a dokumentumban használt kifejezések és rövidítések definícióit tartalmazza. Itt általános koncepciók is megtalálhatók, mint a tervező személye vagy oszlop, mint szerkezeti elem, illetve az FRP témakör specifikus fogalmai, mint a szál térfogat részarány vagy az FRP alkotó szál anyagai, mint az aramid vagy az üveg.

3.4 Dokumentáció

A fejezet tíz pontban összefoglalja milyen műszaki adatokat kell megadni a tervezési dokumentációban. Ilyenek például a lehorgonyzási hossz, a feszítési erők nagysága és helye vagy az előírt betonfedés.

3.5 Általános tervezési elvárások

Az általános feltételek utasítást adnak a szabványban leírt eljárások helyett használt alternatív eljárások és helyettesítő laborvizsgálatok alkalmazásának feltételeiről. Ezen felül itt olvashatók általános előírások tűzállósággal és tartóssággal kapcsolatban. A tűzállósági előírásokra vonatkozóan felsorolásra kerülnek a releváns szabványok és a kapcsolódó elvárásokra és vizsgálatokra vonatkozó szabványok is. Ilyenek például az CAN/ULC-S102.4:2017 (ULC, 2017) szabvány amely előírásra kerül tűz terjedési és füst fejlődési besorolásra azokban az esetekben ahol ezen szabvány releváns fejezete nem vonatkozik.

3.6 Határállapotok, terhek, kombinációk

A hatodik fejezet a határállapotokkal, terhekkel és teherkombi-

nációkkal foglalkozik. A megnevezett határállapotok a teherbírási és használhatósági határállapotok, tüzesetek és a tartósság. A tartóssági megfeleléssel kapcsolatban megjelölésre kerül több szabvány, amivel szemben meg kell felelni a jelen szabványon felül. Ezen kívül azonban nem található egyéb feltétel. A tűzállósági feltételek a tartóssághoz hasonlóan nem kerülnek itt megnevezésre. A teherbírási határállapot meghatározásához a szabvány a kanadai nemzeti építési szabványra hivatkozik. A használhatósági határállapot alá sorolható eseteket a dokumentumban egyéb fejezetekben találhatjuk részletezve, ezek itt vannak megjelenítve. Néhány előírás található itt anyagi tényezőkkel és szilárdsággal kapcsolatban. Például felhasznált beton maximális nyomószilárdsága 80 MPa-ra van korlátozva. Felsorolásra kerülnek mely szabványok alapján lehet a szabványban nem részletezett anyagokat, mint fa, alumínium vagy falazatok tervezni. Ezek mind a CSA szabványai.

3.7 FRP komponensek tulajdonságai

A hetedik fejezet FRP betétek tulajdonságait és az azokkal szemben állított elvárásokat mutatja be. Négy alfejezetben sorra az FRP betétek, pászmák és hálók, majd a felszínre és a felszín közelébe ragasztott FRP megerősítések, az FRC burkolás és végül az FRP köpenyezés kialakításához szükséges előírások olvashatók. A fejezet az elvárt anyagtulajdonságok esetén sok esetben a releváns kanadai szabványokra hivatkozik (1. táblázat), mint a CSA S807 (CSA, 2019) szabvány a nem feszített betétek anyagtulajdonságai vagy a CSA A23.1 (CSA, 2024) szabvány betonok készítéséhez felhasznált vízhez. Az FRC köpenyek tulajdonságaira elvárás nem kerül meghatározásra, de több szabvány is megadásra kerül mint az ASTM C518 (ASTM, 2021) és a C531 (ASTM, 2023) a releváns vizsgálatok lebonyolításához. Termékek esetén a tulajdonságokat a gyártónak kell meghatározni. A betétek esetén itt kerül előírásra több anyagtulajdonság kritérium. A megengedhető legnagyobb feszültség a használhatósági határállapotban értelmezett maximális teher esetén a karakterisztikus szilárdsági

1. táblázat: Az anyagvizsgálatokhoz előírt módszerek és próbatest számok

Tulajdonságok	Vizsgálati módszer	Próbatestek száma
Szakítószilárdság	ASTM D3039/D3039M	20†
Fajlagos nyúlás	ASTM D3039/D3039M	20†
Rugalmassági modulus húzás esetén	ASTM D3039/D3039M	20†
Hőtágulási együttható	ASTM D696 vagy E1142	5†
Kúszás	ASTM D2990‡	5†
Pórustartalom	ASTM D2584§ vagy D3171§	5
Üvegesedési hőmérséklet (T _g)	ASTM D4065	5**
Ütésvizsgálat	ASTM D5420††	5
Kompozit rétegek közötti nyírószilárdság	ASTM D2344/D2344M	20
Kötési tulajdonságok	ASTM D5028	–
Szál-ágyazóanyag arány	ASTM D2584	–
Testsűrűség	ASTM D792	–
Nyomószilárdság	ASTM D3410/D3410M	–
Nyíróvizsgálat	ASTM D5379/D5379M	–
Fáradásvizsgálat	ASTM D3479/D3479M	–

*: A próbatest-sorozatok relatív szórása legfeljebb 6% lehet. A kiugró értékeket az ASTM E178 szerint kell kivizsgálni. Ha a szórás meghaladja a 6%-ot, a próbatestek számát meg kell duplázni.

†: Az értékeket az elsődleges és keresztirányban (90°) kell meghatározni.

‡: A vizsgálati idő legalább 3000 óra.

§: Az pórustartalom térfogataránya legfeljebb 6%.

** : FRP, ragasztó vagy alapozó maximális üzemi hőmérséklete nem lehet több, mint T_g – 15°C, ahol a legkisebb T_g értéket veszik figyelembe az adott rendszeren belül. T_g -t az első hevítési ciklus során meghatározandó.

††: Az ütésvizsgálathoz használt fej mérete 15,9 mm. A próbatest téglalap alakú, mérete: 100 × 150 mm és 75 × 125 mm-es támaszokra helyezendő

érték 0,35-szöröse aramid, 0,65-szöröse szén és 0,25-szöröse üveg szálanyagú betétek esetén. A nem feszített GFRP betétek fajlagos alakváltozása tartós teher állapotban (sustained load) nem múlhatja felül 0,2%-t. Bármilyen FRP elem esetén a megengedhető legnagyobb, a tönkremenetelhez tartozó alakváltozati érték 1,2% lehet.

3.8 FRP betétekkel épített beton szerkezeti elemek tervezése

A nyolcadik fejezet az FRP erősített beton elemeket tárgyalja. A fejezet külön jelöléskatalógussal rendelkezik, ez csak a fejezetben alkalmazott jelöléseket tartalmazza. Későbbi fejezetekhez tartoznak azokkal járó jelölés felsorolások. A szabvány előírja a nyomott betonzóna összemorzsolódását, mint preferált tönkremeneteli módot. Amennyiben a számított ellenállás értéke meghaladja a terhek 1,6-szorosát úgy engedett az FRP betétek húzott tönkremenetelét irányzó tervezési elvet alkalmazni. A betonfedés előírt értéke a betét átmérőjének kétszerese vagy 30 mm közül a nagyobb. Itt olvashatók általános tervezési előírások, mint a tervezett keresztmetszet merevségének lehetővé kell tennie a lehajlások korlátozását. Külön leírásra kerül, hogy bár az FRP erősített szerkezetek tervezésekor az egyéb releváns szabványokat kötelező figyelembe venni, amennyiben ellentmondás van egyéb és ezen szabvány között, ezen szabvány a figyelembe veendő. Továbbá látható képlet a repesztőnyomaték számítására. A hajlított keresztmetszet tervezésekor a beton tönkremenetnek tekinthető, ha eléri a 0,35% fajlagos alakváltozást. A minimális erősítés elegendő

kell legyen a repesztőnyomaték 1,5-szörösének megfelelő teherbíráshoz tartozó mennyiséggel. A normál igénybevételű keresztmetszetek esetén a nyomott zónában lévő FRP betéteket nem szabad figyelembe venni a keresztmetszet teherbírásiának meghatározásakor. Ilyen jellegű szerkezetek bizonyos körülmények között nem tervezhetők:

- Nyomott elem esetén, oldal irányban meg van támasztva:

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \geq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \geq 40$$

- Nyomott elem esetén, ami nincsen oldalirányban megtámasztva:

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \geq 22$$

ahol,

k az effektív magasság tényezője

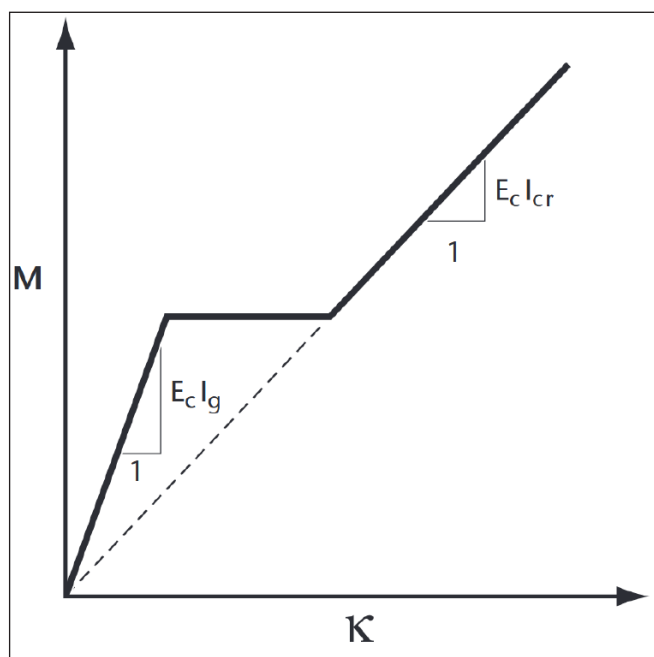
l_u a támaszköz

r a tehetetlenségi sugár

M_1 a kisebb rúdvégi nyomaték és

M_2 a nagyobb rúdvégi nyomaték (ami pozitív, ha az elem egy ívben görbült és negatív, ha kettőben).

Itt olvasható néhány általános szabály nyomott szerkezeti elemek tervezését illetően, illetve kialakítási szabályok nyomott elemek kengyeleire vonatkozóan. Az FRP-vel épített beton szerkezetek viselkedésére itt trilineáris nyomaték-görbület modell kerül bemutatásra (2. ábra), ahol az első szakasz a berepedés előtti állapotot jellemzi a beton rugalmassági



2. ábra: Az FRP-vel készített beton szerkezetek viselkedését leíró trilineáris modell (Canadian Standards Association, 2012)

modulusával és az ép keresztmetszet inerciájával. A második szakasz konstans, az adott nyomaték mellett emelkedő görbületet ír le, aminek végpontja a berepedt keresztmetszet viselkedésmetsző egyenesnél van. A harmadik szakasz a berepedt keresztmetszet viselkedése az FRP elemek figyelembevételével számított ekvivalens nyomatékkal. Ezek után a nyírt és csavart keresztmetszetek következnek. A nyírási ellenállás meghatározásakor figyelembe kell venni az átboltozódást, a szerkezeti elem méretét, valamint a nyomó és húzó igénybevételek hatását is. Ezután a nyírási erősítés kialakításának szabályai, majd a hosszú erősítések lehorgonyzásának és toldásának szabályai olvashatóak. Külön szabványrész rendelkezik a nyírásnak és csavarásnak együttesen kitett keresztmetszetek teherbírásáról is. A szabvány külön kitér a strut & tie modell alkalmazására, azonban azt nem adoptálja FRP betétek alkalmazására. Az átszűrődési erősítés tervezését a szabvány egy másik CSA szabványra (CSA-A23.3 (CSA, 2010)) hivatkozva nem fejti ki, csak a fő képleteket írja le.

3.9 Tapadás és toldás

A kilencedik fejezet a tapadásról és a toldásokról foglalkozik. A fejezet különféle betétek esetére írja le a megfelelő tapadás kialakulásához szükséges erő-átadódási hosszúságot. Az FRP betétek lehorgonyzási hosszának számítására képlet kerül megadásra.

Ebben öt különböző módosító tényező kerül bevezetésre, amelyek a betét elhelyezkedését, a beton testsűrűségét, a betét átmérőjét, a betét szálanyagát (rugalmassági modulus) és felületi kialakítását veszik figyelembe. Ezek megadása is itt található. Olvasható még néhány utasítás betét kötegek használatával kapcsolatban. A kötegek külön pászmáinak toldása külön keresztmetszetben kell kialakításra kerüljön minimum 45 átmérőnyi távolságban. GFRP betétek 25 mm átmérő felett AFRP és CFRP betétek 20 mm átmérő felett nem kerülhetnek kötegelésre gerendákban. Külön utasítás van a hajlított betétek tapadásával kapcsolatban, ahol három külön számítás látható, három szilárdsági tartományhoz rendelve a hajlításnak kitett szerkezeti elemek húzott és nyomott zónájában elhelyezett betétekkel.

$$165 \cdot k_2 \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} \text{ ha } f_F \leq 520 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_F}{3.1} k_2 \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} \text{ ha } 520 < f_F \leq 1040 \text{ MPa}$$

$$330 \cdot k_2 \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} \text{ ha } f_F > 1040 \text{ MPa}$$

ahol:

k_2 a beton sűrűségét figyelembe vevő tényező
 d_b a betét névleges átmérője
 f'_c a beton nyomószilárdsága
 f_F az FRP-ben ébredő feszültség teherbírási határállapotban.

Itt esik említés a kengyelek lehorgonyzásáról, amennyiben az FRP betétekkel készített nyírási erősítés lehorgonyzása nem oldható meg, az zárt elemből vagy spirálból kell készüdjön. További előírások olvashatók toldással kapcsolatban, ami további előírások nélkül a lehorgonyzási hossz 1,3 szorosa. A 30 mm-nél nagyobb átmérőjű betétek párhuzamos toldását a szabvány nem engedi. A szabvány engedélyezi a lehorgonyzó-elemek használatát, amennyiben azok vizsgálattal bizonyítva képesek a tervezési terhelés 1,67-szeresének megfelelő ellenállást igazolni.

3.10 FRP pászmával feszített szerkezeti elemek tervezése

A tizedik fejezet előfeszítéssel foglalkozik, ezt témát itt nem tárgyaljuk részletesen. Csak CFRP és AFRP pászmák feszítését engedélyezi a szabvány, GFRP pászmákét nem. A fejezet előírja, hogy feszített szerkezeti elem esetén repedés nem engedhető meg használhatósági határállapotban, tökéletes pászma-beton kapcsolatot kell feltételezni és a pászma csatornák miatti keresztmetszeti terület veszteség figyelembe veendő. A minimális betonfedés 3,5-szöröse a betét átmérőjének vagy 40 mm, amelyik nagyobb. A szabvány maximális feszültség értékeket ad meg kezdeti és feszültségveszteségek lezajlása utáni állapothoz is. A figyelembe vett feszültségveszteségek: lehorgonyzási veszteség, rugalmas veszteség, vezetőcsővel való súrlódás, beton kúszása és zsugorodása, relaxáció és hőmérsékletváltozás. További alfejezetek szólnak a hajlítási teherbírás számításáról, a minimálisan alkalmazandó betét-keresztmetszetről, nyírási erősítésről és lehorgonyzási hosszról.

3.11 Beton, falazat és acél szerkezetek megerősítése (strengthening) FRP-vel

A fejezet különböző szerkezetek megerősítéséről szól, ennek bemutatását nem részletezzük, tekintettel a cikksorozat FRP betétekkel épített szerkezetekre fókuszál. A megerősítések szerkezet típusonként és a megerősítés jellege szerint (axiális irányú, nyírási, duktilitás növelése stb.) vannak osztályozva és bemutatva.

3.12 Szeizmikus tervezés

A tizenkettedik fejezet a szeizmikus méretezést mutatja be. A fejezet elején a szerzők felhívják a figyelmet, hogy az FRP betétek képlékeny viselkedés nélkül, az acélhoz képest alacso-

nyabb rugalmassági modulussal, nagyobb szakítószilárdsággal és eltérő tapadási karakterisztikával rendelkeznek. Így a szeizmikus tervezésben releváns tulajdonságok, mint a csillapítás vagy a merevség, az FRP betétekkel készített szerkezetek esetén eltérő. Az alkalmazandó terhek, és a tervezés a kanadai szabványoknak kell megfeleljen, ehhez néhány ajánlott érték olvasható itt. Az ezt követő szakasz az FRP-vel erősített szerkezetekkel, azok fajtáival és tervezésével foglalkozik. Az FRP betétekkel épített szerkezetekről szóló rész kizárólag szeizmikus terheknek kitett rendszerek tervezéséről nyilatkozik. Az előírt legnagyobb megengedhető betonszilárdság könnyűbeton esetén 30 MPa. A szabvány külön rendelkezik acél-FRP hibrid erősített keretekről, tisztán FRP erősített keretekről és ezek axiálisan terhelt és hajlított típusairól. Az előírások egyéb kanadai szabványokat hivatkoznak, ami mellett feltételeket szabnak a nyírási erősítések kialakítását illetően.

3.13 Hibrid FRP/FRC köpenyek

A tizenharmadik fejezet FRC és FRP köpenyek tervezésével foglalkozik röviden. A szabvány előírja milyen mozgásokat és alakváltozásokat kell tudnia elszorvni a köpenyek. A rögzítések előírásainak terén a CSA A23.4 (CSA, 2010) szabványra hivatkoznak a szerzők. További általános előírások olvashatók a kapcsolatok kialakítása, szállítás és felületi kezelések területén.

3.14 Kivitelezés

A fejezet kifejezetten az FRP-vel készülő szerkezetek kivitelezésével kapcsolatos előírásokat sorolja fel. Ezek többek között kitérnek az FRP anyagok és ragasztók tárolására, azok minőségének megőrzésére. Ezen felül utasítások vannak megadva a gyártók részére, valamint a minőségellenőrzésre is.

4. CSA S806:12 (R2021) ÖSSZEFOGLALÁS

A korábbi két cikkben bemutatott két dokumentumhoz (AFGC, 2023; JPCI, 2021) képest kevesebb információt tartalmaz és azokat kevesebb magyarázattal támasztják alá a most bemutatott kanadai szabványban (CSA S806:12 (R2021)). Sok esetben egyéb szabványokra hivatkozik, azokon belül azonban nem kerül meghatározásra, mely részletek relevánsak. Ez olyan esetekben, ahol a hivatkozott szabvány egy kifejezett vizsgálatot ír le nem jelent nehézséget azonban, amikor a teljes kanadai nemzeti építési szabványra kerül hivatkozás az néhol nem egyértelmű, sokszor csak releváns részként kerül említés. Ezen kívül a dokumentum széles körben tartalmaz utasításokat FRP betétek használatáról, de a legtöbb esetben ez csak a létező kanadai szabványok adaptációja. Mindennek ellenére a szabvány jó útmutatást adhat, modern szabványalkotók részére a fontos területek, lehetséges vizsgálatok és alkalmazások területén.

5. KITEKINTÉS: ACI 440 ÉS EGYÉB AJÁNLÁSOK

Az Amerikai Beton Intézet (American Concrete Institute – ACI) 2023-ban adta ki a GFRP szabványát (ACI Committee 440, 2023), ami a 2015-ös ACI 440 ajánlásra (ACI Committee 440, 2015) épül. A korábban vizsgált dokumentumokhoz hasonlóan ez a szabvány egy részletes anyag, ami széles körben tárgyalja az FRP-vel kapcsolatos témákat, alapos dokumen-

tációval és forrásmegjelöléssel. A dokumentum struktúrája az AFGC (AFGC, 2023) ajánláshoz hasonlóan utasításokra és kommentekre oszlik, amelyek szakirodalmi alátámasztást adnak a tárgyalt témáknak. A szabvány néhány témát nem tárgyal azonban, mint a lehorgonyzás vagy a földrengésnek ellenálló épületek tervezése. Ezek megfelelő szabvány háttér hiányában, vagy a földrengésbiztos tervezés esetén a megfelelő duktilitás nem megfelelő biztosíthatósága miatt kerülnek elhanyagolásra. Az alapossága és újdonsága révén az egyik legjobb forrás a témában. A cikksorozat terjedelmi korlátozottsága miatt, a további szabványok részletes ismertetésére nem térünk ki.

A felsorolt dokumentumokat leszámítva számos jelenlegi és múltbéli szabvány vagy ajánlás létezik a témában, amelyek bemutatására nem tudunk sort keríteni, de a témában érdeklődőknek érdekesek lehetnek. Ilyenek többek között a Kanadai ISIS (network of Intelligent Sensing for Innovative Structures) által 2006-ben kiadott ajánlás (Newhook & Sccecova, 2006), aminek esetén a kiadó szervezet azóta megszűnt, vagy az Olasz CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche – nemzeti tudományos tanács) által 2007-ben kiadott dokumentum (CNR, 2007). További naprakészebb kiadványok az orosz GOST 31938-2022, ami 2022-ben jelent meg vagy az angol IStructE (Institution of Structural Engineers) által 2023-ban megjelent átfogó ajánlás (Böhm et al., 2023) szál-polimer kompozitok szerkezeti alkalmazására.

6. HIVATKOZÁSOK

- ACI Committee 440 (2023) 440.11-22. Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP) Bars—Code and Commentary. Farmington Hills, Michigan, USA, American Concrete Institute.
- ACI Committee 440 (2015) Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Bars.
- AFGC (2023) Recommendations for the use of FRP (Fibre Reinforced Polymer) rebars for reinforced concrete structures. Association Française de Génie Civil.
- ASTM (2023) C531-18. Standard Test Method for Linear Shrinkage and Coefficient of Thermal Expansion of Chemical-Resistant Mortars, Grouts, Monolithic Surfacing, and Polymer Concretes. Toronto, Canada, ASTM International. doi:10.1520/C0531-18.
- ASTM (2021) C518-21. Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. West Conshohocken, USA, ASTM International. doi:10.1520/C0518-21.
- Benmokrane, B. & M. Mohamed, H. (2018) Recent Developments on FRP Rebars as Internal Reinforcement in Concrete Structures and Field Applications. In: Proceedings of the 9th International Conference on Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites in Civil Engineering 2018 Paris, France, pp. 31-38.
- Böhm, G., Bonney, C., Dionisi, F., Farmer, N.S., Hardy, G., Henderson, J.G., Hobbs, M. & Kansara K D (2023) Structural use of fibre polymer composites. London, United Kingdom, The Institution of Structural Engineers.
- Canadian Standards Association (2012) S806-12. Design and construction of building structures with fibre-reinforced polymers. Ontario, Canada, Canadian Standards Association.
- CNR (2007) CNR-DT 203/2006. Guide for the design and construction of Concrete Structures Reinforced with Fibre-Reinforced Polymer Bars. Rome.
- CSA (2024) CSA A23.1:24. Concrete materials and methods of concrete construction. Toronto, Canada, Canadian Standards Association.
- CSA (2010) CAN/CSA-A23.3-04 (R2010). Design of concrete structures. Toronto, Canada, Canadian Standards Association Group.
- CSA (2019) CSA S807:19. Specification for fibre-reinforced polymers. Toronto, Canada, Canadian Standards Association Group.
- JPCI (2021) Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Fibre Reinforced Polymer (FRP). Tokyo, Japan Prestressed Concrete Institute.
- Newhook, J. & Sccecova, D. (2006) Reinforcing Concrete Structures

with Fibre Reinforced Polymers. Winnipeg, Canada, ISIS Canada Corporation.

Somlai Bálint, Sólyom Sándor, Balázs L. György (2024) FRP betétek alkalmazása betonszerkezetekhez a világban 1. rész - francia megközelítés. Vasbetonépítés. 2024(2), 39-45. <https://doi.org/10.32969/VB.2024.2.3>

Somlai Bálint, Sólyom Sándor, Balázs L. György (2025) FRP betétek alkalmazása betonszerkezetekhez a világban 2. rész - japán megközelítés. Vasbetonépítés. 2025(1), 18-23. <https://doi.org/10.32969/VB.2025.1.4>

ULC (2017) CAN/ULC-S102.4:2017 (R2022). Standard Method of Test For Fire and Smoke Characteristics of Electrical Wiring, Cables and Non-metallic Raceways. Toronto, Canada.

Somlai Bálint (1997) okleveles építőmérnök, hídtervezőmérnök, PhD hallgató, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék. Fő érdeklődési területek: szálerősítésű polimerek szerkezeti alkalmazása, szerkezeti elemek teherbírásának növelése, numerikus modellezés, betonok kémiai ellenálló képessége. *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Ifjúsági Tagozatának tagja.

Dr. Balázs L. György (1958) okl. építőmérnök, mérnöki matematikai szakmérnök PhD, Dr. habil., egyetemi tanár, a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék vezetője. MTA műszaki tud. kandidátusa. Fő kutatási területei: beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata és modellezése), roncsolásmentes vizsgálatok. Speciális betonok és betétek: szálerősítésű betonok (FRC), nem acélszálú (FRP) betétek, megerősítések anyagai és módjai, HPC, UHPC, LWC. Tűzállóságra való tervezés, tűzállóság fokozása. Fagyállóság fokozása. Kémiai ellenállóképesség fokozása.

Tartósság. Használati élettartam. Fenntartható építés. Erőátadás betonban, vasbeton tartók repedezettségi állapota. Fáradás. Lökésszerű terhelés. Nukleáris létesítmények. A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) elnöke (2011-2012), jelenleg tiszteletbeli elnöke. A *fib* Magyar Tagozat elnöke. Az Int. PhD Symp. in Civil Engineering alapítója. A *fib* Com 9 „Dissemination of knowledge” elnöke.

Dr. Sólyom Sándor okleveles építőmérnök, betontechnológus szakmérnök, PhD, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék. Fő érdeklődési területei: szálerősítésű polimer betétek alkalmazása, tapadása és lehorgonyozása betonban; szálak alkalmazása betonban, 3D betonnyomtatás, tartósság, fenntarthatóság. *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatának alelnöke. *fib* TG5.1 munkacsoport tagja, COM9 titkára.

FRP REINFORCEMENT TO CONCRETE STRUCTURES IN WORLDWIDE EXPERIENCES 3. – CANADIAN APPROACH Bálint Somlai - György L. Balázs - Sándor Sólyom

The use of fibre reinforced polymer continues to increase in popularity, as many organisations produce recommendations and standards regarding its use worldwide in many countries. It is of interest to study these, compare their contents and discuss what may be adopted to regulations in Hungary and, more broadly, in the European Union. Some of the relevant documents have been produced by the French Association of Civil Engineering (AFGC), the American Concrete Institute (ACI), the Canadian Standards Association (CSA) or the Japanese Prestressed Concrete Institute (JPCI). This series of articles presents these recommendations and standards as well as compares their contents.