

FRP BETÉTEK ALKALMAZÁSA BETONSZERKEZETEKHEZ A VILÁGBAN

2. – JAPÁN MEGKÖZELÍTÉS



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

<https://doi.org/10.32969/VB.2025.1.4>

A szálerősítésű polimerek (FRP – Fibre Reinforced Polymer) a hagyományos vasbeton mellett alkalmazható lehetséges alternatívát kínálnak, kedvező tulajdonságaiknak köszönhetően. Azonban alkalmazásuk széles körben még nem terjedt el, de már rendelkezésre állnak tapasztalatok. Megszokott tervezési irányelvek nélkül nehéz lehet kiválasztani a tervezéshez szükséges információt. Ebben segítségül szolgálhatnak a különböző munkacsoportok által kiadott jelentések, ajánlások. Ezekre több példa létezik az FRP betétek felhasználásával (FRP erősített) szerkezetekre vonatkozóan, többek között francia, japán 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 Előfeszített 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.

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

1. A MŰSZAKI AJÁNLÁSOKAT, SZABVÁNYOKAT KIADÓ SZERVEZETEK

Az előző cikkben bemutatott francia mű után a második ajánlás a japán JPCI által 2021-ben kiadott dokumentum (JPCI, 2021) – amely a francia párjához hasonlóan szintén megjelent angol nyelven is – Vasbeton szerkezetek építése és tervezéséhez FRP betétekkel. A mű célja, hogy frissítse a Japán Építőmérnöki Társaság (JSCE – Japan Society of Civil Engineers) által 1996-ban kiadott műszaki ajánlást, ami a tárgyalta mű kiadásáig használatban volt Japánban. A JPCI a Japánban széles körben használt előfeszített beton szerkezetek biztonságával és fejlődésével foglalkozó testület. Munkájuk tudományos eredmények rendszerezésén és publikálásán kívül kiterjed, szabványosításra, konferenciák szervezésére és a japán „Prestressed Concrete Engineer” (feszített beton készítésével foglalkozó mérnök) és „Concrete Structure Diagnostician” (Betonszerkezet diagnosztika) képesítések igazolásának folyamatában is részt vesznek. A szervezet továbbá tagja a *fib*-nek.

2. A JAPÁN MEGKÖZELÍTÉS: RECOMMENDATIONS FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF CONCRETE STRUCTURES USING FIBER REINFORCED POLYMER (FRP)

A JPCI által kiadott ajánlás az AFGC által kiadotthoz hasonlóan a közelmúltban jelent meg, így releváns információkat

tartalmaz. Műszaki anyaga legtöbbször a japán szabványokra támaszkodik (JSCE, 2013, 2018b, 2018c, 2018a), így a hazai tervezésre kevésbé alkalmas, mint az első cikkben bemutatott francia ajánlás. Tartalma terjedelmesebb, a tervezés több aspektusát megvizsgáló dokumentum, de a kivitelezés, fenntartás és a vizsgálatok terén is nyújt útmutatást. A dokumentum 13 fő fejezetből és 3 kiegészítő fejezetből áll. A strukturálása fő szövegből és megjegyzésekből áll, amelyek a leírt javaslatot tárgyalják, információt adnak a kutatási háttérrel vagy előírt számítási módszerrel kapcsolatban.

2.1 Általános előírások

Az első fejezet általános adatokat tartalmaz, leírja az ajánlás irányelveit, a mögötte álló filozófiát, a tervezett épületszerkezetek célját és azok teljesítőképességét. Többek között bemutatásra kerül az elvárt teherbírási kritérium új és létező technológiák esetén, a teljesítőképesség alakulása az élettartam alatt és a különböző elvárt teljesítmény kritériumok. Megjelenik a helyreállíthatóság, aminek definíciója a tervezettnél nagyobb terhelés miatt létrejött sérülés utáni helyreállíthatósága a szerkezet legfontosabb funkciójának betöltésére. E mellett felsorolásra kerül a szerkezet üzemben tarthatósága is mint követelmény. Továbbá a fejezet tartalmazza a dokumentumban használt kifejezések és jelölések gyűjteményét, azok magyarázatát és a csatlakozó szabványokat is. Az utóbbiak a szerző szervezet és egyéb japán szervezetek munkái.

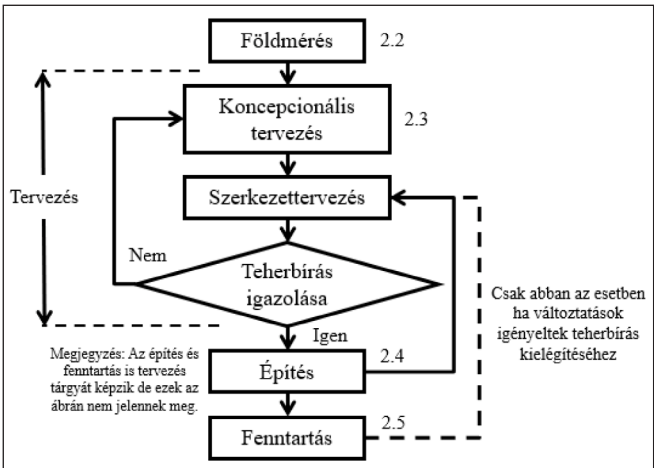
2.2 A tervezés, kivitelezés és fenntartás alapjai

A második fejezet a tervezés, kivitelezés és fenntartás alapjait tartalmazza. Ilyenek például a tervezési élettartam, az előze-

tes felmérések, a szerkezet típusának megválasztása vagy a szerkezet teljesítőképességének verifikálása. Külön pontban kerül tárgyalásra az életciklus elemzése (1. ábra) és az egyes fázisok célja, valamint a koncepcionális tervezés is. Felsorolják az alkalmazott biztonsági tényezőket (1. táblázat), amelyek között szerepelnek általunk (Európában) is alkalmazottak, mint az anyagok vagy a terhek és hatások tényezői, valamint olyanok is, amelyek itthon nem járatosak. Ilyen a szerkezeti analízis tényezője, amely a számítás bizonytalanságát veszi figyelembe. Vagy a szerkezeti elem tényezője, ami a gyártás és építés geometriai bizonytalanságait és a teljes szerkezetben betöltött fontosságát veszi figyelembe. Továbbá a teljes szerkezet is rendelkezik biztonsági tényezővel, ami az épület fontosságát és a tönkremenetelének hatását veszi figyelembe. Ez az Eurocode szabványsorozatban kárkövetkezmény-osztályokhoz hasonló szerepet tölt be, de nem teljesen azonos azzal. Külön alfejezet tárgyalja a tervek kezelését és átadását is. Bár az itt említettek nagyrésze általános és nem az FRP betétekkel épített szerkezetekre vonatkozik, azonban az ajánlás kiter az eltérésekre is, mint a biztonsági tényezők FRP betétekre vonatkozó értékeit.

2.3 Anyagok

A harmadik fejezet az anyagtulajdonságokat, azok meghatározását tartalmazza betonra, acélra és FRP betétekre (Japan Society of Civil Engineers, 1995). A betonra és acél betétekre vonatkozó előírások nem különböznek a hagyományos tervezéstől, azok a JIS (Japán Ipari Szabvány – Japanese Industrial Standard) dokumentumokra (JSA, 2018a, 2018b, 2004) támaszkodnak meghatározásokban és előírt vizsgálatokban, azonban ezek az irodalomjegyzékben nem találhatók meg. Fontos megjegyezni, hogy módszer kerül előírásra a beton fáradásának vizsgálatára. Külön alfejezet foglalkozik a beton karbonátosodás és a klorid-ion behatolással, amelyekben előírják az alkalmazandó vizsgálati módszereket. Az FRP betétek anyagtulajdonságainak meghatározásánál és leírásánál az ajánlás utal annak meghatározására alkalmazandó vizsgálatra a JIS A 1192 (JSA, 2021) szabvány alapján, de azt nem mutatja be. Húzásra lineárisan rugalmas, rideg tönkremenetelű modell kerül bemutatásra (2. ábra). A tervezés során az FRP betétek nyírt és nyomott teherviselése elhanyagolandó. Az első tárgyalt anyagtulajdonság a hajlított elemek szakítószilárdsága, amelynek számítását az egyenes alkotó szálak szakítószilárdságából



1. ábra: A tervezés, építés, és fenntartás elhelyezkedése a szerkezet életciklusában folyamatára (JPCI, 2021)

számítja. A számításban megjelenik az elem átmérője és a hajlítási sugár. Az ajánlás a fáradási viselkedést vizsgálatok alapján javasolja meghatározni, azonban felhívja a figyelmet a lehorgonyzások, hajlított elemrészek és repedést keresztező elemek alacsonyabb fáradási szilárdságára. Az FRP betétek viseelkedése lineárisan modellezhető mind használhatósági, mind teherbírási határállapotokban. A szakítószilárdság, rugalmassági modulus és hőtágulási együtthatók jellemző értékei táblázatosan, szállítusokra leosztva van ismertetve a dokumentumban (2. táblázat).

2. táblázat: Az FRP betétek mechanikai tulajdonságai (JPCI, 2021)

Szállítus	Szakítószilárdság (MPa)	Rugalmassági modulus (GPa)	100 éves relaxációs veszteség (%)
Aramid	1166 - 1920	53,0 - 66,8	11,6 - 17,9
Szén	1200 - 2573	100,0 - 165,0	1,5
Bazalt	1580	52,6	14,2
Üveg	590	30	10,0

Az FRP betétek relaxációját az ajánlás szállítusokra lebontva adja meg, ezek egyes termékek mért értékeire alapozott tartományok. A kúszási szakadás jelenségének rövid leírása

1. táblázat: Az ajánlás által javasolt biztonsági tényezők táblázata (JPCI, 2021)

	Anyagra vonatkozó biztonsági tényező γ_m			Szerkezeti elemre vonatkozó tényező γ_b	Számításra vonatkozó tényező γ_a	Hatás biztonsági tényezője γ_f	Szerkezet biztonsági tényezője γ_i
	Beton γ_c	Szálerősítésű polimer γ_{mr}	Acél γ_s				
Teherbírési határállapot	1,3*	1,15**	1,0***	1,1	1,0	1,0	1,0
	vagy	-	vagy	-		-	-
	1,5	1,3	1,05	1,3		1,2	1,2
Használhatósági határállapot	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Fáradási határállapot	1,3*	1,15**	-	1,0	1,0	1,0	1,0
	vagy	-	1,05	-			-
	1,5	1,3	-	1,1			1,1

* : 1.3, ha a beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke $f'_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$ vagy kevesebb

** : 1.15 szén vagy aramid szálak FRP betétek esetén. Az anyagra vonatkozó tényező értéke más FRP betétek esetén vizsgálatok alapján vagy a gyártó adatai alapján határozandó meg.

*** : 1.0 acélbetétek és fészítőacélok esetén és 1.05 más acél anyagú elemek esetén

következik, a javasolt módszer vizsgálatokat ír elő a teherbírás meghatározására. Ehhez hasonlóan a tűzeseti viselkedést is vizsgálatok alapján történő meghatározással javasolja leírni az ajánlás, ami magas hőmérsékleten végzett szakítószilárdsági vizsgálatok formájában van előírva. Az FRP betétek tartósságáról rövid leírás olvasható, amiben a szerzők elismerik a leromlás lehetőségének jelentőségét, itt azonban nem tesznek javaslatot ezen körülmények kezelésére.

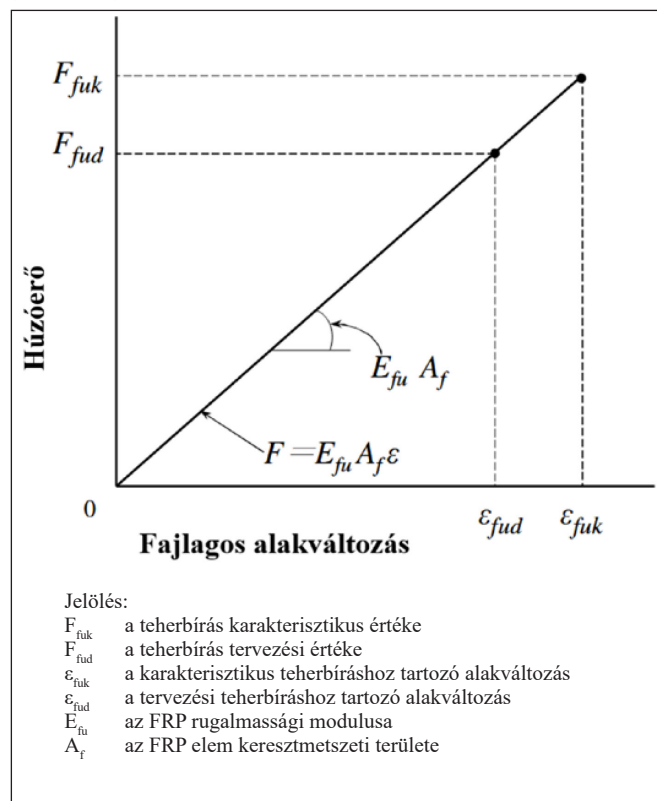
2.4 Terhek és hatások

A negyedik fejezet a terheket és hatásokat mutatja be. A fejezetet a japán vasbeton szerkezetek tervezésére vonatkozó szabványok tartalmára épül. Tartalma nagyrészt megegyezik az Magyarországon alkalmazottakkal, mint például a hatások kombinációja. (3. táblázat) Érdekes módon a terhek kategorizálásánál (4.3-as alfejezet) az állandó terhek két csoportként kerülnek felsorolásra állandó terhekként és további állandó terhekként. Egy későbbi alfejezetben (4.4-es alfejezet) az állandó terhek egy csoportként jelennek meg. Ismét megjelenik a helyreállíthatóság elvárása és a terhek biztonsági tényezői, amelyek eltérnek az itthon alkalmazottaktól. Külön alfejezet foglalkozik a feszítés terheivel, ami magába foglal részleteket FRP feszítésre vonatkozóan is.

2.5 Ellenőrzés

Az ötödik fejezet a szerkezeti elemek ellenőrzését mutatja be. Ismertetésre kerülnek a vizsgálandó határállapotok, a szerkezet teljesítőképességének ellenőrzendő részei és módja. Néhány előző fejezettel egyező módon itt is általánosságok vannak megfogalmazva, nem az FRP betétekre vonatkozó előírások. Ismét megjelenik a helyreállíthatóság egy táblázatban, ami a követelményeket és az azokat magukba foglaló fejezeteket. Az alkalmazható számítási módszereket és azok aspektusait is ez a fejezet foglalja össze.

2. ábra: Az FRP betétekre ajánlott húzóerő - fajlagos alakváltozás ábra (JPCI, 2021)



2.6 Teherbírási határállapot

A hatodik fejezet a teherbírási határállapot ellenőrzésével foglalkozik. A fejezet bevezetésében az ajánlás felhívja a figyelmet az FRP elemek rideg szakadó tönkremenetelére, ebből kiindulva figyelmeztet, hogy az acél betétek esetén alkalmazott eljárások nem alkalmazhatóak FRP betétek esetén. Említésre kerül a hajlított keresztmetszet nyomott beton tönkremeneteli módjának figyelembevétele. A beton tönkremenetelének mérsékelt ridegségére és potenciális képlékenység növelési lehetőségekre (3. ábra) hivatkozva nincsen előírás a tönkremeneteli módra. A döntést az ajánlás a tervezendő szerkezeti elem, a hatások és a követelmények függvényében a tervezőre bízta.

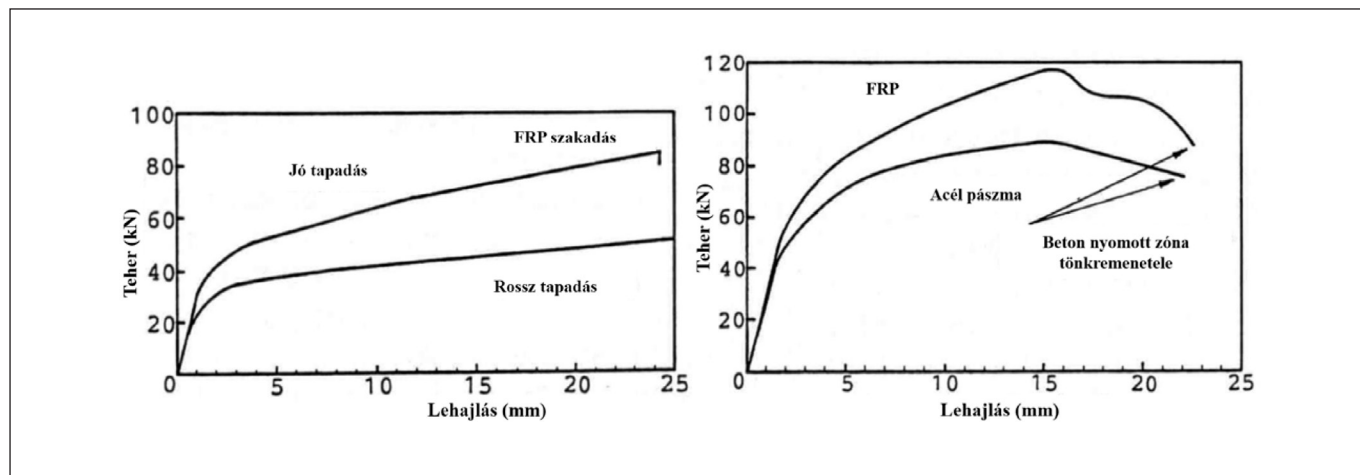
Ezek után bemutatásra kerülnek az ellenőrzések, elsőként az központos axiális hatással terhelt keresztmetszeté. Ez nem tér el jelentősen a hagyományos tervezésben alkalmazottól. A hajlításnak és axiális tehernek egyszerre kitett keresztmetszet esetén az ajánlás több dologra is felhívja a figyelmet. Elsőként, megjegyzésre kerül, hogy amennyiben a szerkezet mindenképpen igényel képlékeny tartalékot, azt FRP és acél betétek együttes alkalmazásával, vagy a nyomott beton zóna alakváltoztatának korlátozásával lehetséges elérni. A FRP betétek több sorban alkalmazásakor képlékeny alakváltozás hiányában csak úgy lehet figyelembe venni, hogy amennyiben a legszélső elem elér a maximális alakváltozást a keresztmetszet tönkre megy. Tapadásmentes betétek esetén a Bernoulli-Navier hipotézis nem alkalmazható. A nyírt rúdelemek ellenőrzésére adott képlet jelentősen eltér az itthon alkalmazotttól, a japán szabványokra épül. A nyírási ellenőrzés bemutatását egy értekezés követ a tönkremenetelhez tartozó alakváltozás értékeiről. Következő az átszűrődési erősítés tervezése, ami nagyban hasonlít a nyírt keresztmetszet ellenőrzésére. A csavarási igénybevételekre tervezésről csak keveset ír az ajánlás. Ennek oka a témával kapcsolatos kutatási eredmények hiánya. Így a csavarási erősítést igénylő szerkezeti elemek esetét az ajánlás a tervezőre bízta, míg a csavarási erősítést nélküli elemek esetén egy létező szabványra hivatkozik.

2.7 Használhatósági határállapot

A hetedik fejezet a használhatósági határállapot ellenőrzését tárgyalja. A bevezetésben említett ellenőrzendő feltételek nagyban megegyeznek a hazai szabványokban foglaltakkal, azonban ide kerül besorolásra a tűzállóság is, anélkül, hogy a dokumentumban részletes tárgyalásra kerülne. A feszültségek meghatározásához az ajánlás megadja annak számítását, majd a feszültségek korlátait is. FRP feszítőelemek esetén a karakterisztikus szakítószilárdság 70%-át javasolja az ajánlás, míg FRP betétek esetén a kúszási szakadás vizsgálatok eredményeire alapozva javasolja felvenni. Továbbá, maximális feszültség értékek kerülnek meghatározásra beton elemekre. Az alfejezet megjegyzéseiben a szerzők kitérnek ismét a kúszási szakadás jelenségének leírására, annak kapacitás számítására és az ehhez használandó vizsgálatra. Ennek oka, hogy a betét kúszási szakadás ellenálló képessége kihat a megengedhető legnagyobb tartós feszültségre. A repedéstágasságok korlátozását nem írja elő az ajánlás, minek indoka az FRP elemek korrózióállósága, a határértékek meghatározására a szerkezeti elem és a felhasznált FRP termék figyelembevételét javasolják a szerzők. A fejezet bemutatja más létező ajánlások javaslatait is. A magyarázat rész a repedéstágasság és a repedés eloszlás számítására ad javaslatot. A magyarázat részben a szerzők kitérnek használható értékekre, ami kombinált FRP és acél betétek használata esetén a betonfedés 0,005-szöröse vagy maximum 0.5 mm. Továbbá

3. táblázat: A tervezéskor figyelembe veendő hatások kombinációi (JPCI, 2021)

Elvárt teljesítőképesség	Határállapot	Kombinálható hatások
Tartósság	Minden határállapot	Állandó terhek + változó terhek
Biztonság	Keresztmetszeti tönkremenetel, stb.	Állandó terhek + kiemelt változó teher + másodlagos változó terhek
	Fáradás	Állandó terhek + rendkívüli teher + másodlagos változó terhek
Karbantarthatóság	Minden határállapot	Állandó terhek + változó terhek
Helyreállíthatóság	Minden határállapot	Állandó terhek + rendkívüli teher + másodlagos változó terhek



3. ábra: Feszített FRP betétekkel készült gerendák teher-lehajlás diagramja betét tönkremenetele esetén (bal). Acél pászma és FRP betétekkel készült gerendák beton tönkremenetele esetén (jobb) (JPCI, 2021)

később általános és magas vízzárósági igény esetére előírásra kerülnek megengedett repedéstágassági értékek egy táblázatban (4. táblázat). Az ajánlás különbséget tesz a hajlítási, nyírási és csavarási repedések számításában és értékelésében. A lehajlásokkal szemben állított követelmények nincsenek pontosan megfogalmazva, azokat esetenkénti elbírálásra bízva az ajánlás, azonban megjegyzi, hogy azok várhatóan meghaladják az ekvivalens acéllal készült szerkezethez tartozó értékeket. Rezgésekkel kapcsolatban a szerzők megjegyzi, hogy a vasbeton szerkezetek esetén nem szokott releváns probléma lenni, abban az esetben, ha számítása szükséges arra alkalmazandó vizsgálatot vagy releváns szabványt nem említene.

2.8 Fáradás

A nyolcadik fejezet a fáradási viselkedéssel foglalkozik. Az ajánlás gerendák esetén hajlítás és nyírás, lemezek esetén hajlítás és átszűrődés figyelembevételével javasolja vizsgálni a fáradást. Oszlopokat csak jelentős hajlító vagy normál igénybevételek esetén kell ellenőrizni. Az FRP betétekkel erősített szerkezetek esetén csak azokat szükséges fáradásra vizsgálni, amelyeken használhatósági határállapotban repedések megjelenése megengedett, néhány kivétellel. Ezek után az ellenőrzés menetének folyamatábrája látható (4. ábra). Ez részeiben hasonlít az itthon alkalmazott eljárásra azonban eltérések is szerepelnek. Az FRP betétekben ébredő feszültségek megha-

tározására az ajánlás javasolja az acélbetétek esetén Japánban használt eljárásokat. Amennyiben egy szerkezeti elem nem rendelkezik nyírási betéttel, annak fáradási ellenőrzésére ezen fejezetben található képlet segítségével lehetséges.

2.9 Tartósság

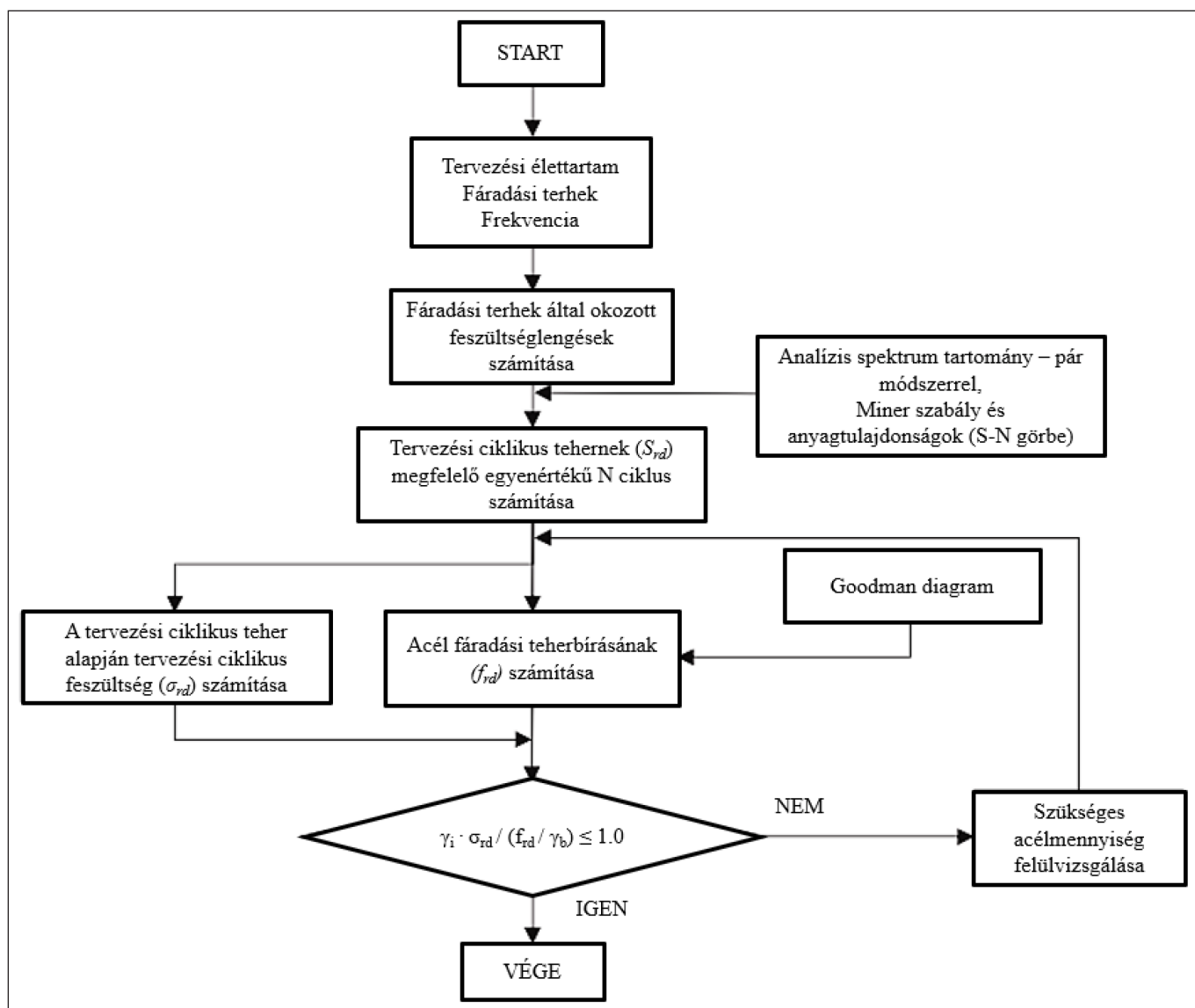
A kilencedik fejezet az tartósságot tárgyalja. Az ajánlás az FRP betétek ellenállóképességének igazolását víz, alkáli környezet és ultrabolya sugárzás hatása esetén javasolja. A vizes és alkáli hatások esetére akkor javasolt az ellenőrzés, ha a tervezési élettartam alatt a betétek szilárdsága csökkenést szenved. Ennek alapja, hogy a szerzők szerint laboratóriumi eredmények alapján léteznek, olyan termékek, amelyek nem szenvednek károsodást ezen környezetekben és így vizsgálatuk nem szükséges, míg egyéb termékek esetén igen. A bemutatott ellenőrzés a legnagyobb kapacitás megmaradási arány módszerét használja, ami vizsgálati eredményekre épül, anyagállandókkal együtt. Bemutatásra kerülnek más ajánlások és szabványok által javasolt anyagi csökkentő tényezők, de az ajánlás nem specifikálja az alkalmazandó értékeket. Ultrabolya sugárzás miatt bekövetkezett károsodás esetével csak akkor kell számolni, ha a betétek annak huzamosabb ideig ki lehetnek téve. Ennek lehetősége külső megerősítésként alkalmazott elemek esetén releváns. Az esetleges leromlás vizsgálatára több módszer is említésre kerül, de egyik sincsen kifejtve. A

4. táblázat: Az ajánlott repedéstágassági értékek előírt vízzáróság függvényében (JPCI, 2021)

Vízárósi szint		Magas vízzáróság [mm]	Általános vízzáróság [mm]
Domináns igénybevétel	Tengelyirányú húzás	~*	0.1
	Hajlítás**	0.1	0.2

* : A keresztmetszetre minimum 0.5 kN/mm² nyomófeszültség hasson, vagy részletes analízis szükséges

** : A tengely irányú igénybevételek esetére adott értékek használandók egyéb esetekben



4. ábra: A fáradási ellenőrzés folyamatábrája (JPCI, 2021)

fejezet nem tartalmaz információt savas környezetek, magas hőmérséklet vagy kombinált hatás esetről.

2.10 Szeizmikus analízis

A tizedik fejezet a Japánban kiemelkedően fontos szeizmikus méretezés olvasható. A témát a szerzők annak leírásán kívül nem mutatják be részleteiben, azzal kapcsolatban a releváns japán szabványokra hivatkoznak. Felhívják azonban a figyelmet az FRP betétek képlékeny viselkedésének hiányára, így az energia elnyelési potenciál hiányára is.

2.11 Szerkezeti részletek, szerkesztési szabályok

A tizenegyedik fejezet a betétek lehetséges részletkialakításait és a szerkesztési szabályokat mutatja be. A betétek elhelyezésének szabályai, a minimális alkalmazandó hossz, nyírási és csavarási erősítés, a hajlított betétek elhelyezése, lehorgonyzási hossz és feszítőbetétek kialakítása kerül bemutatásra. A feszítőpázmák és FRP betétek között itt különbséget tesz az ajánlás több helyen is. A betonfedés meghatározásánál említésre kerül az FRP betétek korrózióállósága, amit figyelembe lehet venni. Így a minimális betontakarás értéke a legnagyobb adalékanyag frakció méretének 4/3-a vagy az alkalmazott betét átmérőjének és az építési pontatlanságnak összege. A feszítőpázmák esetén az előírás szerint nagyobb betonfedésre

van szükség, azonban erre nem tesz konkrét ajánlást, amit a pázmák kengyelezésen belüli elhelyezésével indokol. Az FRP betétek közötti távolságok esetén külön szabályozás kerül meghatározásra gerendák és oszlopok esetén. Az alkalmazott legnagyobb adalékfrakció méretének 4/3-a itt is megjelenik és e mellé párosul gerendák esetén 20, oszlopok esetén 40 mm vagy alkalmazott betét névleges átmérőjének 1.5-szöröse. Később a legnagyobb megengedett betéttávolság is meghatározásra kerül. Nehezen bedolgozható esetekre megengedhető a betétek csoportokba rendezése, összefogása. Az minimális szükséges betétmennyiség meghatározása esetén hossz és keresztirányú eseteket és feszítőpázmákat különböztetnek meg a szerzők (5. táblázat). A lehorgonyzási és toldási hosszúságok alapvető meghatározását vizsgálatok alapján lehet elvégezni, ebből lehet számolni a tényleges értéket. Külön jelenik meg a hajlított FRP betétek esete és azok elhelyezése. További említés esik az FRP betétek mechanikai lehorgonyzóelemeiről, ezeket az eszközöket az FRP elemek nehezen elvégezhető hajlíthatósága miatt, lehet érdemes használni a lehorgonyzási hossz növelésének érdekében.

2.12 Építés és fenntartás

A tizenkettedik és tizenharmadik fejezetek a kivitelezéssel és a fenntartással foglalkoznak, így azokról itt nem ejtünk részletes szót. A kivitelezési részhez érdemes megemlíteni, hogy a szerzők kiemelt figyelmet szentelnek az FRP elemek sérülé-

5. táblázat: Előírt minimális betétmennyiségek (JPCI, 2021)

Betét típus	Jellemző teherviselés	Előírt betétmennyiség
Hosszirányú	Tengelyirányú teherviselés, ahol a beton keresztmetszet önmagában <u>NEM</u> elegendő	$0.8(E_0/E_{fu})^*$
Hosszirányú	Tengelyirányú teherviselés, ahol a beton keresztmetszet önmagában elegendő	$0.1(E_0/E_{fu})^*$
Hosszirányú	Hajlított	$35f_{tk}/f_{ruk}^{**}$ vagy 2% (ami nagyobb)
Keresztirányú	Kengyel	$0.15(E_0/E_{fu})^*$ osztásköz: 300 mm vagy a gerenda effektív magasságának fele
Keresztirányú	Felkötés	kiosztás maximuma a hosszirányú betétek átmérőjének 12-szerese, csuklók kialakításánál a szerkezeti elemek méretének fele
Hosszirányú	Feszítőpásmákkal együttesen	Minimum a keresztmetszeti terület 1%-a

* : E_0 a referencia rugalmassági modulus (200 kN/mm²), E_{fu} az alkalmazott betét rugalmassági modulusa

** : f_{tk} a beton húzószilárdságának karakterisztikus értéke, f_{ruk} az alkalmazott betét húzószilárdságának karakterisztikus értéke

kenységének, és hangsúlyozzák, hogy a kivitelezés közbeni sérülések elkerülése fontos. Ezeket három fejezetbe foglalva példák követik, amelyekben megvalósult projektek, vizsgálati módszerek és gyakorlati tapasztalatok kerülnek bemutatásra.

3. KONKLÚZIÓK

A japán JPCI által kiadott ajánlás egy komprehenzív dokumentum, ami az FRP betétek betonszerkezetekhez való alkalmazása mellett kitér azok készítéséhez használt betonok és acélok tulajdonságaira, terhekre, kivitelezése és egyebekre.

Az ajánlás sokoldalúságának ellenére nem tér ki az FRP betétek több lényeges tulajdonságára. Ilyenek többek között az FRP betétek kúszási szakadása, ami említésre kerül, de csak felszínesen. Továbbá a betétek tűzállósága – a tűzállóság általánosságban hiányzik a dokumentumból –, valamint azok tartósságának tárgyalása is hagy kívánnivalót maga után.

A japán szabványkörnyezetre támaszkodásból következően az egyes tárgyalt elemek jelentősen eltérnek a hazánkban alkalmazottaktól. A hivatkozott szabványok és dokumentumok nagyrésze nem érhető el angol nyelven, valamint egy másik része még nem került publikálásra. Számos a szövegben hivatkozott szabvány nem kerül felsorolásra a források között.

Összességében az ajánlás jó betekintést ad nem csak az FRP betétekkel épített szerkezetek témakörébe, hanem a japán szabványkörnyezetbe és annak sajátosságaiiba is.

4. HIVATKOZÁSOK

- JPCI (2021) *Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Fibre Reinforced Polymer (FRP)*. Tokió, Japán, Japán Feszítettbeton Intézet
- JSA (2018a) JIS A 1108:2018 (E). *Method of test for compressive strength of concrete*. Tokió, Japán. Japán Szabványügyi testület
- JSA (2018b) JIS A 1113:2018. *Method of test for splitting tensile strength of concrete*. Tokió, Japán. Japán Szabványügyi testület
- JSA (2004) JIS G 3112:2004 *Steel bars for concrete reinforcement*. Tokió, Japán. Japán Szabványügyi testület
- JSA (2021) JIS A 1192:2021 *Test method for tensile properties of fiber reinforced polymer (FRP) bars and grids for reinforcement of concrete*. Tokió, Japán. Japán Szabványügyi testület
- JSCE (2018a) *Standard Specifications for Concrete Structures - Design*. Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesülete
- JSCE (2013) *Standard Specifications for Concrete Structures - General Principles*. Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesülete
- JSCE (2018b) *Standard Specifications for Concrete Structures - Materials and Construction*. Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesülete

JSCE (2018c) *Standard Specifications for Concrete Structures - Test Methods and Specifications*. Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesülete

JSCE (1995) JSCE-E 535-1995. *Test Method for Tensile Fatigue of Continuous Fiber Reinforcing Materials* Tokió, Japán. Japán Építőmérnökök Egyesület

Somlai Bálint 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 acélanyagú (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. Súlyom Sándor okleveles építőmérnök, betontechnológus szakmérnök, PhD, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék. Fő érdeklődési területei: szálerősítésű polimer betétek alkalmazása, tapadása és lehorgonyzása betonban; szálak alkalmazása betonban, 3D betonnyomatás, tartósság, fenntarthatóság. fib (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozatának alelnöke, fib TG5.1 munkacsoport tagja, COM9 titkára.

FRP REINFORCEMENT TO CONCRETE STRUCTURES IN WORLDWIDE EXPERIENCES 2. – JAPANESE APPROACH

Bálint Somlai - György L. Balázs - Sándor Súlyom
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.