

Nagyszilárdságú szálerősítésű polimer (FRP) betétek hazai és nemzetközi szabványokban való megjelenésének elősegítése



Nagyszilárdságú szálerősítésű polimer (FRP) betétek hazai és nemzetközi szabványokban való megjelenésének elősegítése



Sólyom Sándor

Témavezető: Prof. Balázs L. György



Fibre Reinforced Polymer (Szálerősítésű polimer)

Szálak

- 5-20 μm átmérő
- nagy húzószilárdság
- lineárisan rugalmas
- rideg
- 60-75 V%
- üveg | szén | aramid | bazalt

+

Ágyazóanyag

- szálak védelme
- teherelosztás
- „kis” szilárdság
- üveges állapot
- lineárisan rugalmas (rövid idejű teher)
- viszkoelasztikus (tartós teher)
- vízfellevő képesség



„Based on available studies, the **yearly** global cost of corrosion problems is estimated to be US\$2.5 trillion, which is equivalent to **3.4% of the global GDP.**”

Estefania Cuenca, Alessio Zaro and Liberato Ferrara, *An experimental set up to assess the effects of crack sealing on the concrete-reinforcement bond in chloride environments*, Proceedings of the fib Symposium 2019, 27-29 May 2019

FRP?





Fibre Reinforced Polymer (Szálerősítésű polimer)

Szálak

- 5-20 μm átmérő
- nagy húzószilárdság
- lineárisan rugalmas
- rideg
- 60-75 V%
- üveg | szén | aramid | bazalt

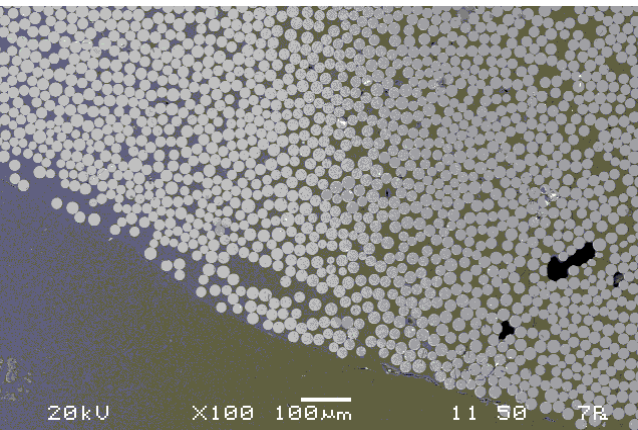
+

Ágyazóanyag

- szálak védelme
- teherelosztás
- „kis” szilárdság
- üveges állapot
- lineárisan rugalmas (rövid idejű teher)
- viszkoelasztikus (tartós teher)
- vízfelvevő képesség



Keresztmetszet



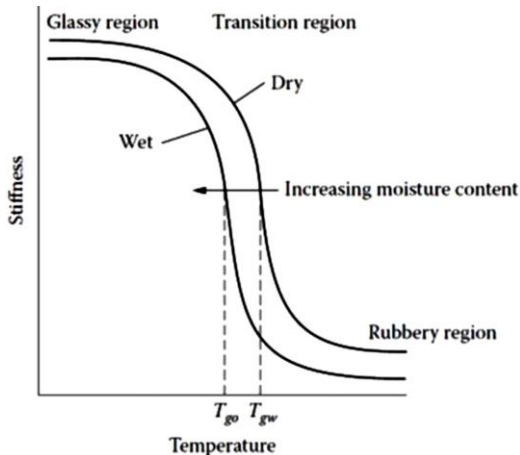
Elektrolitikus korrózióknak teljesen ellenálló!

FRP?



Célkitűzések:

1. Az FRP betétek tapadásának vizsgálata magas hőmérsékleten
2. Az FRP betétek felületi kialakításainak hatása a betonnal való együttműködésre

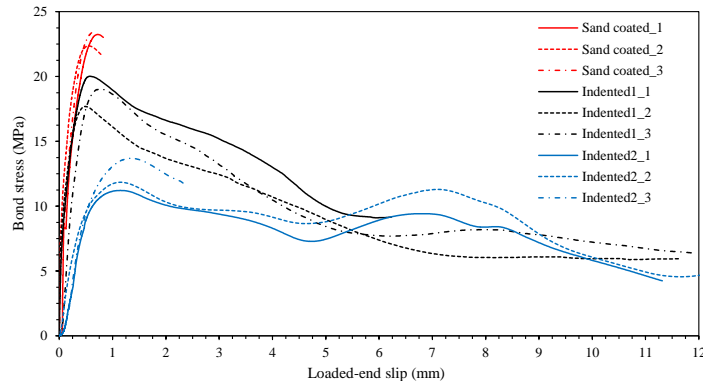


(GangaRao, Taly, Vijay, Reinforced Concrete Design with FRP Composites, 2007)

- T_g -> mechanikai tulajdonságok csökkenése
- kevés vizsgálat magas hőmérsékleten
- **terheletlen oldal/analitikus modell**

“**Bond** between fiber-reinforced polymer (FRP) reinforcement and concrete is developed through a mechanism similar to that of steel reinforcement and depends on FRP type, elastic modulus, **surface deformation** and shape of FRP bar”

ACI 440.1R-15, p.27



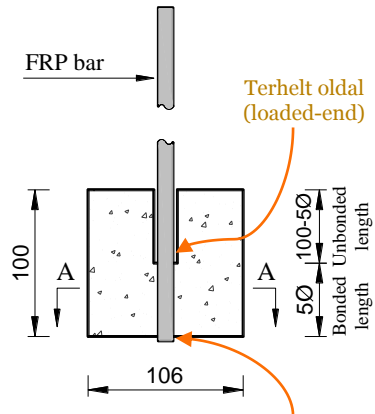
Kutatási feladatok



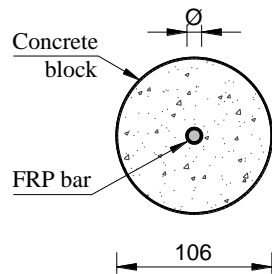


Magas hőmérséklet

- Kihúzóvizsgálatok
- Beton: $f_c = 37,8 \text{ MPa}$ ($SD = 0,4$)
- **GFRP**: $\varnothing = 8 \text{ mm}$, $E_f = 56,1 \text{ GPa}$ ($SD = 1,5$),
 $f_f = 1542 \text{ MPa}$ ($SD = 27,8$)
- ~20, 80, 165, 190 és 300 °C



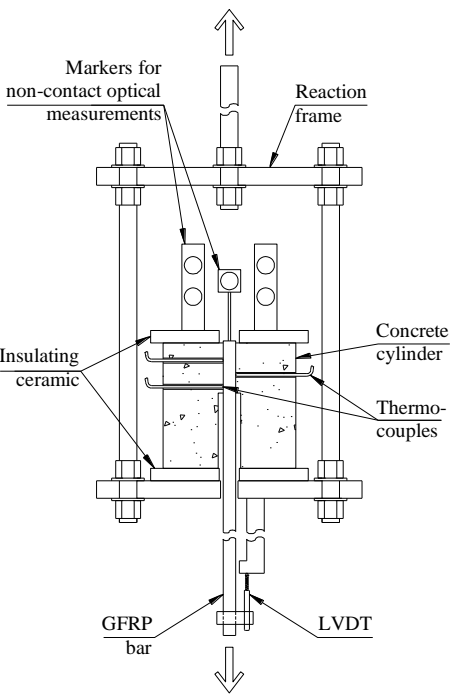
Section A-A



Terheletlen oldal (free-end)

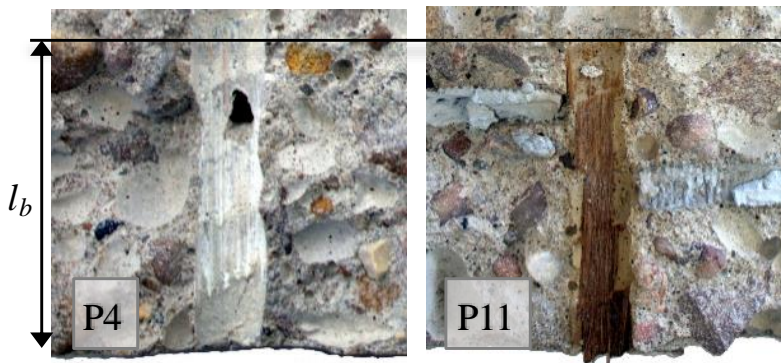
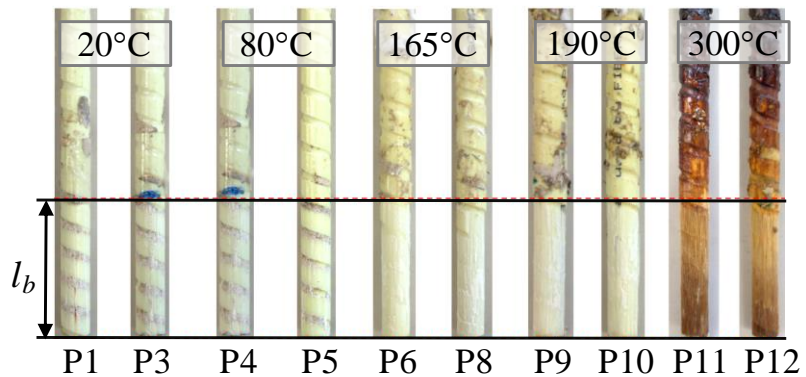
Kísérleti anyagok, próbatest





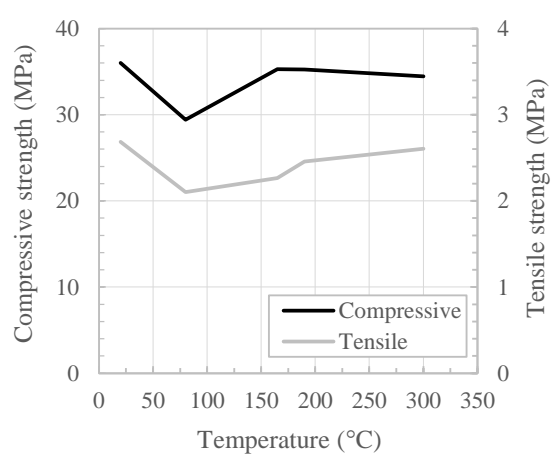
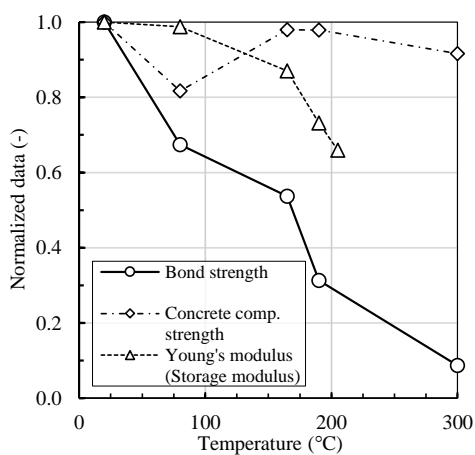
Vizsgálati módszer



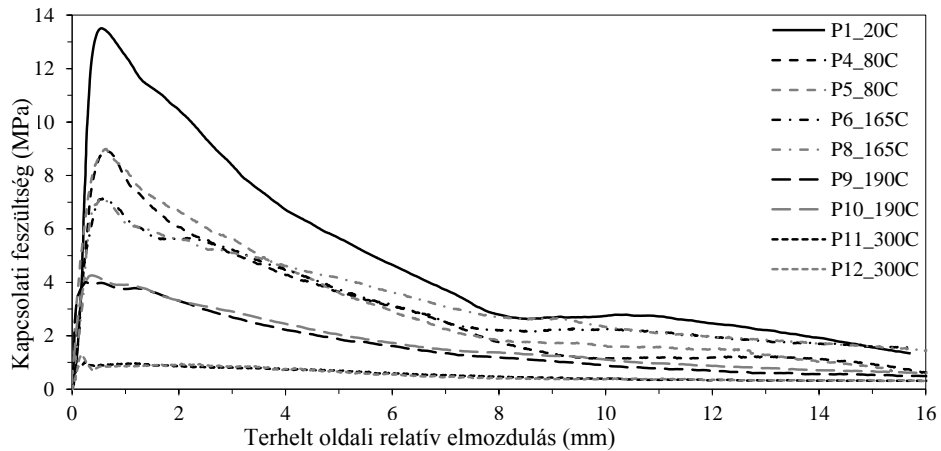


Tönkremeneteli mód





$$\tau_{b,max} = \frac{F_{ult}}{\pi * \phi * l_b}$$



Eredmények



Analitikus modell

mBPE modell

$$\tau_b = \tau_{b,max} \left(\frac{s}{s_m} \right)^\alpha \quad (0 \leq s \leq s_m)$$

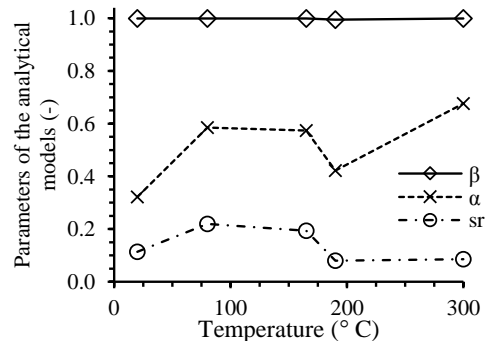
$$\tau_b = \tau_{b,max} \left[1 - p \left(\frac{s}{s_m} - 1 \right) \right] \quad (s_m \leq s \leq s_{res})$$

$$\tau_b = \tau_r \quad (s \geq s_{res})$$

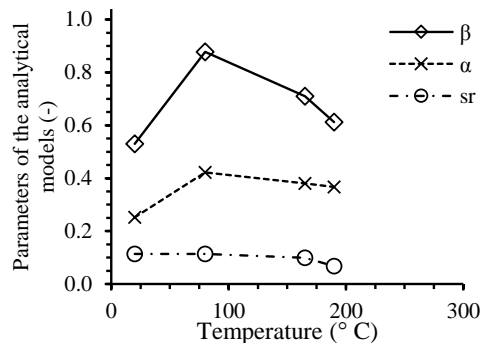
CMR modell

$$\tau_b = \tau_{b,max} \left[1 - e \left(-\frac{s}{s_r} \right) \right]^\beta \quad (0 \leq s \leq s_m)$$

Terhelt-oldali relatív elmozdulás



Terheletlen-oldali relatív elmozdulás



	Laboratóriumi hőmérséklet		Magas hőmérséklet	
	Terhelt oldal	Terheletlen oldal	Terhelt oldal	Terheletlen oldal
α	0.322	0.253	0.676	0.367
s _r	0.114	0.114	0.086	0.067
β	0.999	0.530	0.999	0.613



GFRP HW

(helically wrapped -
spirális tekerés)



GFRP indented

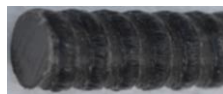
(rovátkolt)



GFRP HW+SC



ribbed (bordázott)



GFRP SC



BFRP SC

(sand coated - homokszórt)



FRP - felületi kialakítás

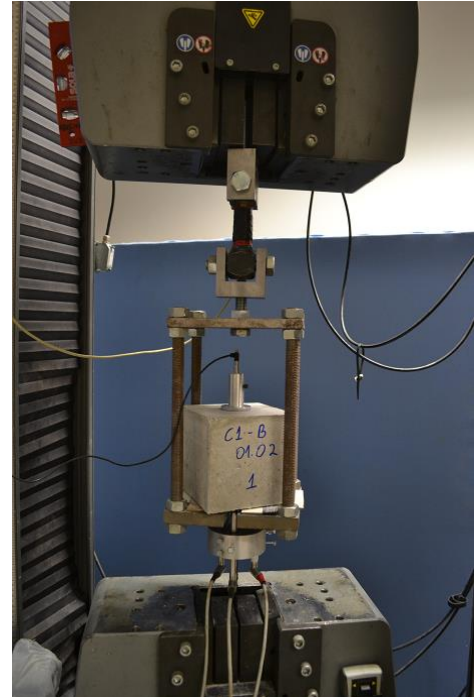
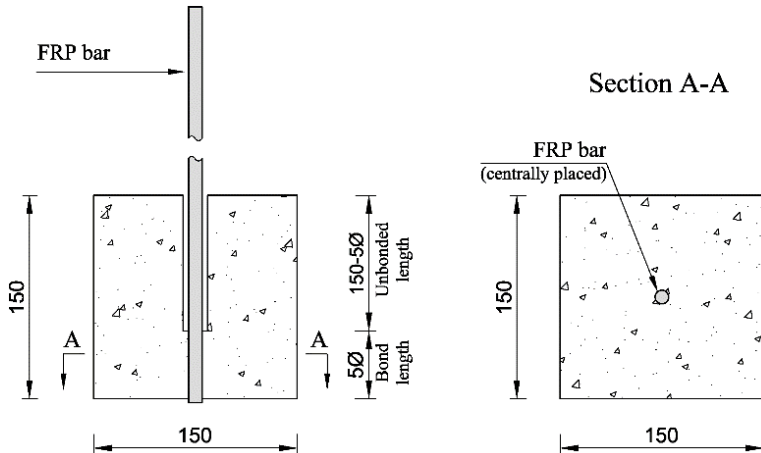




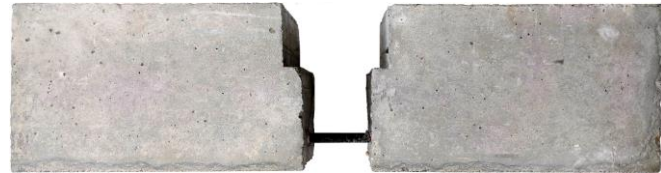
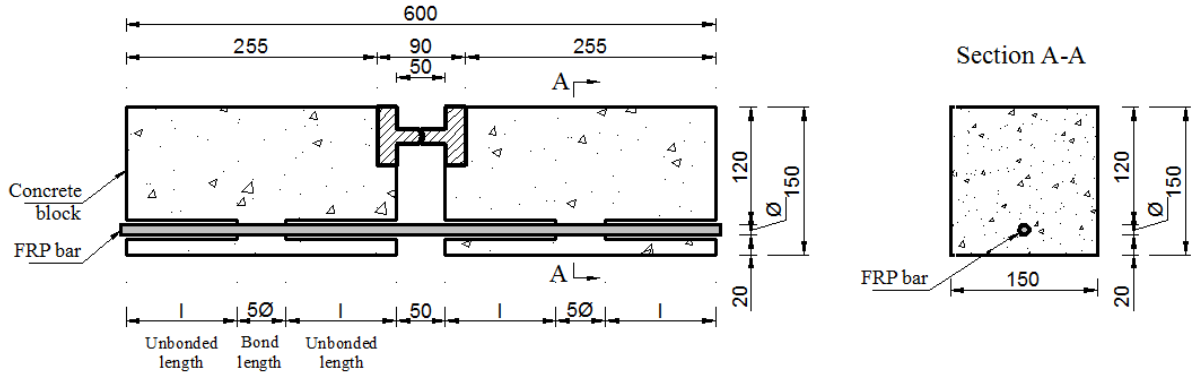
Felületi kialakítás

○ kihúzóvizsgálat (P-O)

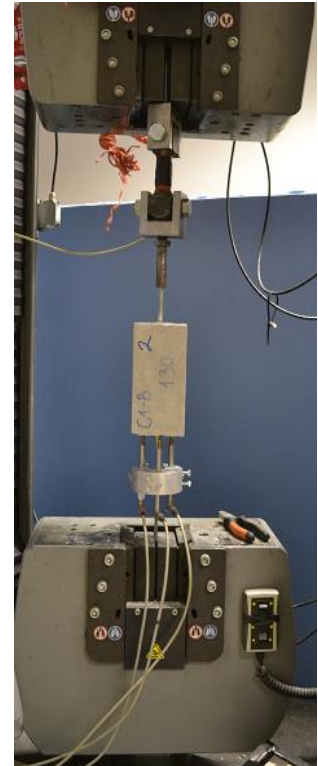
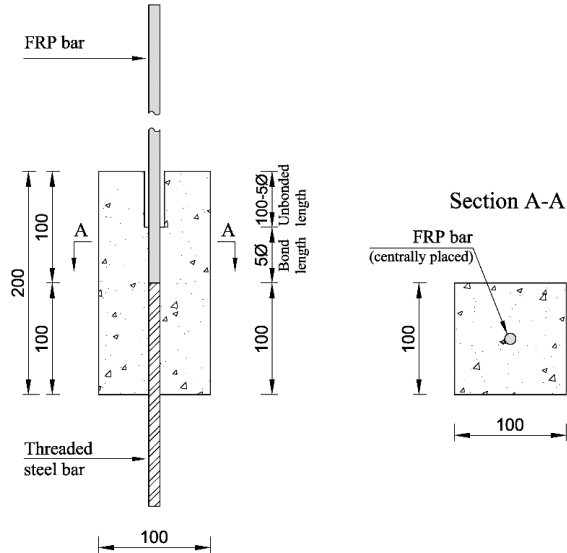
(ACI 440.3R | CSA S806 Annex G | RILEM RC6)

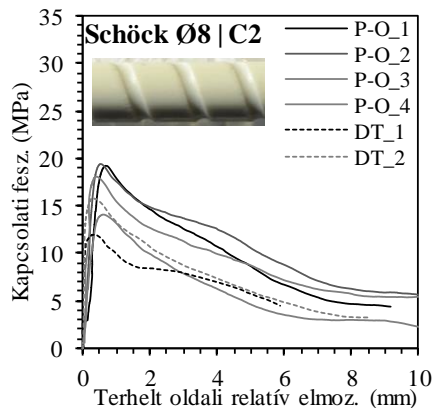
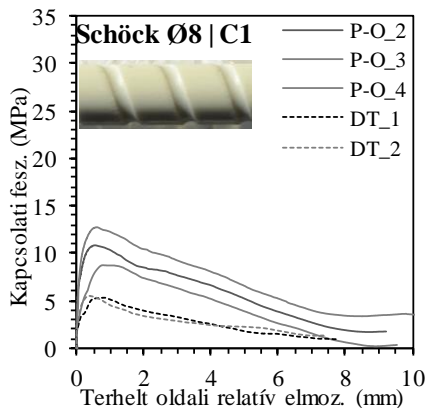
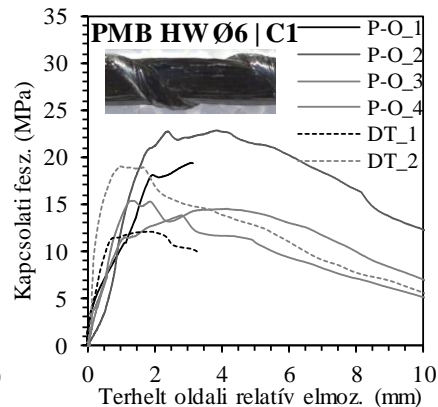
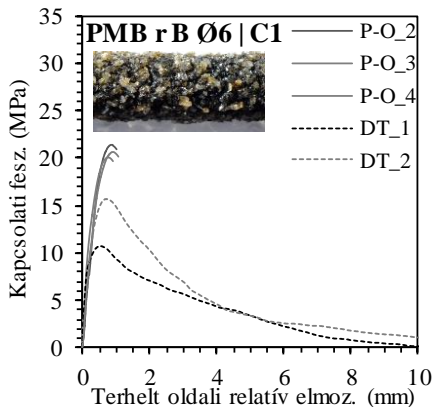
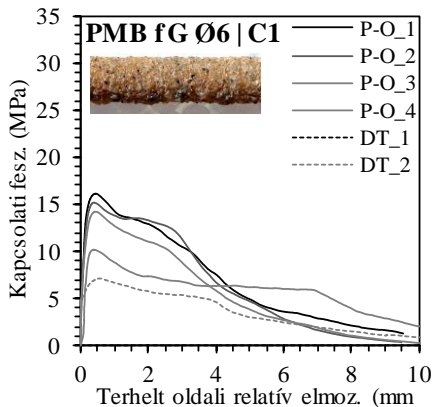


○ gerenda (hajlító) kihúzóvizsgálat (ACI 440.3R | RILEM RC5)



○ „direct tension” kihúzóvizsgálat (DT)





$\tau_{b,max}$



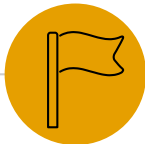
Eredmények ismertetése

- *fib* TG5.1 (FRP Reinforcement for concrete structures) munkabizottsági ülés, Barcelona, Spanyolo., 2018 okt. 25-26
- ACF2018 Sustainability and Innovation in Concrete Materials and Structures, Fuzhou, Kína, 2018 nov. 4-7
- IABSE Symposium 2019 - Towards a Resilient Built Environment, Guimarães, Portugália, 2019 márc. 27-29
- *fib* TG5.1 | *fib* YMG | Krakko, Lengyelország, 2019 május 24-29
- BEI2019-Bridge Engineering Institute, AEÁ, 2019 júl. 22-25
- Sandor Solyom, Matteo Di Benedetti, Maurizio Guadagnini, György L. Balázs, Effect of temperature on the bond behaviour of GFRP bars in concrete. Folyóirat: Composites Part B: Engineering
- Sandor Solyom, György L. Balázs, Bond of FRP bars with different surface characteristics, Folyóirat: Construction and Building Materials

Eredmények hasznosulása

- Új kísérleti módszerek kidolgozása
- Analitikus modell kidolgozása. Kapcsolati feszültség-relatív elmozdulás összefüggések differenciál egyenletének megoldhatósága (zárt formában megadva) magas hőmérsékleten is
- Numerikus modellezési lehetőség szerkezeti elemek esetén is (lásd: „IABSE” cikk: *Modelling the temperature effects in GFRP RC members – bond and structural application*) -> Költséghatékonyság
- Szerkezeti elemek használati és teherbírási határállapotban viselkedések jobb megítélése





Köszönöm a figyelmet

solyom.sandor@epito.bme.hu



MC-ITN: European Network for
Durable Reinforcement
and Rehabilitation Solutions



The
University
Of
Sheffield.

Task Group 5.1
FRP reinforcement
for concrete structures



COST Action TU1207
Next Generation Design Guidelines
for Composites in Construction