

## VÁLASZ

dr. Papp Ferenc Professor Úr

„BETONANYAGÚ SZERKEZETEK TŰZÁLLÓSÁGA”

című MTA Doktori értekezésemre írt opponensi véleményére

Legelőször szeretném megköszönni a Professor Úrnak, hogy rendkívül alaposan és lényegre törő kérdésekkel elkészítette bírálatát. Egyúttal köszönöm a bírálatba fektetett sok és alapos munkát.

Válaszomban reagálni szeretnék az általános felvetésekre, és a konkrét kérdésekre is választ adok.

### Észrevételek és kérdések

#### 3.1 Az 1 fejezet: BEVEZETÉS

A bevezetés második szakasza sajnos rögtön ellentmond az értekezés címének: „...Kutatásomban beton-, vasbeton szerkezetekben magas hőmérséklet hatására létrejövő változásokat elemzem...”. Ezzel ellentétben az értekezés címében „beton anyagú szerkezetek” szerepel. Véleményem szerint az értekezés címe helyesen: Beton- és vasbeton szerkezeti elemek egyes komponenseinek tűzállósága. (A javaslat a bírálat elolvasása után válik érthetővé).

*A címválasztás során a betonanyagú szót tudatosan használtam, tekintettel arra, hogy a vasbeton szerkezetek alapanyaga is beton. Véleményem szerint, ha betonszerkezetről beszélünk az teljesen más, hiszen a nevében benne van, hogy az valóban csak betonból áll és nem tartalmaz acélbetéteket. A címválasztásnál a másik motiváló tényező az az irányelv volt, hogy a cím lehetőleg rövid és lényegre törő legyen. Azonban a professzor úr által javasolt cím valóban pontosabban körülírja a témát.*

1. ÉSZREVÉTEL: Egy tudományos műben az alapvetéseket pontosan kell megadni. Ezért szükségesnek tartom a második szakasz tartalmának pontosítását, az ISO görbe alkalmazását alátámasztó érvelés megerősítését!

*Az 1. táblázat címe valóban azt sugallja, hogy az MSZ EN 1992-1-2 alternatív eljárásokat is megenged, de a táblázat sorai között az is meg van adva, hogy lehet ugyan tűzgörbét alkalmazni a számítások során, de a táblázatos módszer, az izoterma vonalak helye és az anyagmodellek csak a standard tűz esetén érvényesek, minden más esetben a mérnök kicsit magára és a szakirodalomra van hagyva. Ennek magyarázata, hogy a felfűtési sebesség a beton szilárdság alakulását nagy mértékben befolyásolja.*

**1. táblázat: Összefoglaló táblázat a tűzállóság igazolására szolgáló alternatív eljárásokról (MSZ EN 1992-1-2)**

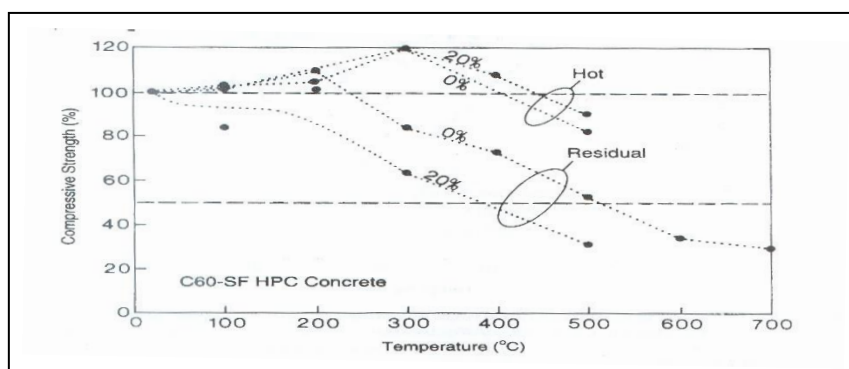
|   | Táblázatos adatok   | Egyszerűsített számítási módszerek  | Részletes számítási modellek                                  |
|---|---|---|---|
| <p><b>Egy elemes kísérletek</b><br/>Az elem különállónak veendő. A közvetett tűz hatásokat elhanyagoljuk, kivéve azt, ami a hőmérsékleti gradiensből származik</p>                          | <p><b>Van</b><br/>- Standard tűzgörbe esetére találhatóak csak adatok, 5.1(1)<br/>- Más tűzgörbékhez is lehet a szabvány adatai alapján táblázatos adatokat megadni</p> | <p><b>Van</b><br/>- Általános és paraméteres tűz esetére, 4.2.1(1)<br/>- izoterma vonalakat csak az szabványos tűz esetére adja meg, 4.2.2(1)<br/>- az anyag modellek csak a szabványos tűzhöz hasonló fűtési sebesség esetén alkalmazhatóak általános tűzhöz, 4.2.4.1(2)</p> | <p><b>Van</b><br/>4.3.1(1)P<br/>Csak az elveket ismerteti</p> |
| <p><b>A szerkezet egy részének vizsgálata</b><br/>A szerkezet egy részének vizsgálatánál a vizsgált részben keletkező közvetett hőmérsékleti hatásokat figyelembe veszi, de a szerkezet</p> | <p><b>Nincs</b></p>   | <p><b>Van</b><br/>- általános és paraméteres tűz esetére 4.2.1(1)<br/>- izoterma vonalakat csak a szabványos tűz esetére adja meg, 4.2.2(1)<br/>- az anyag modellek csak a szabványos tűzhöz hasonló fűtési sebesség</p>  | <p><b>Van</b><br/>4.3.1(1)P<br/>Csak az elveket ismerteti</p> |

|  |              |                                  |  |
|--|--------------|----------------------------------|--|
| többi részétől nem függ időben   |              | esetén alkalmazhatóak 4.2.4.1(2) |  |
| <b>Globális szerkezeti vizsgálat</b><br>Az egész szerkezet vizsgálata. A közvetlen tűzhatásokat figyelembe veszi a szerkezeten belül | <b>Nincs</b> | <b>Nincs</b>                     | <b>Van</b><br>4.3.1(1)P<br>Csak az elveket ismerteti |

2. ÉSZREVÉTEL: A stratégiai döntés ellentmond az alapvetésnek, itt részletesebb magyarázatra volna szükség!

*A beton szilárdsága kihűlt állapotban alacsonyabb, mint a tűzterhelés alatti állapotban (1. ábra), ennek kémiai és fizikai magyarázatai vannak.*

- 1) *A  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  és a CSH bomlásakor  $\text{CaO}$  keletkezik, ez 44%-os térfogatnövekedéssel alakul át a lehülés során, akár a levegő páratartamával reagálva  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -vé, ami repedéseket okoz a betonban.*
- 2) *A lehülés során a hőmérséklet-eloszlás egyenlőtlen lesz, ami a szerkezetekben, a próbatestekben további repedéseket okoz.*



**1.ábra:** A betonszilárdság alakulása tűz alatt és kihűlt állapotban (*fib bulletin 38*)

*Nagyon kivételes esetekben pl. reaktívpor betonoknál, ahol a hőterhelés hatására kerámiakötések jönnek létre a hőterhelés után kihűlt állapotban kialakulhat nagyobb betonszilárdság, de ezek már nagyon speciális esetek.*

Az utolsó szakaszban a Pályázó rögzíti a kutatási módszertanának alapjait: (1) laboratóriumi vizsgálatok; (2) nagyszámú kísérleti eredmények értékelése; (3) mérnöki kiterjesztés és alkalmazás. Az alapvetést elfogadom tudományos módszertannak, annak ellenére, hogy

- tisztázatlan, hogy mit kell érteni „nagy számú” (helyesen: nagyszámú) kísérleten?

**Az egyes tézisekhez közvetlenül hozzátartozó próbatestek darabszámát a 2. táblázatban adom meg. Az összes próbatest darabszáma 1555 volt, aminek nagy részét én készítettem technikusok, illetve kollégák segítségével.**

**2. táblázat:** Próbatest darabszám

| Tézis | Szükséges próbatest   | összes próbatest szám | kapcsolódó szakirodalom   |
|-------|---|-----------------------|---|
| 1     | 2-2 szerkezeti elem azt megelőzően 4 illetve 7 recept vizsgálata, ami 297 próbakockát és 297 hasábot jelent | 594 próbatest         | szakmai részjelentés<br>folyóirat cikkek<br>irányelv<br>szabadalom    |
| 2     | 120 kalibráló mérés<br>19 szerkezeti elemből vett mérés   | 139 próbatest         | folyóirat cikkek<br>know-how<br>szabadalom<br>(fagyállóság területén) |
| 3     | 126 kihúzó mérés<br>126 nyomószilárdság mérés   | 252 próbatest         | folyóirat cikkek  |
| 4     | 4.1 altézis 240 próbatest<br>4.2 altézis 270 próbatest  | 510 próbatest         | folyóirat cikkek  |
| 5     | 60 próbatest  | 60 próbatest          | folyóirat cikkek  |
|       |   | <b>1555 próbatest</b> |   |

### 3.2 A 2. fejezet: SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Általános észrevételem, hogy a hivatkozásoknál sehol nem szerepel oldalszám. Ez egy rövidebb cikk esetében elfogadható, de pl. a fejezetben tíz alkalommal hivatkozott, kb. 500 oldalas könyv (*Schneider, Lebeda, 2000*) esetében lehetetlenné teszi az esetleges visszakeresést, ezért elfogadhatatlan.

*Ezt az észrevételt elfogadom és jogosnak tartom, igaz az általam eddig olvasott publikációkban, szakmai anyagokban hivatkozott könyvekre vonatkozóan nem szerepelt sehol oldalszám.*

### 3.2.1 A 2.1 alfejezet

Az alfejezet a betonban lejátszódó változásokat írja le, illetve foglalja össze a hőmérséklet függvényében (2.1 táblázat). Illusztrációként a kvarckavics adalékanyagú beton DTA görbéit tartalmazó ábra szerepel (2.3 ábra). Sajnálatos, hogy az ábra aláírásában „30 napos minták” szerepel, míg az eredeti ábra esetén (Majorosné Lublőy 2008, 5.7 ábra) 56 nap van feltüntetve. Egy ilyen hiba jelentősen csökkenti a bíráló szemében a hivatkozások hitelességét.

*Ezt valóban elírtam. De megjegyzem, hogy egy 30 napos és egy 56 napos beton DTG görbéje között nincs lényeges különbség, hiszen a kötési folyamatok már mindkét esetben lezajlottak.*

3. ÉSZREVÉTEL: A beton szilárdságának változását a hőmérséklet függvényében egy átvett ábra szemlélteti (Schneider, Lebeda 2000). Furcsa, hogy az ábráról leolvasható következtetésnél, miszerint „...a hőmérséklet emelkedésének hatására csökken a betonszilárdság, de nő az alakváltozó képesség”, saját hivatkozást ad meg (Balázs, Lublőy, 2009). Kérdésem: miben járult hozzá a saját publikáció az adott kérdés tisztázásához?

*Az eredeti publikációban az ábra ugyan szerepel, de a következtetés szövegesen nem. Saját publikációnkban elemeztük a görbét és annak jelentését, továbbá az eredetiben közöltektől eltérő receptúrákat is vizsgáltunk, valamint a következtetéseket itt vontuk le, vagyis az eredmény kiterjesztését és annak értelmezését végeztük el.*

4. ÉSZREVÉTEL: Mivel a témával kapcsolatos szakirodalmi áttekintés az önhivatkozással megszakad, a bíráló azt gondolhatja, hogy 2008 óta az adott a témában nem publikáltak új eredményt. Kérdésem: Ez valóban így van?

*Nem, ebben a témában jelenleg is világszerte és Magyarországon is készülnek publikációk és folyik a kutatás. Az értekezés maga is tartalmaz egy, ezen témához kapcsolódó tézist, az ötödik tézist. A későbbi kutatásaim eredményeit azonban az értekezés megírásával egyidejűleg vagy utána lehetett csak publikálni, mivel egy-egy komoly elismertségű lapban történő publikálás hosszú ideig tart, ezért ezek a publikációk ebben a fejezetben nincsenek hivatkozva.*

*A többi szerző publikációja nem kapcsolódott szervesen a tézis témájához, az irodalom áttekintéséhez, ezen okból nem hivatkoztam le azokat.*

### 3.2.2 A 2.2 alfejezet

Az alfejezet a vasbeton szerkezetek magas hőmérsékleten mutatott viselkedését tárgyalja. A károsodási módokat a saját 2009-es publikációjára (Balázs, Lublós, 2009) hivatkozva mutatja be, kiemelve a „réteges leválás” jelenségét, mely jelenséget később Herz 2003-as publikációja alapján részletesen elemez.

5. ÉSZREVÉTEL: Itt fontos észrevenni az időbeli különbséget! Kérdésem: a 2009-es saját publikáció miben járult hozzá az adott jelenséggel kapcsolatos, Herz által 2003-ban publikált ismeretek bővítéséhez?

*Herz a betonfelületek réteges leválását okait tárgyalja részletesen, a saját publikáció viszont összességében tágabb körben elemzi a vasbeton szerkezetek tönkremeneteli okait, aminek egy kis, de fontos része a betonfelület leválása. A vasbeton szerkezetek tönkremeneteléhez más jelenségek is mint például stabilitásvesztés, határfelületek elbomlása is hozzájárulnak.*

6. ÉSZREVÉTEL: Az alfejezet az NVKP\_16-1-0019 számú hazai kutatási projekt eredményeinek ismertetésével zárul: „...a pályázat keretén belül előre gyártott panelelemek tűzterhelés vizsgálatát végeztük el (Lublós, 2018)”. Kérdésem: Hogyan oldható fel a munka leírása során alkalmazott többes szám és az egyszemélyes publikálás között húzódó ellentmondás?

*A kísérleteket többen végeztük el, hiszen szükség volt technikusai segítségre, illetve ennek hiányában valamelyik kolléga segítségére. A kísérlettervezés, a következtetések levonása és a kiértékelés saját munkám. A hivatkozott, általam írt cikk az egész folyamatot dokumentálja.*

*A kísérletekhez azért volt segítségre szükségem, mert egy betonkocka súlya acélsablonnal 20 kg körül van. A hasábok 3-asával készülnek, a beton és a sablon együttes súlya ebben az esetben 50 kg körüli. A kockákat még csak-csak meg tudom mozdítani egyedül, de a hasábok mozgatásához már segítségre van szükségem.*

### 3.2.3 A 2.3 alfejezet

Az alfejezet a szálak adalékok hatásával foglalkozik. A Pályázó megállapítja, hogy a szakirodalomban vizsgált esetek aszimmetrikusak: „...ezért megvizsgáltam a mikro-acélszál, illetve a makro-műanyagszál erősítésű betonok magas hőmérsékleten történő viselkedését”. Sajnos, a téma kifejtése itt megszakad, az olvasó nem tudhatja meg az eredményt, későbbi fejezetekre sem történik utalás.

***Az eredményeket a 4. tétel ismerteti.***

3.2.4 A 2.4 alfejezet

Az alfejezet a beton és a betonvas kapcsolati szilárdságával foglalkozik.

7. ÉSZREVÉTEL: A szöveg így kezdődik: „*Vasbeton szerkezetek esetén egy tűzeset során csökken a beton nyomószilárdsága és az acélbetétek húzószilárdsága, emiatt létrejöhetnek képlékeny alakváltozások is.*” Kérdéseim: (i) A szerkezeti elemek viselkedésében nincs szerepe a beton húzószilárdsága csökkenésének? (ii) Milyen összefüggés van a képlékeny alakváltozás és a teherbírás csökkenése között?

***A beton húzószilárdság csökkenésének is szerepe van a szerkezet viselkedésének változásában, de általában a nyomószilárdságot szoktuk megadni, mivel a beton esetén a nyomószilárdság ismeretében könnyen számítható a húzószilárdság.***

***Ha a szerkezet teherbírása csökken előbb érjük el a képlékeny (vagyis a maradó) alakváltozás tartományát.***

8. ÉSZREVÉTEL: A továbbiakban ezt olvashatjuk: „*A beton és az acélbetétek megfelelő együttműködését normál hőmérsékleten az azonos hőtágulási együttható biztosítja.*” Kérdésem: (i) Mit kell érteni „normál hőmérsékleten” és „megfelelő együttműködés”? (ii) Amennyiben az együttműködést az azonos hőtágulási együtthatók biztosítják, akkor mi a szerepe például a két anyag közötti kémiai kötésnek?

***A megfelelő együttműködést sima betonacélnál a kémia kötés biztosítja, a bordás betonacélnál létrejön egy mechanikai kapcsolat is a kémia kötés mellett. Nagyon fontos tényező, hogy a -20 és 50 °C tartományban (úgymond a normál hőmérsékleti tartományon), ami a magyarországi éghajlati körülmények között előfordulhat egy szerkezetben, a két anyag hőtágulása nem tér el egymástól. Így a hőmérsékletingadozás hatására nem történik elmozdulás a beton és a betonacél között, azaz együtt tud mozogni, „dolgozni” a két anyag.***

9. ÉSZREVÉTEL: A kapcsolati szilárdság elemzése kapcsán a következőt olvashatjuk: „A 2.14 ábrán a hőmérséklet-emelkedés hatását lehet látni a hagyományos beton relatív elmozdulásának és a kapcsolati szilárdságnak összefüggésére.” Kérdéseim: (i) Mit kell érteni a „hagyományos beton” kifejezésen? (ii) Mit kell érteni a „relatív elmozdulás” kifejezésen, annak tükrében, hogy mértékegységként [mm] van feltüntetve? (iii) Pontosan mit ad meg a kísérleti görbe egy pontja?

*A hagyományos beton cement kötőanyaggal készül és normál szilárdsági tartományban tartozik, vagyis C50/60 alatti a nyomószilárdsága.*

*Relatív elmozdulást a tapadószilárdság esetén mm-ben szoktuk megadni, a relatív itt a betonfelületről az acélbetét elmozdulást jelenti., ez a helyzetre vonatkozik nem az érték viszonyítására.*

*A koordináta tengelyeken feltüntetett jellemzők összetartozó értékpárját adja meg, az az a kihúzó kísérlet alatti aktuális feszültség (tapadószilárdság), illetve acélbetét és beton közötti relatív elmozdulás összetartozó értékeit.*

10. ÉSZREVÉTEL: Itt a tárgyalás megszakad, a vélemény nem kerül indoklásra. Ez azért is sajnálatos, mert az 5.3.2 pontban a Pályázó numerikus modellt közöl, amelynek eredményei a kísérleti eredményekkel együtt igazolják az új javaslat helyességét. A probléma az, hogy elmarad a szakirodalomból ismert modellek helyességének vagy helytelenségének vizsgálata. Szükségesnek tartom e hiányosság pótlását!

*Később a kapcsolati szilárdságnál megadott tézisznél (5.3 fejezet, 3. tézis) indoklom. Itt csak a problémafelvetést szerettem volna ismertetni és rávilágítani arra, hogy miért foglalkoztam ezzel a problémakörrel.*

*A szakirodalomban fellelhető modellek alapvető hibája, hogy a kémia folyamatokat nem megfelelően veszi figyelembe, tehát ezek a modellek szerintem elvi hibát tartamznak. Ezen okból nem vizsgáltam a helyességüket.*

3.2.5 A 2.5 alfejezet

Az ötödik alfejezet a CT technológia alkalmazását mutatja be a beton anyagvizsgálata kapcsán. A leírás a CT technológia bemutatásával kezdődik. A Pályázó alapirodalomnak a [wikipedia.org](http://wikipedia.org) szabad enciklopédiát jelöli meg. Ezt nem tartom szerencsésnek: egy MTA doktori műben



lektorált tudományos irodalom megadását látom szükségesnek (pl. <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/hounsfield-scale>).

***A kritika jogos és elfogadom. Bár számomra örök kérdés, hogy a mai modern világban mennyire használhatjuk az internet által adott lehetőségeket. A kérdéses oldal a sciencedirect oldal, ami tudományosan elfogadott könyvre (Handbook of Clinical Neurology) hivatkozik, igaz egy internetes link megadásával, ebben az esetben véleményem szerint elegendő a link megadása.***

11. ÉSZREVÉTEL: A 27. oldal közepén ezt olvashatjuk: „*A kőzeteknél és így a betonanyagnál is a Hounsfield-értéket az ásványos (kémiai) összetétel és a porozitás, együttesen befolyásolja.*” Majd megemlítésre kerül egy eljárás, amely a két tényező szétválasztását célozza. Azonban a következő mondattal az eljárás alkalmazását elveti, és itt a téma tárgyalása megszakad. Kérdésem: Ez azt jelenti, hogy a probléma a mai napig megoldatlan?

***Nem, ezt a módszert azért vetettük el a beton esetén, mert a teljes pórustartalmat csak részlegesen (mivel a zárt pórusokat nem lehet) és hosszú idő alatt tudtuk csak feltölteni. Továbbá az összehasonlító vizsgálatok alapján ez a mérés csak mintegy 1 ezrelékkal adott pontosabb eredményt.***

12. ÉSZREVÉTEL: A 28. oldal közepén a következőket olvashatjuk: „*A CT mérések alapján a beton belső szerkezetét jobban megismerve numerikus modellezést végeztek*”. Számomra itt kezdett a tárgyalás izgalmassá válni, de sajnos ezzel a kitételrel a téma le is lett zárva.

***A CT mérésekkel pontos háromdimenziós képet lehet előállítani és ennek segítségével végeselemes modellezést is el lehet végezni. A hivatkozott publikációban a témát érdekesnek találtam, de sajnos a kiértékelés, és a módszerek megalapozottsága véleményem szerint nem volt elég meggyőző, ezért itt nem ismertettem.***

13. ÉSZREVÉTEL: A 29. oldal közepén a megelőző kilencsoros szakasz megismétlődik. Ezt súlyos formai hibának tartom: az önellenőrzés hiányára utal!

***Sajnos, ez a formai szerkesztés (ábra melyik oldalra kerül) során maradt benne kétszer az értekezésben.***

Feltűnt, hogy a Pályázó a négyoldalas leírásban kilenc alkalommal hivatkozik a szakmérnöki dolgozatára (Lublóy, 2011). Ezzel azt kívánja nyomatékosítani, hogy a témával kapcsolatos munkásságát nemzetközi szinten kiemelkedőnek és meghatározónak tartja?

*A betonelemek CT-vel való vizsgálatban valóban kiemelkedő a munkásságom, ezen témában egy bejegyzett nemzetközi szabadalom, számos publikáció fűződik a nevemhez, és egy 10 fős munkacsoportot irányítok egyetemen belül, ahol jelenleg a kiértékelést segítő software fejlesztését végezzük. A fejlesztésben és a termék értékesítésében már cég is részt vesz, tehát van ipari érdeklődés is az ezirányú munkásságunk iránt.*

### **3.4 A 4 fejezet: ALKALMAZOTT LABORATORIUMI MÓDSZEREK**

14. ÉSZREVÉTEL: Az értekezés zavaró hivatkozási módszerére egyetlen, de jellemző példát hozok fel. A 36. oldal utolsó bekezdésének utolsó sorában a következő olvasható: „*Ennek ismeretében pedig számítani lehet a próbatestek látszólagos porozitását (Lublóy, 2011; Kausay, 2013): plátszólagos=Vvíz/V*”. Számomra ez a hivatkozás azt jelenti, hogy a formulát először Lublóy publikálta 2011-ben. Kérdésem: Valóban erről van szó, vagy a hivatkozás esetleg arra akart utalni, hogy Lublóy hogyan mérte ki a képletben szereplő paraméterek értékét 2011-ben?

*Igen, a mérés személyére akart utalni, sajnálom, hogy félreérthető lett.*

15. ÉSZREVÉTEL: A CT vizsgálat leírásának (4.9 alfejezet) második szakasza így kezdődik: „*A kiértékelést Kapitány Kristóf (Kapitány, 2015) segítségével végeztem el*”. Kérdésem: Konkrétan miben mutatkozott meg Kapitány segítségével?

*Dr. Kapitány Kristóf kollegám térinformatikusként dolgozik, a képi feldolgozást végezte a instrukcióim alapján. A felvételeket, a kapcsolódó laborméréseket és az anyagot kiértékelést én végeztem el. A CT felvételeknél már maga a képfeldolgozás is olyan bonyolult, hogy érdemes az anyagot és az informatikai kérdéseket külön választani. Csak egy egyszerű példa, ha a feladat az, hogy számoljuk össze egy képen a fekete pontok (pixelek) számát, ez a feladat véleményem szerint egy informatikusnak egyszerű feladat, de egy mérnöknek órákba, esetleg napokba tellene.*

*A CT felvételek feldolgozása ennél jóval bonyolultabb, ha nincsenek megfelelő szűrők a sugár visszaverődés miatt nem korrekt az eredmény. Itt jegyzem meg, hogy beton esetén a felület sűrűsége is változik, további nehézségeket okozva (erre alkalmaztuk megoldásként a fordított Fourier transzformációt). A felvételek alapján is sok minden látszik, de egy mérnöknek a számok mondanak valamit. A képfeldolgozás alapján a mért adatok számszerűsítésében (pl. a fekete pontok száma jelen esetben a pórusok számát adja meg) segített dr. Kapitány Kristóf.*

16. ÉSZREVÉTEL: A bekezdés így végződik: „Az eredményeket táblázatos formában rögzítjük, amik a teljes mintára vonatkozóan statisztikai számításokra is lehetőséget biztosítottak (Lublóy, Balázs, Kapitány, Barsi, Földes, 2014).” Kérdésem: A statisztikai számításoknak előfeltétele, hogy az adatokat táblázatos formában rögzítjük?

Arra számítottam, hogy a fenti hivatkozás áttekintése során megértem a táblázatos rögzítés és a statisztikai számítás összefüggését, de csak a következő szöveget találtam (88. oldal, 5. fejezet, első bekezdés vége): „Az eredmények táblázatos formában rögzítjük, és további statisztikai számításokra is lehetőséget biztosítanak, nem csupán szeletenként, hanem a teljes magmintára vonatkozóan is.” Sajnos nem derül ki, hogy mik lehetnek a „további statisztikai számítások”. A két idézet között csak annyi a különbség, hogy máshol van a nyelvi hiba.

*Sajnálom, hogy nyelvi hiba maradt benne. A táblázatos adatgyűjtés nyilván nem előfeltétele a statisztikai elemzésnek, de megkönnyíti azt, ezért döntöttünk emellett. Ebben a formában a munkamegosztás is egyértelmű volt, a képfeldolgozásból kapott adatokat én dolgoztam fel és értékeltem, hasonlítottam össze a labormérés eredményeivel.*

*További analízis alatt esetemben a rétegződés függvényében a póruseloszlás elemzése értendő.*

### **3.5 Az 5. fejezet: TŰZ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA**

A fejezet az értekezés lényegi része. A 2.6 alfejezetben megfogalmazott öt tudományos kérdés kifejtése összesen hat alfejezetben történik. Ennek az az oka, hogy a negyedik kérdést két alfejezet tárgyalja (5.4 és 5.5 alfejezetek). Véleményem szerint indokolt lenne a két alfejezet összevonása.

*Az észrevételt elfogadom, azért bontottam ezt a részt két fejezetre, mert ez a tézis két különálló kísérletsorozatból áll.*

17. ÉSZREVÉTEL: A fejezet a következő rövid bevezetéssel indul: „A következőkben részletesen bemutatom az egyes tézisekben megfogalmazott eredményekhez tartozó vizsgálati és mérési módszereket, azok kiértékelését és mérnöki kiterjesztését, alkalmazásait.” Mivel a célkitűzéseket nem értem tisztán, ezért a következő kérdéseket szeretném feltenni:

- A tézis indikálja a tudományos kifejtést, vagy a kifejtés eredménye a tézis?
- Mi célt szolgált a 4. fejezet, ha itt újra leírásra kerülnek a mérési módszerek?
- Mit jelent a „mérési módszerek kiértékelése”?
- A módszer vagy a tudományos tézis kerül kiterjesztésre?

*A tézis a tudományos kifejtés eredménye.*

*A 4. fejezetben az általánosságban használt mérési módszereket adom meg, az 5. fejezetben minden egyes méréshez a további specifikációkat.*

*A mérési eredményeket értékeltem ki, valóban pontatlan a megfogalmazás.*

*A módszer kerül kiterjesztésre.*

3.5.1 Az 5.1 alfejezet

A TT fődémpanelek vizsgálatának eredményét az 5.1 ábrán látható hőmérséklet [°C]-idő[óra] görbék szemléltetik. Furcsa, hogy az „átmelegedési határállapot” °K-ban van feltüntetve a °C skálán.

*Igen sajnós ezt az ellentmondást maguk a tüzes szabványok sem oldják fel. A hővezetés mértékegysége  $W/(m \cdot K)$ , de az MSZ EN 1992-1-2 szerint a normál beton hővezető képességének felső határát az következők szerint lehet meghatározni:  $\lambda_c = 2 - 0,2451 (\theta / 100) + 0,017 (\theta / 100)^2 W/(m \cdot K)$ ,  $20^\circ C \leq \theta \leq 1200^\circ C$ , ahol  $\theta$  a beton hőmérséklete”. Az átmelegedési határállapothoz tartozó értéket a szabvány °K adja meg, de a mérések során °C-ban mérünk, ezért történt így a megadás.*

A kétféle tesztmodellen végzett 1-1 darab kísérlet alapján született meg a következőztetés: „Az MSZ EN 1992-1-2 csak C80/90 betonszilárdság felett írja elő a műanyagszálak (helyesiras.mta.hu: műanyag szálak) alkalmazását, én viszont kísérletileg igazoltam, hogy már

*ennél jóval alacsonyabb betonszilárdság esetén, azaz C50/60 betonszilárdság felett bekövetkezik a betonfelületek fokozott réteges leválása.”*

18. ÉSZREVÉTEL: Szerintem az állítás pontosításra szorul: a próbatest szilárdsága C60/75 volt, ezért az állítás csak erre az esetre vonatkozhat.

***Az észrevétel jogos elfogadom, hogy itt, ilyen szövegkörnyezetben a C60/75 lenne a helyes. A C50/60 azért szerepel mégis, mert betontechnológiailag ez már nagyszilárdságú beton és én célszerűnek tartanám a biztonság javára való közelítéssel inkább itt meghúzni a határt. További indoklás, hogy a korábbi ugyanezen a betonösszetételeken végzett megelőző kutatások során készített laborkísérletek (kis elemes vizsgálatok) alapján ez a határ valószínűleg inkább C50/60 (NVKP kutatási jelentés, 2016; Majorosné Lublós Éva PhD dolgozat, 2008).***

19. ÉSZREVÉTEL: Az alfejezet utolsó és kiemelt szakaszának végén a következő olvasható (46. oldal): „*A műanyagszálak alkalmazásával a betonfelületek leválását csökkenteni tudjuk, és ezzel a szerkezet tűzállósági határértéke (REI) jelentősen megnő*”. A magyarázat meglepően furcsa: „*Ennek magyarázata, hogy a műanyagszálak alkalmazásával a betonfelület leválását csökkenteni tudtuk és ezzel a szerkezet tűzállósági határértéke megnő...*”. Kérdésem: Ez elfogadható tudományos magyarázatnak?

***Véleményem szerint a megállapítás megáll, mivel az kísérleti eredményeken alapul, a magyarázat feleslegesen ismétli el a tényt, miszerint ha a betonfelület leválásának mértéke csökken akkor a tűz alatt az átmelegedés, a deformálódás mértéke is csökken és így a szerkezeti elem hosszabb ideig tud a tűz hatásnak ellenállni. Tűz esetén mindig az a kérdés hány percig marad állva a szerkezet, hány percig lehet menteni?***

Összefoglaló vélemény

Az 5.1 alfejezetben bemutatott kísérleti program szakmailag fontos munkát takar, az eredmény a gyártó szempontból hasznos lehet, ugyanakkor az alábbi okok miatt szerintem nem tudományos értékű:

- eddig is ismert volt, hogy a mikro szálak alkalmazása megakadályozhatja a nagy szilárdságú betonszerkezetek felületi rétegeinek tűzhatás okozta leválását;
- a kísérlet során megfigyelt jelenségek (határállapotok) leírása nem szabatos (egy jellemző példa a „*jelentősen kisebb*” kifejezés alkalmazása a számszerű értékek helyett);

- a kutatás nem modellezte a jelenségeket, így nincs lehetőség a jelenségek mélyebb megérésére, parametrikus vizsgálatára;
- egy-egy próbaszerkezeten végzett kísérlet eredményét nem lehet általánosítani.

***Jelen esetben egy termék vizsgálatából is le lehet vonni következtetéseket, aminek a következők az okai:***

- 1) Az előregyártott termékeknek magas minőségbiztosítási követelményeket kell teljesíteni, így biztosított a termékek homogenitása.***
- 2) A tűzállóság vizsgálatra vonatkozó szabvány egy termék vizsgálatát írja elő, ennek magyarázata a vizsgálat bonyolultsága és ára.***
- 3) A nagyelemes vizsgálatokat sok kisebb elemes vizsgálat előzte meg, hiszen meg kellett előtte vizsgálni, melyik összetételt érdemes alkalmazni.***

***Véleményem szerint a kísérletek eredményei meggyőzőek, mert számszerűen is kimutattam, hogy időben mennyivel nőtt meg a vizsgált elemek tűzállósága, pl. a földemelem REI 90-ről (ténylegesen 109 perc) REI 120-ra (131 perc) nőtt.***

3.2.5 az 5.2 alfejezet

1. fázis a mérési módszer kalibrálása

20. ÉSZREVÉTEL: Kérdésem: Ha a módszer „roncsolásmentes”, akkor miért „fűrt magmintával” dolgozik? Ez nem ellentmondás?

***A CT vizsgálatok jelenleg - az építőiparban - kivett magminta segítségével végezhetőek el. Az irodalomban léteznek helyszíni CT berendezések, melyek pl. az olajfűrészhöz használt csövek, vagy a fák vizsgálatára alkalmasak. Jelenleg egy fizikus csapattal dolgozunk a detektor és a sugárforrás szétszedésén, ezen feladat megoldása után a CT használható lesz helyszíni mérésekhez is, természetesen a megfelelő sugárvédelmi előírások betartása mellett.***

***A kifűrés után a mintát roncsolásmentesen vizsgáljuk, én ezt értettem roncsolásmentes alatt. A roncsolásmentes vizsgálatnak még egy kifűrt magmintán is számos előnye van a többi laboratóriumi módszerhez képest, például a teljes porozitást (0,1 mm feletti pórusok) ki lehet mérni nem csak a látszólagos porozitást, a réteghatárokon látni lehet a változást (pl. aszfaltmintákon). További előny, hogy ugyanazon a kifűrt magmintán CT vizsgálat mellett***

***más vizsgálat, mérés is elvégezhető (ultrahangos szilárdságbecslés, nyomószilárdság vizsgálat stb.).***

Az első lényegi megállapítás az 5.8 ábrához kapcsolódik: „*A testsűrűség a hőterhelés hatására megváltozik, ezért a HU-értékekből és a testsűrűségből is megállapítható a hőterhelés hőmérséklete.*”

21. ÉSZREVÉTEL: Az 5.8 ábrával kapcsolatban a következő kérdések merülnek fel:

(i) Mit jelent az R paraméter? A 20 oldallal odébb definiált Pearson-féle korrelációs együtthatót? Ha igen, akkor hogyan kell értékelni az  $R^2=0,86-0,88$  értékeket?

(ii) Az ábra szerint a HU szám  $150\text{ °C}$  és  $500\text{ °C}$  tartományban nem mutat szignifikáns különbséget. Akkor mi alapján állítható, hogy „*a HU-értékekből megállapítható a hőterhelés hőmérséklete*”?

***Az R, vagyis a Pearson-féle szorzatmomentum korrelációs együtthatójának eltérést adja meg a függvénytől.***

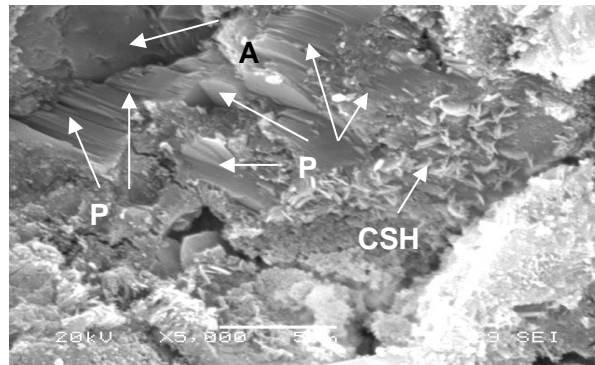
***Az észrevétel jogos, a hőterhelés hőmérséklete egyértelműen csak  $500\text{ °C}$  felett állapítható meg, ezért ezt a tézisemben pontosítottam is.***

***„Egymástól független testsűrűség és a CT (komputer tomográfias) mérésekkel igazoltam, hogy a hőterhelés hatására bekövetkező változás – vagyis a leromlás – beton esetén  $500\text{ °C}$ -os hőterhelés felett CT-vel jól kimutatható”***

22. ÉSZREVÉTEL: A nyelvi hibáktól eltekintve a fenti megállapítással kapcsolatban két kérdés merül fel: (i) Mely kémiai átalakulásokról van szó, és az átalakulás milyen módon növeli a repedések számát? (ii) A határfelületen keletkező repedések hogyan járulnak hozzá a kezdetben közel kör alakú pórusok repedéssé alakulásához?

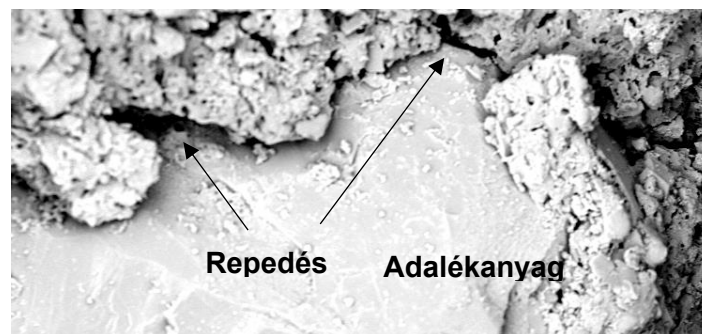
***$500\text{ °C}$  felett a cementben lévő portlandit bomlik el, a portlandit döntő többségében az adalékanyag felületén található, kikristályosodott formában (2. ábra). Ha elbomlik a portlandit a helyén egy vonalszerű hézag lesz, vagyis repedés (3. ábra). Ezeket a hosszú, az adalékanyag teljes határfelületén végigfutó vonalakat már nem lehet pórusnak nevezni, ez már repedés. Ilyen értelemben az adalékanyag határfelületén a hőterhelés hatására***

*megjelenő pórusok, vagy az olyan pórusok, amik közvetlen környezetében portlandit volt, repedéssé alakulnak át.*



**2. ábra:** A betonról készült SEM felvétel (Majorosné, Lublós É., 2008)

(A adalékanyag, P portlandit, CSH kalcium-szilikát-hidrát)



**3. ábra:** Egy hőterhelt betonról készült SEM felvétel

23. ÉSZREVÉTEL: A konklúzió egyértelmű: a CT vizsgálat csak 500 °C felett képes az anyag szilárdsági leromlását kimutatni. A probléma az, hogy mérési adat 500 °C és 800 °C hőterhelés esetén áll rendelkezésre, és a két érték között - ami a lényegi tartomány - nincs mérési eredmény.

*A vizsgálati hőlépcsőket a beton fázis átalakulásaihoz illesztettem, hiszen itt várható anyagszerkezeti változás (3. táblázat). A pórusrendszer átalakulása a cementkőben játszódik le, ezért a cementkő fázis átalakulásait vettem mértékadónak. Az 500 °C-os és a 800 °C-os választott értékeket az indokolta, hogy a kemence felfűtése során a 5% körüli mérési bizonytalanág miatt inkább kicsit magasabb hőterhelést alkalmaztam, hogy a fázis átalakulások biztosan végbemenjenek.*



*Itt megjegyzem, hogy ezeket a fázis átalakulásokat a derivatográfus vizsgálatokkal korábbi kutatásaim során én is kimértem, amit a 2.3 ábrán ismertetek. Kalcit ezen összetételekben nem volt.*

*A kutatás célja az volt, hogy a rekonstrukció során fontos 500 °C-os határ kimutathatóságát igazoljam, ehhez elegendő a 20 °C, 400 °C, 500 °C-on történő mérés, a többi hőlépcsőt csak a szakmai kíváncsiságom miatt iktattam be, igazítva a cementkő fázis átalakulásaihoz.*

**3. táblázat:** A hőmérséklet hatása a beton alkotóira

| <b>hőmérséklet</b> | <b>megszilárdult cementpép</b>   |
|--------------------|--|
| <b>50-110 °C</b>   | az ettringit bomlása (gipszfőzés) ( <i>Khoury, Grainger, Sullivan, 1985</i> )  |
| <b>100 °C</b>      | hidrotermikus reakciók, a kémiailag kötött víz távozásának kezdete ( <i>Khoury, Grainger, Sullivan, 1985</i> )                       |
| <b>200 °C</b>      | a cementkő dehidratációjának kezdete ( <i>Khoury, Grainger, Sullivan, 1985</i> )   |
| <b>300 °C</b>      | a kvarckavics adalékanyagú betonok szilárdságvesztésének kezdete, néhány adalékanyag dehidratációja ( <i>fib bulletin 38, 2007</i> ) |
| <b>450 °C</b>      | a portlandit (Ca(OH) <sub>2</sub> ) bomlása ( <i>Schneider, Lebeda, 2000</i> )   |
| <b>750 °C</b>      | a CSH bomlása ( <i>Schneider, Lebeda, 2000</i> )   |

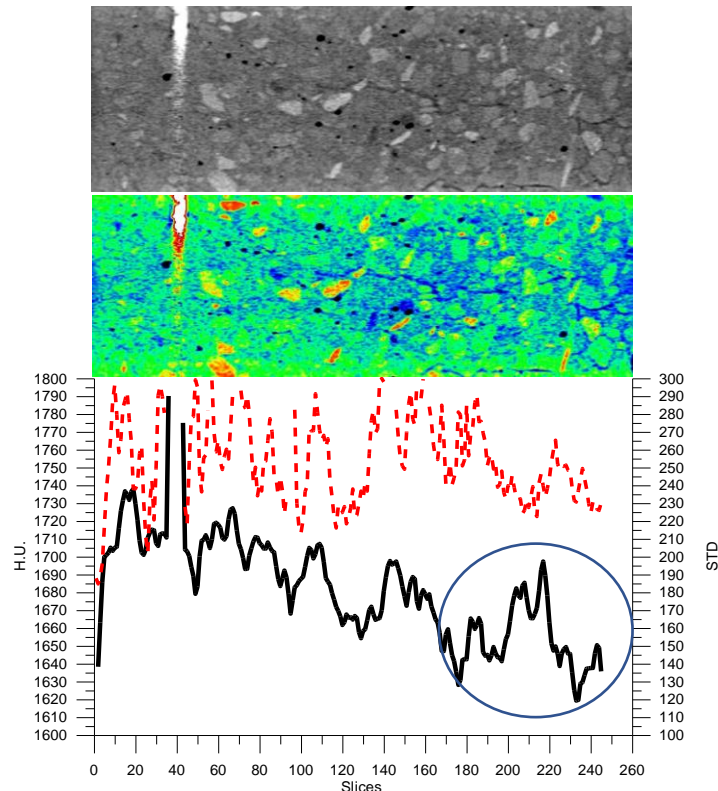
## *2. fázis: fűrt magminták vizsgálata*

A vizsgálat során kimutatott HU értékeket és a szórások falvastagság menti változását az 5.17 ábra mutatja.

24. ÉSZREVÉTEL: Az értekezés a következőt állítja (59. oldal, első bekezdés): „...a hőterheléshez legközelebbi rétegek HU-értéke változott, 1700 HU-ról 1615 HU-ra csökkent. Kérdéseim: (i) Pontosan hol vannak a „legközelebbi rétegek”? (ii) Hogyan lehetett „egzakt” értékeket leolvasni egy olyan cikk-cakk grafikonról, ahol két közeli szelet HU-értéke között akár 60-80 HU egység különbség is van?

*A 4. ábrán valóban nagy ingadozások vannak, amit a beton belső szerkezete indokol, azonban véleményem szerint az ábrán bekarikázott részen egyértelműen látszik, hogy a HU érték átlaga csökkent. Ezen bizonytalanságok miatt döntöttem a minta további és pontosabb feldolgozása mellett, amit az értekezés további részeiben ismertetek is.*

*Az ábrán egy ciklikus változás figyelhető meg, a kezdeti és az utolsó szakasz lokális minimum pontját vettem mértékadónak.*



**4. ábra:** A M4 metró alagút tübingelemből fűrt magminta elemzése: a magmintáról készült fényképfelvétel (a), CT felvétel (b), az egyes szeletekhez tartozó Hounsfield-értékek a szórással

25. ÉSZREVÉTEL: Az értekezés egy új módszerre hivatkozik, amely módszer segítségével kimutatható a károsodott betonréteg vastagsága (Lublóy, Balázs, Kapitány, Barsi, Földes, 2014; Kapitány 2014). Kifogásolom, hogy az értekezés nem részletezi a módszert, és nem tisztázza a Pályázó szerepét a módszer kidolgozásában.

*Dr. Balázs L. György biztosította az anyagvizsgálatok szervezéséhez a segítséget. Földes Tamás biztosította az CT-vizsgálatok szervezéséhez a segítséget. Dr. Kapitány Kristóf és dr.*

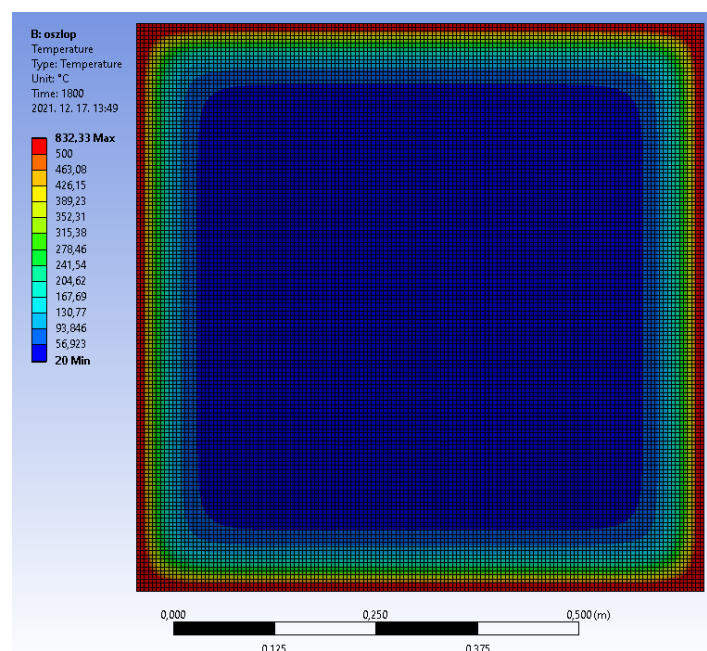
*Barsi Árpád kollegáim térinformatikusként dolgoznak, a képi feldolgozást végezték az instrukcióim alapján, a felvételeket, a kiértékelést én végeztem el. A kísérlettervezés, a kiértékelés, az elemzés, a következtetések levonása minden esetben saját munkám.*

*A módszert magát a 2.1 és 2.2 altézisekben fogalmaztam meg.*

26. ÉSZREVÉTEL: Az 5.18 ábra mutatja a porozitás változását a falvastagság mentén. Az értekezés a következőket mondja: „A diagramon jól látszik, hogy a 170. szelettől megnövekedett a porozitás, azaz a hőterhelés hőmérséklete  $500^{\circ}\text{C}$  fölé került...”. Szerintem a porozitás a 100. szelettől folyamatosan nő, a 4%-ot valóban a 170. szeletnél éri el. Kérdésem: Jól gondolom-e, hogy a 170. szeletet a 4%-os határérték jelöli ki, és ebben az esetben, az 5.10 ábra szerint, a hőterhelés értéke akár  $150^{\circ}\text{C}$  is lehet...?

*A szerkezeti elemekből kivett minták esetén, ahol a tűzhatás miatt a külső léghőmérséklet  $1000^{\circ}\text{C}$  felett volt, ott a külső felület nem lehetett  $150^{\circ}\text{C}$ -os. A  $150^{\circ}\text{C}$ -os határ a mintában jóval beljebb van és időben is gyorsan változik a hőmérséklet.*

*Az 5.18 ábra egészében értendő, tehát az  $500^{\circ}\text{C}$  izotermát (5. ábra) nem csak a 4% porozitás növekedés jelöli ki, hanem a felső ábrán látható elszíneződés is.*



**5. ábra:** A keresztmetszet átmelegedésére példa

*A  $150^{\circ}\text{C}$ -os hőterhelés körüli rész tudományos szempontból valóban nagyon érdekes tartomány sok esetben a betonokban átmeneti szilárdságcsökkenés alakul ki, aminek okát*

*még a mai napig is kutatják a szakemberek, köztük jó magam is, ezért sűrítettem be a CT méréseket az alacsonyabb hőmérsékleti tartományban.*

Egy konkrét mintapéldán keresztül, konkrét mérési számokkal mutatná be a módszer gyakorlati alkalmazását, illetve az eredmények összehasonlítását más hagyományos módszerek eredményeivel.

*A kalibráló méréseket, azokban az esetekben, amikor a teljes keresztmetszet azonos hőmérsékletre melegedett, összehasonlítottam a labormérési eredményekkel (5.2.1 fejezet). Azonban a rétegesen átmelegedett szerkezetek esetén sajnos a hagyományos labormérések nem alkalmazhatók.*

*Indoklás: a 6. ábrán egy magmintáról készült képet adtam meg, amin szabad szemmel is jól elkülöníthetők a különböző károsodási szintek. Ha a kép alapján ilyen nagy hőmérséklet tartományokat adunk meg, mennyiben lehetünk biztosak a hagyományos labormérések pontosságában?*

*Milyen mértékben befolyásolja a labormérést a próbatest további darabolása, mennyire esik szét? Egy esetleges vágás után az 500 °C felett hőterhelt beton darabokra esik és nem lehet mérni rajta érdemben semmit, azaz sem a pórustartalmat, sem a szilárdsági értékeket nem lehet meghatározni.*



**6. ábra:** Rétegesen átmelegedett próbatest (Lublóy 2011)

*A roncsolásmentes szilárdságvizsgálatok sem alkalmazhatóak tűzkárosult betonmintákon (Schmidt-kalapács 500 °C felett nem mér biztonságosan, spalling esetén nem alkalmazható, ultrahangos mérés esetén a repedések nagy mértékben befolyásolják a mérés pontosságát).*

*A CT mérési módszer pontosan azért mutat túl jelenleg a gyakorlatban és a laboratóriumokban használatos módszereken, mérési eljárásokon, mivel ezzel a módszerrel az anyagok olyan jellemzőit is meghatározhatjuk, melyeket más módon nem tudunk kimutatni.*

3.5.3 Az 5.3 alfejezet

27. ÉSZREVÉTEL: A kísérleti módszer leírása, illetve a felhasznált kísérleti eredmények kapcsán a szerző a 2008-ban megvédett PhD disszertációjára hivatkozik. Sajnos a jelen értekezés négyoldalas leírásából nem derül ki, hogy mely eredmények a PhD értekezés eredményei, és melyek az újak.

*A kísérleti terv 105 db kihúzó kísérletet és 105 db nyomószilárdság mérést tartalmazott. Szakirodalmi adatokat azért nem idéztem, mivel ezeket a párhuzamos méréseket egyidejűleg más kutatócsoportok nem végezték el, vagy nem publikálták. A kísérleteket azért nem adtam meg itt részleteiben, mert azt már a hivatkozott PhD értekezésemben ismertettem. Ezt a méréssorozatot a PhD védésem óta kiegészítettem a SEM képes magyarázatokkal, miszerint a beton és a betonacél határfelületén portlandit van, ami 500 °C-on már biztosan elbomlik. Tekintettel, arra, hogy a PhD értekezésemben az 5.27. ábrán lévő ugrást még nem magyaráztam meg, ezért a képleteket és a modellezést jelen értekezésben tárgyalom.*

28. ÉSZREVÉTEL: Az 5.25. ábra az alakváltozás-kihúzóerő görbéket mutat, annak tisztázása nélkül, hogy a kísérleteket hol és kik végezték. Kérdéseim: (i) Egy adott görbéhez egy vagy több kísérlet tartozik? (ii) Pontosán milyen konfigurációjú kísérletekhez tartoznak a görbék? (iii) Mit jelent az ábra aláírásánál olvasható „egyedi mérési eredmények” kifejezés? (iv) Miért nem szerepelnek az ábrán a 300 és 600<sup>0</sup>C hőterhelésekhez tartozó eredmények, hiszen a 67. oldalon található elemzés ki is emeli a 400<sup>0</sup>C-os hőterhelést mint fordulópontot? (v) Miért van az, hogy az általánosított görbe (5.26 ábra) elemzése során a második szakaszban „betonfogazat nyomószilárdsága”, a harmadik szakaszban pedig „betonfogazat nyírószilárdsága” kerül említésre? (vi) Mi a mechanikai modellje a tárgyalt problémának?

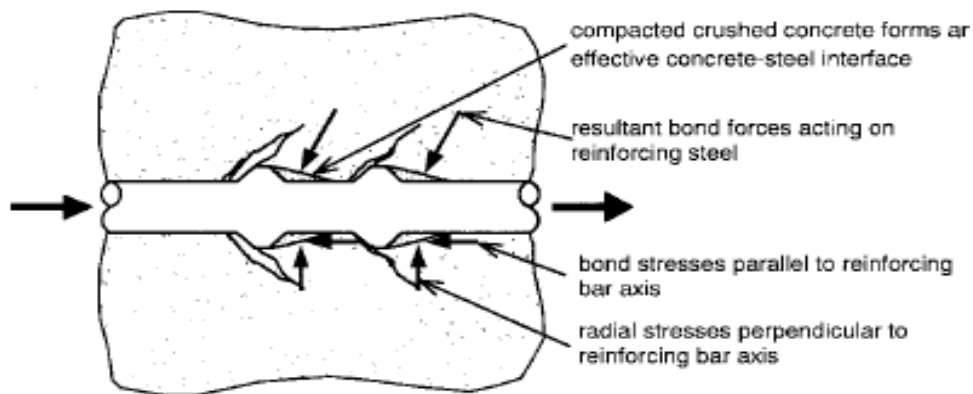
*A kísérleti elrendezés a dolgozat 4.2 ábráján van megadva.*

*Az 5.25 ábrán egy-egy mérés alapján csak szemléltetni szerettem volna a jelenséget.*

*Valóban szerencsésebb lett volna, ha az 500 °C-os érték is szerepel.*

A 2. szakaszban a bordák felületén adódik át a teher és ott nyomó igénybevétel jön létre. A berepedés után viszont nyíró igénybevétel lesz.

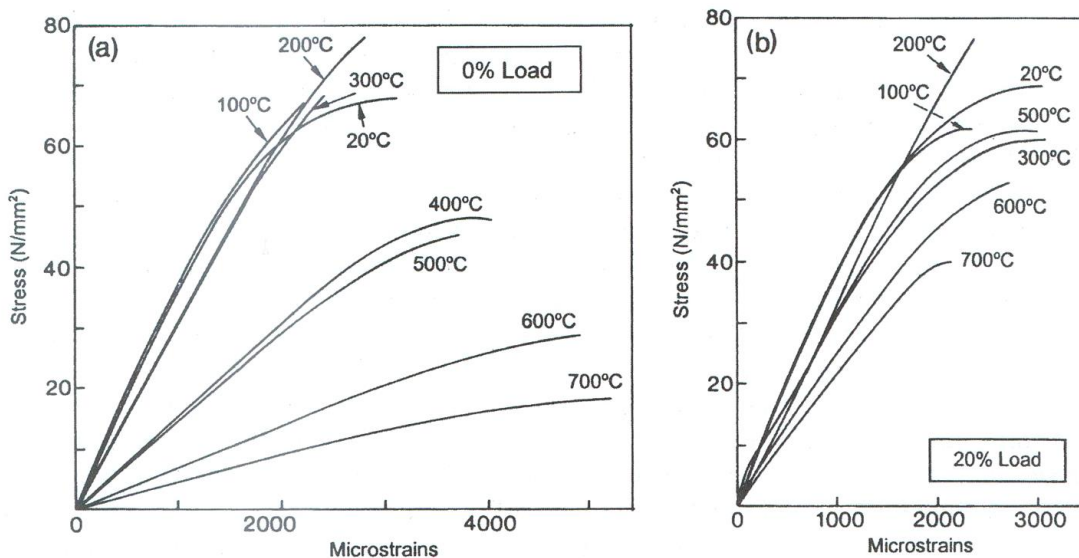
A kapcsolati szilárdság modellezése bonyolult kérdés az alábbi linken [https://www.researchgate.net/profile/Sanjay-Govindjee/publication/282736538\\_Concrete-steel\\_bond\\_model\\_for\\_use\\_in\\_finite\\_element\\_modeling\\_of\\_reinforced\\_concrete\\_structures/links/563e518308ae8d65c0143379/Concrete-steel-bond-model-for-use-in-finite-element-modeling-of-reinforced-concrete-structures.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sanjay-Govindjee/publication/282736538_Concrete-steel_bond_model_for_use_in_finite_element_modeling_of_reinforced_concrete_structures/links/563e518308ae8d65c0143379/Concrete-steel-bond-model-for-use-in-finite-element-modeling-of-reinforced-concrete-structures.pdf) lévő publikáció jól leírja. A tönkremeneteli mechanizmust a 7. ábrán adom meg. A második szakaszban a bordák nekifeszülnek a betonfogaknak, ekkor a beton nyomószilárdságra van igénybevéve, a harmadik szakaszban felhasadás következik be, emiatt a betonfogak nyíró hatásnak vannak kitéve.



7. ábra: A beton-betonacél kapcsolatának tönkremenetelének modellje

29. ÉSZREVÉTEL: A valós tüzeseteknél a szerkezeti elem terhe általában konstans, míg a hőmérséklet emelkedik. A kísérletek során a szerkezeti elem terheletlen volt, és a hőmérsékleti teher pedig konstans, illetve a vizsgálati hőmérséklet normalizált volt (kihűlt elemek vizsgálata). Kérdésem: A terheletlen elemeken végzett kísérletek eredményei hogyan általánosíthatóak a valós körülményre, azaz a terhelés alatti tűzhatás esetére?

*A terhelés alatt melegített próbatetek nyomószilárdsága növekszik (8. ábra). A kihűlt elemek szilárdsága mindig kisebb, mint a meleg próbateteké. Ezen két tény alapján szerintem az alkalmazott vizsgálati módszerrel kapott eredmények tűzterhelés alatt is relevánsak.*



8. ábra: A nyomószilárdság alakulás terhelt és terheletlen esetben (Khoury 1999)

30. ÉSZREVÉTEL: A Pályázó új eredménynek tekinti, hogy a javasolt új képletek figyelembe veszik a kémiai kapcsolat megszűnését. A javaslat szerint az MC 2010 6.1.1 táblázatában szereplő képletek 400 °C-ig érvényesek, illetve 500°C-tól az  $f_{cm}$  paraméter hatványkitevője 0.5 helyett legyen 0.4. Kérdésem: A „kémiai kapcsolat” megszűnése hogyan hozható összefüggésbe a hatványkitevő javasolt módosításával? Találgatás eredménye, vagy van mögötte kémiai-mechanikai megfontolás?

*A kitevő módosítását az indokolta, hogy a képletben a nyomószilárdság szerepel, de véleményem szerint inkább a húzószilárdság a mértékadó, ami normál hőmérsékleten egymásba átszámítható. Ezzel szemben magas hőmérsékleten a portlandit bomlása és a belső szerkezetre ható eltérő terhelés miatt nem azonos arányú a két a szilárdság változása. Ez különösen igaz a 500 °C feletti szakaszon, mivel a nyomószilárdság vizsgálat során az adalékanyagok határfelületét nem terheljük közvetlenül, húzó jellegű igénybevételek esetén pedig igen. Ez indokolja a hatványkitevő megváltoztatását, aminek mértékét kísérletsorozat eredménye határozta meg.*

31. ÉSZREVÉTEL: A javasolt új formula 400 °C és 500 °C közötti hőterhelésre nem ad összefüggést. Kérdésem: Mi ennek az oka?

*A képlet módosítással pontosan azt próbáltam javasolni, hogy a 400 °C és 500 °C-os tartomány bizonytalan, ezért 400 °C felett már az 500 °C-os szigorúbb, kisebb tapadószilárdsági értéket adó képletet javaslom. Ezen tapasztalat alapján az MSZ EN 1992-1-2-ben megadott 500 °C-os izoterma módszer helyesége is megkérdőjelezhető.*

32. ÉSZREVÉTEL: A képletekben szereplő  $f_{cm}$  paraméter meghatározása hiányzik. Feltételezem, hogy a beton nyomószilárdságának átlagértékéről van szó. Kérdéseim: (i) Mely időponthoz és mely tárolási módhoz tartozó értékről van szó? (ii) A  $\tau_{b,max}$  kapcsolati nyírószilárdság is átlagérték? (iii) Mi a különbség a „kapcsolati szilárdság” és a „tapadószilárdság” között?”

*A nyomószilárdság-vizsgálatokat az MSZ EN 12390-3:2009 szerint végeztük el, 28 napos korban, vegyes tárolással tároltuk a próbatesteket, három mérési eredményből számoltunk átlagszilárdság értéket.*

*A  $\tau_{b,max}$  is átlagérték.*

*A „kapcsolati szilárdság” és a „tapadószilárdság” ugyanaz a fogalom.*

Az alfejezet a 70. oldalon így záródik: „A képletek helyességét a saját és az irodalomban található mérési eredmények segítségével ellenőriztem, az eltérés 5%-on belül volt.”

33. ÉSZREVÉTEL: Véleményem szerint fontos volna a mérési eredmények és a képletek által kapott értékek pontos ismertetése. Kérdésem: A Pályázó mit ért „eltérés” alatt? Esetleg a következő alfejezet elején említett Pearson-féle korrelációs együttható négyzetének értékéből számított %-os értéket?

*Az  $R^2$  vagyis a Pearson-féle szorzatmomentum korrelációs együttható négyzetével adtam meg a függvényről való eltérést. Magát az eltérést %-ban adtam meg.*

34. ÉSZREVÉTEL: A leírás szerint az 5.3.2 szakaszban vázolt modellezést a Pályázó és Hlavicka Viktor (a Pályázó doktorandusza) közösen végezték. Kérdésem: A leírtakból konkrétan mi tekinthető a Pályázó munkájának és eredményének?



*A disszertáció ezen része csak ellenőrzésképpen készült, tézist nem fogalmaztam meg belőle. A modellezést közösen végeztük az akkori PhD hallgatómmal, elvi irányításom mellett (szerettem volna ebbe a tudományrészbe bevezetni).*

*Nagyon nehéz kérdés, hogy egy kutató milyen szinten és hogyan vonhatja be a hallgatókat, esetleg a kollegákat a kutatásaiba. Én úgy gondolom be kell vonni őket (még annak árán is, ha egy kísérleti ötletemet más valósítja meg), hiszen csak így lehet kinevelni a jövő mérnök tudós nemzedéket. Véleményem szerint, addig, amíg egy hallgató tanul és utasításokat követ, addig ugyan közösen dolgozunk, de tudományosan még keveset tud hozzá tenni az adott probléma megoldásához, ezért tekinthető az adott eredmény elsősorban a vezető kutató eredményének. Mindezek mellett meg kell tanítani őket önálló kutatások tervezésére, támogatni kell ezek elvégzésben, azonban az így születő eredményeket viszont már a fiatal, új kutató eredményinek kell tekinteni (lásd PhD dolgozat).*

*Ezért alakult ki az az íratlan erkölcsi szabály, hogy a kutató csak azt használhatja fel saját tézisének, amely nem a PhD hallgatójának a szellemi terméke.*

*Pont ezen kétségek eloszlatására csatoltam az értekezés végén a társszerzői nyilatkozatokat.*

35. ÉSZREVÉTEL: Véleményem szerint a leírtak alapján az alkalmazott végeeselemes modell nem reprodukálható egyértelműen. A kontaktréteg anyagtörvényét illusztráló 5.30 ábrán nincs meghatározva a „feszültség” fogalma. Kérdésem: Mi alapján lett felvéve, az 1mm vastag „átmeneti rész” (máshol „kapcsolati zóna”) anyagtörvénye (azaz a „feszültség-alakváltozás” összefüggés)?

*Az 1 mm-es részt a betonacélok átlagos bordamagassága alapján határoztuk meg.*

*Az átmenti zóna anyagtörvényeit saját kísérleti eredményeink alapján vettük fel.*

36. ÉSZREVÉTEL: A szerző az új képleteinek pontosabb voltát az 5.32 ábrán látható kísérleti és számított görbék összehasonlításával kívánja igazolni. Kérdéseim: (i) Hogyan alakulnak a görbék a CM 2010 képleteinek alkalmazásával? (ii) A javasolt új formula mennyivel ad jobb eredményt, mint az irodalomból ismert Huang-féle formula?

*A portlandit elbomlása során megszűnik a kémia kötés ott ugrásszerű változás következik, be, amit véleményem szerint egy matematikai modellben elhanyagolni súlyos elvi hiba.*

*A pontosságot, a függvénytől való eltérést az  $R^2$  vagyis a Pearson-féle szorzatmomentum korrelációs együttható négyzetének eltéréseivel adtam meg. Magát az eltérést %-ban közlöm.*

#### 3.5.4 A 4. és 5. alfejezetek

37. ÉSZREVÉTEL: A kísérleti program leírása során megint megjelenik egy számomra zavaró dolog: a vizsgálatok elvégzése kapcsán a Pályázó többes szám első személyt használ, majd az eredmények publikálása kapcsán saját egyszerezős cikkére hivatkozik. Számomra az a természetes, hogy az eredményeket a munkát végzők közösen publikálják. Kérem a Pályázót, hogy adjon magyarázatot arra, hogy miért nem így történt!

***A kutatás során a labor vizsgálatokat Láda Péter diplomázó hallgatómmal végeztem, ő ismertette a mérési eredményeket az MSc diplomájában, de a kísérlettervezést, a további kiértékelést, a következtéseket, a tézist én fogalmaztam meg.***

38. ÉSZREVÉTEL: Idézem az 5.5 alfejezet első szakaszát: „Az itt leírt kísérleteket a témavezetésemmel diplomaterve készítése során egy MSc hallgató, Láda Péter végezte (Láda, 2016). Az eredményekből a tudományos következtetéseket... (Majorosné Lublói, 2017) cikkemben vontam le.” Az idézet kapcsán a következő észrevételeket teszem:

(i) A Pályázó egyszerezős cikkében Láda diplomaterve az utolsó helyen a [32]-es sorszámot kapta, azonban a törzsszövegben ez az irodalom nem kerül hivatkozásra. Tehát a publikációból nem derül ki, hogy a kísérletek végrehajtása és feldolgozása részben Láda munkája.

(ii) A képet még zavarosabbá teszi, hogy a Pályázó egyszerezős cikkéből átvett 5.37-5.40 ábrák alatt felváltva szerepel a (Majorosné Lublói, 2017) és (Láda, 2016; Majorosné Lublói, 2017) forrásmegjelölés, miközben a Pályázó cikkében az ábrák vonatkozásában nincs hivatkozás a (Láda, 2016) irodalomra. Hasonló a helyzet az 5.40 és 5.41 ábrák esetében is.

(iii) Az alfejezet elején rögzítésre kerül, hogy annak tartalma (Láda, 2016; Majorosné Lublói, 2017) publikációk alapján lett összeállítva. Ennek ellenére a közel ötoldalas leírásban a kettős önhivatkozás még nyolcszor, a (Majorosné Lublói, 2017) önhivatkozás még négyszer megismétlődik. Ez számomra rendkívül zavaró: a hivatkozásokat formálisnak tartom!

***Az ábrák alatt, ahol egyszerezős publikációmra hivatkozom azt én készítettem, ahol két publikációra hivatkozom az már Láda Péter diplomamunkájában is szerepelt, de a kiértékelést a teljes anyagra, a mikro- és a makroszálakra vonatkozóan én végeztem el. A hivatkozás lehet, hogy formális, viszont pont a tisztánlátás végett tettem bele.***

***Remélem a34-es, 37-es és ezen 38-as észrevételekre adott válaszaim minden kétséget kizáróan tisztázzák a helyzetet.***

39. ÉSZREVÉTEL: A 78. oldal első bekezdésének végén a makró szál  $l/d$  viszonyzáma hibásan lett megadva!

***42/0,8=52,2 a helyes érték***

40. ÉSZREVÉTEL: A 80. oldal közepén említésre kerül a C20/25 (SZ3) betonkeverékkel kapcsolatos eredmény, azonban ilyen betonkeverék sem az 5.5 táblázatban, sem az 5.37 és 5.38 eredményábrákon nem szerepel. Hasonló problémát látok az 5.41 és 5.42 ábrákon. Kérdésem: Mivel magyarázható ez?

***Az SZ3 keverék C16/20 szilárdságú volt az ábrán, a következtetésekben jól szerepel, a szöveges rész említett helyén sajnós elírtam.***

3.5.5 Az 5.6 alfejezet

41. ÉSZREVÉTEL: Az alfejezet témája meglepett, mivel az előzőekben már komplex betonkeverékekről, sőt vasbeton szerkezetekről volt szó. Ezzel szemben a doktori mű a végén visszatér a beton- és vasbeton szerkezetek egyik alapvető komponensének vizsgálatára. Kérdésem: Mivel magyarázható az értekezés e tartalmi felépítése?

***Az értekezés felépítése során a globális problémából indultam ki, és annak részelemeit ismertettem, részletekbe menően. Elfogadom, hogy más tárgyalási módok is léteznek. Én azt gondoltam, hogy a mű jobban követhető, ha először a globális problémát fejtem ki, és utána megyek bele a részletekbe. Összeségében majd a tézisek közötti kapcsolatot is az adja meg, hogy a vasbeton szerkezeteknél a mikrostruktúra, azon belül egy alkotóelem, például a cement vagy a kiegészítőanyag is jelentős hatással lesz a tűzállóságra. Erre részletes magyarázatot majd az 53-ik kérdésre adott válaszómban adok.***

42. ÉSZREVÉTEL: A kísérleti program leírásánál a következő szerepel: „...próbatestet készítettünk (Lublóy, 2018).” Ismétlődő kérdésem: Hogyan magyarázható a többes szám és az egyszerűsített cikk párosítása?

*A kísérleteket többen végeztük el, hiszen szükség volt technikus segítségére, annak hiányában kolléga segítségére, a kísérlettervezés, következtetések levonása és a kiértékelés saját munkám, és ennek részletei találhatóak meg az egyszerű cikkben.*

43. ÉSZREVÉTEL: A 84. oldal tetején az SM képlete félreérthető: az  $\text{Al}_2\text{O}_3\% + \text{Fe}_2\text{O}_3\%$  összeget zárójelbe kell tenni.

*Köszönöm, az észrevétel jogos.*

44. ÉSZREVÉTEL: Az 5.8 táblázatban szereplő, az ásványi összetételre vonatkozó jelölések (m%, C3S, C2S, ...stb) véleményem szerint nem általánosan ismertek, így a meghatározásuk elhagyását nem tartom szerencsésnek.

*Sajnálom, hogy ezeket nem adtam meg a jelölés jegyzékben, itt pótlom. Elfogadom, hogy ami számomra egyértelmű volt, az annak, aki nem ezzel foglalkozik annak zavaró lehet.*

*m% tömegszázalékot jelöl*

*C3S, C2S ...a portlandcement-klinkerásványok,*

*C<sub>3</sub>S: Alit, trikálcium-szilikát (3CaO·SiO<sub>2</sub>)*

*C<sub>2</sub>S: Belit, a dikalcium-szilikát (2CaO·SiO<sub>2</sub>)*

*C<sub>3</sub>A: Felit, trikálcium-aluminát (3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)*

*C<sub>4</sub>AF: Celit, tetrakalcium-aluminát-ferrit (4CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)*

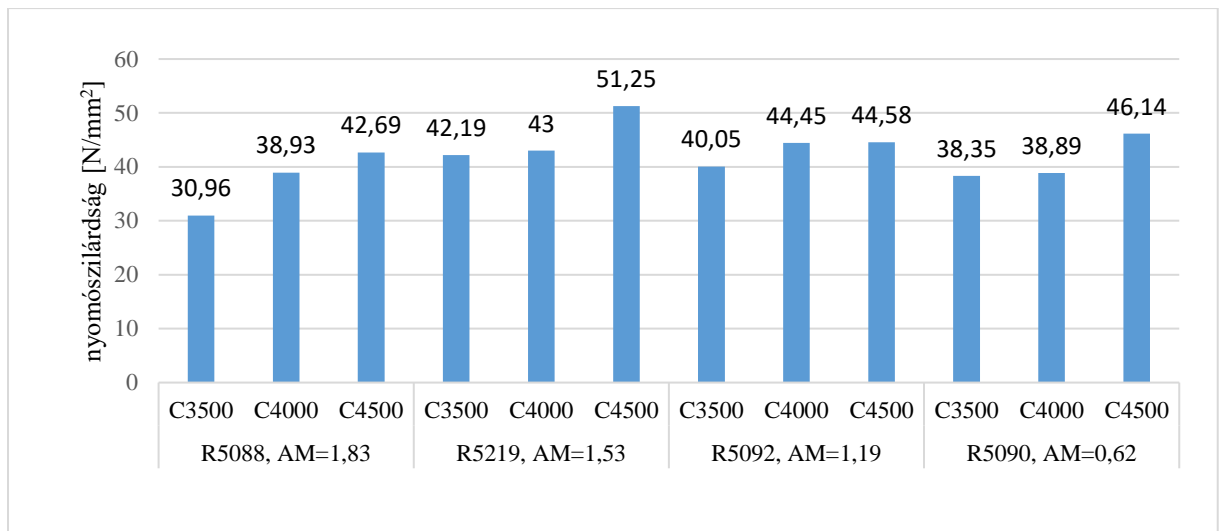
45. ÉSZREVÉTEL: A 85. oldalon használt alábbi kifejezések a hétköznapi beszédben szokásosak, azonban tudományos műben pontatlanok: (a) „cementfajta átlagos nyomószilárdsága”; (b) „cementpép-kocka”. A „cementfajta” és a „cementpép” helyett a *cementkő* kifejezés használata lenne korrekt.

*Ez a kérdés számos szakmai vitát váltott ki az egész világon. A helyes kifejezés megszilárdult cementpép. Ennek magyarázata az, hogy a kő definíciója a következőképpen hangzik: kemény anyag, amely a föld szilárd felszínének egy részét alkotja, ilyen értelemben a kő kifejezés biztosan nem helyes.*

46. ÉSZREVÉTEL: Az 5.43 ábra vonatkozásában a 85. oldalon a következő állítás található: „1) a 20 °C-on mért nyomószilárdság a fajlagos felülettel növekszik.” Az ábra szerint a

növekedés nem egyértelmű: pl. az R5092 és AM=1.19 esetben a C4000 és C4500 között nincs növekedés!

**A 9. ábrán megadom az értékeket és látható, hogy kismértékű növekedés figyelhető meg.**



**9. ábra:** A tiszta portlandcementek 20 °C-on mért átlagos nyomószilárdsága (28 napos korban) (Lublóy, 2021)

A kísérletek érdemi feldolgozását az 5.44 ábra kapcsán tett négy megállapítás jelenti (86. oldal).

A megállapítások megfogalmazásában bizonytalanságokat, illetve pontatlanságokat érzek:

47. ÉSZREVÉTEL: „2) *A jelenséget valószínűleg a beton nedvességtartalmának változása okozza.*” Kérdésem: Mekkora valószínűséggel?

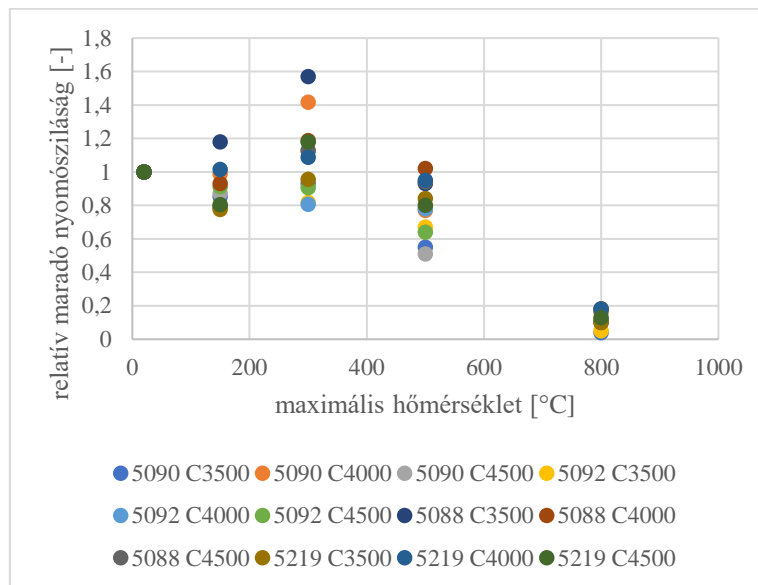
*150 °C-os hőntartás után biztosan nincs a betonban nedvesség, azonban a kezdeti nedvességtartalom befolyásolja, hogy a kezdeti hőterhelési fázisban (60 °C-200 °C) milyen kémia átalakulások mennek végbe, és azok később (300 °C körül) milyen mértékben tudnak visszaalakulni.*

*A beton kezdeti nedvességtartalma pedig egyértelműen befolyásolja a beton szilárdságát, hiszen a víz nem nyomható össze, ezért a beton vizsgálati szabvány is különbséget tesz a tárolási módban, mert a vegyes tárolás esetén a próbatestek száraznak, míg víz alatti tárolásnál nedvesnek mondhatóak, ez eltérést eredményez a nyomószilárdságban.*

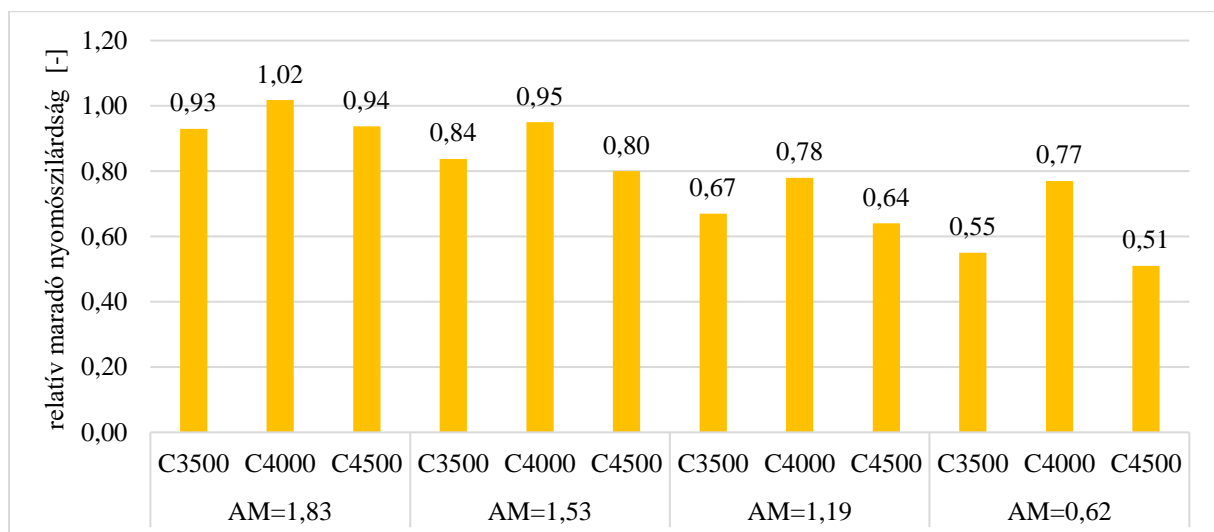
48. ÉSZREVÉTEL: „3) 300 °C feletti hőmérsékleten az összes vizsgált fajlagos felületű és összetételű cementnél szilárdság-vesztés következik be.” Kérdésem: Mihez képest? Ugyanis 500

°C esetén az 5090/C4000 és az 5090/C3500 minták mért szilárdsága még mindig meghaladja a 20 °C-on mért értéket.

*Az 5.44. ábrán 15 átfedő érték van, ezek sajnos az excel ábrázolásnál, számomra érthetetlen okból elcsúsztak, amit nem vettem észre. A helyes értékek megadása a 10. ábrán látható. Ennyi értéknél és pontnál nem tartom célszerűnek az egységes diagramos ábrázolást, ezért adtam meg oszlopdiagramban (11. ábra) külön az értékeket, ahol valóban jól látszanak és helyesen szerepelnek. Az eredeti 5.45. ábrán megadott oszlopdiagramot kiegészítettem az átlagértékek megadásával.*



**10. ábra:** A tiszta portlandcementek hőmérsékletfüggő relatív nyomószilárdsági értékei



**11. ábra:** A tiszta portlandcementek 500 °C-os hőterhelés után mért relatív nyomószilárdsági értékei (Lublóy, 2021)

49. ÉSZREVÉTEL: „4) 800<sup>0</sup>C-os hőterhelés után minden esetben jelentős szilárdság-vesztés következik be, hiszen a cement szilárdsághordozó része, a CHS elbomlik.” Kérdéseim: (i) Miért csak „800<sup>0</sup>C-os hőterhelés után”, mi a helyzet 500<sup>0</sup>C és 800<sup>0</sup>C között, hiszen a 2.1 táblázat szerint a CHS már 650-750<sup>0</sup>C-nál elbomlik? Az ábra szerint a szilárdság-vesztés észlelhető módon 500<sup>0</sup>C-tól indul, azonban 500 °C és 800 °C között nincs adat, ezért a jelenség lefolyása ebben a tartományban ismeretlen maradt.

*A vizsgálati hőlépcsőket a beton fázis átalakulásaihoz illesztettem, hiszen itt várható anyagszerkezeti változás (3. táblázat). A pórusrendszer átalakulása a cementkőben játszódik le, ezért a cementkő fázis átalakuláshoz tartozó hőmérsékleteket (450 °C és 750 °C) vettem mértékadónak. Az 500 °C-os és a 800 °C-os választott értékeket az indokolta, hogy a kemence felfűtése során, az 5% körüli mérési bizonytalanág miatt inkább kicsit magasabb hőterhelést alkalmaztam, hogy a fázis átalakulások biztosan végbe menjenek.*

*500 és 800 °C között a megszilárdult cementpépben nincs fázis átalakulás, ezért ebben a tartományban vizsgálatokat nem érdemes végezni-.*

50. ÉSZREVÉTEL: Sajnos a folytatásra is a szokatlanul pontatlan fogalmazás a jellemző: „...a tűzállóság szempontjából a 300 °C feletti hőterhelés utáni maradó nyomószilárdság értékét tekintem mértékadónak, ezért a továbbiakban ezt vizsgálom.” 300<sup>0</sup>C felett nagyon sok, egymástól eltérő nyomószilárdság mérhető. Kérdésem: (i) Pontosan melyiket tekinti mértékadónak? (ii) Mire vonatkozik az „ez” mutató névmás?

*Ez a mondat azt jelentette, hogy külön vizsgálom az 500 °C-os és a 800 °C-os hőterhelés utáni értékeket, mivel az előtte lévő tartomány bizonytalan és a tűz szempontjából irreleváns.*

51. ÉSZREVÉTEL: Az 5.45 ábrán, de még inkább az 5.46 ábrán a bejelölt átlagértékeknek nincs értelme, mivel pl. 800 °C-os hőterhelés esetén a C3500 és a C4000 minták vonatkozásában az eltérés a relatív szilárdságban több, mint háromszoros. Ennyi mintaszám és ekkora szórás mellett az átlagérték nem releváns.

*Az észrevételt elfogadom, azért tartottam szerencsésnek mégis bejelölni, mert egy adott tendenciát, folyamatot jól ábrázol.*

52. ÉSZREVÉTEL: Az 5.50 ábrán az ásványi összetételt megadó 5.8 táblázat grafikonos illusztrációját látjuk. Az ábra „elemzése” alapján a következő állítás született: „A tűzállóság szempontjából tehát a kis  $C_4AF$  és nagy  $C_3A$  tartalmú cementek a kedvezőek.” Kérdésem: Konkrétan mi számít „kis” illetve „nagy” tartalomnak!

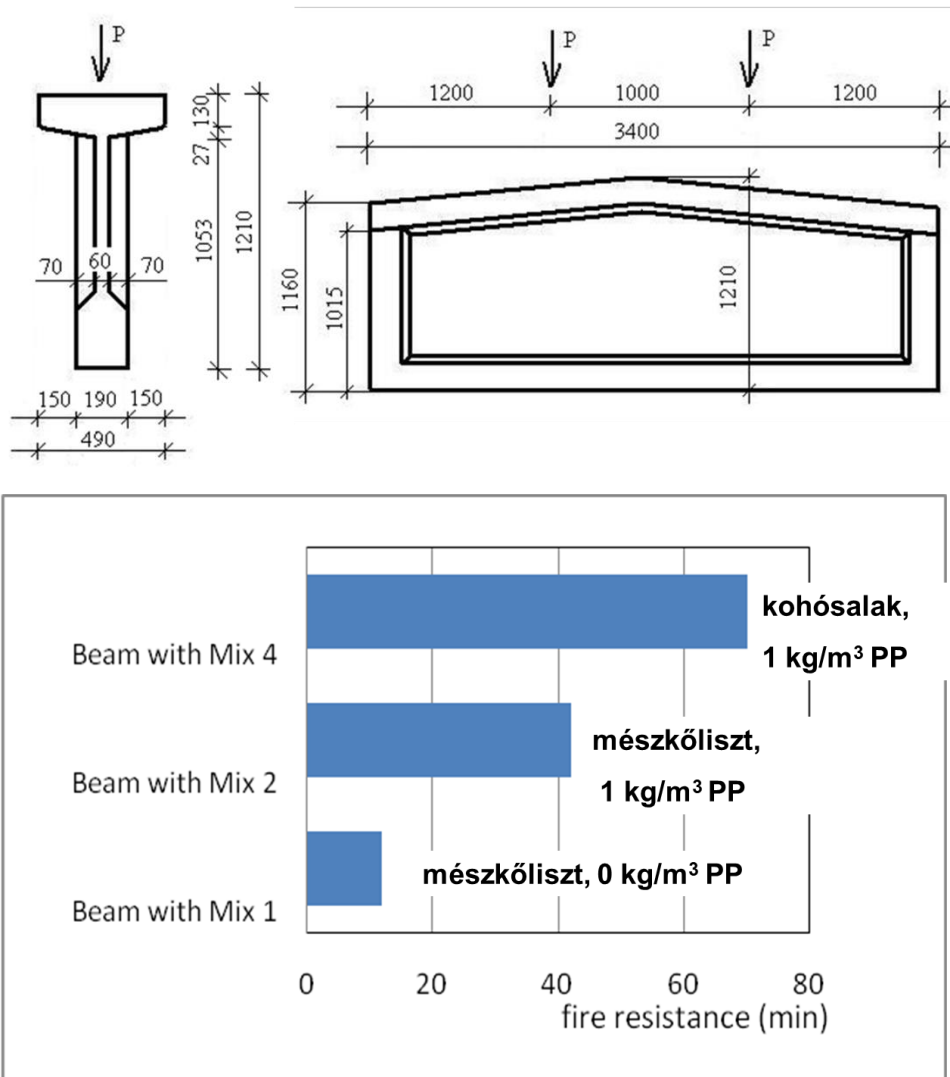
*A cementben általában a  $C_3S$  37-60 m%-ot, a  $C_3A$  15-37 m%-ot, a  $C_4AF$  10-18 m%-ot tesz ki. Jelen esetben a  $C_3A$  tartalom 0 m% és 7,84 m% között volt, a  $C_4AF$  tartalom pedig 8,36 m% és 19,41 m% közötti. Ha egy határérték az általában használt határérték alatt van, akkor az kicsinek, ha pedig fölötte, mint a  $C_4AF$  tartalom akkor nagynak tekinthető.*

*A határértékek létjogosultsága a cement fázisdiagramján látható a disszertáció 2.5 ábráján.*

53. ÉSZREVÉTEL: A témával kapcsolatos végső következtetés így hangzik: „Az 500 °C és a 800°C-os hőterhelésre a 4000 cm<sup>2</sup>/g fajlagos felületű, 1.83 aluminát-modulusú portlandcementek bizonyultak a legkedvezőbbeknek. Véleményem szerint ez az állítás a vizsgálatban szereplő cementkő próbatestekre érvényes. Kérdésem: Hogyan általánosítható ez a megállapítás beton és vasbeton szerkezeti elemekre?

*A cementkő mikrostruktúrája alapvetően befolyásolja a szerkezet tűzállóságát. Ehhez kapcsolódott egy nagyeleemes kísérletsorozat is, aminek eredményeit a 12. ábrán adom meg. A 4-es és a 2-es keverék csupán a cementtípusban különbözött, ami a szerkezet tűzállóságát is jelentősen befolyásolta. A kísérlet során bebizonyosodott, hogy maga a kötőanyag összetétele jelentős szerepet játszik a tűzállóságban. A kísérlethez kapcsolódó cikket az alábbi linkről lehet letölteni: <http://fib.bme.hu/folyoirat/cs/cs2010.pdf>*





12. ábra: Gerenda kísérletek eredménye (<http://fib.bme.hu/folyoirat/cs/cs2010.pdf>)

*Végezetül remélem válaszaimmal, ha nem is minden kétséget, de sokat sikerült eloszlatnom.*

Budapest, 2021. 01.10

dr. Majorosné dr. Lublós Éva Eszter

## FELHASZNÁLT IRODALOM

*fib* bulletin 38 (2007): Fire design of concrete structures- materials, structures and modelling,  
ISBN 978-2-88394-078-9.

[https://www.researchgate.net/profile/Sanjay-Govindjee/publication/282736538\\_Concrete-steel\\_bond\\_model\\_for\\_use\\_in\\_finite\\_element\\_modeling\\_of\\_reinforced\\_concrete\\_structures/links/563e518308ae8d65c0143379/Concrete-steel-bond-model-for-use-in-finite-element-modeling-of-reinforced-concrete-structures.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sanjay-Govindjee/publication/282736538_Concrete-steel_bond_model_for_use_in_finite_element_modeling_of_reinforced_concrete_structures/links/563e518308ae8d65c0143379/Concrete-steel-bond-model-for-use-in-finite-element-modeling-of-reinforced-concrete-structures.pdf)

<http://fib.bme.hu/folyoirat/cs/cs2010.pdf>

Khoury, G. A., Grainger, B. N., Sullivan, P. J. E. (1985): Transient thermal strain of concrete: literature review, conditions within specimen and behaviour of individual constituents, Magazine of Concrete Research, Vol 37, Issue 132.

Khoury G. A (1999): Mechanical behavior at high temperature in compression? HITECO Report, Imperial College. pp.:72  
Lublóy, É. (2011): CT alkalmazási lehetőségek a beton roncsolásmentes vizsgálatánál, Szakmérnöki diploma, BME.

MSZ EN 1992-1-2:2013 Betonszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Szerkezetek tervezése tűzhatásra.

Majorosné Lublóy, É. (2008): Tűz hatása betonszerkezetek anyagaira, PhD értekezés, BME Építőmérnöki Kar, (tudományos vezető: Balázs L. Gy.), Budapest, p. 110.

Majorosné Lublóy Éva (2021) Betonanyagú szerkezetek tűzállósága, MTA értekezés

NVKP\_16-1-0019 “Fokozott ellenálló képességű (kémiai korrózióknak ellenálló, tűzálló és fagyálló) betontermékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése” című pályázathoz kapcsolódó kutatási jelentés

Schneider, U., Lebeda, C. (2000): Baulicher Brandschutz, ISBN: 3-17-015266-1, W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart.