

MTA ÉRTEKEZÉS BÍRÁLATA

MTA értekezés címe: Betonanyagú szerkezetek tűzállósága

Szerző: Dr. Majorosné Dr. Lublós Éva Eszter

Bíráló: Dr. Zsoldos Ibolya, MTA doktora

FORMAI ÉSZREVÉTELEK

- **Értekezés szerkezete:** Az értekezés 108 oldalból áll. Az első 30 oldal a szakirodalom ismertetését tartalmazza. Az alkalmazott vizsgálati módszereket külön fejezetben, 10 oldalban ismerteti. A saját kísérletek bemutatása és az eredmények értékelése kb. 50 oldalt tesz ki. Végül külön fejezetben foglalja össze a téziseket. A szerkezet tehát megfelel az MTA doktori értekezés elvárásainak.
- **Értekezés szövegezése:** Általában érthető a fogalmazás. Előfordulnak helyenként értelmetlen mondatok, több elütést is tartalmaz az anyag, de összességében jól meg lehet érteni.
- **Ábrák, táblázatok:** Nagyon sok ábrát és táblázatot használ a munka bemutatásához, ez pozitív dolog. Csak az eredmények ismertetésének fejezetében (5. fejezet) 50 ábra szerepel. Az ábrák, táblázatok és a szövegek nincsenek mindig összhangban. Előfordul az is, hogy már új fejezetet nyit (pl. 5.2.1.2. fejezet), de az új fejezetben még az előző fejezethez tartozó ábrákat mutatja: pl. az 5.2.1.2. fejezetben látható 5.10-11. ábrák még az előző, 5.2.1.1. fejezethez tartoznak. Vagy pl. az 5.14. ábra, az 5.3. táblázat több oldallal később van szerkesztve az anyagban, mint a szöveges magyarázata. Ez a dolog rendszeresen előjön a dolgozatban. Amikor egy ábra vagy egy táblázat és annak magyarázata több oldallal el van tolva, az megnehezíti az olvasást.

- **Publikációk:**

Összesen 84 hivatkozást sorol fel a 10. fejezetben. Ez 15 saját munkára való hivatkozást és 11 szabványt vagy rendeletet is tartalmaz.

A saját munkára való hivatkozások között:

- 2 Q1 cikk,
- 1 Q2 cikk,
- 1 Q3 cikk,
- 11 magyar nyelvű publikáció (cikk, értékezés, diploma, kutatási jelentés) szerepel.

További 13 saját munkára való hivatkozást mutat a 9. fejezetben. Nekem furcsa volt, hogy ezek nagy részét csak a tézisek fejezetében (6. fejezet) hivatkozza, és az eredmények részletezésénél (5. fejezet) nem hivatkozza. A 9. és a 10. fejezetben felsorolt saját publikációk között 3 olyan van, amelyek mindkét listán szerepel. Ez a következetlenség megnehezítette a bírálatkészítést.

A 13 saját munka összetétele:

- 6 angol nyelvű nemzetközi cikk (2 átfedés a 10 fejezettel),
- 6 angol nyelvű konferenciaticikk,
- 1 magyar nyelvű publikáció (átfedés a 10 fejezettel).

Az értekezés benyújtása óta további publikációi jelentek meg, amelyek tartalmilag kapcsolódnak az értekezés témájához:

- 2021-ben megjelent 3 db Q1, 1 db Q2 cikke,
- 2020-ban 4 db Q1, 1 db Q2 cikke.

Összességében jónak tartom a publikációkkal való alátámasztást, de a következetlenség miatt ezt nehéz volt megítélni.

TARTALMI ÉSZREVÉTELEK

A tartalmi észrevételeket a tézisekhez igazítva teszem meg. Az értekezés legterjedelmesebb fejezete, az 5. fejezet is a tézisekhez igazítva van szerkesztve.

Első tézis, 5.1. fejezet

Előregyártott betonelemek tűzhatás vizsgálatai

TT födémelemek és egyrétegű falpanel elemekből vett mintákon végzett kísérleteket. Komplikált, nehéz kísérletekről és vizsgálatokról van szó. Két-két mintát hasonlít össze: egy gyártásban lévő mintát (mint etalont), és egy olyat, amelyet műanyag szálak adalékkal állítottak elő. Mindkét elemfajtánál azt találja, hogy a tűzterhelés miatti lepattogzás, rétegleválás kisebb, ezt fotókkal támasztja alá. Megmutatja továbbá, hogy a TT elemeknél hogy a műanyag szállal adalékolt minta később éri el a tűzállósági határértéket.

Ez alapján van megfogalmazva a tudományos eredmény (1. tézis): „Az MSZ EN 1992-1-2 csak C80/90 betonszilárdság felett írja elő a műanyagszálak alkalmazását, én viszont kísérletileg igazoltam, hogy már ennél jóval alacsonyabb betonszilárdság esetén, azaz C50/60 betonszilárdság felett, bekövetkezik a betonfelületek fokozott réteges leválása” ... „A tűzállóság fokozására C50/60 betonszilárdságnál és efelett javaslom, hogy a keverékhez mikro-műanyagszálakat adagoljunk.”

A megállapítás igaznak látszik, de felmerülnek kérdések:

- A bemutatott munkában C50/60 betonszilárdságú mintákat vizsgált. Mi a helyzet más betonszilárdságoknál? Azok vizsgálata nem indokolt?
- „1 kg/m³ (mikro-polipropilén) száladagolást” alkalmazott. Hogyan magyarázható az adalékanyag pozitív hatása? Elérhető lehetne-e hasonló pozitív hatás nagyobb arányú száladagolásnál nagyobb szilárdságú betonok esetén? Mennyire drágítja meg a száladagolás a betonok árát?
- Az 5.2. ábrán a fotó alapján nem látok elegendő bizonyítást arra, hogy „a lepattogzás mértéke a javított összetétellel készült elemek esetén – mind felületi kiterjedését, mind mélységét tekintve – jelentősen kisebb volt az etalonvizsgálat adataihoz viszonyítva”. Az 5.1. táblázatban az etalon TT elemnél 8 cm, míg a műanyagszálal mintánál 5 cm leválást említ. Hogyan lett megállapítva, megmérve ez a levált falvastagság?
- Mivel egyetlen mintát vizsgált (az etalonon kívül) TT és falelemből is, ezért a reprodukálhatósághoz adjon magyarázatot.

A betonszerkezetek tűzvédelmi szabványaiban és azok módosításában nem vagyok szakértő. De anyagtudományi szempontból figyelemre méltó a kimért jelenség. **A fenti kérdések megválaszolását szükségesnek tartom ahhoz, hogy az első tézist el tudjam fogadni.**

Az alábbi részletkérdések merültek még fel a fejezetben:

- „4600 x 1730 x 380 mm méretű vasbeton TT födémelem 80 mm vastag vízszintes lemezre 90 mm vastag monolit vasbeton réteget (felbetont) hordtunk fel”, mi volt ennek a funkciója? (A falelemnél nem említ ilyen felhordást.)
- „(1 kg/m³ mikroszál) alkalmazásával a betonfelület leválásának mértékét jelentősen csökkenteni tudtuk, és ezzel a szerkezet tűzállósági határértékét 1,5-szeresére növeltük”, ezt fogalmazza meg a mérési eredmények konkrét értékeivel is.

- A falpanel elemeknél nem mutat diagramot a tűzhatás vizsgálatról, mint amit a TT elemeknél az 5.1. ábrán láthatunk. Kimutatott-e itt is késleltetett tönkremenetelt a mikroszálas adagolású mintánál?

Második tézis, 5.2. fejezet

CT vizsgálati módszertan beton tűzállóságához

Laboratóriumi és metró falából kivett valódi betonminták tűzhatásnak kitett vizsgálatairól van szó. A vizsgálatok CT analízisét mutatja be. Nagy mennyiségű mintát vizsgált, amelyeket kutatási projekt jelentésében részletezett, az értekezésben egy-egy jellemző mintán mutatja be a kidolgozott módszertant. A munka értékét abban látom, hogy elsőként mutatott CT-alapú módszertant tűzhatásnak kitett betonminták károsodásának elemzésére. A különböző mintákon, különböző hőmérsékleteken történt károsodásokat gyorsabban, pontosabban és részletesebben sikerült kimutatni, mint a hagyományos módszerekkel.

A 2. tézis tartozik a fejezethez. A 2.a. tézis viszonylag jól fedi az elért eredményeket, bár a „változás – vagyis a leromlás – beton esetén 500 °C-os hőterhelés felett CT-vel jól kimutatható” fogalmazást nem tartom szerencsésnek, hiszen a jelölt maga mutatta ki a szerkezeti változásokat, tehát a „kimutatható” helyett jobb lett volna, ha röviden felsorolja, mit mutatott ki saját mérésekkel. A 2.b. tézis nyelvtanilag értelmetlennek tűnik. Mi határozható meg? Ez kimaradt a mondatból.

Az 5.2. fejezetben 7 saját publikációra hivatkozik: 3 magyar cikk, 3 szakmérnöki diploma és 1 kutatási jelentés. A 6. fejezetben a 2. tézis megfogalmazásánál további 4 saját publikációra hivatkozik: 2 angol nyelvű impakt faktoros cikk és 2 angol nyelvű konferenciacikk. Mindezek 2019-ig jelentek meg. Egy újabb, 2021-ben megjelent impakt faktoros cikket találtam Jelölt munkásságában, amely az új CT módszertanról szól. Így összességében az új tudományos eredmény bizonyított.

A 2. tézist a fogalmazási bizonytalanságok és az alábbi két alfejezetben részletezett kérdések tisztázása után el tudom fogadni új tudományos eredménynek.

Az alábbi részletkérdések merültek még fel a fejezetben:

5.2.1. fejezet: Laboratóriumi minták CT vizsgálata

- 5.2 fejezet első bekezdésében roncsolásmentes vizsgálatok előnyeit említi. De CT vizsgálatokhoz minden esetben mintát kell venni, vagy kisméretű mintát készíteni, ami roncsolással jár.
- Az 5.2.1. fejezet eredményeit az NVKP16-1-0019 “Fokozott ellenálló képességű (kémiai korrózió ellenálló, tűzálló és fagyálló) betontermékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése” pályázat keretében dolgozta ki. Pályázati kutatási jelentésre hivatkozik, mint publikációs háttéranyagra. A pályázati jelentésben 30 betonösszetétel vizsgálatát említi. Az értekezésben ebből egy összetételt mutat be részletesen. Egy néhány soros összegző leírás jó lenne a 30 különböző összetételről.
- 5.2. táblázatban a betonösszetétel részletezésénél mi az „adalékanyag” és az „adalékszer”?
- Az 5.5. ábrán 2 CT rétegfelvételt mutat. Ezek már szűrt, vagy szegmentált képek?
- Az 5.8. ábrán diagramokon mutatja a Hounsfield-értékeket és a testsűrűségeket a kezelés hőmérsékletének függvényében. A diagramoknak az a haszna, hogy meg tudja mutatni, milyen mértékben csökken a sűrűség és ezzel összefüggésben a HU-érték. De

nem tartom reálisnak, hogy egyeneseket illeszt az oszlopdiaagramokra, szerintem itt ez nem releváns. Viszont meg kell magyarázni, mit jelent a HU-értékeket jelző oszlopok tetején a hullámos határfelület?

- Mindig egy-egy rétegfelvételen kalkulálta a pórusokat, repedéseket, vagy több metszetet is megnézett?
- Az 5.9-10. ábrák szép bizonyítékok arra, hogy valóban 500 °C-nál, vagy afelett van jelentős repedés vagy pórusrendszer növekedés. De nem lett volna célszerű megnézni legalább egy közbelső hőmérsékletet is 500-800 °C között? 500 °C alatt 6 hőmérsékletet vizsgált, és kis változások adódtak. Pont a kritikusabb szakaszban nézett csak egy hőmérsékletet (800 °C-ot).
- „500 °C felett a nyomószilárdság értéke 0 N/mm², ezt azzal indokoltam, hogy a próbatestek a felfűtés során felrobbantak”, de ez nem bizonyíték arra, hogy nulla a nyomószilárdság. Csak annyit mondanék, hogy nem volt mérhető. Vagy következetesen ilyen a robbanás történt minden vizsgálatnál? 30 különböző összetétel vizsgálatát említi, így volt mindenhol?
- A bemutatott vizsgálatok eredményei hasonlóak voltak a többi összetételnél is? Lehetett-e találni valami következtetést az összetételre vonatkozóan?
- Az 5.12. ábrán mi van a diagramok függőleges tengelyén? Valószínűsíthető, hogy a pórusok gyakorisága. De erre is meg kellene adni egy skálát (pl. % ?).
- A pórusok köralakúságát felület és térfogat értékek megfelelő arányával definiálja. De hogyan határozta meg egy pórus felületét? A pórusok felülete általában nem sima, hanem töredezett. Közelítő, illesztett, görbült felületekkel számolt, vagy a töredezett (lépcsős) felületekkel? A kettő között elég nagy különbség van. Az 5.12. ábra bal oszlopában a CT modelleken nem látszik, hogyan vette figyelembe a pórusok felületeit.
- Hogyan értelmezi az „összes pórusok átlagát” az 5.14.a. ábrán? Nem inkább az összes pórusok számát mutatja a kék görbe? Az ábrából az következik, hogy a pórusok száma sokkal nagyobb, mint a repedések száma. Így volt ez?
- Az 5.14.b ábrán is zavaró, hogy a függőleges tengelyen „köralakúság” van jelölve, de a magyarázatban azt írja, hogy „a szürke vonal a köralakú pórusok, a piros vonal a repedések számának, alakulását adja meg”. Akkor most a köralakúságot, vagy a pórus-, repedésszámot látjuk? Ezt meg kell magyarázni.

5.2.2. fejezet: Szerkezeti elemekből vett minták CT vizsgálata

- Az 5.15.d. ábrán mutatott három görbe közül melyik volt a tényleges tűzterhelés?
- Az 5.17. ábrán látszik, hogy a tűzterhelésnek kitett oldalon a mintában a HU érték valóban csökken. De miért pont 1770-ről 1615-re csökkenést állapított meg, amikor a görbén nagy ingadozások vannak?
- Az 5.23. ábrán egymás utáni CT metszetekben adja meg a pórusok és repedések térfogatának változását. Hogyan értelmezi a pórustérfogatot egy síkbeli CT metszeten? Ellentmondásosnak tűnik, hogy 2D metszethez adunk meg térfogatot. Valamint a térfogatváltozás pontos definícióját is meg kell adni. (Mihez képesti változásról van szó?) A kép alatt térfogatváltozást ír, de a szövegben „pórusok és repedések térfogatának összegét” említi. Ez is ellentmondás.
- Az 5.24. ábra szépen mutatja a pórusok és repedések számának és morfológiájának elemzését. De nincs magyarázat hozzá.

3. tézis, 5.3. fejezet

5.3.1 Fejezet: Módosított tapadószilárdsági képlet beton-betonacél kapcsolatra

Ebben a fejezetben először megmutatja a szakirodalom szerint a beton-betonacél közti tapadószilárdság lefutását, a jelleggörbe különböző szakaszainak definícióját adja meg. Saját PhD értekezéséből a jelleggörbére korábban kidolgozott hőmérsékletfüggést ismerteti. Végül minden részletezés, levezetés, kísérleti leírás és alátámasztás nélkül kimondja a 3. tézist, amelyben a beton-betonacél kapcsolat hőmérsékletfüggésére ír fel új, módosított képleteket, összefüggéseket. Csak annyit ad meg, hogy az „MC 2010” jelzésű referencia (MC 2010, 2013: fib Model Code 2010 for Concrete Structures 2010, Wiley Ernst and Sohn, ISBN 978-3-433-03061-5.) 6.1.1 táblázatában szereplő képlet kiterjesztését mondja ki a 3. tézis. A referenciát próbáltam letölteni internetről, de a szakkönyvet meg kell vásárolni elég borsos áron, így nem tudtam ellenőrizni az eredeti és az új, módosított képletet.

A 6. fejezetben, a tézisek összefoglalásánál két saját referenciát jelöl, ezek konferencia cikkek:

- [g] Lublók, É., Balázs, L. Gy. (2014): Temperature effects on bond between concrete and reinforcing steel, Zbornik Radova Građevinskog Fakulteta Subotica / Proceedings of Faculty of Civil Engineering Subotica, Vol. 26, pp. 27-35.
- [h] Lublók, É., Balázs, L. Gy. (2012): Influence of high temperatures on bond, In: Cairns, J. W., Metelli, G., Plizzari, G. A. (szerk.), Bond in Concrete, Brescia, Olaszország, pp. 567-572, ISBN: 978-88-907078-1-0.

Az első konferenciaticket le tudtam tölteni pdf állományban. Valóban megtalálható benne a kísérletek leírása, a 3. tézisben szereplő képlet felírása. A konferenciatickből úgy vettem ki, hogy nagyon kevés, 3-3 mérési pontra írja fel a módosított képleteket. A képletek pontokra való illesztését nem mutatja meg, az illeszkedés pontosságát se látom a cikkben. A konferenciatickk MTMT-ben folyóiratcikk-ként van feltüntetve, de ez konferenciatick. Az MTMT szerint 11 nemzetközi hivatkozást kapott. (Google Scholar-on nem találtam meg, nincs WoS és Scopus referencia sem.)

A 2. konferenciaticket nem tudtam letölteni. Ennek van Google Scholar kódja, de nem tölthető le onnan sem. Az MTMT szerint 5 hivatkozást kapott.

A következő, 5.3.2. fejezet első mondata szól a képletek ellenőrzéséről: „A képletek helyességét a kísérleti eredmények felhasználásával a Pearson-féle szorzatmomentum korrelációs együtthatójának négyzetének elvével ellenőriztük (az egyezés $R^2=0,95-0,98$ volt, Lublók, Hlavicka, 2017)”. Ez bizonyára az előző, 5.3.1. fejezethez tartozik. Ezt az impakt faktoros cikket is megnéztem. Itt már elég szépen van publikálva a kísérletsorozat és a mért eredmények. De az illesztett görbéket, függvényeket itt sem látom. Az illesztés pontosságáról (R^2) ebben a cikkben csak megemlíti, hogy „ R^2 was calculated for all concrete mixes. The results were: for M1 0.96, for M2 0.94 and for M5 0.93.” De nincs megmutatva az illesztés és az R^2 számítás. Csak azt tudom következtetni, hogy az R^2 érték csak azért ilyen magas, mert 3 mérési ponthoz való illesztésnél ez természetes.

Tekintettel arra, hogy az értekezésben nincs alátámasztás a módosított képletek kísérleti igazolására, a publikációs háttéranyagban szereplő leírást nem tartom meggyőzőnek (kevés mérési pontra illesztett képlet, illesztés és illesztés pontosságának hiánya), így **ezt az tézist nem tudom elfogadni új tudományos eredményként.**

Az alábbi részletkérdések merültek még fel a fejezetben:

- Az 5.25-26. ábrák diagramjain hogyan különül el az 1. és 2. szakasz? A lejátszódó jelenségek meg vannak magyarázva a szövegben, de a diagramon nincs mutatva a két szakasz elkülönülése.
- κ definíciójában (a kapcsolati szilárdság és a nyomószilárdság átlagértékének hányadosa) mit ért átlagérték alatt? Mire számolja az átlagot? Több próbatesten mért értékek átlagára?

5.3.2. fejezet: Végeelemes modellezés és számítás

A beton-betonacél kapcsolati modellre végeelem számításokat is mutat. A modellben használja az előző fejezet szerint kísérleti úton meghatározott összefüggéseket, és realizálja a végeelem számításokat. Ez az előző fejezet következménye, eredménye. Ebből a fejezetből nem adódik tézis.

Összességében az 5.3. fejezetben a leírások hiányosak, a kimondott tézis bizonytalan, csak a publikációkban találtam hozzá leírást, de azok alapján sem tudtam megbizonyosodni a 3. tézisről. Ez a fejezet az értekezés leggyengébb része.

4. tézis, 5.4-5. fejezet

Szálgeometria hatása a szálerősítésű betonok tűzállóságára

5.4. fejezet

A negyedik tézis két altézisből áll. A 4.a. tézis van megfogalmazva az 5.4. fejezetben:

„Kísérletileg igazoltam, hogy nagyszilárdságú betonok esetén a viszonylag nagy átmérőjű és hosszú (makro) műanyagszálak kedvezőtlenebbek, mint a kis átmérőjű, rövid (mikro) szálak. Az acélszálak alkalmazásakor is a kis átmérőjű és rövid (mikro) szálak kedvezőbbek az eddig szakirodalomban ismertekkel szemben.”

Az eredményt az 5.35. ábrán összehasonlító diagrammal igazolja különböző geometriájú és anyagú erősítő szálak betonok különböző hőterhelései után mért szilárdságokkal. Az acélszálaknál valóban, határozottan elkülönül, számottevően jobb eredményt mutat a rövid, vékonyszálak változat. De nincs megmutatva, megmagyarázva, hogy „a kis átmérőjű és rövid szálak kedvezőbbek az eddig szakirodalomban ismertekkel szemben”, ez csak ki van mondva a tézisben, nincs szakirodalmi eredményekhez való hasonlítás. A műanyag szálaknál nem pontos a megállapítás, hiszen a rövid és hosszú szálak erősítésű változatok görbéinél (piros és sárga görbék) kb. 400 C⁰-ig a sárga, 400 C⁰ felett pedig a piros görbe van felül, tehát e tendencia változik a hőmérséklet tartományok szerint.

A 4.a tézishez tartozó kísérleteknek van tudományos értéke, de a tézis pontatlanul van kimondva.

Az alábbi részletkérdések merültek még fel a fejezetben:

- A fejezetben található első ábra, az 5.32. ábra még az előző, 5.3. fejezethez tartozik. Megint előjön, hogy nem a helyén van az ábra, ami igen zavaró.
- Az 5.3 táblázatban megint csak „adalékanyag” elnevezések vannak megadva. Bár ez nem elsődleges jelentőségű, de mégis jobb lett volna látni, mi az?
- Az 5.3. táblázatban a testsűrűség úgy van számolva, hogy összeadja a fenti sorokban felsorolt tételeket, azokat az összetevőket, amik 1 m³ betonhoz lettek adva. Ha az M0 referenciát nézzük, az 1 m³ tiszta beton. Ha ehhez még hozzáadunk 1 kg vagy 35 kg

erősítő anyagot, akkor a sűrűség számításához nem szabad egyszerűen ezeket is hozzáadni. Hiszen akkor kapunk 1 m^3 térfogatra vonatkoztatott tömeget (azaz sűrűséget), ha a plusz 1 kg vagy 35 kg erősítő anyagot valamelyik összetevő rovására adjuk a térfogathoz (hogy az össztérfogat 1 m^3 maradjon). Vagy ha a referencia összetevőihöz pluszban adunk 1 kg vagy 35 kg erősítő anyagot, akkor a térfogat már nem marad 1 m^3 , és újra kell számolni a sűrűséget. Ez nem nagy eltérés, de elvi jelentősége van.

- Az 5.35. ábra diagramján a függőleges tengelyen két feszültségnek a hányadosa van, ami dimenzió nélküli szám kell legyen, amíg a függőleges tengelyen feszültség dimenzió van feltüntetve.
- Az 5.3. ábrán „minden pont három-három mérési eredmény átlagát mutatja”. Fel lehetett volna tüntetni a szórást is.

5.5. fejezet

A 4.b. tézishez tartozó kísérletek leírása és az eredmények ismertetése szerepel ebben a fejezetben. Azt mutatja meg, hogy különböző szilárdságú betonoknál a szálgeometriát (és mennyiséget) másképpen célszerű megválasztani különböző szilárdságú betonok eseteiben. Nagy mennyiségű kísérletet végzett, az eredményeket szemléletes diagramokban demonstrálta, a következtetéseket helyesen találtam.

A 4.b. tézist elfogadom új tudományos eredményként.

Az alábbi részletkérdések merültek fel:

- Az 5.37-38. ábrákon külön vannak összehasonlítva a mikroszálás-referencia és a makroszálás-referencia párok. De ahhoz, hogy a mikroszálás-makroszálás párokat is könnyen össze tudjuk hasonlítani, célszerű lett volna egy harmadik diagram is. Ugyanez a kérdés felmerül az 5.39-40. ábránál is. (Az előző a nyomó, az utóbbi a hajlító-húzó szilárdságokra vonatkozik.)
- Szilárdsági értékeket 3-3 mintán mérte ki. Milyen mértékű volt a szórás? Röviden ezt is meg kéne említeni.
- A mikroszálás erősítőkből 1 kg -ot, a makroszálás erősítőkből 4 kg -ot kevert a betonmintákhoz m^3 -enként. Volna-e értelme fordított mennyiségű adagolást is nézni, hogy a mikroszálásból adnánk nagyobb mennyiséget a mintához. Ha nincs értelme, akkor miért nincs? Miért pont az 1 és 4 kg erősítőszál mennyiség lett választva?

5. tézis, 5.6. fejezet

Portlandcementek hőérzékenysége

Különböző szilárdságú portlandcementeknél vizsgálja a szemcseméret (másképpen a fajlagos felület), az alumínát-modulus és az ásványok mennyiségének a hatását a tűzterhelés utáni nyomószilárdságra. Nagy mennyiségű, összesen 60 féle mérés volt 180 mintán.

- **Szemcseméret hatása:** Az eredményekből azt a következtetést vonja le, hogy „az $500 \text{ }^\circ\text{C}$ és a $800 \text{ }^\circ\text{C}$ -os hőterhelésre a $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ fajlagos felületű, $1,83$ alumínát-modulusú portlandcementek bizonyultak a legkedvezőbbeknek.”, amely az 5. tézis részét is képezi. Ez a fajlagos felület a vizsgált értékek közül a középső érték, tehát azt a tendenciát mondja ki, hogy a kisebb és nagyobb fajlagos felülettel szemben a közepes érték a kedvező. Az 5.45-46. ábrákon diagramokban részletezi az $500 \text{ }^\circ\text{C}$ és a $800 \text{ }^\circ\text{C}$ -os hőterhelésre kapott szilárdságokat, ezen

diagramok alapján helyes a megállapítás. Azonban az 5.44. ábrán egy összesítő diagram szerepel, ahol úgy vettem ki, hogy 500 °C hőterhelésnél a legmagasabb érték 3500 cm²/g fajlagos felületű mintához adódik. Csúcsponton álló négyzet jelölés van legfelül. Ebből kétféle, nagyon hasonló színű jelölés is van az ábrán, nem vehető ki, hogy melyik szín van legfelül, de mindkét szín 3500 cm²/g fajlagos felülethez tartozik. Az 5.44. és az 5. 45. ábra közötti ellentmondást meg kell magyarázni.

- **Aluminát-modulus hatása:** három diagramon (három különböző fajlagos felületnél) mutatja a különböző modulusú mintákon az 500 °C és a 800 °C-os hőterhelésre kapott szilárdságokat. Mindhárom diagrammal bizonyított a tézisben is megfogalmazott megállapítás: „az aluminát-modulus növekedésével nő a cementek tűzállósága”.
- **Ásványok hatása:** az 5.50. ábrán párhuzamosan mutatja két fő ásvány és az aluminát tartalmának alakulást. Összefüggést mutat ki a tartalmak között, valamint a tűzhatáshoz kapcsolódó, tézisben is megfogalmazott megállapítást helyesnek találtam: „Az aluminát-modulus, illetve a C4AF és C3A klinkerásványok mennyisége között összefüggés van: a tűzállóság szempontjából a kis C4AF és nagy C3A tartalmú cementek a kedvezőek.”

Az 5. tézist elfogadom a következő feltétellel: magyarázza meg a fenti, első pontban említett ellentmondást az 5.44. és az 5. 45. ábra között, valamint adjon választ az alábbi részletkérdésekre.

Az alábbi részletkérdések merültek fel:

- Egy fajta mérést 3 mintán végzett el. De az eredmények bemutatásánál most is a 3 mintán mért átlagértéket látjuk. A szórásról itt is kellene mondani valamit.
- A 83. oldal első sorában a szilikát modulus definíciójában „SM= SiO₂% / Al₂O₃% +Fe₂O₃%” a nevezőben bizonyára összeg van, de akkor a nevezőt zárójelbe kell tenni. Az 5.7. táblázatban számolt SM értékek (az 5.6. táblázat adataiból) helyesek, de a képlet hibás.
- Az 5.6. táblázat a cementek oxidos összetételét mutatja. A 8 féle oxid összetevő összege mindig 100 %. Az 5.8. táblázat viszont a cementek ásványi összetételét mutatja. Itt az 5 féle ásványi összetevő összértéke nem tesz ki 100 %-ot. Az utóbbinak mi az oka? Magyarázza meg az oxidok és ásványi összetevők együttes viszonyát adott cementfajtán belül.
- Az 5.43. ábrán az aluminát modulus (AM) szerinti változást (illetve közömbösséget) is feltünteti. De miért az AM hatását nézi, pl. a szilikát modulusot miért nem?

Összefoglalás:

Az értekezés nagy mennyiségű kutatási munka eredményeit mutatja be. Erős, értékes részek mellett hiányosan, vagy bizonytalanul alátámasztott következtetéseket is találtam.

A bírálóban öt megfogalmazott tézisből egy tézist tudtam elfogadni közvetlenül új tudományos eredményként. Három további tézist feltételelesen tudok elfogadni. A bírálatra adandó írásbeli válasz során, valamint a nyilvános vitán a feltételek várhatóan tisztázhatók lesznek. Egy tézist nem fogadtam el. A részleteket a fenti fejezetekben tézisenként adtam meg.

A doktori művet nyilvános vitára alkalmasnak tartom.



Győr, 2021. 11. 29.

Dr. Zsoldos Ibolya