

Vasbeton szerkezethez visszatapadó vízszigetelések kísérleti vizsgálata

Készítette: Nádasi Ádám, Rottenbacher Dalma

Konzulens: Heincz Dániel, Épületszerkezzetani Tanszék

Dr. Nemes Rita, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építészmérnöki Kar

TDK 2021



BME Építészmérnöki Kar
Épületszerkezzetani Tanszék



Tartalomjegyzék

Köszönetnyilvánítás	2
Előszó	3
1. Bevezetés.....	4
1.1. Témafelvetés (laterális vízvándorlás)	4
1.2. Jelenlegi helyzet az építőiparban	4
1.3. Hátrányok.....	4
1.4. Előnyök.....	5
1.5. A kutatás célja.....	5
1.6. Hipotézisek	6
2. Irodalomkutatás	7
3. Vasbeton szerkezethez visszatapadó vízszigetelések.....	8
3.1. Csoportosítás.....	8
3.2. Vízszigetelő anyagok bemutatása	9
3.3. Vízszigetelő anyagok összehasonlítása.....	10
4. Kísérletek	11
4.1. Kísérleti terv.....	11
4.2. Kísérleti körülmények.....	12
4.3. Mérések módszere	13
4.4. Próbatestek azonosítása	14
4.5. I. számú kísérlet	15
4.6. II. számú kísérlet.....	16
5. Eredmények.....	19
5.1. Nem várt eredmények.....	20
6. Következtetések	21
7. Jövőbeli tervek	23
7.1. Javaslatok a dolgozatban szereplő kísérletek fejlesztésére	23
7.2. További kísérleti lehetőségek	24
8. Irodalom- és ábrajegyzék	28
9. Mellékletek.....	29

Köszönetnyilvánítás

Nagy hálánkat és elismerésünket szeretnénk kifejezni mindazoknak az embereknek, akik lehetővé tették, hogy a TDK dolgozatunk elkészülhessen.

Elsősorban szeretnénk megköszönni témavezetőnknek, Heincz Dánielnek a téma felvetését, ajánlását, velünk megosztott szakmai tudását és az évek alatt szerzett tapasztalatait, valamint a folyamatos monitoringot, motivációt az elinduláshoz és a nehezebb időkben is, illetve a belénk vetett hitét, hogy mindvégig bízott bennünk. Dr. Nemes Rita tanárnőnek, aki megteremtette a körülményeket és feltételeket a kísérletek szakszerű laboratóriumi körülmények között való elvégzéséhez, kiemelkedő segítséget nyújtott az előkészületekhez, a pontos receptek és formulák meghatározásához, valamint nyomon követte a kísérleteink lefolyását is. Takács Krisztiánnak, aki egész idő alatt segítséget nyújtott a gépek használatában, kezelésében, kísérleteinket felügyelte, ellenőrizte, magas szakmai színvonalon segítette. Fáradtságot nem kímélve mindig rendelkezésünkre állt, és még a legfárasztóbb nap végén is segített az eszközök takarításában.

Továbbá szeretnénk megköszönni név szerint az összes gyártó vagy forgalmazó cég képviselőjének, akik válaszoltak megkeresésünkre, és a tőlük kapott anyagokon kívül tapasztalataikkal, tudásukkal, valamint kérdéseikkel előrevitték kísérleteinket: Szabó-Turák Dávidnak (Bau-haus Kft. - Voltex DS), Pethő Csabának és Bors Lászlónak (MC-Bauchemie Kft. - MC-Waterstop M), Nagy-Kriston Csabának (Isoprof Kft. - Preprufe 300R), Jankovics Istvánnak (SIKA Hungária Kft. - SikaProof A+12), Gellért Miklósnak (SOPREMA Kft. - Colphene BSW H), Tarrósi Péternek (Mapei Kft. - MapeProof FBT).

Végül, de nem utolsó sorban köszönünk mindent rokonainknak, barátainknak, ismerőseinknek, akik szüntelenül és lelkesen hallgatták végig a kísérleteinkkel és a “kockáinkkal” kapcsolatos kiselőadásainkat a hónapok alatt számtalanszor.

Előszó

Az épületszerkezettan egy rendkívül sokrétű, szerteágazó tudományág, melynek bizonyos területei gyorsabban, mások lassabban, de változnak, főleg az elmúlt 1-1,5 évtizedben, amikor a technikai fejlődés eddigi leggyorsabb korát éli. Léteznek olyan részei is, amelyekben nem csak az anyagok, de akár az alapelvek, prioritások is módosulhatnak. A jelenlegi piac megköveteli a jó ár-érték arányú szerkezetek használatát, alapanyagok gazdaságos és környezetbarát előállítását, az anyagminőség folyamatos javulását, szerkezetek egyszerűbb kialakítását azonos teljesítmény mellett. Ugyanakkor elvárja a növekvő követelmények megtartását is az előbb felsorolt szempontok betartása mellett. Az épületszerkezeti tervezés során gyakran fordulnak elő olyan esetek, amikor nem lehet tankönyvi példákat elővenni és egy bevált példát alkalmazni. Sokkal inkább az adott szituáció sajátosságai alapján kell döntéseket meghozni, emiatt elengedhetetlen tisztában lenni a lehetőségek tárházával és azok felhasználási korlátaival. Ennek okán szinte mindennapos a bizonyos szerkezeteket érintő megoldások mikéntje és az anyagválasztás kérdése a szakmabeliek között.

1. Bevezetés

1.1. Témafelvetés

Az épületszerkezetek tervezésénél kiemelt fontosságú az épület vízszigetelésének kérdése, hiszen jelentős károsodást okozhat annak nem folytonos vonalvezetése vagy hibás csomóponti megoldása. Különös figyelmet kell fordítani a talajnedvesség és talajvíz elleni szigetelésekre, hiszen takart szerkezet lévén annak nem megfelelő működése esetén a szerkezet nem, vagy csak számottevő költségek mellett javítható. A hagyományos vízszigetelő anyagok széles körben ismertek, számos irányelv és szakmai szabály található a témában. A vasbeton szerkezethez visszatapadó szigetelések tekintetében – habár Magyarországon is már legalább egy évtizeddel ezelőtt megjelentek a piacon – kevés az általánosan elfogadott műszaki megoldás.

1.2. Jelenlegi helyzet az építőiparban

A visszatapadó vízszigetelések helyzete az építőiparban még nem egészen tisztázott. Hagyományos vízszigetelésként vizsgálják be őket, de viselkedésük alapján eltérő módszerekre lenne szükség, ezekre azonban még nincs hivatalos szabvány, csak javaslatok a szabványvizsgálatok kidolgozására. A kivitelezés során előforduló helyzetekre szinte csak tapasztalati alapon gyűjtött, gyártónként eltérő javaslatok vannak, ezek azonban nem mérhetőek össze. Ennek okán is szükséges egy erre a szigetelés típusra általánosan használható vizsgálati módszer, hogy egyértelműen kimutathatóak és összevethetőek legyen a különböző típusú termékek.

1.3. Hátrányok

Sok pozitív tulajdonságuk mellett természetesen ezeknek az anyagoknak is vannak hátrányai. Fontos megemlíteni, hogy a bekerülési költségük igen magas a hagyományos vízszigetelő anyagokhoz képest, így a járulékos költségeket figyelmen kívül hagyva nem számítanak költséghatékony megoldásnak.

A beépített betonnak, amely a vízszigeteléssel együtt dolgozva alakítja ki a nedvesség elleni védelmet, meg kell felelnie a C 30/37-es szilárdságú vízzáró beton elvárásainak. Ez a betonminőség nem készíthető el az építés helyszínén, így szükségessé válik betonkeverő és bizonyos esetekben betonpumpa alkalmazása. Ezek növelik mind az anyagárat, mind a díjköltséget, a beton szállításához hasonlóan.

A visszatapadás a vasbeton szerkezethez bizonyos esetekben nem, vagy nem megfelelően valósul meg, ez pedig a vízszigetelés megfelelő működését teszi kérdésessé. Takart szerkezet

lévén pedig nem lehetséges a szemrevételezési vizsgálat szerkezetkész állapotban, hogy az esetleges problémák időben megoldásra kerüljenek.

Végül pedig érdemes szót ejteni arról, hogy az ilyen típusú anyagok használata megnehezítheti néhány másik épületszerkezet – például a hőszigetelés – vonalvezetésének kialakítását.

1.4. Előnyök

A visszatapadó vízszigetelések fektetése a technológiai sorrendben a vasbeton tartószerkezet elkészítése elé tehető, így azzal együtt dolgozva alkotja az épület víz elleni védelmét. Ennek következtében az alaplemez, illetve a nedvességátadásoknak kitett falak a vízszigetelő hártván belülre kerülnek, annak szerves részét alkotják. A tartószerkezet ezáltal védett helyzetbe kerül, a vízszigeteléssel együtt dolgozik, amely csökkenti a különböző süllyedésekből, elmozdulásokból adódó feszültségeket, ezzel redukálva a sérülések lehetőségét.

Hagyományos vízszigetelések esetében nagy figyelmet kell fordítani az aljzat kialakítására, valamint annak előkészítésére is – például a bitumenes lemezek esetében a kellősítésre. Visszatapadó szigetelések esetében ez részben, vagy akár teljesen is elhagyható.

Függőleges szerkezetek esetében pedig a technológiai sorrendből adódóan szigetelés tartó vagy védő fal építése szükséges, amennyiben hagyományos anyaggal készül a szigetelés. Visszatapadó vízszigetelések alkalmazásakor ilyenre nincs szükség.

A takart szerkezetek – amelyek közé tartozik az alapozás is - tervezésénél és kivitelezésénél kiemelt gondossággal kell eljárunk, mivel egy esetleges sérülés komoly, nehezen javítható és nagy költségvonzattal rendelkező károkat okozhat. A vízszigetelések sérülése és esetleges kilyukadása esetén fontos szempont, hogy a vízbehatolás helye, és a probléma megjelenése a belső oldalon milyen távol található egymástól. Tehát felmerül a kérdés, hogy a szerkezetbe került víz a betonban, esetleg a beton és a szigetelés között eltávolodhat-e a behatolás helyétől. A visszatapadó vízszigetelések – a gyártók leírása alapján – rendelkeznek laterális vízvándorlási ellenállással, ezzel azt állítva, hogy a sérülés helye és annak megjelenése a belső oldalon egy területre esik, így a javítás lokálisan megoldható. Ennek vizsgálatára azonban egyelőre nem léteznek szabványok, egységes vizsgálati eljárások, így a különböző anyagok működése egyáltalán nem, vagy csak nehezen összehasonlítható.

1.5. A kutatás célja

A kutatás célja a jelenlegi piacon fellelhető szerkezethez visszatapadó vízszigetelések összehasonlítása laterális vízvándorlási ellenállásuk szempontjából, ebből fakadóan valós szituációk modellezése és a kísérletek fejlesztése.

1.6. Hipotézisek

- 1) Amennyiben megfigyelhető laterális vízvándorlás, abban az esetben ez a beton, illetve a szigetelőanyag között figyelhető meg a visszatapadás működési elvétől függetlenül.
- 2) Abban az esetben, ha a szigetelés rendelkezik laterális vízvándorlási ellenállással, akkor ezen tulajdonság a víz betonba való bejutását is megakadályozza.
- 3) Az alkalmazott beton minősége - elsősorban nyomószilárdsága - befolyásolja a laterális vízvándorlással szembeni ellenállást.
- 4) A visszatapadás mechanizmusa befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállást.
- 5) A vízszigetelés anyaga nem befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállást.
- 6) Kivételt képeznek a bentonit anyagú szigetelések, amelyek esetében eltérő eredmények várhatóak a többi terméktől jelentősen különböző működési elveik miatt.

2. Irodalomkutatás

- a) Dobszay és szerzőtársai (2018) a szerkezethez visszatapadó szigetelések laterális vízvándorlási ellenállásával foglalkozik. Átfogó képet nyújt a 2015-ben piacon jelen lévő anyagokról, vizsgálja, hogy mely tényezőktől függ a laterális vízvándorlási ellenállás, ezenkívül összehasonlítja a különböző működési elvű termékeket egy meghatározott szempontrendszer szerint. Jelen dolgozat nagymértékben épít ezen tanulmány eredményeire az I. számú kísérleti módszer, valamint az értékelési szempontok tekintetében. A publikáció megjelenése óta azonban számos új anyag elérhető, így az ezekről készült összehasonlító vizsgálat napjainkig aktuális téma.
- b) Heinlein, Thienel és Freimann (2021) az európai, valamint az észak-amerikai piacon fellelhető visszatapadó vízszigetelésekkel foglalkozik. Két szempont - a "szigetelő réteg" típusa, illetve a "visszatapadási mechanizmus" - szerint hoz létre csoportokat, amelyekbe a vizsgált anyagok besorolhatók. Ez az osztályozás jelenik meg jelen dolgozatban is. Megállapítja továbbá, hogy a nem megfelelő visszatapadás - amely jelentősen befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállást - sok esetben kivitelezési hibákra vezethető vissza, ilyen problémák esetén különösképpen a mechanikai úton visszatapadó termékek sérülékenyek. A piac bővülésével az anyagválasztásnál előtérbe kerülnek azok a termékek, amelyek több akkreditált vizsgálati eredménnyel rendelkeznek, ilyenek azonban egyelőre korlátozott számban állnak rendelkezésre. Emiatt is hiánypótló a dolgozatunk, amely a Magyarországon forgalomban lévő teljes termékkínálatot tanulmányozza.
- c) Li és szerzőtársai (2020) a HDPE anyagú visszatapadó vízszigeteléseket veti össze a hagyományos SBS modifikált, utólag elhelyezett bitumenes vastaglemezekkel. Az előbbi előnyei között említi a szigetelő réteg és a tartószerkezet részét képező alaplemez együttdolgozását, amely ellenállóbbá teszi a vízszigetelő hártát az esetleges mozgások, süllyedések okozta feszültségkülönbségek okozta károsodásokkal szemben. Összehasonlítva a hagyományos szigetelésekkel, a visszatapadó vízszigetelő anyagok működési elve kevesebb kivitelezési hibalehetőséget hordoz magában, az együttdolgozása a betonnal az anyag fizikai és kémiai tulajdonságai alapján előre meghatározható, kevesebb emberi tényezővel. Ez a mai építőipari körülmények között - gondolva itt többek között a szakemberek alacsony számára - előnyt jelenthet az anyag kiválasztásánál. Ezenkívül a HDPE anyagú vízszigetelések elhelyezése nem jár károsanyag-kibocsátással, amely így környezettudatosabb szerkezetet eredményez. Fontos megemlíteni azonban, hogy nem elegendő csupán egy-egy tényező környezetre gyakorolt hatását vizsgálni, szükséges lenne egy teljes élettartamra vonatkozó kutatás, ez azonban jelen dolgozatnak nem tárgya.

3. Vasbeton szerkezethez visszatapadó vízszigetelések

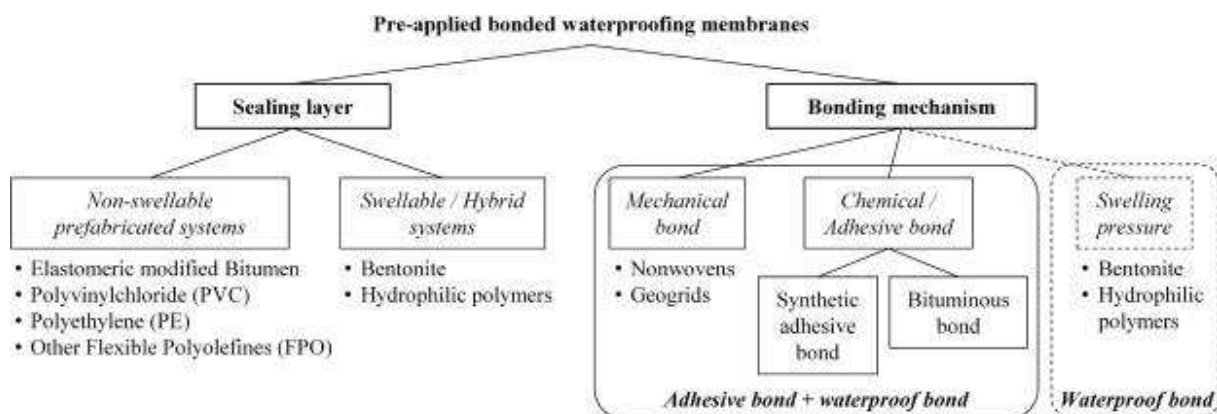
3.1. Csoportosítás

A szerkezethez visszatapadó vízszigetelések csoportosítása számos szempont alapján történhet, melyek közül jelen dolgozatban releváns az anyaguk, a működési/visszatapadási mechanizmusuk, valamint a vízzáróságuk szerinti rendszerezés. Előbbi kettő csoportosítás Heinlein, Thienel és Freimann (2021) alapján készült.

Anyaguk szerint két osztályba sorolhatóak a visszatapadó vízszigetelések: nem duzzadó előregyártott és duzzadó/hibrid rendszereket különböztethetünk meg. Előbbiek közé tartoznak az elasztomer modifikált bitumen, a polivinil-klorid (PVC), a polietilén (PE), illetve a rugalmas poliolefin (FPO) anyagú termékek. Utóbbi csoport a nátrium-bentonit, valamint a hidrofil polimer alapanyagokat foglalja magába. A magyarországi forgalomban a PVC, PE és hidrofil polimer anyagú termékek kivételével mindegyik fellelhető.

A visszatapadási mechanizmus alapján három kategóriát különböztethetünk meg: mechanikai, kémiai és duzzadás által létrejövő tapadást. Ez utóbbi csoportba a nátrium-bentonit anyagú vízszigetelések tartoznak - a hidrofil polimer alapanyagúak mellett, amelyek azonban nem képezik részét jelen dolgozatnak -, elmondható azonban, hogy a visszatapadás ebben az esetben is a mechanikai kötéshez sorolható, a duzzadás a vízzáróságot biztosítja. A fizikai kötés nem szőtt textília vagy műanyag háló segítségével jön létre, míg a kémiai esetben szintetikus vagy bitumenes ragasztó felelős az együttdolgozásért. (1. ábra)

Vízzáróság szempontjából két részre oszthatóak a termékek. Vízzáró anyagról beszélünk, ha adott nyomás hatására adott idő alatt a szerkezeten csak annyi nedvesség jut át, amely adott idő alatt képes elpárologni úgy, hogy az a felületen nem hagy nyomot és a szerkezetben nem tesz kárt. Vízhatalan a szigetlés, ha adott nyomás hatására a szerkezet egyáltalán nem enged át vizet.



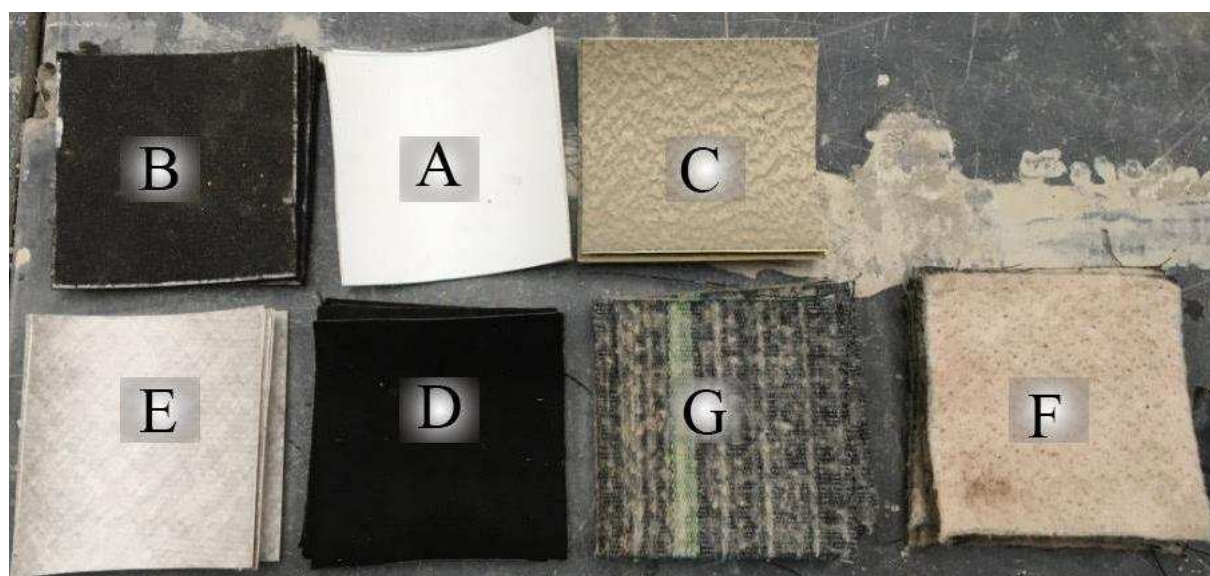
1. ábra - Különbség a visszatapadó vízszigetelések között a szigetelő réteg és a tapadási mechanizmus tekintetében - Heinlein, Thienel és Freimann (2021, 123751)

3.2. Vízszigetelő anyagok bemutatása

Hét különböző visszatapadó vízszigetelés szerepelt a vizsgálatban, melyekről az összefoglaló táblázat tartalmazza a legfontosabb adatokat (1. táblázat). Működési elvük bizonyos tekintetben megegyezik: a szerkezet elkészítése előtt kerülnek elhelyezésre, ahhoz különböző módon visszatapadnak, és azzal együtt dolgozva működnek.

Jel	Szigetelőanyag	Tapadási mechanizmus	Laterális vízvándorlási ellenállás a gyártói leírások alapján
A	HDPE	kémiai - szintetikus ragasztó	van
B	homokszórt SBS modifikált bitumen	kémiai - bitumenes ragasztó	van
C	FPO (sárga)	mechanikai és kémiai - szintetikus ragasztó	van
D	FPO (szürke)	mechanikai	nincs
E	FPO (fehér)	mechanikai	van
F	nátrium-bentonit	mechanikai + duzzadás	nincs
G	nátrium-bentonit + HDPE	mechanikai + duzzadás	nincs

1. táblázat - Vizsgált szigetelőanyagok és tulajdonságaik - saját szerkesztés



2. ábra - Méretre vágott szigetelőanyagok - saját kép

3.3 Vízszigetelő anyagok összehasonlítása

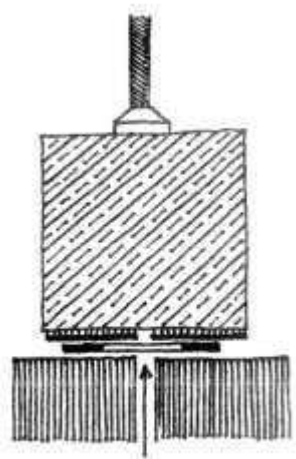
A táblázatból (*1. táblázat*) látható, hogy a termékek széles skálája megtalálható a magyar piacon - így a dolgozatban is -, kezdve a műanyag (HDPE, FPO) alapanyagúaktól, át a bitumenesen át egészen a bentonit összetevőjű anyagokig. Heinlein, Thienel és Freimann (2021) szerint azok a szigetelések, melyek visszatapadása mechanikai úton valósul meg, jobban kitettek a kivitelezési hibáknak, mint a kémiai úton visszatapadó vízszigetelések. Az előfeltevések között szerepel, hogy a bentonit anyagú szigetelések esetén más eredmények várhatóak, ez a táblázat adataiból is látható: a mechanikai visszatapadást egy víz hatására történő duzzadás egészíti ki, így kielégítve a vízzárósági követelményeket. Emellett a gyártói leírásokban nem található laterális vízvándorlási ellenállásra vonatkozó adat. Ezen két tényező figyelembevétele elengedhetetlen a kísérletek szempontjából.

4. Kísérletek

4.1. Kísérleti terv

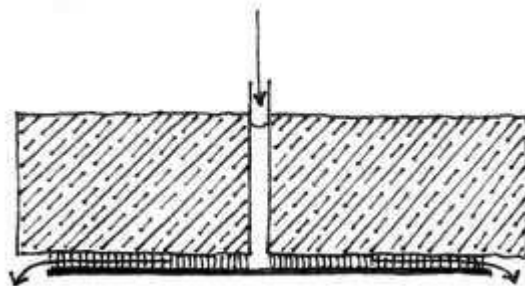
A szerkezethez visszatapadó vízszigetelésének laterális vízvándorlási ellenállásának mérését tűztük ki célul, ehhez azonban szükséges volt egy erre alkalmas kísérleti módszer megalkotása.

Az Andriska, Heincz és Kovács (2014) tanulmányban szereplő vizsgálat jó kiindulópontként szolgált az I. számú kísérlethez, emellett a korábbi vizsgálat óta fejlesztett új anyagok piacra kerülése indokolta a kísérlet megismétlését, annak eredményeinek validálását. Ezen vizsgálat egy kivitelezési hibalehetőséget, a szigetelőanyag sérülését modellezi, és azt vizsgálja, hogy ezen a sérülésen keresztül milyen formában történik a vízbehatolás, így mérve az egyes anyagok laterális vízvándorlási ellenállását. Az előfeltevések között szerepel, hogy a beton minősége befolyásolja a laterális vízvándorlással szembeni ellenállást, így a kísérletet két fajta betonminőséggel végeztük el. Ennek részletes leírására a 4.5. pontban kerül sor. (3. ábra)



3. ábra - A módosított szabványkísérlet - Andriska, Heincz és Kovács (2014)

Elméleti oldalról közelíti a témát a II. számú kísérlet, amely során a védett oldal felől érkező víz mozgása figyelhető meg. Ilyen körülmény a valóságban nem valósul meg, azonban megfigyelhető és mérhető általa a laterális vízvándorlás. A víz eljuttatása a szigetelőanyag és a beton közé egy műanyag, bebetonozott csövön keresztül történik, azzal a feltétellel kiegészítve, hogy a találkozási helyen a visszatapadás nem valósul meg - a kísérlet során ezt mesterségesen meggátoltuk. A téma teljes leírása a 4.6. pontban olvasható. (4. ábra)



4. ábra - 2-es számú mérőeszköz - Andriská, Heincz és Kovács (2014)

4.2. Kísérleti körülmények

A kísérletek laboratóriumi körülmények között zajlottak, a helyszínt, valamint a használt gépeket és eszközöket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Magasépítés Tanszékének laborja biztosította. A gyártók által előírt betonminőség (C 30/37) mellett egy annál gyengébb minőségű (C 20/25) betonnal is dolgoztunk, melyekről az adatokat a 2. táblázat tartalmazza. A vizsgálatok során szabványos 150 mm élhosszúságú kockákat készítettünk, melyeket 28 napos koruk után vizsgáltunk. A kockák egy napot töltöttek a zsaluzatban, majd 7 napot meszes vízben, amit 20 nap szárazon tárolás követett.

Beton nyomószilárdsági vizsgálatai									
#	Jel	Próbatest kora	Méretek (mm)			Tömeg (kg)	Törőerő (kN)	Nyomószil. kar. érték	Minőség
			a	b	c				
1	R-20-6	28 nap	150,2	147,3	150,3	7691	677	22,6	C16/20
2	R-30-2	28 nap	149,8	120,6	150,2	6168	1031	49,07	C35/45
3	R-20-3	28 nap	150,3	143,3	150,3	7532	647	22,04	C16/20
4	R-30-4	28 nap	150,0	148,4	150,2	7162	959	35,08	C25/30
5	R-30-3	28 nap	149,9	149,1	149,8	7238	959	34,91	C25/30
6	R-20-4	28 nap	149,9	148,1	149,9	7640	653	29,41	C20/25

2. táblázat - Beton nyomószilárdsági vizsgálat eredményei - saját szerkesztés



5. és 6. ábra - Beton próbatestek nyomószilárdságának vizsgálata töréstezzszzel - saját képek

4.3. Mérések módszere

A mérési alapelvek felállításához a betonok vízzárását minősítő MSZ EN 12390-8:2001 szabvány volt az irányadó. A próbatestek a betonozást követő minimum 28 nap elteltével kerültek vizsgálat alá, ezzel biztosítva, hogy a végső szilárdságuk elérése utáni állapot legyen megfigyelhető. A kockák a szabványokban előírt 72 órát töltöttek a szabványosított víznyomópádon (7. és 8. ábra), ahol állandó, 5 bar víznyomás terhelésnek voltak kitéve. Bizonyos esetekben a vízszigetelések idő előtt tönkrementek. Ezekről írásos és fényképes dokumentáció is készült, amelynek során visszakövethető, hogy az adott próbatest melyik gép melyik pozíciójába került be, illetve pontosan mikor indult és végződött a kísérlet. Ezzel biztosítva az esetlegesen felmerülő külső hibalehetőségek utólagos visszakereshetőségét. A vizsgálati eszköz 1 literes tartállyal rendelkezik, amely a kísérlet előtt a megadott mennyiségű vízzel fel lett töltve. Amennyiben a folyadék idő előtt elfogyott, viszont a próbatesten nem jelent meg tönkremenetelre utaló jel, úgy újra lett töltve ismét a megadott szintig.

A 72 órás kísérlet végeztével a próbatestek az MSZ 4715-4 szabványnak megfelelően a középvonaluk mentén azonnal ketté lettek hasítva. Az átnedvesedés mértéke alkoholos filccel lett megjelölve, lemérve, az erről készült fényképes dokumentáció a 4. számú mellékletben található. A törés mentén a szigetelés állapotának ellenőrzése szemrevételezéssel történt, amelyből további következtetések vonhatók le a lemez szakítószilárdságával, tapadásával és magának az anyagnak a tulajdonságaival kapcsolatban. Ezen megállapítások a későbbiekben hasznosak lehetnek mind a gyártók, mind pedig a felhasználók számára.



7. és 8. ábra - Víznyomópad üresen (bal) és a kísérlet során (jobb) - saját képek

4.4. Próbatetek azonosítása

Minden próbatest egyedi azonosítót kapott, az alábbi módon pl.: A-20-03.

- A kód első betűje a szigetelőanyag kódja, amely alapján az anyag beazonosítható (1. táblázat)
- A második két szám a beton minőségére utal.
 - 20 - C 20/25-ös szilárdságú beton
 - 30 - C 30/37-es szilárdságú beton
- A harmadik szám pedig a próbatest sorszáma az adott anyagon és betonminőségben belül.

Kísérleti próbatetek darabszáma:

- 3 db C 20/25 etalon próbatest vízzáróság ellenőrzésére
- 3 db C 20/25 etalon próbatest nyomószilárdság ellenőrzésére
- 3 db C 30/37 etalon próbatest vízzáróság ellenőrzésére
- 3 db C 30/37 etalon próbatest nyomószilárdság ellenőrzésére
- 3x7 db C 20/25 próbatest a felületükön a vízszigetelésekkel (ezenkívül még kettő próbatest készült hibás kivitelezés miatt, a szigetelőanyag ugyanis a zsaluzatban felgyűrődött)
- 3x7 db C 30/37 próbatest a felületükön a vízszigetelésekkel
- 3x5 db C30/37 próbatest a bebetonozott csővel végzett kísérletekhez

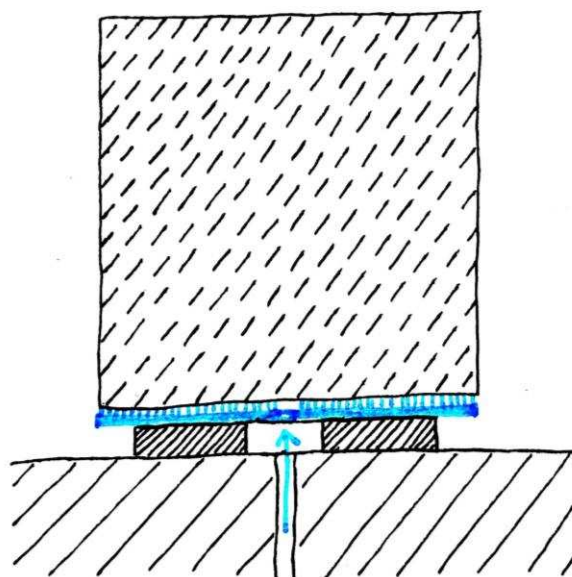
Tehát összesen 71 db kocka került be a kísérletekbe, amelyekről elemzések készültek a mért eredmények és megjegyzések formájában. (9., 10. és 11. ábra)



9., 10. és 11. ábra - Elkészült próbatestek kifűrva (bal), szállítás közben (közép), és előkészítés alatt (jobb) - saját képek

4.5. I. számú kísérlet

Az I. számú egy szabványos, 150x150x150 milliméteres próbakockán végzett, 72 órás, nyomópadon végzett kísérlet egy 15 mm átmérőjű lyukkal a szigetelés közepén, amely utólag lett kialakítva egy fűró segítségével. Két féle betonminőséggel - a gyártók által előírt (C 30/37) és az ennél rosszabb minőségű (C 20/25) betonnal - készültek a mérések, amely alapján megfigyelhető, hogy milyen hatással van ez a tulajdonság a laterális vízvándorlási ellenállásra. Ezenkívül felmerül a kérdés, hogy előirányozható-e az elvárt betonminőség csökkentése az elkészült szerkezet minőségi romlása nélkül.



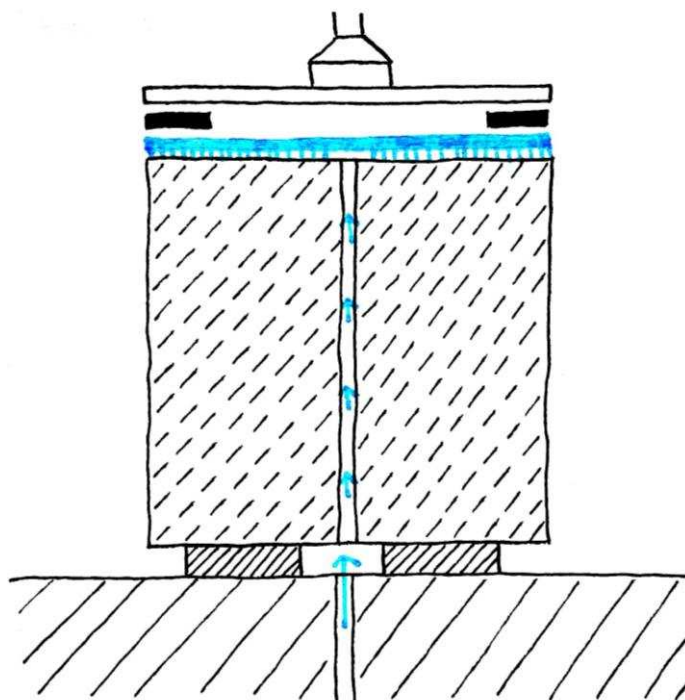
12. ábra - I. számú kísérlet elvi működése - saját rajz

A kísérleti feltételeknek megfelelően a próbatesteket az átfúrt szigetelőlemezzel lefelé lettek a víznyomó padba helyezve (12. ábra), ahol 72 órán keresztül állandó 5 bar nyomás terhelte őket. A lyukon keresztül a víz behatolhatott a szigetelés mögé. A kísérlet azt vizsgálta, hogy melyik vízszigetelés hogyan viselkedik különböző betonminőség mellett laterális vízvándorlás szempontjából. Ezzel a kísérlettel a laterális vízvándorlás mellett a tapadás ellenőrzése is lehetséges volt.

A bentonit anyagú szigetelések esetén, a duzzadási mechanizmust figyelembe véve, az elején - a duzzadás létrejöttéig - távozó kis mennyiségű víz még nem jelentette a kísérlet sikertelenségét.

4.6. II. számú kísérlet

A II. számú szintén egy szabványos, 150x150x150 milliméteres próbakockán végzett, 72 órás, nyomópados kísérlet a pozitív, védett oldalról érkező víznyomással szembeni ellenállás vizsgálatára a gyártói utasítás szerinti minőségű (C 30/37) betonnal.



13. ábra - II. számú kísérlet elvi működése - saját rajz

A betonozás előtt a szigetelés közepén, egy 2x2 cm-es felületen - maszkolószalag segítségével - megakadályoztuk a szigetelés visszatapadását a betonhoz, majd ennek a közepére egy 15 mm átmérőjű műanyag cső került, amely a betonozás után bennmaradó zsaluzatként szolgált. A kísérlet előnye, hogy ebben a zárt csőben jut el a víz a szigetelésig, így lecsökken annak az esélye, hogy a betonban indul meg a vízvándorlás.

A kísérleti feltételeknek megfelelően a próbatestek ezúttal fejjel lefelé, azaz az előzőekhez képest fordítva lettek behelyezve a gépbe a lyukkal lefelé és a vízszigeteléssel felfelé. Emiatt szükséges volt a kocka zsáuzattal nem érintkező oldalának előkészítése, hogy megfelelően tömíthető legyen a víznyomópad gumi anyagú felfekvésein. A folyamat egy beton megmunkálására alkalmas fejjel ellátott koronacsiszoló géppel történt, egészen addig, amíg a felület minden pontja legalább egyszer, egy ütemben csiszolva lett. Ezután a próbatest zsálu felőli oldalaival megegyező simaságú felület jött létre, amely már megfelelően tömíthető volt. A kísérlet megkezdése előtt a kocka tetejének négy sarkába, a vízszigetelésre egy-egy 2x2 cm-es 3 mm vastag gumilap, azokra pedig egy 10 mm vastag acéllap került elhelyezésre a leszorító fej nyomásának elosztatása céljából. (13. és 14. ábra) A kockákba betonozott csöveket vízzel feltöltöttük, majd rászorítottuk a víznyomópad csuklós leszorító elemét. Ezután 72 órán keresztül, vagy a víz megjelenéséig 5 bar nyomás terhelésnek voltak kitéve a próbatestek, majd a korábban ismertetett módon megtörtént a kockák hasítása és a dokumentáció. (15. ábra)

A vizsgálat egyik lehetséges kimenete, hogy a nyomás hatására a víz megjelenik a lemezszéleken, ez jelzi a laterális vízvándorlást. Másik lehetséges eredmény, hogy a nem visszatapadt rész melletti szakaszon az együttdolgozást még tovább bontja a víznyomás, majd 1-2 centiméteren belül megáll, és nem engedi tovább. Ebben az esetben beszélhetünk a laterális vízvándorlással szembeni ellenállásról. Elképzelhető, hogy a rugalmasabb anyagú szigetelések külső fele kinyomódik a víznyomás hatására, és egy hólyagot hoz létre a felszínen. Amennyiben nem szakad ki az anyag és nem jelenik meg víz a lemez szélén, úgy a kísérlet eredményesen zárul. Előfordulhat olyan eset is, amikor a víznyomás hatására a lemez teljesen elválk a beton felületétől. Ez azt jelentené, hogy a visszatapadás egyáltalán nem, vagy nem megfelelően valósult meg.



14. és 15. ábra - Próbatétel gumi lapokkal eltartott acél lappal kísérlet közben (bal) és törés után (jobb) - saját képek

5. Eredmények

- Az I. számú kísérlet tapasztalatai alapján validálhatóak az Andriská, Heincz és Kovács (2014) tanulmányban szereplő eredmények, azzal a különbséggel, hogy az ott megfigyelhető nagymértékű - esetenként akár 5-6 cm mély - beázás helyett jelen esetben 2-3 cm-es maximum volt a jellemző. Ez visszavezethető a betonminőségre, esetleg a bedolgozás különböző módjára is.
- Elmondható továbbá, hogy az “F” és “G” jelű, bentonit anyagú termékek esetén ez vizsgálati módszer nem megfelelő, ugyanis a szigetelések jellege és a próbatestek kis felülete miatt a laterális vízvándorlási ellenállás nehezen mérhető ezen anyagok esetében. A próbatestek nagy részben rövid időn belül minden oldalon elkezdtek eresztetni a vizet, miután a bentonit beduzzadt, így a teljesítményük mérése sikertelennek bizonyult. A “G” jelű anyagon egy HDPE fólia kasírozás is található, amely jelen vizsgálati körülmények között kihasználatlan volt, hiszen a próbatestek készítése közben elvált az anyagtól.
- A próbatestek készítése a lemezek hibatűrése és kivitelezési korlátai szempontjából is tanulságos volt. A “D” jelű, csak fizikai úton tapadó műanyag lemezből két próbatest öntése a gyengébb minőségű C 20/25-ös betonnal sikertelennek bizonyult, ugyanis nem tapadt vissza megfelelően. A bitumenes lemez a gyártói vélemények és az anyag vastagsága alapján a leginkább ellenálló mechanikai sérülésekkel szemben, viszont a próbatestek törése során elszakadt, így szakítószilárdsága ennél jóval kisebb. A sérülésekkel szembeni ellenálló képessége tehát főként az anyagvastagság, kevésbé a rugalmas viselkedése miatt jöhet létre.
- A laterális vízvándorlási ellenállás szempontjából nem volt számottevő különbség a jobb és a rosszabb betonminőséggel készült próbatestek között. Habár a beázás mértéke a C 20/25 beton esetében jelentősebb volt, jellegében nem változott.
- A II. számú kísérlet az “F” és “G” jelű, bentonit anyagú szigetelésekkel az I. számú kísérlet eredményei miatt nem került elvégzésre. Ezen anyagok működésének megfigyelésére a jelen dolgozatban szereplő vizsgálatok nem alkalmasak.
- A II. számú kísérletnél az előre elhelyezett csőbe sok esetben beton folyt, amely részlegesen vagy teljesen eltömítette a víz útját. Habár a nedvesség többségében eljutott a vízszigetelő lemezig, de az akár 3 cm hosszúságú beton dugó miatt az 5 bar nyomást valószínűleg már nem érhetette el. A kísérleti terv szerint az volt a cél, hogy ez a nyomás

teljes egészében a lemezt terhelje, ezáltal teljesítőképességük határáig emelhető lett volna a víznyomás.

- Jelen körülmények között csak kis számú kockánál egyértelmű a laterális vízvándorlás helye. Habár a kísérlet részben sikertelen eredménnyel zárult, mégis hasznos tapasztalatok vonhatóak le az eredményekből.

5.1. Nem várt eredmények

- Az “E” jelű anyaggal készült egyik próbatesten keletkezett egy kisebb sérülés tárolás közben, így látható volt, hogy a cső szélétől nagyjából 4-5 cm-re lévő sérülés helyéig már nem jutott el a víz.
- Néhány lemezt sikerült az anyag tűréshatáráig terhelni, így megfigyelhető volt, hogy habár a szerkezethez visszatapadó réteg a betonhoz erősen kapcsolódik, de a vízszigetelő lemez el tud válni tőle. Így a laterális vízvándorlás nem a beton és a szigetelés között, hanem a szigetelés rétegei között jött létre. Ennek gyakorlati jelentősége, hogy habár a visszatapadás kellően erős, az anyag rétegei nem kapcsolódnak egymáshoz megfelelő intenzitással, így a víz a legkisebb ellenállás irányába haladva itt fog vándorolni.
- A “B” jelű, bitumen anyagú szigetelés a nyomópadra helyezést követően a bordázott gumitömítésekre szorítás erejének hatására benyomódott.
- Az “F” és “G” jelű bentonit anyagú lemezek, habár beduzzadtak, de nem elég gyorsan, így a tartályban lévő víz elfolyt, illetve a bentonitos töltet az anyag szélén kinyomódott.

Összefoglalva elmondható, hogy a szigetelőanyagok működési mechanizmusának különbözősége miatt nehézkes egy olyan egységes kísérlet megalkotása, amely minden anyagot és típust egyenlő feltételekkel állít szembe. A leginkább különbözőnek a bentonit anyagú szigetelések bizonyultak, így az “F” és “G” jelű anyaggal végzett kísérletek nem irányadóak a szigeteléstípusok összehasonlításánál.

A kísérletek pontos eredményeit a mellékletben szereplő *4. számú melléklet* tartalmazza.

6. Következtetések

- 1) *Amennyiben megfigyelhető laterális vízvándorlás, abban az esetben ez a beton, illetve a szigetelőanyag között figyelhető meg a visszatapadás működési elvétől függetlenül.*

Az előfeltevést igazolta, hogy a beton és a szigetelőanyag között jött létre a vízvándorlás. bizonyos esetekben azonban, előre nem várt módon, a szigetelőanyag rétegei között is megfigyelhető volt a jelenség.

- 2) *Abban az esetben, ha a szigetelés rendelkezik laterális vízvándorlási ellenállással, akkor ezen tulajdonság a víz betonba való bejutását is megakadályozza.*

Abban az esetben, ha az anyag rendelkezett laterális vízvándorlási ellenállással, úgy kijelenthetjük, hogy a víz a betonba is kevésbé, vagy egyáltalán nem hatolt be. Ez mind a gyengébbik, mind pedig az erősebbik betonnál megfigyelhető jelenség. Markáns különbség érzékelhető a szigeteletlen és szigetelt próbatestek között, a betonminőség javulásával azonban nem minden esetben fordítottan arányos a behatolás mértéke.

- 3) *Az alkalmazott beton minősége - elsősorban nyomószilárdsága - befolyásolja a laterális vízvándorlással szembeni ellenállást.*

Az I. számú, a gyártók által előírtnál gyengébb minőségű beton felhasználásával elvégzett kísérlet tapasztalatai alapján elmondható, hogy a szigetelőanyagok között jelentős a különbség abban a tekintetben, hogy mennyire befolyásolja a termék működését az alkalmazott betonminőség. A C 20/25 minőségű beton használata mellett létrejött laterális vízvándorlási ellenállás a kivitelezési hibákkal szembeni ellenálló képességre utal.

- 4) *A visszatapadás mechanizmusa befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállást.*

A visszatapadás működési elve befolyásolja a vízvándorlási ellenállást. A lemezek vízvándorlási ellenállása szempontjából a leginkább kedvezőek a betonnal kémiai és fizikai úton is kapcsolatot létesítő anyagok.

- 5) *A vízszigetelés anyaga nem befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállást.*

A vízszigetelések anyaga - a hipotézissel összhangban - nem befolyásolja számottevően a laterális vízvándorlási ellenállást.

6) *Kivételt képeznek a bentonit anyagú szigetelések, amelyek esetében eltérő eredmények várhatóak a többi terméktől jelentősen különböző működési elveik miatt.*

Az "F" és "G" jelű szigeteléseknél a víznyomás hatására a megduzzadt bentonit a lemezszéleken kívülre került, ezáltal az anyag tönkrement, így a szigetelőanyag rétegei között vízvándorlás volt megfigyelhető. Következésképpen megállapítható, hogy az I. számú kísérlet ilyen formában nem alkalmas ezen anyagok laterális vízvándorlási ellenállásának vizsgálatára. Emiatt a II. számú kísérlet nem került elvégzésre ezen anyagok esetében.

A kísérletek során több szigetelés is elérte a teljesítőképességének határát és tönkrement. Bizonyos szigetelések már néhány perc elteltével elérték tönkremeneteli állapotukat mind az I., mind pedig a II. számú kísérlet esetében. Ez a tönkremenetel bekövetkezhet a nem megfelelően erős visszatapadó mechanizmus, illetve az anyag belsejében történő kettéválás miatt is. Továbbá fontos még megemlíteni a hasító vizsgálat eredményeit is, amely során a "B" jelű, bitumen anyagú szigetelés minden esetben eltört a többi anyaggal ellentétben. Ez a szerkezettel való együtt dolgozás vizsgálata során fontos, mivel ahhoz elengedhetetlen a szerkezet mozgásából adódó feszültségkülönbségekkel szembeni ellenálló képesség. További kísérletek szükségesek ahhoz, hogy minden szigetelés elérje teljesítőképességének határát, amelyre javaslatot teszünk a későbbi fejezetekben kísérleti tervek formájában.

Jelenleg Magyarországon nem létezik olyan szabványkísérlet, amely a visszatapadó vízszigetelések laterális vízvándorlási ellenállását hivatott tesztelni, pedig erre érezhetően nagy szüksége lenne a szakmának. Ez lehetővé tenné az anyagok összehasonlítását, és releváns adatokkal látná el a vevőközöniséget.

7. Jövőbeli tervek

7.1. Javaslatok a dolgozatban szereplő kísérletek fejlesztésére

A II. számú kísérlet esetén több kockánál is befolyt a csőbe a beton, valószínűleg vibrálás során. A víznyomás nem minden esetben bizonyult elég erősnek ahhoz, hogy ezt a néhány cm hosszúságú betondugót áttörje, illetve átáztassa. Ebből kifolyólag nehezen értékelhető a vizsgálat végeredménye, ugyanis a beton befolyásának mértéke nem volt mindenhol azonos. A következőkben felsorolt javaslatok a kísérlet helyes elvégzését hivatottak segíteni a jövőben.

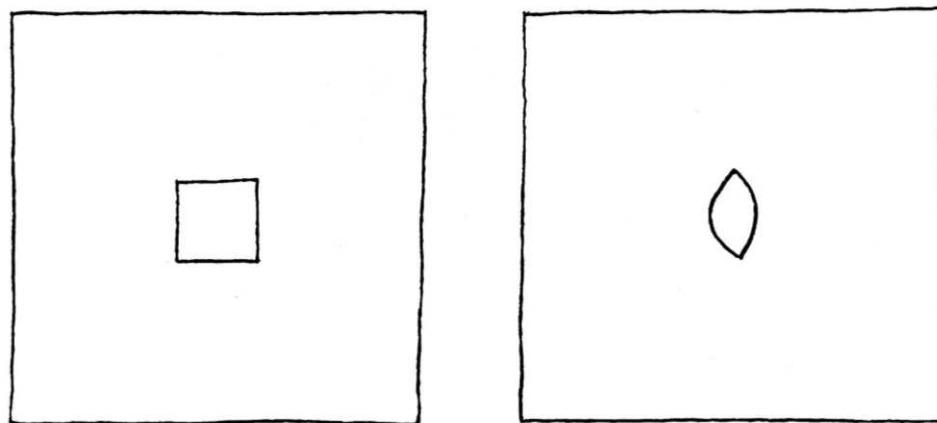
Merev cső használata, amelynek vágott felülete sima, egyenes és a cső tengelyére merőleges. Betonozás, valamint vibrálás során a csövet hozzá kell szorítani a szigetelő lemezhez, hogy a beton ne tudjon befolyjni a csőbe. Szükséges egy, a csőbe szorosan illeszkedő, fa vagy acél anyagú pálcá használata, melynek végére szivacs darab van rögzítve. A kísérlet elvégzése előtt egy lyukba dugott pálcával meg kell győződni a cső üres állapotáról. Nyomópadra helyezés előtt a csövet fel kell tölteni vízzel, majd leszorítani a gumi lapok és az acél lemez segítségével. A nyomás folyamatos, szabályozott időközönkénti emelésével meghatározható, hogy az adott szigetelés mekkora nyomásnak képes ellenállni, amíg a laterális vízvándorlás megindul a szerkezetben, és eléri a kocka közepétől 7,5 cm-re található élt. A kísérlet elvégezhető akár agresszív és/vagy magas hőmérsékletű hévízzel is, így összehasonlítható a termék működése különböző összetételű talajvíz esetén.

A kísérlet lehetséges kimeneteli módjai az alábbiak:

- A víz azonnal megjelenik a lemezszéleken: A szigetelő anyag nem rendelkezik laterális vízvándorlással szembeni ellenállással
- A víz még nagy nyomás esetén sem jelenik meg a lemezszéleken: Az anyag laterális vízvándorlással szembeni ellenállása igazolható adott nyomáson. A víz ilyen esetben esetlegesen megindulhat a kisebb ellenállás, azaz a beton felé, amely hatására az elkezdhet vizesedni a kialakult feszültségi csúcsok mentén. Ez felveti a következő kérdést, miszerint a szigetelőanyagon lévő lyuk geometriája befolyásolhatja a beton átnedvesedésének jellegét.
- A lemezszélen egy bizonyos nyomás után jelenik meg a víz: A tönkremenetel előtti nyomásértéknek még ellenáll a lemez, efölött azonban nem. Ez esetben a vízvándorlás végbemehet a beton és a szigetelés között, illetve a szigetelőanyag különböző rétegeiben is.

7.2. További kísérleti lehetőségek

- a) Tekintettel arra, hogy a betonminőség csökkentésével (C 20/25 minőségig) még mindig működőképesek maradtak bizonyos szigetelések, így meg kell vizsgálni, hogy az ajánlott C 30/37 betonminőségtől elindulva folyamatosan csökkentve azt, hogyan viselkednek az anyagok.
- b) Kísérlet különböző formájú lyukakkal: Az I. számú kísérlet tovább fejlesztése különböző formájú lyukakkal lehetséges. Saját, illetve egyes gyártók véleménye szerint is szerepet játszhat a lyuk formája a kísérlet során. A valamilyen szöget bezáró sarkok (pl. 90 fok) megvezetheti a vizet, mivel feszültségi csúcsok alakulnak ki, illetve folt szerű alkalmazás során a beton átázása mélyebbre mehet ott, ahol a vízszigetelés véget ér. (16. ábra)



16. ábra - Különböző alakú lyukak felülnézetből - saját rajz

- c) Kísérlet nem megfelelő minőségű/állagú/szilárdságú betonnal: A beton minősége a kivitelezési folyamatban meghatározott, aránylag könnyen teljesíthető követelmény. A valós szituációt jobban modellező kísérleti lehetőség az a változat, amely a beton bedolgozásának hibáinak, illetve hiányának következményeit hivatott bemutatni. Ezt egy földnedves, vagy annál még kevésbé folyós betonnal lehet vizsgálni, amely csak enyhén van bevibrálva a formába, így a betonminőség azonos lesz, de a visszatapadás gyengébben valósulhat meg. A kísérlet a továbbiakban az I. számúhoz hasonlóan folytatható. Amennyiben a szigetelő lemez nem tapad oda a próbatesthez, úgy a kísérlet sikertelennek bizonyul. Amennyiben visszatapad, és rövid időn belül megjelenik a víz a lemezszéleken, az az anyag tönkremenetelét jelezheti.

A gyakorlatban szintén gyakran előforduló fészkesedett beton sajnos nehezen reprodukálható egyforma módon kísérleti körülmények között, így ez a lehetőség elvetésre került.

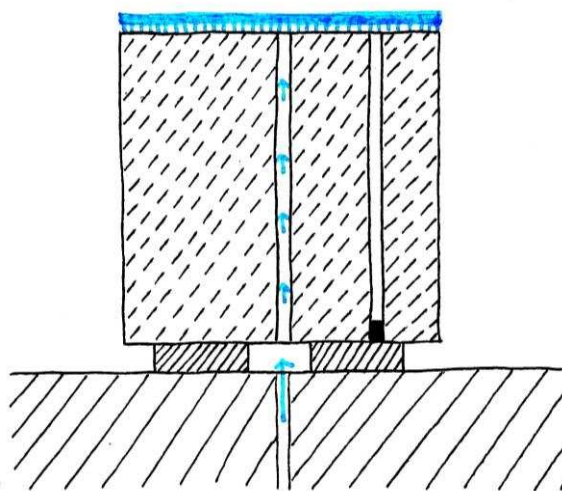
- d) Fagyással szembeni ellenállás vizsgálata: Első körben az I. számú kísérletnek megfelelő módon terhelhető a kocka, majd a vízzel telített próbatest rögtön fagyasztóba tehető. 15 fagyási ciklust modellezve, majd újra víznyomás alá helyezve a kockát megvizsgálható, hogy a fagyás során mennyit csökken a laterális vízvándorlási ellenállás. A kísérlet célja, hogy egy olyan helyzetet modellezzon, amelyben az anyag sérülése kevésbé számottevő, így a beázás mértéke kisebb. Ez jellemző a felszíni lemezalapoknál, illetve a talaj felső rétegéhez közel, ahol a visszatapadás egyébként is gyengébben valósul meg a kisebb ráható nyomás miatt, valamint ebben a zónában előfordulnak fagyási ciklusok. A fagyás során bekövetkező tágulás hatására a lemez alá jutott víz lefeszítheti a szerkezetet, ezzel utat engedve a vízvándorlásnak, valamint egyre növelve a sérülés méretét.
- e) Kísérlet agresszív talajvízzel: Az előző kísérleti lehetőséggel analóg módon, viszont fagyasztás helyett agresszív - nagyjából 70 fokos, sókat, korrozív, a szigetelésre, valamint a betonra kártékony anyagokat tartalmazó - hévízzel terhelendő a sérült szigetelés, és megvizsgálható, hogy ez mennyire befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállását. Az agresszív/hévíz Magyarországon aránylag gyakran előforduló jelenség. Többek között a Budapesten, a Városligetben már 2 méteres mélységben megtalálható. Feltételezésünk szerint ez a tényező hatással lehet a visszatapadás minőségére, valamint a már visszatapadt, de sérült szigetelés betonnal való kapcsolatát két módon is gyengítheti. Egyrészt a szigetelés visszatapadó rétegét, vagy köztes rétegét tönkretelheti, ezáltal megszüntetve a vízvándorlási ellenállásért felelős tényezőt. Másik esetben a beton felső rétegét gyengítheti el oly módon, hogy az már nem lesz kellő szilárdságú ahhoz, hogy víznyomás hatására is megtartsa a szigetelést, így az a tönkrement felső rétegtől elválhat. Ezek közül bármelyik a szigetelő hártya tönkremenetelét jelezné.

A laterális vízvándorlási ellenállás vizsgálatakor fontos kérdés, hogy ha bejut a víz, akkor a vízvándorlás:

- a beton és a vízszigetelés között vándorol,
- a vízszigetelés rétegeiben indul meg,
- vagy a betonban megy végbe.

Ennek vizsgálatára az alábbi módszerek kerültek kidolgozásra:

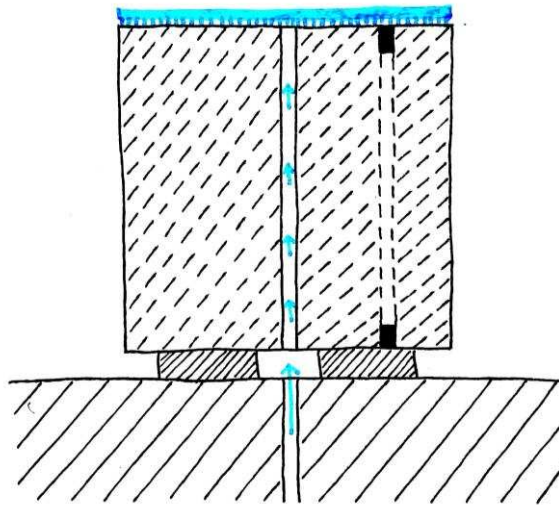
- f) Direkt/indirekt bizonyítás: Két cső helyezendő a betonba. Az egyik cső mindkét vége nyitott, fölötte csak a vízszigetelés és esetleg a tapadó réteg található. Ezen keresztül jut a víz a szigetelésig, a II. számú kísérlet analógiáján elindulva. A másik cső ehhez képest néhány centiméterrel távolabb helyezendő el. Ennek csupán kontroll szerepe van. A kontrollcső alsó fele egy kihúzható gumi tömítéssel van ellátva, hogy a víz ne tudjon alulról befolyani. A vízszigetelés felé eső fele az előzőhöz hasonlóan nyitott. A csőben indikátor papír jelzi, ha víz kerül bele, ami csakis a vízszigetelés és a beton között vándorolhat ebben az esetben, máshonnan nem mehet be a csőbe a nedvesség. Ezzel igazolható, ha itt megy végbe a vízvándorlás. A kísérlettel mérhető, hogy ez a vándorlás adott nyomás mellett milyen sebességgel megy végbe. A kísérlet előnye, hogy amennyiben a nedvesség behatolása után elfogy a víz a tartályból, kiértékeléskor mégis látható lesz a beázás nyoma. (17. ábra)



17. ábra - 1. kísérlet perforált csővel: elvi működés - saját rajz

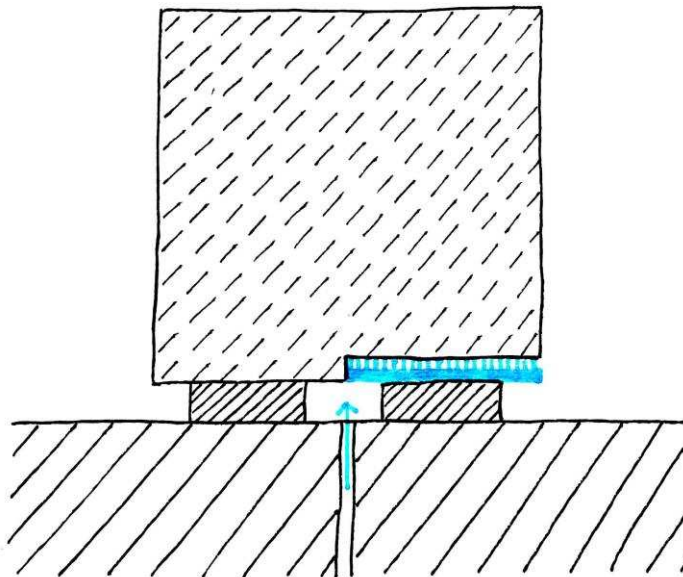
Másik esetben ismét két cső helyezendő a betonba, amelyek közül a víz bejutását biztosító az előzőekben leírt módon alakítandó ki. A másik, kontroll szerepet ellátó cső ehhez képest a tetején zárt/tömített, a felülete perforált, így a víz a betonból bemehet, viszont zárt cső lévén a szigetelés felől gátolva van a befolyás, tehát a nedvesség innen nem tud befolyani. A kontrollcső alsó fele egy kihúzható gumi tömítéssel van ellátva, hogy a víz ne tudjon alulról befolyani. A csőben indikátor papír jelzi, ha víz kerül bele. Ezzel igazolható, ha itt megy végbe a vízvándorlás. Amennyiben sikerül igazolni, hogy a vízszigetelés és a beton közötti felületen nem vándorol a víz, akkor a vízvándorlás csak a betonon keresztül mehet

végbe. Ha itt sem történik vizesedés, akkor a szigetelés foltszerű alkalmazása átgondolható lehet. (18. ábra)



18. ábra - 2. kísérlet perforált csővel: elvi működés - saját rajz

- g) Szabad lemezszél vizsgálata: A 19. ábrán bemutatott vizsgálat során a szabad lemezszélek kerülnek középpontba. Ezzel a módszerrel megvizsgálható, hogy szabad lemezszél esetén, amely vonalmenti vízterhelést jelent, milyen módon megy végbe a laterális vízvándorlás. Ezzel igazolható a szakaszos, illetve foltszerű használat jogosultsága.



19. ábra - Szabad lemezszéllel végzett kísérlet elvi működése - saját rajz

8. Irodalom- és ábrajegyzék

Andriska Fanni - Heincz Dániel - Kovács Károly (2014): Szerkezettel együttműködő vízszigetelések laterális vízvándorlási ellenállása. *Tudományos Diákköri Konferencia*. <https://tdk.bme.hu/EPK/eptudepgeo/Szerkezettel-egyuttdolgozo-vizszigetelesek1>

Dobszay, G. - Nemes, R. - Andriska, F. - Heincz, D. - Kovács, K. - Reisch, R. - Simon, T.K. (2018): Performance of adhesive waterproofing as regards of lateral water filtration. *Materials Structures Technology*, **1**(1, 2): 77-93. <https://doi.org/10.31448/mstj.02.01.2019.77-93>

Heinlein, U. - Thienel K. - Freimann T. (2021): Pre-applied bonded waterproofing membranes: A review of the history and state-of-the-art in Europe and North America. *Construction and Building Materials*, **296**(2021): 123751. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123751>

Li, Y. - Li, N. - Shi, Y. - Jia, Z. (2020): Study on the superiority of high polymer (HDPE) self-adhered waterproofing membrane in construction. *E3S Web of Conferences*, **194**(2020): 05014. <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202019405014>

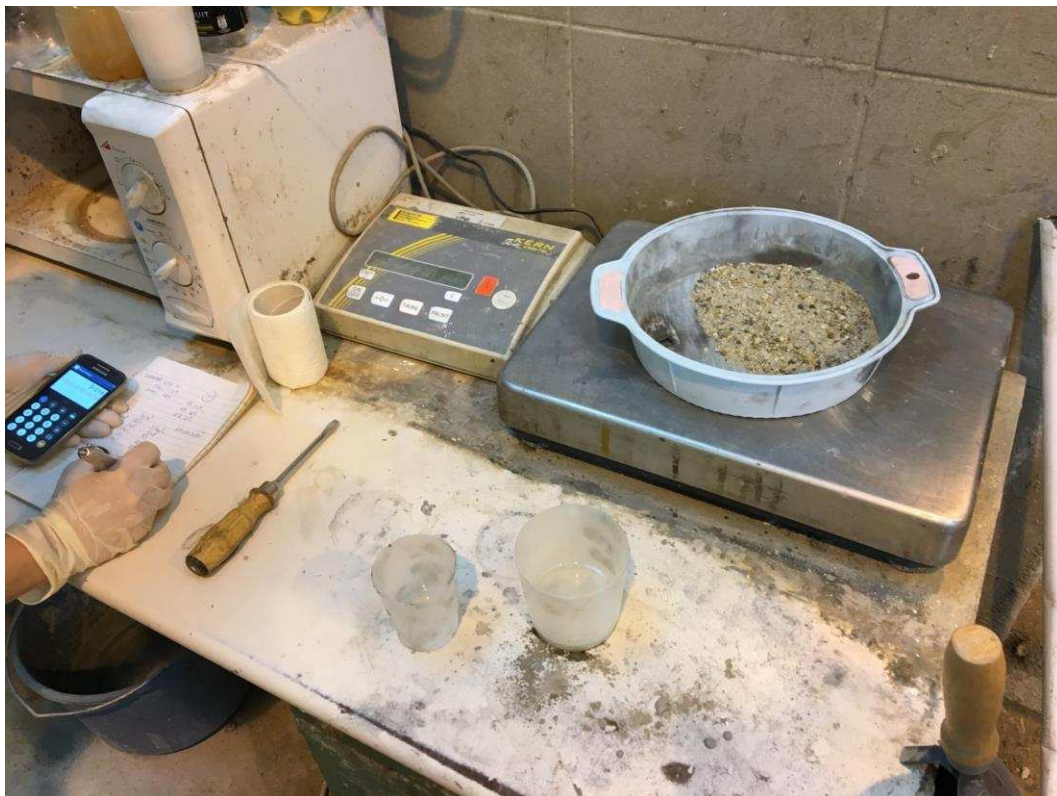
9. Mellékletek

1. számú melléklet - Betonrecept

	C 20/25		C 30/37	
	arány	kg/m ³	arány	kg/m ³
cement	0,50	260	0,40	350
víz		148		140
0/4	50%	1000	50%	972
4/8	25%	500	25%	486
8/16	25%	500	25%	486
adalék	-		glínium C300 86 g/50l	

2. számú melléklet – Képek

Előkészületek



Kísérlet anyagainak zsáluba helyezése, visszatapadás meggátolása maszkoló szalaggal



Próbatestek száraz tárolása és a szigetelőlemezek lyukasztása



Próbatestek csiszolása



Nyomópados tesztelés



Lehetséges törésképek és tönkremeneteli módok





3. számú melléklet - Próbatestek betonozása

Ssz.	Dátum	Keverés száma	Betonminőség	Próbatest száma	Zsalu	Megjegyzés
1.	2021-08-04	K1	C 20/25	B-20-2	X	beton nem lett jól átkeverve
2.	2021-08-04	K1	C 20/25	C-20-3	130	
3.	2021-08-04	K1	C 20/25	D-20-1	133	felgyűrődött a szigetelés, így nem tapadt vissza, új készült helyette
4.	2021-08-04	K1	C 20/25	D-20-2	532	
5.	2021-08-04	K1	C 20/25	D-20-3	15	beton nem lett jól átkeverve
6.	2021-08-04	K1	C 20/25	G-20-1	529	
7.	2021-08-04	K1	C 20/25	G-20-2	789	
8.	2021-08-04	K1	C 20/25	G-20-3	569	
9.	2021-08-04	K1	C 20/25	A-20-1	129	
10.	2021-08-04	K1	C 20/25	A-20-2	132	
11.	2021-08-04	K1	C 20/25	A-20-3	*	
12.	2021-08-04	K1	C 20/25	R-20-1	258	
13.	2021-08-04	K1	C 20/25	R-20-2	308	
14.	2021-08-05	K2	C 20/25	B-20-1	509	2-3 hétig voltak vízben a kötési idő alatt
15.	2021-08-05	K2	C 20/25	B-20-3	132	
16.	2021-08-05	K2	C 20/25	C-20-1	127	
17.	2021-08-05	K2	C 20/25	C-20-2	783	
18.	2021-08-05	K2	C 20/25	E-20-1	302	
19.	2021-08-05	K2	C 20/25	E-20-2	529	
20.	2021-08-05	K2	C 20/25	E-20-3	569	
21.	2021-08-05	K2	C 20/25	R-20-3	X	
22.	2021-08-05	K2	C 20/25	R-20-4	133	
23.	2021-08-05	K2	C 20/25	R-20-5	130	
24.	2021-08-05	K2	C 20/25	R-20-6	506A	
25.	2021-08-05	K2	C 20/25	D-20-4	532	
26.	2021-08-05	K2	C 20/25	D-20-5	129	
27.	2021-08-05	K2	C 20/25	F-20-1	*	
28.	2021-08-05	K2	C 20/25	F-20-2	789	
29.	2021-08-05	K2	C 20/25	F-20-3	15	
30.	2021-08-05	K3	C 30/37	B-30-1	128	2-3 hétig voltak vízben a kötési idő alatt
31.	2021-08-05	K3	C 30/37	B-30-2	900	
32.	2021-08-05	K3	C 30/37	B-30-3	V	
33.	2021-08-05	K3	C 30/37	C-30-1	131	
34.	2021-08-05	K3	C 30/37	C-30-2	134	
35.	2021-08-05	K3	C 30/37	C-30-3	571	
36.	2021-08-05	K3	C 30/37	D-30-1	112	
37.	2021-08-05	K3	C 30/37	D-30-2	510	
38.	2021-08-05	K3	C 30/37	D-30-3	533	
39.	2021-08-05	K3	C 30/37	G-30-1	BP1	
40.	2021-08-05	K3	C 30/37	G-30-2	BP2	
41.	2021-08-05	K3	C 30/37	G-30-3	126	
42.	2021-08-05	K3	C 30/37	A-30-1	233	
43.	2021-08-05	K3	C 30/37	A-30-2	502	
44.	2021-08-05	K3	C 30/37	A-30-3	949	
45.	2021-08-05	K3	C 30/37	R-30-1	901	
46.	2021-08-05	K3	C 30/37	R-30-2	501	
47.	2021-08-05	K4	C 30/37	E-30-1	301	
48.	2021-08-05	K4	C 30/37	E-30-2	786	
49.	2021-08-05	K4	C 30/37	E-30-3	68	

50.	2021-08-05	K4	C 30/37	F-30-1	309	2-3 hétig voltak vízben a kötési idő alatt
51.	2021-08-05	K4	C 30/37	F-30-2	536	
52.	2021-08-05	K4	C 30/37	F-30-3	908	
53.	2021-08-05	K4	C 30/37	R-30-3	527	
54.	2021-08-05	K4	C 30/37	R-30-4	303	
55.	2021-08-05	K4	C 30/37	R-30-5	508	
56.	2021-08-05	K4	C 30/37	R-30-6	506	15 mm átmérőjű cső és 2*2 cm-en megakadályozott visszatapadás (TESA), lyukas volt a vizes edény, így vizet és adalékot kellett utántölteni
57.	2021-09-17	K5	C 30/37	B-30-4	785	
58.	2021-09-17	K5	C 30/37	B-30-5	783	
59.	2021-09-17	K5	C 30/37	B-30-6	131	
60.	2021-09-17	K5	C 30/37	C-30-4	134	
61.	2021-09-17	K5	C 30/37	C-30-5	512	
62.	2021-09-17	K5	C 30/37	C-30-6	502	
63.	2021-09-17	K5	C 30/37	D-30-4	505A	
64.	2021-09-17	K5	C 30/37	D-30-5	509	
65.	2021-09-17	K5	C 30/37	D-30-6	112	
66.	2021-09-17	K5	C 30/37	A-30-4	127	
67.	2021-09-17	K5	C 30/37	A-30-5	530	
68.	2021-09-17	K5	C 30/37	A-30-6	787	
69.	2021-09-17	K5	C 30/37	E-30-4	789	
70.	2021-09-17	K5	C 30/37	E-30-5	287	
71.	2021-09-17	K5	C 30/37	E-30-6	788	

4. számú melléklet - Törésvizsgálat

Anyag neve	A-20-01	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1,5 cm	
Megjegyzés	egyenletes behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	A-20-02	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1,5 cm	
Megjegyzés	egyenletes behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	A-20-03	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	2 cm	
Megjegyzés	egyenletes behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	B-20-01	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás, kis behatolás a betonban	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	B-20-02	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	3 cm	
Megjegyzés	vízvándorlás megfigyelhető víz behatolás mellett	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	B-20-03	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

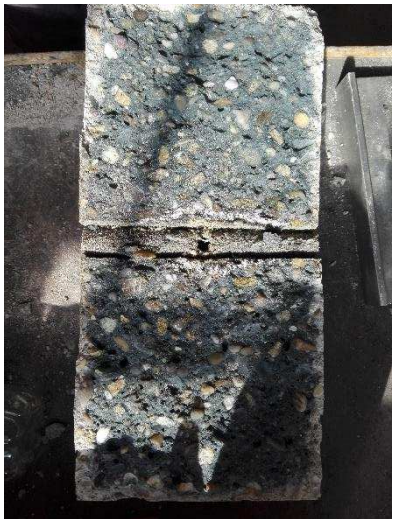
Anyag neve	C-20-01	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás, kis behatolás a betonban, átnedvesedés a lyuk környékén	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	C-20-02	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás, kis behatolás a betonban, átnedvesedés a lyuk környékén	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	C-20-03	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás, kis behatolás a betonban, átnedvesedés a lyuk környékén	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	D-20-03	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kevesebb, mint 1 percre bírta, behatolás nem tudott létrejönni, mert elfolyt a víz	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	D-20-04	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kb 1 óráig bírta, kis mértékű behatolás, vándorlás kezdetének nyoma	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	D-20-05	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kb 24 óráig bírta, kis mértékű behatolás, vándorlás nyoma	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	E-20-01	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	kis mértékű behatolás, kis mértékű vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	E-20-02	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	kis mértékű behatolás, nincs vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	E-20-03	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	kis mértékű behatolás, kis mértékű vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	F-20-01	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kevesebb, mint 1 percig bírta, behatolás nincs, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	F-20-02	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kevesebb, mint 1 percig bírta, behatolás nincs, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	F-20-03	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kb 1 óráig bírta, kis mértékű behatolás, vízvándorlás kezdetének nyoma	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	G-20-01	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kb 1 napig bírta, nincs behatolás, van vándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	G-20-02	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kb 1 óráig bírta, kis mértékű behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	G-20-03	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kevesebb mint 1 percig bírta a vízszigetelő lemez, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege	Nem besorolható	

Anyag neve	A-30-01	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	kis mértékű, egyenletes behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	A-30-02	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	kis mértékű, egyenletes behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	A-30-03	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	kis mértékű, egyenletes behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	B-30-01	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás, kis behatolás a betonban	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	B-30-02	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	kis mértékű vízvándorlás, kis behatolással	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	B-30-03	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás, kis behatolás a betonban	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	C-30-01	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	nincs vízvándorlás, kis mértékű behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	C-30-02	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	nincs vízvándorlás, kis mértékű behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	C-30-03	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	nincs vízvándorlás, kis mértékű behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	D-30-01	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	Kísérletünket kevesebb, mint 1 percig bírta, kis behatolás, vízvándorlás kezdetének nyoma	
Átnedvesedés jellege	Nem besorolható	

Anyag neve	D-30-02	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	Kísérletünket kb 24 órát bírta, nincs behatolás, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	D-30-03	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	Kísérletünket kevesebb, mint 1 percig bírta, nincs behatolás, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege	Nem besorolható	

Anyag neve	E-30-01	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	kis behatolás, vízvándorlás nyoma	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	E-30-02	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	kis behatolás, vízvándorlás nyoma	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	E-30-03	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	Kísérletünket kb 45 percig bírta, kis behatolás, látható vízvándorlás nyoma	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	F-30-01	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kevesebb, mint 1 percig bírta, kis behatolás, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege	Nem besorolható	

Anyag neve	F-30-02	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	kis mértékű behatolás, kis mértékű vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	F-30-03	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kevesebb, mint 1 percig bírta, nincs behatolás, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege	Nem besorolható	

Anyag neve	G-30-01	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket 180 percig bírta a vízszigetelő lemez, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	G-30-02	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket kevesebb, mint 1 óráig bírta, nincs behatolás, vízvándorlás van	
Átnedvesedés jellege	Nem besorolható	

Anyag neve	G-30-03	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	A kísérletünket 45 percig bírta a vízszigetelő lemez, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege	Nem besorolható	

Anyag neve	A-30-04	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	kb 1 cm beton/pép folyt a csőbe, a lemez és a visszatapadó réteg elvált egymástól, a tapadó réteg viszont jól tapadt a betonhoz	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	A-30-05	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	betonpép folyt a csőbe, azonban nem tömítette el teljes keresztmetszetében; a kísérlet végén a víztartály üres volt	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	A-30-06	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	2 cm	
Megjegyzés	Kb 10 perc után nagy nyomással lövellt ki a víz a lemezszéleken, vízvándorlás a lemez és a tapadó réteg között valósult meg	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	B-30-04	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	kb 1,5 cm beton/pép folyt a csőbe, nincs látható nedvesedés	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	B-30-05	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	kb 1 cm beton/pép folyt a csőbe, az éjszaka folyamán elfogyott a tartályból a víz	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	B-30-06	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	kb 0,5 cm beton/pép folyt a csőbe	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	C-30-04	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	fa pálcá belekötött, beton belefolyt, de nem tömítette el a víz útját teljesen	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	C-30-05	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	kb 2,5 cm beton/pép folyt a csőbe, nincs látható vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	C-30-06	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	2 cm	
Megjegyzés	kb 0,5 cm beton/pép folyt a csőbe, fa pálcá belekötött	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	D-30-04	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	kb 0,5 cm beton/pép folyt a csőbe, a fa pálcá belekötött, laterális vízvándorlás kivehetően látszik	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	D-30-05	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	2 cm	
Megjegyzés	kb 0,5 cm beton/pép folyt a csőbe	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	D-30-06	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	kb 2 mm betonpép került a csőbe	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	E-30-04	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	nem releváns	
Megjegyzés	kb 2 cm beton/pép folyt a csőbe, valamint a cső kilyukadt, ezért a vízbehatolás a kockán belülre esett	
Átnedvesedés jellege	Nem besorolható	

Anyag neve	E-30-05	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	kb 0,5 cm beton/pép folyt a csőbe	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	E-30-06	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0 cm	
Megjegyzés	kb 2 cm beton/pép folyt a csőbe	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	R-20-01	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	Teljes felületű, egybefüggő behatolás, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	R-20-02	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	1 cm	
Megjegyzés	Teljes felületű, egybefüggő behatolás, van vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	R-20-05	
Beton minőség	C 20/25	
Átnedvesedés mértéke	4 cm	
Megjegyzés	Nem egyenletes betonminőség, modellezi az esetleges kivitelezési hibákat	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	R-30-01	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	3 cm	
Megjegyzés	teljes felületű behatolás, helyenként lokálisan nagyobb mértékű behatolás megfigyelhető	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	R-30-05	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	kis mértékű, teljes felületű behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag neve	R-30-06	
Beton minőség	C 30/37	
Átnedvesedés mértéke	0,5 cm	
Megjegyzés	kis mértékű, teljes felületű behatolás	
Átnedvesedés jellege		

Jelmagyarázat



Nincs nyoma se víz behatolásnak, sem pedig laterális vízvándorlásnak.



Víz behatolása megfigyelhető a próbatesteken, viszont laterális vízvándorlás jelensége nem. Behatolás mértéke a táblázatban számszerűen dokumentált.



Laterális vízvándorlás nyoma megfigyelhető a betonban vagy a beton és a szigetelő lemez között vízbehatolása mellett vagy nélkül. Abban az esetben, ha a kísérlet rövidegsége miatt nincs látható nyoma, de a víz megjelent a lemez széleken, úgy ebbe a típusba soroltuk.



Laterális vízvándorlás létrejön, de nem a feltételezett helyen, hanem a visszatapadó rétege és a vízszigetelő lemez között megy végbe.



Az átnedvesedés teljes felületen megjelenik, egyértelműen megfigyelhető a laterális vízvándorlás jelensége, a víz a szigetelőlemez és a beton között mozog.