

Szerkezettel együttműködő vízszigetelések laterális vízvándorlási ellenállása

Andriska Fanni, Heincz Dániel, Kovács Károly

Konzulens: Dr. Dobszay Gergely PhD, Épületszerkeztani Tanszék
Társkonzulens: Dr. Nemes Rita, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
Reisch Richárd, Épületszerkeztani Tanszék

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építészmérnöki Kar
TDK 2014

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék kifejezni legnagyobb hálánkat és elismerésünket mindazoknak, akik lehetővé tették TDK dolgozatunk létrejöttét.

Elsősorban megköszönjük témavezetőnknek, Dr. Dobszay Gergely PHD témaajánlása, tudása, tapasztalata és útmutatása a kezdetektől motivált és előrevitte kísérletünk eredményességét. Dr. Nemes Rita tanárnőnek, aki lehetőséget adott, hogy labor körülmények között végezhessük el kísérletünket, segítséget nyújtott az előkészületekben és a kísérlet lebonyolításában, végigkísérte vizsgálatainkat a kezdetektől egészen a végéig. Reisch Richárdnak, aki tudásával, tapasztalataival és szakmai ismeretével szintén előrevitte vizsgálataink eredményességét.

Továbbá szeretnénk megköszönni név szerint az összes gyártó vagy forgalmazó cég képviselőinek, akik válaszoltak megkeresésünkre és a tőlük kapott anyagokon kívül tapasztalataikkal, tudásukkal valamint kérdéseikkel előrevitték kísérletünket. Ezúton köszönjük Keszler Andrásnak, Szabó-Turák Dávidnak, Víg Csabának (Bau-haus Kft. - Voltex), Baksy Lászlónak, Bors Lászlónak, Pethő Csabának (MC-Bauchemie - Expert Proof eco), Piri Antalnak, Vajnáné Zonda Júliának (Isoprof – Grace Preprufe), Mihályi Istvánnak, Tóth Lászlónak (Sika – Sikaproof A) és Máriáss Lászlónak (Icopal-Villas - Elastovill SBS mod. bitumenes lemez).

Külön köszönet az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék laborjának munkatársainak, a kísérlet előkészületeiben és lebonyolításában nyújtott segítségükért és hogy mindig a rendelkezésünkre álltak.

Végül, de nem utolsó sorban hatalmas köszönet Dani és Károly apukájának akik végig követték és segítettek munkánkat, valamint nagy segítséget nyújtottak a kísérlethez szükséges anyagok beszerzésében és szállításában.

Andriska Fanni
Heincz Dániel
Kovács Károly

Budapest, 2014. október 27.

Tartalomjegyzék

Köszönetnyilvánítás.....	2
Előszó.....	5
1. Szerkezettel együttdolgozó vízszigetelések	6
1.1. Bevezető.....	6
1.2. Előnyök.....	6
2. Laterális vízvándorlás	7
2.1. Témafelvetés	7
2.2. Kiindulási helyzet.....	7
2.3. Célok	8
2.4. Legfőbb kutatási kérdések.....	8
2.5. Előfeltevések	9
3. Vízszigetelések.....	10
3.1. Szigetelőanyagok csoportosítása	10
3.2. Vízszigetelő anyagok.....	10
3.2.1. Preprufe 300 R.....	11
3.2.2. Sikaproof A-08	12
3.2.3. Voltex vízzáró membrán szigetelés	13
3.2.4. Expert Proof eco	15
3.2.5. Kontroll: Elastovill E-G 4 F/K Extra bitumenes szigetelőlemez.....	15
3.3. Összehasonlítás	17
4. Tudományos környezet	18
4.1. Általános szakirodalom.....	18
4.2. Kapcsolódó tudományos közlemények	18
4.3. Szabványok, irányelvek	19
5. A kísérlet.....	23
5.1. Kezdeti döntések	23
5.2. Laterális vízvándorlási ellenállás	23
5.3. Mérés módszere.....	24
5.3.1. Betonkeverék meghatározása.....	24
5.3.2. 1-es számú mérőeszköz.....	24
5.3.3. 2-es számú mérőeszköz.....	25
5.3.4. 3-as számú mérőeszköz.....	26
5.4. A végleges eszköz	27

5.4.1. Valós szituáció	27
5.4.2. Szabad lemezszél, folszerű alkalmazás	28
5.4.3. Eszköz kiválasztása	28
6. Házi kísérlet	30
6.1. A kísérlet megtervezése	30
6.2. A kísérleti eszköz összeállítása	30
6.3. Próbatestek	32
6.4. Mérési alapelvek	33
6.5. Dokumentáció, szemrevételezés.....	33
7. Labor vizsgálatok	33
7.1. A kísérlet megtervezése	33
7.2. A kísérleti eszköz bemutatása	34
7.3. Próbatestek	35
7.4. Mérési alapelvek	36
7.4. Mérések.....	36
8. Analízis.....	38
8.1. Mérési adatok, tapasztalatok összegzése	38
8.1.1. Szöveges leírás.....	38
8.1.3. Számszerű.....	41
8.2.Értékelés, jelenségek értelmezése	42
8.3 Adatok összevetése az előfeltevésekkel	42
9. További kísérletek szükségessége	44
10. Összegzés.....	44
Bibliográfia.....	45
Vízszigetelések szakirodalma	45
Tudományos környezet	45
Szabványok.....	45
Képek hivatkozása	45

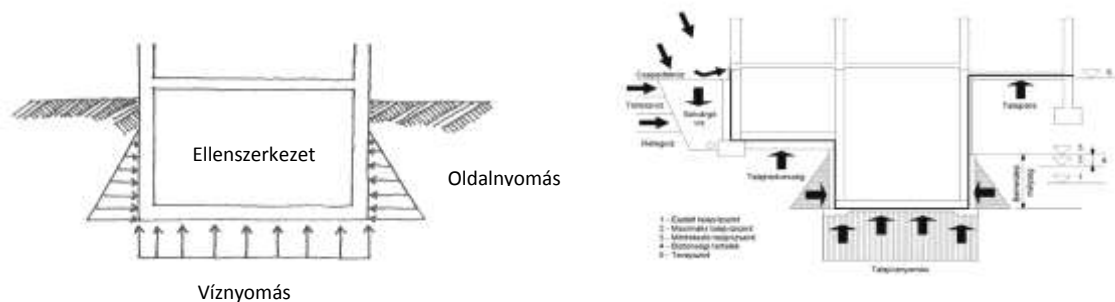
Előszó

Az épületszerkezettan folyamatosan változik, egyes területein az alapelvek is megváltozhatnak. Az elmúlt évtizedek során felgyorsult a technológiai fejlődés és sokkal jobb anyagminőségek, egyszerűsödő alkalmazástechnikák, de egyre magasabb igényű követelmények lépnek fel egy szerkezettel szemben. A rendelkezésre álló szerkezeti variációk száma és azok változatossága megkérdőjelezi a bevett konstruációs alapelvek hitelességét. A szakmában a mai napig viták vannak egyes szerkezetek megoldására irányuló kérdésekben, a megfelelő anyag kiválasztásában és a megfelelő szerkezetek kialakításában. A kérdésre irányuló fokozott figyelmet mi sem példázza jobban, mint a 2014. szeptember 18-án megrendezésre került *Vízszigetelések - víz: élet vagy első számú veszélyforrás* elnevezésű kamara által akkreditált konferenciája, ahol fő szerepet kaptak a szerkezettel együttműködő vízszigetelések. A jó anyag nem jelent automatikusan jó szerkezetet, emiatt minden egyes épület szigetelése különböző szerkezetmegoldást jelent.

1. Szerkezettel együttműködő vízszigetelések

1.1. Bevezető

A beépítés egyszerűsítése, a speciális segédanyagok mennyiségének csökkentése, a sérülésekből adódó károsodások csökkentése, a biztonság növelése és a kivitelezés helyigényének csökkentése következtében az anyaggyártók olyan vízszigetelő rendszereket hoztak létre, melyek a tartószerkezettel – jelen esetben a monolit vasbetonnal – mechanikai, vagy kémiai együttműködést alakítanak ki. Technológiájuk jelentősen eltér a megszokott vízszigetelő rendszerekhez képest, hiszen nem önálló réteggént, hanem a mélyépítési vasbeton szerkezettel együtt vesz részt a víz kiszorításában.



Az épületekre ható talajvíznyomás [A]

1.2. Előnyök

A dolgozatban tárgyalt anyagok jelentősen eltérnek a megszokott vízszigetelő rendszerekhez képest, hiszen nem önálló réteggént, hanem a vasbeton ellenszerkezettel kötést létesítve (összetapadva) alkotják a szigetelő rendszert.

Mivel a szigetelés aljzatát a vasbeton ellenszerkezet képi a különböző segédanyagok - például a szigetelést tartó fal, vagy a szigetelést leterhelő beton – is elhagyható, az anyagok közvetlenül szerelőbetonra fektetve vagy függőleges síkok esetében a zsaluzatban elhelyezve elkészíthetők, mely jelentősen csökkenti a szerkezet kivitelezéséhez szükséges időtartamot, helyigényt, a segédanyagok költségét. Jelenleg talajvíz esetén egy épülettől független technószerkezet oldja meg a víz elleni szigetelést, e rendszerek alkalmazása esetén pedig a szigetelés az épületburok szerves része. A vízszigetelő hártya és az épület különválasztása súlyos logikai hiba, mely a gyakorlatban számos problémát vet fel, például a két szerkezet elmozdulása egymáshoz képest, vagy a szigetelés folytonosságának kérdését.

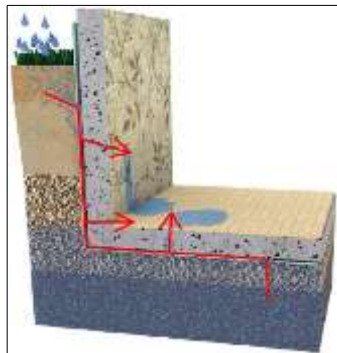
2. Laterális vízvándorlás

2.1. Témafelvetés

Egy anyagot általában egy adott probléma megoldására fejlesztnek ki. Néhány anyagnál később kiderül, hogy az eredeti elképzelésektől eltérő műszaki problémák során is alkalmazható. Az együttdolgozás jelensége miatt a rendszerek a gyártók állítása szerint rendelkezik laterális vízvándorlási ellenállással, melynek mértéke csak részben ismert.

Bizonyos esetekben vízszigetelő lemezek és a fal között kapillárisok jönnek létre, melyek azt eredményezhetik, hogy az épületben a víz máshol tör be, mint ahol a szigetelés megsérült. A szigetelés sérülése esetén a vízréteg szétterül, majd a hátszerkezet leggyengébb pontján tör be, így a beázás helye nem feltétlenül azonos a szigetelés sérülésének helyével. Ezt a jelenséget nevezzük laterális (oldalirányú) vízvándorlásnak. A tönkrement szerkezetek utólagos javítása rendkívül költséges és időigényes, mivel a sérülés helye és mértéke szemrevételezéssel nem megállapítható, több méter mélyen, bizonyos esetekben több 10 cm vastag ellenszerkezetek alatt helyezkedik el. Ezzel ellentétben a dolgozatunkban vizsgált új anyagoknál egy lokális sérülés lokális vízbejutást eredményez és egy esetleges hiba könnyen felderíthető és javítható.

Víz megjelenése a védett térben



Szigetelés sérülése

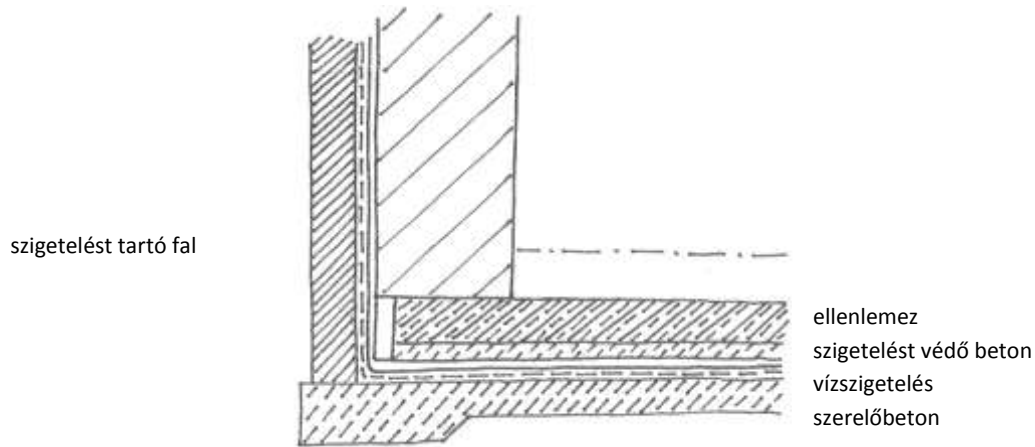
Laterális vízvándorlás kialakulása a szigetelés sérülése során [B]

2.2. Kiindulási helyzet

Jelenleg az építőiparban a szokványos technológiákat alkalmazzák elsősorban (vízzáró beton, bitumenes és műanyag lemezszigetelések). A talajvíznyomással szemben jelenleg elterjedt szigetelési módok: a vízzáró beton, lemezszigetelések, bevonatszigetelések. Ezeknek a technológiáknak már létezik alkalmazástechnikája, irányelvei, szakirodalma. Az anyaggyártók az anyagukat általában önmagukban mérik és minősítik, szabványos vizsgálati eredmények pedig az adott anyag műszaki paramétereit sorolják fel. Ezzel ellentétben a szerkezettel való együttdolgozás két anyag között jön létre (vízszigetelés és beton). Az ilyen típusú szerkezetekhez nincsen átfogó alkalmazástechnika, irányelv, ezért jelenleg csak a gyártói alkalmazástechnikákra támaszkodhatunk. Mivel az együttdolgozás jelenségével kapcsolatban csak a mechanikai tapadásra készült szabványosított kísérlet, az ebből adódó egyéb műszaki paraméterek és fizikai jelenségek nem kerültek szabványosított vizsgálat alá, mint például a laterális vízvándorlási ellenállás mértéke.

A mechanikailag együtt dolgozó szigetelések használata jelenleg kevésbé elterjedt, ennek oka elsősorban a technológiák, anyagok újszerűsége, a kivitelezők bizalmatlansága, az új anyagok önmagában vett magasabb ára, mivel a kivitelezési gyakorlatban nem egészében (segédszerkezetekkel együtt számítva) mérik a költségeket.

Az építési gyakorlatban sokszor fordul elő olyan helyzet, amikor a segédstruktúrák megépítése körülményes és nehezen megvalósítható. Ez adódhat a szerkezet helyigényéből, például szomszéd épület mellé való építés, közterület mellett építés, foghíj telek beépítés. Ezzel értékes m^2 -eket is veszít az épület. A szigetelés aljzataként használt segédstruktúra nem megbízható, a vízszigetelés könnyen megsérülhet, például épületbővítés,



Teknőszigetelés tipikus geometriája

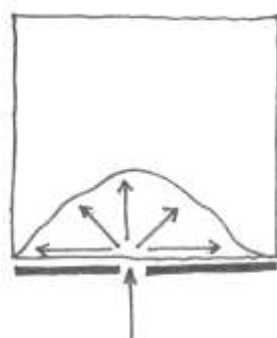
szigetelés aljzatának későbbi tönkremenetele esetén. A kivitelezés ütemezése miatt sok toldás, eltérő, egymástól független szerkezeteken készül a szigetelés.

2.3. Célok

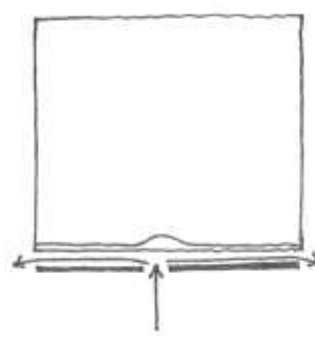
Dolgozatunk célja, hogy kísérletekkel alátámasszuk a szigetelések alkalmazástechnikai és anyagszerkezeti tulajdonságaiból adódó különbségeit a laterális vízvándorlás tekintetében, valamint felismerjük azt, hogy milyen folyamatok, anyagszerkezeti sajátosságok befolyásolják a jelenséget. A szerkezettel együttműködő vízszigetelésekkel kapcsolatban sok a hiányzó adat és kevés a tapasztalat, ezért dolgozatunk hiánypótló.

2.4. Legfőbb kutatási kérdések

Legfőbb kutatási kérdésünk, hogy a laterális vízvándorlási ellenállást mely paraméterek befolyásolják. Lehetséges paraméterek: betonminőség, leterhelés módja, mértéke, hidrosztatikai nyomás mértéke, időtartama, stb. Továbbá kérdéses a jelenség jellege, például a vízvándorlás síkja – a betonban vagy a két anyag között megy végbe. Tönkre mennek-e az anyagok, ha igen, hogyan. A gyártók forgalmazók szabad lemezszélre javasolt termékeinek elhagyása befolyásolja-e a vízvándorlás megindulását. Lehetséges-e az anyagok szakaszos, foltszerű alkalmazása.



víz a betonban terjed



víz a szigetelés és a beton között terjed

A víznyomás hatására történő vízvándorlás lehetséges esetei

2.5. Előfeltételek

A beton minőség befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállást.

A bentonit paplanszigetelés eredményei el fognak térni a többletől.

A szigetelésre felületére ható leszorító erő befolyásolja a szigetelés teljesítményét, a vízvándorlás mértékét.

A nyomás típusa (koncentrált/megoszló) befolyásoló tényező.

A víz bejuttatásának módja a két anyag közé jelentősen nem befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállás mértékét: szabad lemezszél vagy pontszerű sérülés.

Amennyiben szabad lemezszél esetén nem lép fel vízvándorlás az feltételi a szakaszos alkalmazás lehetőségét.

A kísérletek különböző életszerű szituációkat szimulálnak.

A vízvándorlás a szigetelőanyag és a beton között jön létre, nem pedig a betonban.

3. Vízszigetelések

3.1. Szigetelőanyagok csoportosítása

Jelenleg a szigetelőanyagok többféleképpen csoportosíthatók: anyag, felhasználás helye, nedvesség jellege, stb. A nemzetközi gyakorlat a szigetelőanyagokat elsősorban két csoportba sorolja: vízzáró (adott nyomás és hőmérséklet mellett csak annyi nedvesség hatol át, amennyi a belső felületeken - elváltozást nem okozva – elpárologni képes) és vízhatlan (adott nyomás és hőmérséklet mellett nem enged át vizet). Ezen fogalmak meghatározása nem pontos, hiszen például a vízzáróság jelentősen függ a védett oldal levegőjének páratartalmától, hőmérsékletétől, légmozgásától. Feltételezhetően a jövőben e csoportosítások helyett a teljes szerkezetnek kell biztosítania az adott helyzetben előforduló követelményeket. Német területeken a szigetelés viselkedésének jellege alapján különböztetnek meg tömegszigeteléseket (Weiße Wanne) és hártyszerűen viselkedő szigeteléseket (Schwarze Wanne). [hiv]

a) tömegszigetelések

A tömegszigetelések (vízzáró vasbeton falak, lemezalap) egyszerre viselkednek talajvíz elleni szigetelésként, a víznyomás ellenszerkezeteként, illetve tartószerkezetként. A kivitelezés során függőleges felületen zsaluzat, vízszintes felületen szerelőbeton réteg készül, majd a vasszerelést végzik el, az előre megtervezett munkahézagokban elhelyezik a hézagzáró és/vagy tömítő szalagokat, munkahézag szigeteléseket. Ezt követően gondosan megtervezett betonkeverék bedolgozása zajlik. A tömegszigetelés teherhordó térelhatároló szerkezet, amely vastagsága, tömörsége, vasalása, méretezett repedéstágassága, tömített és tervezett munkahézagai és a vízzárást fokozó vegyi anyagok révén éri el szigetelő hatását. [émsz]

A tömegszigetelés (vízzáró vasbeton) fő problémája, hogy inhomogén szerkezet, folytonosságát duzzadó szalagokkal megerősített munkahézagok és dilatációk szakítják meg, robusztusságából és a beton kötése során létre jövő zsugorodásból adódóan a repedések fokozott veszélyforrásként jelennek meg. A szigetelési rendszer önmagában csak vízzárósági követelményeket tud teljesíteni.

b) bevonat- és lemezszigetelések

A bevonat és a lemezes szigetelések önmagukban a talajvíz hidrosztatikai nyomását nem képesek felvenni, így a szigetelések száraz, belső oldalán ellenszerkezeteket alakítanak ki. A szigetelés így egy hártya- jellegű réteg, melyet teknőszerűen alakítanak ki. A szigetelés alzata vízszintes felületeken szerelő beton, függőleges felületeken szigetelés tartó fal. A szigetelés védelme érdekében 5-10 cm vastag védőbeton készül, függőleges felületeken az utólag elkészített tartószerkezet és a szigetelés tartó fal közé. [szabvány]

A bevonat- és lemezszigetelések meghibásodásainak fő okai, azok vékony, hártyszerű jellege és az a tény, hogy a szigetelés alzata az épülettől különálló szerkezet. A szigetelés tartó fal és a szigetelést védő beton elkészítése időigényes, költséges. Szomszéd épület mellé építéskor, épületbővítéskor a segédszerkezetek helyigénye, a szigetelés alzatának elkészítése problémákat vet fel. A szigetelés alzatának egyenletes felületűnek, szennyeződés és pormentesnek kell lennie. Amennyiben a szigetelőanyag megsérül és hártya jellegéből adódóan nincs további gátja a beázásnak, a vízréteg a hátszerkezet és a szigetelő réteg között szétterül, így a beázás helye nem lokalizálható.

3.2. Vízszigetelő anyagok

Az anyagok kiválasztását megelőzően részt vettünk 2014. szeptember 18-án megrendezésre került *Vízszigetelések - víz: élet vagy első számú veszélyforrás* elnevezésű kamara által akkreditált konferencián, ahol központi szerepet kaptak a szerkezettel együttműködő vízszigetelések. Az ilyen tulajdonságú anyagokat gyártó

és forgalmazó cégek is képviseltették magukat az előadások keretén belül. Itt megismertük a főbb rendszereket és az ezzel a kérdéssel foglalkozó piaci szereplőket.

Ezt követően felkerestük valamennyi ilyen típusú anyagok fejlesztésével, gyártásával és forgalmazásával foglalkozó céget.

Dolgozatunkban négy fajta szerkezettel együttműködő és egy szokványos kontroll anyaggal foglalkozunk. Következő pontokban ezen anyagok tájékoztató jellegű bemutatásával foglalkozunk, majd azok összehasonlítását tárgyaljuk különböző szempontok szerint.

3.2.1. Preprufe 300 R

A Preprufe vízszigetelő lemezek hidegen felhelyezhető, öntapadó vízszigetelő membránok, melyek több rétegből állnak: tartalmaznak egy robusztus HDPE réteget, egy könnyen aktiválódó nyomásérzékeny ragasztóréteget, és egy időjárás elleni védelmet nyújtó járható réteget, melyet betonozás előtt eltávolítanak. A műanyag lemezen található reagens anyag adott nyomás, víz és a beton pH értékének együttes hatására aktiválódik. A membrán a ráöntött betonnal folyamatos elektrofizikai kötést alkot molekuláris szinten és visszatapad a vasbeton szerkezetre, ezzel - a gyártó szerint - megakadályozva a víz vándorlását a beton és a szigetelés között, nem engedi a nedvesség és víz beszivárgását a védett térbe.



[C]

A rendszer további részei: Preprufe Tape (a szabott széleknél és a csomópontokban), Bituthene Liquid Membrane (nagy teljesítményű folyékony membrán, csőáttöréseknél, csomópontokban), Adcor 500S (vízre duzzadó tömítőszalag beton építési hézagokhoz).

Beépítése nem igényel külön sarokelemet. Nincs tompaillesztés, minden illesztés öntapadó vagy Preprufe Tape-pel átlapolt. Nem támadják a talajvíz szennyezőanyagai, mint például a szennyvíz és egyéb talajvízben található szennyezőanyagok. Vegyszerállósága megvédi a szerkezetet a sók és szulfátok elleni támadásától. Metán, széndioxid és radon gázok elleni védelme kiváló. A felülete sima, ezért a szennyeződések könnyen eltávolíthatóak a felületéről.

A szigetelőmembrán esetleges sérüléseinek javítása: a sérült részre tett Preprufe Tape szalag felragasztásával történik.



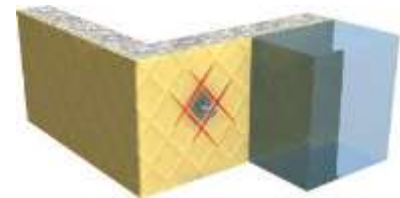
Preprufe 300R alkalmazása az építőiparban [D]

Az anyag beépítéséhez nincs szükség száraz felületre, nem okoz gondot a nedves felület, párás környezet és az esős időjárás sem. -10 °C hőmérséklettől alkalmazhatók és 70 méter vízoszlopnyomás elviselésére alkalmasak.

Főként a mélyépítésben szokták alkalmazni, mint például oldalfalaknál, földalatti parkolóknál. E mellett alkalmazzák felszín alatti vasbeton víztározóknál és tartályoknál, ipartelepi létesítményeknél.

3.2.2. Sikaproof A-08

A Sikaproof A a teljes felületen ágyazott mélyépítési vízszigetelő anyagrendszer, egy új innováció a lemezes szigetelések területén. Teljes felületen tapadó, összetett vízszigetelő lemez, mely tömítőráccsal és nem szövött filccel rétegelt dombornyomott FPO – rugalmas poliolefin – rétegből áll, speciális laminált tömítőanyag háló és polipropilén ágyazó szövet kasírozással. Az ágyazó szövet összeragad a friss betonnal, így erős mechanikus kapcsolat alakul ki. A szigetelő lemez megakadályozza a víz behatolását, csökkenti a szerkezet vegyi terhelését és e mellett gázzárást is biztosít. A szivárgással szemben tartós tapadást és gátat biztosít, mert teljes felületen egy mechanikus kapcsolatot hoz létre a betonnal. A lemez esetleges sérülése során a víz bejut a szigetelés rétegei közé, ennek hatására a keresztárcsokban lévő Sikaproof A szigetelő lemez szerkezete és felépítése [E] anyag duzzadásnak



indul, ami eltömíti, elzárja a víz útját. Ennek köszönhetően a sérülés és a víz helye lokális, így könnyen megtalálható és javítható. Ebből következik, hogy a szigetelés és a beton- vasbeton szerkezet között nincs laterális vízvándorlás, vízszivárgás.

A rendszer további részei: Sikaproof A Edge (hajlategyenes a kerületek mentén és a lezárásokhoz, csatlakozásokhoz), Sikaproof ExTape 150 és Sikaproof Tape 150 (külső és belső oldalon átfedések, sarkok, csomópontok), Sikaproof FixTape-50 (csomópontok és áttörések körüli rögzítésre és javításra), Sikaproof MetalSheet (bevonatolt fémszalag speciális csomópontok szigeteléséhez, például cölöpfejek).

A szigetelőmembrán esetleges sérüléseinek javítása: a sérült részre tett Sikaproof Patch-200 vagy Sikadur Combiflex SG szalag felragasztásával történik.

A Sikaproof A hidegen feldolgozható - azaz nincs szükség előmelegítésre vagy nyílt láng használatára – és beépíthető a vasalás elhelyezését és a beton kiöntését megelőzően. Az anyag időjárásálló és rövid ideig UV-álló, az öregedéssel szemben is ellenálló. A felhelyezése során nem okoz gondot a párás és esős időjárás sem, valamint ellenáll a természetes talajvízben és a talajban található agresszív anyagoknak és a radon ellen is védelmet nyújt. A lemeznek nagy a rugalmassága és a repedésáthidaló képessége. Egyszerűen beépíthető a ragasztott csomópontoknak köszönhetően, így nincs szükség hegesztésre, speciális eszközökre. Ez jelentősen megkönnyíti és gyorsítja a kivitelezési munkákat. Az anyag előregyártott, meghatározott méretű és vastagságú elemekből áll és nincs szükség védőrétegre. A szerkezet „foltszerű” szigetelése is megoldható a lemezzel.

A lemezekhez a felületnek kellően stabilnak kell lennie. Elengedhetetlen a sima és tiszta felület a lemezárakkal szembeni védelemhez. A szigetelés elhelyezése előtt a nagyobb hézagokat és üregeket le kell zárni. Az alapfelület lehet nedves vagy enyhén vizes, de a tócsásodást kerülni kell. + 5 és + 35°C fok között alkalmazható.

Alkalmazása föld alatti betonlemezeknél, egy- vagy kétoldalon zsáuzott föld alatti falaknál, bővítési és helyreállítási munkálatoknál, illetve előregyártott szerkezeteknél jelenős.



Sikaproof A alkalmazása az építőiparban [F]

3.2.3. Voltex vízáró membrán szigetelés

A bentonitot 1830-ban bányásztak először Fort Bentonban, Wyomingban, megkülönböztetése a többi agyagos kőzettől és széleskörű felhasználása 1890-től kezdődött. Az építőipari felhasználása is több, mint fél évszázada zajlik. Elsősorban bentonitos zagyként mélyépítési műtárgyak készítésekor, talajkiemeléskor, cölöpalapozásnál és résfalak készítésénél alkalmazzák: ásás közben a lyukba adagolják, hogy a talaj ne omoljon be, majd a betonozás során annak nagyobb sűrűsége miatt feljön a felszínre. Ezt a térfogatnövelő, vízkiszorító tulajdonságát a közelmúltban kezdték el szigetelőanyagként felhasználni. Először papír (cellulóz) lapok közé keverték a granulátumot, de a szerkezet kivitelezése bonyolult volt és nagyon sok hiba jelentkezett. A Voltex anyagának innovációja elsősorban nem anyagtechnológiai hanem gyártástechnológiai fejlesztésen alapszik. Egy általuk fejlesztett nemezelési eljárással két filcréteg közé szorítják a granulátumot, így lemezszerű szigeteléshez jutunk.

A szigetelés megjelenésével létrejött egy szerkezet, mely lemezként fektethető, de tömegszigetelésként működik, így létrehozva a német terminológiában használatos fehér és fekete teknő (Weiße Wanne, Schwarze Wanne) kategóriák mellett a barna szigetelések kategóriáját (Braune Wanne).

A Voltex egy öninjektáló bentonit szigetelő rendszer talajnedvesség és talajvíznyomás ellen, szerkezete két rétegű geotextília közé tűnemezeléssel felület folytonosan bezárt nátriumbentonit réteg biztosítja, amely nedvesség hatására szabadon képes duzzadni, ezáltal rendkívül tömör szigetelő réteget alkot. Fontos megemlíteni, hogy a paplan környezetbarát anyagokból és környezetbarát technológiával készül. A bentonit agyagkristályai réteglemezeket képeznek, mely rétegek a nedvességet és a vizet az agyagkristályok közé felveszik és megkötik, ezáltal vízzel történő érintkezéskor a lemezek azonnal duzzadni kezdenek. A duzzadás következtében a kristályrétegek az eredeti rétegméretük 8-szorosára is képesek megnövekedni és a lemezekben lévő bentonit a térfogatának 15-szörösére (1500%) is képes megrúgzadni. A bentonit anyagú szigetelések, fugaképzések a duzzadó nyomás jelenségét hasznosítják. A bentonit a duzzadó kiterjedés akadályozása esetén duzzadó nyomást fejt ki, és a duzzadó nyomás mellett a rendelkezésre álló tereket kitöltve tökéletesen tömörre, vízzáróvá válik.



Voltex bentonitos paplan szerkezete [G]

A Voltex lemezek 8-10 mm hosszú geotextília elemi szálai belekötnek a friss betonba. Ezáltal egy erős felületi kapcsolat, visszatapadás jön létre. A leszakadásához 2,5 kN/m erő szükséges. Ez a kapcsolat is hozzájárul ahhoz, hogy a nyomással érkező víz nem tudja megkerülni a szigetelést.

A rendszer további részei: Bentogrout (vízszintes felületeken részletképzés, átlapolás), Bentoseal (függőleges felületeken részletképzés, átlapolás, csőáttörés, mőtárgyak), Volclay (dilatációs hézagok), Bautec BT 2025 S (duzzadószalag átvezetéseknel)

A legnagyobb odafigyelés mellett is sérülhet beépítés folyamán a szigetelő paplan. A bentonit duzzadási kapacitása miatt a kisebb sérülések még saját maguktól „gyógyulnak”. Nagyobb sérülések esetén akkora darabot kell vágni, hogy az a sérülés minden pontjától legalább 30cm átfedést biztosítson. A folt átfedésként kezelendő, tehát bentonit porral vagy ragasztóval kell megerősíteni.

Legnagyobb előnyei az anyagnak: A rendszer fektetésénél nem játszanak szerepet az időjárási viszonyok. A paplan sem fagyra, sem hőre nem érzékeny, nem válik törékennyé. A szigetelendő felületek akár nedvesek is lehetnek. Viszont ügyelni kell arra, hogy a lemezek ne ússzanak fel a vizes felületről. Erős mechanikai kapcsolat a betonnal, centimétereket belegyógyul a betonba. Bár az anyag robusztus szerkezetéből adódóan rendkívül nehéz, kivitelezése az egyszerű és gyorsan elvégezhető részletképzések és lemeztoldások miatt mégis egyszerű és hatékony.

Egyedülálló tulajdonsága az öngyógyuló mechanizmus. Valamennyi mélyépítési munka során – zsaluzás, vasszerelés, betonozás, visszatöltések – a szigetelés sérülhet, átszűrődhat. Az anyag - amennyiben a sérülés mértéke nem nagy - a felület mentén azonnal beduzzad, beinjektálja magát a sérülésbe, és víztömören bezárja azt. A betonszerkezetek repedéseit 1,5 mm vastagságig felveszi és tartósan tömöríti, ezáltal csökkenthető a repedési vasalás a betonszerkezetben. A bentonit kifáradás nélkül, többször ismételt szárítás-nedvesítés, azaz változó víznyomás esetén is tulajdonságait tartósan megőrzi.



Voltex bentonitos paplan alkalmazása a mélyépítésben [H]

3.2.4. Expert Proof eco

Az MC Bauchemie megkeresése eredetileg a házi kísérlet betonkeverékéhez szükséges anyagok megkeresése miatt történt. Személyes beszélgetés során a cég képviselői felajánlották, hogy egy fejlesztés alatt álló anyagukat vizsgálhatjuk. Az anyag a visszatapadó szigetelésként való felhasználása még kezdeti stádiumban van, mivel a szigetelés nem a szerkezetre felszórva készül el – a szokásos bevonatszigetelési eljárásokkal ellentétben –, hanem a rábetonozás a szigetelés elkészülte után történik. Felvetődik a kérdés, hogy az anyag ennek ellenére rendelkezik-e a vízvándorlási ellenállással a bevonatszigetelésekhez hasonlóan.

Az Expert Proof eco egy gyors kötésű, rugalmas, bitumen mentes, nagy kiadósságú, kétkomponensű reaktív bevonatszigetelés. A folyadékkomponenst és porkomponenst alacsony fordulatszámú keverővel összekeverve minden típusú ásványi alapfelületre fel lehet szórni és kenni. A ráöntött betonnal később képes együttmunkálni, melyet a lemez felületén található szilikátkristályok tulajdonságai miatt ér el. Felületi struktúrája és vegyi összetevői áldal felületfolytonosan tud összetapadni a betonnal. A rendszer további részeivel még kísérleteznek, például egy megfelelő mechanikai tulajdonságokkal rendelkező hordozóréteg meghatározásával. Legmeghatározóbb felismerés, hogy az anyag visszatapad a betonhoz, ezáltal besorolható a szerkezettel együttmunkáló vízszigetelésekhez.



Expert Proof eco felépítése és a szigetelő anyag elkészítése

A rendszer további részei a pontos alkalmazástechnika hiányában még nem meghatározottak. Szórt rendszerű szigetelés révén első sorban dilatációs és hajlatképzési rendszer elemek kialakítására van igény.

A szórt technológia legnagyobb előnye, hogy egy homogén felületet rendkívül gyorsan és egyszerűen tudnak képezni lapolások és toldások nélkül. Ez a szerkezettel egy homogén burokként tud együttmunkálni. Termékjellemzők közül fontos kiemelni a gyors száradást, közvetlen vakolhatóságot, UV, fagy és öregedésállóságot. Vízzátlan szigetelés, a gyártó szerint háromszor jobb a vízzárósága a bitumenes vízszigeteléseknél, minimum 4 mm-es vastagságnál. Az anyag nem termoplasztikus, így nincs kitéve nagyobb hőingadozások általi meghiúsulásra.

A két komponenst fel kell szórni egy hordozórétegre (mely valószínűleg egy üvegszál erősítésű fátyol lesz), majd 24 óra elteltével lehet rábetonozni. A hordozóréteg még pontosításra és kikísérletezésre vár. Leggyakrabban alapozási munkáknál használják, például vízzáró betonszerkezetek illesztési és munkahézagjainak szigetelésékor. Ezen felül víztározó medencék szigetelésére és hőszigetelő lapok és lemezek rögzítésére is alkalmas.

3.2.5. Kontroll: Elastovill E-G 4 F/K Extra bitumenes szigetelőlemez

A kísérletünkhöz kontrollanyagként a magyar építőiparban legelterjedtebb szigetelőanyagot, egy bitumenes lemezszigetelést használtunk. A szigetelés alkalmazástechnikájából adódóan (teljes felületű lángolvasztásos

rögzítés) valószínűleg rendelkezhet valamilyen mértékű laterális vízvándorlási ellenállással. Mivel a tapadást biztosító réteg a helyszínen készül, az ellenállás mértéke nagyban függhet a kivitelezés minőségétől.

A bitumen 4000 év óta ismert, az ásványolaj lepárlása után visszamaradó fekete, termoplasztikus szénhidrogén. A bitumen szobahőmérsékleten folyadék, amely alacsony hőfokon szilárd, a hőmérséklet emelkedésével képlékeny, majd nehezen folyós, végül hígfolyós lesz, végül ismét megszilárdul.

Az alépítményi szigetelésekhez alkalmazott bitumenes lemezek alkotórészei: a hordozóréteg, a bitumen és a hintett réteg. A hordozóréteg általában üvegfátyol, műanyag textília, fém,- vagy műanyag fólia. Ez biztosítja a lemez stabilitását. A bitumen bevonat felületére kerülő hintőréteg, apró szemcsés hintőanyag (például finom homok), biztosítja a bitumen védelmét és a lemez tapadásmertességét. A bitumenes vékonylemezek vastagsága maximum 3 mm, forró bitumenes,- vagy hidegragasztással kapcsolhatók egymáshoz. A vastaglemezek vastagsága minimum 4 mm, leolvasztásos ragasztással kapcsolhatók egymáshoz. A ragasztáshoz szükséges bitument a gyártás során hordják fel a lemez hátoldalára. E mellett léteznek még az öntapadós bitumenes lemezek, melyek rögzítéséhez nincs szükség sem külön ragasztóanyagra, sem melegítésre. A lemez alsó felületén gyárilag felhordott ragasztóréteg található, melyet védőfólia fed. Az elhelyezés során a tekercest a védőfólia eltávolításával egyidejűleg folyamatosan és egyenletesen simítják az aljzathoz.



Elastovill E-G 4 F/K Extra bitumenes szigetelőlemez alkalmazása az építőiparban [1]

A modifikált bitumenes lemez lényege, hogy az alapbitument műanyaggal keverik. Ennek a módosított anyagnak magasabb a hőállósága, rugalmasabb, jobb a hideghajlító képessége és kedvezőbb az öregedésállósága. Bármilyen épület vagy építmény hatékony víz elleni védelmét képes biztosítani. A gázokkal és folyadékokkal szemben kis reakcióképességet tanúsít, vízben, híg savakban és lúgokban pedig oldhatatlan anyag. A vizet át nem eresztő képességének köszönhetően vízszigetelésként terjedt el az építőiparban. A víz- és nedvesség elleni szigetelések leggyakrabban bitumenes lemezekből készülnek. Viszont a kenőolajok, a gázolaj, petróleum, benzin, szerves oldószerek és szénhidrogének oldják a bitument, és már kis mennyiségben is az anyag lágyulását okozzák. A szabadban lévő bitumenben gyorsuló öregedési folyamatok játszódnak le, ennek következtében rideggé és törékennyé válik, ezért a bitumenes anyagok felülete védelemre szorul.



Elastovill E-G 4 F/K Extra bitumenes szigetelőlemez

A kísérlet során beépített lemez a Villas Hungária Kft. Elastovill E-G 4 F/K Extra nevű terméke.

A termék leírása: Bitumenes lemez elasztomer-modifikált bitumennel, üvegszövet hordozón, finom homokhintésű felső felülettel, alsó felületén polipropilén fólia kasírozással. Alkalmazható tetők vízszigetelésére, többrétegű rendszerben, alsó, alátét- vagy közbenső réteggént (EN 13707:2004), talajnedvesség és talajvíz elleni szigetelésként (EN 13969:2004). Az alkalmazás módja talajnedvesség elleni szigetelésnél 1 rétegben, talajvíz elleni szigetelésnél 2 rétegben. Rögzítés az előírt alkalmazás technika szerint PB (vagy elektromos, forrólevegős) üzemű lángolvasztó berendezéssel hegesztéssel, vagy mechanikai rögzítéssel.

3.3. Összehasonlítás

A szigetelőanyagok első ránézésre nagyon különbözőek, a hagyományos osztályozási rendszerekben különböző kategóriákban kapnak helyet.

A szigetelőanyagok felépítésük, besorolásuk, alkalmazástechnikájukból adódó különbségek ellenére a dolgozat szempontjából mégis azonos kategóriába sorolhatók. Valamennyi mért anyag szerkezettel együttdolgozó szigetelés. Az együttdolgozás léte miatt ezekben a szerkezetekben laterális vízvándorlási ellenállást feltételezünk.

A betonnal való együttdolgozás és a laterális vízvándorlási ellenállás létrejöttét az eltérő anyagoknál eltérő fizikai jelenségek feltételezik. A Sikaproof A esetében az együttdolgozásért a dombornyomott filc réteg a felelős, míg a vízvándorlásért a védett oldalon elhelyezkedő nedvesség hatására duzzadó laminál tömítőanyag háló. Miután a Preprufe lemezek belső oldalán elhelyezkedő nyomásérzékeny ragasztóréteget a betonszerkezet aktiválta (pH, nyomás, nedvesség), az önmagában felel az együttdolgozás és a vízvándorlási ellenállás jelenségéért. A Voltex anyaga esetében a beszorított helyzetű bentonit granulátum, miután a nedvességet megköti és gélesedik, a térfogatnövekedésből származó duzzadó nyomás létrejöttével válik víztömörre. Ez a réteg szorítja ki a szigetelőanyag és a vasbetonszerkezet között oldalirányban vándorolni akaró vizet. Minél nagyobb a víznyomás, annál jobban tömörödik a gél (nagyobb az anyag laterális vízvándorlási ellenállása a víznyomással szemben). A lemez belső oldalán lévő filcréteg felel a szerkezettel való együttdolgozásért. Az Expert Proof eco bevonatszigetelés esetében a szigetelőanyag önmagában felel mind a mechanikai együttdolgozásért, mind a laterális vízvándorlási ellenállásért. A bitumenes lemez és aljzata között (teljes felületű lángolvasztás esetén) van mechanikai együttdolgozás és feltételezhetően laterális vízvándorlási ellenállás. Mivel a szigetelés aljzata nem azonos az ellenszerkezettel, és a vízvándorlási ellenállással rendelkező réteg nem a védett oldalon van, az így létrejövő ellenállás teljesítménye érdektelen.

A szerkezettel együtt dolgozó szigetelések fő alkalmazási területe a fokozott biztonsági igényű vagy nehezen hozzáférhető, utólag problémásan vagy egyáltalán nem javítható mélyépítési vasbeton szerkezetek szigetelése. Ezek általában résfalak, fúrt cölöpalapok, fémlemezű szádfalak, földalatti létesítmények, alagutak és műtárgyak alaplemezei. Mivel a szigetelés aljzatát maga az ellenszerkezet képezi, a szigetelés jobban elviseli a szerkezet mozgásaiból, süllyedéséből keletkező terheket. A szigetelések alkalmazástechnikája nem igényli segédszerkezetek megépítését, így a nehezen hozzáférhető, szűk helyen való szigetelés esetén javasolt az új technológia alkalmazása.

Az szerelőbeton elkészítése után valamennyi anyag közvetlenül fektethető. Az anyagokon beépítés után közvetlenül haladhat az építési forgalom, betonvas szerelés a szigetelés felületén történhet. A szerkezetek nem igényelnek védő betont, sőt, a védőbeton elkészítése akadályozza a kívánt mértékű mechanikai együttdolgozás létrejöttét. Előnye a szokványos szigetelőanyagokkal szemben, hogy közvetlenül alkalmazható alaplemezek alatt és egyoldalú vagy kétoldalú zsaluzat rendszerek esetén. A műanyag szigetelő lemezek felhelyezhetőek cementes és fém felületre egyaránt, viszont a felületnek simának, épnek, tisztának, zsír- és oldószermentesnek kell lennie. A Voltex és valószínűleg az Expert Proof eco bármilyen felületen elkészíthető. Ezen felül valamennyi anyag előnye, hogy nem érzékeny az épület süllyedésére.

4. Tudományos környezet

4.1. Általános szakirodalom

A szerkezettel együttműködő vízszigetelések témájában a szakirodalom minimális. A legtöbb publikáció főként egy-egy anyaggal foglalkozik csak, ami annak köszönhető, hogy még kevés hasonló építési termék van a piacon és a szerkezettel való együttműködésén kívül többféleképpen is csoportosíthatóak. Ezentúl külföldi és magyar folyóiratok között sok különbség lelhető fel, hiszen itthon ezek az anyagok - korábbi kifejlesztésük ellenére – csak az elmúlt évtized elején, vagy azóta jelentek meg. Így átfogó mű ebben a témában ezekkel az anyagokkal kimondható, hogy nincs.

Dolgozatunkhoz kapcsolódó szakirodalmak, közlemények vagy publikációk két irányból közelíthetőek meg. A laterális vízvándorlás jelenségét már régóta felfedezték és tettek kísérleteket megakadályozására, a szerkezettel együttműködő vízszigetelések pedig, mint új anyagok foglalkoztatják a szakmát. A visszatapadó szigeteléseket a fokozott biztonság miatt vízzáró betonnal alkalmazzák, a vízzáró betonok tulajdonságait, kivitelezésének irányelveit pedig már sok szakirodalom tartalmazza.

Szakirodalom kimondottan témánkhoz kapcsolódva nincs, viszont különböző könyvek és irányelvek már foglalkoztak tágabb értelemben a témával. A víz épületbe jutása számos problémát

4.2. Kapcsolódó tudományos közlemények

a) Vízszigetelő lemezeket beton felületen

Qinghua Zhou és Qinwu Xu Experimental study of waterproof membranes on concrete deck: Interface adhesion under influences of critical factors („Kísérleti tanulmány a vízszigetelő lemezek alkalmazása beton felületen: Érintkező felület ragasztása kritikus tényezők hatása alatt”) című tanulmánya hidakon található vízszigetelő lemez szükségességét és betonhoz való tapadását vizsgálta. A közlemény célja megbízhatóbb anyagok és szerkezetek tervezésének segítése, valamint a kivitelezési hibafaktorok felderítése. Legfontosabb hibafaktorként a vízbejutás általi korróziót említik az acél szerkezetekben, mely jelentősen megrövidíti a hid használati idejét. Három bitumenes vízszigetelés – APP modifikált, öntapadó gumi, folyékony polimer-modifikált – tapadását vizsgálták különböző hőmérsékleti, szerkezeti, anyagszerkezeti és használati viszonyok alatt. A dolgozat hosszan taglalja milyen labor kísérleteknek vetették alá a próbatesteket és mit hogyan mértek. A vizsgálat eredményeként megjegyzik, hogy háromféleképpen jöhet létre az adhézió rendellenessége: az érintkezés hibája szemcsék vagy por által, a bitumenes lemez hordozórétegének kohéziós hibája és a habarcs hibás kohéziója miatt. Számtalan kifinomult körülmény játszik tehát közre, így rendkívül megbízható vízszigetelésre van szükség. Legfontosabb kritikus együtthatók a labor eredményeik alapján a következők: A tapadási szilárdság eleinte nő, aztán csökken a növekvő anyagösszetétel által. A felület érdessége nagy szerepet játszik a szilárdság tekintetében, így a textúráját meg kell tervezni és elő kell készíteni. Az aszfalt préselés közbeni hőmérséklete kritikus szerepet játszik a kötésben; a vízszigetelő anyag hőmérséklete fontos tényező – a tapadás kezdetben nő, majd csökken, ideális hőmérsékletnek 280-350 °C-t adták meg. Az SBS modifikált bitumen réteg rendkívüli mértékben növeli a tapadási szilárdságot.

A dolgozat felismerte a beton és vízszigetelés közti tapadás fontosságát és ezt a tapadási szilárdság irányából közelítették meg. Bár nem említik, de amikor a tapadás megszűnik, és a repedések vagy kivitelezési hibák miatt a víz bejut a szigetelés és beton közé, a kapillárisokban laterális vízvándorlás jön létre. Kísérletük bizonyítja, hogy a vízvándorlás sok területen – nem csak mélyépítésben – jelentős probléma, mellyel számolni kell.

b) Erős vízszigetelő lemezek

A Waterproofing Magazine-ban megjelent Waterproofing to Withstand Shotcrete (Vízszigetelés a lőttbeton ellenállására) egy olyan cikk, amiben megemlítik a Preprufe és Voltex szigeteléseket, mint annyira erős lemezeket, melyek nem sérülnek meg a lőttbeton hatására. A lőttbetont már 100 éve használják nyugat Egyesült Államokban és népszerű a mélyépítési szerkezeteknél. Az elmúlt 10 évben újra elterjedt és növekedett a használata, azonban új problémák merültek fel: például esős időjárás, vízzárás, 0 °C alatti kivitelezés.

A cikket csak azért említjük meg, mert a lőttbeton technológiája kellő bizonyíték, hogy mennyire erős, robusztus vízszigetelésekkel volt dolgunk.

4.3. Szabványok, irányelvek

A kísérletünk várható eredménye több tényezőbből adódik össze, emiatt utánajártunk, hogy milyen szabványok, mérések segíthetnek kísérletünk elkészítésében. Főként vízszigetelő anyagok mérésére vonatkozó irányelveket kerestünk, melyek alapján nyomással szemben való ellenállást és mechanikai tulajdonságokat vizsgálnak. Alapfelvetéseink miatt a vízzáró beton szabványait nem kutattuk.

A vizsgált anyagok többé-kevésbé azonos szabványokra vannak bevizsgálva – mint a vízszigetelő anyagok általában, ezek pedig a gyártók és cégek interneten elérhető adatlapjain találhatóak meg. A lemezek beépítéstől függetlenül is azonos vizsgálati módszereknek vannak alávetve, mint például szakítószilárdság, húzószilárdság, mechanikai és vízzel szembeni ellenállás, stb. Mélyépítésben alkalmazott anyagoknál egyéb közzétett teljesítmények is fel vannak tüntetve, mint például radon vagy metán áteresztő képesség. A legfontosabb vizsgálati módszerek a kísérletünkre vonatkozóan a víz hidrosztatikai nyomással szemben támasztott ellenállása és az anyagok betonhoz való tapadása. A tapadásra vonatkozóan nincs szabvány feltüntetve minden anyagnál, a hidrosztatikai nyomásra pedig az ASTM (American Society for Testing and Materials) szabványkönyv tartalmazza a vizsgálati módszert. Ezentúl kísérletünk által felvetett kérdésekhez a szórt bitumenes bevonatszigetelés DIN irányelveit vettük alapul. Fontos még megjegyezni, hogy a szabványok a bentonitos paplanszigetelésnél a többi lemez szigeteléshez képest sokszor jelentősen eltértek.

a) ASTM D 903 – Standard Test Method for Peel of Stripping Strength of Adhesive Bonds

A D 903 szabvány két anyag lefejtő, vagy tapadási szilárdságát vizsgálja ragasztott kötés esetén. A szabvány az „Adhesives”, vagyis a ragasztásokra vonatkozó szabványkönyvben található és minden ragasztóanyaggal kapcsolatos irányelvet valamint vizsgálatot itt találunk. A D 903-as szabványban adott méretű mintákat meghatározott hőmérsékleti, előkezelési állapot alatt mérik egy sebesség mérő berendezés által. **KÉP** A bentonitos paplanszigetelés betonról való lefejtése van erre a szabványra bevizsgálva, de gyanítható, hogy a többi anyag is ezzel a módszerrel lehetett megmérve. Az eredmény mértékegysége kg/mm és a jegyzőkönyvben a következő eredményeket és információkat kell kiemelni: anyag, ragasztás típusa, az előkészítés módszere, próbatest kondíciók (7 napos kitettség adott páratartalomra és hőmérsékletre), próbatestek száma, teszt sebessége, átlagos tapadási szilárdság, egyedi jelenségek és hibák. Érdekességként megemlítenéd, hogy a Preprufe és a Sikaproof A N/mm² dimenzióban, míg a Voltex kN/m-rel ad értéket.

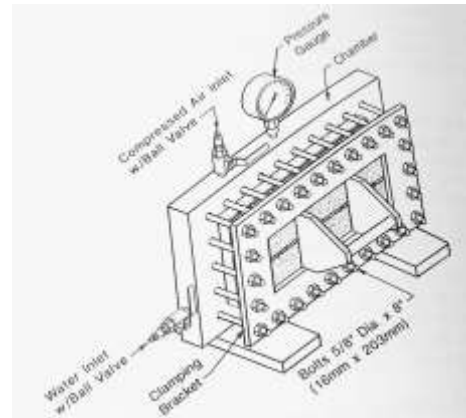
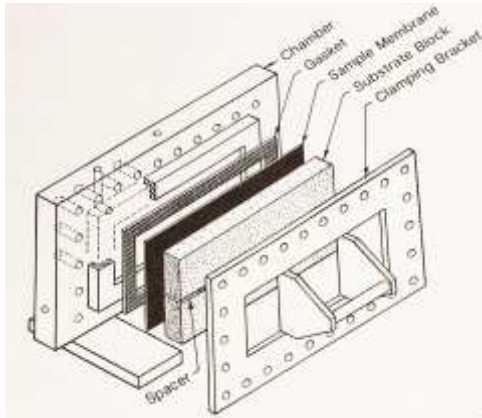
b) ASTM D 5295 – Standard Guide for Preparation of Concrete Surfaces for Adhered (Bonded) Membrane Waterproofing Systems

Az D 5295 szabvány a ragasztott, vagy kötőanyaggal elhelyezett vízszigetelő anyagok betonon való alkalmazásának előkészületeihez ad útmutatást. Ezenkívül felhívja a figyelmet, hogy milyen kivitelezési hibáknál kell fokozottan odafigyelni a vízszigetelő lemez különböző módszerekkel való használatánál – legyen szó szórásról, felkenésről, fektetésről vagy felhelyezésről. A mi dolgozatunkban használt anyagok közül csak a

bitumenes lemez fektetésénél vehettük figyelembe a szabványt, a visszatapadó szigetelések alkalmazására szabványt nem találtunk, hiszen fordított elven működik a szerkezettel való együttműködés érdekében.

c) ASTM D 5385 – Standard Test Method for Hydrostatic Pressure Resistance of Waterproofing Membranes

A D 5385 szabvány egy közös pont volt a három szerkezettel együttműködő vízszigetelés adatlapjain, mely a mi vizsgálatunkhoz is kapcsolódhat. Ezen kívül meg kell említeni, hogy mindhárom adatlapon a szabvány módosított verzióját említik, a módosításról pedig nem tudunk információt beszerezni. Valószínűsíthető, hogy a módosítás a vízszigetelő anyag más alkalmazása miatt lett elvégezve.



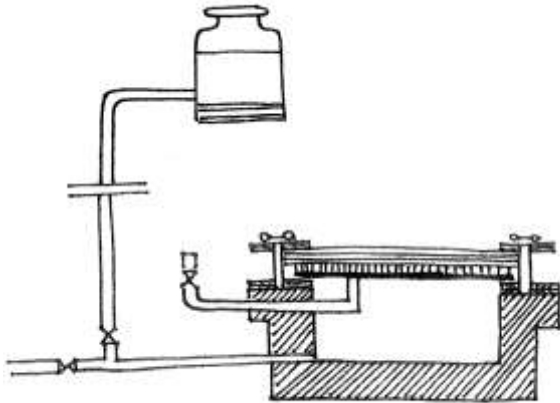
A szabványos vizsgálati eszköz [J]

A szabvány a vízszigetelő lemezek hidrosztatikai nyomás ellenállásának vizsgálatát tartalmazza laboratóriumi körülmények között. Részletesen taglalja, hogy miből áll a mérőeszköz, milyen előkészületek szükségesek a méréshez és milyen műveleteket hajtanak végre a próbatesten. A vízszigetelő lemezt egy előre bevágott beton lemezre helyezik és egy speciális kamrába teszik, ahova később vizet engednek, melynek nyomását folyamatosan növelik. Fél órás nyomás alatt megnézik, hogy keletkezett-e rés valahol. Amennyiben igen, a próbatest azonnal hibásnak minősül. Ha nincs szivárgás, óránként növelik a nyomást maximum 103 kPa-lal (15 psi, 1,03 Bar) 690 kPa-ig. Utolsó lépésként még 69 kPa-t emelnek a nyomáson. Amikor a kapcsolatokban szivárgás észlelhető, a kísérlet leáll és az adott órában mérhető nyomást kell feljegyezni. A mértékadó nyomás, vagy vízoszlop a végén az lesz, melynek a vízszigetelő lemez egy órát ellenállt. A jegyzőkönyvben ezen túl fel kell tüntetni a vízszigetelés vastagságát is, illetve minden megfigyelést.

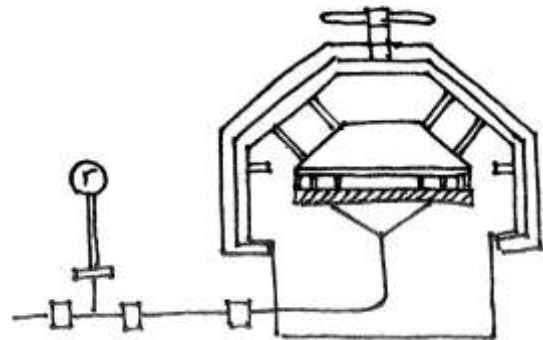
A szabványos mérés hasonlít a saját kísérleteinkre, azonban a vízvándorlást ezzel nem tudtuk mérni. Kísérletünkhöz azonban hasznos volt a szabvány áttanulmányozása.

d) MSZ EN 1928:2000 - Hajlékony vízszigetelő lemezek. Bitumenes műanyag és gumilemezek tetők vízszigetelésére. A vízzáróság meghatározása

A szabvány elsősorban tetőszigetelő anyagokat vet teszt alá, azonban megjegyzi, hogy más helyeken felhasználható lemezeket – például talajvíz elleni szigeteléseket - is lehet szabványosítani. A vizsgálat két különböző eljárást tesz lehetővé kis- és nagy nyomású lemezek méréséhez [A, B]. Mindkét esetben maximum 60 kPa víznyomásnak vannak kitéve a lemezek 24 órán keresztül, azonban a nyomást a termékelőírás is megadhatja. A mérő berendezés hasonlít az ASTM D 5385 szabványhoz használthoz, és a mi kísérletünket is inspirálta – attól függetlenül, hogy a mérési elv más. A vízszigetelő anyag mögött egy szűrőpapírt helyeznek el, mely elszíneződése azt eredményezi, hogy a lemez adott nyomáson már nem vízzáró. Erre a vizsgálatra a Villas bitumenes lemeze van szabványosítva, melyet kontroll anyagként használtunk.



A szabványos vizsgálati eszköz A [K]



A szabványos vizsgálati eszköz B [L]

e) MSZ 93-12:1987 - Kelmék vizsgálati módszerei. Tépővizsgálat

A betonitos paplanszigetelés tépővizsgálatra szabványosítva van, mely a szigetelőanyag rétegeinek tapadása miatt van feltüntetve. A többi szigetelőanyag erre, illetve hasonló szabványra nincs bevizsgálva. A laterális vízvándorlásnál esetleg szerepet játszhat a vízszigetelő anyag és a tapadást biztosító réteg elválása.

f) MSZ EN 12390-8:2001 – A megszilárdult beton vizsgálata. 8. rész: A víz nyomás alatti behatolás mélysége

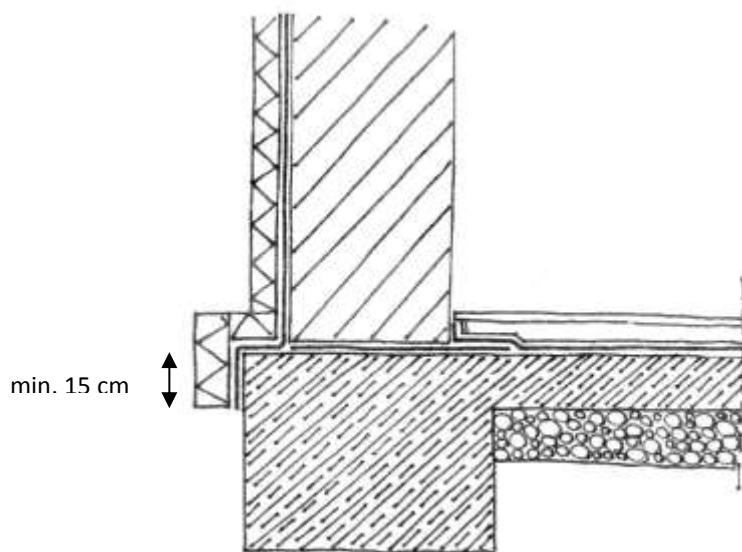
A szabvány a beton vízzáróságának vizsgálatát mutatja be. A mérés lényege, hogy legalább 28 napos korú, végig víz alatt tárolt próbatestet, 75 mm átmérőjű körfelületen 72 ± 2 órán át ható 5 bar ($0,5 \pm 0,05$ MPa) állandó víznyomáson kell vizsgálni. A próbatest víznyomásra merőleges, felérdesített oldalának hossza vagy átmérője legalább 150 mm, magassága legalább 100 mm legyen, de ugyanígy alkalmas a 150 mm élhosszúságú szabványos próbakocka is. A próbatestet a vizsgálat után a víznyomás irányával párhuzamosan (lehetőleg középen) azonnal el kell hasítani az MSZ 4715-4 szerint. Meg kell figyelni a hasított felületen a próbatest belsejének állapotát és a nedvesített felület alakját.

Az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék rendelkezik szabványos mérő géppel, melyet felajánlottak kísérleteinkhez. A vízszigetelés károsodása és a víz bejutása után a beton fog közvetlenül érintkezni a talajvízzel, így kísérletünknel nem zárhattuk ki a beton vízfelvételét, melyet ezzel a szabványos vizsgálatnál tudtunk megmérni.

g) DIN 18195 / 9-c - Bauwerksabdichtungen

A DIN 18195 szabvány az Épületszigetelések szabványait és alkalmazását tartalmazza. Ez a legfontosabb irányelv 1983 óta az épületszigetelésekkel kapcsolatban, és több fejezetre bontja a szigetelések leírását, teljesítményét, irányelveit vagy alkalmazását.

Számunkra a 9. rész érdekes, ahol vízszigetelés és vízzáró vasbeton találkozásának kapcsolatát mutatják be talajvízben modifikált bitumen bevonatszigeteléssel. Külön vizsgálati módszer is tartozik az irányelvhez, miszerint a munkahézagtól 15 cm-ig kell a szigetelés felkenni vagy szórni, ezáltal pedig a teknőt létrehozni. Ez azért lehet tanulságos



Szigetelés DIN 18195 szabvány szerinti fektetése

5. A kísérlet

A kísérletet mindenképp házi körülmények között képzeltük el, hiszen akkor teljes mértékben mi határozzuk meg mérési alapelveinket. A méréshez mindenképp meg kellett terveznünk egy mérő eszközt, mellyel a saját magunknak feltett kutatási előfeltevéseinkre kaphattunk választ.

5.1. Kezdeti döntések

A mérés fő kérdése a szerkezettel együttdolgozó vízszigetelések laterális vízvándorlási ellenállásának mérése, valamint a jelenség reprodukálása ellenőrzött körülmények között volt. Ehhez több szempontot is figyelembe kellett vennünk, mielőtt a kísérletet elkezdtük tervezni.

5.2. Laterális vízvándorlási ellenállás

Ahhoz, hogy mérni tudjuk a vízvándorlási ellenállást, meg kellett határoznunk milyen ható tényezők lépnek fel talajvíznyomás esetén. Ezek mérlegelése kihatott arra is, hogy milyen paraméterekkel fogjuk megmérni és milyen eredményekre vagyunk kíváncsiak. A kezdeti felvetésekkel azt is eldöntöttük, hogy tönkre szeretnénk-e tenni a szerkezetet, vagy minél inkább törekszünk egy valós szituáció modellezésére. Ehhez a táblázatban található ható tényezőket gyűjtöttük össze.

Ható tényezők	Jele	Mértékegység	Kérdések
Talajvíz nyomása	P_v	[Pa] / bar	Magyarországon maximális víznyomás, vízszigetelő anyagok teljesítménye, a szerkezet és a vízszigetelő anyag között kialakuló nyomás (van szabvány)
Nyomás helye	P_l	-	hogyan jut a nyomás a beton és a szigetelés közé (szabad lemezszél, furt lyuk, közvetlenül csövön keresztül, a szigetelés vagy a beton irányából)
Vízszigetelés tapadása	V_t	N/mm^2	Vízszigetelő anyagok tapadása beton-tapadást biztosító réteg-vízszigetelés között (van szabvány)
Vízszigetelés tapadásának módja	V_{tm}	-	Valójában hogyan néz ki a tapadás, milyen fellépő erők befolyásolják
Víz oldalirányú mozgása időben	t_v	s	Mennyi idő alatt megy tönkre, mennyiben befolyásolja az eredményt a mérés időtartama
Víz oldalirányú mozgása térben	l_v	m	Mekkora utat és merre tesz meg a víz
Beton minősége	M_c	-	Az együttdolgozás mértékét és vízvándorlás síkját befolyásolja-e, ha igen hogyan, vízzáróság kérdése, víz/cement tényező $\leq 0,45$
Mechanikai leterhelés	P_m	N/mm^2	mechanikai leterhelés hogyan lép fel és milyen mértékű (leszorított peremek, teljes felületű leszorítás, a hidrosztatikai nyomással megegyező leszorítás)

Ható tényezőkből a legfontosabb kérdésünk az volt, hogy a víz adott nyomáson mennyi idő alatt mekkora utat tehet meg. A laterális vízvándorlás jelenségét érdemes lehet akár szabványosítani is. Mi javaslatot teszünk, hogy erre szabvány szülessen és egyúttal rögzítjük, hogy melyik paraméterek függvényében érdemes meghatározni a mérési módszert.

$$R_l(p_l, V_t, V_{tm}, M_c, P_m, p_v, t_v, l_v) \text{ Mértékegysége: } \left[\frac{m}{sPa} \right]$$

A laterális vízvándorlási ellenállás mértékegysége a paraméterek függvényében

5.3. Mérés módszere

A mérési eszköz tervezésének legfontosabb szempontja a fix és változtatható ható tényezők prioritásának meghatározása volt. A mérési eljárások kialakításánál igyekeztünk egymástól eltérő paraméterek mérésére alkalmas eszközöket meghatározni.

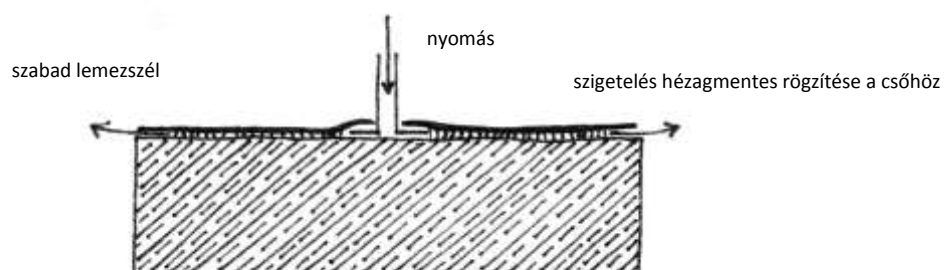
5.3.1. Betonkeverék meghatározása

A kívánt betonminőségek meghatározásához alapul vettük a minimum 0,45 víz/cement tényezőt, a mért termékekhez ajánlott C 30/37-es szilárdságú vízzáró betonminőséget. A kísérlet során egy házilag is elkészíthető alacsonyabb szilárdságú betonminőséget is mérni szerettünk volna. Az alkalmazástechnikától eltérő betonminőséggel részben mérni szerettünk volna az együttdolgozás betonminőségtől függő paramétereit, részben feltételeztük, hogy ha alacsonyabb szilárdságú betonnal is hasonló értékeket mutatunk ki, felvetődhet a mért anyagok alacsonyabb szilárdságú, nem vízzáró betonnal való alkalmazhatósága. Így az anyagokat szélesebb körben alkalmazhatják a teljes szerkezet alacsonyabb ára miatt.

5.3.2. 1-es számú mérőeszköz

A szigetelésre teljes felületén rábetonozunk, a próbatest közepén meggátoljuk az összetapadást. Később ezen a helyen a vízszigetelést kivágjuk és szorítóperemes kapcsolatot hozunk létre. A kialakított nyílásba adott nyomással egy átlagos, kb. 1 colos csövön keresztül vizet öntünk. A kísérlet során azt vizsgáljuk, hogy a próbatest peremein mennyi idő elteltével jelenik meg nedvesség, illetve felszakad-e a szigetelőanyag. A felszakadás továbbá megmutathatja, hogy merre mekkora utat tesz meg a víz.

A kísérlet megvalósításához szükséges eszközök: kompresszor/biciklipumpa, tágulási tartály, nyomásmérő berendezés, légtelenítő.



1-es számú mérőeszköz

5.3.2.2. Előnyök

A víznyomás koncentráltan a szigetelés és a betonfelület között jelentkezik. A kísérlet során szélsőséges eredmények várhatóak: a szigetelés felszakadása és a nedvesség megjelenése a próbatest peremén. Amennyiben a szerkezet adott nyomás mellett nem mutat végeredményt a víznyomás szabályozottan, fokozatosan növelhető. A szorítóperemes kialakítás által a víznyomás közvetlen a szigetelés és a beton közötti síkot támadja.

5.3.2.3. Hátrányok

A mérés tervezése során modellezett szituáció, hogy a víznyomás a szigetelés és a betonréteg között jön létre és onnan próbálja a betonfelületről lefeszíteni a szigetelést a valóságban nem jön létre. Nehéz meghatározni, hogy a nedvesség a szigetelőanyag és a beton között vagy pedig a betonban vándorolt. A kísérleti eszköz nehezen kivitelezhető, megvalósítható. A kontrol anyag (lángolvasztással rögzített bitumenes lemez) mérésére külön eszközt kellene készíteni, más mérési módszer kidolgozását vonná maga után. Amennyiben a nedvesség a betonban vándorol, látványos tönkremenetel nem következik be.

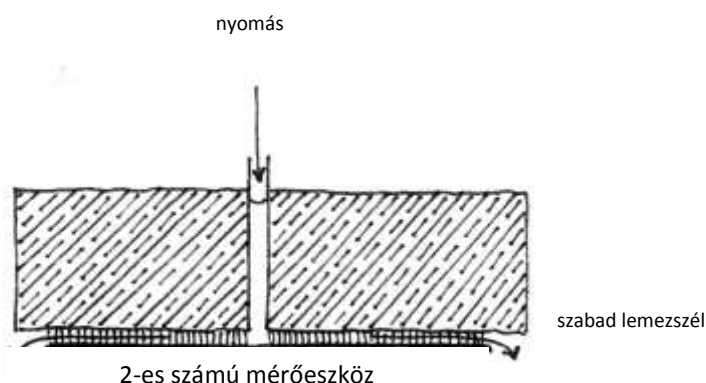
5.3.2.4. Értékelés

Feltehetőleg ez a legjobb kísérlet arra, hogy előidézzük a szerkezet tönkremenetelét. Valós körülmények között a szerkezet külső oldalán fellépő, a talaj súlyából adódó nyomás hatására a lemez nem válik le, a felszakadás nem jön létre.

KÉP

5.3.3. 2-es számú mérőeszköz

A próbatestek elkészítése során a szigetelő lemez közepére egy csövet állítunk, majd rábetonozunk. A próbatestet a szigetelt oldalával lefelé fordítva elhelyezzük, majd a bebetonozott csövön keresztül vizet töltünk a szerkezetbe és nyomás alá helyezzük. A bejuttatott vízmennyiség az 1-es számú mérési eszközhöz hasonlóan szintén a szigetelőanyag és a beton közötti síkra fejt ki elsősorban nyomást. A szerkezet szélei mentén várható a víz kifolyása, a beton felületén a nedvesség megjelenése. A felhasznált víz előzetesen megfestésre kerül, a vizsgálat elvégzését követően a víz vándorlását a próbatest eltörésével és a törési metszet értékelésével jellemeztük volna.



5.3.3.1. Előnyök

A vízszigetelés belülről kapja meg a víznyomást, a kis lyuk mentén az együttlétezés gátolva van. Így a leválás létrejöhet és meg tud indulni a víz. A szigetelőanyag nincs lefedve, akár törés nélkül is megfigyelhetjük a víz útját, megállapíthatjuk a jellemző tönkremenetelt. A szerkezetbe juttatott nedvesség kénytelen a szigetelés és a beton között vagy a betonban vándorolni.

5.3.3.2. Hátrányok

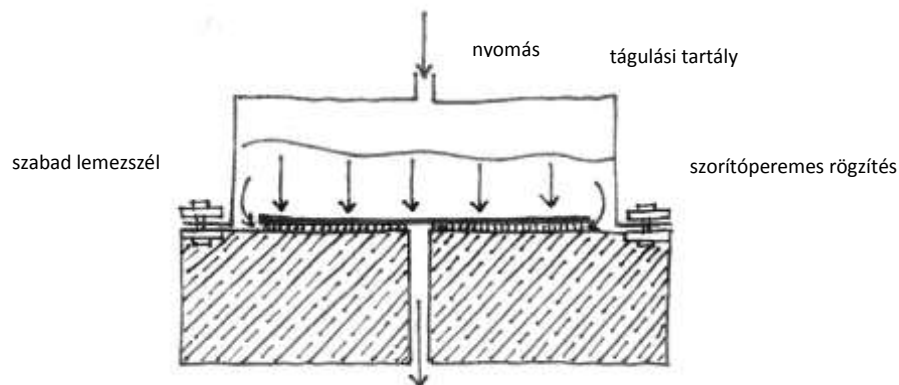
A valóságban ehhez hasonló szituáció nem jön létre, mivel a szigetelés a nyomást nem a talajvíz által támadt oldalról, hanem a védett oldalról kapja. Továbbra is kérdéses, hogy a nedvesség a két anyag közötti síkon vagy a betonban vándorol. A lyuk peremét nehéz kivitelezni, hiszen a beton kötésekor kialakuló zsugorpedések kapillárisai miatt a szerkezet nyomást veszthet.

5.3.3.3. Értékelés

A víznyomás biztosan a szigetelés és a beton közötti síkra fejt ki elsősorban nyomást. Azzal, hogy az eszköz lehelyezése által a szigetelés teljes felületű megtámasztást kap, a hidrosztatikai nyomás valószínűbb, hogy oldalirányú vízvándorlásként jelenik meg, minthogy leszakítsa a vízszigetelést. A víz megfelelő síkra való eljuttatása többértékű problémát vet fel. Valós körülmények között nem fordul elő, hogy a szigetelőanyaggal szemben a védett oldal felől ébred hidrosztatikai nyomás. A beton próbatést átfúrásával a nyomás tartása kétséges. A gyártókkal történt konzultációk után kiderült, hogy az anyagok eltérő működése miatt bizonyos anyagokhoz más mérési eszközt kell kidolgozni.

5.3.4. 3-as számú mérőeszköz

A szigetelőanyag közepére egy műanyag csövet helyezünk, majd rábetonozunk. Az így előállított próbatestre egy acél búrát, például egy félbevágott tágulási tartályt helyezünk, melybe vizet öntünk és a teknő belsejét kompresszorral nyomás alá helyezzük. A kísérletben a búra alatti térben csak hidrosztatikai nyomást feltételezünk. A vízszigetelő anyagra ható erők közül így a leszorító és a vízvándorlást megindító felületi nyomás nagysága mindenhol azonos.

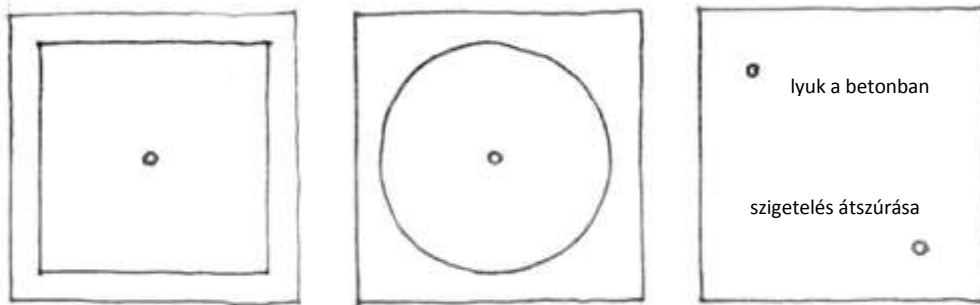


3-as számú mérőeszköz

A félbevágott tartály alatt a szigetelőanyag elhelyezésére többféle módszer létezik:

- A szigetelés közepét megsértjük és az onnan meginduló sugárirányú nedvességáramot mérjük. A vízszigetelés túllóg a teknő peremén.
- A vízszigetelést nem sértjük meg és nem lóg túl a teknő peremén. Ezáltal a szabad lemezszélen való vízbejutást tudjuk mérni, mely később felveti a vízszigetelés foltszerű alkalmazásának lehetőségét.
- A beton próbatést teljes felületén feltapad a vízszigetelés. A bebetonozott cső és egy mesterséges sérülés közti adott távolságot adott idő és nyomás alatt megteszi-e a víz.

A cső szerepe a b) és c) kísérletben minden esetben a tönkremenetelt jelenthetné. Amikor csőben nedvesség jelenik meg, a tönkremenetel bekövetkezte időben mérhető.



A szigetelés elhelyezésének lehetőségei

5.3.4.1. Előnyök

A vízszigetelés teljes felületén megkapja a nyomást, így „kvázi” valós szituációt tudunk modellezni. Több vizsgálati lehetőséget tudunk alkalmazni egyszerre. A laterális vízvándorlás mellett más eredmény lehetőségek lehetnek (például a beton mennyi vizet vesz fel, van-e egyáltalán vízvándorlás). A kísérlet kimenetelét csak a beton és a szigetelés közötti együttlépcsés és a hidrosztatikai nyomás mértéke és időtartama befolyásolja.

5.3.4.2. Hátrányok

Félő, hogy a kísérlet során a beton átázásának problémája fennáll – elsősorban a b) esetben, ahol nem burkolja a beton teljes felületét vízszigetelő anyag. Nem biztos, hogy létrejön a laterális vízvándorlás. Nehéz megvalósítani és nem jelez látványos tönkremenetelt, nem fognak leszakadni az anyagok. A szigetelést lefedjük, így nem láthatjuk a kísérlet menetét, a búrában zajló folyamatokat. A vizsgálati eredmény kinyeréséhez folyamatosan szét kell szedni a kísérleti eszközt, ketté kell vágni a próbatestet. Így a kísérlet sok próbatestet igényel.

5.3.4.3. Értékelés

Ez az a mérőeszköz, ahol valós szituációt tudunk modellezni. Sikerteljes leszűkíteni a ható igénybevételeket a hidrosztatikai nyomás nagyságára és időtartamára. Csak a laterális vízvándorlási ellenállás mértékét tudjuk mérni. Rendelkezhet az előző kísérletek pozitívumaival.

5.4. A végleges eszköz

A végleges eszköz kiválasztása során az anyagokat igyekeztünk a legpontosabban összehasonlítani, ami a legkevesebb paraméter megadását jelentette. A dolgot jellege miatt nem végezhetünk el végtelen számú mérést, ezért szűkíteni kellett a változtatható igénybevételek számát.

A kísérlet során valós helyzetben is előforduló szituációt szeretnénk volna szimulálni.

5.4.1. Valós szituáció

Az eszköz véglegesítésével kapcsolatos kérdések közben felmerült, hogy a lemezalapon és a vasbeton falon lévő szigetelésre nem azonos nagyságú terhelés jut az épület tömegéből adódóan, azonos hidrosztatikai nyomás mellett. A lemezalapon nem tudjuk, házi körülmények között, előállítani például egy több szintes épület terheit.

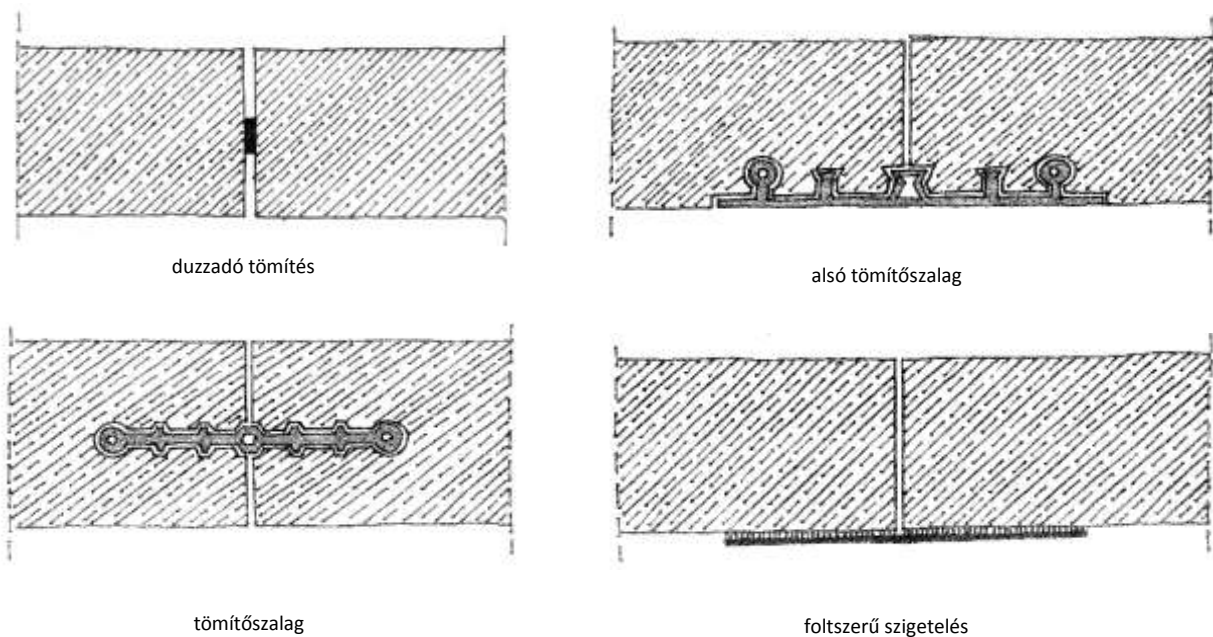
5.4.2. Szabad lemezszél, foltszerű alkalmazás

A kísérlet során amennyiben a próbatestet a szabad lemezszél irányából terheli a hidrosztatikai nyomás és az anyag számottevő laterális vízvándorlási ellenállással rendelkezik, úgy felmerül az anyag szakaszos, foltszerű alkalmazásának lehetősége.

A vízzáró vasbeton szerkezetek kivitelezése során jelenleg

A tömegszigetelés (vízzáró vasbeton) inhomogén szerkezet, folytonosságát hézagzáró és tömítő szalagokkal megerősített munkahézagok és dilatációk szakítják meg. Ezekben a résekben a szigetelés teljesítményének azonosnak kell lennie a vízzáró vasbetonéval.

A laterális vízvándorlási ellenállással rendelkező együttdolgozó vízszigetelések a duzzadó szalagokhoz hasonlóan együttdolgoznak a vízzáró vasbeton szerkezettel. Mind a két esetben a szigetelőanyagot próbálja a víz megkerülni. A foltszerűen alkalmazható, visszatapadó szigetelő rendszerek a vasbeton felületén, míg a hézagzáró és tömítőszalagok a szerkezet belsejében fejtik ki hatásukat. A hártya szerű vízszigetelések a zsaluzatra erősítve, majd onnan visszatapadva, míg a duzzadószalagok a vasalás közben elhelyezve kivitelezhetőek. A munkahézag szigetelés folytonosságát térben kell biztosítani, melynek biztonságos elkészítése a szerkezet felületén jóval egyszerűbb.

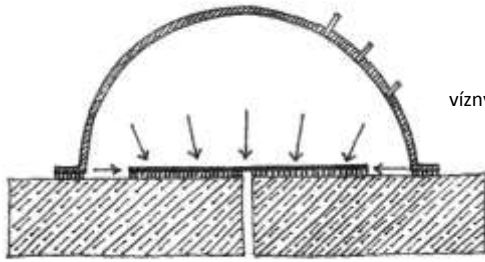


Munkahézag különböző kialakításai vízzáró vasbeton szerkezetekben

5.4.3. Eszköz kiválasztása

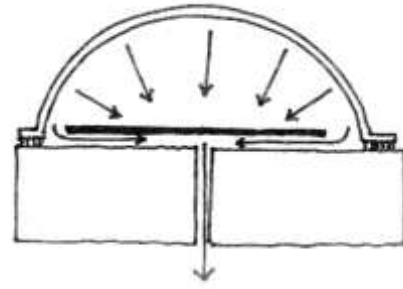
A forgalmazókkal, gyártókkal történt konzultációt követően és a különböző szabványokban ismertetett vizsgálati módszerek ismeretében a 3-as számú eszköz mellett döntöttünk. Az 5.3.4. pontban felmerült és tárgyalt variációk közül pedig a foltszerűen alkalmazott vízszigeteléssel készülő próbatest b) variációja mellett döntöttünk. A kísérletet végül laborban és házi körülmények között is terveztük elvégezni.

tágulási tartály



víznyomás álló tömítés

hidrosztatikai nyomás



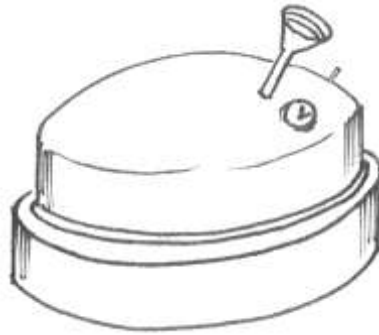
szabad lemezszél

Házi kísérlet elméleti kialakítása

6. Házi kísérlet

A vizsgálat négy részből állt:

- kísérlet megtervezése
- a kísérleti eszköz összeállítása
- próbatetek elkészítése
- mérések elvégzése



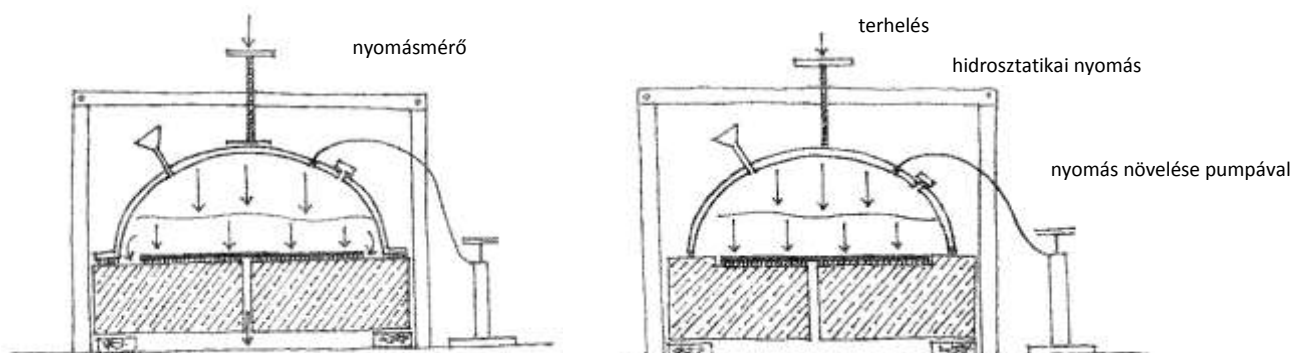
6.1. A kísérlet megtervezése

A kísérlet elvégzéséhez megterveztük a mérőeszközt, meghatároztuk a próbatetek számát, az alkalmazott betonminőséget, szigetelőanyagokat, mérés helyszínét és lefektettük a mérési alapelveket.

Házi kísérletünkben adódóan mindent házilag szerettünk volna elkészíteni és megmérni. Fontos lenne számunkra, hogy bárki számára hozzáférhető és kivitelezhetőek legyenek az anyagok. A gyártók és forgalmazók C30/37-es vízzáró betonminőséget írnak elő, mely házilag csak gondos odafigyeléssel kivitelezhető. A kísérletünk során tűzérő beszerzhető anyagokat alkalmaztunk. A mérési eszköz és próbatetek elkészítéséhez, a mérés elvégzéséhez nincsen szükség iparosított technológiák alkalmazására.

6.2. A kísérleti eszköz összeállítása

A kísérleti eszköz egy tömítő gyűrűvel peremezett félbevágott tégulási tartályból, egy kompresszorból és a hozzá tartozó szelepből, egy a víz bejuttatásához szükséges zárható nyílásból és az eszköz és a próbatest mechanikai összenyomásához szükséges segédszerkezetből áll. Tartálynak egy 38 cm átmérőjű tégulási tartályt vágunk félbe, melynek a tetején volt egy előre kialakított szelep. A tartályon két további lyukat fúrtunk. Az egyik lyukba egy nyomásmérő (manométer) került, a másikba egy zárható nyaktaggal ellátott fém cső, melynek végére egy tölcse erősítettünk, ezen a nyíláson keresztül adagolhatjuk a vizet. A szerkezet próbatesthez való szorítását egy acél keret biztosítja, melynek a tetejére egy menetes szárat erősítettünk, így lehet a féltartályt a próbatesthez erősíteni. A leszorítás mértéke nem befolyásolja a kísérlet során a laterális vízvándorlási ellenállás mértékét, mivel a kísérletben vizsgált szigetelésre és a szigetelés és a beton közötti felületre nem fejt ki nyomást.



A házi kísérlet elméleti és megvalósult eszköze

A próbatest és a szerkezet közötti tömítés elkészítésére több kísérletet is tettünk:

1. A tartály peremére egy szilikongyűrűt helyeztünk.
2. Pisztolyból kinyomott szilikonral peremeztük az eszközt, melyet annak megszilárdulása után helyeztünk nyomás alá.
3. Bicikligumi belsőből készítettünk tömítőgyűrűt.
4. Szilikon csíkot ragasztottunk a tartály peremére.
5. Keménygumi lemezből készítettünk tömítő alátétet.
6. Bevonatszigeteléssel láttuk el a próbatest peremét, majd annak viszonylagos megszilárdulását követően helyeztük rá a szerkezetet.
7. A tartály hegesztett peremezése, annak falvastagsága miatt, nem volt lehetséges a lemez deformációja nélkül.

A szelepen keresztül egy biciklipumpával nyomás alá helyezhetjük a szerkezetet, melyet a nyomásmérő segítségével precízen azonos nyomáson tudunk tartani.



Szorító keret kialakítása



Kísérlet sikertelensége: szilikon alatt kifolyik a víz

A kísérleti lépések a következők: a szigeteléssel ellátott próbatestet a segédkeretbe helyezzük, a féltartályt ráhelyezzük, majd a kettőt egymáshoz szorítjuk a keret segítségével. Ezt követően a megfelelő nyíláson keresztül bejuttatjuk a kellő vízmennyiséget, majd a pumpa segítségével elérjük a kívánt nyomást. Miután a kísérlet végbement a tartályt leemeljük és a próbatestet félbetörjük, dokumentáljuk a mérést.

A kísérleti eszköz egy félbe vágott tágulási tartály, a próbatesthez erősítve. Meg kellett oldani, hogy az eszközbe külön, szabályozhatóan lehessen a vízmennyiséget, a hidrosztatikai nyomás mértékét, illetve ezeket mérni lehessen.

Az eszköz számszerűsíthető adatai	
Táglási tartály átmérője	38 cm
Táglási tartály oldalfalának vastagsága	4 mm
A leszorító menetes szár átmérője	12 mm
A keret belső szélessége	50 cm

6.3. Próbatetek

Először meghatároztuk a próbatetek számát a beszerzett szigetelőanyagok száma alapján határoztuk meg: Preprufe, Sikaproof A, Voltex, Expertproof ECO, bitumenes vastaglemez, egy szigetetlen test és egy Voltex szigeteléssel ellátott próbatestet a kísérlet beállítására. A kísérlet során egy C 30/37-es betonreceptet vettünk alapul, a beton a kísérlet házi jellegéből adódóan egyszerű eszközökkel, tüzépen beszerezhető anyagokból készült.

Próbatetek számszerűsíthető adatai	
Próbatetek száma	7 db
Tervezett betonrecept	C30/37 VZ
Képlékenyítő	Sika Plastiment BV40
Adalékanyag	0/4 frakció
Kötőanyag	CEM III/B 42,5 N
Víz	csapvíz
Próbatest átmérője	45 cm
Műanyag cső külső átmérője	12 mm
Szigetelés átmérője	32 cm
Próbatest magassága	10 cm

A próbatetek házi körülmények között készültek. A házi kísérlet során a labor kísérlethez nagyobb méretű próbateteket készítettünk a vízszigetelés életszerűbb használata miatt. A próbatetek pontos méretét elsősorban a kísérleti eszköz átmérőjéhez igazítottuk (38 cm), a perem mentén megfelelő ráhagyással, így 45 cm átmérőjű testeket öntöttünk. Zsaluzatnak 10 cm magas (egyben a próbatest magassága) XPS táblákat választottunk, mivel így a zsaluzat irányában elhanyagolható a vízfelvétel. A szigetelések méretét 32 cm átmérővel határoztuk meg. Az átmérő meghatározásához a bevonatszigetelések foltszerű alkalmazásához készített DIN 18195 / 9-c szabványt vettük alapul. A szabvány vízzáró vasbetonra hajtás esetén 15 cm túlfuttatást ír elő. A lemezek közepén visszanyerhető zsaluzatként elhelyeztünk egy 12 mm átmérőjű műanyag csövet. A cső által hagyott lyuk azonnal jelzi, amint a víz a foltszerűen elhelyezett anyag közepét eléri. Így a víz spriccelése egyértelmű tönkremenetelt mutathat ki. Az elkészített zsalutáblákban elhelyeztük a szigetelőanyagokat, majd elkészítettük a kívánt betonkeveréket. A beton bedolgozása előtt elhelyeztük a műanyag bergman csöveket, melyeket a bedolgozás időtartama alatt a helyükön tartottunk. A beton alacsony víz/cement tényezője miatt a tömörítés fejtörést okozott. Vibrátor hiányában egy 5 cm átmérőjű fa bottal döngöltünk, majd a próbatest felszínét egyenesre húztuk le. A próbateteket 24 óra elteltével zsaluztuk ki, majd 14 napig hagytuk kötni a betont. A szabad szigetelő lemez szegélyek mentén a fennmaradó helyet beton töltötte fel, mely folt-szerű alkalmazás esetén életszerű jelenség lehet.



6.4. Mérési alapelvek

A kísérlet kísérletei és a vízzáró vasbeton szabványos vizsgálatát figyelembe véve a következő mérési alapelveket deklaráltuk:

1. A kísérlet időtartama próbatestenként 72 óra.
2. A kísérlet 3 Bar nyomáson történik, mely 30 méter vízszlop nyomást jelent.
3. A kísérletet 1 liter víz hozzáadásával végezzük.
4. A Voltex anyagát a kísérlet elvégzése előtt előnedvesítjük, majd második ütemben helyezük nyomás alá, így biztosítva a gélesedéshez szükséges időtartamot, feltételeket.
5. A vizet megszínezzük, hogy törés után karakteresebb legyen a vízfelvétel.

6.5. Dokumentáció, szemrevételezés

A tartály és a próbatest közötti tömítés elkészítése többszöri próbálkozás után sem sikerült, így a kísérlet során a tartály folyamatosan nyomást és vizet veszített. A kísérletet nem sikerült szakszerűen, időben elvégeznünk. A kipróbált tömítések maximum 0,8 Bar nyomásig tudtak ellenállni. A kísérleti eszköz mélyépítésben használt szorítóperemes kapcsolat kialakítását igényli, melynek elkészítését házi körülmények között nem tudtuk elvégezni.

A kísérlet egyszerűsítése érdekében úgy gondoltuk, hogy nem lesz szükség a szorítóperemes kapcsolat kialakítására. A kísérlet kísérletei alatt azonban beláttuk – sajnos túl későn –, hogy elkerülhetetlen a szorítóperemes kialakítás.

7. Labor vizsgálatok

A kísérlet megtervezése során felkerestük az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék oktatóit, Józsa Zsuzsanna tanárnő Dr. Nemes Rita tanárnőhöz irányított minket. A konzultáció során merült fel a tanszék laborjában végzett a beton vízzáróságát mérő minősítő eljárás (*MSZ EN 12390-8:2001 – A megszilárdult beton vizsgálata. 8. rész: A víz nyomás alatti behatolás mélysége szabvány*) felhasználásának lehetősége. A szabványosított kísérlet mérőeszköze felhasználható a 3-as számú mérőeszköz elkészítéséhez.

A vizsgálat négy részből állt:

- a) kísérlet megtervezése
- b) a kísérleti eszköz bemutatása
- c) próbatestek elkészítése
- d) mérések elvégzése

7.1. A kísérlet megtervezése

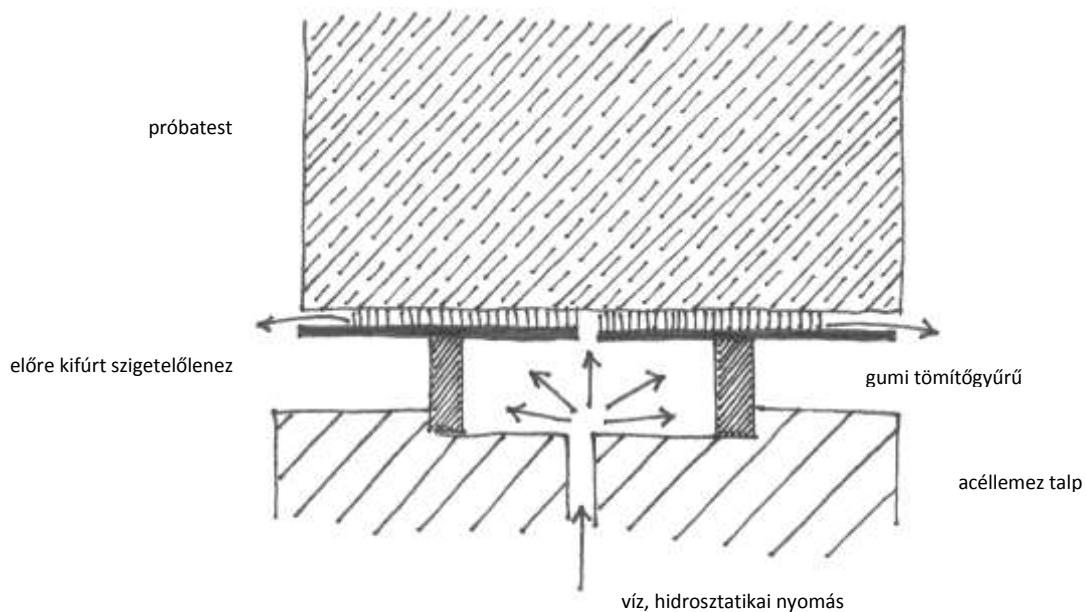
A kísérlet elvégzéséhez átalakítottuk a mérőeszközt, meghatároztuk a próbatestek számát, az alkalmazott betonminőségeket, szigetelőanyagokat, mérés helyszínét és lefektettük a mérési alapelveket.

Laborban végzett kísérletből adódóan lehetőségünk volt ellenőrzött körülmények között, precízen elkészített próbatesteket mérni. A kísérlet azon paramétereit, melyek vélhetően nem befolyásolják a laterális vízvándorlási ellenállás mértékét és jellegét, igyekeztünk a szabványosított méréshez igazítani.

7.2. A kísérleti eszköz bemutatása

A kísérlet az *MSZ EN 12390-8:2001* szabványos mérés során alkalmazott berendezést használja fel, de a kísérlet a 3-as számú mérőeszköz logikája alapján működik.

Az előzetesen megtervezett mérőeszköz alapján kísérleti eszköz egy zárt tömítő gyűrűvel peremezett burokból és a víz bejuttatását lehetővé tevő zárható nyílásból, egy kompresszorból és az eszköz és a próbatest mechanikai összenyomásához szükséges segédszerkezetből áll. Az eltervezett kísérlettel ellentétben a víz és a légnyomás nem közvetlenül jut a tömített burokba, hanem a berendezés először hálózati vízzel feltöltött tartályt. A tartályban lévő vizet kompresszor helyezí nyomás alá, majd egy szelep segítségével pontosan beállítható a kívánt hidrosztatikai nyomás. A nyomás egy csövön keresztül éri el az acéllemez talpat, melyre egy gumi tömítőgyűrű segítségével rászorítják a próbatestet.



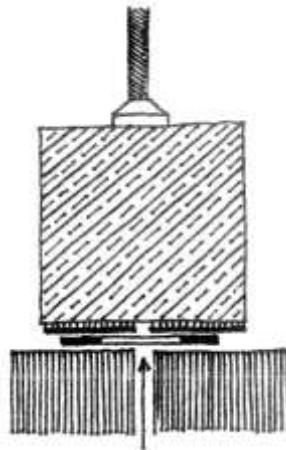
Az eredeti szabványosított kísérlet lényege, hogy legalább 28 napos korú beton próbatestet, 75 mm átmérőjű körfelületen 72 órán 5 bar állandó víznyomáson kell vizsgálni. Mivel a szerkezet nyomásmérő berendezéssel ellátott és nyomás szabályozó szeleppel ellátott, így szabadon szabályozható a próbatestre ható hidrosztatikai

A laborkísérlet, mint a 3-as számú mérőeszköz továbbfejlesztése

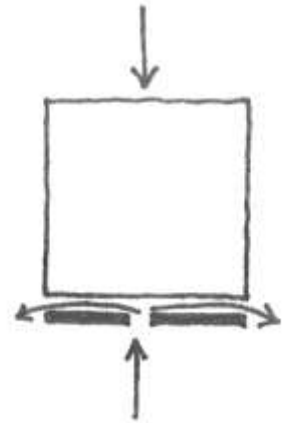
nyomás mértéke. Mivel korlátozott a szerkezet befogadó képessége (a próbatestek számában és méretében egyaránt), ezért egyszerre maximum 12 darab 150 mm élhosszúságú szabványos próbakockát tudunk mérni. A szabványos eljáráshoz hasonlóan a vizsgálat elvégzése után a próbatestet azonnal középvonala mentén eltörjük és dokumentáljuk az átnedvesedés mértékét és jellegét, hogy volt-e laterális vízvándorlás. A szabvány kísérlet átalakítása elsősorban a vizsgálati paraméterek változtatását, módosított próbatestek alkalmazását és az eltérő vizsgálati szempontokat jelenti.



A szabványkísérlet



A módosított szabványkísérlet



A kísérlet elvi működése

7.3. Próbatetek

A hivatalos szabványnak megfelelően 150 mm élhosszúságú kockákat alkalmaztunk a kísérlet során. A vizsgálatot sok konzultáció és egyeztetés előzte meg. Megállapodtunk abban, hogy két féle beton minőséggel fogjuk vizsgálni a szigeteléseket. Az egyik sorozat egy jobb minőségű – C30/37-es -, a másik egy gyengébb minőségű – C16/20-as – vízzáró betonnól készült. A kétféle betonhoz tartozó recept megírásában Dr. Nemes Rita tanárnő volt nagy segítségünkre. A betonhoz szükséges anyagokat és eszközöket a tanszék biztosította nekünk és a kockák öntését a laborban végeztük el.

A betonozást megelőző napon elkészítettük az MC Expertproof ECO szigetelést az alkalmazás technikai előírásoknak megfelelően.

A próbatetek zsaluzataként acél 150mm élhosszúságú, kocka formák szolgáltak. A szigetelőanyagokat a bitumenes lemezszigetelés kivételével 15X15 cm-es darabokra vágtuk fel, majd azokat a zsaluzatok alsó síkjára helyeztük. Az azonos betonminőségű próbateteket egy betonkeverésből öntöttük ki, először a C 16/20 majd a C30/37-es sorozatot. Szigetelőanyagoként 2-2 próbatest készült készült. Mindkét sorozatban 4 szigeteletlen kockát öntöttünk, 2-2-t az utólag készülő bitumenes szigetelések számára, 2-2 beton kockát pedig a 28 napos szilárdság vizsgálata céljából öntöttünk. Mivel 5 féle anyagunk volt: Voltex, Sikaproof A, Preprufe 800 PA, Bitumenes lemezszigetelés és MC Expertproof ECO, és minden anyagot mind a két minőségű betonnal 2 sorozatban vizsgáltuk, e mellett mindkét minőségből 2-2 szigetelés nélküli kockát öntöttünk, így összesen 24darab próbatestünk volt. A próbateteket 1 nap után kizsalasztuk.

A szabvány kísérletben használt 28 napos próbatetekkel ellentétben a mi betonkockáink 10 napon kerültek a vízzáróságot mérő berendezésbe. A legfontosabb módosítás, hogy a sima kockák helyett szigetelő anyaggal ellátott kockákat alkalmaztunk, melyeken a szigetelő anyagot a mérés megkezdése előtt kilyukasztottunk: az első mérési sorozatnál a lyukátmérő 5mm, a második sorozatnál 12 mm.

A bentonitos szigetelés és a gumi tömítőgyűrű közé egy 2 mm vastag kifűrt acéllemez került. Mivel az anyag csak két szerkezet közé szorított állapotban rendelkezik, az alkalmazás technika szerint, laterális vízvándorlási ellenállással, mert csak ekkor lép fel a víztömörségért felelős duzzadónyomás.



A zsaluzatban elhelyezett szigetelések



A szigetelések utólagos kilukasztása

7.4. Mérési alapelvek

- 1.A mérési alapelvek felállításához a kísérlet kísérletének részben a betonok vízzárását minősítő az *MSZ EN 12390-8:2001* szabványos mérést tekintettük.
- 2.Az anyagokat 28 napos koruk helyett 10 naposan vizsgáltuk, mert a kivitelezés során ez az életszerűbb szituáció.
- 3.A két sorozatot eltérő időtartam és eltérő mértékű hidrosztatikai nyomáson mérjük.
- 4.A mérés során szabványosított 150 mm élhosszúságú kocka próbatesteket alkalmazunk.
- 5.A próbatestet a vizsgálat azonnal elhasítjuk az *MSZ 4715-4* szabvány szerint.

7.4. Mérések

A szabványos mérési eljárás helyett (72 ± 2 óra, 5 bar ($0,5 \pm 0,05$ MPa)), két eltérő mérési sorozat készült. A két eltérő kísérlet a laterális vízvándorlási ellenállást, a nyomás mértékének és időtartamának függvényében méri.

Az első sorozat (24 óra, 5 Bar) rövid idő alatt, nagy hidrosztatikai nyomáson szerettük volna mindenképpen megindítani a víz vándorlását, esetleg a szerkezet tönkremenetele mellett.

A mérés során az MC Expert Proof eco esetében vizsgálat sikertelen lett. Mivel a hidrosztatikai nyomás nem a szigetelőanyag és a betonfelület síkját támadta. A víz a gumi tömítőgyűrű és felületi hordozó réteg között távozott.

A második sorozat (72 óra, 2-3-4 Bar) esetében három napon keresztül, naponta 1 Bar-ral emeltük hidrosztatikai nyomás mértékét. Az alacsonyabb értékeken való mérés életszerűbb szituációt szimulál (Móricz Zsigmond Körtér metróállomása 29 méter mélyen van a terepszinthez képest).

Az kísérlet lejárta után a próbatesteket középvonaluk mentén az MSZ 4715-4 szabványnak megfelelően félbetörtük. Dokumentáltuk a átnedvesedés mértékét, síkját a nedvesség által rajzolt görbe alakját. A második kísérleti sorozat mérése előtt az MC Expert Proof eco anyagra is felhelyeztük a bentonitos paplan mérése során alkalmazott fémlemez. S szigetelő anyag külső hordozó rétegének pereme és a fémlemez között szilikon tömítés készült. Az így elkészített próbatest mérése mér sikeres volt, mert a hidrosztatikai nyomás a próbatestet a szigetelő anyagon fúrt lyukon keresztül támadta.

Az első kísérlet során mért eredmények nem voltak összhangban az előfeltevésekkel, valószínűleg a kivájt lyuk mérete túl kicsi, mélysége pedig túl csekély volt bizonyos esetekben a szigetelés tönkretételéhez. Ezért a második sorozat esetében nagyobb méretű és mélyebb lyukat fúrtunk.



A laterális vízvándorlási ellenállás mérése laboratóriumi körülmények között

A 28 napos szilárdságú kockák eltörése után kiderült, hogy a C16/20 szilárdságú próbatestek valójában C20/25, a C 30/37-esek pedig C45/57-es szilárdságúak voltak.

8. Analízis

8.1. Mérési adatok, tapasztalatok összegzése

8.1.1. Szöveges leírás

Bár a szabványos kísérleti eszköz nem kifejezetten azt a vizsgálatot teszi lehetővé, amely a kutatás célja volt, csak ennek az eredményére tudunk támaszkodni. A házilagos körülmények között készült kísérleti eszközzel a gyakorlatban előforduló nyomásviszonyokat sajnos nem sikerült a próbatesteken elérni.

A visszatapadó szigetelések mindegyikéről megállapítható, hogy Magyarországon található normális ill. azt jóval meghaladó nyomásokban sem lép fel a laterális vízvándorlási ellenállás. A helyi sérülések kizárólag helyi nedvességbehatolást okoznak, a beton saját vízzáróságától függő mértékben.

A betonminőség nem befolyásolja az együttdolgozás mértékét, a vízvándorlási ellenállást, illetve a víz vándorlásának helyét.

A beton átnedvesedését elsősorban a betonminőség befolyásolja. Eltérő betonminőségek esetén nem azonos típusú görbék rajzolódnak ki, eltérő mélységgel.

A kísérlet során a visszatapadó szigetelések esetében valóban létrejött az együttdolgozás.

8.1.2. Grafikus dokumentálás

A víz behatolása a betonba különböző alakokban jelentkezett törés után. Ezek csoportosíthatóak lettek görbéjüknek megfelelően, melyeket piktogramokkal ábrázolhattunk. Mivel mértünk egy általános vízzáró betont is, így meg tudtuk vizsgálni a vízszigetelés hatását minden próbatesten.

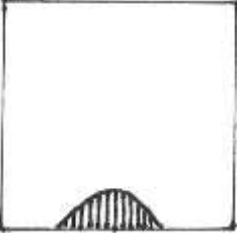
A kontrollként vizsgált nem visszatapadó (utólag felhordott) vízszigetelés esetén megjelenő oldalirányú vízvándorlás hatására a beton teljes felületén egyenletes behatolás történik

A betonminőség befolyásolja a behatolás görbét.



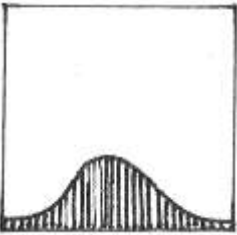
A szerkezetben nem jött létre laterális vízvándorlás.
A sérülés helyén nincs átnedvesedés a betonban.

Tipikusan a Sikaproof A és a Preprufe szigetelő anyagok esetében jelentkező ábra, C 30/37-es betonminőségek esetén.



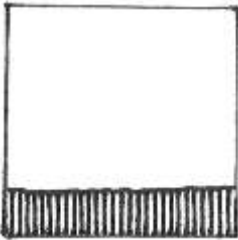
A szerkezetben nem jött létre laterális vízvándorlás.
A sérülés helyén szemmel látható mértékű az átnedvesedés a betonban.

Tipikusan az Expert Proof eco és Voltex szigetelések és C 30/37-es betonminőségek vagy a Sikaproof A és a Preprufe szigetelő anyagok és C 16/20 betonminőségek esetén jellemző ábra.



A szerkezetben nem csak a sérülés helyén jön létre szemmel látható átnedvesedés a betonban, hanem az a gumi tömítőgyűrű által határolt részt rajzolja ki.

Tipikusan a C 16/20-as betonnal kombinált Voltex anyagra és a szigetetlen beton próbatestekre jellemző.

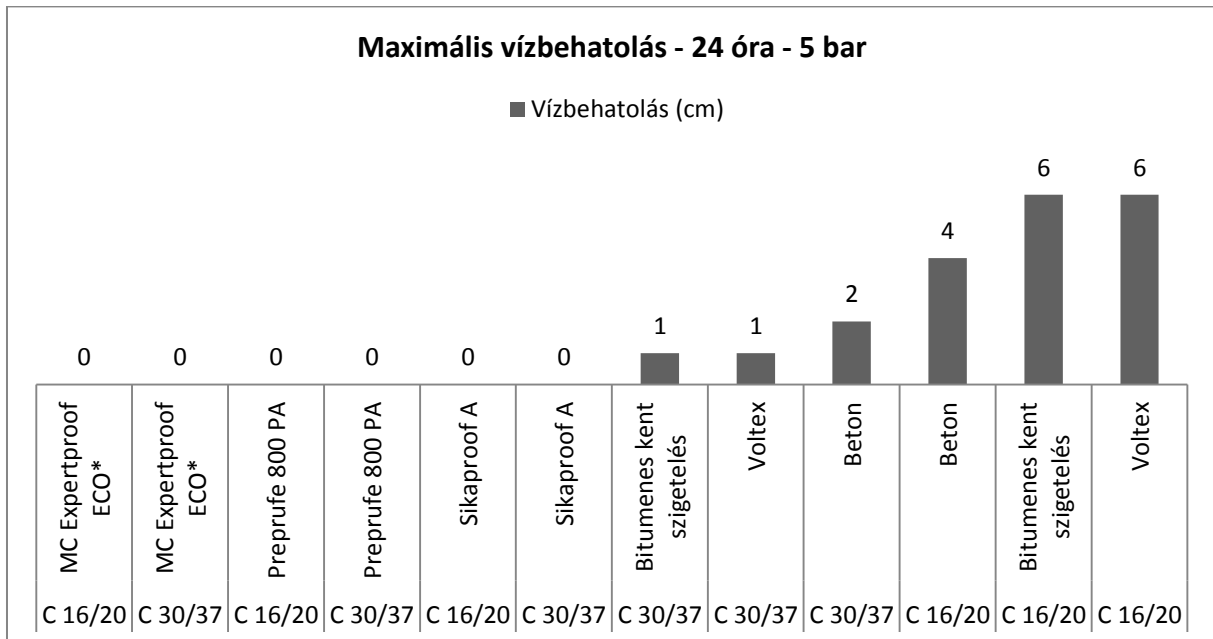


Összefüggő, teljes felület menti átnedvesedés. Egyértelműen kimutatható a laterális vízvándorlás jelensége.

Tipikusan a mechanikailag nem együttműködő bitumenes vastaglemezre jellemző.

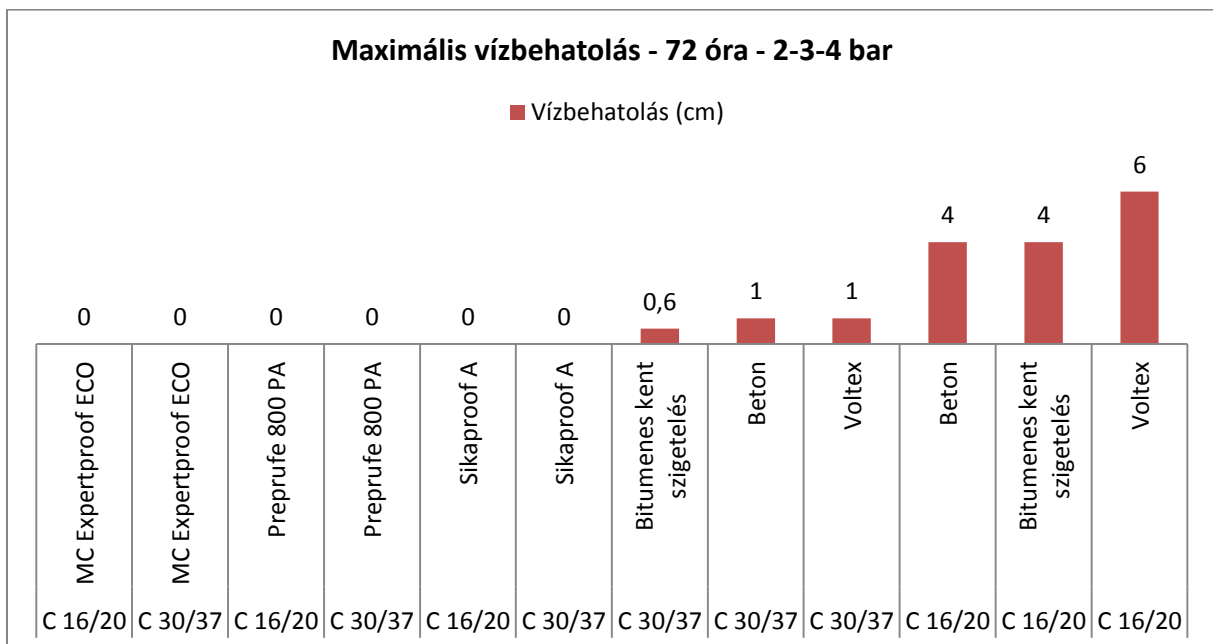
8.1.3. Számszerű

1. mérési sorozat



2. mérési sorozat

*a kísérlet sikertelen lett



A maximális vízbehatolásokból kiolvashatjuk a várt értékeket. Az látható, hogy a C16/20-as betonba amennyiben bejutott a víz, azonnal rosszabbul teljesítettek, mint a C30/37-es betontestek. Az is látható, hogy a Preprufe és a Sikaproof A vízszigeteléseknél még a C16/20-as próbatestekbe sem hatolt be víz. Ezzel kimondhatjuk, hogy ezen anyagok teljesítménye nem függ a beton minőségétől.

8.2.Értékelés, jelenségek értelmezése

Mivel extrém nyomásokon sem jött létre laterális vízvándorlás, így nem lehet levonni következtetéseket, hogy konkrétan mitől függ. A jövőbeni kutatások esetében el kell jutni odáig, hogy a szerkezetek működőképességük határait elérjék. Ebben az esetben kezdhünk el csak azon gondolkodni, hogy a jelenség elsősorban mely paraméterektől függ. Egyenletes nyomást kell elérnünk, pl ahol a szilikon gyűrű találkozik az anyaggal extrém nyomás esetén. A szerkezet tönkretétele érdekében el kell végezni a másik 2 kísérletet is. Továbbá meg kell említeni, hogy a tapadási tönkremenetelt nem vizsgáltuk, mert van rá adat és a dolgozat témájába nem illeszkedett tökéletesen.

A műanyag és bevonatszigetelések pontszerű sérüléseinél még 5 bar nyomás mellett sem volt tapasztalható a vízszigetelés és a beton közötti kötés sérelme. Ebből azt a következtetést vonjuk le, hogy a szabad lemezszéles mentén sem történik vízbehatolás a szigetelés és a beton közé. Ennek azért van nagy jelentősége, mert bár a gyártók a rendszerek szakaszos alkalmazását nem javasolják, ilyen minősítés még nem készült. Így belátható, hogy a szigetelések szakaszos alkalmazása lehetséges, és komoly gazdasági előnyökkel járhat. Amennyiben a gyártók jelen kutatási eredményeinket figyelembe kívánják/tudják venni.

Az Elastovil SBS bitumenes lemezzel nem valós szituációt mértünk, hiszen bár lángolvasztással helyeztük fel a betonkockára, a kellősítést nem végeztük el. Ezáltal túl kicsi mechanikai tapadást értünk el. Véleményünk szerint ezért nem jött létre ellenállás a vízzel szemben. A valóságban azonban a vízszigetelés és a védett szerkezet között semmilyen mechanikai kapcsolat nincs.

A törések esetén a Voltex, Elastovil bitumenes lemez és Expert Proof eco a betonnal törésével együtt szakadt el. A Sikaproof A és Preprufe műanyag lemezek egyben tartották a kettétört felet. Ez megmutatja mennyire erős lemezek és mekkora szerkezeti mozgástűrésük lehet.

Meg kell jegyeznünk, hogy a 28 napos törés után a betonkockákra sokkal jobb minőséget mértünk, mint amit készítettünk. C16/20 helyett C20/25-öt, C30/37 helyett pedig C45/55 szilárdságú betonkockákat kevertünk. Ez sajnos nem segítette kísérletünket, hiszen a C20/25-ös beton is már lehet vízzáró, a C45/55 pedig házi körülmények között kivitelezhetetlen.

8.3 Adatok összevetése az előfeltevésekkel

a) A beton minőség befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállást.

A betonminőség valóban befolyásolja a vízvándorlási ellenállást, de a beton vízzárósága még fontosabb.

b) A bentonit paplanszigetelés eredményei el fognak térni a többitől.

A Voltex bentonit paplanszigetelés valóban eltért a szerkezettel együttműködő vízszigetelésektől, azonban az átnedvesedés jellege hasonlított a teljesen felázott bitumenes szigeteléstől.

c) A szigetelésre felületére ható leszorító erő befolyásolja a szigetelés teljesítményét, a vízvándorlás mértékét.

A bitumenes vízszigetelés és a Voltex bentonit paplanszigetelés is felázott a gumigyűrű nyomásának ellenére, így a leszorító erő nem befolyásolja a szigetelés teljesítményét.

d) A nyomás típusa (koncentrált/megoszló) befolyásoló tényező.

Nem tudtuk megmérni pontosan, de úgy látjuk a kapott eredmények alapján, hogy ahol nincs vízvándorlás ott nem befolyásoló tényező.

e) A víz bejuttatásának módja a két anyag közé jelentősen nem befolyásolja a laterális vízvándorlási ellenállás mértékét: szabad lemezzél vagy pontszerű sérülés.

Nem tudunk szabad lemezzélt vizsgálni.

f) Amennyiben szabad lemezzél esetén nem lép fel vízvándorlás az feltételezi a szakaszos alkalmazás lehetőségét.

A pontszerű víznyomásból is tudunk következtetni arra, hogy az anyagok és a beton között nincs vízvándorlás.

g) A kísérletek különböző életszerű szituációkat szimulálnak.

A pontszerű terhelés pontszerű sérülést szimulál.

h) A vízvándorlás a szigetelőanyag és a beton között jön létre, nem pedig a betonban.

A Voltex eltérő működése miatt, a bitumenes lemez pedig a kellősítés hiánya miatt felvizesedett. A Preprufe, Sikaproof és Expert Proof eco szigetelésnél nincs vízvándorlás.

9. További kísérletek szükségessége

Kísérleteink során a laterális vízvándorlási ellenállást egy szempontrendszer és egy kísérlettel vizsgáltuk meg. Sok következtetést le tudunk vonni mind az előfeltevéseink értékeléséből, mind a kapott eredményekből. Házi kísérletünk sikertelensége és a több mérőeszköz alternatíva felsorolása miatt további kísérletek is szükségesek lehetnek. Ezeket pontokban felsoroltuk és javaslatokat tettünk a további pontosítások érdekében.

- a) Házi kísérlet továbbfejlesztése és vizsgálat elvégzése a már kész próbatesteken.
- b) A kísérlet elvégzése az ASTM D 5385 szabványos vizsgálaton és esetleges módosításán a laterális vízvándorlási ellenállás tekintetében.
- c) A beton minőségének csökkentése. Nem vízzáró betonnal való kísérletek.
- d) A gyártók és forgalmazók által javasolt betonréteg vastagságának minimalizálása, amivel a szerkezettel együttdolgozó vízszigetelések még visszatapadnak a betonszerkezethez.
- e) A sérülés mértéke a vízszigetelésen. Mennyire befolyásoló tényező a lyuk mérete.
- f) A szerkezet tönkrevése a többi mérőeszköz segítségével. Mitől függ a tönkrementel.
- g) A felületi nyomás egyenletes elosztása. A vízszigetelés és a betonszerkezet közti felületi nyomás vizsgálata.
- h) A bentonit mikor éri el a gélesedéssel vízvándorlási és vízzárósági ellenállását.

10. Összegzés

Kísérleteink és kutatásaink összegzéseként megállapítható, hogy az épületszerkezettan nem egy konstans tudományág. Az anyagok fejlődése és a problémák mélyebb megismerése a módszerek és megoldások differenciálódásához és nagyon gyors fejlődéséhez vezet.

Kísérletünk ezentúl rámutatott arra, hogy a szerkezethez visszatapadó szigetelések a mélyépítési szigeteléseknek egy speciális, ám kevésbé ismert csoportját jelentik, amelyek a gyakorlati alkalmazások egy részénél minden más alternatívát jóval felülmúló előnyökkel rendelkeznek. Vizsgálatunk és kutatásunk fel akarta hívni a figyelmet ezen anyagok egyszerűségére és kiválóságára, és nem rámutatni egy legjobb anyagra ebben a kis csoportban. A teljesítményelvű tervezés elvében egyedi problémák így is egyedi megoldásokat fognak jelenteni. Az anyagok költségeit bár nem tárgyaltuk hosszan, meg kell említeni, hogy a magas árak a segédanyagok elhagyásával és a fokozott biztonsággal van kompenzálva.

Ezen felül rámutattunk a laterális vízvándorlás jelenségének alulreprezentáltságára a tudományos szakirodalomban, holott a szakaszosan szigetelt vízzáró beton szerkezetek esetében döntő jelentőséggel bír.

Bibliográfia

Vízszigetelések szakirodalma

[1] Horváth Sándor és Vladár Péter, 2008, szerk. , TALAJNEDVESSÉG ÉS TALAJVÍZ ELLENI SZIGETELÉSEK tervezési és kivitelezési irányelvei, Épületszigetelők Tetőfedők és Bádogosok Magyarországi Szövetsége, 1. kiadás

Tudományos környezet

[2] Qinghua Zhou és Qinwu Xu, 2009, Experimental study of waterproof membranes on concrete deck: Interface adhesion under influences of critical factors, Materials and Design, <http://www.journals.elsevier.com/materials-and-design>

[3] Water Barriers to Withstand Shotcrete In Waterproof, 2010, nyár, 12-16. o.

Szabványok

ASTM D 903 – Standard Test Method for Peel of Stripping Strength of Adhesive Bonds

ASTM D 5295 – Standard Guide for Preparation of Concrete Surfaces for Adhered (Bonded) Membrane Waterproofing Systems

ASTM D 5385 – Standard Test Method for Hydrostatic Pressure Resistance of Waterproofing Membranes

[L] MSZ EN 1928:2000 - Hajlékony vízszigetelő lemezek. Bitumenes műanyag és gumilemezek tetők vízszigetelésére. A vízzáróság meghatározása

MSZ 93-12:1987 - Kelmék vizsgálati módszerei. Tépővizsgálat

MSZ EN 12390-8:2001 – A megszilárdult beton vizsgálata. 8. rész: A víz nyomás alatti behatolás mélysége

DIN 18195 / 9-c – Bauwerksabdichtungen

Képek hivatkozása

[A]: Reisch Richárd: Vízszigetelő lemezek alkalmazása mélyépítési műtárgyak védelméhez

SIKA Szakmai Nap – 2013

[B]: Reisch Richárd: Fokozott biztonságú megoldások a mélyépítési szigetelésekben

Építész Szakmai Napok -2014. szeptember 18.

[C]: <http://www.remodeling.hw.net/products/foundations-framing/concrete-seal-wr-grace-preprufe-plus>

[D]: Grace Preprufe magyarországi forgalmazójától kapott fotódokumentáció

[E]: SIKA Hungária Kft.-től előadása

Építményeink védelme 2012 konferencia- Ráckeve 2012.03.27-28.

[F]: <https://plus.google.com/+SikaGroup/posts/GK42LCYYcrT>

[G]: Voltex alkalmazástechnika - 2011

[H]: <http://epitesimegoldasok.hu/index.php?id=ongyogyulo-vizszigeteles-melyepitesi-feladatokra>

[I]: <http://hu.villas.at/>


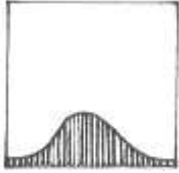
[J]: ASTM D 5385 szabvány



[K]: MSZ EN 1928:2000 szabvány

MSZ EN 1928:2000 szabvány


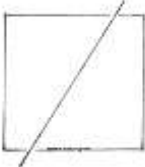
2. Függelék – Törésvizsgálat


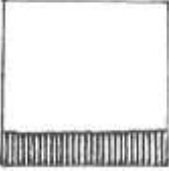
1. Sorozat: 5 bar víznyomás 24 órán keresztül, lyukátmérő: 5 mm


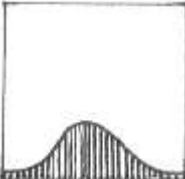
Anyag	Voltex	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	6 cm	
Megjegyzés	nincs vízvándorlás annak ellenére, hogy az átnedvesedés (behatolás) a betonban jelentős	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Preprufe 300 R	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Sikaproof A	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	MC Expertproof ECO	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	sikertelen	
Megjegyzés	mérés során a víz kifolyt, nem volt állandó víznyomás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Elastovill E-G 4 F/K Extra	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	6 cm	
Megjegyzés	összefüggő átnedvesedés	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Beton	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	4 cm	
Megjegyzés	-	
Átnedvesedés jellege		


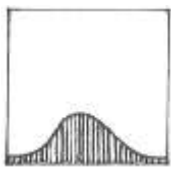
Anyag	Voltex	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	1 cm	
Megjegyzés	nincs vízvándorlás annak ellenére, hogy az átnedvesedés (behatolás) a betonban jelentős	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Preprufe 300R	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		


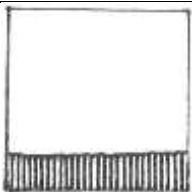
Anyag	Sikaproof A	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		


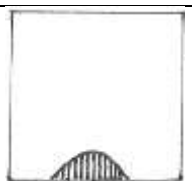
Anyag	MC Expertproof ECO	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	sikertelen	
Megjegyzés	mérés során a víz kifolyt, nem volt állandó víznyomás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Elastovill E-G 4 F/K Extra	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	1 cm	
Megjegyzés	megjelenik a laterális vízvándorlás, de a jobb betonminőség miatt a kár nem annyira jelentős	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Beton	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	2 cm	
Megjegyzés	-	
Átnedvesedés jellege		

2. sorozat: 24 óránkénti nyomásnövelés 2-3-4 bar, 72 óra, lyukátmérő: 15 mm



Anyag	Voltex	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	6 cm	
Megjegyzés	összefüggő átnedvesedés	
Átnedvesedés jellege		



Anyag	Preprufe 300R	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		



Anyag	Sikaproof A	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	MC Expertproof ECO	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		



Anyag	Elastovill E-G 4 F/K Extra	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	4 cm	
Megjegyzés	megjelenik a laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Beton	
Beton-minőség	C 16/20	
Átnedvesedés maximális mértéke	4 cm	
Megjegyzés	-	
Átnedvesedés jellege		



Anyag	Voltex	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	1 cm	
Megjegyzés	összefüggő átnedvesedés	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Preprufe 300R	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás, csak kis nedvesedés a porózus felületen	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Sikaproof A	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	nincs laterális vízvándorlás, csak kis nedvesedés a porózus felületen	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	MC Expertproof ECO	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	0 cm	
Megjegyzés	korrekció: a vízszigetelés alá egy fémlapot helyeztünk nincs laterális vízvándorlás	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Elastovill E-G 4 F/K Extra	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	0,6 cm	
Megjegyzés	megjelenik a laterális vízvándorlás, a beton felázott	
Átnedvesedés jellege		

Anyag	Beton	
Beton-minőség	C 30/37	
Átnedvesedés maximális mértéke	1 cm	
Megjegyzés	-	
Átnedvesedés jellege		

Beton nyomószilárdsági vizsgálata									
Sorszám	Jel	Próbatest kora	Méretek (mm)			Tömeg (kg)	Törőerő (KN)	Minőség	
			a	b	c				
1.	05 30/37	28	150	147,56	156,15	7,989	1534	C45/57	67 N/mm ²
2.	06 30/37	28	150,05	149,1	150,07	8,046	1477	C45/57	67 N/mm ²
3.	20 16/20	28	149,60	150,52	150,18	7,96	1050	C25/30	44 N/mm ²
4.	19 16/20	28	150,9	149,9	150,69	7,9	910	C25/30	44 N/mm ²

3. Függelék – Fotódokumentáció

Labor kísérlet

A kísérlet előkészítése



Az MC Expertproof ECO szigetelés elkészítése



Szigetelések méretre vágása



Betonozás



Szigetelések



A próbatetek elhelyezése a vízzáróságmérő berendezésben



A berendezés



A próbatetek



Próbatetek a víznyomás után



A próbakockák eltörése



Szilárdsági vizsgálathoz szükséges kockák



Az első sorozat C16/20-as kockái



Az első sorozat C30/35-ös kockái





A 2. sorozat C16/20-as kockái



A 2. sorozat C30/37-es kockái



Házi kísérlet

A kísérlet előkészítése



Beton házi keverése



Beton zsaluba öntése



Zsaluzatnak hőszigetelő táblákat alkalmaztunk





A kísérleti eszköz



A házi kísérletünket nem sikerült befejezni, mert a szilikon nem biztosított megfelelő tömítést, a víz kifolyt

4. számú Függelék

Labor kísérlet – betonrecept

C30/37 beton receptje							
							kg/32 liter
cement	CEM I 42,5 N	DDC	350	113	3,1	730	11,2
víz	v/c	0,43	151	151	1,0		4,8
adalékanyag	0/4	0,47	906	343	2,64		29,0
	4/8	0,25	482	183	2,64		15,4
	8/16	0,28	540	204	2,64		17,3
adalékszer	SIKA Vics. 5 neu	0,4	1,4	1	1,1		0,045
levegő	tervezett		-	5	-		
			2430	1000			

C16/20 beton receptje							
							kg/32 liter
cement	CEM I 42,5 N	DDC	240	77	3,1	781	7,7
víz	v/c	0,55	132	132	1,0		4,2
adalékanyag	0/4	0,47	969	367	2,64		31,0
	4/8	0,25	515	195	2,64		16,5
	8/16	0,28	577	219	2,64		18,5
adalékszer	SIKA Vics. 5 neu	0,4	0	0	1,1		0,000
levegő	tervezett		-	10	-		
			2433	1000			

Házi kísérlet – betonrecept

C30/37 beton receptje				
		tömeg (kg/m ³)	sűrűség (g/ml)	térfogat (l/m ³)
cement	CEM I 42,5 N	360	3	120
víz	v/c	162	1	162
adalékanyag	0/4	1869,12	2,64	708
	4/8			
	8/16			
levegő	tervezett	1%		10
				1000

Beton	1000 l/m ³	150 l/m ³	30 l/m ³	
cement	120	18	3,6	
víz	162	24,3	4,86	
adalékanyag	708	106,2	21,24	7,08
				7,08
				7,08

levegő	10	1,5	0,3
--------	----	-----	-----