

ASIAKASRAPORTTI

VTT-CR-01175-16|15.3.2016
KORVAA TUTKIMUSRAPORTIN NUMERO VTT-R-01277-14

Betonin korjausaineiden SILKO- koeohjelma 2016

Kirjoittajat: Liisa Salparanta

Luottamuksellisuus: Julkinen



Raportin nimi		
Betonin korjausaineiden SILKO-koeohjelma 2016		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot		Asiakkaan viite
Liikennevirasto, Ossi Räsänen, Taitorakenneyksikkö, PL 33, 00521 Helsinki		Livi/773/02.01.12/2016
Projektin nimi		Projektin numero/lyhytnimi
Taitorakenneohjeet		109812/Taito 2016
Tiivistelmä		
<p>Tämä koeohjelma on päivitetty versio, joka korvaa koeohjelman, jonka raporttinumero on VTT-R-01277-14. Vedenalaisten rakenteiden korjauksiin tarkoitetut aineet on lisätty koeohjelmaan. Ohjeet koskevat vedenpäällisiin ja vedenalaisiin korjauksiin tarkoitettuja kuivatuotebetoneita, paikkauslaasteja ja -massoja, juotoslaasteja ja -massoja, tasoitteita, kuivatuoteruiskubetoneita sekä ejektorilaasteja.</p> <p>Näitä koeohjeita käytetään tutkittaessa soveltuuko betonirakenteiden korjausaine tilaajan (rakennuttajan) taitorakenteiden betonirakenteiden korjauksiin. Soveltuvat tuotteet julkaistaan SILKO-ohjeistossa, joka on saatavissa internet-sivuilta osoitteesta www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/ohjeluettelo.</p> <p>Betonin korjausaineet ryhmitellään käyttötarkoituksen ja sideaineen perusteella. Tässä ohjeessa sementtiä sisältäviä aineita kutsutaan laasteiksi, jos kiviaineksen raekoko on korkeintaan 4 mm ja betoneiksi, jos raekoko on suurempi kuin 4 mm. Jos sideaine on pelkästään orgaanista, ainetta kutsutaan massaksi.</p> <p>Osa SILKO-kokeista on pakollisia ja osa vapaaehtoisia. Pakollisten kokeiden tulosten perusteella tilaaja toteaa aineiden soveltuvuudesta tilaajan hankkeisiin. Vapaaehtoisin kokein tuotteella voidaan osoittaa olevan jotakin tilaajan erityiskohteisiin soveltuvia ominaisuuksia.</p> <p>Korjausaineen tulee olla CE-merkitty, sillä tulee olla standardin SFS-EN 1504-3 mukainen suoritustasoilmoitus ja sen suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamisjärjestelmän (AVCP-luokka) tulee olla 2+.</p>		
Espoo 15.3.2016		
Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
		
Liisa Salparanta Erikoistutkija	Hannele Kuosa Tutkija	Eila Lehmus Tutkimusalueen päällikkö
VTT:n yhteystiedot		
VTT Oy, PL 1000, 02044 VTT, puh. 02 722 111 (vaihe) sähköposti: etunimi.sukunimi@vtt.fi		
Jakelu (asiakkaat ja VTT)		
Tilaaja, VTT		
<p>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</p>		

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
1. Johdanto.....	3
2. Tuoteryhmien koeohjelmat.....	3
3. Laastien ja tasoitteiden vedenerottuminen	7
3.1 Periaate	7
3.2 Koemenettely.....	7
3.3 Koetulokset.....	7
4. Väri- ja tummuusmäärittäminen	7
4.1 Periaate	7
4.2 Koemenettely.....	7
4.3 Koetulokset.....	7
5. Huuhtoutuvuus.....	8
5.1 Juotoslaastit ja –massat /1/.....	8
5.1.1 Periaate	8
5.1.2 Koemenettely.....	8
5.1.3 Koetulokset.....	8
5.2 Kuivatuotebetonit	9
5.2.1 Periaate	9
5.2.2 Koemenettely.....	9
5.2.3 Koetulokset.....	9
5.3 Kuivatuoteruiskubetonit ja ejektorilaastit	9
5.3.1 Periaate	9
5.3.2 Koemenettely.....	10
5.3.3 Koetulokset.....	10
6. Lähdeviitteet	10

1. Johdanto

Näitä koeohjeita käytetään tutkittaessa soveltuuko betonirakenteiden korjausaine tilaajan (rakennuttajan) taitorakenteiden betonirakenteiden korjauksiin. Korjausaineen tulee olla CE-merkitty, sillä tulee olla standardin SFS-EN 1504-3 mukainen suoritustasoilmoitus ja sen suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamisjärjestelmän (AVCP-luokka) tulee olla 2+. Ohjeet koskevat vedenpäällisiin ja vedenalaisiin korjauksiin tarkoitettuja kuivatuotebetoneita, paikkauslaasteja ja -massoja, juotoslaasteja ja -massoja, tasoitteita, kuivatuoteruiskubetoneita sekä ejektorilaasteja. Koeohjelma on laadittu vastaamaan mahdollisimman hyvin Suomen taitorakenteilla vallitsevia olosuhteita käyttäen koemenetelminä mahdollisimman paljon eurooppalaisia standardeja. Koetulosten perusteella tilaaja toteaa aineiden soveltuvuudesta tilaajan hankkeisiin. Soveltuvat tuotteet julkaistaan SILKO-ohjeistossa. SILKO-ohjeet ovat vapaasti saatavissa internet-sivuilta osoitteesta www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/ohjeluettelo.

SILKO-kokeiden koekappaleet valmistaa tuotteen edustaja testauslaboratorion edustajan valvonnassa. Kokeet tuoreella massalla tekee testauslaboratorion edustaja aineen edustajan läsnäollessa. Edellä mainitusta menettelystä poikkeava menettely kirjataan koetulosraporttiin.

2. Tuoteryhmien koeohjelmat

Betonin korjausaineet jaetaan ryhmiin käyttötarkoituksensa ja sideaineensa perusteella. Tässä ohjeessa sementtiä sisältäviä aineita kutsutaan laasteiksi, jos kiviaineksen raekoko on korkeintaan 4 mm ja betoneiksi, jos raekoko on suurempi kuin 4 mm. Jos sideaine on pelkästään orgaanista, ainetta kutsutaan massaksi.

Osa SILKO-kokeista on pakollisia ja osa vapaaehtoisia. Pakolliset kokeet tilaaja edellyttää tehtäväksi kaikilla aineilla, joiden soveltuvuus tilaajan hankkeisiin halutaan selvittää. Vapaaehtoisin kokein tuotteella voidaan osoittaa olevan jokin oleellinen erityiskohteeseen soveltuva ominaisuus. Taulukossa 1 esitetään ominaisuudet, jotka kuhunkin aineryhmään kuuluvasta aineesta on määritettävä sekä viittaus koemenetelmään, jolla ominaisuus tutkitaan.

Muut kuin eurooppalaisen standardoinnin mukaiset koemenetelmät kuvataan tämän ohjeen luvuissa 3, 4 ja 5.

Taulukko 1. Kokeet aineryhmittäin. P = Koe on pakollinen. V = Koe on vapaaehtoinen.

Ominaisuus	Koe	Kuivatuote- betonit	Kuivatuote- ruiskubetonit, ejektorilaasit	Paikkaus- laasit	Paikkaus- massat	Juotos- laasit	Juotos- massat	Tasoi- teet	Kriteeri
Komponentit									
Kloridipitoisuus	SFS-EN 1015-17	P	P	P	P	P	P	P	≤ 0,05 %
Massa									
Notkeus	SFS-EN 13395-1 10/ 30 min (tiksoitrooppiset aineet) tai SFS-EN 13395-2 5/ 15/ 30/ 60 min SFS-EN 13395-3	P		P	P	P	P	P	Ei kriteeriä Ei luokitusta Numeerinen tulos SILKOon
Ilmamäärä, 5/ 30 min	SFS-EN 12350-7 SFS-EN 1015-7	P		P		P		P ¹⁾	- " -
Tiheys, 5/ 30 min	SFS-EN 12350-6 SFS-EN 1015-6	P		P		P		P	- " -
Vedenerottuminen	SFS-EN 480-4 Muunnettu SFS-EN 480-4 (Kohta 3)	P		P		P		P	- " -
Tärytsraja (Sitoutumisaika)	SFS-EN 13294 Alku/ Loppu	P		P					- " -
Lämpötila, 5 min	Kalibroitu lämpömittari BS 8443:2005	P		P	P ³⁾	P		P	- " -
Huuhoutuvuus	Suppilo-koe SILKO-testi (kohta 5.1) SILKO-testi (kohdat 5.2 ja 5.3)	P ³⁾	P ³⁾			P ³⁾	P ³⁾		< 15 % Astiaan jäämättömän ainemäärän osuus alkuperäisestä ainemäärästä ≤ 2 tilavuus-% Vesi ei saa sementua
Kovettunut aine									
Puristuslujuus 7/ 28/ (91) vrk 7 ja 28 vrk ovat pakolliset	SFS-EN 12190 SFS-EN 12390-3	P		P	P	P	P	P	28 vrk ≥10 MPa Ei luokitusta Numeerinen tulos SILKOon
Tiheys 7/ 28 vrk	SFS-EN 12390-7 SFS-EN 12190	P	P	P				P	Ei kriteeriä Ei luokitusta Numeerinen tulos SILKOon

Jatkuu

Taulukko 1. Jatkoa.

Ominaisuus	Koe	Kuivaute- betonit	Kuivaute- ruiskubetonit, ejektorilaasit	Paikkaus- laasit	Paikkaus- massat	Juotos- laasit	Juotos- massat	Tasoi- teet	Kriteeri
Karbonatisoi- minen	SFS-EN 13295	P	P	P		V			+ ≤ 10 mm ++ ≤ 5 mm +++ ≤ 2 mm
Pakkas- suolakestävyys ja pakkas- suolarasituksen vaikutus tartuntaan	SFS-EN 13687-1 Vedenalaisiin korjauksiin tar- koitetut aineet levitetään mä- rälle aluslaatalle ja kyseisiä aineita testattaessa standar- dista poiketaan seuraavasti: • Aine levitetään aluslaatalle välittömästi, kun laatta on poistettu vedestä. • Koekappale laitetaan veteen välittömästi aineen levityksen jälkeen ja säilytetään vedes- sä jäädytys-sulatuskierros- ten alkuun asti SFS-EN 1542	P ²⁾	P ²⁾	P ²⁾	P ²⁾	P ²⁾	P ²⁾	P ²⁾	50 pakkas-suolakierroksen jälkeen a) +++ Ei halkeilua eikä laminoitumista b) tartuntalujuus + ≥ 0,8 MPa Koheesiomurros ≥ 0,5 MPa ++ ≥ 1,5 MPa +++ ≥ 2 MPa Kokonaistulos = keskiarvo (a+b)
Tartuntalujuus ja Valumistaipumus	SFS-EN 1542 Vedenalaisiin korjauksiin tar- koitetut aineet levitetään mä- rälle aluslaatalle ja kyseisiä aineita testattaessa standar- dista poiketaan seuraavasti: • Aine levitetään aluslaatalle välittömästi, kun laatta on poistettu vedestä. • Koekappale laitetaan veteen välittömästi aineen levityksen jälkeen ja säilytetään vedes- sä tartuntavetokokeeseen asti	P	P	P	P	P	P	P	+ ≥ 0,8 MPa Koheesiomurros ≥ 0,5 MPa ++ ≥ 1,5 MPa +++ ≥ 2 MPa

Jatkuu

Taulukko 1. Jatkoa.

Ominaisuus	Koe	Kuivatuote-- betonit	Kuivatuote- ruiskubetonit, ejektorilaastit	Paikkaus- laastit	Paikkaus- massat	Juotos- laastit	Juotos- massat	Tasoi- teet	Kriteeri
Estetty paisuma veden alla	SFS-EN 12617-4 Märkä aluslaatta, Poikkeukset standardista: • Aine levitetään aluslaatalle välittömästi, kun laatta on poistettu vedestä. • Koekappale laitetaan veteen välittömästi aineen levityksen jälkeen SFS-EN 1542	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	Kokeen jälkeen a) +++ Ei halkeilua eikä laminoitumista b) Tartuntalujuus: + ≥ 0,8 MPa Koheesiomurrossa ≥ 0,5 MPa ++ ≥ 1,5 MPa +++ ≥ 2 MPa Kokonaistulos= keskiarvo (a+b)
Kulutuskkestävyys (vedenpäälliset osat)	SFS-EN 12697-16-A	V ⁴⁾				V ⁴⁾	V ⁴⁾		+ ≤ 38 cm3 ++ ≤ 30 cm3 +++ ≤ 22 cm3 Kulutukset noudattavat aina kulloistenkin asfalttiorimien kulutusluokkia
Kulutuskkestävyys (vedenalaiset osat)	ASTMC1138M – 05 (Reapproved 2010)	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	P ³⁾	+ 3,0---6,0 tilavuus-%/ 48 h ++ 1,5...3,0 tilavuus-%/ 48 h +++ ≤ 1,5 tilavuus-%/48 h
Väri ja tummuus	Värimittaus (Kohta 4.1) tai Siimämääräinen arvio	V ⁵⁾	V ⁵⁾	V ⁵⁾	V ⁵⁾	V ⁵⁾	V ⁵⁾	V ⁵⁾	Ei kriteeriä Ei luokitusta Tulos tai sanallinen kuvaus SILKOon
Kloridien tunkeutuminen	SFS-EN 13396	V	V	V	V	V	V	V	-
Soveltuvuus alapinnalle	SFS-EN 13395-4 (Vertailubetonin MC (0,40))	V ⁴⁾	V ⁴⁾	V ⁴⁾	V ⁴⁾	V ⁴⁾	V ⁴⁾	V ⁴⁾	+ ≥ 0,8 MPa Koheesiomurrossa ≥ 0,5 MPa ++ ≥ 1,5 MPa +++ ≥ 2 MPa

¹⁾ Pakollinen, mikäli kokeen voi tehdä

²⁾ Koe on pakollinen myös vedenalaisiin korjauksiin tarkoitetulle aineelle, jos ainetta käytetään rakenteen osissa, jotka altistuvat pakkasrasitukselle

³⁾ Pakollinen vedenalaisiin korjauksiin tarkoitetuille aineille

⁴⁾ Vapaaehtoinen vedenpäällisiin rakenteiden osiin tarkoitetuille aineille

⁵⁾ Vapaaehtoinen, kun ainetta käytetään näkyvässä olevien rakenteen osien korjauksiin

3. Laastien ja tasoitteiden vedenerottuminen

3.1 Periaate

Kokeen on periaatteeltaan sama kuin EN 480-4:n mukainen betonin vedenerottumiskoe, mutta mitta-astian koko ja muoto poikkeavat EN 180-4:stä.

3.2 Koemenettely

Tunnetun painoisen pystysuoran mitta-astian pohjan pinta-alan tulee olla 300 - 40000 mm². Astia täytetään tutkittavalla aineella vähintään 100 mm:n korkeudelle ja tiivistetään aineen vaatimalla tavalla. Aineen sisältävä astia punnitaan. Astia suljetaan tiiviisti veden haihtumisen estämiseksi. Astia asetetaan rauhalliseen, värinättömään paikkaan. 2 h:n kuluttua aineen pinnalle erottunut vesikerros kerätään talteen imemällä varovasti pipetillä tai vastaavalla tai kallistamalla astiaa varovasti.

3.3 Koetulokset

Koetuloksena ilmoitetaan aineesta erottuneen vesimäärän osuus painoprosenteina alkuperäisestä aineen kokonaisvesimäärästä.

4. Väri- ja tummuusmäärittäminen

4.1 Periaate

Valu- ja muottipinnasta mitataan tummuus CIELAB-värijärjestelmään perustuvalla värimittarilla. Värisävy arvioidaan silmämääräisesti ja kuvataan sanallisesti.

4.2 Koemenettely

Kovettuneen ja vähintään yhden viikon ajan korkeintaan RH 65 ± 5 %:n suhteellisessa kosteudessa +20 ± 2 °C:n lämpötilassa säilytetyn koekappaleen muotti- ja valupinnan väri mitataan vähintään kahdelta halkaisijaltaan vähintään 50 mm:n kokoiselta alueelta siten, että alueet eivät osu osittainkaan päällekkäin. Värimittarin valolähde on CIE-standardivalaisin D₆₅. Värimittari lähettää hajavaloa ja mittaa kohtisuoraan pinnasta heijastuvaa valoa.

Värisävyyn silmämääräinen arvio tehdään päivänvalossa tai teholtaan 2 x 58 W:n värintarkkailulampun, joiden värintoistoindeksi on 98, jotka sijaitsevat n. 0,5 m:n etäisyydellä tarkasteltavasta pinnasta, valaistuksessa.

Koekappaleet valokuvataan.

4.3 Koetulokset

Koetuloksena ilmoitetaan valu- ja muottipinnan tummuus CIELAB-värijärjestelmän mukaisena vaaleusasteena, jossa 0 = on täysin musta ja 100 = täysin valkoinen sekä pintojen väriarvio ja koekappaleista otettu valokuva.

5. Huuhtoutuvuus

5.1 Juotoslaastit ja –massat /1/

5.1.1 Periaate

Mitataan suppilon läpi vesitäytteiseen astiaan valutetun astiaan jäävän ainemäärän osuus alkuperäisestä ainemäärästä.

5.1.2 Koemenettely

500 ml tutkittavaa ainetta kaadetaan suppiloon suppilon ulostuloaukon ollessa suljettuna. Ulostuloaukko avataan ja aine lasketaan alapuoliseen 500 ml:n kokoiseen vesitäytteiseen astiaan. Astiaan jäävän aineen määrä mitataan.

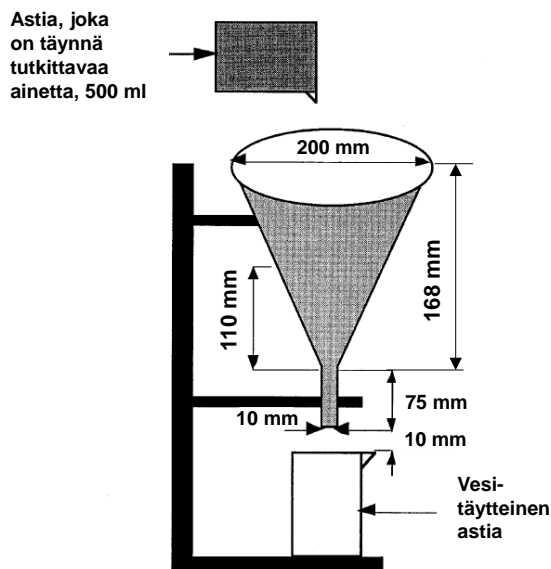
Huuhtoutuvuus on astiaan jäämättömän laastimäärän prosentuaalinen osuus alkuperäisestä laastimäärästä (500 ml).

$$\text{Huuhtoutuvuus} = 100 (V_{\text{tot}} - V_n) / V_{\text{tot}} \quad (\%)$$

kun $V_{\text{tot}} = 500 \text{ ml}$ ja

$V_n =$ alapuolisessa astiassa oleva laastimäärä (ml) kokeen jälkeen.

Koejärjestely esitetään kuvassa 1.



Kuva 1. Suppilokokeen koejärjestely.

5.1.3 Koetulokset

Tuloksena ilmoitetaan astiaan jäämättömän laastimäärän prosentuaalinen osuus alkuperäisestä laastimäärästä kolmen koetuloksen keskiarvona.

5.2 Kuivatuotebetonit

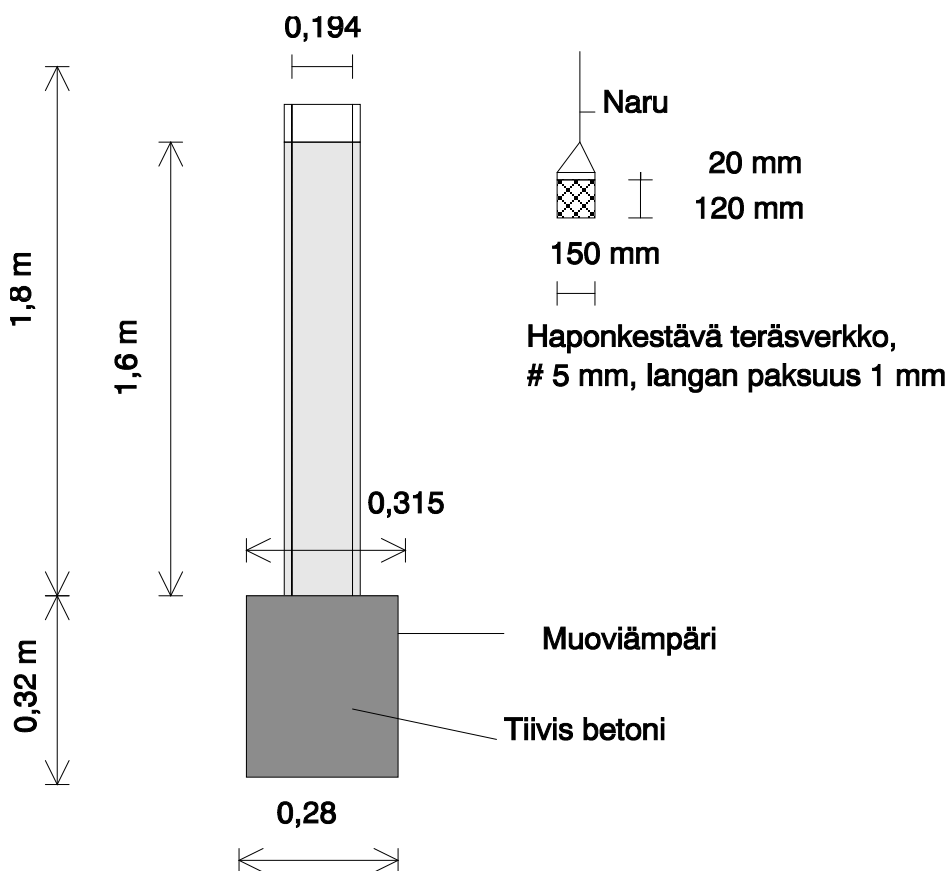
5.2.1 Periaate

Mitataan metallikorissa olevan tuoreen aineen painonmenetyks, kun korja pudotetaan vesipatsaan läpi.

5.2.2 Koemenettely

Tuoreen aineen huuhtoutumistaipumus vedenalaisessa valussa testataan kokeella, jossa teräsverkkokori täytetään aineella 3 minuutin kuluessa sekoituksen päättymisestä ja pudotetaan 140 cm syvyisen vesikerroksen läpi. Tämä toistetaan viisi kertaa. Kokeen lopuksi määritetään aineen painohäviö. Koe toistetaan kolme kertaa.

Koejärjestely on esitetään kuvassa 2.



Kuva 2. Koejärjestely kuivatuotebetonin, paikkauslaastin ja -massan sekä juotoslaastin ja -massan huuhtoutumisen testaamiseksi.

5.2.3 Koetulokset

Tuloksena ilmoitetaan prosentuaalinen painohäviö kolmen koetuloksen keskiarvona.

5.3 Kuivatuoteruiskubetonit ja ejektorilaastit

5.3.1 Periaate

Tarkastellaan silmämääräisesti ruiskubetonin- tai ejektorilaastimassasta irtoavaa ainemäärää, kun ruiskutus tai ejektointi tehdään vesipatsaan läpi.

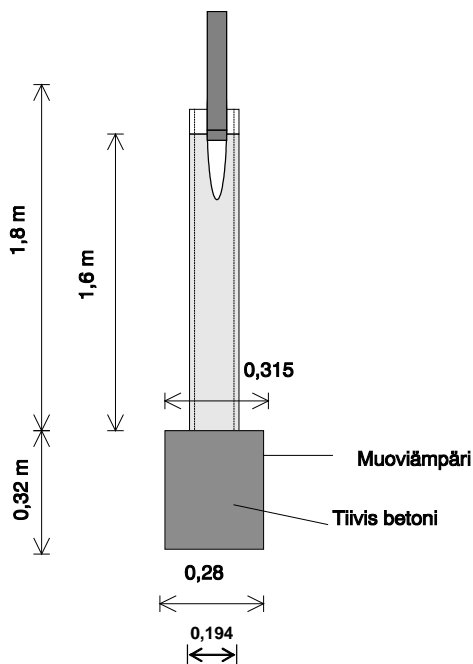
5.3.2 Koemenettely

Tuoreen aineen huuhtoutumistaipumus vedenalaisessa ruiskutuksessa tai ejektioinnissa testataan ruiskuttamalla tai ejektoimalla 2 litraa betonia tai laastia kohtisuoraan alaspäin 140 cm syvyisen vesikerroksen läpi. Koe valokuvataan.

Koejärjestely esitetään kuvassa 3.

5.3.3 Koetulokset

Tuloksena ilmoitetaan huuhtoutuvuuden silmämääräinen arvio ja esitetään valokuva kokeen suorituksesta.



Kuva 3. Koejärjestely ruiskubetonin ja ejektorilaastin huuhtoutumisen testaamiseksi.

6. Lähdeviitteet

1. Khayat, K. H. and Yahia, A. 1998. Simple field tests to characterize fluidity and washout resistance of structural cement grout, Cement Concrete & Aggregate, Vol. 20, N:o 1, s. 145 - 156.