

VTT Technical Research Centre of Finland

Betonin halkeamien injektointi-aineiden, imeytysaineiden ja sulkuaineiden SILKO-koeohjelma 2020

Sjöblom, Ville

Published: 22/10/2020

Document Version
Publisher's final version

[Link to publication](#)

Please cite the original version:

Sjöblom, V. (2020). *Betonin halkeamien injektointi-aineiden, imeytysaineiden ja sulkuaineiden SILKO-koeohjelma 2020*. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Asiakasraportti No. VTT-CR-01208-20



VTT
<http://www.vtt.fi>
P.O. box 1000FI-02044 VTT
Finland

By using VTT's Research Information Portal you are bound by the following Terms & Conditions.










I have read and I understand the following statement:

This document is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of this document is not permitted, except duplication for research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered for sale.

Betonin halkeamien injektointi- aineiden, imeytysaineiden ja sulkuaineiden SILKO-koeohjelma 2020

Kirjoittajat: Ville Sjöblom

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Betonin halkeamien injektointiaineiden, imeytysaineiden ja sulkuaineiden SILKO-koeohjelma 2020				
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Liikennevirasto, Ossi Räsänen, Taitorakenneyksikkö, PL 33, 00521 Helsinki	Asiakkaan viite Livi/773/02.01.12/2016			
Projektin nimi Taito 2020	Projektin numero/lyhytnimi 127294/TAITO2020			
Tiivistelmä <p>Tämä koeohjelma on päivitetty versio, joka korvaa koeohjelman, jonka raporttinumero on VTT-CR-01205-16.</p> <p>Näitä SILKO-koeohjelman ohjeita käytetään tutkittaessa soveltuuko betonin halkeamien injektointiaine, imeytysaine tai sulkuaine tilaajan (rakennuttajan) taitorakenteiden betonirakenteiden korjauksiin. Soveltuvat tuotteet julkaistaan SILKO-ohjeistossa, jotka ovat saatavissa internet-sivuilta osoitteesta www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/ohjeluetelo.</p> <p>Injektointiaineiden koeohjelma on eurooppalaisen standardin EN 1504-5 (2004) mukainen. Lisäksi arvioidaan injektointiaineen väri. 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>Injektointiaineen tulee olla CE-merkitty, sillä tulee olla standardin SFS-EN 1504-5 mukainen suoritustasoilmoitus ja sen suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamisjärjestelmän (AVCP-luokka) tulee olla 2+.</p> <p>EN 1504-5 ei koske imeytys- eikä sulkuaineita, joiden koeohjelmat esitetään tässä kokonaan.</p>				
Espoo 22.10.2020 <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> Laatija  Ville Sjöblom tutkija </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> Tarkastaja  Tapio Vehmas Erikoistutkija </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> Hyväksyjä  Edgar Bohner Tutkimustiimin päällikkö </td> </tr> </table>		Laatija  Ville Sjöblom tutkija	Tarkastaja  Tapio Vehmas Erikoistutkija	Hyväksyjä  Edgar Bohner Tutkimustiimin päällikkö
Laatija  Ville Sjöblom tutkija	Tarkastaja  Tapio Vehmas Erikoistutkija	Hyväksyjä  Edgar Bohner Tutkimustiimin päällikkö		
VTT:n yhteystiedot VTT Oy, PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111 (vaihe), fax 020 722 7001				
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Tilaaja VTT Kirjaamo				
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>				

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
1. Johdanto.....	3
2. Injektointiaineet.....	3
3. Imeytysaineet.....	8
4. Sulkuaineet.....	9
5. Väri ja vaikutus betonin ulkonäköön.....	10
6. Tunkeuma.....	11
6.1 Periaate.....	11
6.2 Koekappaleet ja niiden esikäsittely	11
6.3 Koemenettely.....	11
6.4 Koetulokset.....	11
7. Levitettävyyys.....	11
8. Poistettavuus	12
8.1 Periaate.....	12
8.2 Koekappaleet ja niiden esikäsittely	12
8.3 Koemenettely.....	12
8.4 Koetulokset.....	12
9. Kovettuminen dynaamisen kuormituksen alaisena.....	12
9.1 Periaate.....	12
9.2 Koekappaleet ja niiden esikäsittely	12
9.3 Koemenettely.....	13
9.4 Koetulokset.....	13
Lähdeviitteet.....	13

1. Johdanto

Näitä SILKO-koeohjelman ohjeita käytetään betonin halkeamien injektointiaineiden, imeytysaineiden ja sulkuaineiden tutkimiseen. Aineita, jotka täyttävät näiden ohjeiden mukaisten kokeiden tulosten perusteella tilaajan vaatimukset, voidaan käyttää tilaajan taitorakenteiden korjaushankkeissa. Edellä mainitut tuotteet julkaistaan SILKO-ohjeissa. SILKO-ohjeet ovat vapaasti saatavissa internet-sivuilla osoitteesta www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/ohjeluetelo.

Koeohjelma on eurooppalaisen standardin EN 1504-5 (2004) mukainen. Lisäksi arvioidaan injektointiaineen väri. 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

Injektointiaineen tulee olla CE-merkitty, sillä tulee olla standardin SFS-EN 1504-5 mukainen suoritustasoilmoitus ja sen suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamisjärjestelmän (AVCP-luokka) tulee olla 2+. EN 1504-5 ei koske imeytys- eikä sulkuaineita. Tässä julkaisussa esitetään imeytys- ja sulkuaineiden koeohjelmat kokonaisuudessaan.

Muut kuin standardien mukaiset koemenetelmät kuvataan tämän ohjeen luvuissa 5–8.

2. Injektointiaineet

Injektointiaineiden SILKO-koeohjelmat esitetään taulukoissa 1–3.

Taulukko 1. Injektointiaineet halkeamien voimia siirtävään täyttöön (F).

P = Reaktiivinen polymeerinen sideaine

H = Hydraulinen sideaine

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Pakolliset kokeet		
Tartuntavetolujuus (H,P)	SFS-EN 12618-2 Betontyyppi MC(0,45)	> 2 N/mm ² (H) Korjausalustan koheesiomurtuma (P) Vain kolojen tai rakojen injektointiin tarkoitettut aineet > 0,6 N/mm ² (H)
Tilavuuden kutistuma (P) ^a	SFS-EN 12617-2	< 3 %
Haihtumaton aine (P) ^a	SFS-EN ISO 3251	> 95 %
Veden erottuminen (H)	SFS-EN 445/4.5	Veden erottuminen 3 h:n jälkeen < 1 % alkutilavuudesta
Tilavuuden muutos (H)	SFS-EN 445/4.5	- 1 % < tilavuuden muutos < + 5 % alkutilavuudesta
Lasittumislämpötila (P)	SFS-EN 12614	> 40 °C
Kloridipitoisuus (H)	SFS-EN 196-21	< 0,2 %
Viskositeetti (P)	SFS-EN ISO 3219	Ei arvostelua
Virtausaika (H)	SFS-EN 14117	Ei arvostelua
Sitoutumisaika (H)	SFS-EN 196-3 Kolme säilytys- ja testauslämpötilaa: 21 °C sekä valmistajan suosittelema alin ja ylin käyttölämpötila, toleranssi on ± 2 °C	Ei arvostelua

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Polymeerien vetolujuuden kehittyminen (P)	SFS-EN 1543 Testi suoritetaan kolmessa säilytys- ja testauslämpötilassa: 21 °C sekä valmistajan suosittelema alin ja korkein käyttölämpötila, toleranssi on ± 2 °C	Vetolujuus > 3 N/mm ² 72 h:n kuluttua alimmassa käyttölämpötilassa tai 10 h:n kuluttua alimmassa käyttölämpötilassa, kun päivittäiset halkeaman muodonmuutokset ovat suurempia kuin 10 % tai 0,03 mm (alin arvo määräävä)
Työstettävyysaika (H, P) Aika, jonka sekoitetun injektointiaineen käytettävän suuruiset erät pysyvät työstettävänä olosuhteissa, joissa materiaali soveltuu käyttötarkoitukseensa.	SFS-EN ISO 9514 Testaus kolmessa säilytys- ja testauslämpötilassa: 21 °C sekä valmistajan suosittelema alin ja ylin käyttölämpötila ±2 °C. Näyte: 1 000 ml (300 ml:n sijasta.) (H) Käyttöaika on aika, joka kuluu - lämpötilan nousuun 15 °C tai suurimman lämpötilan nousun verran, jos se on vähemmän kuin 15 °C (P) - suodatusstabiliteetin laskuun määritellylle tasolle (H) Työstettävyysaika on 70 % käyttöajasta ellei valmistaja anna muita suosituksia.	Ei arvostelua
Injektoitavuus kuivaan betoniin (H, P) ^b		
Halkeaman leveydet: 0,1 mm–0,2 mm–0,3 mm: injektointivuuden määritys ja halkaisukoe (H, P)	SFS-EN 1771	Injektoitavuusluokka < 4 min (suuri injektointivuus) wk = 0,1 mm < 8 min (ainakin toteutettavissa) wk = 0,2 mm ja wk = 0,3 mm Halkaisukoe > 7 N/mm ² (P) > 3 N/mm ² (H) wk = halkeaman leveys
Halkeaman leveydet: 0,5 mm–0,8 mm tai kun SFS-EN 1771 ei sovellu: tartuntavetolujuus (H, P)	SFS-EN 12618-2 (betoni MC(0,45)) Kun halkeaman leveys on 0,3 mm–0,5 mm ja 0,8 mm, käytetään reagoimattomia joustavia muovivälikkeitä, joiden leveydet ovat vastaavasti 0,3 mm, 0,5 mm ja 0,8 mm.	Halkeamasta täyttynyt > 90 % Tartuntaa koskevat vaatimukset täyttyvät
Injektoitavuus betoniin, joka ei ole kuiva (H, P) ^b		
Halkeaman leveydet: 0,1 mm–0,2 mm–0,3 mm: injektointivuuden määritys ja halkaisukoe (H, P)	SFS-EN1771	Injektoitavuusluokka wk = 0,1: suuri injektointivuus (< 4 min) wk = 0,2 ja 0,3: ainakin toteutettavissa (< 8 min) Halkaisukoe > 7 N/mm ² (P) > 3 N/mm ² (H) wk = halkeaman leveys
Halkeaman leveydet: 0,5 mm–0,8 mm tai kun SFS-EN 1771 ei sovellu: tartuntavetolujuus (H, P)	SFS-EN 12618-2 (betoni MC(0,45)) Injektoitavuusluokille 0,3 mm–0,5 mm ja 0,8 mm käytetään reagoimattomia joustavia muovivälikkeitä, joiden leveydet ovat vastaavasti 0,3 mm–0,5 mm ja 0,8 mm	Halkeamasta täyttynyt > 90 % Tartuntaa koskevat vaatimukset täyttyvät
Väriarvio (H, P)	Tämän koeohjelman kohta 5	Ei arvostelua
Tartuntavetolujuus lämpötilan vaihtelujaksojen ja kastumis- ja kuivumisjaksojen jälkeen (H, P)	SFS-EN 12618-2 (betoni MC(0,45))	Koheesiomurtuma korjausalustassa (P) Tartuntavetolujuuden aleneman tulee olla vähemmän kuin 30 % alkuarvoista (H).
Vapaaehtoiset kokeet		
Vinoleikkaustartunta (P, H)	SFS-EN 12618-3	Yhtenäinen vaurio (samanlainen halkeiluvio kuin vertailuprismoissa)

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Kuiva tai märkä halkeama		
Kovettuminen dynaamisen kuorituksen alaisena (P)	Tämän koeohjelman kohta 9	Koheesiomurto betonista

^a Vaihtoehtoiset kokeet

^b Vähintään toinen testeistä tehtävä.

Taulukko 2. Injektointiaineet halkeamien joustavaan täyttöön (D).

P = Reaktiivinen polymeerinen sideaine

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Pakolliset kokeet		
Tartuntalujuus ja venymäkyky (P)	SFS-EN 12618-1	Tartunta: Ei arvostelua Venymä: > 10 %
Injektoitavuus kuivaan betoniin (P) ^a		
Halkeaman leveydet: 0,1 mm–0,2 mm–0,3 mm: injektointivuuden määrittäminen (P)	SFS-EN 1771	Injektoitavuusluokka <4 min (suuri injektointivuus) $w_k = 0,1$ mm $w_k = 0,2$ mm ja $w_k = 0,3$ mm ainakin toteutettavissa < 8 min (ainakin toteutettavissa) $w_k = 0,2$ mm ja $w_k = 0,3$ mm $w_k =$ halkeaman leveys
Halkeaman leveydet: 0,5 mm–0,8 mm tai kun SFS-EN 1771 ei sovellu	Betoniseinämien välinen injektointi SFS-EN 12618-2:2004:n kohtien 4.3–4.6 mukaisesti (betoni MC(0,45)) Kun halkeaman leveys on 0,3–0,5 mm ja 0,8 mm, käytetään reagoimattomia joustavia muovivälikkeitä, joiden leveydet ovat vastaavasti 0,3–0,5 mm ja 0,8 mm.	Halkeamasta täyttynyt > 90 %
Injektoitavuus ei-kuivaan betoniin (P) ^a		
Halkeaman leveydet: 0,1 mm–0,2 mm–0,3 mm: injektointivuuden määrittäminen (P)	SFS-EN 1771	Injektoitavuusluokka < 4 min (suuri injektointivuus) $w_k = 0,1$ mm < 8 min (ainakin toteutettavissa) $w_k = 0,2$ mm ja $w_k = 0,3$ mm $w_k =$ halkeaman leveys
Halkeaman leveydet: 0,5 mm–0,8 mm tai kun SFS-EN 1771 ei sovellu	Betoniseinämien välinen injektointi SFS-EN 12618-2:2004:n kohtien 4.3–4.6 mukaisesti (betoni MC(0,45)) Kun halkeaman leveys on 0,3–0,5 mm ja 0,8 mm, käytetään reagoimattomia joustavia muovivälikkeitä, joiden leveydet ovat vastaavasti 0,3–0,5 mm ja 0,8 mm.	Halkeamasta täyttynyt > 90 %
Viskositeetti (P)	SFS-EN ISO 3219	Ei arvostelua
Yhteensopivuus betonin kanssa (P)	SFS-EN 12637-1	Puristuslujuuskokeessa ei saa esiintyä vaurioita. Muodonmuutostyön häviö < 20 %
Väriarvio (P)	Tämän koeohjelman kohta 5	Ei arvostelua
Työstettävyyden aika (P)	SFS-EN ISO 9514 Koe kolmessa säilytys- ja testauslämpötilassa: 21 °C sekä valmistajan suosittelema alin ja ylin käyttölämpötila, toleranssi ± 2 °C. Käyttöaika on aika, joka kuluu lämpötilan nousuun 15 °C tai suurimman lämpötilan nousun verran, jos se on vähemmän kuin 15 °C.	Ei arvostelua

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
	Työstettävyysaika on aika, jonka injektointiaineen käytettävän kokoiset erät pysyvät työstettävänä olosuhteissa, joissa materiaali soveltuu käyttötarkoitukseensa. Työstettävyysaika on 70 % käyttöajasta ellei valmistaja anna muita suosituksia.	
Vapaaehtoiset kokeet		
Vesitiivisyys (P)	SFS-EN 14068	Vesitiivis 200 000 Pa:ssa Erytiskohteet: Vesitiivis 700 000 Pa:ssa
Lasittumislämpötila (P)	SFS-EN 12614	Ei arvostelua
Laajenemiskerroin ja laajenemiskehitys (P)	SFS-EN 14406	Ei arvostelua
Vaikutus polymeerisiin tartuntaelimiin (P)	SFS-EN 12637-3	70 vrk:n jälkeen, venymän muutoksen tulee olla pienempi kuin 20 % alkuperäisestä
Säilyvyys: Tartunta ja venymä lämpötilan vaihtelujaksojen ja kastumis- kuivumisjaksojen jälkeen. (P)	SFS-EN 12618-1 ja SFS-EN 13687-3 SFS-EN 12618-1:ssä määriteltyjen koe-kappaleiden 24 lämpötilan vaihtelujaksoa ja kastumis- ja kuivumisjaksoa SFS-EN 13687-3:n kohtien 7.1 ja 7.2 mukaisesti. Niiden jälkeen tartunta- ja venymäkyky	Tartunta: Tartunnan alenema alle 20 % Venymä: > 10 %
Vesitiiveys (P) venymän jälkeen	SFS-EN 14068	Venymän jälkeen (imoitettu arvo: 5 %, 10 %, tai valmistajan määrittelemä) vesitiivis 100 000 Pa:n paineessa

^a Vähintään toinen testeistä tehtävä

Taulukko 3. Injektointiaineet paisuvaan halkeamien täyttöön (S).

P = Reaktiivinen polymeerinen sideaine

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Pakolliset kokeet		
Viskositeetti (P)	SFS-EN ISO 3219 Kun SFS-EN ISO 3219 ei sovellu käytettäväksi, sovelletaan standardia SFS-EN 12618-2. Kun halkeaman leveys on 0,3 mm–0,5 mm ja 0,8 mm, käytetään reagoimattomia joustavia muovivälikkeitä, joiden leveydet ovat vastaavasti 0,3 mm–0,5 mm ja 0,8 mm.	≤ 60 m Pa . s Halkeamasta täyttynyt > 95 %
Vesisäilytyksen aiheuttama laajenemiskerroin ja laajenemisen kehittyminen Ilmassa kuivumisen ja vesisäilytyksen aiheuttamat tilavuuden ja painon muutokset (P)	SFS-EN 14498	Ei arvostelua
Vesitiivisyys (P)	SFS-EN 14068 SFS-EN 14068:ssä kuvattua testausmenetelmää täydennetään 500 paineenmuutosjaksolla. Jokainen jakso on seuraava:	Vesitiivis 200 000 Pa:n paineessa Erytissovellukset: Vesitiivis 700 000 Pa:n paineessa

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
	15 min ajan paine, joka on 75 % suurimmasta paineesta – 15 min ajan paine, joka on 25 % suurimmasta paineesta. Kun koekappaleeseen on kohdistettu suurin ilmoitettu paine standardin SFS-EN 14068 mukaisesti 7 vrk:n ajan, painetta alennetaan 50 %:ksi suurimmasta ilmoitettusta paineesta, ja tätä painetta pidetään yllä 2 h:n ajan ennen jaksojen aloittamista	
Työstettävyysaika (P)	SFS-EN ISO 9514 Koe kolmessa säilytys- ja testauslämpötilassa: 21 °C sekä valmistajan suosittelema alin ja ylin käyttölämpötila, toleranssi ±2 °C. Käyttöaika on aika, joka kuluu lämpötilan nousuun 15 °C tai suurimman lämpötilan nousun verran, jos se on vähemmän kuin 15 °C. Työstettävyysaika on aika, jonka injektointiaineen käytettävän kokoiset erät pysyvät työstettävänä olosuhteissa, joissa materiaali soveltuu käyttötarkoitukseensa. Työstettävyysaika on 70 % käyttöajasta ellei valmistaja anna muita suosituksia.	Ei arvostelua
Herkkyyys vedelle: Vesisäilytyksen aiheuttama laajenemiskerroin. Ilmassa kuivumisen ja vesisäilytyksen aiheuttamat tilavuuden ja painon muutokset. (P)	SFS-EN 14498 (säilytys menettelyn A mukaisesti)	Laajenemiskertoimen tulee saavuttaa vakiotaso veteen upottamisen aikana.
Herkkyyys kastumis- ja kuivumisjaksoille. Kuivumisen ja vesisäilytyksen aiheuttamat tilavuuden ja painon muutokset. (P)	SFS-EN 14498 (säilytys menettelyn B mukaisesti)	Kastumis- ja kuivumisjaksojen jälkeen laajenemiskerroin ei saa muuttua veteen upottamisen jälkeen.
Väriarvio (P)	Tämän koeohjelman kohta 5	Ei arvostelua
Jäätymispiste (P) _a	SFS-EN ISO 11357-3	Ei arvostelua
Yhteensopivuus betonin kanssa (P)	SFS-EN 14498:n kohtien 6.2 ja 7.3.1 mukaiset koekappaleet. Näyte: 6 kappaletta, paksuus on 15 mm. Säilytys: 3 kappaletta vesijohtovedessä ja 3 kappaletta 1-M KOH-liuoksessa. Puristusnopeus 100 mm/min. Kappale irtotetaan stanssilla, jonka halkaisija on 20 mm ja jossa on kartion muotoinen pää (kulma 60°). Kuormitus/ muodonmuutos -käyrä kirjataan.	Lujuusominaisuudet veteen upotettuihin koekappaleisiin verrattuna eivät saa poiketa enempää kuin 20 %.
Vapaaehtoiset kokeet		
Korroosikäyttäytyminen (P)	Tilaaaja määrittelee testausmenetelmän taupauskohtaisesti.	Ei saa sisältää mitään ainetta sellaisia määriä, jotka voisivat aiheuttaa teräsräudoituksen korroosiota.

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Vaikutus poly-meerisiin tartun-taelimiin	SFS-EN 12637-3	70 vrk:n jälkeen venymän muutosten tu-lee olla alle 20 % alkuarvosta

^a Jos jäätympiste osoitetaan DSC-analyysillä, mekaaniset ominaisuudet määritetään lämpötilan funktiona puris-tustestillä seuraavissa olosuhteissa:

- lieriömäinen stanssi, jonka halkaisija on 50 mm
- näytteen korkeus 35 mm
- näytteen halkaisija 100 mm
- nopeus 50 mm/min.

3. Imeytysaineet

Imeytysaineiden koeohjelma ja koetulosten arvostelu esitetään Taulukoissa 4 ja 5. Imeytysai-neille ei ole vapaaehtoisia SILKO-kokeita. Taulukko 4 koskee reaktiivisen polymeerisen side-aineen sisältäviä imeytysaineita. Taulukko 5 koskee hydraulista sideainetta sisältäviä imeyty-saineita.

Taulukko 4. Reaktiivisen polymeerisen sideaineen sisältävien imeytysaineiden kokeet ja koe-tulosten arvostelu.

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Pakolliset kokeet		
Tuotetunnistus	Infrapuna-analyysi, (IR) EN 1767	Ei arvostelua
Viskositeetti	EN ISO 3219 Viskositeetti mitataan 5 min sen jälkeen, kun aineen se-koittaminen on päättynyt. Ennen sekoittamista tuotteen erillisiä aineosia pidetään vakiolämpötilassa 21 °C ± 2 °C. Ennen viskositeetin mit-tausta vastasekoitetun aineen lämpötila mitataan ja kir-jataan. Aineiden, joiden kovettumisaika on alle 5 min, visko-siteetti mitataan sekoittamattomista aineosista. /1/	Ei arvostelua
Käyttöaika	EN ISO 9514 Testi suoritetaan kolmessa säilytys- ja testauslämpöti-lassa: 21 °C sekä valmistajan suosittelema alin ja kor-kein käyttölämpötila, toleranssi on ± 2 °C. /1/	Ei arvostelua
Väriarvio	Silmämääräisarvio tämän koeohjelman kohdan 5 mu-kaisesti	Ei arvostelua
Vaikutus betonin ulko-näköön	Silmämääräisarvio tämän koeohjelman kohdan 5 mu-kaisesti	Ei arvostelua
Tunkeuma	Imeytetyn halkeaman täyttyneisyysmittaus tämän koe-ohjelman kohdan 6 mukaisesti	+ ≥ 30 % ++ ≥ 60 % +++ 100 % halkeaman pinta-alasta on täyttynyt
Vapaaehtoiset kokeet		
Vinoleikkaustartunta	NT BUILD 350 Kuiva ja/tai märkä halkeama	- Ei liimaavaa ominaisuutta < 30 % + 30–50 % ++ 50–100 % +++ > 100 % ehjän kappaleen lujuudesta

Taulukko 5. Hydraulista sideainetta sisältävien imeytysaineiden kokeet ja koetulosten arvostelu.

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Pakolliset kokeet		
Tuotetunnistus	Termogravimetrinen määrittäminen, EN ISO 11358	Ei arvostelua
Virtausaika	SFS-EN 14117 Viskositeetti mitataan 5 min sen jälkeen, kun aineen sekoittaminen on päättynyt. /1/	Ei arvostelua
Sitoutumisaika	SFS-EN 196-3	Ei arvostelua
Väriarvio	Silmämääräisarvio tämän koeohjelman kohdan 5 mukaisesti	Ei arvostelua
Vaikutus betonin ulkonäköön	Silmämääräisarvio tämän koeohjelman kohdan 5 mukaisesti	Ei arvostelua
Tunkeuma	Imeytetyn halkeaman täyttyneisyysmittaus tämän koeohjelman kohdan 6 mukaisesti	+ ≥ 30 % ++ ≥ 60 % +++ 100 % halkeaman pinta-alasta on täyttynyt
Vapaaehtoiset kokeet		
Vinoleikkaustartunta	NT BUILD 350 Kuiva ja/tai märkä halkeama	- Ei liimaavaa ominaisuutta < 30 % + 30–50 % ++ 50–100 % +++ > 100 % ehjän kappaleen lujuudesta

4. Sulkuaineet

Sulkuaineiden koeohjelma ja koetulosten arvostelu esitetään Taulukoissa 6 ja 7. Taulukko 6 koskee reaktiivisen polymeerisen sideainetta sisältäviä sulkuaineita. Taulukko 7 koskee hydraulista sideainetta sisältäviä sulkuaineita. Sulkuaineille ei ole vapaaehtoisia SILKO-kokeita.

Taulukko 6. Reaktiivisen polymeerisen sideainetta sisältävien sulkuaineiden koeohjelma ja koetulosten arvostelu.

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Tuotetunnistus	Infrapuna-analyysi, (IR) EN 1767	Ei arvostelua
Käyttöaika	EN ISO 9514 Testi suoritetaan kolmessa säilytys- ja testauslämpötilassa: 21 °C sekä valmistajan suosittelema alin ja korkein käyttölämpötila, toleranssi on ± 2 °C. /1/	+ > 60 min ++ 30–60 min +++ < 30 min
Tartunta	SFS-EN 1542	+ ≥ 0,4 N/mm ² ++ ≥ 1,0 N/mm ² +++ ≥ 1,5 N/mm ²
Väriarvio	Silmämääräisarvio tämän koeohjelman kohdan 5 mukaisesti	Ei arvostelua
Vaikutus betonin ulkonäköön	Silmämääräisarvio tämän koeohjelman kohdan 5 mukaisesti (kuiva ja märkä koekappale)	+ ainetta ei pysty poistamaan kokonaan ++ alusbetonia irtoaa poistettaessa tai sulkuaineesta jää väriä +++ alusbetonia ei irtoa poistettaessa

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Levitettävyys	Arvioidaan muiden kokeiden koekappaleiden valmistuksen yhteydessä (kuiva ja märkä koekappale)	+ Hankala ++ Melko helppo +++ Helppo
Poistettavuus	Tämän koeohjelman kohdan 8 mukaisesti (kuiva ja märkä koekappale)	+ Huono ++ Hyvä +++ Erittäin hyvä

Taulukko 7. Hydraulista sideainetta sisältävien sulkuaineiden koeohjelma ja koetulosten arvostelu.

Ominaisuus	Koemenetelmä	Arvostelu
Tuotetunnistus	Termogravimetrinen määrittäminen, EN ISO 11358	Ei arvostelua
Sitoutumisaika	SFS-EN 196-3	+ > 60 min ++ 30–60 min +++ < 30 min
Tartunta	SFS-EN 1542	+ $\geq 0,4 \text{ N/mm}^2$ ++ $\geq 1,0 \text{ N/mm}^2$ +++ $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$
Väriarvio	Silmämääräisarvio tämän koeohjelman kohdan 5 mukaisesti	Ei arvostelua
Vaikutus betonin ulkonäköön	Silmämääräisarvio tämän koeohjelman kohdan 5 mukaisesti (kuiva ja märkä koekappale)	+ ainetta ei pysty poistamaan kokonaan ++ alusbetonia irtoaa poistettaessa tai sulkuaineesta jää väriä +++ alusbetonia ei irtoa poistettaessa
Levitettävyys	Arvioidaan muiden kokeiden koekappaleiden valmistuksen yhteydessä (kuiva ja märkä koekappale)	+ Hankala ++ Melko helppo +++ Helppo
Poistettavuus	Tämän koeohjelman kohdan 8 mukaisesti (kuiva ja märkä koekappale)	+ Huono ++ Hyvä +++ Erittäin hyvä

5. Väri ja vaikutus betonin ulkonäköön

Injektointiaineen väri arvioidaan läpinäkyvässä astiassa olevasta kovettuneesta aineesta.

Imeytysaineen vaikutus betonin ulkonäköön arvioidaan silmämääräisesti betonikoekappaleista, joiden pinnalle on levitetty tutkittavaa ainetta. Arvio kuvataan sanallisesti. Vaikutus ulkonäköön arvioidaan kuivalle ja märälle koekappaleelle. Suositeltavaa on käyttää kohdan 8. poistettavuus testin koekappaleita apuna tässä testissä.

Sulkuaineen väriarvio tehdään betonikoekappaleille levitetystä kovettuneesta sulkuaineesta.

Koetuloksena ilmoitetaan ulkonäön ja värin sanallinen silmämääräisarvio sekä valokuvat.

6. Tunkeuma

6.1 Periaate

Mitataan imeytysaineen tunkeutumissyvyys määrälevyiseen betonin halkeamaan.

6.2 Koekappaleet ja niiden esikäsittely

Koekappaleet ovat kaksi betonipalkkia, 100 x 100 x 500 mm³, jotka on valmistettu SFS-EN 1766:n mukaisesta betonista C(0,40).

Palkkeja säilytetään valun jälkeen 7 vrk vedessä ja tämän jälkeen 21 vrk 95...100 %:n suhteellisessa kosteudessa +20 ± 2 °C:n lämpötilassa. 28 vrk:n ikäisinä palkit taivutetaan murtoon. Toinen murretuista palkeista siirretään 14 vrk:ksi 65 ± 5 %:n suhteelliseen kosteuteen ja toinen vesijohtoveteen +20 ± 2 °C:n lämpötilaan.

6.3 Koemenettely

Vedessä säilytetyn palkin murtopinnoista poistetaan irtovesi. Sekä vedessä että 65 ± 5 %:n suhteellisessa kosteudessa säilytetyn palkin päät asetetaan murretut pinnat vastakkain siten, että muodostuu 0,2 mm:n levyinen tasaleveä halkeama. Palkkien ollessa vaaka-asennossa imeytysainetta imeytetään halkeamaan valmistajan ohjeen mukaisesti siten, että imeytys tapahtuu alaspäin.

Tuotteen kovettuttua tarkastetaan silmämääräisesti sulkeeko imeytysaine koko halkeaman. Palkit taivutetaan uudelleen murtoon. Murtopinnoista mitataan kuinka syvälle aine peittää halkeamapinnan yhtenäisesti (= tunkeutumissyvyys) ja kuinka suuren osuuden halkeamapinnasta aine peittää (= täytyneisyys).

6.4 Koetulokset

Koetuloksina ilmoitetaan sulkeeko imeytysaine koko halkeaman, tunkeutumissyvyyden keskiarvo, suurin ja pienin arvo sekä halkeaman täytyneisyys prosentteina kummassakin kosteustilassa.

7. Levitettävyyys

Sulkuaineiden levitettävyyys arvioidaan muiden kokeiden koekappaleiden valmistuksen yhteydessä kuivalle ja märälle koekappaleelle. Suositeltavaa on käyttää kohdan 8. poistettavuus testin koekappaleita apuna tässä testissä.

8. Poistettavuus

8.1 Periaate

Arvioidaan miten suurella työmäärällä sulkuaine saadaan irrotetuksi betonin pinnasta, betonin vaurioituminen sulkuainetta poistettaessa sekä miten sulkuaineen levittäminen ja poistaminen vaikuttaa betonin ulkonäköön.

8.2 Koekappaleet ja niiden esikäsittely

Koekappaleet ovat kaksi betonista käytävälaattaa (kuiva ja märkä). Kuivaa laattaa säilytetään ennen koetta 14 vrk:n ajan 65 ± 5 %:n suhteellisessa kosteudessa ja märkää laattaa vedessä, $+20 \pm 2$ °C:n lämpötilassa.

8.3 Koemenettely

Irtovesi poistetaan vedessä säilytetyn laatan pinnalta. Laattojen pinnalle levitetään noin 40 mm:n levyinen ja tuotteen ohjeessa ilmoitetun paksuinen noin 250 mm:n pituinen kaistale tutkittavaa tuotetta. 65 ± 5 %:n suhteellisessa kosteudessa olleet laatat jätetään olosuhteeseen ja vedessä säilytetyt laatat siirretään 95–100 %:n suhteelliseen kosteuteen, $+20$ °C:n lämpötilaan.

3 vrk:n kuluttua arvioidaan tuotteiden väri ja laatat valokuvataan. Sulkuaineet poistetaan laattojen pinnalta soveltuvin työvälinein. Poistettavuus arvioidaan. Lopuksi arvioidaan poistetun sulkuaineen vaikutus betonin ulkonäköön ja laatat valokuvataan.

8.4 Koetulokset

Koetuloksina esitetään arvio sulkuaineen poistamisen helppoudesta sekä arvio poistetun sulkuaineen vaikutuksesta laatan ulkonäköön. Lisäksi esitetään laatoista otetut valokuvat ennen ja jälkeen sulkuaineen poistamisen.

9. Kovettuminen dynaamisen kuormituksen alaisena

9.1 Periaate

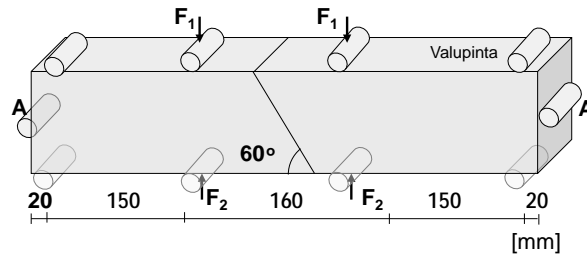
Vinosti katkaistujen betonipalkkien päät liimataan yhteen tutkittavalla injektointiaineella, altistetaan dynaamiselle väsytytkuormitukselle injektointiaineen kovettumisen ajaksi ja aineen kovettua kuormitetaan murtoon.

9.2 Koekappaleet ja niiden esikäsittely

Koekappaleet ovat kaksi betonipalkkia, $100 \times 100 \times 500$ mm³, jotka on valmistettu SFS-EN 1766:n mukaisesta betonista C(0,40).

Palkkeja säilytetään valun jälkeen 1 vrk muoteissa muovilla peitettynä. Muottien purun jälkeen palkkeja säilytetään 7 vrk vedessä ja tämän jälkeen 21 vrk 95–100 %:n suhteellisessa kosteudessa $+20 \pm 2$ °C:n lämpötilassa. 28 vrk:n ikäisinä palkit sahataan keskikohdasta 60 asteen

kulmassa poikki kuvan 1 osoittamalla tavalla. Sahausliete puhdistetaan sahauspinnoilta ja palakit siirretään olosuhteisiin $+20 \pm 2 \text{ °C}$ RH $65 \pm 5 \%$, joissa olosuhteissa niitä säilytetään vähintään 7 vrk ennen palkkien puolikkaiden liimausta toisiinsa tutkittavan injektointiaineen avulla.



Kuva 1. Palkin kuormitusjärjestely.

Palkit testataan yksi kerrallaan liimauksesta dynaamisen väsytytkuormituksen loppuun asti. Poikki sahatut palkin päät liimataan tutkittavalla injektointiaineella yhteen. Tarvittaessa injektointiaineen valuminen pois raosta estetään esimerkiksi ilmastointiteipin avulla.

9.3 Koemenettely

Palkki asetetaan kuormituslaitteeseen kuvan 1 osoittamalla tavalla siten, että palkin taipuminen sivusuunnassa ja palkin puolikkaiden siirtyminen vaakasuunnassa on estetty (tuet A palkin päissä kuvassa 1). Palkin kuormittaminen käynnistetään 10 ± 2 min liimauksen aloittamisesta ja kuormitusta jatketaan aineen käyttöajan loppuun asti kuitenkin vähintään 15 min. Kuormitus tehdään F_1 :llä ja F_2 :lla merkityistä kohdista siirtymäohjatusti siten, että maksimisiirtymä on 0,1 mm ja kuormitustaajuus on 1 Hz.

Dynaamisen väsytytkuormituksen ja injektointiaineen kovettumisen jälkeen palkki kuormitetaan murtoon kuvan 1 mukaisella koejärjestelyllä siten, että palkin alapuoliset kuormitusanturit F_2 poistetaan.

9.4 Koetulokset

Koetuloksena ilmoitetaan palkkien murtotapa.

Lähdeviitteet

1. EN 1504-5. Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 5: Betonirakenteiden injektointi. 2005. 31 s.