


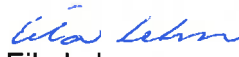

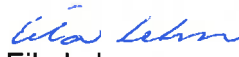

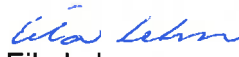
TUTKIMUSRAPORTTI

VTT-R-01631-15
KORVAA TUTKIMUSRAPORTIN NRO VTT-R-05684-14

Betonin halkeamien injektointi- aineiden, imeytysaineiden ja sulkuaineiden SILKO-koeohjelma 2015-v3

Kirjoittajat: Liisa Salparanta

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Betonin halkeamien injektointiaineiden, imeytysaineiden ja sulkuaineiden SILKO-koeohjelma 2015-v3				
Asiakkaan nimi, yhteystiedot Liikennevirasto	Asiakkaan viite -			
Projektin nimi Betonitekniset taitorakennetutkimukset 2015	Projektin numero/lyhytnimi 105425/ BTT 2015			
Raportin laatija(t) Liisa Salparanta	Sivujen/liitesivujen lukumäärä 8 s.			
Avainsanat betoni, korjaus, halkeama, injektointi, imeytys, sulkuaine	Raportin numero VTT-R-01631-15			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä koeohjelma on päivitetty versio, joka korvaa koeohjelman, jonka raporttinumero on VTT-R-05684-15.</p> <p>Näitä SILKO-koeohjelman ohjeita käytetään tutkittaessa soveltuuko betonin halkeamien injektointiaine, imeytysaine tai sulkuaine Liikenneviraston ulkobetonirakenteiden korjauksiin. Liikennevirasto julkaisee soveltuvat tuotteet SILKO-ohjeissa, jotka ovat saatavissa Liikenneviraston internet-sivuilta osoitteesta http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/ff/urakoitsijat_suunnittelijat/vaylanpidon_ohjeet/sillat/ko_rjausohjeet/SILKO.</p> <p>Injektointiaineiden koeohjelma on eurooppalaisen standardin EN 1504-5 (2005) mukainen. Tässä koeohjelmassa ilmoitetaan mitkä EN 1504-5:n tiettyihin suunniteltuihin käyttötarkoituksiin tarkoitetut kokeet Liikennevirasto edellyttää tehtäväksi aina, mitkä EN 1504-5:n kokeista eivät sisälly SILKO-koeohjelmaan ja mitä muita kokeita Liikennevirasto edellyttää tehtäväksi.</p> <p>EN 1504-5 ei koske imeytys- eikä sulkuaineita, joiden koeohjelmat esitetään tässä kokonaan.</p> <p>Koeohjelmien lisäksi tämä ohje sisältää Liikenneviraston asettamat hyväksymiskriteerit.</p>				
Luottamuksellisuus	Julkinen			
<p>Espoo 25.3.2015</p> <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Laatija</p>  <p>Liisa Salparanta Erikoistutkija</p> </td> <td style="vertical-align: top; text-align: center;"> <p>Tarkastaja</p>  <p>Hannele Kuosa Tutkija</p> </td> <td style="vertical-align: top; text-align: center;"> <p>Hyväksyjä</p>  <p>Eila Lehmus Tutkimusalueen päällikkö</p> </td> </tr> </table>		<p>Laatija</p>  <p>Liisa Salparanta Erikoistutkija</p>	<p>Tarkastaja</p>  <p>Hannele Kuosa Tutkija</p>	<p>Hyväksyjä</p>  <p>Eila Lehmus Tutkimusalueen päällikkö</p>
<p>Laatija</p>  <p>Liisa Salparanta Erikoistutkija</p>	<p>Tarkastaja</p>  <p>Hannele Kuosa Tutkija</p>	<p>Hyväksyjä</p>  <p>Eila Lehmus Tutkimusalueen päällikkö</p>		
VTT:n yhteystiedot VTT Oy, PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111 (vaihde), fax 020 722 7007				
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Tilaja, VTT Kirjaamo				
<p>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</p>				

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
1. Johdanto.....	3
2. Injektointiaineet.....	3
3. Imeytysaineet.....	4
4. Sulkuaineet.....	5
5. Väri ja vaikutus betonin ulkonäköön.....	7
6. Tunkeuma.....	7
6.1 Periaate.....	7
6.2 Koekappaleet ja niiden esikäsittely	7
6.3 Koemenettely.....	7
6.4 Koetulokset.....	7
7. Levitettävyyys.....	7
8. Poistettavuus	8
8.1 Periaate.....	8
8.2 Koekappaleet ja niiden esikäsittely	8
8.3 Koemenettely.....	8
8.4 Koetulokset.....	8
Lähdeviitteet.....	8

1. Johdanto

Näitä SILKO-koeohjelman ohjeita käytetään betonin halkeamien injektointiaineiden, imeytysaineiden ja sulkuaineiden tutkimiseen. Aineita, jotka täyttävät näiden ohjeiden mukaisten kokeiden tulosten perusteella hyväksymiskriteerit, voidaan käyttää Liikenneviraston taitorakenteiden korjaushankkeissa. Edellä mainitut tuotteet julkaistaan SILKO-ohjeissa. SILKO-ohjeet ovat vapaasti saatavissa Liikenneviraston internet-sivuilta osoitteesta

http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/urakoitsijat_suunnittelijat/vaylanpidon_ohjeet/sillat/koerjausehjeet/SILKO.

Koeohjelma on eurooppalaisen standardin EN 1504-5 (2005) mukainen. Lisäksi tehdään injektointiaineen väriarvio. Tässä koeohjelmassa ilmoitetaan mitkä EN 1504-5:n tiettyihin suunniteltuihin käyttötarkoituksiin tarkoitetut kokeet Liikennevirasto edellyttää tehtäväksi aina ja mikä EN 1504-5:ssä esitetyt kokeet eivät sisälly SILKO-koeohjelmaan.

EN 1504-5 ei koske imeytys- eikä sulkuaineita. Tässä julkaisussa esitetään imeytys- ja sulkuaineiden koeohjelmat kokonaisuudessaan.

Tässä ohjeessa esitetään myös Liikenneviraston asettamat hyväksymiskriteerit.

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

2. Injektointiaineet

Injektointiaineiden SILKO-koeohjelma on standardin EN 1504-5 mukainen seuraavin täsmennyksin:

- Reaktiivisen polymeerisen sideaineen sisältävien injektointiaineiden tuotetunnistuskokeet ja -vaatimukset ovat:
 - Infrapuna-analyysi EN 1767:n mukaisesti määritettynä. Kun SILKO-hyväksyntää anotaan ensimmäistä kertaa, infrapuna-analyysikäyrän tallennuspaikka ilmoitetaan Liikennevirastoon. Tallennettu käyrä on vertailuspektri. Kun SILKO-hyväksynnälle anotaan jatkoaikaa, pääabsorptiokaistojen sijaintien ja suhteellisten intensiteettien tulee vastata vertailuspektriä.
- Hydraulisen sideaineen sisältävien injektointiaineiden tuotetunnistuskokeet ja -vaatimukset ovat:
 - Yksittäisten aineosien partikkelikokojakautuman määrittäminen laserdiffraktiolla EN 13320-1:n mukaisesti. Kun SILKO-hyväksyntää anotaan ensimmäistä kertaa, analyysitulokset talletetaan Liikennevirastoon ilmoitettuun paikkaan. Kun SILKO-hyväksynnälle anotaan jatkoaikaa, analyysitulosten on vastattava ensimmäistä SILKO-hyväksyntää haettaessa tallennettuja analyysituloksia.
- EN 1504-5, Taulukko 1.a:

◦ Vinoleikkaustartunta (H, P)	Vapaaehtoinen koe kuiva tai märkä halkeama
◦ Lasittumislämpötila (P)	Ei ole SILKO-koe
◦ Kloridipitoisuus (H)	Pakollinen
- EN 1504-5, Taulukko 1.b:

◦ Vesitiiviys (P)	Vapaaehtoinen koe
◦ Lasittumislämpötila (P)	Ei ole SILKO-koe
- EN 1504-5, Taulukko 1.c:

◦ Korroosioikätyminen (P)	Ei ole SILKO-koe
(P) reaktiivisen polymeerisen sideaineen sisältävät injektointiaineet	
(H) hydraulisen sideaineen sisältävät injektointiaineet.	

Hyväksymiskriteerit ovat EN 1504-5:n taulukoiden 3.a, 3.b ja 3.c mukaiset.

Lisäksi arvioidaan kovettuneen injektointiaineen väri.

3. Imeytysaineet

Imeytysaineiden pakolliset perusominaisuus- ja toimivuuskokeet sekä hyväksymiskriteerit esitetään Taulukoissa 1 ja 2. Imeytysaineille ei ole vapaaehtoisia SILKO-kokeita. Taulukko 1 koskee reaktiivisen polymeerisen sideaineen sisältäviä imeytysaineita. Taulukko 2 koskee hydraulista sideainetta sisältäviä imeytysaineita.

Taulukko 1. Reaktiivisen polymeerisen sideaineen sisältävien imeytysaineiden perusominaisuus- ja toimivuuskokeet sekä hyväksymiskriteerit.

Ominaisuus	Koemenetelmä	Hyväksymiskriteeri/arvostelu
Perusominaisuudet		
Tuotetunnistus	Infrapuna-analyysi, (IR) EN 1767	-
Viskositeetti	EN ISO 3219 Viskositeetti mitataan 5 min sen jälkeen, kun aineen sekoittaminen on päättynyt. Ennen sekoittamista tuotteen erillisiä aineosia pidetään vakioämpötilassa 21 °C ± 2 °C. Ennen viskositeetin mittausta vastasekoitetun aineen lämpötila mitataan ja kirjataan. Aineiden, joiden kovettumisaika on alle 5 min, viskositeetti mitataan sekoittamattomista aineosista. /1/	-
Käyttöaika	EN ISO 9514 Testi suoritetaan kolmessa säilytys- ja testauslämpötilassa: 21 °C sekä valmistajan suosittelema alin ja korkein käyttölämpötila, toleranssi on ± 2 °C. /1/	-
Toimivuusominaisuudet		
Vinoleikkaustartunta	NT BUILD 350 Kuiva ja/tai märkä halkeama	- Ei liimaavaa ominaisuutta < 30 % + 30 - 50 % ++ 50 - 100 % +++ > 100 % ehjän kappaleen lujuudesta
Väriarvio	Silmämääräisarvio	-
Vaikutus betonin ulkonäköön	Silmämääräisarvio	-
Tunkeuma	Imeytetyn halkeaman täyttyneisyysmittaus	+ ≥ 30 % ++ ≥ 60 % +++ 100 % halkeaman pinta-alasta on täyttynyt

Taulukko 2. Hydraulista sideainetta sisältävien imeytysaineiden perusominaisuus- ja toimivuuskokeet sekä hyväksymiskriteerit.

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

4. Sulkuaineet

Sulkuaineiden pakolliset perusominaisuus- ja toimivuuskokeet sekä hyväksymiskriteerit esitetään Taulukoissa 3 ja 4. Taulukko 3 koskee reaktiivisen polymeerisen sideainetta sisältäviä sulkuaineita. Taulukko 4 koskee hydraulista sideainetta sisältäviä sulkuaineita. Sulkuaineille ei ole vapaaehtoisia SILKO-kokeita.

Taulukko 3. Reaktiivisen polymeerisen sideaineen sisältävien sulkuaineiden perusominaisuus- ja toimivuuskokeet sekä hyväksymiskriteerit.

Ominaisuus	Koemenetelmä	Hyväksymiskriteeri/ arvostelu
Perusominaisuudet		
Tuotetunnistus	Infrapuna-analyysi, (IR) EN 1767	-
Käyttöaika	EN ISO 9514 Testi suoritetaan kolmessa säilytys- ja testauslämpötilassa: 21 °C sekä valmistajan suosittelu alin ja korkein käyttölämpötila, toleranssi on ± 2 °C. /1/	+ > 60 min ++ 30 - 60 min +++ < 30 min
Toimivuusominaisuudet		
Tartunta	EN 1542	+ ≥ 0,4 N/mm ² ++ ≥ 1,0 N/mm ² +++ ≥ 1,5 N/mm ²
Väriarvio	Silmämääräisarvio	-
Vaikutus betonin ulkonäköön	Silmämääräisarvio	+ ainetta ei pysty poistamaan kokonaan ++ alusbetonia irtoaa poistettaessa tai sulkuaineesta jää väriä +++ alusbetonia ei irtoa poistettaessa
Levitettävyys	Arvio	+ Hankala ++ Melko helppo +++ Helppo
Poistettavuus	Arvio	+ Huono ++ Hyvä +++ Erittäin hyvä

Taulukko 4. Hydraulista sideainetta sisältävien sulkuaineiden perusominaisuus- ja toimivuuskokeet sekä hyväksymiskriteerit.

Ominaisuus	Koemenetelmä	Hyväksymiskriteeri/ arvostelu
Perusominaisuudet		
Tuotetunnistus	Termogravimetrinen määrittäminen, EN ISO 11358	-
Sitoutumisaika	EN 196-3	+ > 60 min ++ 30 - 60 min +++ < 30 min
Toimivuusominaisuudet		
Tartunta	EN 1542	+ ≥ 0,4 N/mm ² ++ ≥ 1,0 N/mm ² +++ ≥ 1,5 N/mm ²
Väriarvio	Silmämääräisarvio	-
Vaikutus betonin ulkonäköön	Silmämääräisarvio	+ ainetta ei pysty poistamaan kokonaan ++ alusbetonia irtoaa poistettaessa tai sulkuaineesta jää väriä +++ alusbetonia ei irtoa poistettaessa
Levitettävyys	Arvio	+ Hankala ++ Melko helppo +++ Helppo
Poistettavuus	Arvio	+ Huono ++ Hyvä +++ Erittäin hyvä

5. Väri ja vaikutus betonin ulkonäköön

Injektointiaineen väri arvioidaan läpinäkyvässä astiassa olevasta kovettuneesta aineesta.

Imeytysaineen vaikutus betonin ulkonäköön arvioidaan betonikoekappaleista, joiden pinnalle on levitetty tutkittavaa ainetta.

Sulkuaineen väriarvio tehdään betonikoekappaleille levitetystä kovettuneesta sulkuaineesta.

Koetuloksena ilmoitetaan ulkonäön ja värin sanallinen silmämääräisarvio sekä valokuvat.

6. Tunkeuma

6.1 Periaate

Mitataan imeytysaineen tunkeutumissyvyys määräleivyiseen betonin halkeamaan.

6.2 Koekappaleet ja niiden esikäsittely

Koekappaleet ovat kaksi betonipalkkia, 100 x 100 x 500 mm³.

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 kovetuttua tarkastetaan silmämääräisesti sulkeeko imeytysaine koko halkeaman. Palkit taivutetaan uudelleen murtoon. Murtopinnoista mitataan kuinka syväälle aine peittää halkeamapinnan yhtenäisesti (= tunkeutumissyvyys) ja kuinka suuren osuuden halkeamapinnasta aine peittää (= täyttyneisyys).

6.4 Koetulokset

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

7. Levitettävyys

Sulkuaineiden levitettävyys arvioidaan muiden kokeiden koekappaleiden valmistuksen yhteydessä.

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. Toista laattaa säilytetään ennen koetta 14 vrk:n ajan 65 ± 5 %:n suhteellisessa kosteudessa ja toista 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 soveltuvien 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.

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.