



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston ohjeita
58/2023

SILKO 2.237

Sementti-injektointi

siltojen
SILKO
korjaus

2



Väylävirasto
Trafikledsverket

Ohje

11.3.2024

VÄYLÄ/7875/06.04.01/2023

Vastaanottaja	Korvaa
-	SILKO 2.237 Sementti-injektointi (12/04)
Säädösperusta	Voimassa
-	1.4.2024
Väylämuoto	Kohdistuvuus
taitorakenteet	suunnittelu, rakentaminen, kunnossapito
Asiasanat	Käyttäjärühmät
betonirakenteet, halkeamat, injektointi, sementti	suunnittelijat, urakoitsijat, kunnossapitäjät

SILKO 2.237 Sementti-injektointi

Osastonjohtaja, tekniikka ja ympäristö	Minna Torkkeli
Rautatiejohtaja	Jukka Ronni
Tieliikennejohtaja	Jarmo Joutsensaari
Asiantuntija	Jari Nikki

Ohje on osa Väyläviraston turvallisuusjohtamisjärjestelmää tienpidon ja rautatietoimintojen osalta.

Voit antaa palautetta ohjeesta ohjeen yhteyshenkilölle (etunimi.sukunimi@vayla.fi) tai Väyläviraston teknisten ja turvallisuusohjeiden palautteenantokanavaan (teknisetjaturvallisuusohjeet@vayla.fi).

Dokumentin sisältö ei ole kaikilta osin saavutettava.

Väylävirasto, taitorakenneyksikkö 2022

Ohjetyöryhmä:

- Jani Valokoski / Simo Nykänen / Jari Nikki, pj. Väylävirasto, taitorakenneyksikkö
- Silko betonityöryhmä

Konsultti:

- Elina Paukku, VTT Oy

Kuvat:

- Kuvat 7, 8 ja 9: Mikko Aalto, Muottikolmio Oy
- Kuva 2: Pirita Ahokas, Ramboll Oy

LISÄTIETOJA

Jari Nikki

Väylävirasto

www.vayla.fi

PL 33, 00521 Helsinki

Puhelin 0295 34 3000

etunimi.sukunimi@vayla.fi

Opastinsilta 12 A, 00520 Helsinki

Faksi 0295 34 3700

kirjaamo@vayla.fi

Sisällys

1	VAURIO JA KORJAUSTARVE.....	5
2	OHJEEN SOVELTAMISALA.....	6
3	LAATUVAATIMUKSET.....	7
4	TYÖVAIHEVAATIMUKSET.....	10
4.1	VALMISTELEVAT TYÖT.....	10
4.2	INJEKTOINNIN VALMISTELU.....	11
4.3	VESIVUODON OHJAAMINEN JA HALKEAMAN PINNAN SULKEMINEN.....	12
4.4	INJEKTOINTITULPPIEN ASENNUS.....	14
4.5	INJEKTOINTITYÖ.....	15
5	LAADUNVARMISTUS.....	19
6	TÄYDENTÄVÄT OHJEET.....	20

LIITTEET

LIITE A: MENETELMIEN EROT

LIITE B: TESTAUSVAATIMUKSET ERI TYÖVAIHEISSA

1 Vaurio ja korjaustarve

Betonirakenteisiin syntyy halkeamia, kun vetojännitys ylittää betonin vetolujuuden. Syy on yleensä betonin kutistuminen, johon vaikuttavat betonin koostumus, lämpötilaerot, huono jälkihoito ja betonimassan riittämätön tiivistys. Leveä halkeama syntyy yleensä rakenteen murtumisen seurauksena, jonka syy voi olla

- liian suuri maanpaine tai riittämätön raudoitus (suunnitteluvirhe tai ylikuormitus)
- rakenteen muodonmuutos (törmäys tai ylikuormitus)
- perustuksen epätasainen painuminen (suunnittelu- tai työvirhe).

Betonirakenteissa on myös onkaloita tai muita tyhjiä tiloja. Niiden syitä ovat

- huonolaatuinen betoni
- virheellinen muottirakenne
- riittämätön tiivistys
- veden virtaus valun läpi.



Kuva 1. Suuri halkeama (murtuma) rakenteessa



Kuva 2. Injektointityö käynnissä

2 Ohjeen soveltamisala

Ohjeessa käsitellään pääasiassa peruslaattojen, etumuurien ja välitukien halkeamien injektointia sementillä. Sementti-injektointi voi olla rakennetta lujittavaa injektointia tai tiivistysinjektointia.

Sementti-injektointi sopii suurta puristuslujuuskapasiteettia vaativien rakenteiden isojen, myös kosteiden halkeamien ja rakenteen tyhjätilojen korjaamiseen.

Ohjetta voidaan soveltaa myös päällysrakenteen halkeamien injektointiin, jos halkeamien leveys on sopiva sementti-injektoinnille ja halutaan varmistaa potentiaalimittausten mahdollisuus.

Ohjetta sovelletaan myös rakenteissa olevien onkaloiden ja muiden tyhjätilojen täyttöinjektointiin sekä kapeiden saumojen ja saumatäyttöjen laasti-injektointiin.

Mikäli rakenteessa on viitteitä betonin alkali-kiviainesreaktiosta, suunnitellaan käytettävät korjausmenetelmät tapauskohtaisesti erikseen.

Termiä **sementti-injektointi** käytetään, kun injektoidaan halkeamia, joiden leveys on luokkaa 0,3...6 mm, tai kun injektoidaan jännepunosten suojaputkia. Kun halkeama- tai rakoleveys on ≤ 1 mm, käytetään joko mikrosementtejä tai hienosementtejä. Kun halkeamaleveys on > 1 mm, voidaan käyttää myös rakennussementtejä.

Kaikkein pienimpien, < 1 mm leveiden halkeamien sementti-injektoinnissa ei yleensä käytetä hiekkaa lainkaan. Jos injektointiaineessa käytetään hiekkaa, on sen raekokojakauma yleensä välillä # 0... 0,6...1,0 mm. Maksimiraekooltaan # 1 mm kiveä käytetään yleensä injektoitaessa halkeamia, joiden

leveys on luokkaa 3...6 mm, jotta varmistetaan injektointiaineen tunkeutuvuus ja estetään sen holvautuminen halkeamassa.

Kun injektoidaan rakenteessa sen ulointa pintaa syvemmällä olevia onkaloita, rakoja ja tyhjätiloja, puhutaan täyttöinjektoinnista. Injektoinnissa voidaan käyttää hienosementtejä tai rakennussementtejä. Käytettävän hiekan raekoko voi vaihdella tyypillisesti välillä # 0,6...4,0 mm.

Termiä **laasti-injektointi** käytetään, kun täytetään injektointilaastilla leveämpiä, selvästi > 6 mm leveitä halkeamia (rakenteen murtumia) tai < 20...50 mm leveitä saumoja (esim. ankkurointien kiinnityksiä). Työ voidaan toteuttaa rakennussementtejä käyttäen. Hiekan maksimiraekoko voi vaihdella tyypillisesti välillä # 1,0...4,0 mm.

Halkeamaan ei saa kohdistua sellaisia pakkovoimia, että korjattavaan rakenteeseen syntyy muodonmuutoksia, jotka aiheuttavat halkeaman kasvua tai sen viereen uusia halkeamia.

Betonisten taitorakenteiden rakenteellista lujitusinjektointia epoksilla on käsitelty ohjeessa *SILKO 2.236 Halkeaman injektointi polymeerillä voimia siirtäväksi*.

Tätä ohjetta käytetään laadittaessa korjaussuunnitelmaa sekä injektointityö- ja laatusuunnitelmaa. Korjaussuunnitelman ja laatuvaatimusten laatimisesta vastaa yleensä tilaaja. Laatuvaatimukset on esitetty tähän ohjeeseen liittyvässä erillisessä taulukossa. Injektointityö- ja laatusuunnitelman tekee urakoitsija.

Korjaussuunnitelma laaditaan ohjeen *SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen* kohdan *Suunnitelman laatiminen* mukaisesti. Suunnitelmassa esitetään periaateratkaisu, laatuvaatimukset ja injektointimenetelmä. Korjaussuunnitelma sisältyy joko koko korjaushankkeen suunnitelmaan tai on erikseen toteutettava itsenäinen suunnitelma.

Injektointityösuunnitelmalla tarkoitetaan urakoitsijan laatimaa teknistä työsuunnitelmaa.

Työturvallisuus-, liikenteenohjaus- ja ympäristönsuojeluasioissa noudatetaan voimassa olevaa lainsäädäntöä ja viranomaisohjeita.

Ohjeen käyttäjän on otettava huomioon eri standardeissa ja kirjallisuusviitteissä mahdollisesti tapahtuneet muutokset.

Tässä ohjeessa ei käsitellä vedenalaisia injektointeja.

3 Laatuvaatimukset

Injektointityö tehdään tilaajan hyväksymän korjaussuunnitelman mukaan.

Olosuhteiden on oltava valittujen aineiden vaatimusten mukaiset. Injektointityön aikana rakenteen lämpötilan pitää olla kauttaaltaan vähintään +5 °C. Jos ulkoilman olosuhteet eivät ole vaatimusten mukaisia, käytetään sääsuoja.

Sementti-injektointiaineessa käytettävien raaka-aineiden (sementti, seos- ja lisäaineet) tekniset tuotetiedot toimitetaan tiedoksi Väyläviraston Taitorakenneyksikköön. Käytettävän sementti-injektointiaineen on oltava pakkasen- ja kloridirasituksen kestävä. Halkeaman sulkuaineen on kestävä injektointipaine ja halkeamaan mahdollisesti kohdistuvat liikkeet. Sulkuaine on voitava poistaa mahdollisimman helposti näkyviin jäävästä pinnasta.

Injektointiaineen valinta perustuu eurooppalaiseen standardiin SFS-EN 1504-5 ja Väyläviraston ohjeisiin *SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen* ja *SILKO 3.235 Injektointi-, imeytys- ja sulkuaineet*. Injektointiaineissa käytettävillä sementeillä ja seosaineilla tulee olla CE-merkintä ja SFS-EN 1504-5:n mukainen suoritustasoilmoitus. Väyläviraston töissä käytettävät injektointin sulkuaineet esitetään ohjeessa *SILKO 3.235 Injektointi-, imeytys- ja sulkuaineet*.

Sementti-injektointinissa käytettävien raaka-aineiden alustava valinta voidaan tehdä korjaussuunnitelmaa laadittaessa. Lopullinen valinta tehdään injektointityösuunnitelmaa laadittaessa. Vanhentuneita (yli 6 kk) raaka-aineita ei saa käyttää.

Sementti-injektointiaineissa käytetään lisäaineina notkistimia ja tarvittaessa esim. kiihdytintä tai paisuttavaa lisäainetta, joiden sopiva annostus määritetään ennakkokokeilla, huomioiden säilyvyysvaatimusten asettama vesi-sementtisuhde (notkistin ja kiihdytin) ja mahdollinen lujuutta alentava vaikutus (paisuttavat lisäaineet).

Sulkuaineena voidaan käyttää valumattomia paikkausaineita. Sementtipohjainen sulkuaine on helppo poistaa, mutta huono tiiviys saattaa aiheuttaa ongelmia. Runsaasti täyteainetta sisältävät muovipohjaiset sulkuaineet voidaan poistaa vasaralla koputtelemalla. Epoksipohjaisilla sulkuaineilla on paras tartunta.

Injektointilaitteessa on oltava suutinpainetta mittaava mittari, jotta riittävää painetasoa pystytään pitämään yllä riittävän pitkä aika ja jotta välttyään liian korkean injektointipaineen aiheuttamilta rakenteen lisävaurioilta.

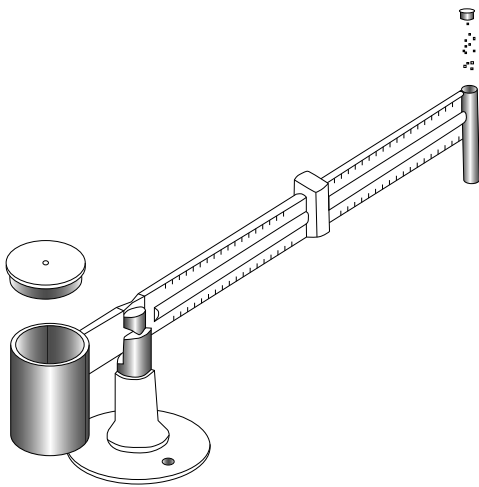
Injektointityön tekijän ammattitaito on osoitettava tilaajan hyväksymällä työnäytteellä tai referensseillä.

Injektointityön onnistuminen on varmistettava ennakkokokeilla riittävän ajoissa ennen varsinaisten injektointitöiden aloitusta. Ennakkokokeiden tarkoituksena on etsiä työn toteutuksen laatuparametrit tarvittaville eri ominaisuuksille, laastin jokaiselle tarvittavalle eri vesi-sementtisuhdevariaatiolle tai mahdollisen hiekan raekokovariaatioille.

Ennakkokokeessa määritellään massareseptikohtaisesti seuraavat asiat:

- vesi-sideainesuhde (säilyvyys- ja injektointivaatimukset)
- käytettävien lisäaineiden sopiva annostus notkeus- ja tunkeutuvuusvaatimusten täyttymiseksi
- tarvittava, riittävä sekoitus aika (riippuu mm. käytettävästä sekoitintyyppistä)
- injektointiaineen puristuslujuus (SFS-EN 445 kohdan 4.6 mukaisesti tai EN 12190 mukaisesti)
- injektointiaineen pakkasenkestävyys (pakkas- tai pakkas-suolarasitetuissa rakenteissa) joko P-lukuvaatimuksen tai laattakokeen CEN/TS 12390-9 mukaisesti
- injektointilaastin ilmamäärä (vähintään Väyläviraston ohjeen *Siltabetonien P-lukumenettely* mukaisesti)
- injektointilaastin tiheys (SFS-EN 445 kohdan 4.7 mukaisesti esim. Mud balance -vaakaa käyttäen, ks. kuva 3 *Mud balance -vaaka* (Pettersson & Molin 1999))

- injektointilaastin viskositeetti (juoksevuus; SFS-EN 14117 mukaisesti)
- injektointilaastin vedenerottuminen (SFS-EN 480 – 4 mukaisesti tai soveltaen SFS-EN 445 kohdan 4.5 mukaisesti)
- injektointilaastin sitoutumisaika (SFS-EN 480 – 2 mukaisesti)
- injektointilaastin notkeus leviämänä (esim. SFS-EN 1015-3 mukaisesti)
- ankkurijänteiden injektointilaastin osalta myös tilavuuden muutos (SFS-EN 445 mukaisesti)
- injektointivälineet, kuten injektointilaitte painemittareineen ja mahdollinen injektointitulppa
- sulkuaine
- sopiva injektointipaine koeinjektoinnilla
- sopiva injektointikohtien välinen etäisyys injektoitavasta halkeamakoosta ja -pituudesta riippuen.



Kuva 3. Mud balance -vaaka (Pettersson & Molin 1999)

Ennakkokokeen onnistuminen rakenteesta tarkistetaan lieriöporalla otettavan näytteen avulla. Näyteliön halkaisijan pitää olla vähintään 30 mm.

Hyväksytyssä ennakkokokeessa saatuja arvoja käytetään laadunvalvonnassa vertailuarvoina.

Ennakkokokeet on uusittava kokonaisuudessaan aina, mikäli injektointiaineen osa-aineissa, sekoituskalustossa, injektointikalustossa tai työtä suorittavassa henkilöstössä tapahtuu merkittäviä muutoksia.

Varsinaisen injektointityön käynnistyessä jokaisesta työmaalla valmistettavasta annoksesta tulee mitata/määrittää laadunvalvontatesteinä seuraavat laatuominaisuudet (em. standardien tai ohjeiden mukaisesti):

- injektointilaastin puristuslujuus
- injektointilaastin ilmamäärä
- injektointilaastin tiheys
- injektointilaastin viskositeetti tai notkeus
- injektointilaastin vedenerottuminen.

Tuloksia verrataan ennakkokokeissa saatuihin arvoihin. Lisäksi tulee varmistua siitä, että vesi-sideainesuhde ja sekoitusaika ovat oikeat.

Injektointityöstä on pidettävä pöytäkirjaa. Pöytäkirjan malli on ohjeen *SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen* liitteenä.

4 Työvaihevaatimukset

4.1 Valmistelevat työt

Urakoitsija laatii ennen injektointityön aloittamista yhdistetyn injektointityösuunnitelman ja laatusuunnitelman ohjeen *SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen* mukaisesti. Yhdistetyssä suunnitelmassa esitetään vähintään samat asiat kuin ohjeen *SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen* kohdassa *Työ- ja laatusuunnitelma* on esitetty.

Urakoitsija esittää tilaajalle muutokset korjaussuunnitelmaan ennakkokokeen tulosten perusteella.

Korjaustyötä suunniteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota injektointiaineen työstettävyyteen ja työtapaan. Injektointityön ajankohta on valittava niin, että rakenteiden lämpöliikkeet aiheuttavat mahdollisimman vähän rasituksia injektoituun halkeamaan.

Ennen injektointityötä on tehtävä seuraavat toimet:

- Liikenteen järjestelyjä varten laaditaan tarvittaessa ja hyväksytetään Väyläviraston ohjeiden *Liikenne tietyömaalla – Kunnossapitotyöt* ja *Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO)* mukainen liikenteenohjaussuunnitelma.

Liikenteen aiheuttama tärinä saattaa haitata laastin sitoutumista, joten tien sulkeminen liikenteeltä injektoinnin ja laastin kovettumisen ajaksi saattaa joissain tapauksissa olla tarpeen. Joskus riittää raskaan liikenteen ohjaaminen siltapaikan ohi. Tärinä saattaa vaikuttaa myös sulkuaineen valintaan. Tarvittavat ohjeet annetaan korjaussuunnitelmassa. Jos liikenne sallitaan, tielle tai radalle asetetaan tarvittaessa nopeusrajoitus.

- Työntekijät on perehdytettävä työhön.

Lisätöitä aiheuttavista, korjaussuunnitelmasta poikkeavista asioista on ilmoitettava kirjallisesti tilaajalle. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi:

- injektoitavien halkeamien määrä ylittää määräluettelossa ilmoitetun
- halkeamissa havaitaan suurempia liikkeitä kuin mitä suunnitelmaa laadittaessa on otaksuttu
- halkeamissa on kalkkia tai muuta valkeaa ainesta, jota ei ole suunnitteluvaiheessa havaittu
- kuivaksi oletetussa halkeamassa on vesivuoto.

Mahdolliset muutokset korjaussuunnitelmaan tai mahdolliset lisätyöt on hyväksyttävä tilaajalla.

4.2 Injektoinnin valmistelu

Telineet ja työtasot tehdään rakennustöiden turvallisuudesta annettujen määräysten ja ohjeen *RIL 142-2010 Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet* mukaan. Ajouradan puolelle tehdään tarvittaessa suojakaide.

Telineiden sijasta injektointityö voidaan tehdä siltakurjesta tai muusta henkilönostimesta käsin.

Laadunvalvontakokeet (kuva 4 [Marsh-kartio \(tai -suppilo\)](#)) tehdään kohdan 3 [Laatuvaatimukset](#) mukaan. Injektointilaitteiden kunto ja toiminta tarkistetaan ennakkokokeessa. Injektoinnin onnistuminen selvitetään poranäytteen avulla (kuva 5 [Injektointityön tulos tarkistetaan rakenteesta porattavasta näytteestä](#)).



Kuva 4. Marsh-kartio (tai -suppilo)



Kuva 5. Injektointityön tulos tarkistetaan rakenteesta porattavasta näytteestä

Ulkonäöllisesti haitallinen kalkki ja epäpuhtaudet hiotaan pois halkeaman kohdalta rakenteen pinnasta. Sementtipohjaista sulkuainetta käytettäessä puhdistetaan injektointimenetelmästä riippuen 30–100 mm:n levyinen kaista halkeaman molemmiin puoliin koneellisella teräsharjalla. Kaikki irtonainen aines poistetaan rakennusimurilla mahdollisuuksien mukaan myös onkaloista, tyhjätiloista ja saumatäytöistä. Jos betoni halkeaman läheisyydessä on harvaa, pinta puhdistetaan ja suljetaan niin laajalta alueelta, ettei injektointiaine purkaudu ulos halkeaman ympäristöstä injektointipaineen vaikutuksesta. Vaihtoehtoisesti halkeaman pinta piikataan auki ja paikataan valumattomalla paikkauslaastilla.

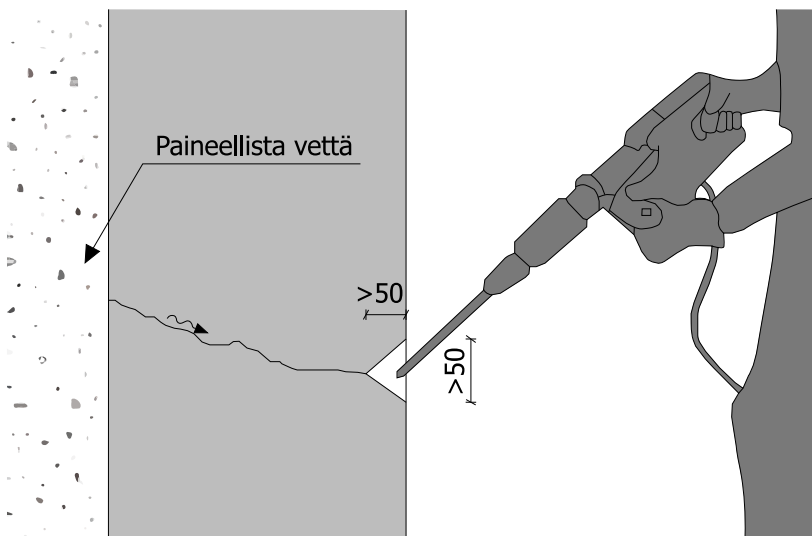
Mikrosementillä injektointiaessa käytetään sementin valmistajan suosittelemaa pumppua.

Valitun työmenetelmän vaatimien injektointivälineiden saanti on syytä varmistaa hyvissä ajoin.

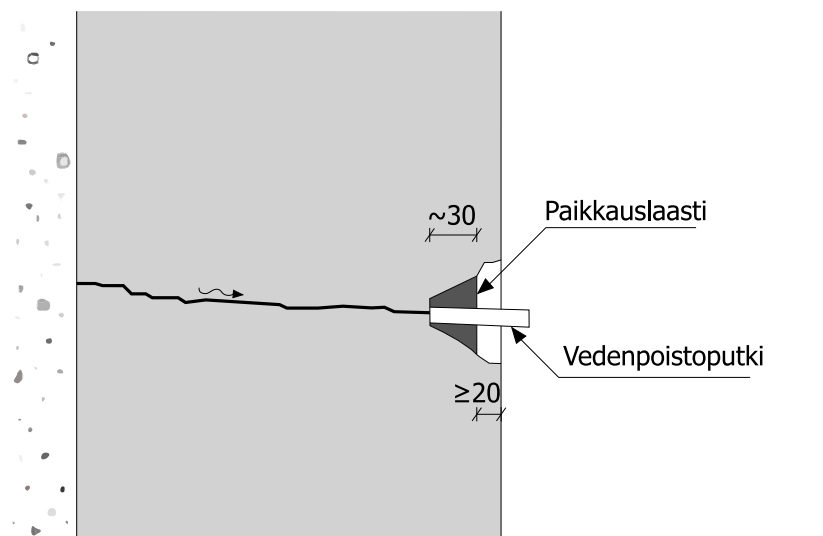
4.3 Vesivuodon ohjaaminen ja halkeaman pinnan sulkeminen

Jos halkeamassa on vesivuoto, sen syy on selvitettävä ja poistettava mahdollisuuksien mukaan. Sementti-injektointi ei onnistu, jos vesivuoto on voimakas. Vesivuoto on ohjattava vedenpoistoputkilla sopiviin kohtiin, jolloin korjaustyö aloitetaan seuraavasti:

1. Halkeama avarretaan piikkaamalla (kuva [6 Halkeama avarretaan piikkaamalla](#)) tai sahaamalla timanttiterällä 4 mm:n levyinen ura. Avausta ei uloteta raudoitukseen asti, ellei kalkkiutunut alue ulotu niin syvälle. Mikäli rakenteessa on viitteitä alkali-kiviainesreaktiosta, on korjausmenetelmät mietittävä ja varmistettava erikseen.
2. Vuotokohtaan kiinnitetään nopeasti sitoutuvalla paikkauslaastilla halkaisijaltaan 10 mm:n ja pituudeltaan 100 mm:n muovi- tai alumiiniputki (kuva [7 Vedenpoistoputki kiinnitetään halkeamaan](#)).



Kuva 6. Halkeama avarretaan piikkaamalla



Kuva 7. Vedenpoistoputki kiinnitetään halkeamaan

Vedenpoistoputken koko ja materiaali valitaan niin, että putki voi jäädä pysyvästi rakenteeseen. Vesi ohjataan suunnitelman mukaan siten, ettei siitä ole haittaa rakenteille.

Kuiva halkeama, jonka leveys on alle 10 mm, suljetaan valumattomalla paikkauslaastilla tai -massalla. Sulkuaine sekoitetaan huolellisesti tuotekohtaisten ohjeiden mukaan ja levitetään halkeaman päälle lastalla. Leveämpi halkeama avarretaan piikkaamalla (kuva 6 [Halkeama avarretaan piikkaamalla](#)). Piikattu ura täytetään joko ejektorilla ruiskuttamalla (*SILKO 2.233 Paikkaus ejektorilla*) tai levittämällä valumatonta paikkauslaastia lastalla (*SILKO 2.231 Paikkaus ilman muotteja*).

Jos korjataan rakenteessa olevaa onkaloa tai muuta tyhjää tilaa, pinta paikataan ensin ruiskuttamalla paikkauslaastia ejektorilla (*SILKO 2.233 Paikkaus ejektorilla*) tai paikkaamalla avattu kohta valumattomalla paikkauslaastilla (*SILKO 2.231 Paikkaus ilman muotteja*).

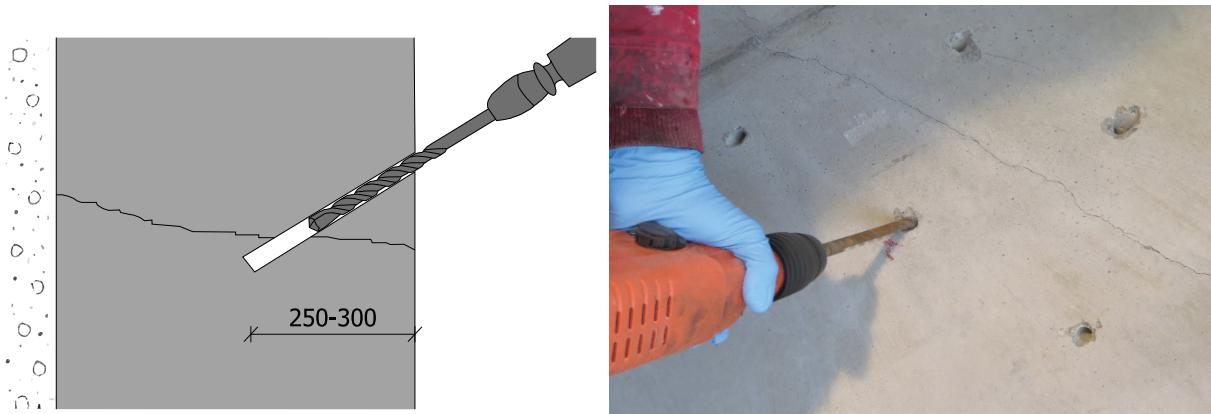
Betonelementtien välinen sauma suljetaan sopivalla muotilla, johon injektointireiät tehdään sopivin välein.

Kun pintapaikkaus on kovettunut, injektoitava rakenne puhdistetaan injektointireikien kautta vesihuuhTELulla.

4.4 Injektointitulppien asennus

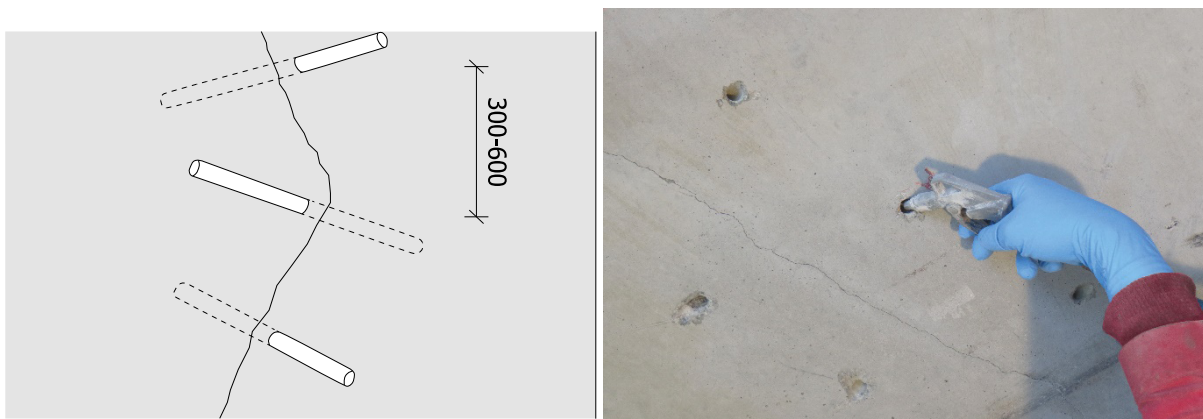
Injektointitulppia tai -putkia varten porataan reiät halkeaman pinnan sulkemisen jälkeen.

Reiät porataan mieluiten vinosti halkeaman poikki (kuva 8 [Reiät porataan siten, että ne leikkaavat halkeaman](#)). Reiät porataan poravasarella, jonka terä valitaan käytettävän injektointitulpan tai -putken mukaan.



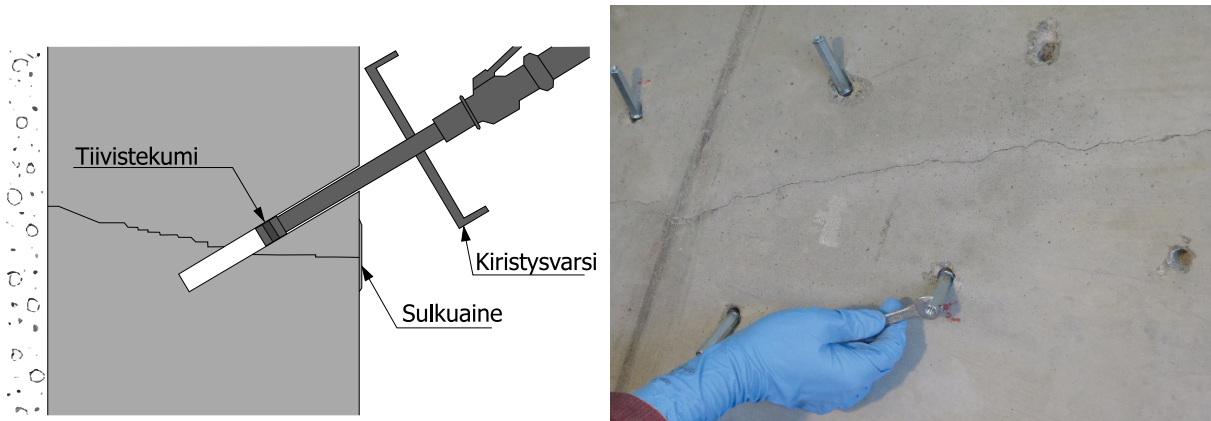
Kuva 8. Reiät porataan siten, että ne leikkaavat halkeaman

Reikiä porataan vähintään kaksi, jotta ilma ja vesi pääsevät poistumaan halkeamasta. Reiät porataan halkeaman suunnassa 300–600 mm:n välein (kuva 9 [Reiät porataan vuorotellen halkeaman molemmilta puolilta](#)).



Kuva 9. Reiät porataan vuorotellen halkeaman molemmilta puolilta

Injektointitulppa kierretään paikalleen (kuva 10 [Injektointitulpan kiinnitys injektointireikään](#)). Injektointiputki liimataan paikalleen.



Kuva 10. Injektointitulpan kiinnitys injektointireikään

Rakenteessa oleva onkalo tai muu tyhjä tila injektoidaan täyteen pintapaikkauksen läpi porattujen reikien kautta. Reiät porataan riittävän syvälle ja sijoitetaan niin, että injektointiaine täyttää tyhjät tilat.

4.5 Injektointityö

Kun injektointilaasti valmistetaan työmaalla itse, halkeaman injektointiin käytettävä sementti valitaan halkeama- tai rakoleveyden mukaan. Sopivat aineet valitaan mm. ohjeen *SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen* ja ohjeen *SILKO 3.235 Injektointi-, imeytys- ja sulkuaineet* taulukon mukaan.

Sementti-injektointiaineen juoksevuus (injektoitavuus) määritetään Marsh-kartiolla (SFS-EN 14117; yksi litra vettä läpäisee Marsh-kartion 27 sekunnissa). Juoksevuutta arvioidaan vertaamalla sitä ennakkokokeisiin.

Sementti-injektointiaine sekoitetaan koneellisesti sementin valmistajan ohjeiden mukaan. Injektointiainetta on sekoitettava jatkuvasti ennen injektointia ja myös pitkään jatkuvan injektoinnin aikana (esim. kuvan [11 Kolloidisekoitin](#) mukaisella sekoittajalla).



Kuva 11. Kolloidisekoitin

Sementtilaastin (täyttöinjektointi, laasti-injektointi) kiviaineksen suurin raekoko on yleensä 2 mm (mäntäpumppu). Saumoja, kiinnityksiä ja suuria onkaloita injektoidaessa voidaan käyttää 4 mm:n raekokoa (ruuvipumppu). Rakeisuuskäyrän pitää olla valitun sementin ohjealueella.

Laastin vesi-sideainesuhteen pitää olla ennakkokokeen mukainen. Sopiva notkeus leviämänä määritettynä on 80–120 mm.

Pumpattavuutta ei saa parantaa lisäämällä vettä. Tarvittaessa käytetään tehonotkistimia (tai nesteyttimiä).

Sementtilaasti valmistetaan yleensä käyttämällä porakoneeseen kiinnitettyä vispilää (kuva [12 Hyvä laastin sekoitussiivikko](#)), joka valmistetaan ja sekoitetaan sementin valmistajan ohjeiden mukaan. Jos laastia tarvitaan paljon, sekoitus tehdään erityisellä laastinsekoittimella tai pumppausyksikköön kuuluvalla sekoittimella.



Kuva 12. Hyvä laastin sekoitusiivikko

Sementtiliima (sementti-injektointiaine) pumpataan yleensä käsipumpulla (kuva [13 Käsitoiminen injektointipumppu](#)), mutta iso määrä sementtiliimaa ja sementtilaasti pumpataan yleensä konepumpulla (kuva [14 Konepumppu ja injektointitulppa](#)).

Pumppauspaine on yleensä 0,1–0,5 MPa (1–5 bar). Paine säädetään ohitusletkun hanalla ja sitä tarkkaillaan painemittarilla. Painemittarin pitää olla rakenteeltaan sellainen, että sementin pääsy mittarin sisään on estetty. Mitä syvemmällä kohde on rakenteessa, sitä suurempaa painetta voidaan käyttää. Liian suuri paine saattaa vaurioittaa pintapaikkausta ja aiheuttaa veden erottumisen. Kokemus on osoittanut, että tarvitaan noin yhden baarin paine rakenteen paksuusmetriä kohden.

Liian suuria injektointipaineita on vältettävä, ettei rakenteeseen tule lisävaurioita. Injektointi on tehtävä kohtuullisella paineella siten, että injektointiaine leviää rakenteeseen hitaasti ja tasaisesti.



Kuva 13. Käsitoiminen injektointipumppu



Kuva 14. Konepumppu ja injektointitulppa

Halkeama huuhdellaan aluksi puhtaalla vedellä. Huuhtelu on hyvä suorittaa edellisenä päivänä, jotta vesi ehtii imeytyä betoniin. Halkeaman sementti-injektointi aloitetaan notkeammalla laastilla, jonka tarkoitus on halkeaman injektoitavuuden selvittäminen. Mitä pienempi halkeama, sitä notkeampi laasti tarvitaan hyvän tunkeutuvuuden varmistamiseksi. Laastin notkeus on kokeiltava, ja sitä sakeutetaan asteittain niin paljon kuin mahdollista. Varsinainen injektointi aloitetaan alimmasta reiästä. Kun ylemmänä olevasta reiästä pursuaa täysivahvuista injektointiainetta, siirrytään injektointimaan tämän reiän kautta. Ylintä osaa injektointiaessa pumppausta hidastetaan niin, että ilma ja vesi varmasti poistuvat ennen reiän sulkemista.

Reikä suljetaan, kun siitä valuu täysivahvuista injektointiainetta. Injektointikohtaan jätetään noin 0,1 MPa:n ylipaine.

Täyttöinjektointi ja laasti-injektointi voidaan usein suorittaa vain yhtä laastin notkeusastetta käyttäen.

Jos injektointikohdassa ei ole painetta, injektointitulppa poistetaan välittömästi ja reikä suljetaan tarvittaessa hanalla tai puutapilla. Muussa tapauksessa odotetaan, kunnes injektointimassa on sitoutunut. Injektointiputki katkaistaan betonin pinnan tasosta.

Reiät ja kolot täytetään valumattomalla paikkauslaastilla.

Injektointivälineet on puhdistettava huolellisesti vedellä aina työn keskeytyessä pitemmäksi ajaksi. Huuhteluvedet eivät saa aiheuttaa ympäristöhaittoja.

5 Laadunvarmistus

Olosuhdemittaukset tehdään vähintään työvuoron alussa ja lopussa ja kerran työvuoron aikana.

Mittaus tehdään ilman lämpötila- ja kosteusmittareilla. Sääsuojan käyttö on suositeltavaa huonoille sääoloille alttiita rakenteita injektoitaessa.

Injektointityöstä on pidettävä pöytäkirjaa, jonka eräs malli on ohjeen *SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen* liitteenä. Ainemenekkiä on seurattava työn aikana. Pöytäkirja liitetään laaturaporttiin.

Injektoinnin onnistuminen tarkistetaan poraamalla rakenteesta kohdan [3 Laatuvaatimukset](#) mukaan näytteitä lieriöporalla ($\emptyset$ vähintään 30 mm) valvojan osoittamista kohdista (kuva [5 Injektointityön tulos tarkistetaan rakenteesta porattavasta näytteestä](#)). Näytteriät on paikattava ohjeen *SILKO 2.231 Paikkaus ilman muotteja* mukaan.

Jokaista alkavaa kymmentä injektoitua halkeamametriä kohden porataan lieriöporalla yksi näyte. Näytteitä pitää kuitenkin olla vähintään kolme kpl siten, että kaikista injektoiduista eri rakenneosista on näytteitä vähintään yksi kpl / rakenneosa.

Lieriöt porataan siten, ettei raudoitusta vahingoiteta. Näytteriät paikataan ohjeen *SILKO 2.231 Paikkaus ilman muotteja* mukaan Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävällä valumattomalla paikkausaineella siten, että näyttereikä on täysi.

Halkeaman täyttöasteen on oltava vähintään 80 %. Halkeaman pintaosan pitää olla täysi. Alitustapauksessa määritellään jatkotoimenpiteet tapauskohtaisesti rakenteen ja halkeaman tyypistä sekä rakenteen kuormituksesta riippuen.

Ennakkokokeessa suoritettavien eri testien yksittäinen testitulos saa alittaa kunkin testisarjan keskiarvon enintään 25 %.

Injektointityön aikana valmistettavien eri sementtiliima- tai -laastiannosten eri testien yksittäinen testitulos saa alittaa kunkin testisarjan keskiarvon enintään 25 %.

Työn valmistuttua kootaan ohjeen *SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen* kohdan *Laaturaportti* mukaiseksi laaturaportiksi mm. seuraavat dokumentit:

- korjaussuunnitelma
- yhdistetty injektointityösuunnitelma ja laatusuunnitelma
- ainetodistukset
- ennakkokoetulokset
- injektointipöytäkirjat
- injektointityön aikana suoritettujen laadunvarmistustestien koetulokset
- valokuvat poratuista lieriöistä
- mahdolliset poikkeamaraportit
- kelpoisuuden yhteenvetoraportti.

Laaturaportti luovutetaan tilaajan edustajalle viimeistään vastaanottotarkastuksessa.

6 Täydentävät ohjeet

Seuraavat viiteasiakirjat ovat välttämättömiä, jotta tätä ohjetta voidaan soveltaa. Jos viittaus kohdistuu tiettyyn versioon, tätä ohjetta koskee vain kyseinen versio. Jos viittauksessa ei ole mainittu versiota, sovelletaan viimeisintä versiota. Väyläviraston ohjeluettelo on nähtävissä Väyläviraston verkkosivuilla.

Väyläviraston ohjeet

- SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen
- SILKO 2.231 Paikkaus ilman muotteja
- SILKO 2.232 Paikkaus muottien avulla
- SILKO 2.233 Paikkaus ejektorilla
- SILKO 2.236 Halkeamien injektointi voimia siirtäväksi
- SILKO 3.235 Injektointi-, imeytys- ja sulkuaineet
- Sillantarkastuskäsikirja
- Liikenne tietyömaalla – Kunnossapitotyöt
- Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO)

Muut ohjeet

- SFS-EN 1504 – 5:2013 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 5: Betonirakenteen injektointi.
- SFS-EN 445 Ankkurijänteiden injektointilaasti. Testausmenetelmät.
- SFS-EN 14117 – 4:2005 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Sementtipohjaisen injektointilaastin viskositeetin määrittäminen.

-
- SFS-EN 480 – 4 Betonin, laastin ja juotoslaastin lisäaineet. Testausmenetelmät. Osa 4: Betonin vedenerottumisen määrittäminen.
 - SFS-EN 480 – 2 Admixtures for concrete, mortar and grout. Test methods. Part 2: Determination of setting time.
 - SFS-EN 1015 – 3 + A1 +A2. Muurauslaastien testimenetelmiä. Osa 3: Tuoreen laastin notkeuden määrittäminen iskupöydällä.
 - RIL 142-2010, Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. 241 s. ISBN 978-951-758-519-4

Liite A: Menetelmien erot

Menetelmä	Sementti-injektointi	Täyttöinjektointi (aikaisemmin injektointibetonointi)	Laasti-injektointi
Käyttökohde	Halkeaman korjaaminen, kun halkeamaleveys luokkaa $0,3 < x \leq 6$ mm; Jännepunos-ten suojaputkien injektointi	Rakenteessa (ulointa pintaa syvemmällä) olevien onkalojen, rakojen ja muiden tyhjätilojen (esim. kiviaineksen tyhjätilojen) täyttämisen sementin (ja hiekan) seoksella	Hyvin leveiden halkeamien eli murtumien (halk. leveys > 6 mm) tai kapeiden saumojen ($6 \text{ mm} < \text{sauman leveys} \leq 20 \text{ mm}$) täyttäminen injektointilaastilla; Ankkurointien kiinnitys
Soveltuva sementti-tyyppi	Mikrosementit, hienosementit (kun halk.leveys ≤ 1 mm), rakennussementit	Hienosementit, rakennussementit	Rakennussementit
Hiekan rae-koko yleensä	# 0...0,6 (...1,0) mm; Pienimissä halkeamissa (< 1 mm) ei usein käytetä hiekkaa lainkaan. # 1 mm kiveä käytetään yleensä > 3 mm leveiden halkeamien injektoinnissa.	# $0,6 < x \leq 4,0$ mm	# $1,0 < x \leq 4$ mm

Liite B: Testausvaatimukset eri työvaiheissa

TUOTE	Työmaalla irtomateriaaleista itse valmistettava seos (sementti + mahdolliset seosaineet, mahdollinen hiekka, vesi, lisäaineet)		Valmis säkkitavaratuote, johon työmaalla lisätään vain vesi	
	ENNAKKOKOKEET	"JATKUVAN TUOTANNON" LV	ENNAKKOKOKEET	"JATKUVAN TUOTANNON" LV
Testit / Vaihe				
vesi-sideainesuhde	x			
käytettävien lisäaineiden sopiva annostus notkeus- ja tunkeutuvuusvaatimusten täyttymiseksi	x			
tarvittava, riittävä sekoitusaika	x		x	
injektointiaineen puristuslujuus (SFS-EN 445, kohdan 4.6 mukaisesti)	x	x	x	x
injektointiaineen pakkasenkestävyys (pakkas- tai pakkas-suolarasitetuissa rakenteissa) joko P-lukuvaatimuksen tai laattakokeen CEN/TS 12390-9 mukaisesti	x			
injektointilaastin ilmamäärä (vähintään ohjeen "Siltabetonien P-lukumenettely" mukaisesti)	x	x	x	x
injektointilaastin tiheys (SFS-EN 445, kohdan 4.7 mukaisesti esim. Mud-balance -vaakaa käyttäen)	x	x	x	x
injektointilaastin viskositeetti (juoksevuus; SFS-EN 14117 mukaisesti)	x	x	x	x

Taulukko jatkuu...

TUOTE	Työmaalla irtomateriaaleista itse valmistettava seos (sementti + mahdolliset seosaineet, mahdollinen hiekka, vesi, lisäaineet)		Valmis säkkitavaratuote, johon työmaalla lisätään vain vesi	
injektointilaastin vedenerottuminen (SFS-EN 480 – 4 mukaisesti tai soveltaen SFS-EN 445 kohdan 4.5 mukaisesti)	x	x	x	x
injektointilaastin sitoutumisaika (SFS-EN 480 – 2 mukaisesti)	x		x	
injektointilaastin notkeus leviämänä (esim. SFS-EN 1015-3 mukaisesti)	x		x	
ankkurijänteiden injektointilaastin osalta myös tilavuudenmuutos (SFS-EN 445 mukaisesti)	x		x	
injektointivälineet, kuten injektointilaite painemittareineen ja mahdollinen injektointitulppa	x		x	
sulkuaine	x		x	
injektointipaine	x		x	

x testi tehdään



Väylävirasto
Trafikledsverket

