

VAURIO



Kuva 1. Liian suuren maanpaineen aiheuttamia halkeamia.

Halkeamia syntyy betonirakenteisiin mm. betonin kutistumisen seurauksena, kun vetojännitys ylittää betonin vetolujuuden. Syy on yleensä huono jälkihoito tai betonimassan riittämätön tiivistys. Leveä halkeama syntyy yleensä rakenteen murtumisen seurauksena, jonka syy voi olla

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

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

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

KORJAUSTARVE



Kuva 2. Poranäytteen paljastama tyhjä tila kansilaatassa.

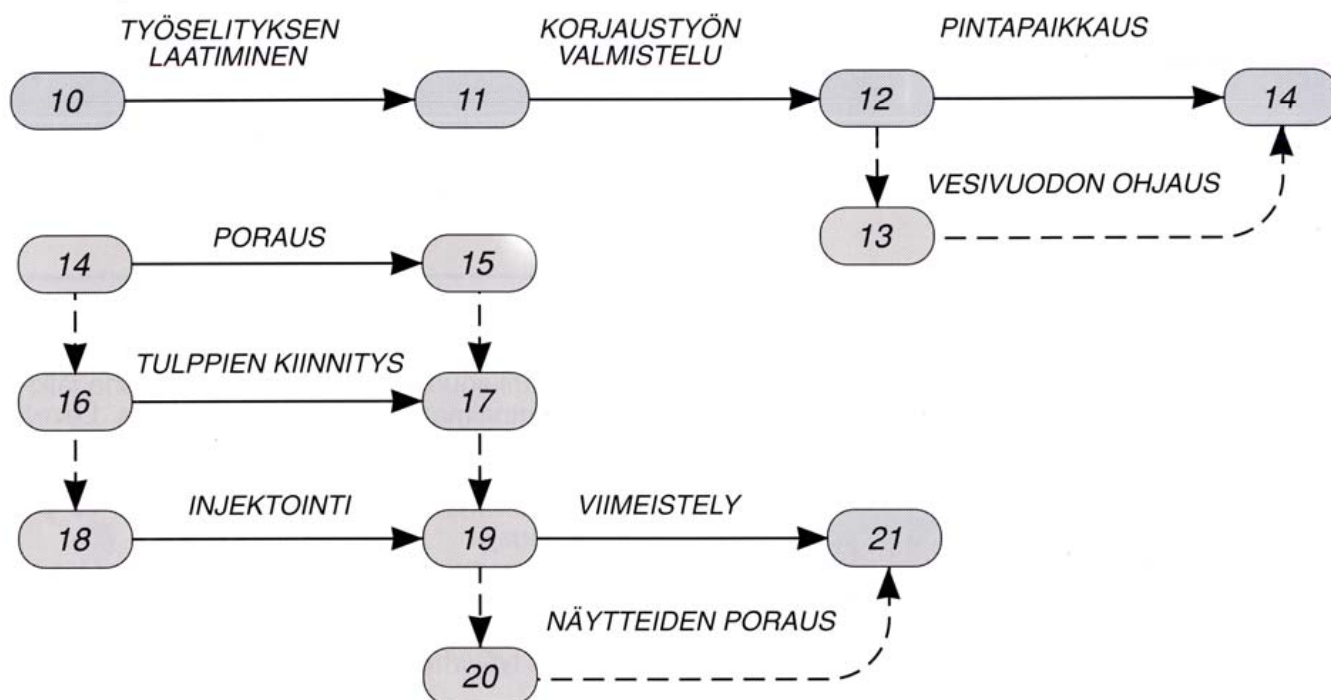
Jos teräsbetonirakenteen halkeaman kautta on vesivuoto, korjaus on tehtävä ensi tilassa. Muissa tapauksissa halkeaman luonne ja vaikutus rakenteen kapasiteettiin ratkaisevat korjaustyön kiireellisyyden. Halkeaman syy on aina selvitettävä ja poistettava.

Tyhjän tilan täyttäminen tehdään yleensä muiden korjaustöiden yhteydessä.

Tätä ohjetta voidaan soveltaa myös kivirakenteiden ja betonisten siltarakenteiden ulkopuolisia tyhjätiloja ja betonielementtien saumoja täytettäessä.

Vaihtoehtoisia korjaustapoja ovat halkeaman injektointi epoksilla ja tyhjän tilan täytössä ejektointi, injektointibetonointi tai paikkaus ilman muotteja. Ne tehdään eri SILKO-ohjeiden mukaan.

KORJAUSTYÖN VAIHEET



TARVITTAVAT RESURSSIT

TYÖVOIMA: — työnjohtaja (TJ), rakennusammattimies (RAM) ja kaksi rakennusmiestä (RM).

TYÖVÄLINEET: — sähköaggregaatti 5 — 9 kW
 — iskuporakone ja kulmahiomakone
 — hämmentimellä varustettu sähköporasekoitin (200 — 300 r/min.; mikrosementti 500 — 2000 r/min.) sementin toimittajan suosituksen mukaan
 — injektointipumppu ja -tulpat, painemittari, paineilmaletku liittimiseen ja sulkuhanoja
 — tarvittaessa kevyt piikkausvasara ja taltat
 — työvälineitä voidaan myös vuokrata (SILKO 4.202).

TYÖMAA-JÄRJESTELYT JA TYÖSUOJELU: — porattaessa tai hiottaessa silmien- ja kuulonsuojaimet
 — injektointiainetta sekoitettaessa ja injektoitaessa silmiensuojaimet ja suojakäsineet
 — tarvittaessa siltakurki (SILKO 4.291) tai muu henkilönostin taikka putkitelineet (SILKO 4.202).

TARVEAINEET: — mikrosementti tai portlandsementti CEM I
 — tarvittaessa sementti-injektointilaastin runkoaines
 — tarvittaessa lisäaineet; mm. mikrosementti vaatii notkistavan ja injektoitavuutta lisäävän lisäaineen
 — tarvittaessa valumaton paikkauslaasti tai -massa (SILKO 3.231) tai injektointilaasti
 — tarvittaessa nopeasti sitoutuva paikkauslaasti (pikatulppa).

LIKIMÄÄRÄISET TYÖSAAVUTUKSET: — halkeaman injektointi 5 — 15 m/työvuoro.

SEMENTTI-INJEKTOINNIN VALMISTELU

Halkeaman syy on aina selvitettävä sillantarkastusohjeen (TIEL 2232219) mukaan.

Injektointityötä varten on laadittava työselitys, jossa esitetään ainakin

- halkeamien syyt ja vaurioluokitus
- liikennejärjestelyt
- henkilönostimen tai telineiden käyttö
- sulkuaine ja injektointiaine
- ennakkokoe
- injektointimenetelmä
- betonipinnan viimeistely
- työ- ja ympäristösuojelutoimet
- työhön vaikuttavat paikalliset olot kuten rautatien sähköistys ja työskentely rautatien läheisyydessä (neuvoteltava rautatieviranomaisten kanssa), työnaikainen liikenne, vesistön käyttö jne.

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

Työssä tarvittavia taustatietoja on saatavissa mm. seuraavista SILKO-yleisohjeista:

- SILKO 1.201; osa-aineet ja työsuojelu
- SILKO 1.203; purkamismenetelmät ja niiden vaatimat työsuojelutoimet.

Liikenteen järjestelyjä varten laaditaan tarvittaessa eri ohjeen /1/ mukaan suunnitelma, jonka tiepiiri hyväksyy. 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 työselityksessä. Jos liikenne sallitaan, tielle asetetaan nopeusrajoitus 30 km/h, johon tarvitaan tiepiirin päätös.

Telineet ja työtasot mitoitetaan rakennustyön järjestysohjeiden /2/ 6. ja 7. luvun sekä työ- ja suojatelineohjeiden /3/ mukaan. Yleensä käytetään putkitelineitä. Ajoradan puolelle tehdään suojakaide ainakin silloin, kun ajokaistan reuna on alle metrin etäisyydellä työskentelyalueesta.

Valitun työmenetelmän vaatimien injektointivälineiden saanti on syytä varmistaa hyvissä ajoin. Injektointipumpussa on oltava painemittari. Mikrosegmentillä injektointiaessa käytetään sementin valmistajan suosittamaa pumppua. Sementti-injektointeissa on saatu hyviä kokemuksia Imatran Voima Oy:n kehittämästä injektointipumpusta, jonka piirustukset ovat saatavissa IVO:n betonilaboratoriosta.

Injektointilaastin runkoaineen rakeisuus ja laastin levenemä on selvitettävä ennen injektointityötä. Ennakkokokeista ja lisäaineiden laadunvalvonnasta on annettava ohjeet työselityksessä.

VESIVUODON OHJAAMINEN JA HALKEAMAN PINNAN SULKEMINEN

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

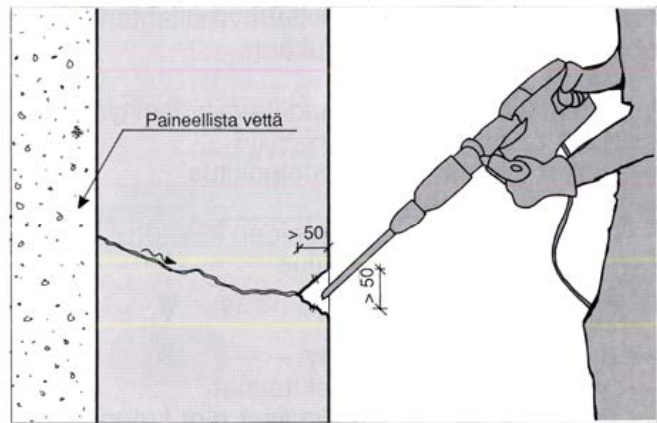
1. Halkeama avarretaan piikkaamalla (kuva 3).
2. Vuotokohtaan kiinnitetään nopeasti sitoutuvalla paikkauslaastilla (pikatulppa) 10–100 mm:n muovi- tai alumiiniputki (kuvat 4 ja 5). Vedenpoistoputken koko ja materiaali valitaan niin, että putki voi jäädä pysyvästi rakenteeseen. Vesi on ohjattava niin, ettei siitä ole haittaa muille rakenteille.

Kuiva halkeama, jonka leveys on alle 10 mm, suljetaan valumattomalla paikkauslaastilla tai -massalla, joka levitetään lastalla. Leveämpi halkeama avarretaan piikkaamalla (kuva 3). Piikkattu ura täytetään joko ejektorilla ruiskuttamalla tai levittämällä lastalla valumaton paikkauslaasti eri ohjeiden /4/ tai /5/ mukaan.

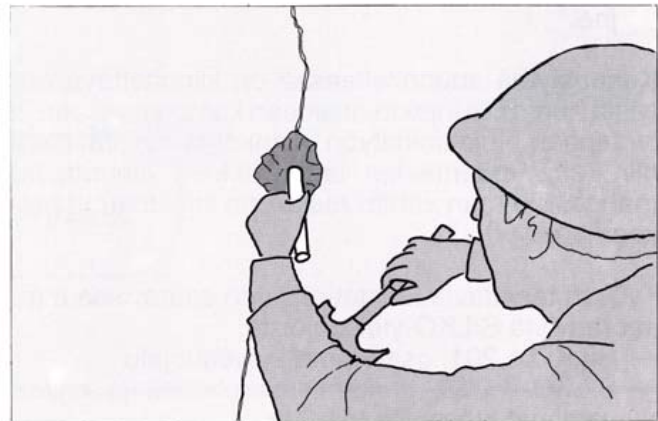
Jos korjataan rakenteessa olevaa onkaloa tai muuta tyhjää tilaa, pinta paikataan ensin ruiskuttamalla paikkauslaasti ejektorilla /4/ tai paikkaamalla avattu kohta valumattomalla paikkauslaastilla /5/.

Betonielementtien välinen sauma suljetaan puumuotilla, johon injektointireiät tehdään sopivin välein.

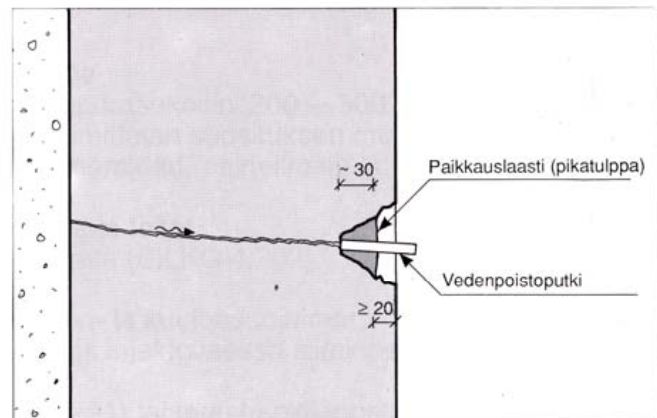
Kun pintapaikkaus on kovettunut, injektoitava rakenne puhdistetaan injektointireikien kautta vesihuuhtelulla.



Kuva 3. Halkeama avarretaan piikkaamalla.



Kuva 4. Vedenpoistoputki kiinnitetään halkeamaan.



Kuva 5. Halkeaman pinta suljetaan sopivalla aineella.

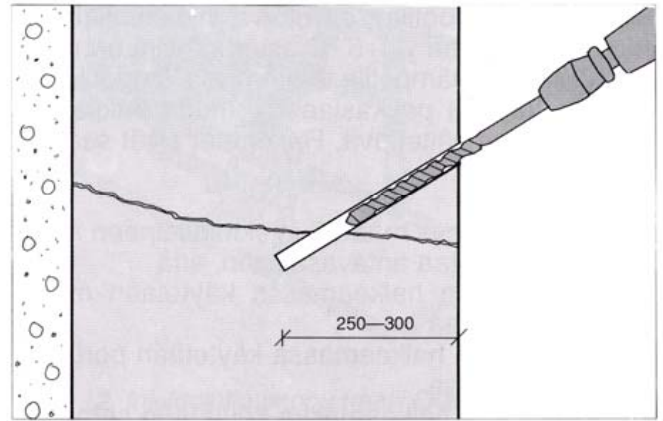
INJEKTOINTITULPPIEN ASENNUS

Injektointitulppia tai -putkia varten porataan reiät halkeaman pinnan sulkemisen jälkeen. Reiät porataan mieluummin vinosti halkeaman poikki (kuva 6). Reiät porataan iskuporakoneella, jonka terä valitaan käytettävän injektointitulpan tai -putken mukaan. Suositeltava reiän halkaisija on 38 mm, jolloin injektointitulpan ulkoputken halkaisija voi olla 33 mm ja letkuvarustuksena voidaan käyttää sisähalkaisijaltaan 20—25 mm:n paineilmaletkua. Reiät porataan paksuissa rakenteissa 250—300 mm:n syvyyteen (kuva 6).

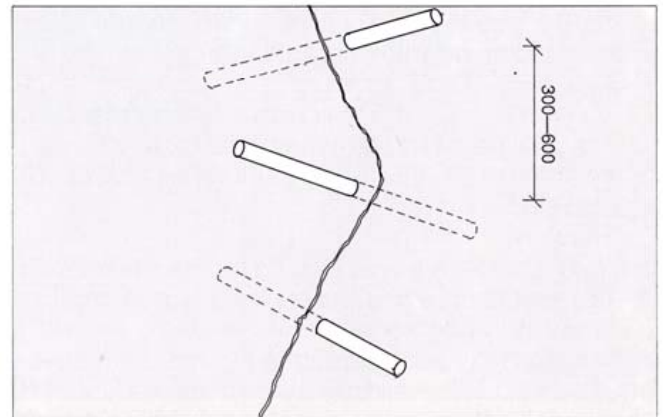
Reikiä porataan vähintään kaksi, jotta ilma ja vesi pääsevät poistumaan halkeamasta. Reiät porataan halkeaman suunnassa 300—600 mm:n välein (kuva 7).

Jos käytetään injektointitulppia, niiden saanti on varmistettava riittävän ajoissa, koska valmistajia on vain muutamia. Injektointitulppa kierretään paikalleen (kuva 8). Muovista tai alumiinista valmistettu injektointiputki liimataan paikalleen.

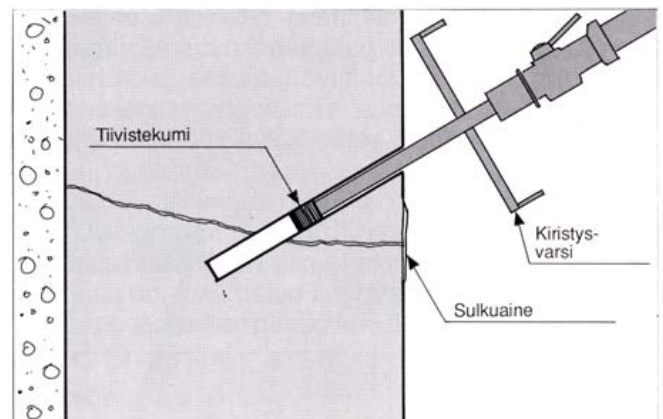
Rakenteessa oleva onkalo tai muu tyhjä tila injektoidaan täyteen pintapaikkauksen läpi porattujen reikien kautta (kuva 9). Reiät porataan riittävän syväälle ja sijoitetaan niin, että injektointiaine täyttää tyhjät tilat.



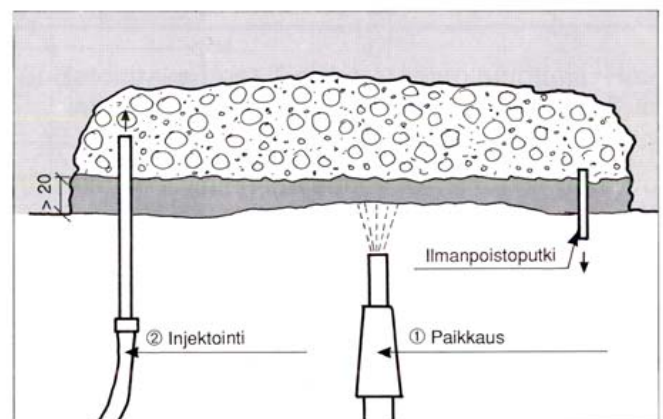
Kuva 6. Reiät porataan niin, että ne leikkaavat halkeaman.



Kuva 7. Reiät porataan vuorotellen halkeaman molemmilta puolilta.



Kuva 8. Injektointitulpan kiinnitys injektointireikään.



Kuva 9. Onkalon injektointi.

SEMENTTI-INJEKTOINTI

Rakenteen lämpötilan on oltava injektointiaineen sitoutumisen ajan yli $+5^{\circ}\text{C}$ astetta, mikä on myös alin työskentelylämpötila. Alemmissa lämpötiloissa voidaan käyttää pakaslaastia, mutta pakkasella injektointia on vältettävä. Rakenteet eivät saa olla jäässä.

Halkeaman leveys määrää injektointiaineen koostumuksen suuntaa antavasti siten, että

- 0,5—3 mm:n halkeamassa käytetään mikro-sementtiliimaa
- 3—10 mm:n halkeamassa käytetään portland-sementtiliimaa
- yli 10 mm:n halkeamassa käytetään sementtilaastia.

Mikro-sementtiliima valmistetaan tuotteen valmistajan ohjeiden mukaan.

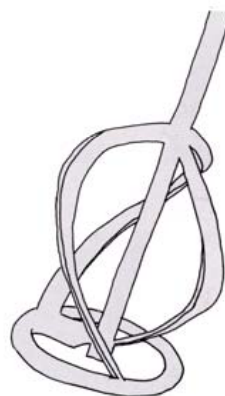
Portland-sementtiliima valmistetaan sekoittamalla paisuttavaa lisäainetta tuotekohtaisen ohjeen mukaan tai 3—5 g alumiinipulveria 50 kg:aan sementtiä.

Sementtilaastin runkoaineena käytettävän hiekan suurin raekoko on yleensä 2 mm (mäntäpumppu). Elementtien saumoja ja suuria onkaloita injektoidaessa voidaan käyttää 4 mm:n raekokoa (ruuvipumppu). Rakeisuuskäyrän pitää olla kuvan 10 ohjealueella. Kiviaineksen on täytettävä kiviainesohjeen/6/ vaatimukset. Yleensä riittää ohjeen tavallinen luokka, mutta erikoisluokkakin saattaa tulla kysymykseen. Luokka on mainittava työselityksessä. Sementtilaastin pitää olla pakkasenkestävä. Ilmapitoisuus mitataan injektointityön alussa ja vähintään kerran työvuoron aikana. Vesisideainesuhteen pitää olla noin 0,50. Sopiva notkeus leviämänä määritettynä on 80—120 mm. Leviämä määritetään kuivan lasilevyn päällä kupari- tai messinkilieriön avulla, jonka sisähalkaisija on 39 mm ja korkeus 50 mm. Lieriö täytetään laastilla ja sitä nostetaan tasaisesti nostonopeudella 50 mm/s. Leviämäkuvion pitää olla niin säännöllinen, että sen pienin halkaisija on vähin-

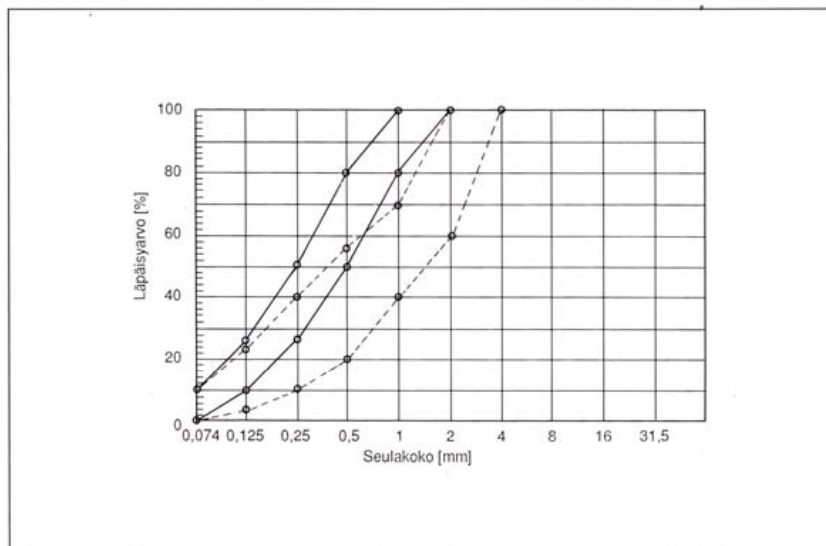
tään 90 % suurimmasta halkaisijasta. Suurimman ja pienimmän halkaisijan keskiarvo millimetreinä on kokeen antama tulos /7/.

Hyvin koossapysyvän, paisuvan tai helposti pumpattavan injektointiaineen aikaan saamiseksi tarvitaan yleensä lisäaineita. Lisäaineiden käytöstä annetaan ohjeet työselityksessä ja noudatetaan ao. ohjetta /7/. Pumpattavuutta ei saa parantaa vettä lisäämällä vaan bentoniitillä, jonka annostus on 0,5—1 % sementin painosta. Yliannostus aiheuttaa lujuuskadon.

Sementtiliima tai -laasti sekoitetaan koneellisesti niin, että kierrosnopeus on tavallisesti 200—300 r/min, mutta esim. mikro-sementti saattaa vaatia huomattavasti suuremman kierrosnopeuden. Yleensä käytetään porakoneeseen kiinnitettyä siivikkoa (kuva 11). Injektointiaineen sekoitus aika on vähintään neljä minuuttia. Mikro-sementtiliima sekoitetaan valmistajan suosittelemalla tavalla. Sementti-injektointiaineet vaativat yleensä välihämmennyksen. Injektointiainetta on hämmennettävä jatkuvasti ennen injektointia ja myös pitkään jatkuvan injektoinnin aikana.



Kuva 11. Hyvä sekoitussiivikko.



Kuva 10. Sementti-injektointilaastin runkoaineen rakeisuuden ohjealue.

Injektointilaasti pumpataan yleensä käsipumpulla (kuva 12), mutta isot määrät pumpataan konepumppulla (kuva 13). Pumppauspaine on 0,1—0,5 MPa (1—5 kp/cm²). 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.

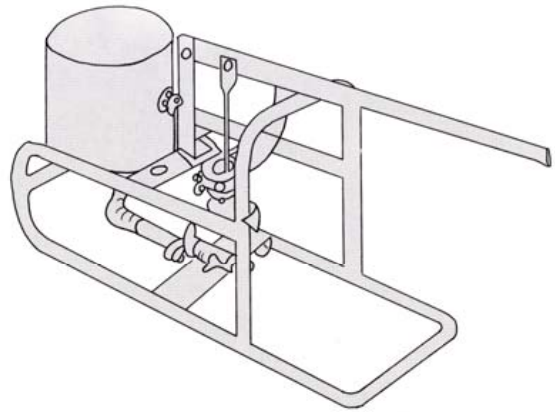
Halkeama huuhdellaan aluksi puhtaalla vedellä. Sementtilaastia käytettäessä ja tarvittaessa muulloinkin injektointi aloitetaan notkeammalla laastilla, jonka tarkoitus on halkeaman injektointivuuden selvittäminen. Laastin notkeus on kokeiltava ja sitä sakteutetaan niin paljon kuin mahdollista. Varsinainen injektointi aloitetaan alimmasta reiästä. Kun ylempänä olevasta reiästä pursuaa täysivahvuista injektointiainetta, siirrytään injektointimaan tämän reiän kautta. Ylintä osaa injektointaessa 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.

Jos injektointikohdassa ei ole painetta, injektointitulp-pa poistetaan välittömästi ja reikä suljetaan tarvittaessa hanalla tai puutapilla. Muussa tapauksessa odotetaan kunnes injektointiaine 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.

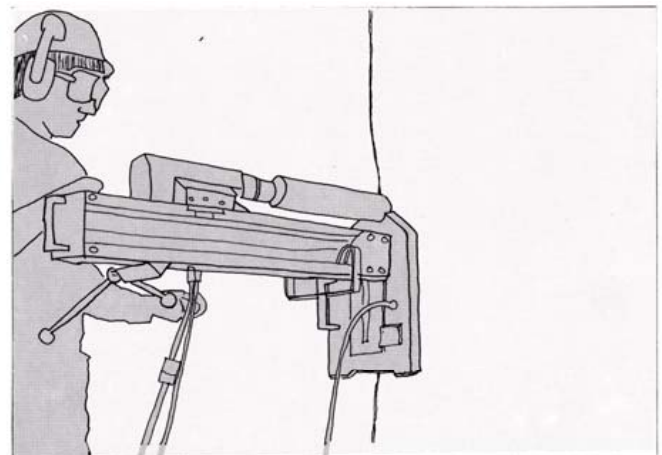
Injektoinnin onnistuminen tarkistetaan poraamalla rakenteesta näytteitä lieriöporalla (kuva 14). Näyte-reiät on paikattava eri ohjeen /5/ mukaan. Injektointilaastin kutistumisesta tai muista syistä johtuvat virheet korjataan yleensä epoksi-injektoinnilla eri ohjeen /8/ mukaan.



Kuva 12. Injektointipumppu (malli Oulujoki/IVO).



Kuva 13. Konepumppu ja injektointipistooli.



Kuva 14. Injektoinnin onnistuminen tarkistetaan poraamalla rakenteesta näytelieriöitä.

KORJAUSTYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT OHJEET

- /1/ Liikenne tietyömaalla. Helsinki: Tiehallitus. TIEL 2272000.
- /2/ Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta. Vnp n:o 629, 23.6.1994.
- /3/ RIL 142—1984. Työ- ja suojatelineohjeet (standardit). Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- /4/ Betonirakenteet. Paikkaus ejektorilla. Helsinki: Tielaitos, siltakeskus, 1995. 5 s. (SILKO 2.233) TIEL 2230096 – 2.233.
- /5/ Betonirakenteet. Paikkaus ilman muotteja. Helsinki: Tie- ja vesirakennushallitus, 1992. 5 s. (SILKO 2.231) TIEL 2230096 – 2.231.
- /6/ Betonin kiviainesohjeet 1990. by 33. Jyväskylä: Suomen Betoniyhdistys r.y. 1991. 39 s. ISBN 951-9365-45-1.
- /7/ Betoninormien edellyttämää käyttöselosteita koskevat ohjeet. by 22. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 1985. 86 s. ISBN 951-9365-22-2.
- /8/ Betonirakenteet. Halkeaman injektointi epoksilla. Helsinki: Tielaitos, 1993. 5 s. (SILKO 2.236) TIEL 2230096 – 2.236.