

1 VAURIO



Sukelluspalvelu Stella Maria

Kuva 1. Seinämäisen tuen syöpymää.



Helsinki satama, Vesa Saukkonen

Kuva 2. Betonin eroosion ja raudituksen korroosion vaurioittama paalu.

Siltojen, laitureiden ja muiden vesistöissä sijaitsevien taitorakenteiden alusrakenteiden, kuten betonisten maa- ja välitukien alaosat, peruslaatat, an-
turat ja paalut, vaurioitumisen syynä voi olla useita eri mekanismeja.

Tyypillisimpiä vedessä olevien rakenteiden vaurioita ovat veden virtauksen ja jäiden liikkeiden aiheuttamat kuluminen ja eroosio, joita syntyy myös alusten aiheuttamista potkurivirtauksista ja kavi-
taatiosta.

Vaurion syynä voi olla esimerkiksi betonin riittämättömän pakkasenkestävyys tai työvirheen seurauksena liian ohueksi jäänyt betonipeite tai rakentee-
seen on valuvaiheessa jäänyt onkaloita tai muita huonosti tiivistettyjä kohtia (kuva 1). Raudoitteiden korroosion aiheuttamat vauriot näkyvät etenkin vedenvaihtelualueella lohkeiluna ja halkeiluna (kuva 2). Jäätymis-sulamisvauriot näkyvät rapautumisena vedenvaihtelu- ja roiskealueella. Myös kemialliset reaktiot, suolan kerrostuminen merivedestä ja sulfaatin pelkistysreaktiot voivat aiheuttaa vauriota.

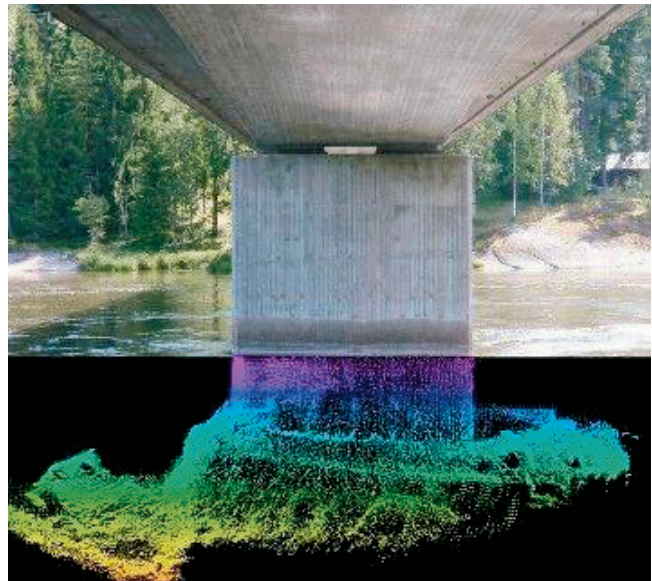
Törmäykset rakenteisiin, liikenteestä johtuvat kuormitukset, jäiden liikkeet, lämpöliikkeet ja alusten nojaaminen aiheuttavat lohkeilua ja kulumista.

2 KORJAUSTARVE

Yleensä vedenalaiset rakenteet kunnostetaan sillan tai muun taitorakenteen peruskorjauksen yhteydessä, mutta korjaustarve on optimoitava vaurion vakavuuden ja laajuuden sekä vaurion arvioitun etenemisnopeuden ja kerrannaisvaikutusten perusteella. Rakenteen korjaustarve selvitetään vedenalaisella tarkastuksella (kuva 3). Tarkastuksen jälkeen päätetään, uusitaanko vai korjataanko rakenne, ja tehdäänkö se vedenalaisena vai kuivatyönä.

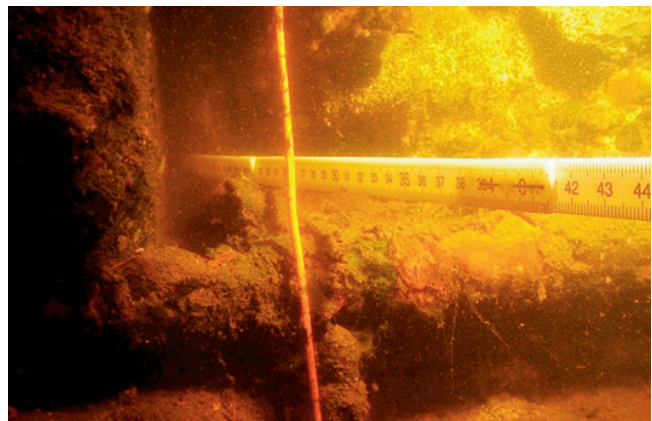
Sillantarkastuskäsikirjan /1/ taulukoissa 1, 2, 3, 5 ja 6 sekä Laituritarkastuskäsikirjan /2/ taulukoissa L1–L4 on esitetty vauriotyyppejä, joiden korjaamisessa sovelletaan tätä ohjetta, kun rakenne sijaitsee veden alla. Lisäksi Kanavarakenteiden tarkastuskäsikirjan /3/ taulukoissa K1–K5 ja Kiinteiden merimerkkien tarkastuskäsikirjan /4/ taulukoissa M1–M4 on esitetty vauriotyyppejä, joiden vedenalaisten rakenteiden korjaamisessa noudatetaan myös tätä ohjetta. Esitetyt vauriotyypit käsittelevät betonin rapautumista, kulumista, halkeilua, valuvikoja ja lohkeamia sekä raudoituksen korroosiota (kuva 4).

Taulukoissa esitetyt vaurioluokat ilmoittavat vaurion merkityksen liikenneturvallisuuden ja/tai rakenteen säilyvyyden näkökulmasta. Mitä vakavamasta vauriosta on kyse, sitä nopeammin siihen tulee puuttua seurausvaikutusten vuoksi.



VRT Finland Oy, Kirsi Hämmäinen

Kuva 3. Kaikuluotainkuva välituen vedenalaisesta osasta.



Sukelluspalvelu Stella Maria

Kuva 4. Betonimuurin syöpymää harvavalukohdassa.

3 OHJEEN SOVELTAMISALA

Tässä ohjeessa käsitellään taitorakenteiden vedenalaisten betonirakenneosien korjaamista. Tällaisia rakenteita ovat muun muassa siltojen ja laiturien betoniset maa- ja välitukien alaosat, peruslaatat, anturat ja paalut. Lisäksi ohjeessa käsitellään teräsvaippaisia betonirakenteita, joita ovat esimerkiksi teräspintaiset välituet ja betonipaalut. Mikäli rakenne korjataan kuivatyönä, esimerkiksi vesitiiviin kammiorakenteen sisällä, tehdään työ kyseisen korjausmenetelmän SILKO-ohjeita noudattaen.

Vedenalaisten rakenteiden korjaamiseksi laaditaan korjaussuunnitelma, joka perustuu etukäteen tehtyyn vedenalaiseen tarkastukseen. Korjaussuunnitelman yhteydessä määritetään kantavuus selvityksen tarpeellisuus.

Tämän ohjeen mukaan korjataan vedenalaisten ja vedenvaihtelualueilla olevien rakenteiden rapautumis- ja kulumisvauriot, valuviat, lohkeamat, onkalot ja halkeamat sekä raudoituksen korrosiovauriot (kuva 5). Korjauksilla palautetaan rakenteiden toimintakyky ja ulkonäkö vastaamaan ko. rakenteelle asetettua käyttöikätaivoitetta.

Tässä ohjeessa ei käsitellä perustusten alapuolista täyttöä ja esimerkiksi niiden huuhtoutumista ja eroosiovaurioita, koska niiden korjaaminen edellyttää yleensä perustäytön vahventamista betonin korjaamisen sijaan. Tällaisten vaurioiden korjaus suunnitellaan yleensä tapauskohtaisesti.

Korjausalustan kunnostamisessa sovelletaan tämän ohjeen lisäksi *SILKO-ohjetta 1.203 Purkamis- ja esikäsitelymenetelmät /5/*. Betonin pintakerroksen purkaminen voidaan aloittaa urakoitsijan laatiman työsuunnitelman mukaan Liikenneviraston *Betonisiltojen korjaussuunnitteluohjeen liitteessä 1 Betonipinnan poistamisohjeita siltojen korjauksissa /6/* esitetyssä määrin.

Korjausmenetelmän mukaan korjauksessa sovelletaan seuraavia betonirakenteiden korjausohjeita:

- SILKO 2.231 Paikkaus ilman muotteja
- SILKO 2.232 Paikkaus muottien avulla
- SILKO 2.236 Halkeamien injektointi voimia siirtäväksi
- SILKO 2.237 Sementti-injektointi

Rakojen ja tyhjätilojen täyttämässä tai vesivuotojen sulkemisessa voidaan käyttää myös olosuhteisiin soveltuvaa polyuretaania tai muuta tarkoitukseen soveltuvaa korjaussuunnitelmassa



Voimalaasti, Matti Ruuti

Kuva 5. Betonin eroosioaurio pilarissa.

esitettyä tuotetta. Polyuretaanit eivät kuitenkaan sovellu rakenteellisiin korjauksiin.

Korjausmenetelmän ja käytettävien tuotteiden on sovelluttava vedenalaisten betonirakenteiden korjaustöihin.

Työturvallisuutta koskevissa asioissa noudatetaan *SILKO-yleisohjetta 1.111 Työturvallisuus /7/*. Ympäristönsuojelu toteutetaan *SILKO-yleisohjeen 1.112 Ympäristönsuojelu /8/* mukaisesti.

Vedenalaisessa tarkastuksessa noudatetaan *Sukellustarkastusohjetta /9/* ja *Taitorakenteiden tarkastusohjetta /10/* sekä kyseisestä taitorakenteesta laadittua tarkastuskäsikirjaa.

4 LAATUVAATIMUKSET

Korjaustyötä varten on laadittava korjaussuunnitelma, joka sisältää valittujen korjausmenetelmien laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet.

Korjauksen pääsuunnittelijalla on oltava FISE Oy:n toteama Betonirakenteiden A-vaativuusluokan korjaussuunnittelijan pätevyys ja rakenteiden kantavuuteen vaikuttavissa tehtävissä Betonirakenteiden AA-vaativuusluokan suunnittelijan pätevyys.

Suunnittelija esittää korjaussuunnitelmassa korjaustyössä noudatettavat materiaalien ja työn suorituksen laatuvaatimukset sekä kelpoisuuden osoittamiseksi tehtävät kokeet ja niiden määrät. Taulukossa 1 on esitetty uudisrakentamisessa noudatettavat vedenalaisten tukirakenteiden vähimmäisvaatimukset, joita suunnittelija voi käyttää suuntaa antavana ohjeena korjaussuunnitelmaa laatiessaan.

Taulukko 1. Uudisrakentamisessa noudatettavat betonisten tukirakenteiden vähimmäisvaatimukset.

Rakenneosa	Tunnus	Rasitusluokaryhmä	Vaatimukset						Suunnittelukäyttö-ikä	Betonipintojen suojaus
			Lujuusluokka 3)	P-lukuvaatimus	Vähimmäissementtimäärä [kg/m ³]	Vesi-sementtisuhteen enimmäisarvo	Betonipeitteen nimellisarvo [mm] 3)	Raudoitustyyppi 1)		
Tukirakenteet vedessä tasolta NW - 1 m alaspäin	Ro13	R4	C30/37	-	300	0,50	50	tr	100	
							60	jr		
Tukirakenteet vedessä tasolta NW - 1 m ylöspäin	Ro14	R4	C35/45	P50	320	0,45	50	tr	100	2)
							60	jr		
Tukirakenteet meressä tasolta NW - 1 m alaspäin	Ro15	R4	C30/37	-	320	0,45	60	tr	100	
							70	jr		
Tukirakenteet meressä tasolta NW - 1 m ylöspäin	Ro16	R4	C35/45	P70	320	0,45	60	tr	100	2)
							70	jr		

1) jr = jänneraudoite, tr = tavanomainen raudoite, ruostumattomia raudoitteita käytettäessä betoni- peitteet sillan rakennussuunnitelman mukaan.

2) Suunnittelukäyttöikä edellyttää julkaisun *Silta- pilareiden kuoret*, TIEH 2000007-03, mukaisen /11/ tai muun vastaavan suojaverhouksen käyttöä vähintään tasolle HW + 1 m. Meressä tasolle HW + 2 m. Avomerirakenteissa ulottuma arvioitava tapauskohtaisesti. Betonisen kuorirakenteen P-lukuvaatimus P70. Rasitusluokat Ro14/16 mukaan. Käytettäessä sillan osassa Ro14 betonia C40/50, P70, voidaan suojaverhouksesta luopua. Käytettäessä sillan osassa Ro16 betonia C40/50, P50 ja lisäämällä betonipeitettä 50 mm, voidaan suojaverhouksesta luopua.

3) Betonipeitteen nimellisarvo vedenalaisessa valussa on 150 mm. Vaadittaessa huuhtoutumisen estävän lisäaineen käyttöä betonin suhteitukse-

sa, voidaan teräsputken sisävalussa käyttää 50 mm:ä betonipeitteen nimellisarvona. Betonin lujuusluokaksi valitaan vedenalaisessa valussa vähintään 5 MPa suunnittelulujuutta suurempi arvo.

Urakoitsija laatii työtä varten työ- ja laatusuunnitelmat, jotka toimitetaan tilaajan edustajalle urakan sopimusasiakirjojen mukaisessa aikataulussa.

Korjausmenetelmää valittaessa on otettava huomioon suunnittelijan määrittämien betonirakenteen rasitus- ja olosuhdeluokkien vaikutukset työn tekniseen toteutukseen ja työtekniikkaan sekä eri materiaalien työstettävyyteen.

Työnaikaiset olosuhteet on selvitettävä ennen sukellus- ja korjaustehtäviin ryhtymistä. Selvitettäviä olosuhteita ovat mm. veden virtausnopeus, vedenkorkeus, aallokko, tuuli, suppopatojen muodostumisen mahdollisuus, maaperän eroosio-

herkkyys ja pohjaolosuhteet, perustamissyvyys ja liikenne (kuva 6). Myös poikkeuksellisen tulvan ja ennakoimattoman jäänlähdon riskikartoitus on selvitettävä alueen aikaisemmista sää- ja jäätילוista.

Korjaustyön teknisen toteutuksen kannalta virtausolosuhteiden (potkuri- ja luonnollinen virtaus) selvittäminen on tärkeää, koska alusten voimakkaat potkurivirtaukset ja aallokko vaikeuttavat muottien paikallaan pysymistä ja ne on otettava huomioon myös sukellustyössä.

Pää- ja aliurakoitsijoilla on oltava Rakentamisen Laatu ry:n tai muun vastaavan sertifiointielimen myöntämä työhön vaadittava sertifikaatti tai työhön vaadittava RALA-pätevyys tai muu vastaava todistus.

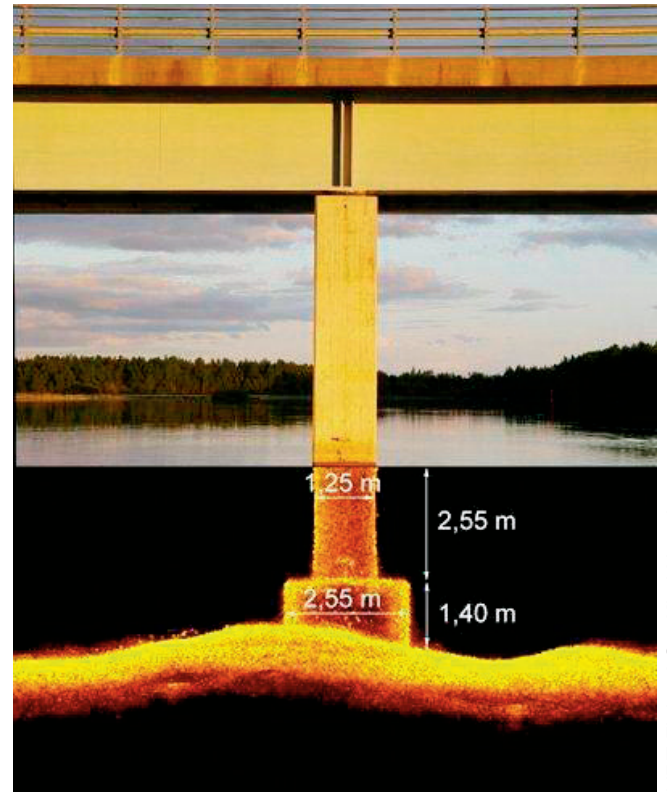
Alle 30 m syvyydessä tehtäviin tarkastussukelluksiin ja valvontatyöhön vaaditaan vähintään kevytsukeltajan tutkinto ja yli 30 m syvyydessä ammattisukeltajan pätevyys. Vedenalaisessa sil-lankorjaustyössä edellytetään aina ammattisukeltajan pätevyyttä. Sukellustarkastuksesta vastaa pää-tarkastaja, jolla on oltava Liikenneviraston sil-lantarkastajapätevyys sekä FISE Oy:n myöntämä a-vaativuusluokan kuntotutkijan pätevyys.

Tarkastustyön tekijällä tulee olla vaadittava kevytsukeltajan- tai ammattisukeltajan pätevyys. Vaatimus määräytyy sukellussyvyyden, työtehtävän, käytettävien sukelluslaitteiden ja työmenetelmän mukaan. Lisäksi sukeltajalla on oltava tarkastustyön vaatima ammattitaito, kuten kyseessä olevien rakenteiden tuntemus (kuva 7).

Korjaustyön kelpoisuus osoitetaan ainetta rikkomattomilla kokeilla, irrotettavilla näytteillä ja vedenalaisin mittauksin, kuvauksin ja luotauksin.

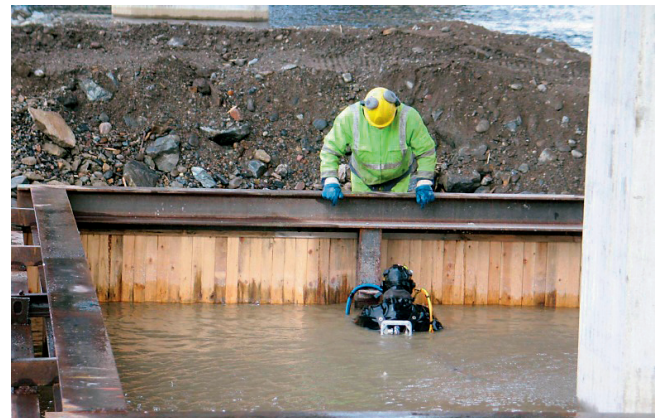
Ainetta rikkomattomia kelpoisuuden osoittamismenetelmiä ovat:

- kimmovasaramittaus (vedenalaiseen testaamiseen soveltuva kimmovasara)
- betonipeitemittaus (vedenalaiseen mittaukseen soveltuva betonipeitemittari)
- kaikuluotaus
- 3D-keilaus
- ultraäänitutkimus
- videokuvaus
- optisiin kuituihin perustuvat mittaukset.



VRT Finland Oy, Kirsi Hänninen

Kuva 6. Väli-tuen mitat on selvitetty kaikuluotaimella.



Kuva 7. Sukeltaja tarkastamassa muottirakenteita.

Lisäksi poranäytteistä voidaan selvittää:

- puristuslujuus
- vetolujuus
- betonin koostumus
- betonin mikrorakenne
- betonin laatu.

5 TYÖVAIHEVAATIMUKSET

5.1 Lähtöaineisto

Rakenteen korjausta edellyttävä erikoistarkastus tehdään *Sukellustarkastusohjeen /9/ ja Taitorakenteiden tarkastusohjeen /10/* sekä kyseisestä taitorakenteesta laaditun tarkastuskäsikirjan mukaan.

Vedenalaisen tarkastuksen laajuus on kohdekohtainen. Yleensä tarkastukseen sisältyvät myös vedenvaihtelualueella ja roiskevesivyöhykkeellä olevat rakenteet (kuva 8). Tarkastuksessa voidaan selvittää:

- rakenteiden vauriot, vaurioiden laajuus ja sijainti sekä syyt vaurioitumiseen
 - betonin mikrorakenne ja koostumus näyte-kappaleesta (poraous, sahaus)
 - betonin vetolujuus näytekappaleesta
 - betonin puristuslujuus lieriökoekappaleesta
 - betonin puristuslujuuden kartoitus vedenalaiseen testaamiseen soveltuvalla kimmovasaralla
 - betonin kloridipitoisuus
 - raudoitusta suojaavan betonipeitteen paksuus vedenalaiseen testaamiseen soveltuvalla mittarilla
 - raudoituksen potentiaali ja ominaisvastus vedenvaihtelualueella
 - betoni- ja teräsrakenteiden sisäiset vauriot ultraäänitutkimuksella
- rakenteiden mitat ja sijainti kaikuluotaamalla
- kaapelien, putkien yms. sijaintien kartoitus kaikuluotaamalla
- korjausolosuhteet ja niihin soveltuvat korjausmenetelmät.

Oikean korjausmenetelmän valinta on ensiarvoisen tärkeää korjauksen onnistumisen kannalta. Korjaussuunnittelijan on perehdyttävä huolellisesti korjauskohteeseen ja siitä tehtyyn vedenalaiseen tarkastukseen sekä muihin lähtötietoihin ja viranomaislausuntoihin, kuten ympäristönsuojelulain ja vesilain mukaisiin lupa-asiakirjoihin. Korjauskohteen hydrologiset ominaisuudet, kuten virtaukset, veden korkeusvaihtelut, aallokko ja jäiden vaikutukset, on selvitettävä. Lisäksi potkurivirtausten vaikutus on otettava huomioon korjausmenetelmissä.

Korjaussuunnitelma laaditaan *SILKO-yleisohjeen 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina /12/* kohtaa 2.5 soveltaen. Suunnittelija asettaa korjaussuun-



Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

Kuva 8. Sukeltaja irrottamassa lieriökoekappaleita rakenteesta.

nitelmassa laatuvaatimukset korjausbetonien puristuslujuudelle ja pakkasenkestävyydelle rakeneosittain sekä paikkaus- tai injektointiaineiden ominaisuuksille ja mahdolliselle lisäraudoitukselle. Lisäksi suunnittelija esittää kelpoisuuden osoittamiseksi tehtävien kokeiden määrät ja hyväksyttävyysskriteerit.

Korjaussuunnitelman tulee sisältää ainakin:

- työvaiheluettelo numeroituina (purku- ja rakennustyöt erikseen)
- käytettävät materiaalit (rasitusluokat, materiaali-vaatimukset, betonipeitteet, pintakäsittely)
- tarvittavat tekniset piirustukset (nykyinen rakenne, purettavat osat ja korjattu rakenne mitoitteen)
- purettavien osien rajat ja suositeltava purkamismenetelmä sekä korjausalustan esikäsittely
- teline-, suojaus- ja muottirakenteet
- korjausmenetelmät ja olosuhdevaatimukset eri työvaiheille
- korjaustyöselitys, laatuvaatimukset ja kelpoisuuden osoittaminen
- määräluettelo ja kustannusarvio.

Korjaustyöselityksessä esitetään lisäksi muun muassa hanketiedot, suunnittelukäyttöikä, työturvallisuus- ja ympäristönsuojelutoimet. Lisäksi työhön vaikuttavat paikalliset olosuhteet kuten virtaus, veden sameus ja laivaliikenne sekä muut korjausmenetelmiin vaikuttavat tekijät on esitettävä suunnitelmassa.

5.2 Työ- ja laatusuunnitelman laatiminen

Urakoitsija laatii korjaussuunnitelmaan perustuen jokaisesta työmenetelmästä työ- ja laatusuunnitelman soveltaen *InfraRYL:n /13/ kohtia 42001.4.3 ja 42001.4.4* sekä *SILKO-yleisohjetta 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina /12/* ja kyseisestä korjausmenetelmästä laaditun SILKO-yleisohjeen mukaisesti.

Työ- ja laatusuunnitelmien keskeisin sisältö on esittää tiedot kohteesta, resurssit, työtavat, -materiaalit, -järjestys ja -vaiheet, aikataulu ja noudatettavat vaatimukset sekä ohjeet. Lisäksi laatusuunnitelmassa esitetään laadunvarmistus-

toimenpiteet, toleranssit ja kelpoisuuden osoittaminen sekä dokumentointi.

Työsuunnitelmaan liitetään myös työturvallisuutta ja ympäristönsuojelua koskevat toimenpiteet, ellei niistä ole tehty erillisiä suunnitelmia ja riskikartoitusta.

Oleellinen osa työn dokumentointia ja kelpoisuuden osoittamista on valokuvien ottaminen työn eri vaiheista. Työ- ja laatusuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle ennen työn aloitusta.

5.3 Valmistelevat työt

Ennen korjaustyötä tehdään liikenteen järjestelyä varten liikenteenohjaussuunnitelma, joka esitetään tilaajalle ennen työn aloittamista.

Tieliikenteen osalta liikennejärjestelyissä noudatetaan Liikenneviraston ohjekokonaisuutta *”Liikenne tietyömaalla”/14/*.

Liikennöidyillä vesiväylillä noudatetaan Liikenneviraston ohjeita /14/. Vesiväylien läheisyydessä työskennellessä tulee ottaa huomioon vesiliikenteen vaatimukset.

Vesiväylillä, joissa harjoitetaan puutavaran uittoa, tulee hyvissä ajoin ennen töiden alkua ottaa yhteyttä Järvi-Suomen Uittoyhdistykseen ja Perkaus Oy:hyn ja sopia korjausajankohdasta sekä uiton aiheuttamista rajoituksista korjaustöihin.

Rautatiealueella toimittaessa noudatetaan voimassa olevia Liikenneviraston rautatieliikenteen ohjeita. Turvallisuuteen liittyvät vaatimukset on esitetty julkaisussa *Radanpidon turvallisuusohjeet TURO /15/*.

Kalusto ja tarvittavat välineet valitaan korjausmenetelmän mukaan ja niiden toimintakunto on tarkistettava hyvissä ajoin ennen työhön ryhtymistä. Hankekohtaiset ennakkokokeet esitetään korjaussuunnitelmassa. Vaadittavista ennakkokokeista on annettu yksilöityjä vaatimuksia *SILKO-yleisohjeissa 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina /12/*, *1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina /16/*, *1.231 Betonin paikkaus /17/* ja *1.233 Halkeamien korjaaminen /18/*.

Yleensä kannattaa käyttää materiaaleina sellaisia SILKO-hyväksytyjä tuotteita, joista on saatu hyviä kokemuksia vastaavissa olosuhteissa. Ennakkokokeena voidaan tehdä pienemmän alueen koekorjaus, jossa testataan suunniteltua korjausmenetelmää.

Muut kuin tukitelineet ja ne tukitelineiden osat, joita käytetään työ- ja suojatelineinä tai työtasoina ja kulkuteinä, on suunniteltava ja mitoitettava ohjeen *RIL 142–2010 Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet /19/* mukaisesti.

Tukitelineet ja muotit on suunniteltava ja rakennettava tukitelineohjeiden *RIL 147–2006 Tukitelineet ja muotit /20/* ja *Siltojen tukitelineet – 2007 /21/* mukaisesti (kuvat 9 ja 10). Vedenalaisissa kammiorakenteissa otetaan lisäksi huomioon *RIL 236–2006 Satamalaitureiden kunnonhallinta /22/* ohjeet.

Telineratkaisuja tehtäessä on otettava huomioon muun muassa:

- vene- ja laivaliikenteen edellyttämät kulkuaukot
- uittojohteet
- törmäysten estäminen
- jääkuormilta suojaaminen
- virtauskuormat
- potkurivirtaukset
- mahdolliset tulvat
- yllättävä jäänlähtö.

Tukitelineiden ja muottien lisäksi on huomioitava myös muut työtä varten tarvittavat suojarakenteet. Urakoitsijan on varmistettava käytettävien lauttojen kunto, kantavuus ja soveltuvuus työhön. Lisäksi lauttojen rekisteröinti ja katsastus pitää olla kunnossa niistä säädettyjen asetusten mukaisesti /23/.

Sukellustöitä varten on laadittava *SILKO-yleisohjeen 1.111 Työturvallisuus kohdan 2.9 /7/* mukainen turvallisuussuunnitelma, joka sisältää sukellustyön turvallisuuden varmistamisen sekä toimintaohjeet onnettomuustilanteissa. Lisäksi sukellustöitä varten on tehtävä sukellustyösuunnitelma, jossa on esitettävä ainakin:

- sukelluskohteen tiedot
- sukellustyötehtävä ja käytettävät välineet
- sukellussyvyys, tarvittavat pysähdykset ja sukellustyöajat
- virtauksen huomioon ottaminen työkohteessa ja mahdollinen virtauksen vähentäminen tai estäminen
- laivaliikenteen huomioon ottaminen
- ilmoitusmerkit sukellustyöstä
- lautan tarve ja sijoittelu
- työstöyksikön sijoittelu joko lautalle tai lähelle korjauskohdetta.

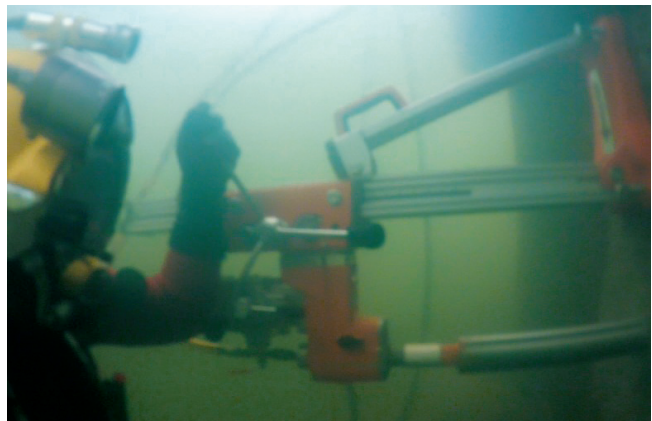
Sukellustyösuunnitelman sisältöä on esitetty myös työturvallisuutta käsittelevässä *SILKO-yleisohjeessa 1.111 Työturvallisuus kohdassa 5.10 /7/*.



Kuva 9. Valmiiksi raudoitettu valumuotti.



Kuva 10. Välituen telinerakenne.



Kuva 11. Sukeltaja käyttämässä hydraulista po-rausjärjestelmää.

5.4 Rakenteiden purkaminen ja pinnan esikäsitteily.

Purkamis- ja esikäsitteilymenetelmät työsuojeluohjeeseen ja työväliseineen on esitetty *SILKO-yleisohjeessa 1.203 Purkamis- ja esikäsitteilymenetelmät /5/*. Ympäristön suojaaminen ja purkujätteen talteenotto toteutetaan *SILKO-yleisohjeen 1.112 Ympäristönsuojelu /8/* mukaisesti.

Betonipinnan purkamisen laajuus ja kerralla piikattavaksi sallittu rakenteen osa esitetään korjaussuunnitelmassa. Sopivia vedenalaisten rakenteiden purkamismenetelmiä ovat vesipiikkaus ja piikkaus hydraulisesti tai paineilmalla. Vedessä piikattaessa on käytettävä rekyyliä vesipiikkalaitteistoa. Mikäli korjattava alue sijaitsee enintään 2 metriä vesipinnan alapuolella, voidaan vesipiikkaustyö suorittaa pinnan yläpuolelta puomin avulla. Mekaaninen piikkaus tehdään mahdollisuuksien mukaan pääraudoitteiden suunnassa tankoja vaurioittamatta.

Piikattava osa rajataan yleensä suoraviivaiseksi sahaamalla urat hydraulisesti tai paineilmalla toimivilla timantti- tai katkaisulaikoilla. Rajaus tehdään mieluummin rakenteen jonkin särmän kohdalle.

Jos betonia on poistettava niin, että vain osa raudoitustangon pinnasta paljastuu, raudoitustangon kiinnittyminen betoniin on selvitettävä esimerkiksi purkuraudan avulla. Mikäli raudoitustankoa paljastetaan enemmän kuin neljännes tangon halkaisijasta, on piikkausta jatkettava, kunnes raudoitustangon ja piikatun betonin väliin jää syvyydeltään vähintään 20 mm:n suuruinen tyhjätila ottaen samalla huomioon, mitä rajoituksia purkualueiden laajuudesta on mainittu *Betonisiltojen korjaussuunnitteluohjeen liitteessä 1 /6/*.

Rakenteiden piikkausta ja muuta purkua varten on laadittava purkutyösuunnitelma, jossa esitetään mm. purkamismenetelmä, kerralla purettavan alueen laajuus sekä purkujätteen käsittely. Purkutyösuunnitelma laaditaan *SILKO-ohjeiden 1.203 Purkamis- ja esikäsitteilymenetelmät kohdan 1.5* sekä *1.111 Työturvallisuus kohdan 2.6* mukaisesti. Kantavia rakenteita purettaessa on rakenteen vakavuus ja kantavuus purkutyön aikana varmistettava laskelmin. Jos rakennetta on tuettava korjaamisen aikana, tehdään tuentasuunnitelma *tukitelineohjeiden /20/ ja /21/* mukaisesti.

Mekaanisesti piikattu pinta viimeistellään käsitövälineillä niin, että irtonaista betonia ei jää rakenteeseen (kuva 12). Tartuntapinta ja raudoitustangot suihkupuhdistetaan. Vesipiikattu pinta on



Voimalaasti, Matti Ruuti

Kuva 12. Korjausalustan puhdistus käynnissä.

puhdistettava suurpaineisella vesisuihkulla. Lievemmin ruostuneet raudoitustangot puhdistetaan koneellisesti teräsharjalla, jos niitä ei suihkupuhdisteta pintojen esikäsitteilyyn yhteydessä. Työn etenemisessä on otettava huomioon, että paljastettujen ja puhdistettujen raudoitteiden teräskorroosio etenee nopeasti suolaisessa vedessä.

Purkutyösuunnitelmassa on otettava huomioon ympäristönsuojelu ja veden laadun seuranta *SILKO-yleisohjeen 1.112 Ympäristönsuojelu /8/* mukaisesti ja esitettävä työkohteen suojaus, purkumenetelmä sekä purkujätteen lajittelu ja jatkokäsittely (hyöty- ja uusiokäyttö, vaarallisten jätteiden käsittely). Irtoavat betonin tai raudoituksen kappaleet kerätään hyötykäyttöön eikä niitä saa pudottaa vesistöön tai jättää maastoon.

Injektointityön valmistelussa halkeaman kohdalla hiotaan pois kaikki epäpuhtaudet rakenteen pinnasta. Sementtipohjaista sulkuainetta käytettäessä puhdistetaan injektointimenetelmästä riippuen 30–100 mm:n levyinen kaista halkeaman molemmin puolin koneellisella teräsharjalla ja kaikki irtonainen aine poistetaan. 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 huuhtoutumattomalla piikkausmassalla. Injektointisuunnitelma laaditaan *SILKO-yleisohjeen 1.233 Halkeaman korjaaminen /18/* mukaan.

Vaurioitunut tai irti oleva saumaus poistetaan esimerkiksi sahaamalla tai piikkausvasaralla. Sauma puhdistetaan paineilmalla siten, että saumaan ei jää likaa tai irtoainesta.

5.5 Raudoituksen uusiminen ja muottityöt

Raudoitusta voidaan joutua uusimaan tai lisäämään, jos liian ohuen betonipeitteen, kloridien tunkeutumisen, rakenteellisten halkeamien, betonin rapautumisen tai betonin eroosion seurauksena on syntynyt teräskorroosiota (kuva 13). Raudoitusta joudutaan uusimaan myös silloin, kun korjaustyön aikaiset toimenpiteet ovat vaurioittaneet raudoitustankoja tai rakenteet ovat vaurioituneet törmäysten seurauksena.

Raudoitustanko uusitaan tai raudoitusta lisätään, jos yksittäisen tangon pinta-ala on pienentynyt korroosiosta johtuen vähintään 25 %. Raudoituksen uusimisessa noudatetaan *SILKO-ohjetta 2.262 Raudoituksen uusiminen /24/* ja ankkuroinnissa *SILKO-ohjetta 2.261 Tartuntaterästen ankkurointi /25/*. Jos raudoituksesta on useamman tangon poikkileikkaus pienentynyt, on kantavuus selvitettävä laskelmilla.

Rakennesuunnittelijan tekemän kantavuuslaskelman tarpeellisuus määritetään korjattavan rakenneosan perusteella korjaussuunnitelmaa laadittaessa. Korjaussuunnitelmassa esitetään uusittavat raudoitteet, raudoitteiden jatkaminen ja ankkurointitapa.

Raudoitusta voidaan uusia limijatkoksella, hitsaamalla, muhviitoksella tai se voidaan ankkuroida olemassa olevaan rakenteeseen kemiallisilla tai mekaanisilla ankkureilla. Ankkurointimassan on sovelluttava vedenalaiseen ankkurointiin.

Käytettävän muottimateriaalin on sovelluttava korjausmenetelmään ja se esitetään korjaussuunnitelmassa. Massiivisissa betonirakenteissa muottipintana käytetään tavallisimmin lujuusluokaltaan vähintään C24 olevaa mitallistettua tai raakaponttilautaa tai vaihtoehtoisesti muottivaneria (kuva 14). Materiaaleina voivat olla myös haponkestävät- tai rst-levyt, betonielementti- tai teräsponttiseinät, jotka jäävät pysyviksi osiksi uutta rakennetta eli mantteleiksi. Myös järjestelmämuotteja sekä joustavia tai joustamattomia polymeerejä voidaan käyttää muottimateriaaleina. Muottiöljyä ei saa käyttää vedenalaisissa valuissa.

Paaluissa ja pilareissa muottimateriaaleina käytetään yleensä kierrätettäviä lasikuitumuotteja tai paikoilleen jätettäviä teräs- tai polyeteenimuotteja (kuva 15). Polyeteenimuotit sidotaan toisiinsa vanteilla, jotka pitävät muotin puoliskot paikoillaan valun aikana. Käytettäessä paikoilleen jääviä polyeteenimuotteja, muottikappaleisiin lisätään tartuntoja, jotka varmistavat muottikappaleiden paikalla pysymisen betonin kovettumisen jälkeen.



Kuva 13. Rauditusverkolla vahvistettu välituki.



Kuva 14. Laiturin teline- ja muottirakenne.



Helsinki satama, Vesa Saukkonen

Kuva 15. Korjattavan paalun ympärille ripustettu lasikuitumuotti.

Teräsmuotteja käytetään yleensä silloin, kun lasikuitumuottia ei voida käyttää tilan ahtauden takia.

Betonipaalujen vauriot sijaitsevat yleensä vain vedenvaihtelualueella, jolloin vain vaurioitunut kohta ja sen ympäristö mantteloidaan (esim. tasolta vesipinta -2,5 m ylöspäin). Mikäli koko paalu mantteloidaan,

tehdään ensin muotin alaosaan pohjavalu, jonka päälle varsinainen manttelin muotti asennetaan. Korkeissa muoteissa mantteli varustetaan valuaukoilla usealta eri tasolta. Lyhyissä paalumantteleissa yleensä riittää pohjan tasolla oleva yksi valuaukko, jossa on liitinkappale valmiina betonin pumppaus-ta varten. Muottina toimiva mantteli ripustetaan yleensä kansirakenteeseen porattavista kiinnikkeistä.

Yksinkertainen vaihtoehto paalujen korjaamiseksi on pussimuotti, koska erillisiä telineitä ei tarvita (kuva 16). Paalun ympärille kiinnitetään nailonista valmistettu vesitiivis pussi niin tiiviisti, ettei betoni pääse valumaan siitä pois. Ennen pussin kiinnitystä kunnostetaan valualusta ja ankkuroidaan tarvittava raudoitus paaluun.

Muottityössä kiinnitetään erityistä huomiota muottien tiivyyteen, suojaavan betonipeitteen paksuuteen ja näkyviin jäävien kulmien viisteisiin. Tukien ja muottien kiinnittämisessä on varmistettava, etteivät ne muuta muotoaan tai mittojaan betonimassan ja valun aiheuttamista kuormista. Valumuotit ja telineet voidaan purkaa vasta sitten, kun betoni on saavuttanut korjaussuunnitelmassa edellytetyn puristuslujuuden tai ne voidaan jättää myös paikalleen myöhempää käyttöä varten suunnitelmi- en mukaisesti.

Muottityöt tehdään soveltaen *InfraRYL:n* /13/ kohta 42020.3.2.2 ja valmistajan ohjeita siten, että korjaussuunnitelmassa asetetut laatuvaatimukset rakenteelle sekä betonipinnoille täyttyvät.

5.6 Paikkaus ilman muotteja

Pienissä korjauskohteissa paikkaukset ilman muotteja tehdään huuhtoutumattomalla paikkauslaastilla pumppaamalla laastia korjattavaan kohtaan. Paikkaus on pyrittävä tekemään mahdollisimman pian alustan puhdistuksen jälkeen, etteivät raudoitteet tai valualusta ehdi limoittua.

Paikkaustyössä noudatetaan tarkoin valmistajan tuoteselostusta. Laasti levitetään ja painetaan sulloen kiinni korjattavaan kohtaan käsipaikkauksena. Raudoituksen taakse ja kulmiin ei saa jäädä tyhjätillaa.



Kuva 16. Paalut korjattu pussimuotin avulla.

Rakenteeseen jäävät muottisiteet ja -välkkeet eivät saa aiheuttaa rakenteen ulkonäön heikkene- mistä eivätkä betonirakenteen halkeiluvaaraa ja niiden tulee kestää valunaikaiset rasitukset.

Pysyvästi veden alle jäävissä ja maanvastaisissa pinnoissa käytetään teräs- tai alumiinisiteitä ilman varauskoloa. Muottisiteet katkaistaan betonipin- nan tasoon siten, ettei niihin pääse tarttumaan epäpuhtauksia. Toispuoleisen vedenpaineen alai- sissa rakenteissa käytetään vedenpitäviin raken- teisiin ja kyseessä oleviin olosuhteisiin tarkoitettu- ja muottisiteitä.

Muotteihin rakennettavissa liikuntasaumoissa ja varauksissa käytetään solumuovia tai vastaavaa materiaalia, joka ei paisu tai värjäjä pintoja.

Paikkaus on pyrittävä tekemään tasaisesti sa- maan tasoon korjattavan pinnan kanssa, jotta kohtaan ei keräänny vedessä olevaa irtoainesta.

5.7 Paikkaus muottien avulla

Valu on tehtävä mahdollisimman pian muottien ja raudoitusten valmistuttua, etteivät raudoitteet, muotit ja valualusta ehdi limoittua. Raudoituksen paikallaan pysyminen on varmistettava kohteen mukaan työraudoitteilla, välikkeillä ja sidonnoilla.

Muottien avulla paikattaessa betonimassan ominaisuudet on valittava niin, että massa täyttää muotin ilman erillistä tiivistystä. Betonoinnissa noudatetaan tarkoin korjausaineen tuoteselostetta ja käyttöohjetta.

Käytettäessä itsetiivistyvää betonia, on muottirakenteet suunniteltava betonimassan hydrostaattiselle paineelle. Itsetiivistyvä betoni valetaan putkella massan sisälle.

Huuhtoutumaton betoni on vedenalaisiin betonointeihin tarkoitettu erikoisbetoni, joka kestää normaalia betonia paremmin erottumista ja hienoaineksen huuhtoutumista. Betonia ei saa kuitenkaan pudottaa veden läpi, vaan betoni on siirrettävä kohteeseen letkussa tai putkessa.

Huuhtoutumaton betoni voidaan valaa suuttimella joko muotin päältä tai sivusta.

Valettaessa rakennetta alhaalta ylöspäin, betoni siirretään kohteeseen joko pumppamalla tai painovoimalla ja siirrossa käyte-

tään teräksistä valuputkea, joka on varustettu päästä sulkulaitteella. Valun aikana putken pää pidetään vähintään 0,5 metriä aikaisemmin valetun betonipinnan sisällä, jolloin vain ensiksi valettu massaerä on suorassa kosketuksessa veteen ja veden haittavaikutukset kohdistuvat vain pintakerrokseen. Heikkolaatuinen pintakerros poistetaan betonin kovetuttua.

Mantteloinnissa käytetään joko työnaikaista tai rakenteeseen pysyvästi jäävää muottia. Rakenteen ja muotin välinen tila täytetään huuhtoutumattomalla tai itsetiivistyvällä betonilla tai laastilla. Manttelin yläreuna viimeistellään poispäin rakenteesta viettäväksi.

Pussimuottimenetelmässä paalun ympärille tiukasti sidottu vettäläpäisemätön pussi valetaan valuaukon kautta täyteen alhaalta ylöspäin. Tarvittaessa käytetään välikkeitä raudoituksen ja muotin välissä. Muotin täytettyä täyttöputki poistetaan ja valuaukko suljetaan tiiviisti. Betonin kovetuttua muotti poistetaan.

Jos valuun tulee halkeamia, on ne välittömästi injektoitava. Jos valuun jää valuvikoja, paikataan ne huuhtoutumattomalla paikkauslaastilla.

5.8 Halkeamien injektointi

Halkeamien injektointimenetelmiä on esitelty *SILKO-yleisohjeessa 1.233 Halkeamien korjaaminen /18/*.

Vedenalaisten betonirakenteiden halkeamat syntyvät useimmiten silloin, kun lämpötilaerot ovat liian suuret tai kun rakenteisiin tulee muodonmuutoksia. Injektointitekniikan valintaan vaikuttavat muun muassa halkeaman leveys, sijainti ja vaikutus rakenteelliseen toimintaan (kuva 17). Vedenalaiset injektoinnit vaativat erityistekniikoita. Injektointityöt on suunniteltava alaan perehtyneiden asiantuntijoiden kanssa.



Kymerlaakson ammattikorkeakoulu

Kuva 17. Injektoitava halkeama betonirakenteessa.

Rakenteelliseen lujuuteen injektoitavat halkeamat on esitetty *SILKO-ohjeessa 2.236 Halkeamien injektointi voimia siirtäväksi /26/*. Halkeamien epoksi-injektoinnilla palautetaan rakenteen alkuperäinen kantavuus.

Sementti-injektoinnilla vähennetään tai estetään haitallisten aineiden tunkeutumista betoniin. Sementti-injektointi on esitetty *SILKO-ohjeessa 2.237 Sementti-injektointi /27/*.

Injektointityö tehdään mahdollisimman pian halkeaman puhdistuksen jälkeen, etteivät tartuntapinnat ehdi limoittua. Injektoinnissa on noudatettava tarkoin tuotekohtaisia ohjeita.

Tarvittaessa halkeaman pinta voidaan avartaa vesipiikkaamalla 2-3 cm leveäksi, jolla parannetaan injektoinnin tunkeutumista ja varmistetaan injektointimassan tartunta korjausalustan pintaan.

Injektointityö aloitetaan halkeaman alareunasta, jolloin injektointimassa työntää edellään halkeamassa olevaa vettä ulos halkeaman yläreunasta.

Injektoinnin lopuksi halkeaman päälle kiinnitetyt injektointitulpat, nipat ja kanyylit katkaistaan. Sulkuainetta ei erikseen poisteta. Vastaavasti injektointiputket katkaistaan betonipinnan tasoon ja reiät sekä kolot paikataan huuhtoutumattomalla paikkauslaastilla.

Injektointityön eteneminen on esitetty tarkemmin edellä mainituissa *SILKO-ohjeissa 2.236 Halkeamien injektointi voimia siirtäväksi /26/ ja 2.237 Sementti-injektointi /27/*.

Rakojen ja tyhjätilojen täyttämisesä käytetään pääsääntöisesti sementti-injektointia. Vuotavat halkeamat voidaan tiivistää myös käyttöominaisuuksiltaan soveltuvalla polyuretaanilla, kun rakenteellista lujuutta ei tarvita.

5.9 Rakenteen saumaus

Vedenalaisen liikuntasauaman saumauksen tarpeellisuus on harkittava tapauskohtaisesti. Mikäli liikuntasauamasta voi huuhtoutua taustamateriaalia saumaus on tehtävä.

Vedenalaisten betonirakenteiden liikuntasauamat tiivistetään kumisella saumaprofiililla, joka painetaan puristettuun tilaan mekaanisesti, tai suoraan valuun asennettavalla liikuntasaumaprofiililla.

Vedenvaihtelualueen yläpuolelta sauman tiivistys voidaan tehdä kumisella saumaprofiililla tai tarkoitukseen sopivalla polyuretaanipohjaisella elastisella saumaussmassalla ja saumanalusnauhalla *SILKO-ohjeen 2.731 Reunapalkin liikuntasauaman tiivistäminen /28/* mukaan.

Sauma suojataan veden alla ja jäiden vaikutusalueella ruostumattomalla tai haponkestävällä levyllä, jonka kiinnityksessä on otettava huomioon saumaan kohdistuvat liikkeet.

5.10 Kivirakenteen taustan tyhjätilojen täyttö

Kivirakenteiden korjauksen lähtökohtana on rakenteen tyyppin ja toimintatavan selvittäminen. Kivirakenteet voivat olla massiivikivirakenteita, kivikuorirakenteita tai teräsbetoniyhdistelmä-rakenteita. Tyypillisiä korjauksia ovat erilaisten tyhjätilojen täyttäminen sekä kivisaumaukset. Usein rakenteita joudutaan myös vahvistamaan ankkuroinneilla, injektioinneilla ja ulkopuolisilla vahvistusrakenteilla. Ulkopuolisia vahvistusrakenteita ovat esimerkiksi betonivalut tai teräskaulukset.

Isommat tyhjätilat täytetään huuhtoutumattomalla tai itsetiivistyvällä betonilla tai laastilla, tyhjätilan koosta, täyttötavasta ja veden vaikutuksista riippuen.

Erityisesti vedenalaisissa valuissa betonointi tehdään letkun avulla työntäen letku valetavan alueen pohjalle syvimpään kohtaan ja pitäen letku pohjalla koko täytön ajan. Myös itsetiivistyvää betonia voidaan käyttää, mikäli valu voidaan suorittaa edellä kuvatulla tavalla siten, että valuletkun pää pysyy koko ajan valumassan sisällä. Mikäli on huuhtoutumis- tai erottumisvaara, käytetään huuhtoutumatonta betonia tai laastia.

Pienet tyhjätilat ja halkeamat voidaan täyttää sementti-injektoimalla.

Yleensä rakenteen pintakerroksissa ja yläosassa on käytettävä pienempää injektointipainetta ja sisäosissa voidaan käyttää suurempaa injektointipainetta. Injektoinnin aikana on kuitenkin aina tarkkailtava rakenteita ja keskeytettävä injektointi välittömästi mikäli havaitaan alkavia vaurioita.

Kivien saumaus tai uudelleensaumaus on myös tavanomainen kivirakenteiden korjaustyö, joka tehdään injektointi- ja täyttötöiden yhteydessä yleensä vaiheittain näiden töiden kanssa ja yleensä rakenteen alaosasta lähtien.

6 LAADUNVARMISTUS

Laadunvarmistuksessa todetaan kohdassa 4 esitettyjen laatuvaatimusten täyttyminen.

Laadunvarmistus toteutetaan kohdan 5.2 mukaisen työ- ja laatusuunnitelman mukaan ja siinä todetaan myös kohdan 5.1 korjaussuunnitelmassa esitettyjen laatuvaatimusten täyttyminen.

Kelpoisuuden osoittamiseksi tehtävien kokeiden tulokset ja muu laatuaineisto esitetään *InfraRYL:n*

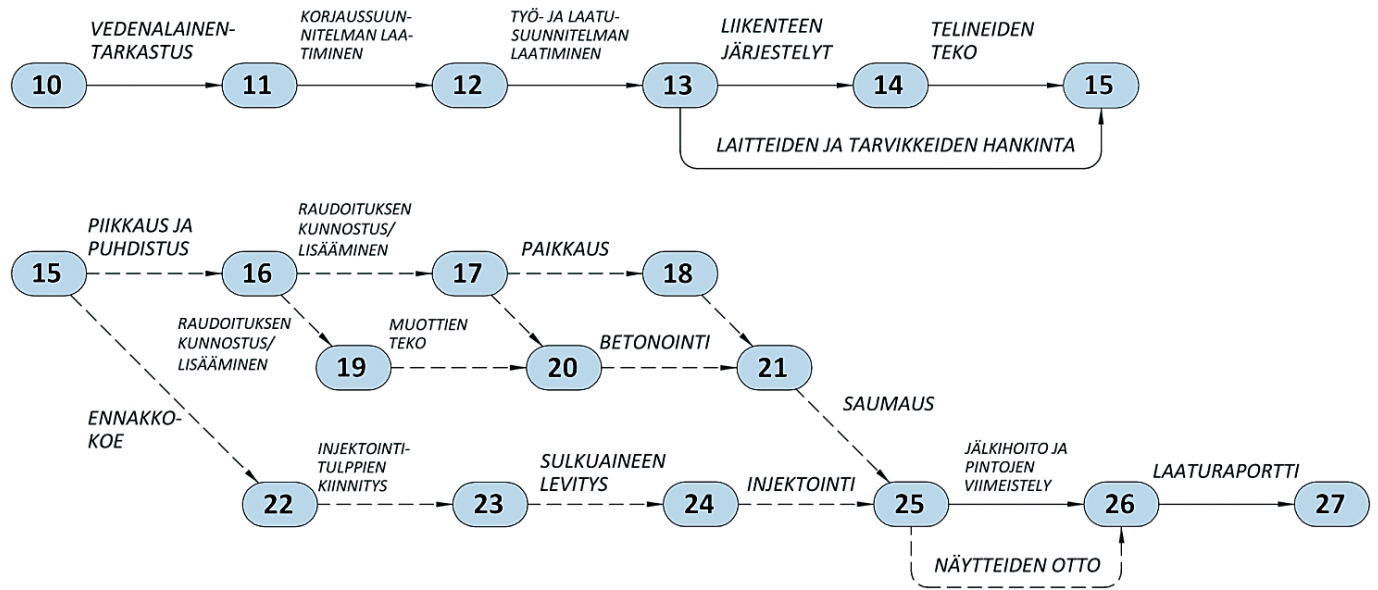
/13/ kohdan 42001.4.8.2 ja SILKO-yleisohjeen 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina /12/ mukaisessa laaturaportissa.

Kaikista työvaiheista otetaan valokuvia työ- ja laatusuunnitelman mukaisesti liitettäväksi korjaustyön laaturaporttiin, joka laaditaan ohjeen *Sillan laaturaportti – Laatimisohe* /29/ mukaisesti. Myös työmenetelmäkohtaiset pöytäkirjat liitetään korjaustyön laaturaporttiin.

7 TÄYDENTÄVÄT OHJEET

- /1/ Sillantarkastuskäsikirja. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Liikenneviraston ohjeita 26/2013. Helsinki 2013. ISBN 978-952-255-318-8.
- /2/ Laituritarkastuskäsikirja. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Liikenneviraston ohjeita 2/2010. Helsinki 2010. ISBN 978-952-255-007-1.
- /3/ Kanavarakenteiden tarkastuskäsikirja. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Liikenneviraston ohjeita 8/2013. Helsinki 2013. ISBN 978-952-255-254-9.
- /4/ Kiinteiden merimerkkien tarkastuskäsikirja. Liikenneviraston ohjeita 19/2013. Helsinki 2013. ISBN 978-952-255-279-2.
- /5/ Betonirakenteet. Purkamis- ja esikäsitteilymenetelmät. Tiehallinto. (SILKO 1.203). TIEH 2230095 – SILKO 1.203. Tampere.
- /6/ Betonisiltojen korjaussuunnitteluohje. Betonisiltojen levennyksen ja suurempien valukorjausten mitoitus- ja suunnitteluohje 22.12.2011. Liikenneviraston ohjeita 17/2011. Helsinki 2011. ISBN 978-952-255-724-7.
- /7/ Yleisohjeet. Työturvallisuus. Liikennevirasto. (SILKO 1.111). TIEH 2230095 – SILKO 1.111. Kuopio 2012.
- /8/ Yleisohjeet. Ympäristönsuojelu. Liikennevirasto. (SILKO 1.112). TIEH 2230095 – SILKO 1.112. Helsinki 2011.
- /9/ Sukellustarkastusohje. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Tiehallinto. TIEH 2000025-v-09. Helsinki 2009. ISBN 978-952-221-167-5.
- /10/ Taitorakenteiden tarkastusohje. Liikenneviraston ohjeita 17/2013. Kuopio 2013. ISBN 978-952-255-274-7
- /11/ Siltapilareiden kuoret. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Tiehallinto. TIEH 2000007-v-03. Helsinki 2003. ISBN 951-803-057-X.
- /12/ Betonirakenteet. Betoni sillankorjausmateriaalina. Tiehallinto. (SILKO 1.201). TIEH 2230095 – SILKO 1.201. Helsinki 2007.
- /13/ InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat, Rakennustieto Oy, RT 14–10920. Lisäksi edellistä täydentävät tai päivittävät ohjeet: www.rts.fi/infraryl -InfraRYL ylläpito.
- /14/ www.liikennevirasto.fi/thohje - Tienpidon tekniset ohjeet [kk/vvvv -pdf-luettelo](#). Liikenne tietyömaalla -ohjeistus (useita erillisiä ohjeita).
- /15/ Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). Liikenneviraston ohjeita 1/2012. Helsinki 2012. ISBN 978-952-255-080-4.
- /16/ Betonirakenteet. Polymeerit sillankorjausmateriaalina. Tiehallinto. (SILKO 1.202). TIEL 730095 – SILKO 1.202. Tampere.
- /17/ Betonirakenteet. Betonin paikkaus. Liikennevirasto. (SILKO 1.231). TIEH 2230095 – SILKO 1.231. Helsinki 2011.
- /18/ Betonirakenteet. Halkeaman korjaaminen. Tiehallinto. (SILKO 1.233). TIEH 2230095 – SILKO 1.233. Tampere 2003.
- /19/ RIL 142 – 2010. Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki 2010. ISBN 978-951-758-519-4
- /20/ RIL 147 – 2006. Tukitelineet ja muotit. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki 2006. ISBN 951-758-467-9
- /21/ Siltojen tukitelineet – 2007. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Tiehallinto. TIEH 2000023-v-08. Helsinki 2008. ISBN 978-952-221-025-8.
- /22/ RIL 236 – 2006, Satamalaitureiden kunnonhallinta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki 2006. ISBN 951-758-466-0
- /23/ Laki aluksen teknisestä turvallisuudesta ja turvallisesta käyttöön otosta (1686/2009).
- /24/ Betonirakenteet. Raudoituksen uusiminen. Tiehallinto. (SILKO 2.262). TIEH 2230096 – SILKO 2.262. Helsinki 2010.
- /25/ Betonirakenteet. Tartuntateräksen ankurointi. Tiehallinto. (SILKO 2.261). TIEH 2230096 – SILKO 2.261. 2010.
- /26/ Betonirakenteet. Halkeaman injektointi voimia siirtäväksi. Tiehallinto. (SILKO 2.236). TIEH 2230096 – SILKO 2.236. Tampere 2003.
- /27/ Betonirakenteet. Sementti-injektointi. Tiehallinto. (SILKO 2.237). TIEH 2230096 – SILKO 2.237. Tampere 2005.
- /28/ Saumarakenteet. Reunapalkin liikuntasauaman tiivistäminen. Tiehallinto. (SILKO 2.731). TIEH 2230096 – SILKO 2.731. 2001.
- /29/ Sillan laaturaportti – Laatumisohje. Toteuttamisvaiheen ohjaus. Tiehallinto. TIEH 2200044-v-06. Helsinki 2006. ISBN 951-803-656-X.

TYÖVAIHEET



TARVITTAVAT RESURSSIT

TYÖVOIMA:	– valitun korjausmenetelmän ja työn laajuuden mukaan
TYÖVÄLINEET	<ul style="list-style-type: none"> – vedenalaiseen työskentelyyn soveltuvat hydrauliset ja paineilma-laitteet ja niiden tarvitsemat voimalähteet – otettava huomioon vedenalainen rakentaminen ja kohteen erityispiirteet – veden alla rekyylittömät piikkausmenetelmät – selvitettävä mahdollisuus puomin käyttöön vedenpinnan yläpuolelta esim. vesipiikkaus – kosteisiin tai vedenalaisiin olosuhteisiin soveltuvat tutkimus- ja laadunmittauslaitteet
TYÖMAAJÄRJESTELYT JA TYÖTURVALLISUUS:	<ul style="list-style-type: none"> – liikennejärjestelyt, otettava huomioon myös vesiliikenne – työmaajärjestelyt, sosiaalityöt – telineet ja nostimet – lautta, vene, pelastusliivit – tarvittavat roiske- ja talteenottosuojat – silmien- ja kuulonsuojaimet – henkilökohtaiset suojaimet valitun korjausmenetelmän mukaan – sukellustyön edellyttämät suojaimet ja pelastusvälineet
TARVEAINEET VALITAAN KORJAUSMENETELMÄN MUKAAN:	<ul style="list-style-type: none"> – korjaus- tai itsetiivistävä betoni tai huuhtoutumaton betoni tai laasti – raakapontti- tai mitallistettu lauta, muottivaneri, teräslevy- tai polymeerimuotti, pussimuotti – tarvittaessa raudoitustangot (B500 B) tai raudoitusverkko ja väliskeet – lyönti- tai kiila-ankkurit – sementtiliima tai -laasti ja tarvittavat lisäaineet halkeamakoon mukaan – injektointiaine, sulkuaine ja injektointitulpat

