

# SILTOJEN BETONIRAKENTEIDEN KORJAAMINEN

Jorma Huura, yli-insinööri, Insinööritoimisto Jorma Huura Oy  
Ossi Räsänen, dipl.ins., Tiehallinto Asiantuntijapalvelut



Seppo Marala

## SILLASTO JA KORJAUSTARVE

Tiehallinnolla on yli 14 000 siltaa, joista varsinaisia siltoja on yli 11 000 ja loput putkisiltoja, yhteisarvoltaan noin 4,4 miljardia euroa (ilman alv). Siltoja rakennetaan nykyisin vuosittain 150 - 200. Siltojen pääkannattimien mukaan ryhmiteltynä betonisiltoja on noin 9 500. Myös muun tyyppisissä silloissa on paljon betonirakenteita (kansilaatat, tuet, peruslaatat ja paalut).

Tiehallinnon siltojen korjaustarve on lisääntynyt voimakkaasti 1960- ja 1970-luvulla rakennuttujen suurten siltaikäluokkien tultua peruskorjausikään.

<sup>1</sup> Käytettävissä ollut rahoitus ei ole ollut korjaustarpeeseen nähden riittävä, minkä takia on syntynyt merkittävää siltojen peruskorjauksen jälkeinen jääneisyys. Korjaustarpeita aiheuttavat myös siltojen leventäminen sekä liikenteen ja kuormituksen lisääntymisestä johtuvat siltojen vahvistamiset. Akuutti tai jo viivästynyt peruskorjaustarve on nyt noin 2 000 sillalla. 1990-luvulla korjattiin vuosittain 40 siltaa ja rahoitus oli alle 10 miljoonaa euroa (alv 0%), mistä se on noussut tasaisesti 34 miljoonaan, jolla voidaan korjata yli 150 siltaa. Vuosittainen rahoitus on tarkoitus nostaa 45 miljoonaan vuoteen 2008 mennessä ja sen jälkeen 50 miljoonaan vuoteen 2015 mennessä.

Tiehallinto on tehnyt yhteistyökumppaneiden kanssa pitkäjänteistä siltojen korjausaineiden ja betonirakenteiden kehittämistyötä, minkä tuloksena korjausmenetelmät, käytettävät aineet ja betonit ovat korkeatasoisia ja siten vähentävät aikanaan siltojen korjaustarvetta edellyttäen, että korjaustyöt tehdään oikein. Kehitteillä on myös uusia rakenteiden laaduntarkastusmenetelmiä kuten koko pituudeltaan mittaava optinen kuituanturi.

## SILTOJEN BETONIRAKENTEIDEN VAURIOT

<sup>2</sup> Suomessa siltojen betonirakenteet ovat usein ankarissa ympäristöolosuhteissa. Reunapalkit altistuvat kosteuden lisäksi jaksolliselle jääntymis- sulamisrasitukselle, mitä jäänsulatussuolojen vaikutus vielä pahentaa merkittävästi. Risteys- ja merisiltojen välitukia rapauttaa suolojen tunkeutuminen ja betonin karbonatisoituminen aiheuttama teräskorroosio. Sillan kannen vedeneristyksen vuodot ja rakenteiden halkeilu aiheuttavat ja nopeuttavat pakkas- ja teräskorroosiovaurioita. Liikenteen kasvu lisää kantavien rakenteiden halkeilua ja muodon-

muutoksia. Lisääntyvä liikenne ja talvihoito rasittavat liikuntasaumalaitteita ja niiden tukikaistoja ja avonaisten tai rikkoutuneiden saumalaitteiden läpi valuva vesi vaurioittaa alapuolisia rakenteita.

Betonirakenteiden vaurioiden huolellinen ja järjestelmällinen selvittäminen sekä vaurioiden luokitus antavat perustan rakenteen käyttöiän arvioimiselle sekä oikein mitoitetuille korjaustoimenpiteille. Korjausrakentamisen perusperiaate on, että vaurion syy on selvitettävä ja jos mahdollista poistettava. Jos vaurion syytä ei voida poistaa, rakenteet on korjattava mahdollisimman hyvin rasituksia kuten esimerkiksi pakkasta ja suolarasitusta kestäviksi. Betonirakenteen ongelma on, että säilyvyyden vaarantuminen voidaan usein havaita silmin vasta silloin, kun vaurioaste on edennyt kriittisen pisteen yli. Betonirakenteiden vaurioiden syyt on esitetty eurooppalaisessa standardissa SFS-ENV 1504-9 (kuva 12).

## SILTOJEN HALLINTAJÄRJESTELMÄ JA TARKASTUKSET

Siltojen säilyvyyttä ja historiaa koskevat tiedot kerätään systemaattisesti hallintajärjestelmän silta-rekisteriin, jolloin korjaustöihin ryhdyttäessä on saatavissa kaikki tarpeelliset tiedot ja vältytään turhalta selvitystyöltä. Hallintajärjestelmän käytön tavoitteena on tehdä oikeat toimet oikeaan aikaan ja optimoida samalla kustannuksia.

Siltarekisteriin kerätään silta-kohtaiset tiedot siltojen yleistarkastuksista, joka tehdään silloille yleensä viiden vuoden välein. Yleistarkastuksia saavat tehdä Tiehallinnon kouluttamat pätevytyneet sillantarkastajat. Yleistarkastuksissa tehdään sillan ja sen rakenneosien yleiskuntoarviot, kirjataan kunkin vaurion vaurioluokka ja kiireellisyys sekä määritetään alustavasti korjaustoimenpide kustannuksineen Sillantarkastuskäsikirjan 1 parametristen avulla.

Sillan erikoistarkastus käynnistyy, kun Siltojen hallintajärjestelmään perustuva hankkeiden ohjelmointi antaa siihen sysäyksen. Erikoistarkastus tehdään kaksi vuotta ennen korjaustyötä, jotta aikaa jää riittävästi korjaussuunnitelman laatimiselle ja urakkatarjousten antamiselle.

Betonirakenteiden tutkimusmenetelmien perusasiat on helppo oppia, mutta asioiden hyvä hallinta vaatii paljon kokemusta ja hyvää ammattitaitoa.



Tiehallinto

<sup>1</sup> Tönnön silta, Orimattila. Suomen maanteiden ensimmäinen teräsbetonisilta vuodelta 1911. Hyvin ylläpidetty ja hoidettu silta on edelleen käytössä.

<sup>2</sup> Sääksmäen silta. Reunapalkin valu käynnissä itsetiivistävällä betonilla.



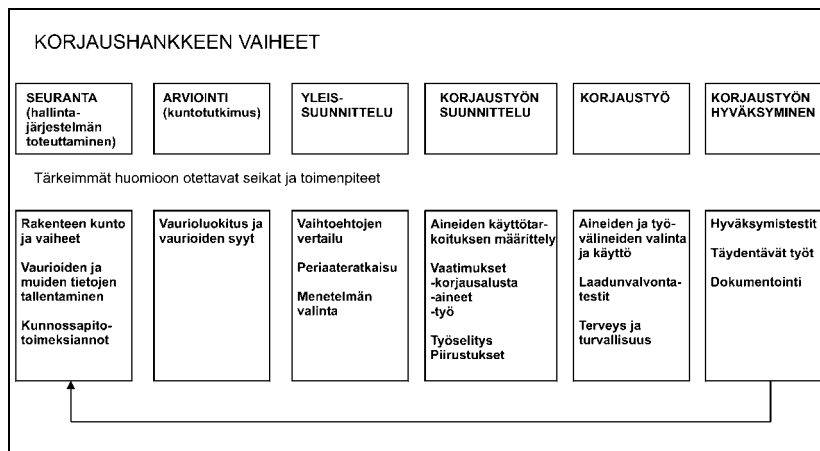
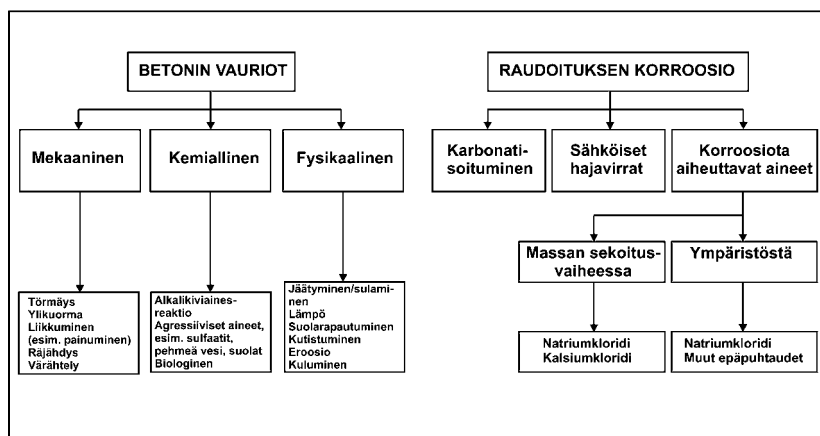
3

Kokemus osoittaa kriittiselle tutkijalle, että aina tulee eteen uusia tilanteita. Tutkimuspisteiden valinta on ratkaisevan tärkeää ja siihen voi harjaantua vain kokemuksen kautta. Tarkastamista ja tutkimusta tekevän henkilön on ymmärrettävä rakenteista selvitettävien tietojen tarve ja osattava käyttää laitteita sekä osattava tarkastella kriittisesti mittaustuloksia. Oikeita johtopäätöksiä voidaan yleensä tehdä vasta eri menetelmillä saatujen tulosten perusteella. Täältä pohjalta on mahdollista päättää tarkemmista tutkimuksista niin, ettei niitä tehdä tarpeettomasti. Tarkemmat tutkimusmenetelmät vaativat yleensä kalliita erikoislaitteita ja erikoisalan-tuntemusta. Tarvittavat näytteet pyritään ottamaan erikoistarkastuksessa.

Rakenteiden tarkastaminen aloitetaan tekemällä näköhavaintoja. Tällöin kiinnitetään huomiota rapautumiin ja syöpymiin, halkeamiin, valuvikoihin ja vesivuotoihin. Valokuvia on syytä ottaa runsaasti, jotta vaurioissa tapahtuvia muutoksia voidaan verrata aikaisempaan tilanteeseen.

Raudituksen betonipeite ja tankojen sijainti määritetään magneettisella betonipeitemittarilla. Betonin puristuslujuus ja lujuuserot saadaan likimäärin selville kimmovasaralla. Halkeamien leveydet mitataan mitta-asteikolla varustetulla suurenuslasilla eli lupilla. Halkeamakartan teko onnistuu parhaiten valokuvasarjana. Valokuvat otetaan, kun kauttaaltaan kasteltu pinta on kuivunut siten, että halkeamat erottuvat tummempina betonin pinnasta. Vasaralla tehtävällä iskukokeella saadaan iskun antaman äänen perusteella selville pintakerroksen tartunta alustaan ja irtonaisten betoniosien sijainti. Paikattavan tai pinnoitettavan pinnan tartuntalujuus voidaan tutkia tarkemmin vetokokeella. Mittaus paljastaa myös, onko betonin pintakerroksessa vaakasuoria halkeamia pakkasvaurion seurauksena. Betonin suhteellinen kosteus voidaan mitata rakenteeseen poratusta reiästä tai pintakosteusmittarilla. Absoluuttinen kosteus saadaan selville esimerkiksi kuivattamalla rakenteesta lohkaistu pala mikroaaltouunissa.

Raudituksen potentiaalimittaus tehdään ainetta rikkomatta sähkökemiallisesti. Potentiaalimittaus vaatii näennäisestä helppoudestaan huolimatta kokemusta ja raudituksen korroosioilmion ymmärtämistä. Raudituksen korroosionopeus voidaan määrittää polarisaatio- tai impedanssimittauksella. Suo-



3  
Wattkastin silta, Korppoo, vuodelta 2004.

4  
Betonirakenteiden vaurioiden syyt.

5  
Korjaushankkeen vaiheet.



Mauno Pentokorpi



6

Jorma Huura



7

Jorma Huura



8

Jorma Huura



9

Jorma Huura

jäpukessa olevan jänneraudoituksen tarkastuksessa voidaan käyttää suojamaadoitettua lieriöporaa ja endoskooppia. Muita käytettyjä tutkimusmenetelmiä ovat ultraäänimittaus, lämpökamerakuvaus, maatutkamittaus ja kaikuluotaus.

Laboratoriotutkimuksia varten rakenteesta porattavan lieriön halkaisija ja pituus määräytyvät tutkittavien asioiden mukaan. Betonin karbonatisoituminen tutkitaan halkaisemalla lieriöporalla porattu näyte tai lohkaisemalla betonipinnasta pala. Betonin kloridipitoisuus tutkitaan luotettavimmin eri syvyyksiltä otetun betonijauheen avulla. Betonin mikrorakennetta voidaan tutkia fluoresenssi- ja polarisaatiomikroskooppilla, jota varten rakenteesta porattusta lieriöstä valmistetaan ohuthie. Hieanalyysillä saadaan selville muun muassa säröily (syntyai-ka, syy jne.), huokoisuus, pakkasenkestävyys, kide- muodostumat (ettringiitti, hydratoituminen jne.) ja voidaan arvioida vesisideainesuhde, sementtityyppi ja seosaineet. Tarkastusmenetelmiä on selostettu tarkemmin Sillantarkastusohjeessa 2.

### STANDARDISOINNIN TILANNE

Korjausrakentamista koskevien Eurooppalaisten standardien laatiminen on ollut käynnissä lähes viidentoista vuoden ajan. Standardisarja: SFS-EN 1504-1...10 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden valvonta, on valmistumassa.

Standardi SFS-ENV 1504-9 Suojaus- ja korjausaineiden ja niiden yhdistelmien yleiset periaatteet on ollut suomennettuna jo kahdeksan vuoden ajan, mutta sen käyttö on ollut vähäistä. Standardin viimeistely alkaa syksyllä, kun muut sarjan standardit alkavat olla valmiita. Tiehallinnon SILKO-ohjeiston 3 yleisohjeet on korjattu EN-standardien mukaisiksi.

### KORJAUSHANKKEEN VAIHEET JA KORJAUSMENETELMÄT

Korjaushankkeen toteutuksessa on kiinnitettävä huomio rakennuttajan, suunnittelijan, urakoitsijan ja materiaalien myyjien selkeään vastuunjakoon. Korjaushankkeen vaiheet on esitetty kaaviossa 2.

Korjaussuunnittelussa ja korjaustyössä käytettäviä keskeisiä ohjeita ovat Tiehallinnon julkaisemat siltojen korjausohjejärjestelmä (SILKO-ohjeisto), Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset (SYL) 7

sekä suunnitteluohjeet.

Standardin SFS-ENV 1504-9 kohdan 5.2 mukaan suunnittelijan on paneuduttava korjaushankkeeseen ottamalla huomioon seuraavat vaihtoehdot:

- lykätään korjaustoimenpiteitä,
  - arvioidaan uudelleen rakenteen kantokyky, mikä voi johtaa betonirakenteen käytön rajoituksiin,
  - estetään tai vähennetään lisävauriot rakennetta parantamatta,
  - parannetaan, vahvennetaan ja kunnostetaan betonirakenne osittain tai kokonaan,
  - rakennetaan betonirakenne kokonaan tai osittain uudelleen,
  - puretaan koko betonirakenne tai osia siitä.
- Vaihtoehtojen valinnassa huomioon otettavat seikat ja soveltuvien toimenpiteiden valinta on esitetty standardin kohdissa 5.3 ja 5.4.

Suunnittelija selvittää tilaajalle erikoistarkastukseen perustuen kysymykseen tulevat vaihtoehdot ja niihin liittyvät riskit, jotta tilaaja voi luotettavasti päättää korjaustoimista. Käytettävissä ovat myös uudet pilarien ja reunapalkkien korkealaatuiset kuorirakennetkaisuut, jotka voidaan tehdä itsetiivistävästä väribetonista. Korjausmenetelmistä päätettäessä on otettava huomioon sillan jäljellä oleva käyttöikä. Eri korjausmenetelmien ikäkäyttämismisestä ei ole toistaiseksi riittävästi kokemuksia, mutta suunnittelijan on pyrittävä arvioimaan tilanne siten, että laatuvaatimukset saavutetaan mutta karkea ylimitoitus vältetään.

Siltojen betonirakenteiden korjaamisen laatu- ja työvaihevaatimukset on esitetty SILKO-ohjeistossa. Suunnittelija täydentää vaatimuksia tarvittaessa hankekohtaisesti. Urakoitsija tekee tarvittavat työ- ja laatusuunnitelmat. Betonirakenteiden korjaamista käsittelevän standardin SFS-ENV 1504-9 mukaiset korjausperiaatteet ja -menetelmät on esitetty kaaviossa 12.

### RAKENTEIDEN PURKAMINEN JA PAIKKAAMINEN

Tavanomaiset purkutyöt tehdään piikkausvasaralla tai mieluummin vesipiikkauslaiteella. Jos betonia on purettava enemmän tai rakenneosia puretaan kokonaan, purkutyö tehdään puristusmurskaimella, piikkausrobotilla tai järeämmällä vesipiikkauslait-



11

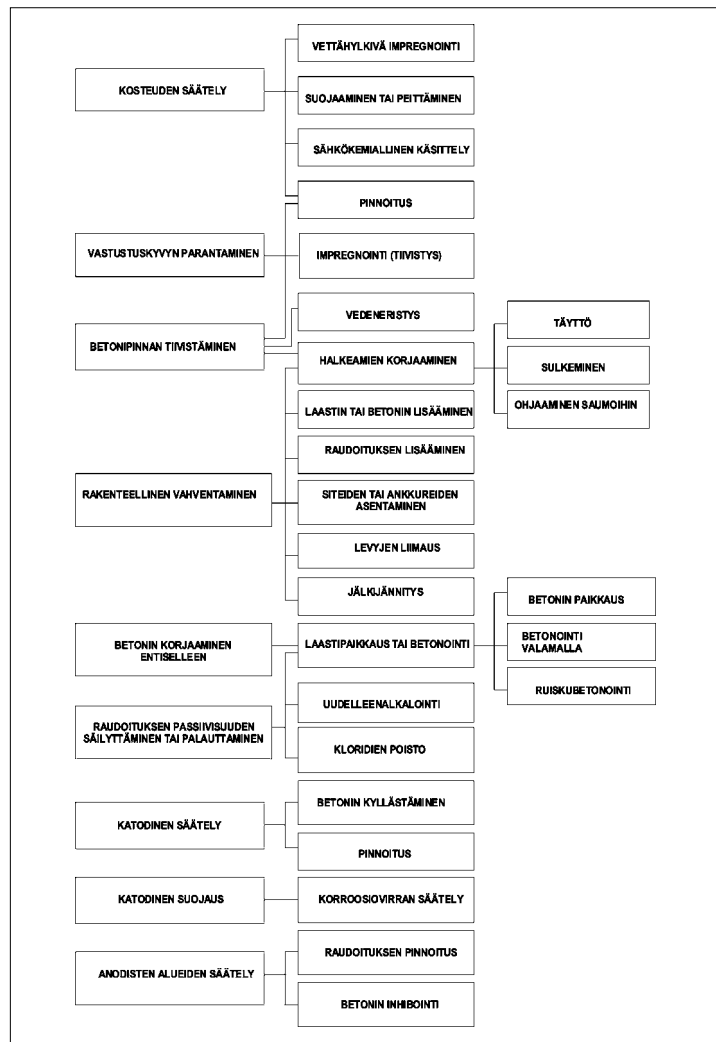
teella. Mekaanisilla piikkausvälineillä tartuntapintaan syntyy mikrohalkeamia, jolloin tartuntavetolujuusvaatimus ei usein täyty. Tästä syystä suositeltavin purkamismenetelmä on vesipiikkaus, joka on oikein tehtynä valikoiva eli poistaa huonolaatuisen betonin haluttuun lujuteen asti. Vesipiikkaus tulisi tehdä ajoneuvoon kiinnitettyllä pyörivällä ja mahdollisesti ohjauskiskon varassa liikkuvalla suuttimella tai telineeseen tai puomiin kiinnitettyllä ruiskupistoolilla. Maassamme on siirrytty lähes yksinomaan käsin ohjattaviin käsissä pidettäviin laitteisiin, jolloin betonin purkamisrajaa on vaikea määrittää.

Tiehallinnon siltatekniikan toimesta on laadittu koekäyttöön betonipinnan poistamishojeita, joiden mukaan betonipeitettä voidaan purkaa rakenteen kantavuutta vaarantamatta pelkästään urakoitsijan tekemän suunnitelman mukaan. Jos betonipeitettä poistetaan enemmän kuin ohjeessa on esitetty, rakennesuunnittelija tekee kantavuuslaskelmat ja yhdessä urakoitsijan kanssa yksityiskohtaisen purkamissuunnitelman.

Vaurioitunut betonikerros uusitaan yleensä sementtipohjaisella korjausaineella. Niitä ovat betoni (CC), polymeeri-sementtibetoni (PCC) kuten lateksibetoni, polymeerimuunnosbetoni (PMC), valumattomat paikkauslaastit ja juotoslaastit. Työmenetelmät ovat valaminen, ruiskutus ja levitys lastalla. Korjausmateriaalin valinta vaikuttaa ratkaisevasti työn onnistumiseen, mutta hyväkin materiaali voidaan pilata huolimattomalla työllä. Epäonnistunut paikkaus halkeilee tai irtoaa alustastaan. Rakennesien betonointiin ja manttelivaluihin käytetään lisääntyvässä määrin itsestivistä betonia.

### BETONIRAKENTEEN SUOJAAMINEN

Suoja-aineilla parannetaan betonin säilyvyyttä ja voidaan vaikuttaa sillan ulkonäköön. Suolaroiskeiden tai -sumun vaikutuksen alaiseksi joutuvat rakenteet on käsiteltävä suoja-aineella tai valettava muottikangasta vasten. Suoja-aineet jaetaan toiminnallisesti seuraaviin ryhmiin: 1) Impregnointiaineet, jotka muodostavat vettähylkivän pinnan ja estävät kloridien tunkeutumisen betoniin. 2) Tiivistysaineet, jotka täyttävät huokokset ja saattavat muodostaa ohuen kalvon. 3) Pinnotteet, jotka muodostavat pintaan kalvon, jonka ominaisuudet ja paksuus määräytyvät rasituksen mukaan. Sementtipohjaiset pinnotteet ovat suositeltavia, mutta niiden ominaisuudet halkeamien



12

6 Pinnoitettu reunapalkki.

7 Reunapalkki vaurioituu aluksi pakkasuolarasituksesta ja rapautuminen voimistuu myöhemmin raudoituksen korroosion käynnistyessä.

8 Suolaroiskeille altistuvien välitukien korjaustarve kasvaa, kun tukiin tunkeutuvat kloridit saavuttavat raudoituksen tason ja käynnistävät teräskorroosion yhä useammissa silloissa.

9 Jäätymisvaurioita syntyy rakenteisiin, kun vesi ei pääse poistumaan esimerkiksi tippuputkien kautta.

10 Rakenteiden halkeamat lisääntyvät kasvavan liikenteen ja kuormituksen seurauksena.

11 Kansilaatan, reunapalkin ja liikuntasauimalaitteen korjaus.

12 Betonirakenteiden korjausperiaatteet ja -menetelmät.



Tiehallinto

13



Mauno Peltokorpi

14



Mauno Peltokorpi

15



Jorma Huura

16



Jorma Huura

17

silloituksen ja karbonatisoitumisen suhteen eivät ole aina riittäviä. Muita pinnoitteita ovat epoksit, polyuretaanit ja akryylit.

### RAUDOITUKSEN KORROOSION PYSÄYTTÄMINEN

Raudoituksen korroosio heikentää raudoitusta ja rakenteen kantavuutta, vaurioittaa raudoitusta ympäröivää betonia ja aiheuttaa ruostevalumia rakenteen pintaan. Teräksen korroosio on sähkökemiallinen reaktio, joka voidaan pysäyttää vaikuttamalla anodi- tai katodialueeseen. Kun betonirakenteen tila on edennyt ohi kriittisen pisteen eli korroosio on käynnistynyt, käytettävissä on vain kalliita korjaus- ja suojausmenetelmiä, kuten karbonatisoituneen tai liian kloridipitoisen betonin poistaminen raudoituksen ympäriltä ja korvaaminen uudella, raudoituksen katodinen suojaus ja betonin uudelleenalkalointi. Inhibointimenetelmästä on saatu toistaiseksi ristiriitaisia kokemuksia. Raudoituksen korroosiota voidaan hidastaa pinnoittamalla puhdistettu raudoitustanko ruosteestoaineella. Ruostumattomien raudoitteiden sekä lasikuitu- ja hiilikuitutankojen käyttö tulee lisääntymään esimerkiksi kuorirakenteissa.

### RAKENTEIDEN VAHVENTAMINEN

Rakenteen vahventamisella vähennetään halkeilua ja lisätään rakenteen taiputus- tai leikkauskapasiteettia. Vahventamiskeinoja ovat rakenteellisten halkeamien injektointi vaadittavaan lujuteen, betonin, laastin tai raudoituksen lisääminen, siteiden tai ankkureiden asentaminen, teräslevyjen tai hiilikuitunauhojen liimaaminen ja ulkoisilla jänteillä jälkijännittäminen.

### LOPPUMIETTEET

Siltojen korjaustoiminta on saanut Siltojen hallintajärjestelmästä havainnollisen perustan, jonka avulla hankkeet voidaan asettaa tärkeysjärjestykseen ja sillaston kuntotilaa voidaan tarkastella havainnollisesti. Tiehallinnon rahoituspuitteet antavat nykyisin mahdollisuuden siltojen korjaustoiminnan määrätietoiseen lisäämiseen asteittain.

Konsultit ja urakoitsijat eivät ole kaikilta osin valmiita vastaanottamaan haastetta. Tilanteeseen liittyy riskiä ei ole tiedostettu. Ongelmia on esimerkiksi siltojen erikoistarkastusten alalla,

kun päätöksiä tehdään puutteellisten tutkimustietojen pohjalta, jolloin valitaan väärä periaateratkaisu tai korjausmenetelmä tai toisaalta rakenteita puretaan liikaa. Haastavaa on myös suunnittelun sisältävien urakoiden laajentuminen yhä suuremmiksi ja suuremmiksi. Tällöin on vaarana, että eri vaihtoehtoja ei selvitetä tarpeeksi vaan mennään siitä, missä aita on matalin. Aikatavoitteet ovat epärealistisia, kun 10 - 20 sillan korjaussuunnitelmat erikoistarkastuksiin pitäisi laatia kuudessa kuukaudessa, kun järjevä aika on kaksi vuotta. Joskus tarjouspyynnössä on kuvaannollisesti sanoen vain siltalettelö, mikä on urakan saavalle hyppy tuntemattomaan. Uusia urakkamuotoja tulee ottaa käyttöön harkiten konsulttien ja urakoitsijoiden ammattitaidon kehittymisen mukaan.

Korjausrakentaminen on aivan oma maailmansa uudisrakentamiseen verrattuna, kuten kaavioista 4 ja 5 ilmenee. Korjausrakentamisessa on otettava huomioon olemassa oleva rakenne ominaisuuksiin ja vaurioineen sekä liikennehaitat. Laatuvaatimukset on asetettava alustalle, korjausaineille ja työlle. Korjaushankkeen vaihekaaviossa (kaavio 5) ei ole oikotietä, vaan on edettävä vaiheittain väli-päätöksiä tehden. Kokemus on opettanut, että paras tulos saadaan aikaan ja vastuu on selvä, kun sama konsultti tekee pääosan tutkimuksista ja suunnittelee korjaustyön. Betonisiltojen erikoistarkastuksen tekijällä (kuntotutkijalla) ja korjaussuunnittelijalla sekä betonirakenteiden korjaustyönjohtajalla tulee olla vuoden 2007 alusta alkaen FISE Oy:n myöntämä pätevyys.

Sillankorjaushankkeen eri toimijoiden hyvällä yhteistyöllä ja ammattitaidolla on nykyään hyvät edellytykset tehdä korjaustyö laadukkaasti ja minimoida sillan suunnittelukäyttöään aikaiset elinkaarikustannukset.

Lähteet:

- Sillantarkastuskäsikirja. Helsinki: Tiehallinto 2004. TIEH 2000009-04.
  - Sillantarkastusohje. Helsinki: Tiehallinto 2004. TIEH 2000008-04.
  - Siltojen korjausohjeet – SILKO. Helsinki: Tiehallinto. TIEH 2230095...-98.
- Julkaisujen sähköiset versiot: [www.tiehallinto.fi/sillat](http://www.tiehallinto.fi/sillat)



18

## REPAIR OF CONCRETE STRUCTURES IN BRIDGES

The Finnish Road Administration maintains more than 14000 bridges, of which 11000 are actual bridges and the rest tubular bridges. The total value of the bridges is EUR 4.4 billion (excl. VAT). About 150-200 new bridges are constructed every year. The total number of concrete bridges, classified as such on the basis of the main bearers, is ca. 9500. Other bridge types also contain a lot of concrete structures (deck slabs, abutments, foundation slabs and piles).

The boom experienced in bridge construction in the 1960s and 1970s means that the need for bridge renovations and repairs is currently high. Long-term development cooperation between the Road Administration and various partners has produced many advances in bridge repair materials and concrete structures. New quality inspection methods are under development, such as the optical fibre sensor that measures the structure over its full length.

### DAMAGES OF CONCRETE STRUCTURES IN BRIDGES

In Finland the concrete structures of bridges are often exposed to extreme conditions. Side girders are subjected to moisture as well as freezing and thawing cycles. Steel corrosion caused by salt penetration and carbonisation of concrete results in weathering of intermediate supports. Leaks in the deck insulation and structural fractures cause and accelerate frost and steel corrosion damage. Increasing traffic volumes and winter maintenance damage expansion joints and their support lanes and water running through open or damaged joint systems causes damage to the understructure.

The assessment of a structure's service life and correct planning of repairs are based on careful and systematic investigation as well as classification of damages. The basic principle followed in repair work is to identify and, if possible, eliminate the cause of the damage. The causes of damages in concrete structures are described in standard SFS-ENV 1504-9.

Data on the durability and history of bridges is systematically collected into the bridge register of the management system, whereby all the required information is available when a repair project is planned. The first inspection of the structures is based on visual observations, paying attention to weathering and corrosion, cracks, casting defects and leaks.

A magnetic covermeter is used to determine the concrete cover on reinforcement and the locations of bars. The compression strength of concrete and differences in strength are established using an impact hammer. Crack widths are measured with a scaled magnifier. A map of the cracks is realised as a series of photos. The bond strength of the surface to be repaired or recast can be determined by a tensile test. The relative humidity of concrete is measured by drilling a hole in the structure or using a surface water meter.

Potential measurement of the reinforcement is performed electro-chemically as a non-destructive test. The corrosion rate of reinforcement can be determined by means of a polarisation or impedance measurement. A cylindrical drill connected to protective earth and an endoscope can be used to inspect sheathed pre-stressing steel. Other inspection methods include ultrasonic measurements, thermal camera investigations, earth radar measurements

and echo sounding.

Concrete carbonisation is analysed by splitting a sample removed with a cylindrical drill or by cleaving from the concrete surface. The most reliable method for establishing the chloride content of concrete is to take samples of the concrete powder at various depths. The microstructure of concrete can be studied of a thin section using fluorescence and polarisation microscopes. The thin section analysis will reveal cracking (when started and why), porosity, frost resistance, crystal formations (ettringite, hydration), the water-binder ratio, the cement type and the additives.

European standards for concrete repair have been under preparation for almost 15 years. The SFS-EN 1504-1...10 standards – Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity – are about to be completed.

SFS-ENV 1504-9 – General principles for use of products and systems – has been available in Finnish for eight years, already. The general guidelines in the Road Administration's SILKO guidelines have been corrected to comply with the EN standards.

### REPAIR PROJECT STAGES AND REPAIR METHODS:

Clear division of responsibilities between the client, the designer, the contractor and the material suppliers is of great importance in the implementation of a repair project. The Road Administration has published guidelines for bridge repairs (SILKO guidelines), general quality requirements for bridge construction (SYL) as well as guidelines for design.

Pursuant to Chapter 5.2 of standard SFS-ENV 1504-9 the designer shall take the following alternatives into consideration:

- do nothing for a specified time
- re-analyse structural capacity
- prevention or reduction of further deterioration
- improvement, strengthening or refurbishment of all or part of the structure
- replacement of all or part of the structure
- demolition, complete or partial.

The factors to be considered when evaluating the alternatives and the selection of applicable measures are described in Chapters 5.3 and 5.4 of the standard.

### DEMOLITION, REPAIR AND PROTECTION OF STRUCTURES

Normal demolition work is carried out using a demolition hammer or a hydrodemolition system.

The damaged concrete layer is usually replaced by cement-based repair material, which can be concrete (CC), polymer cement concrete (PCC) such as latex concrete, polymer modified concrete (PMC), rapidly setting repair mortar or grouting mortar. Work methods include pouring, injection and trowelling. The use of self-compacting concrete is becoming more popular for the concreting of structural parts and concrete mantles.

Protective agents are used to improve the durability of concrete and to influence the appearance of the bridge.

Protective agents are divided into the following functional groups: 1) Impregnating agents, which form a water repellent surface and prevent chlorides from penetrating into concrete. 2) Sealing agents, which fill the pores and may create a thin film. 3) Coating agents, which create a surface film. The properties and the thickness of the film are determined on the basis of the exposure.

### STOPPING CORROSION OF REINFORCEMENT AND STRENGTHENING THE STRUCTURES

Corrosion of the reinforcement weakens it and impairs the load bearing capacity of the structure, damages the concrete surrounding the reinforcement and causes rust stains on the surface. Steel corrosion is an electro-chemical reaction that can be stopped by influencing the anode or cathode area. Corrosion of the reinforcement can be retarded by coating the cleaned reinforcement bar with anti-corrosion agent. The use of stainless reinforcement as well as glass fibre and carbon fibre bars will increase in e.g. shell structures.

The strengthening of the structure will decrease cracking and improve the bending or shearing capacity of the structure. Strengthening methods include injection of structural cracks to achieve the required strength, increasing the amount of concrete, mortar or reinforcement, installing ties or anchors, using glued steel sheets or carbon fibre strips and post-stressing by means of external tendons.

Required quality standards shall be specified for the base, the repair materials and the workmanship. The best result is achieved and the division of liability is clear when one consultant is used to both carry out most of the investigations and to design the repairs. As of the beginning of 2007, persons who perform special inspections of concrete bridges (condition surveys) as well as repair designers and repair work supervisors shall in Finland be qualified by FISE Oy.

13  
Ulkoiset jänteet kotelopalkin sisällä.

14  
Paikattu kansilaatan yläpinta.

15  
Sillan kansilaatan alapinnan pinnoitustyö.

16  
Sillan erikoistarkastus tehdään siltakurjen tai muun henkilönostimen korista käsin.

17  
Korjattavat betonirakenteet puretaan mieluummin vesipiikkauslaitteella.

18  
Sillan betonirakenteiden säilyvyyttä ja ulkonäköä voidaan parantaa pinnoittamalla.