

1 VAURIO



Kuva 1. Betonipeite halkeilee raudoituksen korroosion käynnistyttyä.

Raudoituksen korroosio käynnistyy, kun betoni karbonatoituu ilman hiilidioksidin vaikutuksesta eli menettää raudoitusta suojaavan emäksisyytensä tai kloridit tunkeutuvat raudoitukseen asti. Joskus syy on betonin rapautuminen, joka johtuu siitä, että vesi pääsee betonin huokosiin ja irrottaa jäätyessään kerros kerrokselta betonin pintaa. Vaurio näkyy betonipinnassa aluksi verkkomaisena halkeiluna ja jatkuu pinnan rapautumisena.

Useimmiten vaurion syy on valu- tai materiaalivirhe, kun betonipeite on jäänyt liian ohueksi tai rakenteessa on onkaloita tai muita huonosti tiivistettyjä kohtia (rotanpesiä) tai betonin pakkasenkestävyys on ollut riittämätön.

2 KORJAUSTARVE



Kuva 2. Betonipeite lohkeaa pois raudoituksen korroosion voimistuessa.

Betonipinnan korjaus ruiskubetonoimalla tehdään yleensä sillan peruskorjauksen yhteydessä. Korjaus on tarpeen, jos

- raudoituksen betonipeite on halkeillut tai lohjennut pois raudoituksen korroosion seurauksena
- betonipeite on jäänyt liian ohueksi, vaikka betonin karbonatoituminen ei ole saavuttanut raudoitusta
- betonipinta on rapautunut niin paljon, että raudoitteiden betonipeite on vähentynyt merkittävästi.

Jatkuvasti kosteuden vaikutuksen alaisena olevat pinnat, joissa on halkeamia tai betonipeite on lohjennut pois, korjataan ensi tilassa.

Rakenteen pääraudoitteiden ja leikkausjännitysten alueella olevien hakaraudoitteiden poikkipinta-ala saa pienentyä korkeintaan 10 %. Muissa tapauksissa on seurattava betonipeitteen karbonatoitumista ja rapautumista. Betonipeitettä on vahvennettava viimeistään, kun karbonatoituminen on 10 mm:n etäisyydellä raudoituksesta tai kun keskimääräinen rapautuma on ylittänyt 10 mm.

Ruiskubetonointi on betonirakenteiden korjausmenetelmä, joka tulee korjausmenetelmänä kysymykseen *Sillantarkastuskäsikirjan* /1/ vauriotyyppissä 2, 4 ja 6.

3 OHJEEN SOVELTAMISALA

Tässä julkaisussa käsitellään siltojen näkyvien betonipintojen korjaamista ruiskubetonoimalla.

Ruiskubetonointi on laajojen betonipintojen korjausmenetelmä. Sitä käytetään betonin pakkasrapautumien ja raudoituksen korroosion aiheuttamien vaurioiden korjaamiseen tai vaurioiden estämiseen. Lisäksi ruiskubetonointia käytetään raudoituksen suojaamiseen rakenteita vahvennettaessa ja katodisessa suojauksessa käytettävän anodiverkon suojaamiseen. Ruiskubetoni ei sovellu ilman erillistä pinnoitetta

- reunapalkkien korjaukseen
- pintoihin, jotka ovat vedenvaihtelualueella
- suolatoilla tieosuuksilla välitukien korjaukseen.

Julkaisua käytetään siltojen korjaus- ja uudisrakentamisen ruiskubetonitöiden suunnittelussa ja toteu-

tuksessa. Sitä voidaan soveltaa myös rakenteita vahvennettaessa ja suojattaessa sekä betonisiltojen palovaurioita korjattaessa.

Ruiskubetonointia varten laaditaan korjaussuunnitelma. Jos tämän ohjeen viitejulkaisuissa on tapahtunut muutoksia, ne yksilöidään korjaussuunnitelmassa.

Korjaussuunnitelmassa esitetään laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimet. Tämän ohjeen tekstiä toistetaan vain, jos ohjeessa on vaihtoehtoja tai jos halutaan kiinnittää huomiota työvaiheisiin, joissa tehdään usein virheitä.

Työturvallisuutta koskevissa asioissa noudatetaan *SILKO-ohjetta 1.111* ja ympäristönsuojelu toteutetaan *SILKO-ohjeen 1.112* mukaan.

4 LAATUVAATIMUKSET

Ruiskubetonointi tehdään suunnittelijan laatiman korjaussuunnitelman mukaan. Urakoitsija laatii työ- ja laatusuunnitelman, joka toimitetaan tilaajalle.

Olosuhteiden on oltava valittujen korjaustuotteiden vaatimusten mukaiset. Rakenteen lämpötilan on oltava ruiskubetonin kovettumisen ajan vähintään +5 °C. Tuulen nopeus saa olla korkeintaan 2 m/s. Jos ulkoilman olosuhteet eivät ole vaatimusten mukaisia, käytetään sääsuojaa.

Korkeita lämpötiloja on syytä välttää, koska kutistumishalkeilun riski kasvaa. Suositeltava lämpötila työn aikana on +5...+20 °C. Märkäseosruiskutuksessa suositeltava massan lämpötila on +10...+20 °C. Korjaustuotteita tulee säilyttää valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Piikkausraja on määritettävä kohdan 5.4 mukaan kloriditestin perusteella.

Käytäntö on osoittanut, että vauriot uusiutuvat nopeasti, jos liian kloridipitoista tai karbonatisoitunutta betonia jää raudoituksen ympärille.

Ruiskubetonin tai -laastin on oltava Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymä tai on täytettävä standardin SFS-EN 14487-1 ominaisuuksien mukaisen ruiskubetonin vaatimukset.

Korjausbetonin valinta perustuu *SILKO-yleisohjeen 1.201 /2/* taulukoihin 18a ja 18b. Valinta tehdään alustavasti korjaussuunnitelmaa laadittaessa ja lopullisesti työ- ja laatusuunnitelmaa tarkastettaessa. Raudoitusta suojaavan betonipeitteen paksuus määräytyy betonilaadun ja suunnittelukäyttöiän perusteella. Sillankorjaustoissa raudoitusta suojaavan betonipeitteen on oltava vähintään 30 mm. Käytettäessä Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymää polymeeripitoista laastia betonipeite määräytyy tuotekohtaisesti, mutta sen on oltava aina vähintään 15 mm.

Ruiskubetonin paksuuden pitää olla aina vähintään 10 mm.

Tartuntapinnan vetolujuuden ja ruiskubetonin tartuntalujuuden on oltava vähintään 1,5 N/mm².

Kuituvahvisteisen ruiskubetonin laatuvaatimukset ja niiden todentamiseksi tehtävät laadunvalvontatoimet määrittelee suunnittelija kohdekohtaisesti ja merkitsee ne korjaussuunnitelmaan.

Työ toteutetaan siten, että korjaussuunnitelmassa määritetyn tarkastusluokan ja kohdekohtaisesti noudatettavat laatuvaatimukset täyttyvät suunnittelukäyttöiän, ruiskutusosalustan, ruiskubetonin osa-aineiden, betonin materiaaliominaisuuksien, työnsuorituksen ja laadunvalvonnan osalta.

Sillankorjauksissa ruiskubetonin osa-aineiden laadunvalvonnan toimenpiteet ja todentavien koekäytöiden tekeminen käyvät ilmi taulukosta 1.

Taulukko 1. Ruiskubetonin osa-aineiden laadunvalvontatoimet; tarkastusluokat 2 ja 3.

Osa-aine	Tarkastus tai testi	Tarkoitus	Näytteenottoväli
Sementti	Kuormakirjan tarkastus	Varmistetaan oikea tyyppi ja alkuperä	Jokainen toimitus
Kiviaines	Kuormakirjan tarkastus	Varmistetaan oikea tyyppi ja alkuperä	Jokainen toimitus
	Rakeisuus (SFS-EN 933-1) ja epäpuhtaudet (SFS-EN 12620) tai toimittajan antama tieto	Arvioidaan standardinmukaisuus	Ensimmäinen toimitus uudesta esiintymästä
Lisäaineet	Kuormakirjan tai astian merkinnän tarkastus (SFS-EN 934-6)	Varmistetaan onko toimituserä tilauksen mukainen	Jokainen toimitus
Seosaineet jauheena	Kuormakirjan tarkastus (SFS-EN 934-6)	Varmistetaan onko toimituserä tilauksen mukainen	Jokainen toimitus
Vesi	Testaus standardin SFS-EN 1008 mukaisesti	Varmistetaan, että vedessä ei ole haitallisia aineita	Ensimmäinen toimitus uudesta esiintymästä
Kuidut	Pituuden, halkaisijan ja muodon tarkastus standardien SFS-EN 14889-1 ja SFS-EN 14889-2 mukaisesti	Varmistetaan onko toimituserä tilauksen mukainen	Jokainen toimitus

Märkäseosruiskutuksessa noudatettavat perusseoksen laadunvalvontatoimet on esitetty standardissa SFS-EN 14487-1.

Ruiskubetonityössä materiaalien säilytyksen, annostelulaitteiden, sekoittimien ja ruiskutuslaitteistojen pitää täyttää standardissa SFS-EN 14487-2 asetetut vaatimukset.

Korjaustyön tekijöiden ammattitaito on osoitettava tilaajan hyväksymällä työnäytteellä tai ammattipassilla.

Ruiskubetonipinnan värisävy ei saa vaihdella eikä erottua häiritsevästi ympäröivästä betonipinnasta.

Jos ulkonäölle asetetaan vaatimuksia, ruiskubetonipinnan epätasaisuutta voidaan sallia 10 mm kahden metrin matkalla.

Korjaustyöstä on pidettävä pöytäkirjaa.

Pöytäkirjan malli on *SILKO-yleisohjeen 1.231* /3/ liitteenä.

5 TYÖVAIHEVAATIMUKSET

5.1 Ruiskutusmenetelmän valinta

Suunnittelun tärkein vaihe on ruiskutusmenetelmän sekä menetelmään ja kohteeseen soveltuvan korjausbetonin valinta. Yleensä käytetään kuivaseosmenetelmää, koska siitä on pitkäaikaiset kokemukset. Märkäseosmenetelmää käytetään sil-

lankorjaustöissä paksuja kerroksia tai menetelmää varten kehitettyjä erikoislaasteja ruiskutettaessa. Jos paksu kerros ruiskutetaan märkäseosmenetelmällä, pinnanajo tehdään kuivaseosmenetelmällä.

5.2 Työ- ja laatusuunnitelman laatiminen

Urakoitsija laatii ennen ruiskubetonointityön aloittamista yhdistetyn työ- ja laatusuunnitelman yleisohjeen /4/ kohdan 2.5 mukaisesti. Työ ja laatusuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle vähintään viikkoa ennen työn aloitusta.

Työ- ja laatusuunnitelman keskeisin sisältö on:

- purettavien osien rajat ja suositeltava purkamismenetelmä
- raudoituksen kunnostus
- ruiskubetonimassa ja mahdolliset kuidut
- ruiskutusmenetelmä
- jälkihoito
- teline-, suojaus- ja muottirakenteet
- työnaikaiset laatumittaukset

- vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi tehtävät kokeet
- työ- ja ympäristönsuojelutoimet
- kohdekohtaisissa suunnitelmissa on otettava huomioon paikalliset olot, kuten junaliikenne ja sähköistys, työnaikainen liikenne, vesistön käyttö jne.
- liikennejärjestelyt.

Liikenteen aiheuttamat rasitukset ruiskubetonin tartunnalle ja lujuudenkehitykselle otetaan huomioon korjaussuunnitelman mukaisesti. Tarvittavat liikenerajoitukset kuten sallittava värähtelynopeus tai nopeusrajoitus sekä rajoitusten kestot, on esitetty korjaussuunnitelmassa.

5.3 Valmistelevat työt

Ennen ruiskutustyötä tehdään liikenteen järjestelyä varten julkaisun /5/ mukainen liikenteenohjaussuunnitelma, joka esitetään tilaajan edustajalle ennen työn aloittamista. Esimerkkiratkaisuja siltatyömaiden liikennejärjestelyistä on julkaisussa /14/.

Kaluston toimintakunto on tarkistettava hyvissä ajoin ennen työhön ryhtymistä. Paineilman puhtaus tarkistetaan puhaltamalla ilmaa puhtaan veden pinnalle, johon ei saa muodostua öljykalvoa.

Hankekohtaiset ennakkokokeet esitetään korjaussuunnitelmassa. Betonin ennakkokokeista on annettu yksilöidyt vaatimukset yleisohjeessa /4/.

Ennakkokokeet tehdään joko hankekohtaisesti tai ennakkokokeita vastaavat tiedot voidaan hankkia aikaisemmin vastaavissa oloissa ja vastaavalla betonin koostumuksella toteutetuista hankkeista. Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymis-

tä tuotteista ei ennakkokokeita tarvitse tehdä.

Kohdekohtaisesti voidaan edellyttää myös koeruiskutusta. Ruiskutus on tehtävä riittävällä betonimäärällä tasaisen virtauksen saavuttamiseksi. Koeruiskutus tulee tehdä samalla henkilökunnalla, materiaaleilla, laitteilla ja ruiskutusmenetelmällä kuin tuotannon aikana.

Koeruiskutuksessa tutkitaan ainakin betonin puristuslujuus, tartuntalujuus alustaan, pakkasenkestävyys ja kuitubetonilla kuidun määrä. Koeruiskutus uusitaan mikäli betonin osa-aineissa ja koostumuksessa tapahtuu merkittäviä muutoksia.

Koeruiskutusta ei tarvitse tehdä, jos työn suorittajalla on pitkäaikainen kokemus samanlaisesta ruiskutuskalustosta, käytettävistä materiaaleista ja työ tehdään kokeneella henkilökunnalla.

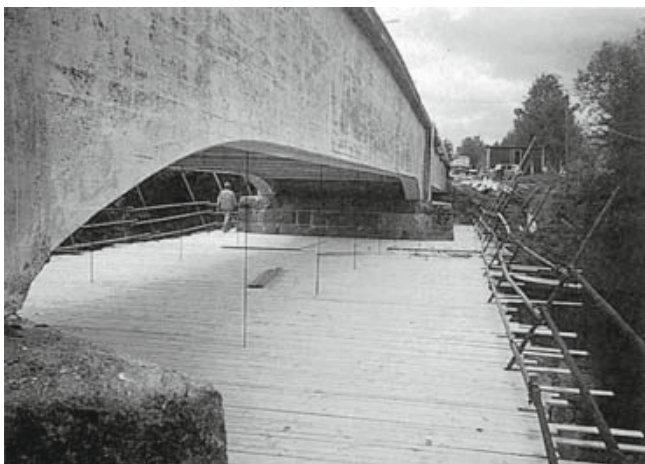
Ruiskutustyössä on tärkeää, että ruiskuttaja pääsee siirtymään joustavasti kohteesta toiseen, koska työssä on vältettävä keskeytyksiä. Tämä on otettava huomioon telineitä suunniteltaessa (kuva 3).

Tukitelineet tehdään julkaisua /6/ noudattaen. Muut telineet ja ne tukitelineiden osat, joita käytetään työ- ja suojaesineinä tai työtasoina ja kulkuteinä, mitoitetaan julkaisun *Rakennustöiden turvallisuusmääräykset selityksineen 2008 /7/* sekä julkaisun *Työtelineet ja suojarakenteet /8/* mukaan. Jos telineet tuetaan maahan, ne tehdään yleensä jonkin putkitelinyypin elementeistä. Pienen sillan telineet voidaan tehdä puurakenteisena. Jos olot sallivat, voidaan käyttää pyörillä varustettuja telineitä, joiden liikuttelu on helppoa. Siltakurki tai muu henkilönostin sopivat hyvin ruiskutustyöhön (kuva 4).

Telineratkaisuja tehtäessä on otettava huomioon myös muut mahdolliset suojarakenteet, koska ruiskutusta ei saa tehdä sateella, kovalla tuulella tai jos on jäätymisvaara.

Ruiskutuskohteen suojaamisessa on suositeltavaa käyttää sääsuojaa ruiskutusolosuhteiden hallitsemiseksi ja ympäristön suojaamiseksi. Kylmänä vuodenaikana sääsuojan käyttö on usein välttämättömiä ruiskutusalueen lämpötilavaatimusten täyttämiseksi ja ruiskubetonin kovettumisolosuhteiden varmistamisessa.

Jos rakenteiden purkamisessa käytetään vesipiikkausta, kivien ja muun purkujätteen sinkoilu estetään suojaseinällä. Seinän tarve on harkittava muissakin tapauksissa, kuten ohiruiskutuksen ja hukkaroiskeen haittoja eliminoitaessa.



Kuva 3. Esteettömän liikumisen mahdollistava teline.



Kuva 4. Pilarin ruiskubetonointia siltakurjen korista käsin.

5.4 Rakenteiden purkaminen ja pinnan esikäsitely

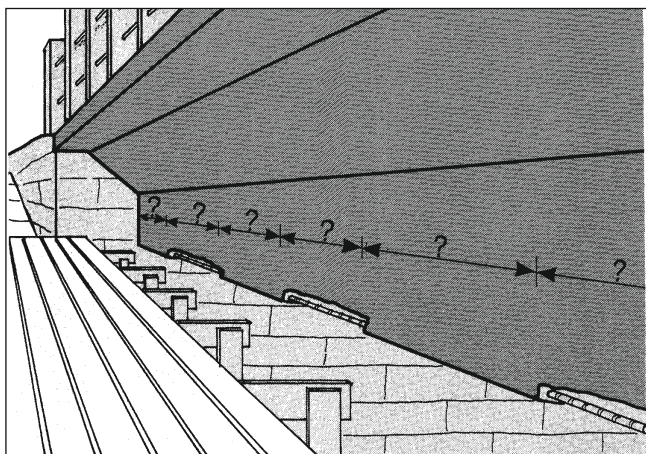
Ruiskubetonialustan tulee täyttää standardin SFS-EN 1504-10 kohdan 7 vaatimukset.

Betonipinnan purkamisen laajuus ja kerralla piikattavaksi sallittu rakenteen osa (kuva 5) esitetään korjaussuunnitelmassa. Sopivia purkamismenetelmiä ovat vesipiikkaus, käsinpiikkaus ja piikkaus hydraulisella robotilla /9/. Mekaaninen piikkaus tehdään mahdollisuuksien mukaan pääraudoitteiden suunnassa tankoja vaurioittamatta. Myös jysintää voidaan käyttää, jos poistettava betoni ei ulotu raudoitteiden taakse.

Piikattava osa rajataan yleensä suoraviivaiseksi timantti- tai katkaisulaikalla tehtävän uran avulla. Rajaus tehdään mieluummin rakenteen jonkin särmän kohdalle.

Raudoitustankojen ympärille ei saa jäädä karbonisoitunutta tai liian kloridipitoista betonia. Kloridipitoisuuden mittaamistarve määritetään korjaussuunnitelmassa. Raudoitustankojen ympärille ei saa jäädä betonia, jonka kloridipitoisuus on yli 0,02 % betonin painosta. Raudoitteen betonipeite mitataan jokaiselta alkavalta 10 m²:n alueelta, jos kloridipitoisuus on kriittinen raudoituksen syvyydellä.

Jos betonia on poistettava niin, että vain osa raudoitustangon pinnasta paljastuu, raudoitustangon kiinnittyminen betoniin on selvitettävä vasaralla koputtelemalla. Jos raudoitustangon tartunta on kunnossa, sitä ei tarvitse paljastaa kokonaan, jos sen pinnasta



Kuva 5. Palkin alapinta korjataan yleensä osissa.

on paljastunut korkeintaan neljäsosa. Muussa tapauksessa piikkausta on jatkettava, kunnes raudoitustangon ja vanhan betonin väliin jää ainakin 20 mm:n tai vähintään raudoitustangon läpimitan suuruinen piikattu alue (kuva 6).

Mekaanisesti piikattu pinta viimeistellään käsityövälineillä niin, että irtonaista betonia ei jää rakenteeseen. Tartuntapinta ja raudoitustangot suihkupuhdistetaan. Vesipiikattu pinta on puhdistettava suurpaineisella vesisuihkulla.

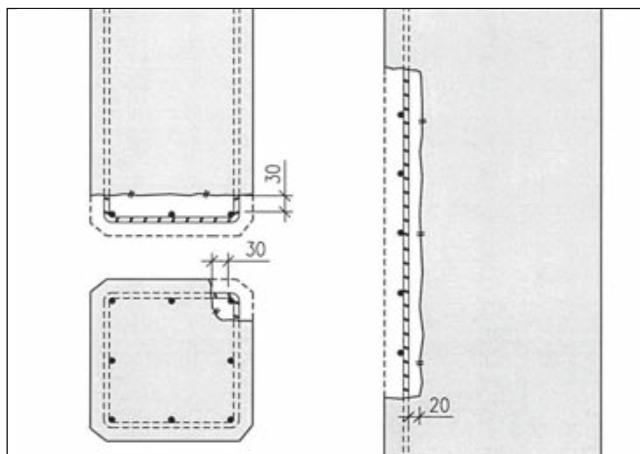
Lievemmin ruostuneet raudoitustangot puhdistetaan koneellisesti teräsharjalla, jos niitä ei suihkupuhdisteta pintojen esikäsitelyn yhteydessä.

Jos piikkausta ei tarvita, ruiskutettavat pinnat suihkupuhdistetaan normaaliin puhdistusasteeseen /10/.

Ruiskutusalueen tulee olla puhdas tartuntaa heikentävästä pölystä ja irtomateriaaleista. Pinta tarkastetaan aina silmämääräisesti ja testataan vasaralla koputtelemalla, jotta havaitaan irti oleva betoni.

Tarvittaessa ruiskutusalueesta tulee suojata myöhemmiltä epäpuhtauksilta.

Korjaussuunnitelmassa esitetään vaatimukset ruiskutusalueen betonin lujuudelle ja vaatimukset tartuntalujuuden toteamiseksi tehtävistä tartuntavetokokeista ja niiden laajuudesta.



Kuva 6. Piikkaus ulotetaan riittävästi paljastuneen raudoitustangon taakse.

5.5 Raudoituksen asentaminen ja muottien teko

Raudoituksen ja muottien vaatimukset esitetään ruiskubetonityön korjaussuunnitelmassa.

Korjaussuunnitelmassa esitetään

- käytettävät raudoitteet tai kuidut
- uusittavat tai lisättävät raudoitteet
- raudoitteiden jatkaminen ja ankkurointi
- rakenteen vahventaminen.

Jos raudoituksen lisääminen on tarpeen, vanhan raudoituksen ulkopuolelle asennetaan rauditusverkko (kuva 7). Verkko kiinnitetään vaihtoehtoisesti

- sidelangoilla vanhoihin raudoitustankoihin
- ankkureilla vanhaan betoniin
- sitoutumattomaan massaan painetuilla sidelangoilla ruiskutettuun betonipintaan.

Pinnassa olevat sidelankojen päät katkaistaan ennen pinnan ajoa.

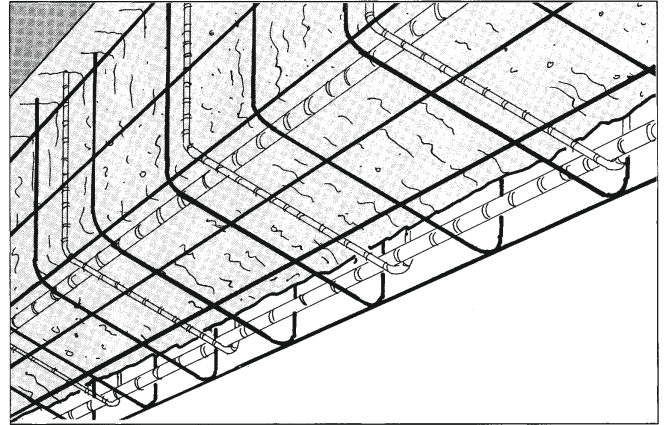
Palkkeja, pilareita tms. rakenteita ruiskubetonoitaessa joudutaan rakenteen muodon säilyttämiseksi käyttämään muotteja, varsinkin rakenteiden kulmissa (kuva 8). Muotit on kiinnitettävä hyvin, jotta ne eivät liiku ruiskutuksen aikana. Joskus on tarpeen tehdä muotteja ruiskutuksen edistyessä.

Käytettävä muottimateriaali on esitetty korjaussuunnitelmassa. Tavallisimmin muottipintana käytetään mitallistettua tai raakaponttilautaa. Muottivaneria voidaan käyttää, jos tehdään pinnanajo koko rakenteosalle.

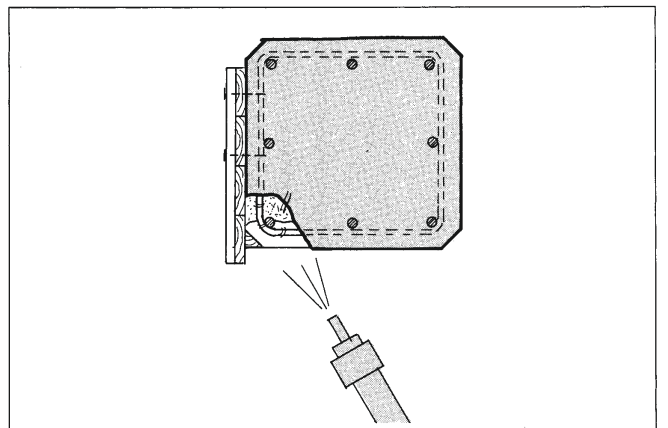
Muottityössä kiinnitetään erityistä huomiota

- muottien tiivyyteen vanhaa rakennetta vastaan
- tukien kiinnittämiseen
- kulmien viisteisiin
- hukkaroisketaskujen välttämiseen.

Muottiöljyä ei saa käyttää.



Kuva 7. Rauditusverkolla vahvennettu palkki.



Kuva 8. Rakenteen muoto voidaan säilyttää muottin avulla.

5.6 Ruiskubetonointi

Ruiskubetonin osa-aineet valitaan ja laadunvarmistus tehdään yleisohjeen /4/ mukaisesti.

Tehdasvalmisteisten kuivatuotteiden käyttö on suositeltavaa muun muassa ohuissa kerroksissa ja pinnanajossa. Valmistajan antamia ohjeita on noudatettava tarkasti. Erityisesti on valvottava, että vettä lisätään ohjeiden mukaan.

Kuivaseoksen esikostutus on yleensä tarpeellista. Jos massassa käytetään lisäaineita, niiden käytöstä ja tarvittavista ennakkokokeista annetaan ohjeet korjaussuunnitelmassa

Käytännössä on todettu, että märkäseosmenetelmässä huokosteen annostus pitää olla viisinkertainen normaaliin verrattuna. Huokostus on tarpeen esimerkiksi silloin, kun ruiskubetoni tulee vedenpinnan vaikutusalueelle.

Kaluston on oltava työtä aloitettaessa moitteettomassa kunnossa ja puhdistettu vanhasta kuiva-

aineksesta. Jos varakalustoa ei ole paikalla, sen nopea saanti on varmistettava.

Kun käytetään teräskuituja, syöttösuppilon suuaukon seulan silmäkoon pitää olla vähintään kaksinkertainen kuidun pituuteen verrattuna tai käytetään 25–30 mm:n välppää, jotta kuidut eivät kasaannu syöttöaukkoon. Kuivaseosmenetelmässä polymeerikuituja voi hukkaantua 50–70 %.

Ruiskutettavat pinnat kostutetaan hyvin vuorokausi ennen ruiskutusta. Kosteus on säilytettävä sellaisena, että ruiskutustyön alkaessa pinnat ovat kosteat (tummat), mutta ne eivät saa olla vesimärkiä (kiiltäviä). Ruiskutettava pinta ei saa koskaan olla jäinen tai niin kylmä, että on jäätymisvaara.

Ruiskutuskohtaan lähellä olevat pinnat suojataan.

Kuivaseoksen osa-aineet mitataan paino-osin. Osa-aineiden annostelutarkkuuden tulee täyttää taulukon 2 mukaiset vaatimukset.

Taulukko 2. Osa-aineiden annostelun ja ruiskutuksen hyväksytyt toleranssit.

Osa-aine	Toleranssivaatimus määritellystä määrästä	
	Tarkastusluokka 2	Tarkastusluokka 3
Sementti	± 5 %	± 3 %
Vesi (märkämenetelmälle)	± 5 %	± 3 %
Kiviainesten kokonaismäärä	± 5 %	± 3 %
Seosaineet	± 5 %	± 3 %
Kuidut	± 5 %	± 5 %
Annostelupaikalla lisättävät lisäaineet (< 5% sementin painosta)	± 7 %	± 5 %
Suuttimessa lisättävät materiaalit	± 10 %	± 5 %

Ruiskubetonimassa sekoitetaan ruuvi- tai pakkosekoittajassa, johon annostellaan ensiksi kiviainekset ja sitten sementti. Jos kiviaines on täysin kuivaa, tehdään esikostutus (kuva 9). Sopiva kosteus on 3–5 %. Jauhemaiset lisäaineet sekoitetaan joko sementtiin tai kuivaseokseen. Nestemäiset lisäaineet sekoitetaan kiviainekseen tai veteen tuotekohtaisten ohjeiden mukaan.

Sementin ja luonnonkostean kiviaineksen seos on käytettävä 1,5 tunnin kuluessa. Mikäli kohteessa joudutaan käyttämään pitempää aikaa, tulee käyttöaika todentaa etukäteen. Kuivaseoksen haitalliset muutokset, kuten erottuminen, tulee minimoida materiaalin siirtojen aikana.



Seppo Matala

Kuva 9. Esikostutettu tehdasvalmisteinen kuivaseos.

Kuivaseosruiskutuksessa on vesimäärän säätely erittäin tärkeää. Tulos riippuu ruiskuttajan ammattitaidosta, koska vesimäärän säätely perustuu ruiskuttajan näköhavaintoihin. Vettä käytetään niin paljon, että massa tarttuu hyvin alustaan ja hukkaroisetta tulee mahdollisimman vähän. Hukkaroiske on poistettava ruiskutettavilta pinnoilta ja raudoituksesta paineilmalla tai suurpainepesurilla ennen betonin kovettumista.

Suosittelava ruiskutusetäisyys on yksi metri. Se voi vaihdella 0,5...1,5 metriin. Etäisyyden pienentyessä voidaan käyttää pienempää painetta. Jos etäisyys on liian suuri, kerroksen kasvamista on vaikeampi seurata ja suihku leviää liian laajaksi.

Suutinta liikutellaan niin, että betonisuihku kulkee säännöllistä liikerataa (kuva 10). Näin menetellen ruiskubetonikerros saadaan tasaisemmaksi. Suutin pidetään mahdollisimman kohtisuorassa ruiskutettavaa pintaa vastaan. Mitä terävämpi on ruiskutuskulma, sitä suurempi on hukkaroiskeen määrä (kuva 10). Raudoitettuja rakenteita ruiskutettaessa ruiskutuskulmaa joudutaan vaihtelevaan niin, että raudoitustankojen taustat täyttyvät (kuva 11).

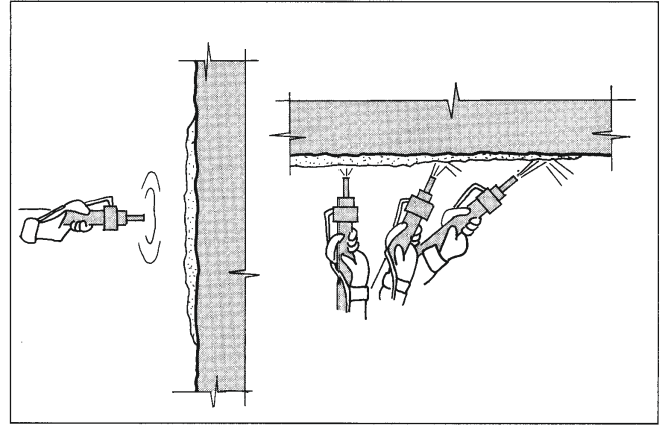
Valmiin pinnan väri vaihtelun pienentämiseksi yhtenäisissä näkyviin jäävissä pinnoissa tulee välttää pitkiä ruiskutuskatkoja. Ruiskutuksessa on suositeltavaa edetä koko ajan samaa pintaa valmiiksi tehden.

Kuivaseosmenetelmällä ruiskutettava kerros voi olla alapinnassa korkeintaan 30 mm ja seinissä 40 mm (kuva 12). Ensiksi ruiskutetaan kuopat ja kulmat. Märkäseosmenetelmässä voidaan käyttää paksumpia kerroksia.

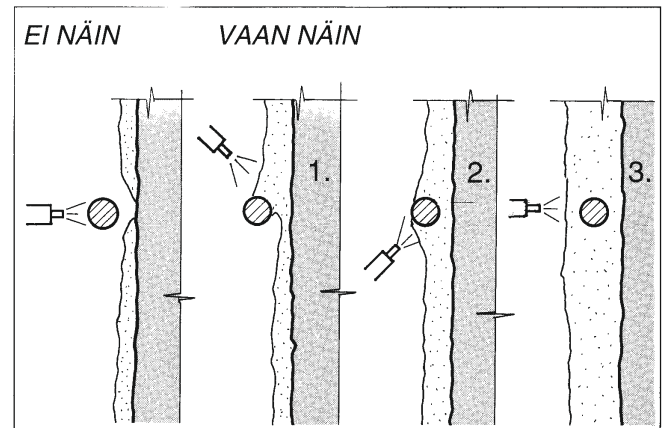
Ruiskubetonityöt pyritään toteuttamaan mahdollisimman vähäisellä kerrosmäärällä, koska kaikki ruiskubetonikerrokset jälkihoidetaan. Kerralla ruiskutettavan kerroksen paksuuden tulisi olla vähintään 10 mm. Pinnanajossa voidaan käyttää pienempää kerrospaksuutta.

Ruiskubetonoinnin yleisperiaatteista joudutaan rakenteita korjattaessa joskus tinkimään niin, että

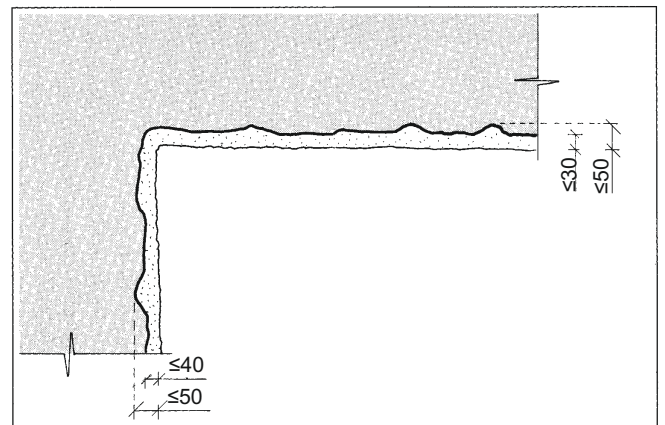
- ruiskutusetäisyys on vain 20–30 cm ja ruiskutussuunta, varsinkin nurkkia ruiskutettaessa, voi olla lähes vaakasuora (kuva 13)
- kerralla ruiskutettava kerros voi paikallisesti olla 50 mm, koska yleensä pyritään siihen, että raudoitustangot saadaan peittoon ensimmäisellä ruiskutuskerralla
- vähäiset kuopat voidaan täyttää 50 mm:n syvyydeltä yhdellä ruiskutuskerralla.



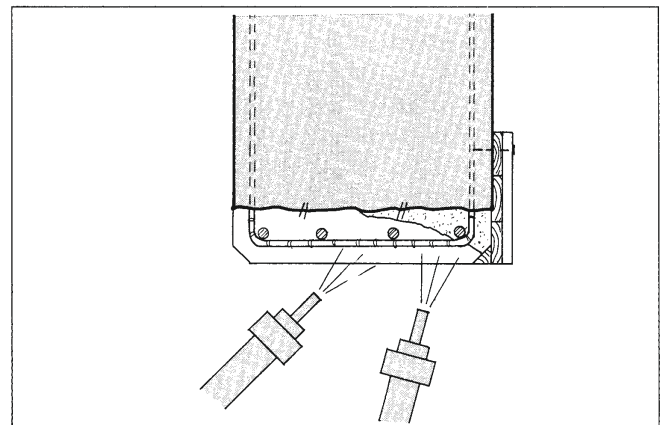
Kuva 10. Suuttimen liikerata ja ruiskutuskulman vaikutus hukkaroiskeen määrään.



Kuva 11. Raudoitustangon taustan täyttäminen.



Kuva 12. Ruiskubetonikerrosten sallitut paksuudet kuivaseosmenetelmässä.



Kuva 13. Nurkan ruiskutus.

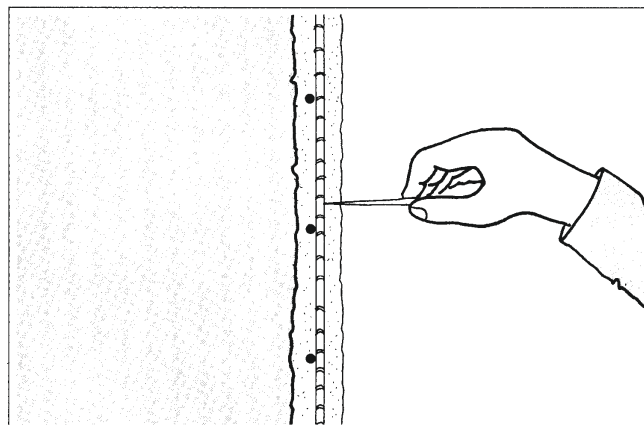
Seinän ruiskutus tehdään alhaalta ylöspäin, jotta betonin alle ei jää yläpuolelta sinkoavaa hukkarois-ketta. Seuraava kerros voidaan ruiskuttaa noin 8 tunnin kuluttua kuitenkin niin, että aika määräytyy kerroksen kantavuuden mukaan.

Raudoitustangoille on saatava suunnitelmassa mää-rätty betonipeite. Ruiskuttaja seuraa tuoreen ruis-kubetonikerroksen ja raudoituksen betonipeitteen paksuutta työn edetessä. Betonipeitteen paksuus mitataan välittömästi ruiskutuksen jälkeen raudoi-tustangon kohdalta piikillä tai teräslangalla (kuva 14).

Ruiskubetonoidun pinnan hiertämistä on vältet-tävä. Jos hiertäminen on tarpeen, sitä varten ruiskutetaan ylimääräinen 5 mm:n kerros mas-salla, jonka suurin raekoko on enintään 4 mm. Hierrettäessä tai leikatessa on varottava irrot-tamasta ruiskubetonikerrosta alustastaan. Leik-kaus heikentää pintakerroksen lujuutta, joten sitä ei myöskään pidä käyttää ilman perusteltua tarvetta.

Jos lopullisen pinnan värisävyn pitää olla ta-salaatuinen, ruiskutetaan lopuksi koko pinta ohuempaa 5–10 mm:n kerroksena (ns. pinnan-ajo), käyttäen normaalia suurempaa työpainetta ja kuivempaa massaa. Tässä vaiheessa voidaan pintaa vielä oikaista vahventamalla paikallisesti ruiskutettavaa kerrosta.

Pinnan kovettumisen jälkeen varmistetaan ruisku-betonikerrosten tartunta vähintään koputtelemalla. Tarvittaessa tehdään tartuntavetokoe. Tarvittaessa ruiskubetonikerroksen paksuus varmistetaan pora-lieriöistä. Jos rakenteista porataan näytteitä, kolot on paikattava *SILKO-ohjeen 2.231 /11/* mukaan



Kuva 14 Ruiskubetonikerroksen tarkistus.

5.7 Ruiskubetonin jälkihoito

Jälkihoito tehdään *InfraRYL:n 2006 /12/* kohtien 42020.3.4.6 ja 42020.3.8.5 mukaan, ottaen erityi-sesti huomioon seuraavaa:

- Jälkihoito tehdään mieluummin vesikasteluna. Sumuttamalla tehtävän kastelun on oltava huo-mattavasti tehokkaampaa kuin tavallisen betonin jälkihoidossa.
- Ruiskutetun pinnan jälkihoito aloitetaan tarvit-taessa jo ruiskutuksen aikana. Pintaan ei saa ilmestyä vaaleita läiskiä. Jos ruiskubetonointi tehdään useampana kerroksena, kaikki kerrok-set jälkihoidetaan samalla tavalla.

- Tiehallinnon käyttönsä hyväksymiä jälkihoitoai-neita voidaan käyttää pintakerroksen osalla. Käsittely on uusittava 3,5 vrk:n kuluttua. Tällöin jälkihoito vastaa 7 vuorokauden kosteajälkihoi-toa. Jälkihoitoaine sumutetaan pinnalle välit-tömästi ruiskubetonoinnin jälkeen noudattaen valmistajan ohjeita. Jälkihoitoaineen käyttö on tarpeen varsinkin sähköratojen, mutta muiden-kin liikenneväylien yläpuolella sijaitsevia raken-teita ruiskubetonoidessa. Jälkihoitoaine saattaa lisätä pinnan värieroja.
- Kosteajälkihoitoaika on vähintään 7 vuorokautta ja jälkihoitoa on jatkettava kunnes betonin lujuus on vähintään 60 % nimellislujuudesta.

6 LAADUNVARMISTUS JA VAATIMUSTENMUKAISUUDEN OSOITTAMINEN

Korjaustyön lopputarkastus tehdään *Sillantarkastusohjeen /13/* mukaan.

Ruiskubetonityön vaatimustenmukaisuus osoitetaan tämän ohjeen kohdan 5 mukaisten ennakkokokeiden ja työnaikaisten laadunvalvontatoimien avulla.

Vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi tehtävät työnaikaiset laadunvalvontakokeet, kokeiden määrät ja käytettävä testausmenetelmä on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Ruiskubetonin ominaisuuksien valvonta ja vaatimustenmukaisuuskokeiden määrät.

Ominaisuus	Tarkastus- tai testausmenetelmä	Näytteenottoväli	
		Tarkastusluokka 2	Tarkastusluokka 3
Tuoreen betonin valvonta (märkäseosmenetelmä)			
Vesi-sementtisuhde (märkäseosmenetelmä)	Laskemalla tai testimenetelmän mukaisesti	Päivittäin	Päivittäin
Kiihdyte	Lisätyn määrän tallenne	-	Päivittäin
Tuoreen betonin kuitupitoisuus	SFS-EN 14488-7	1/ 500 m ² tai vähintään 2	1/ 250 m ² tai vähintään 3
Kovettuneen betonin valvonta (kuivaseos- ja märkäseosmenetelmä)			
Puristuslujuus	SFS-EN 12504-1	1/ 100 m ³ tai 1/ 500 m ² tai vähintään 2 ^{*)}	1/ 50 m ³ tai 1/ 250 m ² tai vähintään 3 ^{*)}
Tiheys	SFS-EN 12390-7	Kun testataan puristuslujuus	
Pakkasenkestävyys	SS 137244	1/ 500 m ² tai vähintään 2 ^{*)}	1/ 250 m ² tai vähintään 3 ^{*)}
Tartuntalujuus	SFS-EN 1542	1/ 500 m ² tai vähintään 2 ^{*)}	1/ 250 m ² tai vähintään 3 ^{*)}
Kutistuma	prEN 104-816-4	1/ 1000 m ²	1/ 500 m ²

*) koelaattojen määrä

Kuituvahvisteisen ruiskubetonin vaatimustenmukaisuuskokeet, niiden määrät ja hyväksyttävyysskriteerit asettaa suunnittelija korjaussuunnitelmassa.

Paksuja ruiskubetonikerroksia käytettäessä tartunta alustaan voi jäädä puutteelliseksi. Ellei kohteesta ole määrätty tartuntalujuuden testausta esimerkiksi kohteen pienuuden vuoksi, tartunta varmistetaan aina vähintään koputtelemalla.

Ruiskubetonipinnan tasaisuus ja väri vaihtelu tarkastetaan. Tarkastuksen tulokset merkitään muistiin ja pinta valokuvataan.

Peräkkäin vuoden aikana toteutettavat kohteet käsitetään samaksi hankkeeksi. Pienistä paikkauksista

koelaattojen valmistus ei ole tarpeen. Työnaikaiset vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi tehtävät kokeet tehdään hyväksytyssä aineenkoetuslaitoksessa. Kutistumakoepalkit voidaan testata rakennuspaikalla.

Vaatimustenmukaisuuden ehdot on esitetty *yleisohjeen /4/* kohdassa 8.

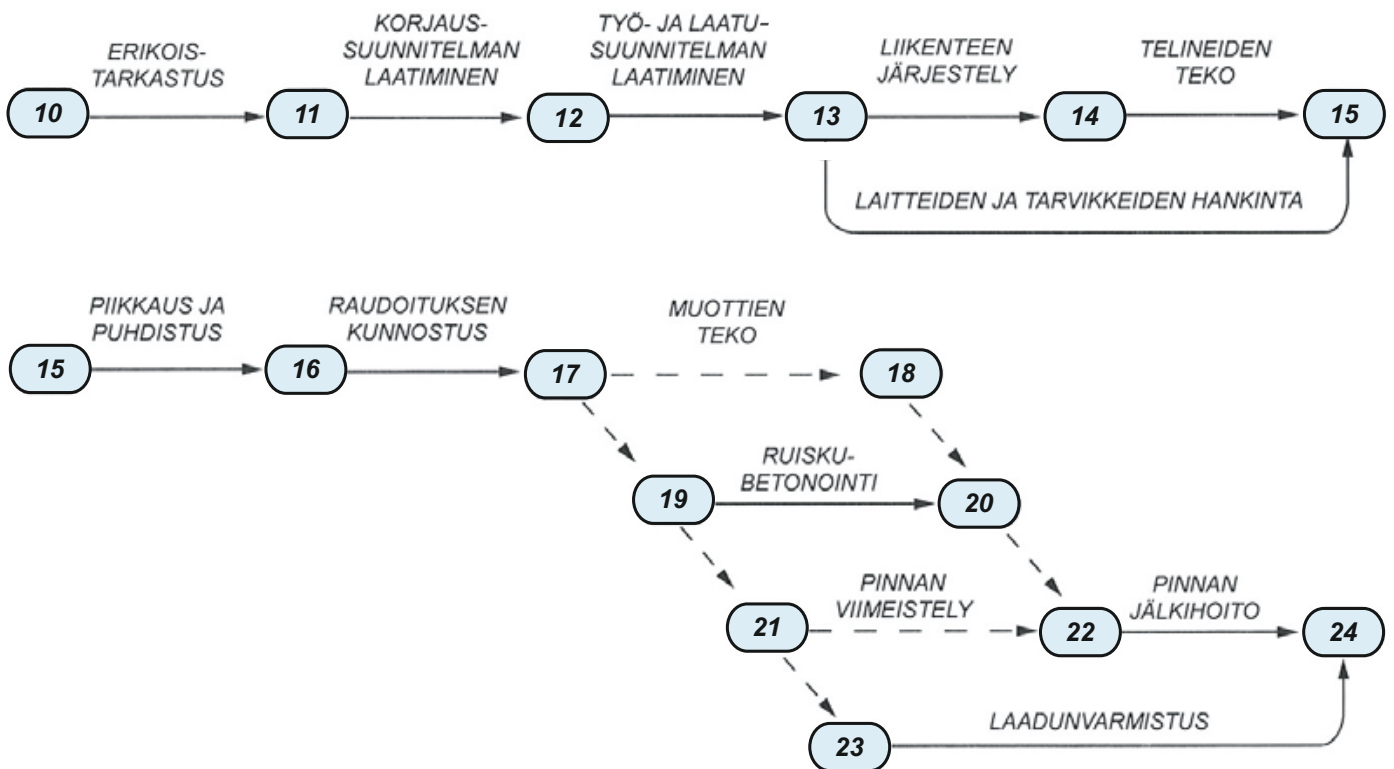
Mikäli laadunvalvontatoimien ja -kokeiden perusteella vaatimustenmukaisuuden ehdot eivät täyty, menetellään *yleisohjeen /4/* kohdan 8.5 mukaisesti.

Laadunvarmistuksen asiakirjat liitetään sillan laaturaporttiin *yleisohjeen /2/* kohdan 11.5 mukaisesti.

7 TÄYDENTÄVÄT OHJEET

- /1/ Sillantarkastuskäsikirja. Helsinki: Tiehallinto, 2006. TIEH 2000020-v-06.
- /2/ Betonirakenteet. Betoni sillankorjaus materiaalina. Helsinki: Tiehallinto 2007. TIEH 2230095-SILKO 1.201.
- /3/ Betonirakenteet. Betonin paikkaus. Helsinki: Tiehallinto 1996. TIEH 2230095-SILKO 1.231.
- /4/ Betonirakenteet. Betonointi ruiskuttamalla. Helsinki: Tiehallinto, Siltatekniikka 2009 TIEH 2230095-SILKO 1.232
- /5/ Liikenne tietyömaalla. Kunnossapitotyöt 5C-4. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus kunnossapitotyössä. Helsinki: Tiehallinto. TIEH 2200030-v-07. www.tiehallinto.fi/thohje.
- /6/ RIL 147-2006, Tukitelineet ja muotit, Helsinki 2006. ISBN 951-758-467-9.
- /7/ K. Aitomaa, T. Luoto, M. Marjamäki, T. Niskanen, H. Patrikainen ja K. Päivärinta: Rakennustöiden turvallisuusmääräykset selityksineen 2008. Helsinki: Multikustannus Oy, 277 s. ISBN 978-952-468-161-7.
- /8/ RIL 142 - 1999. Työtelineet ja suojarakenteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- /9/ Betonirakenteet. Purkamis- ja esikäsitteilymenetelmät. Helsinki: Tiehallinto, Siltatekniikka, 2002. TIEH 2230095 - SILKO 1.203.
- /10/ Raudotteiden korroosioasteen määritys. Helsinki. Tiehallinto 2003. Tiehallinnon selvityksiä 48/2003.
- /11/ Betonirakenteet. Paikkaus ilman muotteja. Helsinki: Tiehallinto 2005. TIEH 2230096 - SILKO 2.231.
- /12/ InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. RT 14-10920. Rakennustieto Oy. Helsinki 2008.
- /13/ Sillantarkastusohje. Helsinki: Tiehallinto, 2004. TIEH 2000008-v-04.
- /14/ Liikenne tietyömaalla. Tienrakennustyömaat, koekäytössä 31.1.2008. Helsinki: Tiehallitus. TIEH 2200053-v-08. www.tiehallinto.fi/thohje.

TYÖVAIHEET



TARVITAVAT RESURSSIT

- TYÖVOIMA:**
- työnjohtaja (TJ) ja 2 rakennusammattimiestä (RAM), ruiskuttaja ja koneenkäyttäjä. Työn onnistuminen riippuu ratkaisevasti ruiskuttajan ammattitaidosta, joten kokeneen urakoitsijan käyttö on suositeltavaa.
- TYÖVÄLINEET:**
- sähköaggregaatti 5–9 kW tai kompressori 6–17 m³/min. tai molemmat
 - vesipiikkauslaite (700–1000 bar) tai hydraulinen piikkausrobotti.
 - kulmahiomakone tai pyörösaha ja laikat sekä piikkausvasara ja taltat
 - betonin ruuvisekoitin tai vastaanottosäiliö
 - betoniruisku, suuttimet ja letkuvarustus (30–50 mm)
 - tarvittaessa painevesiasema, ellei ole vesijohtovettä
 - mahdollisesti öljynerottaja.
- TYÖMAA-JÄRJESTELYT JA TYÖTURVALLISUUS:**
- liikenteenohjauslaitteet ja tarvittaessa liikennevalot
 - hiekkapuhaltajan kypärä, kuulonsuojaimet ja ruiskutettaessa hengityksen- ja kasvojensuojain
 - tarvittaessa telineet tai henkilönostin sekä sää- ja roiskesuojat.
- TARVEAINEET:**
- Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymät kuivatuotteet (SILKO 3.211 ja SILKO 3.231) tai ruiskubetoni /4/
 - tarvittaessa raudoitustangot A500HW (SFS 1215) tai betoniteräsverkko 500K 3,4-100 tai 3-150 (SFS 1257) tai molemmat
 - mahdolliset kuidut
 - tarvittaessa ulkokuiva laatuluokan B mitallistettu lauta.
- LIKIMÄÄRÄISET TYÖSAAVUTUKSET:**
- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| – piikkaus; vesipiikkaus | 25–50 m ² /työvuoro |
| piikkaus robotilla | 10–25 m ² /työvuoro |
| – suihkupuhdistus | 100–300 m ² /työvuoro |
| – ruiskubetonointi; 30 mm:n kerros | 20–100 m ² /työvuoro |
| 40 mm:n kerros | 15–80 m ² /työvuoro |
| pinnanajo | 20–150 m ² /työvuoro |
| – ruiskubetonointi robotilla | 5–15 m ³ /työvuoro |
| – leikkaus | 25–75 m ² /työvuoro |
| – hierto | 25–50 m ² /työvuoro |

KUVASARJA RUISKUBETONITYÖSTÄ



Kuivaseosruiskutuksen kalusto.



Hyvin rajattu ruiskubetonoitava alue.



Ohjurit.



Ruiskuttaja työssään.



Pinnan leikkausta eli kaavausta.



Pinnan hiertoa.

Alkuperäinen teksti ja kuvat *): Insinööritoimisto Jorma Huura Oy
Tekstin päivitys: Matala Consulting
Sivujen valmistus: Edita Prima Oy, Helsinki 2009
Kirjapaino: Edita Prima Oy, Helsinki 2009
*) Ellei kuvan yhteydessä ole muuta mainittu.