



YLEISOHJEEN SISÄLTÖ



Kuva 1. Ruiskubetonointialusta.



Kuva 2. Betonin ruiskutusta.



Kuva 3. Valmis ruiskubetonipinta.

1	YLEISTÄ	3
1.1	Ohjeen soveltamisala	3
1.2	Ruiskubetoni sillankorjausmateriaalina	4
1.3	Ruiskubetonia vaurioittavat tekijät	5
1.4	Ruiskubetonin käsitteet	6
1.4.1	Betonirakenteen korjaustyön vaiheet	6
1.4.2	Termit ja määritelmät	6
2	RUISKUBETONIKOHTEN SUUNNITTELU	7
2.1	Ruiskubetonin määrittely ja luokittelu	7
2.2	Ruiskubetonin tarkastusluokat	7
2.3	Rasitusluokat ja suunnittelukäyttöikä	8
2.4	Korjaussuunnitelman laatiminen	9
2.5	Ruiskubetonoinnin työ- ja laatusuunnitelma	10
3	RUISKUBETONIN OSA-AINEET	11
3.1	Osa-aineita koskevat standardivaatimukset	11
3.2	Kiviainekset	11
3.3	Sementti	12
3.4	Mineraaliset seosaineet	12
3.5	Vesi	12
3.6	Lisäaineet	12
3.7	Kuidut	13
3.8	Väriaineet	13
4	RAUDOITUS	14
4.1	Raudoituksen uusiminen	14
4.2	Rakenteen vahventaminen	14
4.3	Kutistumisraudoitus	14
5	RUISKUBETONIN LAATUVAATIMUKSET	15
5.1	Ruiskubetonin ominaisuudet	15
5.2	Ruiskubetonille asetettavat vaatimukset	16
5.2.1	Ruiskubetonin koostumusta koskevat vaatimukset	17
5.2.2	Kovettuneen ruiskubetonin vaatimukset	18
5.3	Muut vaatimukset	19
6	RUISKUBETONINTI	20
6.1	Toimintatekniikat	20
6.1.1	Kuivaseosmenetelmä	22
6.1.2	Märkäseosmenetelmä	24
6.1.3	Ruiskutus ejektorilla	25
6.2	Ruiskubetonityön laatuvaatimukset	25
6.2.1	Pintojen esikäsittely	25
6.2.2	Ruiskutus	26
6.2.3	Jälkihoito	27
7	TYÖTURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖNSUOJELU	28
8	LAADUNVARMISTUS	29
8.1	Laadunvarmistuksen tavoitteet ja sisältö	29
8.2	Työnjohdon ja ruiskuttajan pätevyys	29
8.3	Korjaustyön valmistelu ja ennakkokokeet	29
8.4	Työnaikaiset kokeet ja valvonta	29
8.5	Vaatimustenmukaisuuden ehdot	30
8.6	Laaturaportti	30
9	RINNAKKAISET OHJEET	31
9.1	Standardit	31
9.2	Muut ohjeet	32

Tiehallinto, Siltatekniikka 2009

SILKO-projektin betonityöryhmä (alkuperäinen teksti 1994):

Diplomi-insinööri, Jouko Lämsä	puh.joht.	TIEL/Sk
Tuotepäällikkö, DI Ari Ipatti		Imatran Voima Oy
Insinööri Esko Nikkola		RK-Kivi Oy
Tieinsinööri Ossi Räsänen		TIEL/Sk
Erikoistutkija Erkki Vesikari		VTT/RTE
Toimitusjohtaja, ins. Jorma Huura	sihteeri	Insinööritoimisto Jorma Huura Ky

Erikoisasiantuntijat: Tutkija, DI Liisa Salparanta	VTT/RTE
Työsuojeluinsinööri Seija Vilander	TIEL/Hpk

SILKO-projektin betonityöryhmä (tekstin päivitys 2009):

Kehittämispäällikkö Ossi Räsänen	puh. joht.	Tiehallinto, ATP, Siltatekniikka
Insinööri Kaisa Kortelainen		Tiehallinto, ATP, Siltatekniikka
Insinööri Ilkka Kuulas		Tiehallinto, ATP, Siltatekniikka
Kehittämispäällikkö Jouko Lämsä		Tiehallinto, ATP, Siltatekniikka
Tekniikan tohtori Seppo Matala		Matala Consulting
Tutkimusinsinööri Elina Paukku		Insinööritoimisto Aaro Kohonen Oy
Tutkija Liisa Salparanta		VTT
Yli-insinööri Jorma Huura	sihteeri	Insinööritoimisto Jorma Huura Oy

Erikoisasiantuntijat:

Toimitusjohtaja	Petri Painilainen	HPL Tekniikka Oy
-----------------	-------------------	------------------

Konsultit:	Matala Consulting (2009)
	Insinööritoimisto Jorma Huura Oy (1994 ja 2009)

Piirrokset:	Jouni Huura 14, 15, 19 ja 24
	Satu Jokilehto 20, 21 ja 22
	Seppo Matala 4 ja 12

Valokuvat:	Atso Arola 34b
	Seppo Matala 28
	Mari Montu (Hämeen tiepiiri) 1, 3, 31 ja 32
	Petri Painilainen 25 ja 33
	Seppo Ryyänen 9
	Kuult valokuvat: Insinööritoimisto Jorma Huura Oy
	Timo Rautanen 34a

TIEH 2230095 - SILKO 1.232

2009 Tiehallinto

Sivujen valmistus: Edita Prima Oy, Helsinki 2009

Kirjapaino: Edita Prima Oy, Helsinki 2009

Julkaisua myy

asiakaspalvelu.prima@edita.fi

Puhelin 020 450 2470

Telekopio 020 450 011

1 YLEISTÄ

1.1 Ohjeen soveltamisala

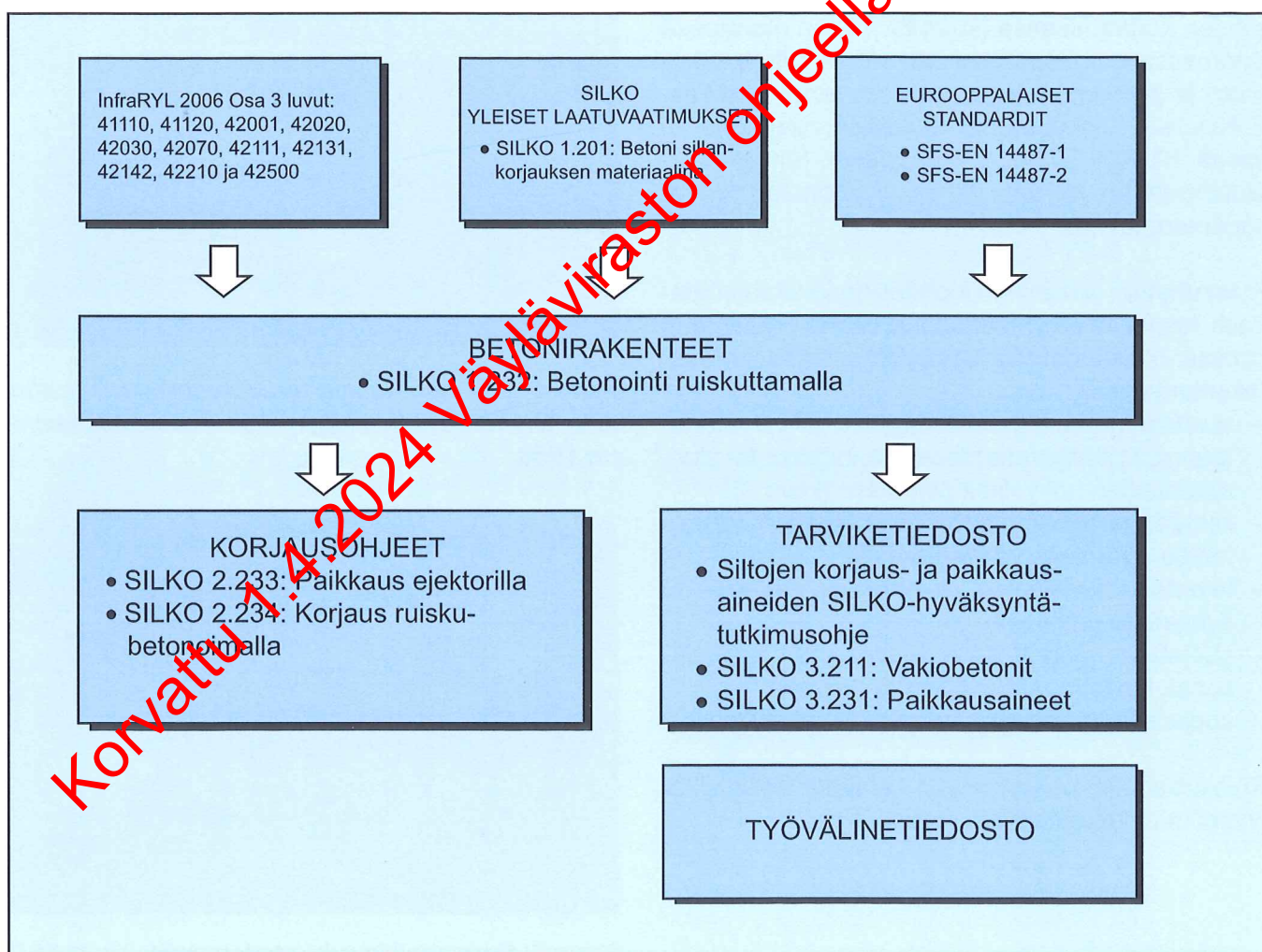
Tämä julkaisu on laadittu siltojen korjausohjejärjestelmän eli SILKO-ohjeiston osana. Julkaisua voidaan käyttää siltojen korjausrakentamisen lisäksi myös siltojen ja muiden betonirakenteiden uudisrakentamisessa ja sitä voidaan soveltaa myös rakenteita vahvennettaessa, teräsputkisiltoja korjattaessa ja rakenteita suojattaessa esimerkiksi katodisella suojauksella sekä betonisiltojen palovaurioita korjattaessa.

Julkaisu perustuu betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevään *SILKO-yleisohjeeseen* /1/ ja ruiskubetonin laatuvaatimuksia ja työnsuoritusta kä-

sitteleviin eurooppalaisiin standardeihin SFS-EN 14487-1 ja SFS-EN 14487-2. Julkaisu on yleisohje, jota yksityiskohtainen korjausohje SILKO 2.234 /2/ täydentää.

Julkaisu täydentää *InfraRYL 2006:n* Osan 3 /3/ lukujen 42020 ja 42030 laatuvaatimuksia korjausrakentamisen osalta.

Ruiskubetonointia koskevaa tietoa on saatavissa myös kalliorakenteiden lujittamista ruiskubetonilla käsittelevästä ohjeesta /4/ ja alan tutkimuksista /5/.



Kuva 4. Siltojen ruiskubetonointiin liittyvät julkaisut.

1.2 Ruiskubetoni sillankorjausmateriaalina

Ruiskubetoni on betonia, joka tiivistetään paineilman avulla. Ruiskubetonointi on laajojen pintojen korjausmenetelmä. Pieniä kohteita voidaan ruiskuttaa ejektorilla.

Siltojen korjaustoiminnan alkuna voidaan pitää sitä, että muutamia teräsbetonisilloja ruiskubetonoiitiin 1930-luvulla (kuva 5). Suomen toiseksi vanhimmasta teräsbetonisillasta, Ylivieskassa olevasta Savisillasta (1912), on voitu todeta, että ruiskubetonikerros on karbonatisoitunut 50 vuodessa vain 2–3 mm. Jo silloin on siis pystytty tekemään erittäin tiivistä ruiskubetonia, joskin betonikerroksen paksuus on vain 5–15 mm.

Ruiskubetoni on ollut yleisin raudoituksen betonipeitteen paksuntamismenetelmä myös 1970-luvulla järjestelmällisesti käynnistyneessä siltojen korjaamisessa (kuva 6). Tähän mennessä Suomessa on ruiskubetonoitu satoja siltoja kokonaan ja pienempiä korjauksia on tehty lukuisasti. Nykyisin ruiskubetonia käytetään sillankorjauksissa 10.000–20.000 m² vuosittain. Siltojen korjauksissa on käytetty lähes yksinomaan kuiva-seosmenetelmää.

Ruiskubetoni on betonin luonnollinen korjausmateriaali, koska se on yhteensopiva vanhan rakenteen kanssa. Ruiskubetonia käytetään siltojen korjausrakentamisessa, kun

- uusitaan raudoituksen betonipeite tai paksunetaan sitä päällysrakenteen alapinnassa tai alusrakenteiden näkyvissä pinnoissa (kuva 7)
- lisätään teräsbetonipalkkien ja -kaarien kapasiteettia rakenteita vahventamalla
- täytetään kivilaitteiden rakenteisiin jääneitä tai syntyneitä onkaloita
- suojataan raudoituksen katodisessa suojauksessa käytettävä anodiverkko (kuva 8)
- suojataan tai vahvennetaan teräspalkkisilloja.

Ruiskubetonin perustuen on kehitetty myös siltatyyppi uudisrakentamista varten (kuva 9).



Kuva 5. Savisillan 1930-luvulla tehty ruiskubetonia ennen vuonna 1986 tehtyä korjausta.



Kuva 6. Suomen vanhin teräsbetonisilta (Tönnön silta, Orimattila) korjattiin ruiskubetonimalla vuonna 1986.



Kuva 7. Reunapalkin ruiskubetonointia.



Kuva 8. Katodisen suojauksen anodiverkko on suojattu ruiskubetonilla (Emäkosken silta, Nokia).



Kuva 9. Ruiskubetoniin perustuva työppösilta.

1.3 Ruiskubetonia vaurioittavat tekijät

Ruiskubetonia vaurioittavat betonia yleisesti vaurioittavat tekijät, jotka on esitetty SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ kohdassa 1.3. Ruiskubetonin erityisongelmat liittyvät työtekniikkaan.

Jos ruiskuttaja käyttää ruiskutuksessa liikaa vettä, betonimassan vesi-sementtisuhde tulee liian suureksi. Koska vedestä vain osa kuluu sementin hydratoitumiseen, osa vedestä muodostaa betoniin läpäisevyyttä lisäävää kapillaarihuokaisuutta, jolloin betonin karbonatisoituminen ilman hiilidioksidin vaikutuksesta nopeutuu. Parhimmillaan ruiskubetoni voi karbonatisoitua aluksi 5–6 mm vuodessa. Tällöin ruiskubetoni voi menettää jo muutamassa vuodessa raudoitusta suojaavan emäksisyytensä (kuva 10).



Kuva 10. Ruiskubetoni on karbonatisoitunut 10 vuodessa lähes kokonaan.

Toinen melko yleinen työvirhe on, että ruiskubetonikerros on tehty liian ohueksi (kuva 11), jolloin ilman hiilidioksidia ja suolat kuten sulfaatit ja kloridit pääsevät vaikuttamaan rakenteeseen. Tällöin pinta hakeutuu joko korroosion tai kuivumiskutistuman seurauksena ja tartunta ruiskutettavaan pintaan jää heikoksi.



Kuva 11. Ohut ruiskubetonikerros lohkeaa pois.

Jos ruiskubetonikerrokseen tulee halkeamia, vesi pääsee sateelta suojaamattomilla pinnoilla halkeamista rakenteen sisään ja saattaa jäätyessään irrottaa ruiskubetonikerroksen.

Muita työvirheitä ovat

- ruiskubetonoitavan pinnan esikäsittelyvirheet, jotka heikentävät tartuntaa
- virheellinen kiviaineksen rakeisuus, joka aiheuttaa hukkaroisetta
- ruiskutettavan kerroksen liian suuri paksuusvaihtelu, joka aiheuttaa halkeilua ja lohkeilua
- hukkaroiskeen jääminen pintaan ja kulmiin, joka heikentää tartuntaa ja edistää karbonatisoitumista
- riittämätön jälkihoito, joka aiheuttaa kutistumishalkeilua ja huonontaa monella muulla tavalla rakenteen säilyvyyttä
- ruiskutusalueen liian alhainen lämpötila, jolloin ruiskutuskerrokseen syntyy suuresta lämpötila-erosta aiheutuvaa halkeilua ja tartunnan heikkenemistä
- pinnan jälkikäsittelyvirheet hierrossa ja leikkauksessa.

1.4 Ruiskubetonin käsitteet

1.4.1 Betonirakenteen korjaustyön vaiheet

Betonirakenteen korjaustyön vaiheet on esitetty SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ kuvassa 15.

1.4.2 Termit ja määritelmät

Siltojen korjaustöissä myös ruiskubetoniin liittyvät termit, määritelmät ja merkinnät on esitetty betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevässä SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ liitteessä 1.

Korvattu 1.4.2024 Väyläviraston ohjeella 48/2023.

2 RUISKUBETONointIKOHTEN SUUNNITTELU

2.1 Ruiskubetonin määrittely ja luokittelu

Standardin SFS-EN 14487-1 mukaisesti ruiskubetoni määritellään joko koostumuksen mukaisena betonina tai ominaisuuksien mukaisena betonina.

Sillankorjaustoissa noudatettavissa tarkastusluokissa 2 ja 3 (kohta 2.2) käytetään ominaisuuksien mukaisesti määriteltyä ruiskubetonia tai Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymiä ruiskubetoneita ja -laasteja. Koostumuksen mukaista ruiskubetonia voidaan käyttää tarkastusluokissa 2 ja 3 edellyttäen, että betonit ovat Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymiä.

Koostumuksen mukaisesta ruiskubetonista ilmoitetaan

- tarkastusluokka kohdan 2.2 mukaisesti
- sementtityyppi ja -luokka standardin SFS-EN 197-1+A1 mukaisesti
- sementin määrä
- notkeus (vain märkäseosmenetelmässä)
- vesi-sementtisuhde
- kiviainestyyppi ja rakeisuuden rajoitukset
- lisäaineiden tyyppi ja määrä
- seosaineiden tyyppi ja määrä
- betonin osa-aineiden toimittajat
- kuitubetonista kuitujen ominaisuudet ja kuitupitoisuus.

Ominaisuuksien mukaisesta ruiskubetonista ilmoitetaan

- tarkastusluokka kohdan 2.2 mukaisesti
- suunnittelukäyttöikä yleisohjeen /1/ mukaisesti tai tapauskohtaisesti määritellen
- rasitusluokkaryhmä siltaosittain yleisohjeen /1/ taulukon 18 mukaisesti
- notkeus (vain märkäseosmenetelmässä) standardin SFS-EN 206-1 mukaisesti
- puristuslujuusluokka standardin SFS-EN 206-1 mukaisesti
- pakkasenkestävyys (P-luku)
- tartuntalujuus alustaan
- suurin nimellisraekoko
- jäännöslujuusluokka kuitubetonille standardin SFS-EN 14487-1 mukaisesti.

Sekä ominaisuuksien että koostumuksen mukainen ruiskubetoni voi sisältää lisäksi standardin SFS-EN 14487-1 mukaisia lisämäärittelyjä muun muassa sementin ominaisuuksien (sulfaatinkestävä sementti), vesi-sementtisuhteen enimmäisarvon, varhaislujuuskehityksen, vesitiiviyyden, pakkasenkestävyyden ja taivutusmurtolujuuden suhteen.

Koska Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymistä ruiskubetoneista ja -laasteista on tehty erilliset hyväksymiskokeet, tuotteista ei edellytetä edellä mainittua osa-aineiden erittelyä.

2.2 Ruiskubetonin tarkastusluokat

Standardi SFS-EN 14487-1 edellyttää ruiskubetonin luokittelemista tarkastusluokkiin 1, 2 ja 3 ruiskutuskohteen vaativuustason mukaan. Tarkastusluokkien perusteella määräytyy ruiskubetonin ja ruiskutustyön laadunvalvonnan taso ja vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi tehtävän koestuksen laajuus.

Sillanrakennuksen korjaustyöt kuuluvat yleensä tarkastusluokkaan 2. Mikäli kohde edellyttää erityisiä säilyvyysvaatimuksia tai kyseessä on kokonaan ruiskubetonoimalla toteutettava kantava rakenne, tarkastusluokkaa on 3. Esimerkiksi vetoraudoituksen uusiminen ja betonointi ruiskubetonoimalla kuuluu tarkastusluokkaan 2. Suunnittelija merkitsee tarkastusluokan sillan korjaussuunnitelmaan.

2.3 Rasitusluokat ja suunnittelukäyttöikä

Sillankorjaustöissä noudatetaan betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevän *SILKO-yleisohjeen* 1.201 /1/ taulukossa 18 esitettyä rasitusluokitusta.

Betonin lujuusluokka määräytyy yleensä rakenteen alkuperäisen suunnittelulujuuden mukaan. Ellei tietoja ole saatavissa, käytetään *SILKO-yleisohjeen* 1.201 /1/ taulukkoa 18. Lujuusluokkavaatimus ei ole korjaustöissä aina ehdoton, jos muut betonin säilyvyyden kannalta tärkeämmät ominaisuudet niin vaativat. Tästä on oltava maininta suunnitelma-asiakirjoissa. Ruiskubetonin lujuus ei saa olla 20 MN/m² suurempi kuin betonialustan lujuus.

Korjauskohteen suunnittelussa tulee tarkoin harkita korjauksen tarkoituksenmukainen suunnittelukäyttöikä. Suunnittelukäyttöiällä on ratkaiseva merkitys sekä ruiskubetonin laatuun että ruiskubetonikerroksen paksuuteen.

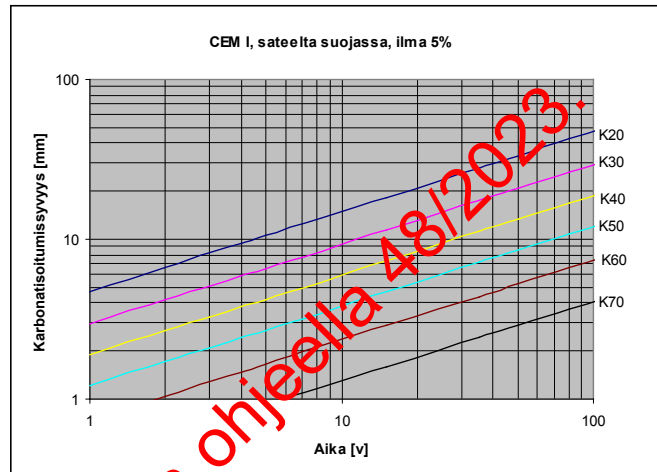
SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ taulukossa 18 on esitetty sillan eri rakenneosien betonin lujuusvaatimukset ja betonipeitteen nimellisarvot uudisrakentamisessa. Ohjetta voidaan soveltaa suunnittelukäyttöikäen osalta myös korjausrakentamisessa, mutta tällöin lähtökohdaksi otettu 100 vuoden suunnittelukäyttöikä johtaa varsin suuriin betonipeitteen arvoihin vähimmäisvaatimuksiksi asetuilla betonin puristuslujuustasoilla.

SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ kohdassa 5.6.2 on esitetty käyrästöt huokostetun betonin karbonatisoitumissyvyyden arvioimiseksi betonin lujuuden ja betonin vesi-sementtisuhteen avulla. Niiden perusteella voidaan asettaa ruiskubetonin laatuvaatimukset puristuslujuudelle ja betonipeitteen vähimmäisarvolle myös lyhyemmille suunnittelukäyttöille. Kuvassa 12 on esitetty puristuslujuuden ja ajan vaikutus karbonatisoitumisnopeuteen huokostetussa sateelta suojatussa portlandsementtibetonissa.

Raudoitusta suojaava betonipeite määräytyy suunnittelukäyttöiän perusteella. Sillankorjaustöissä raudoitusta suojaavan betonipeitteen on oltava vähintään 30 mm (kuva 13), ellei käytetä Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymää polymeeripitoista laastia. Tällöin betonipeite määräytyy tuotekohtaisesti, mutta sen on oltava vähintään 15 mm. Vaatimukset koskevat myös työraudoitteita.

Ruiskubetonin paksuuden tulee olla aina vähintään 10 mm.

Jos poiketaan *SILKO-yleisohjeen* 1.201 /1/ taulukon 18a ja b mukaisesta suunnittelukäyttöiästä, voidaan käyttöikä mitoittaa pakkasenkestävyyden ja kloridirasituksen suhteen betoninormeissa by 50 /6/ esitetyllä tavalla.



Kuva 12. Puristuslujuuden ja ajan vaikutus karbonatisoitumisnopeuteen huokostetussa sateelta suojatussa portlandsementtibetonissa.



Kuva 13. Betonipeitteen riittävyys on varmistettu muotin avulla.

2.4 Korjaussuunnitelman laatiminen

Betonirakenteiden korjaustyön suunnittelua ja korjaussuunnitelman laatimista on käsitelty yleisesti *SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ kohdassa 2.*

Korjauksen suunnittelussa yleisperiaate on, että sillankorjaustöissä noudatettavissa tarkastusluokissa 2 ja 3 käytetään vain joko koostumuksen mukaisesti ruiskubetoneista Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymiä SILKO-betoneita tai ominaisuuksien mukaisesti määriteltä ruiskubetonia.

Tarkastusluokista sillankorjaustöissä käytetään pääsääntöisesti tarkastusluokkaa 2. Tarkastusluokka tulee merkitä korjaussuunnitelmaan, koska sen perusteella määrittyy laadunvalvonnan laajuus ja taso sekä vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi tehtävät kokeet.

Ruiskubetonikorjauksen suunnitelma liittyy yleensä laajempaan koko sillan korjaussuunnitelmaan tai on sen osa. Ruiskubetonikorjauksen suunnittelussa asetettavat laatuvaatimukset materiaalien, työnsuorituksen ja lopputuotteen laadun suhteen tulee harkita kohdekohtaisesti ja asettaa tarkoituksenmukaisiksi kohteen laajuus ja vaativuustaso huomioon ottaen.

Ruiskubetonoinnit tehdään yleensä sillan peruskorjauksen tai muun suuremman korjaustyön yhteydessä.

Korroosioauriot voidaan todeta näköhavainnoin, mutta betonin karbonatisoitumisen, kloridipitoisuus ja raudoituksen betonipaine ja korroosiotila on selvitettävä mittauksin. Erikoistarkastus tehdään *Sillantarkastusohjeen 15/* mukaisesti. Suositeltava purkamismenetelmä ja kerralla piikattavaksi sallittava kantavien rakenteiden, kuten palkkien ja pila-reiden osa, merkitään korjaussuunnitelmaan.

Korjaussuunnitelman pitää sisältää

- hangetiedot
- suunnittelukäyttöikä
- tarkastusluokka
- laatuvaatimukset
- olosuhdevaatimukset
- työvaihevaatimukset
- ympäristönsuojeluvaatimukset (melu, puhallusjätteen talteenotto, pöly ja liikenne)
- jätteenkäsittelyvaatimukset
- muut hankekohtaiset tiedot.

Suunnittelun tärkein vaihe on ruiskutusmenetelmän ja korjausbetonin valinta. Sillankorjaustöissä käytetään yleensä kuivaseosmenetelmää, koska siitä on pitkäaikaiset kokemukset.

Korjaussuunnitelman laatimisessa pitää kiinnittää erityistä huomiota purettavan rakenneosan purkus suunnitelmaan. Kantavien rakenteiden betonia voidaan purkaa ilman kantavuuslaskelmia vain pieniltä alueilta. Suunnittelutarve rakenneosittain on esitetty julkaisussa *Betonipinnan purkamisohje /7/*.

Korjaussuunnitelmassa esitetään tarvittaessa vaatimukset ruiskutuslaskan betonin lujuudelle ja vaatimukset lujuuden toteamiseksi tehtävistä kokeista ja niiden laajuudesta.

Korjaussuunnitelman laatimisen yhteydessä on hankekohtaisesti arvioitava liikenteen aiheuttamat rasitukset ruiskubetonin kovettumisvaiheessa. Tarvittavat liikennerajoitukset kuten sallittava värähtelyn nopeus tai nopeusrajoitus sekä rajoitusten kestot esitetään korjaussuunnitelmassa.

Liikenteen aiheuttama värähtelyn nopeus (heilahdusnopeus) saa olla enintään 20 mm/s. Jos värähtelyn nopeutta ei mitata, sillan osalle asetetaan kokonaispainoltaan yli 12 tonnin ajoneuvoja koskeva nopeusrajoitus 15 km/h. Kriittinen aika on betonointihetkestä lukien 14 tuntia. Jos lämpötila on viileä, betonin pitää saavuttaa 12 MPa:n lujuus. Ajouradan epätasaisuudet on tasoitettava.

Pahoin ruostuneet ja purettaessa vaurioituneet raudoitustangot korvataan uusilla /8/. Uusien raudoitustankojen pitää olla halkaisijaltaan entisiä vastaavia tai lähinnä suurempia harjaterästankoja. Suunnitelmassa annetaan ohjeet hitsattavien tankojen käytöstä.

Ankkuroitavat raudoitustangot esitetään korjaussuunnitelmassa ja ankkuroinnissa noudatetaan SILKO-ohjetta 2.261.

Varsinkin 20–30 mm:n ruiskubetonikerroksissa voidaan käyttää rauditusverkon sijasta polymeerikuittuja, joiden tulee täyttää standardien SFS-EN 14889-1 ja -2 vaatimukset.

Jos ruiskutettava rakennekerros on laajalla alueella yli 50 mm, käytetään yleensä rauditusverkkoa kutistumisen estämiseksi.

Korjaussuunnitelmassa asetetaan käytettävän muottimateriaalin laatuvaatimukset ja esitetään muotteilla rajattavat rakenteen osat. Muottimateriaali valitaan siten, että pinta sopeutuu vanhan rakenteen ulkonäköön.

Korjaussuunnitelmassa on otettava huomioon ruiskubetonityön aiheuttamat pölyämisestä ja hukkaroiskeista aiheutuvat ympäristö- ja työturvallisuushaitat.

Korjaussuunnitelma liitetään sillan laaturaporttiin.

2.5 Ruiskubetonoinnin työ- ja laatusuunnitelma

Urakoitsija laatii ennen ruiskubetonointityön aloittamista yhdistetyn työ- ja laatusuunnitelman, jossa esitetään seuraavat asiat alla olevan jaottelun mukaan:

1. Yleiset tiedot

- hankkeen työnjohto, työntekijät ja laadunvalvontaorganisaatio: henkilöt ja tiedot pätevyyksistä, vastuu, toimivalta ja tehtävät
- työmäärien tarkistus
- laaduntarkastuksissa käytettävä kalusto
- työturvallisuus- ja ympäristönsuojelutoimet
- työhön vaikuttavat paikalliset olot kuten rautatien sähköistys ja työskentely rautatien läheisyydessä (neuvoteltava rautatieviranomaisien kanssa), työnaikainen liikenne, vesistön käyttö jne.
- lupien hankinta.

2. Työsuunnitelma

- kuinka työ tehdään: työntekijät, työtapasiteetit ja aikataulu
- purettavien osien rajat ja purkamismenetelmä
- muottirakenteet ja telinit
- ruiskubetoni tai -laasti: betonin toimittaja sekä kuivat tuotteita käytettäessä tuotenimet ja tuoteselosteet
- ruiskutusmenetelmä ja kalusto
- kenttäjakoa ja ruiskutusjärjestys
- menetelmä pintavaatimusten saavuttamiseksi
- pinnan käsittely, suojaus ja jälkihoitomenetelmä
- laitteiden saatavuus ja varakalusto
- työalueen suojaaminen
- liikennejärjestelyt.

3. Työnaikaiset tarkastukset ja mittaukset

- olosuhdemittaukset
- ainemenekkien seuranta
- betonipeitemittaukset
- korjausalustan vetolujuuden mittaus
- massan vesi-sementti-suhteen mittaus
- betonin kutistumisen mittaus
- ruiskubetonin tai -laastin tartunta
- laadunohjaus ja mainittujen toimien perusteella.

4. Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

- betonointipöytäkirjat
- tartuntamittaukset
- puristuslujuusmittaukset
- poikkeamaraportit
- korjaustoimenpiteet
- uusintatarkastus.

3 RUISKUBETONIN OSA-AINEET

3.1 Osa-aineita koskevat standardivaatimukset

Ruiskubetonin osa-aineita koskevat standardivaatimukset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Ruiskubetonin osa-aineita koskevat standardivaatimukset.

OSA-AINE	STANDARDIT
Kiviainekset	SFS-EN 12620 tai SFS-EN 13055-1
Sementti	SFS-EN 197-1+A1
Seosaineet(sisältää mineraaliset täyteaineet ja pigmentit)	SFS-EN 206-1
Vesi	SFS-EN 1008
Lisäaineet	SFS-EN 934-2 ja/tai SFS-EN 934-3 ja SFS-EN 934-6
Polymeerimodifioitu ruiskubetoni	SFS-EN 1504-3
Kuidut	SFS-EN 14889-1 ja SFS-EN 14889-2

3.2 Kiviainekset

Ruiskubetonin kiviaineksena käytetään luonnonsoraa, joka voi sisältää murskattua lajitettua kiviaineksen on täytettävä standardien SFS-EN 12620 tai SFS-EN 13055-1 mukaiset vaatimukset.

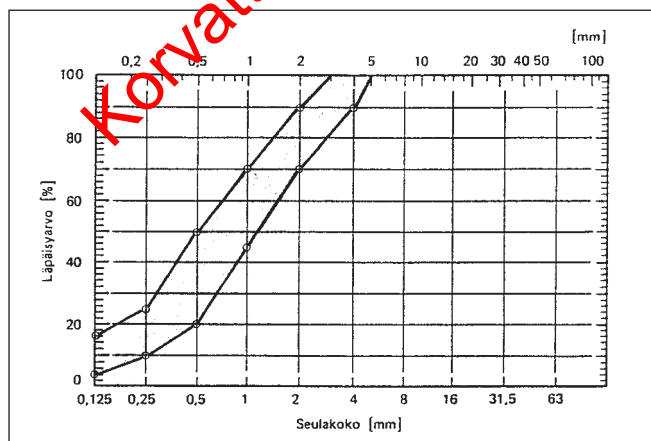
Jos ruiskubetonin pinnalle asetetaan erityisiä vaatimuksia, kiviainekselle voidaan tällöin asettaa vaatimuksia mm. raemuodon, pakkasenkestävyyden, tilavuuden pysyvyyden ja kloridien määrän suhteen. Sillankorjaustoissa käytetään tavallisesti hienoja lajitteita 0–4 mm ja 0–8 mm. Suositeltavia ruiskubetonin kuivaseosmenetelmän kiviaineksen rakeisuus-

käyttö on esitetty kuvissa 14 ja 15.

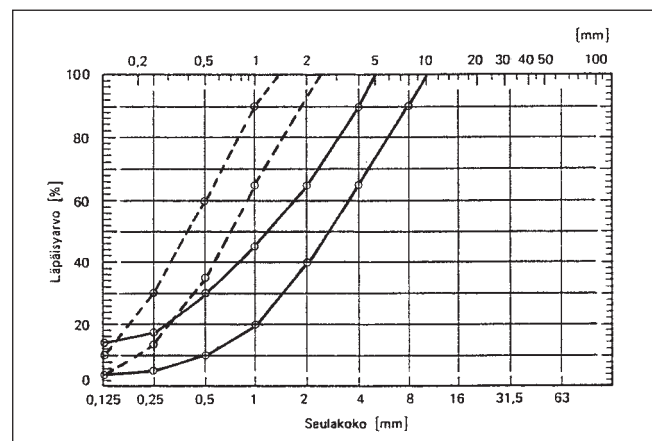
Erityistä huomiota on kiinnitettävä kiviaineksen puhtauteen ja rakeisuuteen. Poikkeamat ohjekäyrien muodosta aiheuttavat hukkaroiskeen lisääntymistä ja laadun heikkenemistä.

Ulkonäöltään vaativia pinnanajoja ja hyvää tiivyttyä vaativia kerroksia ruiskutettaessa käytetään rakeisuudeltaan 0–4 mm:n kiviainesta (kuva 14).

Tiehallinnon käyttöön hyväksymät kuivat tuotteet voivat poiketa näistä ohjeista.



Kuva 14. Kiviaineksen 0–4 mm rakeisuuden ohjealue.



Kuva 15. Kiviaineksien 0–8 mm ja 0–2 mm rakeisuuksien ohjealueet.

3.3 Sementti

Sillankorjaustöissä käytetään sideaineena standardin SFS-EN 197-1+A1 mukaisia sementtejä korjattavan sillan osan rasitusluokkaryhmän asettamisen suhteitusvaatimusten rajoissa. Sementti voi olla normaalisti tai nopeasti kovettuvaa. Myös valkosementtiä voidaan käyttää.

Työmaalla on kiinnitettävä erityistä huomiota sementin huolelliseen varastointiin.

Sementtiä käytetään ruiskubetonissa 300–500 kg/m³. Yleensä sementtimäärällä 400 kg/m³ saavutetaan vähintään lujuus K30 ja hyvä pak-
kasenkestävyys.

3.4 Mineraaliset seosaineet

Sillankorjaustöissä ei suositella käytettäväksi mineraalisia seosaineita. Seosaineita käytettäessä tulee noudattaa standardin SFS-EN 206-1 mukaisia vaatimuksia. Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymisessä kuivatuotteissa saattaa olla seosaineita.

3.5 Vesi

Ruiskubetoniin käytettävän veden pitää täyttää standardin SFS-EN 1008 mukaiset vaatimukset. Veden tulee olla puhdasta ja väriltään kirkasta eikä se saa sisältää klorideja enempää kuin 0,03 painoprosenttia (Cl⁻). Merivettä ei saa käyttää.

Jos vesi otetaan suoraan vesistöstä, on aina tutkittava, että vedessä ei ole humusta tai muita betonille haitallisia aineita. Tämä koskee myös jälkihoidossa käytettävää vettä.

3.6 Lisäaineet

Menetelmästä ja ruiskutuskohteesta riippuen ruiskubetonissa käytetään erityyppisiä lisäaineita. Lisäaineiden käytöstä on aina annettava ohjeet työ- ja laatusuunnitelmassa. Ruiskubetonissa käytettävien lisäaineiden pitää täyttää standardissa SFS-EN 934-5 asetetut vaatimukset. Lisäaineen tulee olla CE-merkitty tai niillä on oltava hyväksytty käyttöseloste. Rakennuspaikalla on oltava myös lisäaineen käyttöohje. Jos lisäaineella ei ole varmennettua käyttöselostetta, vastaavat ominaisuudet pitää esittää. Selvityksiä ei tarvita, jos käytetään Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymiä kuivatuotteita.

Kiihdytteitä käytetään märkaseosmenetelmässä, vesivuotoja tukittaessa ja ruiskutettaessa paksuja pystypintoja talvityönä. Kiihdytteet alentavat betonin lujuutta. Klorideja sisältäviä kiihdytteitä ei saa käyttää.

Sillanrakennustöissä betonilta edellytetään pakkas-
senkestävyyttä, joten myös ruiskubetonin pakkas-
senkestävyys pitää varmentaa. Ruiskubetoneissa (erityisesti märkaseosmenetelmässä) käytetään huokosteita. Kuivaruiskubetoni yleensä täyttää ilman huokosteitakin pakkasenkestävälle betonille asetetut vaatimukset. Tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että huokostetta joudutaan käyttämään kuivaseosmenetelmässä viisinkertainen määrä normaaliin annostukseen verrattuna. Nestemäiset huokosteet sekoitetaan kiviainekseen ja jauhemaiset sementtiin. Kuivatuotteisiin ei saa lisätä huokosteita.

Märkaseosmenetelmässä käytetään usein notkisteita ja nesteytteitä. Onnistuneella suhteituksella massasta voidaan saada pumpattavaa myös ilman notkisteita. Kiihdytteiden käyttö märkaseosmenetelmässä on yleistä ja välttämätöntä ruiskutettaessa suuria kerrospaksuuksia.

Ruiskubetonin kiihdytteet jaetaan kolmeen pääryhmään

- silikaattikiihdytteet
- aluminaattikiihdytteet
- alkalivapaat kiihdytteet.

Silikaattikiihdytteistä yleisin on natriumsilikaatti eli vesilasi. Sen ansiosta massa jäykistyy nopeasti ja sitoutuminen aikaistuu. Vesilasin käyttäminen kiihdytteenä on voimakkaasti annosteluriippuvainen. Se lisää varhaislujuutta, mutta pienillä annostuksilla sitoutuminen voi alkaa vasta kymmenien minuuttien kuluttua. Vesilasin haittavaikutuksista suurin on sen loppulujuutta alentava vaikutus. Annostuksesta riippuen lujuus alenee 15–25 % ja kutistuma lisääntyy. Vesilasi on voimakkaasti alkalinen ja terveydelle vaarallinen. Ihokosketusta on vältettävä ja suojavarusteita on käytettävä työskennellessä. Vesilasikiihdytteiden käytössä jälkihoito on toteutettava hyvin, koska muuten lujuuskato voi kasvaa merkittävästi. Vesilasipohjaiset kiihdytteet soveltuvat kohteisiin, joissa ei tarvita suuria alkulujuuksia ja joissa kerrospaksuus on suuri.

Aluminaattikiihdytteet ovat joko natrium- tai kaliumaluminaattipohjaisia. Ne soveltuvat, kun tarvitaan suuret alkulujuudet. Aluminaattikiihdytteiden toiminta perustuu siihen, että aluminaatti kuluttaa

nopeasti kipsin ja ylimääräalumiinaatit reagoivat ettringiitin kanssa muodostaen monosulfaatteja, jotka ovat veteen liukenevia ja mahdollistavat hydrataatioreaktiot. Aluminaattien ansiosta sitoutuminen tapahtuu erittäin nopeasti muutamassa kymmenessä sekunnissa ja lujuudenkehitys alkaa minuuteissa. Aluminaattikiihdytteiden toiminta on sementtityyppiin riippuvainen, kun silikaattipohjaisen kiihdytteiden toiminta kaikilla Suomessa käytettävillä sementtityypeillä on lähes samanarvoista. Aluminaattikiihdytteiden pH on hyvin suuri, joten ihokosketusta on vältettävä ja silmät on suojattava. Rakenteisiin jäävien aluminaattien ympäristövaikutusten vuoksi ne on kielletty eräissä Keski-Euroopan maissa. Suomessa aluminaattikiihdytteiden käyttö on nykyisin vähäistä.

Ruiskubetonin perinteisten kiihdytteiden työturvallisuus- ja ympäristösyiden vuoksi 1990-luvulta alkaen on kehitetty alkalivapaita ja vähäalkalisia kiihdytteitä. Kiihdytteet luokitellaan alkalivapaaksi, kun sen alkalipitoisuus (Na_2O -ekvivalentti) on alle 1 %. Alkalivapaat kiihdytteet ovat yleisimmin aluminaattisulfaatteja, jotka edistävät ettringiitin kiteytymistä klinkkeripartikkeleiden välille, jolloin sitoutuminen nopeutuu. Niiden teho on todennäköisesti riippuvainen myös sementin koostumuksesta.

3.7 Kuidut

Ruiskubetonissa voidaan käyttää sekä teräs- että polymeerikuituja. Käytettävien teräskuitujen pitää täyttää standardin SFS-EN 14889-1 ja polymeerikuitujen standardin SFS-EN 14889-2 mukaiset vaatimukset.

Kuidut parantavat betonin vetolujuutta, joten niitä voidaan käyttää kutistumishalkeamien estämiseen. Teräskuiduilla voidaan korvata betonin kutistumista rajoittava rauditusverkko, jos ruiskubetonikerroksen paksuus on yli 20 mm. Kuidun pituus saa olla enintään 60 % massansiirtopu-

ken halkaisijasta. Kuidun pituuden pitää olla tarunnan vuoksi vähintään kaksinkertainen kiviaineksen suurimpaan raekokoon verrattuna. Kuidut annostellaan valmistajan ohjeen mukaan.

Sillan näkyvissä pinnoissa käytetään polymeerikuituja, koska teräskuidut ruostuvat ja rumentavat pintaa. Teräskuituja voidaan käyttää ainoastaan yli 10 mm:n syvyyteen jäävissä kerroksissa.

Kuidut sekoitetaan kiviainekseen ennen muita osaineita.

3.8 Väriaineet

Väripigmenttiä voidaan käyttää 3–7 % sementin painosta. Paras tulos saavutetaan, kun sekoitus tehdään niin, että väri sekoitetaan ensin tasaisesti kiviainekseen. Pigmenttien käytössä noudatetaan standardia SFS-EN 206-1.

4 RAUDOITUS

4.1 Raudoituksen uusiminen

Siltarakenteita ruiskubetonoitaessa voidaan rakenteisiin joutua asentamaan lisäraudoitteita tai korvaamaan ruostuneita raudoitustankoja uusilla. Raudoitusta ei työteknnillisistä syistä voi asentaa ruiskubetonirakenteisiin, joiden paksuus on alle 40 mm. Raudoituksesta on aina oltava piirustus, jossa esitetään myös raudoituksen ankkurointi alustaan.

Rakenteellista raudoitusta uusittaessa kiinnitetään erityistä huomiota raudoitustankojen jatkospituuksiin, sidontaan sekä ruiskutustapaan ja betonipeitteisiin. Laajoissa pinnoissa käytetään hitsattuja teräsverkkoja, jolloin verkon silmäkoko ei saa olla alle 100 mm. Tällöin on kiinnitettävä erityistä huomiota verkon sidontaan, jotta sidelangat eivät nouse ruiskutettuun pintaan. Poikkileikkaukseltaan pienet raudoitustangot ovat ruiskubetonoinnin

kannalta parempia. Halkaisijaltaan yli 16 mm:n tankoja ei yleensä pitäisi käyttää.

Kun raudoitustankoja joudutaan uusimaan laajoilta alueilta, saavutetaan märkaseosmenetelmällä helpommin raudoitustankojen taustojen täyttyminen ja betonin hyvä tiivistyminen.

Paljastetun raudoituksen pinnan korroosioaste määritetään julkaisun *Raudoitteiden korroosioasteen määrittäminen* /8/ mukaisesti. Raudoitteita, joiden korroosioaste on 0, 1 tai 2 voidaan käyttää. Korroosioasteen 0 ja 1 raudoitteita voidaan käyttää sellaisenaan ja korroosioasteen 2 raudoitteita, mikäli ne puhdistetaan edellä mainitussa julkaisussa /8/ esitetyn mukaisesti.

4.2 Rakenteen vahventaminen

Jos betonointi tehdään ruiskuttamalla, rakenne vahvennetaan yleensä raudoitustangoilla. Jos vahvikkeina käytetään muita tuotteita kuin raudoitustankoja, vahventamissuunnitelmassa esitetään miten ruiskubetonin ja vahvikkeiden välinen tartunta

ta varmistetaan. Vahventamistyötä varten on aina laadittava vahventamissuunnitelma. Vahventamisessa noudatetaan raudoituksen uusimista käsittelevässä kohdassa esitettyjä periaatteita.

4.3 Kutistumisraudoitus

Jos ruiskutettavan betonikerroksen paksuus on laajalla alueella yli 50 mm, käytetään yleensä raudoitusverkkoa kutistumisen estämiseksi (kuva 16). Ohuempia kerroksia ruiskutettaessa käytetään kutistumishäikeämien eliminoinniseksi kuituja. Näkyviin jäävissä korjauksissa ei saa käyttää teräskuituja. Teräskuituja voidaan käyttää kutistumisen estämisessä ainoastaan yli 10 mm:n syvyyteen jäävissä kerroksissa.

Kutistumisraudoituksen teosta tai kuitujen käytöstä on aina laadittava työ- ja laatusuunnitelma.



Kuva 16. Kutistumisraudoitus.

5 RUISKUBETONIN LAATUVAATIMUKSET

5.1 Ruiskubetonin ominaisuudet

Ruiskubetoni on korkealaatuista betonia, jonka lujuus voi vaihdella käyttötarkoituksesta riippuen seuraavasti:

- puristuslujuus 30–70 MN/m²
- taivutusvetolujuus 5–10 "
- halkaisuvetolujuus 3,5–4,5 "
- tartuntalujuus 1,5–3,0 "

Kuivaseosmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin hyvä laatu johtuu siitä, että betoni sinkoutuu alustaa vasten suurella nopeudella (80–170 m/s), jolloin isommat rakeet kimpoavat pois ja pintaan jäänyt sementtilaasti muodostaa hyvän tartuntakerroksen alustan ja kiviainesrakeiden välille. Betonointa kerros tulee kauttaaltaan hyvin tiiviiksi, koska isommat rakeet iskeytyvät suurella nopeudella aikaisemmin ruiskutettuun pintaan. Lisäksi veden tarve on sementtimäärään ja rakeisuuteen nähden vähäinen eli vesisementtisuhde on 0,40–0,45, mikä parantaa pakkasenkestävyyttä.

Märkäseosmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin hyviä ominaisuuksia ovat massan tasainen laatu ja lisäaineiden avulla saavutettava hyvä tartunta alustaan, mahdollisuus ruiskuttaa paksuja kerroksia ja hyvä pakkasenkestävyys.



Kuva 17. Hyvä ruiskubetonipinta.

Sillankorjaustöissä on saatu hyviä kokemuksia Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymistä kuiva- tuotteista, jotka sisältävät usein polymeerejä ja mahdollisesti mineraalista seosainetta kuten silikaa. Tuotekohtaisiin ominaisuuksiin on perehdyttävä huolellisesti. Vertailussa on otettava huomioon, että hyvästä massasta tehty raudoituksen betonipeite voi olla ohuempi, jolloin kalliimpi hinta kompensoituu pienemmällä massamäärällä. Työtä varten on laadittava työ- ja laatusuunnitelma yhteistoimin tuotteen valmistajan tai maahantuojaan kanssa.

Ammattitaidolla tehty ruiskubetoni on yleensä tiivistä. Ruiskubetonoitu pinta on karhea, aaltoileva ja värisävyltään vaihteleva (kuvat 17 ja 18). Hyvin onnistuneen ruiskubetonin tartunta alustansa on hyvä, betoni on pakkasenkestävää ja riittävän tiivistä estämään ilman hiilidioksidin ja suolojen tunkeutumista betoniin. Lisäksi ruiskubetoni kykenee uudelleenalkalisoimaan korjattavaa betonipintaa ja siten hidastamaan olemassa olevien raudotteiden korroosiota.



Kuva 18. Värisävyltään häiritsevästi vaihteleva ruiskubetonin pinta.

Ruiskubetonin laatuun vaikuttavat merkittävästi työn aikaiset olosuhteet ja jälkihoito. Näitä koskevat laatuvaatimukset on esitetty kohdassa 6.

Taulukossa 2 on esitetty ruiskubetonin laatuun vaikuttavia tekijöitä, jotka on otettava huomioon suunnittelussa ja ruiskutustyössä.

Taulukko 2. Ruiskubetonin laatutavoitteita ja menetelmiä niiden saavuttamiseksi.

LAATUTAVOITTEITA	MENETELMIÄ
Vaurioituneen betonin poisto siten, ettei synny halkeamia.	Suihkupuhdistus, jos poistosyvyys on alle 5 mm. Vesipiikkaus (yli 800 bar), jos poistosyvyys on yli 5 mm. Vesipiikkauksen jälkeen suurpainepesu.
Betonialustan puhdistus irtonaisista aineksista ja epäpuhtauksista.	Suihkupuhdistus hiekka- tai vesihiekka-puhalluksella.
Esikastelu siten, että alusta on riittävän kostea, muttei liian märkä (kiiltävä).	Runsas kastelu vuorokausi ennen ruiskutusta.
Plastisen halkeilun estäminen.	Kuituruiskubetoni. Ruiskubetonikerroksen jyrkkiä paksuusvaihteluita on vältettävä. Jälkihoito pinta-jännitystä pienentävällä jälkihoito-aineella välittömästi pinnan viimeistelyn jälkeen.
Kuivumisesta ja karbonatisoitumisesta johtuvien halkeamien estäminen	Jälkihoito sumuttamalla vettä kahdesti päivässä viikon ajan tai jälkihoito parafiinipohjaisella jälkihoitoaineella.
Hidas karbonatisoituminen	Pieni vesi-sementtisuhte (alle 0,40). Ei mineraalisia seosaineita. Avonaisten huokosten sulkeminen hienorakeisemmalla pintalaastiruiskutuksella. Jälkihoito sumuttamalla vettä kahdesti päivässä viikon ajan.
Pinnan tummuusvaihtelun vähentäminen.	Mahdollisimman laajat, rajatut alueet pinnanajossa. Vesimäärän vakiointi.

5.2 Ruiskubetonille asetettavat vaatimukset

Ruiskubetonin koostumus on valittava siten, että kaikki työmenetelmän edellyttämät koostumusvaatimukset ja kovettuneelle ruiskubetonille asetetut vaatimukset, muun muassa puristus- ja tartuntalujuuden, kutistumisen ja pakkasenkestävyyden suhteen, tulevat täytetyiksi. Koostumus on valittava lisäksi siten, että rakenteelle asetetut suunnittelukäyttöikävaatimukset tulevat täytetyiksi.

Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymät ruiskubetonit ja -laastit täyttävät kohdan 5.2.1 ruiskubetonin koostumusta koskevat vaatimukset ja kohdan 5.2.2 kovettuneen ruiskubetonin vähimmäisvaatimukset.

5.2.1 Ruiskubetonin koostumusta koskevat vaatimukset

Ruiskubetonin koostumusta koskevat standardivaatimukset on esitetty taulukossa 3. perusseoksen ja tuoreen ruiskubetonin vaatimukset on esitetty taulukossa 4. Märkäseosmenetelmää koskevat ruiskubetonin

Taulukko 3. Standardin SFS-EN 14487-1 mukaiset ruiskubetonin koostumusta koskevat vaatimukset.

OSA-AINE / OMINAISUUS	VAATIMUS JA TESTAUSMENETELMÄT
Sementin käyttö	Määritellään ottaen huomioon vallitsevan lämpötilan ja lämmönkehityksen vaikutus työstettävyyssikaan, lujuudenkehitykseen, loppulujuuteen ja jälkihoito-olosuhteisiin.
Kiviaineksen käyttö	Sovelletaan standardia SFS-EN 206-1
Lisäaineiden käyttö	Standardien SFS-EN 934-2 ja SFS-EN 934-5 mukaisia rajoituksia ei saa ylittää.
Seosaineiden käyttö	Sovelletaan standardia SFS-EN 206-1
Kuitujen käyttö	Teräs- ja polymeerikuitujen tulee olla standardien SFS-EN 14889-1 ja SFS-EN 14889-2 ja muiden kuitujen kohdan 3.1 mukaisia. Kuidut tulee lisätä siten, että ne jakaantuvat tasaisesti betonimassaan.
Vesi-sementtisuhte	Siltaosakohtaisten vähimmäisvaatimusten tai käyttöikämitoituksen mukaisen vesi-sementtisuhteen arvoa ei saa ylittää.

Taulukko 4. Standardin SFS-EN 14487-1 mukaiset märkäseosmenetelmää koskevat ruiskubetonin perusseoksen vaatimukset ja tuoreen ruiskubetonin vaatimukset.

OMINAISSUUS	VAATIMUS JA TESTAUSMENETELMÄT
Märkäperusseoksen notkeus	Määritellään standardin SFS-EN 206-1 mukaisesti. Kuituvahvisteisen ruiskubetonin notkeus määritellään standardin SFS-EN 12350-3 mukaisesti (Vebe-koe)
Lämpötila	Märkäperusseoksen lämpötilan tulee ennen ruiskutusta olla 5–30 °C *), jotta työstettävyysoolosuhteet säilyvät ja vältetään haitalliset sitoutumisvaikutukset.
Tiheys	Määritetään standardin SFS-EN 12350-6 mukaisesti
Kuitupitoisuus	Kuitupitoisuus määritetään standardin SFS-EN 14488-7 mukaisesti. Näyte pitää ottaa työkohteesta ellei toisin ole määritelty.

*) Märkäseosten käyttökelpoinen lämpötila-alue on 10–20 °C.

5.2.2 Kovettuneen ruiskubetonin vaatimukset

Yleiset kovettuneen ruiskubetonin standardivaatimukset on esitetty kaikkien ominaisuuksien osalta standardin SFS-EN 14487-1 taulukossa 8.

Alla olevassa taulukossa 5 ovat sillankorjaustöissä yleisesti edellytetyt kovettuneen ruiskubetonin vaatimukset ja niiden testausmenetelmät. Kohde- ja menetelmäkohtaisesti voidaan edellyttää myös

muita standardissa SFS-EN 14487-1 esitettyjä laatuvaatimuksia.

Suunnittelija asettaa tarvittaessa vaatimukset kuituvahvisteisen ruiskubetonin jäännöslujuudelle ja kuitupitoisuudelle sekä esittää ominaisuuksien osoittamiseksi tehtävien kokeiden testausmenetelmät ja testauksen taajuuden.

Taulukko 5. Sillankorjaustöissä käytettäviä kovettuneen ruiskubetonin vaatimuksia.

OMINAISUUS	TESTAUSMENETELMÄT	VÄHIMMÄISVAATIMUS
Puristuslujuus	Puristuslujuus ilmoitetaan ja määritetään standardin SFS-EN 206-1 mukaisesti. Lujuus määritetään standardin SFS-EN 12504-1 mukaan 28 vuorokauden ikäisille lieriöille, jotka on otettu rakenteesta standardin SFS-EN 12504-1 mukaan tai ruiskutetuista kappaleista standardin SFS-EN 14488-1 mukaan. Halkaisijan pitää olla vähintään 50 mm ja korkeus/halkaisijasuhde joko 1,0 tai 2,0. Näytteet testataan standardin SFS-EN 12504-1 mukaan. Huom! Pituus/halkaisijasuhteen pitää olla — 2,0, jos lujuustuloksia verrataan lieriölujuuteen — 1,0, jos lujuustuloksia verrataan kuutiolujuuteen	$K_a < K < K_a + 20 \text{ MN/m}^2$ *)
Pakkasenkestävyys	Pakkasenkestävyys määritetään P-lukuna. Pakkasenkestävyys testataan julkaisun <i>Siltabetonien P-lukumenettely</i> /9/ mukaan ruiskutetuista kappaleista irrotetuista näytteistä standardin SS 13 72 44 mukaan ja tuloksen perusteella lasketaan P-luku julkaisun /9/ kohdan 4.4 mukaan.	P30-P50 **) (P70)
Tartuntalujuus alustaan	Tartuntalujuus alustaan määritetään standardin SFS-EN 1542 mukaan poikkeuksena elementtimuotin koko, jonka pitää olla vähintään 500 mm x 500 mm.	1,5 N/mm ²
Kutistuminen	Kutistuminen määritetään standardiehdotuksen prEN 104-816-4 mukaisella naulalevykokeella. Koekappaleet valetaan työmaalla ja säilytetään muovilla peitettynä vähintään +18 °C:een lämpötilassa ja sateelta, tuulelta ja auringonpaisteelta suojassa.	0,6 ‰ (14 vrk kuluttua) tai 1,0 ‰ (28 vrk kuluttua)
Karbonatisoitumisnopeus	SFS-EN 13295	≤ 10 mm

*) K_a = betonialustan lujuus. Lujuusluokka K määräytyy SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ taulukon 18 mukaisesti tai käyttöikäsuunnittelun perusteella

**) Pakkasenkestävyysluokka määräytyy SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ taulukon 18 mukaisesti tai käyttöikäsuunnittelun perusteella

Ominaisuuksien mukaisen ruiskubetonin laatuvaatimukset ja ennakkokokeiden tarve määräytyvät tarkastusluokan mukaisesti. Sillankorjaustöissä tarkastusluokka on joko 2 tai 3, jolloin pitää tehdä taulukon 5 mukaiset ennakkokokeet. Jos projekti-kohtaisesti asetetaan vaatimuksia muiden ominaisuuksien suhteen, ennakkokokeet tehdään standardin SFS-EN 14487-1 mukaisesti.

Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymiä vakioruiskubetoneita käytettäessä ei tarvita ennakkokokeita. Hyväksyntä perustuu hyväksytyn aineenkoetuslaitoksen tekemien kokeiden tuloksiin.

Työkohtaiset vaatimukset määrätään sillan korjaussuunnitelmassa.

5.3 Muut vaatimukset

Ruiskubetonille voidaan sillan korjaussuunnitelmassa asettaa seuraavia lisävaatimuksia:

- tiiviysvaatimus laadunvarmistusmenetelmään
- sallittu väri vaihtelu
- sallittu epätasaisuus, joka on yleensä 10 mm kahden metrin oikolaudalla mitattuna
- pinnan laadun ennakkokoe.

Korvattu 1.4.2024 Väyläviraston ohjeella 48/2023.

6 RUISKUBETONOINTI

6.1 Toimintatekniikat

Ruiskubetonityössä materiaalien säilytyksen, annostelulaitteiden, sekoittimien, ruiskutuslaitteistojen pitää täyttää standardissa SFS-EN 14487-2 asetetut vaatimukset. Ruiskubetonimenetelmiltä edellytettävät osa-aineiden annostelun ja ruiskutuksen vaatimukset on esitetty *SILKO-ohjeessa 2.234 /2/*.

Ruiskutusmenetelmiä ovat kuivaseosmenetelmä ja märkäseosmenetelmä. Paikkauksia voidaan tehdä myös ejektorilla, joka on yksinkertainen ja helposti liikuteltava laite.

Korjausrakentamisessa käytetään yleensä kuivaseosmenetelmää, mutta asia on harkittava kohteittain. Menetelmien eroja on esitetty taulukossa 6.

Kuivaseosmenetelmässä tehdään kuivabetoniseos

sementistä ja luonnonkuivasta kiviaineksesta. Tehdasvalmisteista kuivaseosta käytettäessä tarvitaan esikostutuslaitteet. Suositeltava vaakasuora masansiirtoetäisyys on 10–100 m ja pystysuora nostokorkeus voi olla korkeintaan 50 m. Hukkaroiske on kuivaseosruiskutuksessa melko suuri (10–30 %), joka pitää ottaa huomioon suojaamalla rakenteiden pinnat tarpeellisilta osin sekä estämällä roiskeiden suuntautuminen käytössä oleville liikenneväylille ja vesistöön.

Märkäseosmenetelmässä käytetään valmiiksi sekoitettua betonimassaa tai valmislaastia, joka sekoitetaan työmaalla laastisiilissä olevalla putkisekoittajalla. Ruiskutettava massa on tasalaatuista koko ruiskutuksen ajan. Menetelmä sopii paksujen kerrosten ruiskuttamiseen. Vesisementtisuhde on korkea.

Korvattu 1.4.2024 Väyläviraston ohjeella 48/2023.

Taulukko 6. Kuiva- ja märkäseosmenetelmien ja ejektoinnin vertailu korjausrakentamisen näkökulmasta /5,10/.

KUIVASEOSMENETELMÄ	MÄRKÄSEOSMENETELMÄ		EJEKTOINTI
	ROBOTTIKALUSTO	KÄSIKALUSTO	
+ Lisäaineita ei yleensä käytetä + Pieni vesi-sementtisuhte → Paremmat säilyvyysominaisuudet + Pienikokoiset ja teknisesti yksinkertaiset laitteet → Taloudellisuus ja joustavuus. + Sopii polymeerimassojen ruiskutukseen + Kuitujen lisäys mahdollista + Valmislaastit helppoja hiertää ja tartunta alustaan hyvä	+ Ruiskutettava massa tasalaatuista koko ajan. + Tehokas kalusto + Suuret massamäärät + Ei vaadi telinetyötä + Ei pölyä ja pieni hukkaroiskeen määrä + Voidaan käyttää kuituja + Raudoitteiden taustojen täyttö	+ Valmislaasti tasalaatuista eikä vaadi mitään lisäaineita + Laitteisto yksinkertainen laastipumppu + Ei pölyä ja pieni hukkaroiskeen määrä + Voidaan käyttää muovikuituja + Ruiskutusvoima ei vaadi niin paljon ammatillista taitoa kuin kuivaseosmenetelmä + Helppo leikata ja hiertää + Raudoitteiden taustojen täyttö	+ Massa tasalaatuista. + Pieni vesi-sementtisuhte + Pienikokoinen yksinkertainen ruiskutuslaite + Taloudellinen pienissä paikkauksissa
– Laatu riippuu ruiskuttajan ammattitaidosta – Pölyä ruiskutuksen aikana – Suuri hukkaroiske – Osa kuiduista poistuu ruiskuttaessa	– Runsas lisäaineiden käyttö – Paksut ruiskutuskerrokset aiheuttavat irtoamista alustasta ja halkeilua – Helposti liian loiva ruiskutuskulma; ruuma pinta – Suurempi vesi-sementtisuhte – Kallis kalusto	– Paksut ruiskutuskerrokset aiheuttavat irtoamista alustasta ja halkeilua	
Laatuominaisuudet sopivat vaatimaan korjausrakentamisen	Sopii tehokkuutensa ansiosta hyvin kallio-tunneleiden, uusien siltojen yms. ruiskutukseen.	Sopii korjausrakentamiseen	Sopii vain pienehköihin paikkauksiin Valumattomat paikkauslaastit ovat korvanneet menetelmän lähes täysin

6.1.1 Kuivaseosmenetelmä

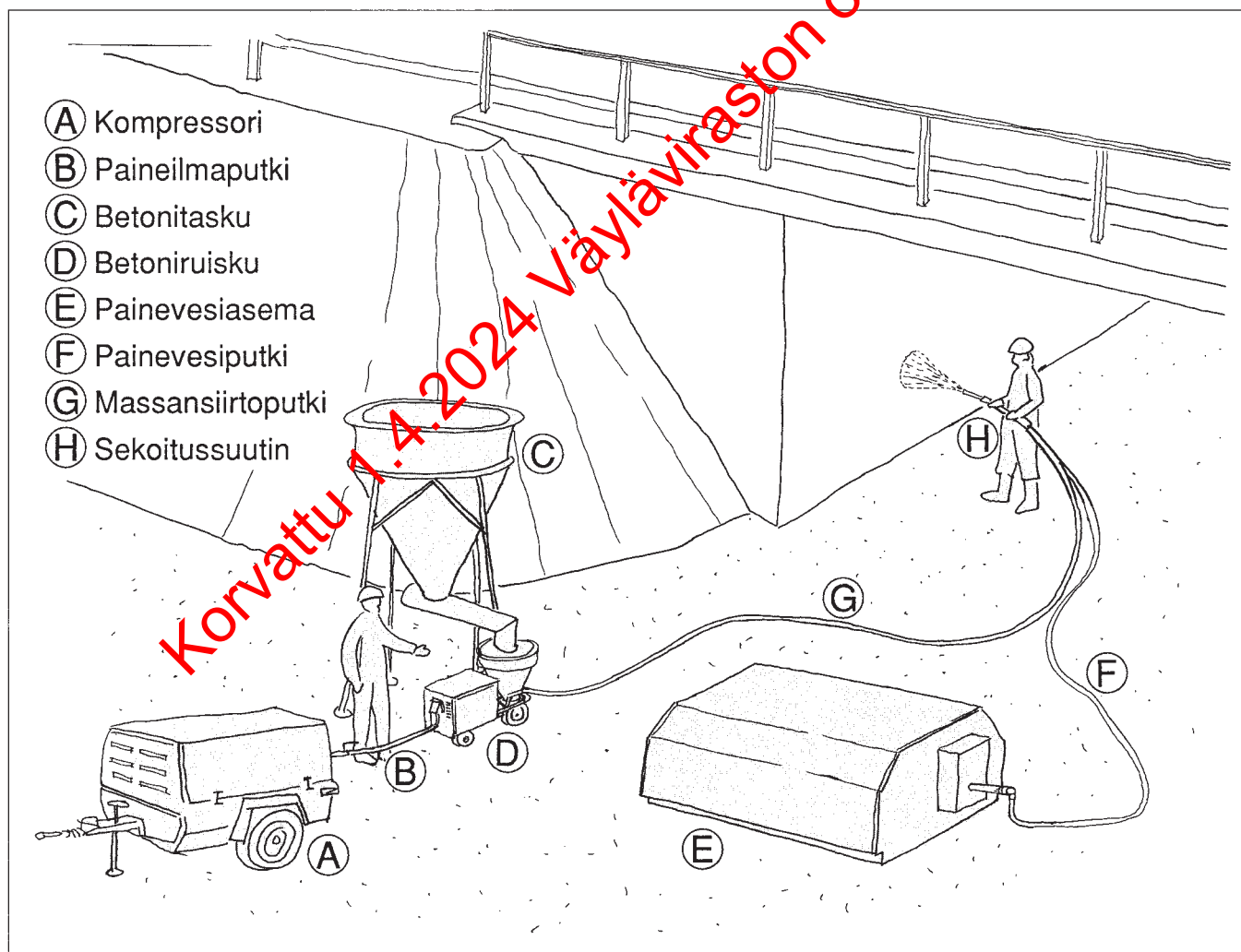
Kuivaseosruiskutuksessa tarvittava kalusto on seuraava (kuva 19):

- A. Kompressorinäkätetään yleensä dieselkäyttöisiä mäntä-, lamelli- tai ruuvikompressoreita. Paineilman tarve on 6–17 m³/min.
- B. Paineilmaputkistona käytetään joko teräs- tai kumiputkia. Putkiston halkaisija on 25–150 mm. Putkistossa käytetään tarvittaessa paineilmasäiliöitä ja vedenerottimia.
- C. Betonitasku voi olla joko hydraulinen tai mekaaninen. Kuljettimen ja siilon yhdistelmää voidaan myös käyttää. Pienissä töissä massa lapioidaan betoniruiskuun.
- D. Betoniruiskuja on useita tyyppejä, joista revolveri(roottori)syöttötyyppi on yleisin ja pyörivällä anostelijalla varustettu painekammioityyppi uusien. Siltojen korjaustöissä on saatu tasalaatuisin lopputulos useimmiten kaksoiskammioityypillä. Be-

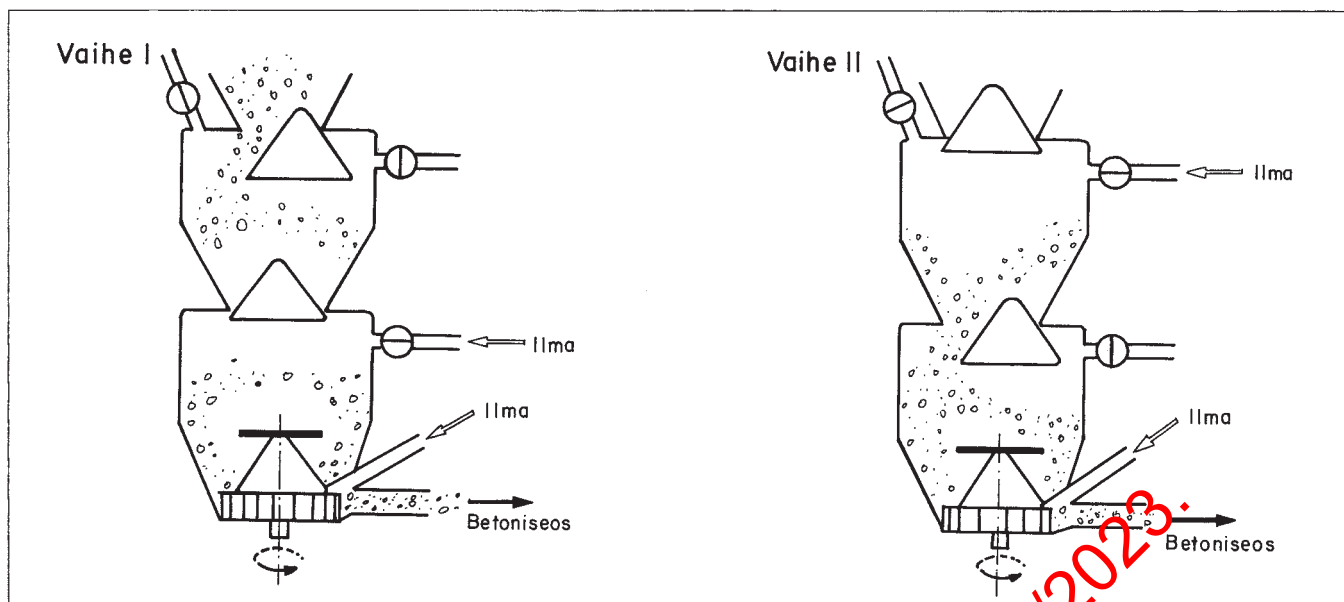
toniruiskujen toimintaperiaatteet selviävät kuvista 20–23.

- E. Painevesiasema tarvitaan, jos vettä ei saada vesijohtoverkostosta. Painevesiaseman muodostavat siirrettävä vesisäiliö, siipipumppu ja paineastia (50–150 l). Vesipaineen pitää olla tasainen ja 0,1–0,2 MPa suurempi kuin ilmanpaine. Tarvittava vesimäärä on korkeintaan 20 l/min.
- F. Painevesiputkistossa käytetään kumi- tai muoviletkaa. Letkun halkaisija on 20–25 mm.
- G. Massansiirtoputkistossa käytetään kumista hiekanpuhallusletkaa, jonka halkaisija on 30–50 mm.
- H. Sekoitussuuttimessa on runko, vesihana, vesirengas ja suukappale.

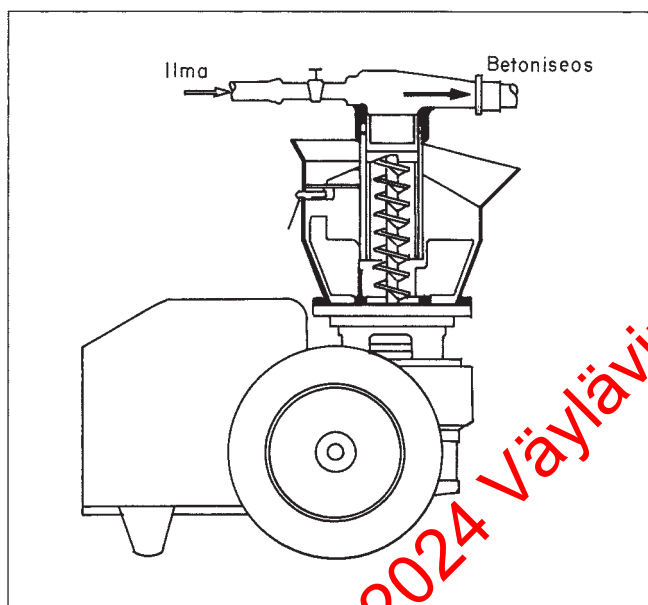
Markkinoilla on myös kevyitä pienempiin kohteisiin sopivia laitteita.



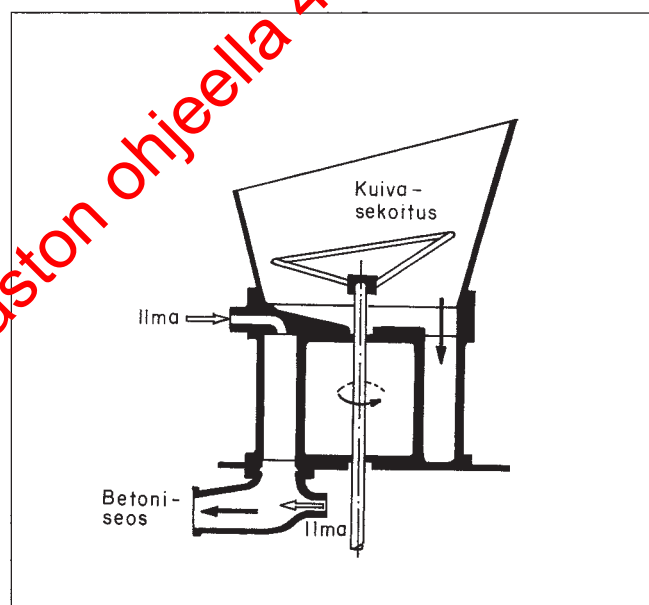
Kuva 19. Kuivaseosmenetelmän ruiskutuskalusto.



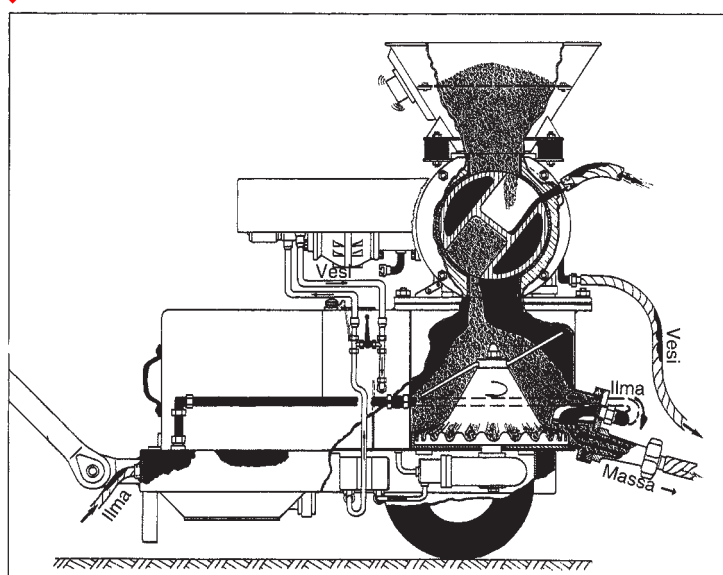
Kuva 20. Kaksoiskammioperiaatteella toimiva betoniruisku.



Kuva 21. Ruuvisyöttöperiaatteella toimiva betoniruisku.



Kuva 22. Roottori(revolveri)syöttöperiaatteella toimiva betoniruisku.



Kuva 23. Pyörivällä annostelijalla varustettu painekammioperiaatteella toimiva betoniruisku

6.1.2 Märkäseosmenetelmä

Märkäseosruiskutuksessa tarvittava kalusto on seuraava (kuva 24):

1. Jatkuvatoiminen vastaanottosäiliöllä varustettu betonipumppu tai laastipumppu, jossa on putkisekoittimella varustettu laastisiilo.
2. Massansiirtoputkistona käytetään joko teräs- tai kumiputkia. Putkiston halkaisija on 100–40 mm. Putkistossa on supistus- ja siirtymäkappaleita.
3. Sekoitusputki paineilma- ja lisäaine(kiihdytin) liittymällä.
4. Paineilmaletkun halkaisija on 25 mm ja suositeltava pituus 20 m.
5. Lisäaineen annostelupumppu.
6. Lisäaineen siirtoletku, jonka halkaisija on 12,5 mm. Työpaine on 20 baaria.
7. Ruiskutussuutin, jossa on runko ja suukappale.
8. Kompressorinäkätetään yleensä dieselkäyttöisiä mäntä-, lamelli- tai ruuvikompressoreita. Vähimmäisteho on 6 m³ minuutissa 7–10 baarin paineella.



Kuva 24. Märkäseosmenetelmän ruiskutuskalusto.

6.1.3 Ruiskutus ejektorilla

Ejektorilla ruiskutettava laasti tarttuu hyvin alustaan ja sulloutuu tiiviiksi. Laastin kutistuminen on vähäistä, koska vesi-sementtisuhde on alhainen. Ejektori on rakenteeltaan yksinkertainen (kuva 25) ja sen käyttö on helppo oppia.

Hidastin parantaa laastin ominaisuuksia ja laastia voidaan valmistaa esimerkiksi päivän tarve. Hidastimen vaikutus on selvitettävä ennakkokeella. Laastiin voidaan sekoittaa kuituja.



Kuva 25. Laastiejektori.

6.2 Ruiskubetonityön laatuvaatimukset

6.2.1 Pintojen esikäsittely

Ruiskutettavan betonialustan esikäsittelyn pitää täyttää standardin SFS-EN 1504-10 kohdan 7 mukaiset vaatimukset.

Ruiskubetonin alustassa ei saa olla likaa, öljyä tai irtonaisia aineksia. Öljy tai rasva poistetaan ensin kemiallisesti. Vaurioitunut betoni poistetaan vesipiikkauslaitteella tai piikkausvasaralla (kuvat 26 ja 27). Vesipiikkaus ja jysintä ovat suositeltavia purkamismenetelmiä varsinkin laajoilla pinnoilla. Jysintää voidaan käyttää, jos poistettava betoni ei ulotu raudoitteiden taakse (kuva 28). Pinta huuhdellaan suurpainepesurilla. Vaurioitumattomat pinnat suihkupuhdistetaan.

Ruiskutettava pinta kastellaan ruiskutusta edeltävänä päivänä. Ruiskutuksen alkaessa pinnan pitää olla kostea, mutta se ei saa olla märkä (kiiltävä). Ruiskutettava pinta ei saa koskaan olla jäinen tai niin kylmä, että betonimassa voi jäättyä.

Hukkaniskeet on aina poistettava ruiskutettavilta pinnoilta ja raudoitteista.

Raudoitustangon paljastuessa menetellään SILKO-ohjeessa 2.234 /2/ esitetyllä tavalla.



Kuva 26. Ruiskubetonoitavan kaaren piikkausta.



Kuva 27. Maatuen vesipiikattu pinta.

6.2.2 Ruiskutus

Ennen työn aloitusta laaditaan kohdan 2.5 ja *SILKO-ohjeen* 2.234 /2/ kohdan 5.2 mukainen työ- ja laatusuunnitelma riittävän ajoissa, jotta laitteiden ja tarvikkeiden saanti voidaan varmistaa. Ennakkokokeiden tarve on esitetty kohdassa 5. Urakoitsija toimittaa työ- ja laatusuunnitelman tilaajan edustajalle vähintään viikko ennen työn alkua.

Työ- ja laatusuunnitelma perustuu kohdekohtaiseen korjaussuunnitelmaan.

Ruiskubetonointityön yleiset olosuhdevaatimukset ovat

- ilman ja rakenteen lämpötila +5...+20 °C
- tuulen nopeus alle 2 m/s
- työtä ei saa tehdä vesisateessa
- pintaan ei saa kohdistua suoraa auringon säteilyä.

Jos olosuhteita ei saada paikallisin järjestelyin sopiviksi, tulos on varmistettava ennakkokokein.

Ruiskubetonimassan osa-aineet mitataan paino-osin. Sekoitus tehdään pakkosekoittimella (kuva 29).

Kuivaseosmenetelmässä kiinnitetään erityistä huomiota vesimäärän säätelyyn, jolla on ratkaiseva vaikutus ruiskubetonin laatuun ja joka toisaalta perustuu ruiskuttajan näköhavaintoihin. Ruiskutuksesta on annettu yksityiskohtaiset ohjeet *SILKO-ohjeessa* 2.234 /2/.

Kuivaseokset, joiden kiviaines on kosteaa, pitää ruiskuttaa 1,5 tunnin kuluessa sekoituksesta. Pidempi avoin aika edellyttää erilliselvitystä.

Kerralla ruiskutettavan kerroksen enimmäispaksuus on pystysuorissa pinnoissa 40 mm ja alapinnoissa 30 mm. Vähäiset kuopat voidaan täyttää 50 mm:n syvyydeltä yhdellä ruiskutuskerralla. Jos työ joudutaan toteuttamaan useampana ruiskutuskertana ja aika eri kerrosten ruiskuttamisen välillä on huomattava, pinta tulee puhdistaa.

Betonipeitevaatimuksen täyttymistä on seurattava tarkasti. Palkkien alapinnoissa, pilareissa tms. rakenteissa betonipeitteen paksuus ja särmien muoto saadaan oikeaksi, kun käytetään muotteja (kuva 30). Seinäpinnan paksuusmittauksessa voidaan käyttää apuna ns. kontaktitappeja ja niiden väliin pingotettuja teräslankoja tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tappeja.



Kuva 28. Maatuen pinnan jyrshintä.



Kuva 29. Ruiskubetonimassan sekoitusta pakkosekoittajalla.



Kuva 30. Palkkien ja pilareiden muodon säilyminen on varmistettu muottien avulla.

Ruiskubetonin pintaa ei saa hiertää, jos massan raekoko on 0–8 mm. Jos pinta on hierrettävä tiukan tasaisuusvaatimuksen vuoksi tai ulkonäkösyistä, pintaan on ruiskutettava 5–10 mm:n hiertokerros, jonka massan raekoko on 0–4 mm. Hierto tai kaa-vaus on tehtävä välittömästi ruiskutuksen jälkeen, varoen irrottamasta ruiskubetonikerrosta alustastaan (kuvat 31 ja 32).

Jos lopullisen pinnan värisävyn pitää olla tasainen, pintakerros (5–10 mm) ruiskutetaan lopuksi yhtäjaksoisesti (ns. pinnanajo) normaalia suuremmalla työpaineella ja kuivemmalla massalla. Pinnan hierto vähentää pinnan värivaihtelua.

6.2.3 Jälkihoito

Jälkihoito on aloitettava tarvittaessa jo ruiskutuksen aikana. Huolellisella ja riittävällä jälkihoidolla voidaan vaikuttaa oleellisesti ruiskubetonin säilyvyyteen. Hyvällä jälkihoidolla pakkasenkestävyys paranee, karbonatisoituminen hidastuu ja tartuntalujuus paranee. Koska ruiskubetonimassassa on runsaasti sementtiä ja kerrokset ovat yleensä ohuita, kuivumiskutistuminen aiheuttaa halkeamia.

Kosteajälkihoidon on kestävä vähintään 7 vuorokautta ja jälkihoitoa on jatkettava niin kauan, kun betonin lujuus on saavuttanut 60 % nimellislujuudesta.

Jos pintahalkeamia syntyy, ne on korjattava tiivistämällä. Halkeamien korjaamista peikästään pinnoittamalla on vältettävä. Rakenneelliset halkeamat on injektoitava. Korjausmenetelmä valitaan niin, että vaurion syy tulee poistettua.



Kuva 31. Pinnan leikkauksesta eli kaavausta.



Kuva 32. Pinnan hiertämistä.

7 TYÖTURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖNSUOJELU

Korjaustoissa noudatettavaa työ- ja ympäristönsuojelua sekä liikenneturvallisuutta koskevat yleiset vaatimukset on esitetty *SILKO-yleisohjeessa 1.201 /1/* ja *SILKO-yleisohjeissa 1.111 /11/* ja *1.112 /12/* sekä *valtioneuvoston päätöksissä ja asetuksissa /13/*.

Ruiskubetonointi ei työnä ole poikkeuksellinen työsuojelun kannalta. Pahimmat haittatekijät ovat kostea pöly ja hukkaroiske, jossa saattaa olla isoja kiviä. Suihkupuhdistajan suojavarustus on hiekkapuhaltajan kypärä ja kuulonsuojaimet. Ruiskuttajan henkilökohtainen suojain on kypärään kiinnitettävä, kasvoja suojaava suojalippa ja hengityksensuojain (kuva 33).



Kuva 33. Ruiskuttajan suojavarustus.

Koska henkilökohtaiset suojaimet yleensä haittaavat työskentelyä, antamatta täydellistä suojaa, työskentelyoloihin on kiinnitettävä ensisijaisesti huomiota. Umpinainen työskentelytila on ongelmallinen ja tuuletus on järjestettävä imun tai paineen avulla.

Ruiskuttajan on voitava liikkua mahdollisimman vaivattomasti ja turvallisesti ruiskutustyön aikana, joten telineet on suunniteltava ja rakennettava huolellisesti niistä annettujen ohjeiden /11/ ja /14/ mukaan. Kiinteitä telineitä käytettäessä tarvitaan päällysrakenteen alapintaa ruiskutettaessa usein laajoja telinerakenteita, koska telineiden osien siirtely työn edistymisen mukaan ei ole suositeltavaa.

Henkilöiden nostaminen on sallittu vain henkilönostimella (Katso *Vnp/42/§32*).

Valaistuksen pitää vastata päivänvaloa. Tarvittaessa käytetään yleisvalaistuksen lisäksi kohdevalaisimia.

Jos ruiskuttaja joutuu työskentelemään hankalassa asennossa, ruiskutus on jaksotettava muun työn kanssa.

Ympäristönsuojelua koskevat ohjeet on annettu *SILKO-yleisohjeissa 1.201 /1/* ja *1.112 /12/*. Ympäristönsuojelutoimien harkittavatapauskohtaisesti. Haittoja saattaa aiheutua pölystä ja melusta. Sementtiliimaa ei saa joutua haitallisesti vesistöön. Rakennusjätteitä ei saa jäädä siltapaikalle, vaan ne on kerättävä ja kuljetettava kierrätykseen, kaatopaikalle tai ongelmajätelaitokselle.

8 LAADUNVARMISTUS

8.1 Laadunvarmistuksen tavoitteet ja sisältö

Laadunvarmistuksen tavoitteet siltojen korjaustöissä on esitetty SILKO- yleisohjeessa 1.201 /1/.

Laadunvarmistuksen tarkoitus siltojen ruiskubetonikorjauksissa on korjauksen vaatimustenmukaisuuden osoittaminen. Ruiskubetonikorjauksissa laadunvarmistuksen keskeisiä tavoitteita ovat

- ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin vanhaan rakenteeseen ja käyttötarkoitukseen sopivan betonin valmistaminen
- riittävän hyvän tartunnan aikaansaaminen betonialustan ja ruiskubetonin välille
- värisävyltään mahdollisimman tasalaatuinen pinta.

Laadunvarmistuksen tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti suunnittelun, ennakkokokeiden, työnopastuksen ja materiaalien ja työn valvonnan avulla. Ruiskubetonityön vaatimustenmukaisuus osoitetaan urakoitsijan laadunvalvonnan tulosten perusteella. Merkittävimmät laadunvarmistustoimet sisältävät osa-aineiden ja ruiskubetonin ominaisuuksien valvonnan, työnaikaiset mittaukset ja kokeet sekä ruiskutustyön valvonnan.

Urakoitsijan laadunvalvonnan tulokset taltioidaan laaturaporttiin.

8.2 Työnjohdon ja ruiskuttajan pätevyys

Korjaustyön betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset on asetettu SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ kohdassa 1.6.

Ruiskuttajalla on oltava vähintään kahden vuoden kokemus ulkobetonirakenteiden ruiskubetonointitöistä.

8.3 Korjaustyön valmistelu ja ennakkokokeet

Sillan korjaustyön valmistelua on käsitelty SILKO-yleisohjeessa 1.201 /1/.

Betonin ennakkokokeet sisältävät ainakin seuraavien ominaisuuksien todentamisen:

- puristuslujuus
- tartuntalujuus alustaan
- pakkasenkestävyys
- kutistuma
- märkäseosmenetelmällä lisäksi notkeus sekä notkisteen ja nesteytteen vaikutusaika.

Projektikohtaisesti myös muiden ominaisuuksien ennakkokokeita voidaan edellyttää. Ennakkokokeita vastaavat tiedot voidaan hankkia aikaisemmin tehdyistä huolellisesti dokumentoiduista hankkeista, jotka on tehty vastaavissa oloissa ja vastaavalla betonin koostumuksella. Ennakkokokeissa käytettävät testausmenetelmät ja ominaisuuksien hyväksyttävyyssuhteet on esitetty kohdassa 5. Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymistä tuotteista ei ennakkokokeita tarvitse tehdä.

Kohdekohtaisesti voidaan edellyttää koeruiskutusta. Koeruiskutusta koskevat vaatimukset on esitetty SILKO-ohjeessa 2.234 /2/.

8.4 Työnaikaiset kokeet ja valvonta

Ruiskubetonityön vaatimustenmukaisuus todetaan työaikaisilla kokeilla ja valvonnalla. Urakoitsijan suorittamiin laadunvalvontatoimiin kuuluu

- osa-aineiden valvonta
- perusseoksen valvonta (märkäseosmenetelmä)
- ruiskubetonin ominaisuuksien muun muassa puristuslujuuden, pakkasenkestävyyden, tartuntalujuuden ja kutistuman valvonta
- ruiskutustyön tarkastus.

Sillankorjaustöissä noudatettavat ruiskubetonin osa-aineiden ja ruiskubetonin ominaisuuksien laadunvalvonnan toimenpiteet ja todentavien kokeiden tekeminen on esitetty SILKO-ohjeessa 2.234 /2/. Vuoden aikana tehdyt kokeet katsotaan yhdeksi arvostelueräksi.

8.5 Vaatimustenmukaisuuden ehdot

Ruiskubetonin vaatimustenmukaisuus osoitetaan yleensä koelaatoista porattujen lieriöiden avulla. Koelaatat ruiskutetaan työmaalla puihin muotteihin (500 mm x 500 mm x 100 mm), yhtä paksuina kerroksina kuin itse rakennekin (kuvat 34 a ja b). Kerrosten ruiskutusten välisen ajan pitää olla sama kuin varsinaisessa työssä. Muutenkin laatat tehdään ja säilytetään rakennetta vastaavasti.

Puristuslujuuden vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa yksi testaustulos on koelaatasta porattujen viiden lieriön puristuslujuuskeskiarvo. Jos yhden tai kahden lieriön tulos poikkeaa keskiarvosta enemmän kuin 20 %, tuloksia ei oteta huomioon keskiarvon laskennassa edellyttäen, että keskiarvo lasketaan vähintään kolmesta lieriöstä. Näin saaduista yksittäistuloksista lasketaan keskiarvo, jonka tulee olla 4 MPa suurempi kuin nimellislujuus. Lisäksi yksittäistulos saa alittaa nimellislujuuden enintään 4 MPa.

Puristuslujuuden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa myös rakenteesta otetuilla rakennekoe-kappaleilla. Näytteet otetaan aikaisintaan 14 vrk:n ikäisestä rakenteesta. Arvosteluerää kohden näytemäärä on vähintään kolme. Yksittäistuloksista lasketaan keskiarvo, jonka tulee olla 4 MPa suurempi kuin nimellislujuus. Lisäksi yksittäistulos saa alittaa nimellislujuuden enintään 4 MPa.

Pakkasenkestävyyden vaatimustenmukaisuuden testaustuloksen perusteella lasketun P-luvun tai niiden keskiarvon tulee olla vähintään yhtä suuri kuin vaadittu P-luku.

Tartuntalujuuden vaatimustenmukaisuus saavutetaan, jos tulosten keskiarvo on vähintään yhtä suuri kuin määritelty arvo. Jos vetokokeita ei kohteen pienuuden vuoksi tehdä, tartunta tarkastetaan koputtelemalla.

Muiden ominaisuuksien testauksen vaatimustenmukaisuuden ehdot on esitetty standardissa SFS-EN 14487-1.

Mikäli laadunvalvontatoimien ja kokeiden perusteella on syytä epäillä vaatimustenmukaisuuden ehtojen täyttymistä, tilaaja voi edellyttää lisäkokeita. Jos lisäkokeiden perusteella vaatimustenmukaisuuden ehdot eivät täyty, urakoitsija laatii korjaavien toimenpiteiden osalta erillisen työ- ja laatusuunnitelman ja luovuttaa sen tilaajalle.



Kuva 34a. Koelaattojen ruiskutusta



Kuva 34b. Valmis koelaatta.

8.6 Laaturaportti

Siltojen ruiskubetonikorjaustöistä tehdään laaturaportti SILKO-yleisohjeen 1.201 /1/ kohdan 11.5 mukaisesti.

9 RINNAKKAISET OHJEET

9.1 Standardit

SFS-EN 197-1+A1

Sementti. Osa 1: Tavallisten sementtien koostumus, laatuvaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. 27 s.

SFS-EN 206-1

Betoni. Osa 1: Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus. 73 s.

SFS-EN 934-2+A1+A2

Betonin, laastin ja injektointilaastin lisäaineet. Osa 2: Betonin lisäaineet, määritelmät, vaatimukset, vaatimustenmukaisuus ja merkintä. 2006. 23 s.

SFS-EN 934-5:en

Betonin, laastin ja juotoslaastin lisäaineet - Osa 5: Ruiskubetonin lisäaineet - Määritelmät, määrittelyt ja vaatimustenmukaisuus. Admixtures for concrete, mortar and grout – Part 5: Admixtures for sprayed concrete – Definitions, specifications and conformity. 2005.

SFS-EN 934-6+A1

Betonin, laastin ja injektointilaastin lisäaineet - Osa 6: Näytteenotto, vaatimustenmukaisuuden valvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 6: Sampling, conformity control and evaluation of conformity. 2005.

SFS-EN 1504-3

Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 3: Rakenteellinen ja ei-rakenteellinen korjaus

SFS-EN 1542-6

Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Tartuntalujuuden mittaaminen vetokokeella.

SFS-EN 12390-1

Kovettuneen betonin testaus. Osa 1: Muoto, mitat ja muut koekappaleiden ja muottien vaatimukset.

SFS-EN 12390-2

Kovettuneen betonin testaus. Osa 2: Koekappaleiden valmistus ja säilytys lujuustestejä varten. 7 s.

SFS-EN 12390-3

Kovettuneen betonin testaus. Osa 3: Koekappaleiden puristuslujuus. 16 s.

SFS-EN 12504-1

Betonin testaus rakenteista. Osa 1: Poratut koekappaleet. Näytteenotto, tutkiminen ja puristuslujuuden testaus. 7 s.

SFS-EN 12620

Betonikiviainekset. 49 s.

SFS-EN 13295:en

Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Karbonatisoitumiskestävyyden määrittäminen.

SFS-EN 14487-1

Ruiskubetoni. Osa 1: Määritelmät, vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. Sprayed concrete. Part 1: Definitions, specifications and conformity. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2006. 33 s.

SFS-EN 14487-2

Ruiskubetoni. Osa 2: Toteuttaminen. Sprayed concrete. Part 2: Execution. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2007. 17 s.

SFS-EN 14488-1:en

Ruiskubetonin testaus. Osa 1: Tuoreen ja kovettuneen betonin näytteenotto. Testing sprayed concrete. Sampling fresh and hardened concrete. 2005. 8 s.

SFS-EN 14488-2:en

Testing sprayed concrete. Part 2: Compressive strength of young sprayed concrete. 2006. 11 s.

SFS-EN 14488-3:en

Testing sprayed concrete. Part 3: Flexural strengths (first peak, ultimate and residual) of fibre reinforced beam specimens. 2006. 13 s.

SFS-EN 14488-4:en

Ruiskubetonin testaus. Osa 4: Tartuntalujuus porattujen lieriöiden suoralla vetokokeella. Testing sprayed concrete. Part 4: Bond strength of cores by direct tension. 2005. 8 s.

SFS-EN 14488-5:en

Testing sprayed concrete. Part 5: Determination of energy absorption capacity of fibre reinforced slab specimens. 2007. 9 s.

SFS-EN 14488-6:en

Testing sprayed concrete. Part 6: Thickness of concrete on a substrate. 2007. 8 s.

SFS-EN 14488-7:en

Testing sprayed concrete. Part 7: Fibre content of fibre reinforced concrete. 2007. 7 s.

SFS-EN 14889-1:en

Betoniin käytettävät kuidut. Osa 1: Teräskuidut. Määritelmät, vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. Fibres for concrete. Part 1: Steel fibres. Definitions, specifications and conformity. 2006. 27 s.

SFS-EN 14889-2:en

Betoniin käytettävät kuidut. Osa 2: Polymeerikuidut. Määritelmät, vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. Fibres for concrete. Part 2: Polymer fibres. Definitions, specifications and conformity. 2006. 28 s.

prEN 104-816-4

Products and systems for the protection and repair of concrete structures; Test method; determination of shrinkage and expansion; ANNEX B, Partially restrained movement i.e. Nail plate method.

SS 137244

Swedish standard, SS 13 72 44, Edition 3 (1995), Concrete testing – Hardened concrete – Scaling at freezing.

9.2 Muut ohjeet

- /1/ Betonirakenteet. Betoni sillankorjausmateriaalina. Helsinki: Tiehallinto, Siltatekniikka 2007. 75 s. ja 1 liite. (SILKO 1.201) TIEH 2230095-SILKO 1.201.
- /2/ Betonirakenteet. Korjaus ruiskubetonoimalla. Helsinki: Tiehallinto, Siltatekniikka 2009. (SILKO 2.234) TIEH 2230095-SILKO 2.234.
- /3/ InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset vaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. RT 14-10920. Rakennustieto Oy. Helsinki 2008.
- /4/ Ruiskubetoniohjeet 1993, by 29. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 1993. 27 s. ISBN 951-9365-60-5.
- /5/ Kuivaruiskubetonointi ulkobetonirakenteiden korjaamisessa. Helsinki: Teknillinen Korkeakoulu 1993. Talonrakennustekniikan laboratorion julkaisu 36. 38 s. ISBN 951-22-1454-7.
- /6/ Betoninormit 2004. by 50. Jyväskylä: Suomen betoniyhdistys r.y. 240 s. ISBN 952-5075-60-5.
- /7/ Betonipinnan purkamisohje www.tiehallinto.fi/sillat.

- /8/ Raudotteiden korroosioasteen määrittäminen. Helsinki: Tiehallinto 2003. Tiehallinnon selvitys 48/2003.
- /9/ Siltabetonien P-lukumenettely. Helsinki: Tiehallinto 2008. TIEH 2200054-v-08, www.tiehallinto.fi/sillat.
- /10/ Ruiskubetonointimenetelmien vertailu. Petri Painilainen. Konsultaatio 2008.
- /11/ Yleisohjeet. Työturvallisuus Helsinki: Tiehallinto 2000. (SILKO 1.111) TIEL2230095-1.111.
- /12/ Yleisohjeet. Ympäristönsuojelu Helsinki: Tiehallinto 1999. (SILKO 1.112) TIEL2230095-1.112.
- /13/ Valtioneuvoston päätös (629/94) rakennustöiden turvallisuudesta ja muutokset asetuksissa VnA 426/04 ja VnA 702/06.
- /14/ RIL 147-2006, Tukitelineet ja muotit. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 2006. ISBN 951-758-467-9.
- /15/ Sillantarkastusohje. Helsinki: Tiehallinto 1999. 102 s. ISBN 951-726-513-1. TIEL 2232219-99. (TIEH 2000008-04)

TERMIT, MÄÄRITELMÄT JA KÄSITTEET

LIITE 1

esikastelu

betonipinnan kosteustilan saattaminen betonoinnille sopivaksi

Pinnan pitää olla betonoinnin alkaessa kostea muttei märkä (kiiltävä).

esikostutus

kuivaseoksen kostutus ruuvisekoittimessa tai muussa betoninsekoittimessa

ennen betoniruiskuun siirtämistä

Sopiva kosteus on 3–5 %.

esikäsittely

betonipinnan esikäsittelyllä tarkoitetaan pinnan työstämistä siten, että pinnan tartuntaominaisuudet vastaavat asetettuja vaatimuksia

Betonipinnan esikäsittelymenetelmiä ovat hionta, puhdistus ja puhdistusjyrsintä. Puhdistusmenetelmiä ovat suihkupuhdistus, liekkiharjaus, suurpainepeesu ja imurointi. Suihkupuhdistusmenetelmiä ovat hiekkapuhallus, vesi-hiekkapuhallus ja sinkopuhdistus.

hierto

betonipinnan tasoittamista puu- tai teräslastalla

hukkaroiske

se osa materiaalista, joka on ruiskutettu suuttimen läpi, mutta joka ei tartu ruiskutettavaan pintaan

jäännöslujuus

kuormitus-taipumakäyrästä määritetty kuormitusta vastaava kuitubetonin laskennallinen jännitys

Määritetään standardien SFS-EN 12390-3 ja SFS-EN 14488-3 mukaan.

koeruiskutus

ennen ruiskutustöiden aloittamista urakoitsijan valitsemalla henkilökunnalla, materiaaleilla, laitteilla ja ruiskutusmenetelmällä suoritettu testi tai suoritettut testit, joilla varmistetaan, että määritellyt vaatimukset saavutetaan

kuituvahvisteinen ruiskubetoni

ruiskubetoni, joka sisältää vahvistavia kuitua tiettyjen betonin ominaisuuksien vahvistamiseksi

kuivaruiskubetoni

kuivaseosmenetelmällä tehty ruiskubetoni

kuivaseosmenetelmä; mieluummin kuin: kuiva-prosessi

menetelmä, jossa ruiskutetaan kuivaseosta (tarvitava määrä vettä lisätään suuttimessa)

kuivaseos; tehtaalla sekoitettu kuivaseos

kuivaseosmenetelmää varten perusseos, jonka kosteuspitoisuus on pieni, korkeintaan 0,5 paino-%

työmaalla sekoitettu kuivaseos

kuivaseosmenetelmää varten perusseos, jonka kiviaineksen suurin kosteuspitoisuus on korkeintaan 6 paino-%

käyttöaika; mieluummin kuin: avoin aika

perusseoksen sekoituksen ja viimeisen mahdollisen ruiskuttamisen välinen aika. Se riippuu sementin tyypistä ja määrästä, kuivaseoksen kosteuspitoisuudesta ja lämpötilasta

leikkaus, kaavaus

rakenteen muotoilu ja epätasaisuuksien poistamista sitoutumattomasta ruiskubetonipinnasta joko teräslangalla tai puu- tai teräslastalla leikaten

märkäruiskubetoni

betoni, joka on tehty perusseoksesta ja joka suunnataan paineilmalla suuttimesta kohteeseen, jolloin ruiskubetonin oma liikemäärä saa aikaan tiiviin homogeenisen massan

märkäseosmenetelmä; mieluummin kuin: märkä-prosessi

ruiskubetonointimenetelmä, jonka betonimassan vesi-sementtisuhde on määritetty

märkäseos

perusseos, jota käytetään märkäseosmenetelmässä

pinnanajo

pinnan tasaisuuden ja yhtenäisen värisävyn saavuttamiseksi tehtävä ruiskutus

Pinnanajo tehdään ohuempana 5–10 mm:n kerroksena, käyttäen normaalia suurempaa työpainetta ja kuivempaa massaa.

perusseos

sementin, kiviaineksen ja minkä tahansa betonin osa-aineiden seos, joka syötetään ruiskuun

Perusseos voi olla kuiva tai märkä. Perusseos saattaa sisältää seosaineita, lisäaineita, kuituja ja vettä.

ruiskubetonimassa

kuivaseoksen ja veden kovettumaton seos

ruiskutussumu

ilmassa leijuva pöly, joka syntyy betonia tai laastia ruiskutettaessa

Saattaa aiheuttaa korjausalustalle ei-toivotun pinnan.

suutin; ruiskutussuutin

ruiskutuslaitteiston osa, jonka läpi seos ruiskutetaan

Laitekohtainen sekoitusyksikkö, jossa vesi, paineilm ja/tai lisäaineet ruiskutetaan perusseoksen virtaukseen.

tarkastusluokka

ominaisuuksien testaamisen taajuus, joka on valittu rakenteen riskitason ja suunnitellun käyttöiän mukaan

tuore ruiskubetoni

betoni ennen sitoutumista

täyttöruiskutus

onkaloiden tai tyhjätilojen täyttämistä ruiskubetonimassalla siten, että rakenne toimii suunnitellulla tavalla

vertailuruiskubetoni

ruiskubetoni, joka ei sisällä ruiskutusvaiheen lisäaineita

Korvattu 1.4.2024 Väyläviraston ohjeella 48/2023.

Korvattu 1.4.2024 Väyläviraston ohjeella 48/2023.

Korvattu 1.4.2024 Väyläviraston ohjeella 48/2023.