



Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus

Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus

Toteuttamisvaiheen ohjaus

Tiehallinto

Helsinki 2009

Kansikuva Kyösti Laukkanen: Vedeneristyksen tartuntalujuusmittaus

ISBN 978-952-221-202-3
TIEH 2200059-09

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)

ISBN 978-952-221-203-0
TIEH 2200059-v-09

Edita Prima Oy
Helsinki 2009

Julkaisua myy/saatavana
Edita (asiakaspalvelu.prima@edita.fi)
Faksi 020 450 2470
Puhelin 020 450 011



TIEHALLINTO
Keskushallinto
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 0204 22 11

Vastaanottaja
Tiepiirit

Säädösperusta
Maantielaki 109 §

Korvaa/muuttaa

Kohdistuvuus
Tiepiirit

Voimassa
15.7.2009 - toistaiseksi

Asiasanat
Sillanrakennus, sillankorjaus, vesieristys, laatu, mittaus, mittausmenetelmä

Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09

Tämä ohje on laadittu käytettäväksi siltatyömailla tehtävien vedeneristystöiden laadunmittauksissa. Ohjeessa mainitut laadunvalvontamittausmenetelmät soveltuvat urakoitsijan oman työn laadunohjaukseen ja valmiin eristyksen vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen.

Ohjeessa kuvataan vedeneristystöiden laadunmittausten oikeat suoritustavat sekä kerrotaan perustelut miksi mittauksia tehdään ja miten mittaustuloksia pitäisi tulkita.

Yksikön päällikkö
Tekniset palvelut


Matti Piispanen

Kehittämispäällikkö
Siltatekniikka rakentaminen


Jouko Lämsä

ESIPUHE

Ohjeessa esitetään Tiehallinnon sillanrakennustyömailla vedeneristystöissä noudatettavat menettelytavat ja mittausmenetelmät sekä tulosten tulkinnan perusteet, vedeneristystöiden laadunmittausten oikea suoritustapa, miksi näitä mittauksia tehdään ja miten niiden tuloksia tulisi tulkita. Näillä menetelmillä tutkitaan eristyksen alustan kosteus, betonipinnan karkeus (sileys), eristyksen tartunta-alustaan, epoksin vesitiiviys sekä nestemäisenä levitettävän eristyksen paksuus.

Nämä mittausmenetelmät soveltuvat oman työn laadunohjaukseen tai valmiin eristyksen vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen.

Tiehallinnon ohjeet edellyttävät, että eristysolosuhteiden ja valmiin vedeneristuksen laadun osoitetaan mittauksen avulla täyttävän niille asetetut vaatimukset. Eristysurakoitsijoilla tulee olla siltaeristysten asennustyömailla käytössä Tiehallinnon hyväksymä laadunvarmistusmenettely. Vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen tähtäävissä mittauksissa edellytetään erityisesti, että mittausten suorittaja on hyvin perehtynyt käytettäviin mittausmenetelmiin ja mittausten suorittamiseen.

Laatusuunnitelmassa on esitettävä myös eristysurakoitsijan omassa työssä käyttämät mittalaitteet. InfraRYL 2006, osa 3 mainitsee tällaisiksi laitteiksi esim. seuraavat: pintalämpömittari, ilman kosteusmittari, betonin kosteusmittari, kastepistekiekkko tai kastepistetaulukko, eristysalustan pinnan karkeuden mittausvälineet ja oikolauta [1].

Eristystyön laadusta vastaavien tulisi ohjata tai valvoa eristystyötä työmaolosuhteissa tehtävien laatumittausten avulla. Työmaalla tulisi mitata mm. eristysalustan tasaisuus ja karkeus, betonin kosteus, pintalämpötila, kastepistelämpötila, eristyksen ja eristysalustan välinen tartuntavetolujuus sekä eräiden eristyskerrosten osalta myös vesitiiviys ja paksuus. Mittaukset tulee tehdä ja raportoida menetelmäkuvausta noudattaen.

Menetelmäohjeen on laatinut DI Kyösti Laukkanen VTT:sta käyttäen lähtömaterialina mm. Vedeneristystöiden laadunmittauskursseilla aiemmin käytettyä koulutusaineistoa [2].

Helsingissä kesäkuussa 2009

Tiehallinto
Siltatekniikka

Sisältö

1	JOHDANTO	9
1.1	Käsitteiden määrittely	9
1.2	Vaatimusten asettaminen	9
2	LAADUNMITTAUSTEN SISÄLTÖ	9
2.1	Eristysalustan tasaisuus	9
2.2	Eristysalustan makrokarkeus	11
2.2.1	Yleistä	11
2.3	Eristysalustan kosteus	12
2.3.1	Yleistä	12
2.3.2	Eristysalustan kosteusvaatimukset	12
2.3.3	Eristystyön aikaiset sääolosuhteet	12
2.3.4	Kannen kosteuden mittausmenetelmät	13
2.3.5	Mittauskohdat	13
2.3.6	Kosteudenmittauslaitteet	13
2.4	Eristyksen ja eristysalustan välinen tartuntalujuus	14
2.4.1	Yleistä	14
2.4.2	Tartuntalujuusmittausten suoritus	14
2.4.3	Tartuntalujuusmittausten johtopäätökset	17
2.5	Epoksiivistyksen vesitiiveyden mittaus	18
2.5.1	Yleistä	18
2.5.2	Vesitiiveyden mittaus	18
2.6	Nestemäisenä levitettävän eristyksen paksuus, huokoisuus ja eheys	19
3	KIRJALLISUUSVIITTEET	19
4	LIITTEET	20

Kuvaluettelo

Kuva 1. Oikolauta (ei mittakaavassa) L = 1500 ±10 mm, W = 25 ±5 mm.....	10
Kuva 2. Mittakiilan periaatekuva (ei mittakaavassa) L = 300 ±3 mm, W = 25 ±1 mm (kuva PANK 5102).....	10
Kuva 3. Eristysalustan pinnan karheuden mittausvälinesarja (Lasihelmet, mitta-astia, levitystyökalu, metrimitta, tuulensuojus).	11
Kuva 4. Tartuntavetolaite Easy-M, akku, vetolaippoja ja eristyksen reunojen leikkausohjaimia.	16

Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Kylläisen suolaliuoksen yläpuolella olevan ilman suhteellisen kosteuden riippuvuus lämpötilasta kalibrointilaitteessa (GREENSPANIN KALIBROINTITÄULUKKO).	1
---	---

1 JOHDANTO

1.1 Käsitteiden määrittely

Tässä ohjeessa käytetään seuraavia määritelmiä:

Eristysalustalla tarkoitetaan siltakannen eristettävää yläpintaa, reunapalkin eristettävää pintaa ja muita eristettäviä pintoja.

Betonin suhteellinen kosteus ilmoittaa betonin huokosissa olevan ilman kosteuden eli kosteuden, joka rakenteen käyttöolosuhteissa voi liikkua. Suhteellinen kosteus ilmaistaan prosentteina suhteellista kosteutta, % RH (RH = relative humidity).

Betonin absoluuttinen kosteus tarkoittaa betoninäytteen sisältämää, haihtuvaa kosteutta, mikä poistuu näytteestä, kun se kuivataan vakiopainoon 105 °C lämpötilassa.

Kastepiste (kastepistelämpötila) on se lämpötila, jossa vesihöyryä sisältävän kaasun suhteellinen kosteus on 100 %.

1.2 Vaatimusten asettaminen

Yleiset vaatimukset vedeneristysten lopputuotteelle tai työn tekemiselle on esitetty Infrarakentamisen yleisissä laatuvaatimuksissa (InfraRYL 2006, osa 3, Siljat ja rakennustekniset osat) [1]. Tiehallinnon silloilla saa käyttää vain Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymiä vedeneristysmateriaaleja ja -rakenteita, jotka on esitetty SILKO-ohjeissa [3]. Siltojen vedeneristysten SILKO-hyväksyntävaatimukset on esitetty hyväksyntätutkimusohjeessa [4].

Urakka-asiakirjoissa voidaan asettaa vedeneristystyölle myös työkohtaisia vaatimuksia.

Vedeneristysten vaatimustenmukaisuuden todentamiseksi tehdään tässä ohjeessa esitetyt laadunmittauksia urakka-asiakirjoissa esitettyssä laajuudessa.

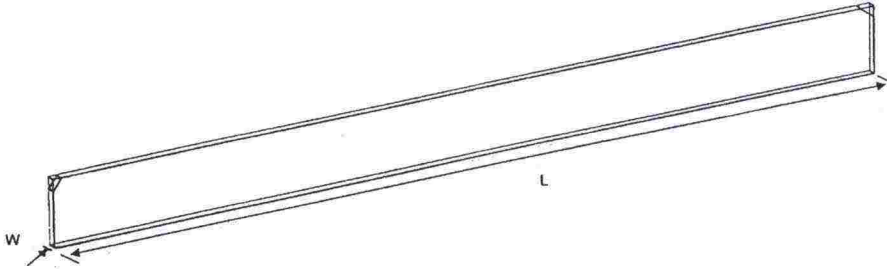
2 LAADUNMITTAUSTEN SISÄLTÖ

2.1 Eristysalustan tasaisuus

Eristysalustan tasaisuus mitataan oikolaudalla. Oikolaudan pituus on 1,5 m, muutoin noudatetaan soveltuvin osin menetelmää SFS-EN 13036-7. Menetelmässä mitattavan pinnan yksittäinen pituus- tai poikkisuuntainen epätasaisuus mitattavan pinnan ja oikolaudan mittausrungan väliin jäävä etäisyys mitataan kalibroidulla kiilalla. Tasaisuus voidaan mitata myös soveltaen menetelmää PANK-5102 siten, että käytetään 1,5 m pituista oikolautaa [4].

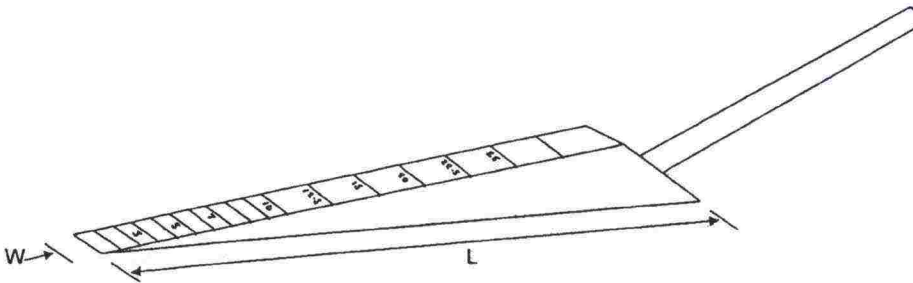
Vedeneristysalustan laadunmittauksissa käytettävän oikolaudan pituus on 1500 ± 5 mm ja sen tulee olla rakenteeltaan jäykkä. Päistään tuetun oikolaudan mit-

tausreuna ei saa erota missään kohdassa suorasta enempää kuin ± 1 mm. Oikolaudan vaakasuora leveys on 25 ± 5 mm (kuva 1). Oikolaudan mittausréunan tulee olla selvästi merkitty.



Kuva 1. Oikolauta (ei mittakaavassa) $L = 1500 \pm 10$ mm.

Kiila. Kiila on 300 ± 3 mm pitkä ja 25 ± 1 mm leveä (metallista valmistettu, mitat ohjeellisia). Kiilan kaltevalle tasolle merkitään korkeusasteikko 1 mm välein, tarkkuus tulee olla 0,1 mm (Kuva 2).



Kuva 2. Mittakiilan periaatekuva (ei mittakaavassa)
pituus = 300 ± 3 mm, leveys = 25 ± 1 mm (kuva PANK 5102).

Muita menetelmiä pinnan ja oikolaudan mittausréunan välisen eron mittaamiseen voidaan käyttää, mikäli mittalaitteet kykenevät yhdistämään pinnan pienet epäjatkavuudet ja jos voidaan todistaa, että niillä saavutetaan vaadittu tarkkuus.

Oikolauta ja siihen liittyvät kiilat tulee merkitä selkeästi tunnistenumeraalla. Oikolauta ja mittakiila tulee kalibroida vuosittain ja niillä tulee olla päivitetty todistus standardissa EN 13036-7 esitettyllä tavalla.

Eristysalustan tasaisuusvaatimukset on esitetty InfraRYL 2006:ssa.

2.2 Eristysalustan makrokarkeus

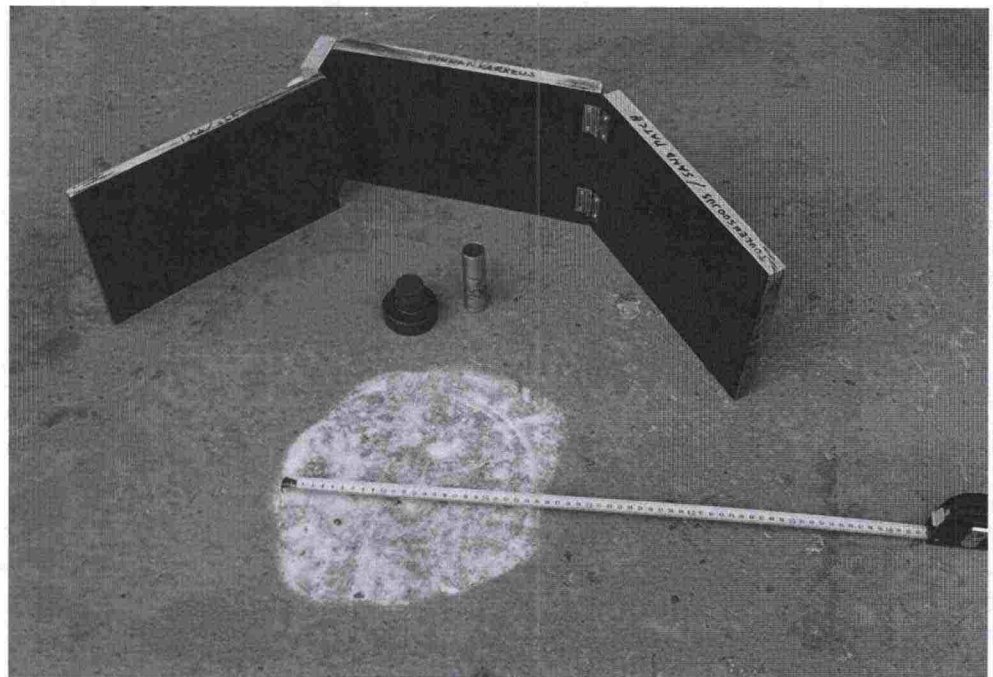
2.2.1 Yleistä

Eristysalustan betonin pinnan karkeudella (karheudella tai sileydellä) tarkoitetaan sen pienimuotoista epätasaisuutta. Karheus mitataan betonipinnalle levitettyjen lasihelmien avulla.

Lasihelmet levitetään ympyrän muotoiselle alueelle, jonka halkaisija mitataan. Kun jaetaan levitetyn materiaalin määrä (tilavuus) peittyneen alueen pinta-alalla, saadaan lukuarvo, joka edustaa lasihelmikerroksen keskimääräistä paksuutta ja samalla pintakarkeuden keskimääräistä syvyyttä. Pinnan karkeuden mittauksen menetelmäkuvaus PANK-5103 on liitteenä. Se vastaa sisällöltään voimassa oleva eurooppalaista standardia SFS-EN 13036-1.

Makrokarkeuden mittausvälineet on esitetty kuvassa 3 ja kokeen suoritus tapa menetelmäkuvauksessa PANK-5103, liite 1.

Menetelmäkuvauksen mukaisia mittausvälineitä ja kokeen suorituksessa tarvittavaa lasihelmilajitetta voi olla vaikea saada ostetuksi valmiina. Hankinnan avuksi on liitteessä 8 lisätietoa mittausvälineistä ja lasihelmistä.



Kuva 3. Eristysalustan pinnan karkeuden mittausvälinesarja (Lasihelmet, mita-astia, levitystyökalu, metrimitta, tuulensuojus).

Siltojen betonikansilla on näin määritettyä pinnan karkeutta käytetty arvioitaessa betonipinnan ja eristyksen välisiä tartuntaominaisuuksia, betonin tasoite-tarvetta, tiivistysepoxsimenekkiä tai pohjustusaine- tai liimausbitumimenekkiä. Liian karkea pinta lisää vedeneristyksen kuplimisriskiä ja liian sileä pinta heikentää tartuntaa.

Betonisen eristysalustan pinnan karkeuden syvyyden (makrokarkeuden) ennen eristämistä tulee olla välillä 0,3 - 1,2 mm (InfraRYL 2006). Vaatimusrajaa (1,2 mm) karkeampi betonikannen pinta korjataan hyväksytyllä tasoitteella ennen eristämistä. Liian sileä eristysalusta karhennetaan sinko- tai hiekkapuhalluksella. Mittausmäärät on esitetty InfraRYL 2006:n osassa 3 [1].

2.3 Eristysalustan kosteus

2.3.1 Yleistä

Useimmat vedeneristysmateriaalit eivät tartu kunnolla märkään eristysalustaan. Jos uusi eristys ei tartu lujasti alustaansa, se voi irrota myöhemmin siitä kokonaan. Eristyksen irtoaminen lisää sen vuotoriskejä ja mahdollistaa vuotokohdasta eristyksen läpi päässeen suolaveden leviämisen laajalle alueelle siltakannella.

Eristysalustan kosteusvaatimukset ovat välillisiä vaatimuksia, jotka vaikuttavat käyttöikään (vaurioitumisriskiin). Luotettavaa tietoa eristysalustan kosteudesta tarvitsevat sekä eristysurakoitsija että tilaaja. Urakoitsijalla on tarve varmistaa oman työnsuorituksen laatu ja tilaajalla on tarve pyrkiä rakenteen pitkään käyttöikään.

2.3.2 Eristysalustan kosteusvaatimukset

InfraRYL 2006 osan 3 mukaan eristettävän pinnan tulee olla puhdas ja kuiva ennen eristämistä. Kannen betonin kosteus ei saa ylittää InfraRYL:ssä esitettyjä enimmäisarvoja eristystöitä aloitettaessa tai eristystöiden aikana, ellei Tiehallinto ole erikseen hyväksynyt tuotekohtaisesti eristysalustan korkeampaa enimmäiskosteutta.

Tiehallinto voi hyväksyä SILKO-testitulosten perusteella tiivistysepoxin tai nestemäisenä levitettävän eristyksen asennettavaksi myös kosteammalle alustalle.

2.3.3 Eristystöiden aikaiset sääolosuhteet

Vedeneristystöiden aikana tulee sääolosuhteita seurata mittauksin. Mittaustulokset tulee merkitä mittauspöytäkirjaan ja liittää työmaan laatudokumentteihin.

Eristystöiden aikana:

- ilman suhteellinen kosteus saa olla enintään 85 % RH,
- eristysalustan pintalämpötilan tulee olla vähintään 3 °C ilman kastepistemälämpötilan yläpuolella,
- eristysalustan pintalämpötilan tulee olla sekä kermi- että polyuretaanieristystöiden aikana aina vähintään +5 °C ja mastiksieristystöiden aikana vähintään +2 °C.

Ennen vedeneristystöiden aloittamista pidetään Tiehallinnon siltatyömailla eristysalustan vastaanottotarkastus, jossa Tiehallinnon, pääurakoitsijan ja eristysurakoitsijan edustajat yhdessä toteavat eristysalustan täyttävän sille asetetut laatuvaatimukset.

2.3.4 Kannen kosteuden mittausmenetelmät

Uuden betonikannen eristysalustan pintakerroksen kosteus mitataan absoluuttisena kosteutena kuivatus-punnitusmenetelmällä (VTT-2650) tai suhteellisenä kosteutena porareikämenetelmällä (VTT-2649), kun kannen pinta-ala on ≥ 100 m² tai rakennepaksuus ≥ 400 mm. Kannen betonin suurin sallittu kosteus eristystöitä aloitettaessa on esitetty InfraRYL 2006:ssa.

Betonin suhteellisen kosteuden mittaustulos ja ainetta rikkomattomalla menetelmällä saatu absoluuttisen kosteuden mittaustulos (esim. Tramex-laite) varmistetaan aina vähintään yhdellä betonin pinnasta irrotetun näytteen absoluuttisen kosteuden kuivatus-punnitus mittauksella.

Kun kannen pinta-ala on alle 100 m² ja rakennepaksuus on alle 400 mm, kannen pinnan kosteutta ei yleensä todeta mittauksin, vaan betonin annetaan kuivua jälkihoidon päättymisen jälkeen vähintään 3 viikkoa ennen eristystöiden aloittamista.

Pintarakenteiden korjauksissa, joissa vanhaa eristysalustan betonia joudutaan poistamaan vesipiikkaamalla tai jyrsimällä ja tekemään muotoiluvalu, eristysalustan kosteus määritetään aina mittaamalla kannen pinta-alasta tai paksuudesta riippumatta edellä mainittujen menetelmien mukaisesti.

2.3.5 Mittauskohdat

Eristysalustan kosteudenmittauskohdat valitaan siten, että mittauksilla saadaan riittävä käsitys siltakannen kosteudesta. InfraRYL 2006:n mukaan eristysalustan kosteus mitataan aina vähintään kolmesta kohdasta kannella. Kannen pinta-alan ollessa yli 500 m² lisätään mittauspisteitä yksi alkavaa 500 m² kohti. Mittausten määräästä voidaan antaa tarkentavia ohjeita työkohtaisissa urakka-asiakirjoissa.

Erityisesti mittauksia tehdään kohdista, joissa betonin kosteus on todennäköisesti muita kohtia suurempi. Tällaisia ovat esim. kohdat, joihin pintavedet valuvat, kuten reunapalkin vierustat ja kourumaiset taitteet sekä kannella mahdollisesti olevat rakenteiden tai rakennustarvikkeiden varjostamat kohdat tai rakennusjätteiden kosteina pitämät kohdat yms. Siltakannen kosteimpia mittauskohtia voidaan hakea ainetta rikkomattoman pintakosteusmittarin avulla.

Ainetta rikkovaa mittausta ei tule tehdä kohdista, joissa esijännitysteräksset nousevat lähelle pintaa.

2.3.6 Kosteudenmittauslaitteet

Mittauslaitteiden tulee olla betonin kosteusmittauksiin soveltuvia ja säännöllisesti kalibroituja. Kosteudenmittauslaitteen viimeksi tehdyn kalibroinnin päivämäärä, kalibroitikosteus ja mittauslaitteen poikkeama kalibroitikosteudesta tulee merkitä tutkimusselostukseen. Mittarin kalibroitodistus tulee esittää pyydettyäessä mittaustyön tilaajalle.

Siltakansien betonin kosteusmittauksia varten tulee kosteusanturit kalibroida, virittää ja tarkastaa kaliumsulfaatilla (K₂SO₄) aikaansaadussa vertailukosteudessa (RH noin 97 %) ja vähintään yhdessä alemmassa vertailukosteudessa.

2.4 Eristyksen ja eristysalustan välinen tartuntalujuus

2.4.1 Yleistä

Vedeneristyksen tulee olla vesitiivis ja kestää vuotamatta vallitsevat ilmasto-olosuhteet, vedenpaineen ja liikenteen aiheuttamat rasitukset sekä lämpötilasta ja kutistumasta aiheutuvat rakenteiden muodonmuutokset.

Jos vedeneristys on tarttunut hyvin alustaansa, jäävät yksittäisen eristysvauriokohdan haitat alla olevalle rakenteelle paikallisiksi. Alustasta irti olevan eristyksen alla pääsee vesi leviämään mahdollisesta vuotokohdasta laajalle alueelle ja voi johtaa laaja-alaisiin betonin tai sen raudoituksen vaurioihin.

Yleensä vedeneristyksen ja sen alustan välille pyritään saamaan aikaan hyvä tartunta. Tällaisia eristysrakenteita, joissa pyritään hyvään tartuntaan, ovat esim. kauttaaltaan alustaan kiinnitetty kermi- tai nestemäisenä levitettävä eritys. Mastiksieristysten tartunnalle ei ole asetettu vaatimuksia.

Ennakkoon laboratoriossa tehdyissä eristysmateriaalien hyväksyntätesteissä tartuntaominaisuudet ovat tärkeitä materiaalien laatuominaisuuksia. Tartuntalujuuden mittausta työmaalla on tästä syystä yksinkertainen keino selvittää työmaaolosuhteissa eristystyön laatua.

Jos vedeneristys on uutena heikosti tarttunut alustaansa, irtoaa se myöhemmin käyttöolosuhteissa helpommin kuin alun perin lujasti kiinni ollut eritys.

Tartuntalujuuden mittaukset tulee tehdä välillä +5...+25 °C olevissa eristysalustan pintalämpötiloissa riippumatta siitä, tehdäänkö tartuntamittaukset vetolaitteella vai käsin. Eristysalustan pintalämpötila voidaan mitata esim. tartuntakokeen yhteydessä eristykseen tehdyn reiän kohdalta siten, että termoelementtilämpömittarin mittauslanka työnnetään heti tartuntakokeen jälkeen reiän reunaan eristyksen ja betonialustan väliin.

2.4.2 Tartuntalujuusmittausten suoritus

2.4.2.1 Silmämääräiset havainnot

Tartuntalujuuden suuruuteen vaikuttavat eristysolosuhteet ja eristystyömenetelmä. Jos osalla siltakannta eristysolosuhteet tai liimausbitumin lämpötilat eivät ole täyttäneet eristysalustalle asetettavia vaatimuksia, on tällä alueella mahdollisesti odotettavissa tartuntaongelmia. Viitteitä työn laadusta ja siten myös eristyksen tartunnasta antavat silmämääräiset havainnot eristystyön tekijän materiaalin käsittelystä, työn suorituksesta ja valmiista eristyksestä.

Täysin irti tai heikosti kiinni olevat kohdat kermi- tai polyuretaanieristyksessä voivat näkyä aurinkoisella säällä pullistuneina kohoutumina. Kermieristyksen saumojen tiiviys tarkastetaan silmämääräisesti: kermien limityskohdista tulisi näkyä hieman ulos pursunutta kumibitumia. Pinnan värierot saattavat viitata eristyksen paikallisiin laatuvaihteluihin, joita voidaan tutkia tarkemmin tartuntakokeilla.

2.4.2.2 Käsin tehtävät kokeet

Irti olevia kohtia voidaan paikallistaa koputtelemalla eristyksen pintaa esim. puu- tai metallitangolla. Täysin irti olevan kohdan erottaa koputusäänen perusteella.

Jos epäillään kermieristyksen tarttuneen heikosti alustaansa, voidaan työmaalla todeta viiltokokeella käsin repimällä, onko eristys lainkaan kiinni. Menetelmä on kuvattu InfraRYL 2006 osa 3:n kohdassa 42310 seuraavasti: Kermiin tehdään mattoveitsellä noin (30*200) mm² alueelle viillot kermin läpi alustaan. Kunkin (viilletyn) kaistan toista päätä irrotetaan siten, että siihen pystyy tarttumaan. Kaistan päästä molemmin käsin kiinni pitäen vedetään kaista irti alustasta kohtisuoraan siltakannta vastaan.

Myös viiltokokeen yhteydessä tulee mitata ja esittää tutkimusselostuksessa eristysalustan pintalämpötila. Sen tulee olla viiltokokeen aikana välillä +5...+25°C

Heikosti tarttuneen eristyksen tartuntalujuuden suuruudesta saadaan näin vain suuntaa-antava tulos. Pienillä, alle 100 m² silloilla viiltokoe on korvannut tartuntavetolaitteella tehtävän kokeen.

2.4.2.3 Vetolaitteella tehtävät kokeet

Viiltokoetta huomattavasti luotettavamman kuvan eristyksen tartunnasta antaa tartunnanmittauslaitteella tehty vetokoe. Vetolaitteen varusteineen tulee olla mittaustarkoitukseen soveltuva, riittävän tarkka ja sen käyttäjän tulee olla hyvin perehtynyt mittausmenetelmään ja ko. laitteella tehtävien mittausten tekemiseen.

Käsi­käyttöiset tartuntavetolaitteet

Vetolaitteista yksinkertaisimmat (ja halvimmat) ovat käsi­käyttöisiä ja ne soveltuvat eristystyön tekijän oman työn laadunohjaukseen. Niillä voidaan todeta tartunnan suuruusluokka. Niiden antama tulos ei kuitenkaan ole riittävän tarkka valmiin eristyksen kelpoisuus­kokeiden tekemiseen.

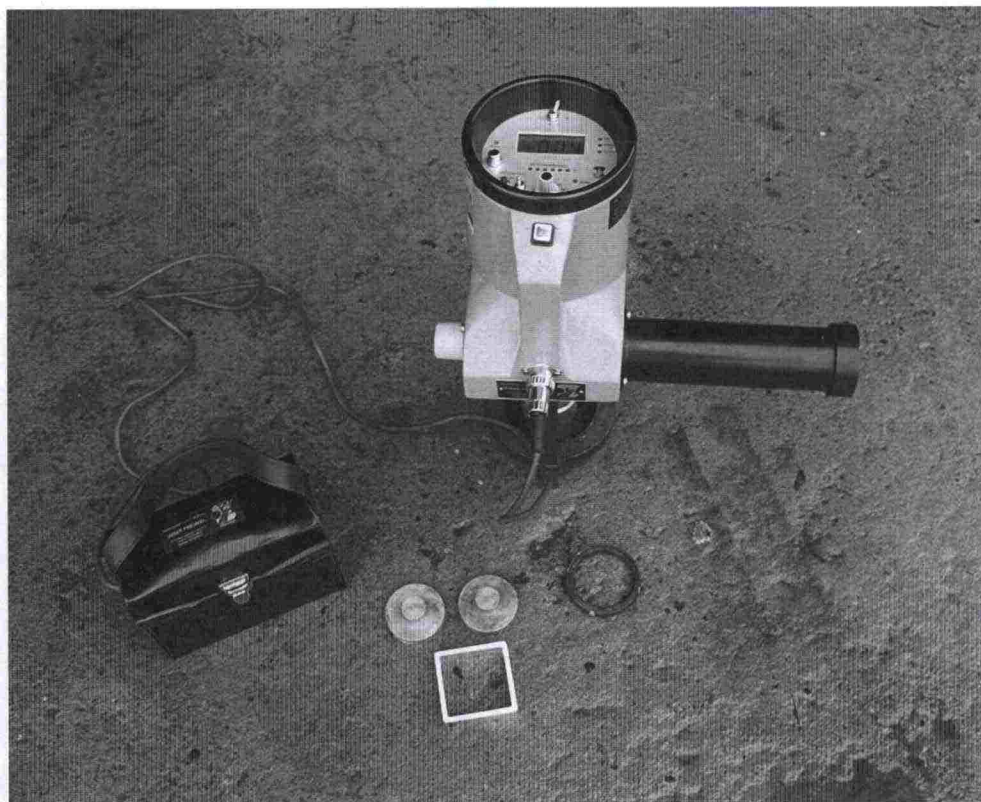
Käsi­käyttöisille laitteille on ominaista, että niissä saadaan aikaan eristystä kuormittava voima kiertämällä käsin kampea tai kuormitusruuvia. Parhaissa käsi­käyttöisissä laitteissa voidaan kuormaa nostaa nykyksittä ja pitää kuormituksen kasvunopeus vakiona. Halvimman luokan käsi­käyttöisillä laitteilla joudutaan kuormitus nostamaan portaittain käden otetta välillä vaihtaen, jolloin kuormituksen kasvunopeus ei ole hallittua. Myös käsi­käyttöisten laitteiden avulla tehtävissä mittauksissa tulee osata vetokokeen tekemiseen oleellisena osana liittyvät valmistelutyöt.

Koneelliset tartuntavetolaitteet

Vetolaite valitaan niiden olosuhteiden ja voimanmittausalueiden mukaan, joissa laitetta tullaan käyttämään. Olosuhdetekijöitä ovat ensisijaisesti pinta- ja pinnoitetyypit, joiden veto- tai tartuntavetolujuutta halutaan tutkia. On otettava huomioon myös, tarvitseeko mittauksia tehdä samalla laitteella pystypinnoilta.

Voimamittausalueen tulee kattaa sopivasti tutkittaville materiaaleille ominaiset tartuntalujuusalueet. Laitteen maksimivetokyvyn tulee ylittää tutkittavan eristyksen suurin tartuntavoima käytännön mittaolosuhteissa.

Toisaalta tarpeettoman suuren maksimivetokyvyn omaavilla laitteilla mittaus-tarkkuus heikkenee pienillä tartuntavoimilla. On huomattava, että menetelmä-kuvaukset säätelevät käytettävän vetolaikan minimikoon, jota pienempää veto-laikkaa ei saa käyttää.



Kuva 4. Tartuntavetolaite Easy-M, akku, vetolaippoja ja kermieristyksen reunojen leikkausohjaimia.

Vetokokeen aikana lisätään laitteen vetovoimaa vakionopeudella. Tämä kuormituksen lisäysnopeus vaikuttaa mittaustulokseen ja siksi sen on oltava menetelmäkuvauksen mukainen. Monipuolisimmissa laitteissa tämä nopeus on valittavissa. Voiman tulee kasvaa tasaisesti (nykäyksittä).

Ellei laitteella voida käyttää menetelmäkuvauksen mukaista kuormituksen lisäysnopeutta, se ei kelpaa eristyksen kelpoisuuskokeisiin, koska tartunnalle asetettu laatuvaatimus on sidoksissa määrättyyn nopeuteen.

Tartuntavetolaitteelta vaadittava tarkkuus riippuu mittauksen tarkoituksesta. Kelpoisuuskokeissa vaaditaan vähintään ± 2 %:n mittaustarkkuus laskettuna laitteen osoittamasta lukemasta. Parhaille laitteille valmistajat lupaavat ± 1 %:n tarkkuuden. Suurempi tarkkuus antaa luotettavamman tuloksen. Se pienentää myös tulosten hajontaa ja helpottaa siten käytännössä mittausten tekemistä, kun turhilta lisämittauksilta vältytään.

Pitemmällä aikavälillä on vetolaitteen valmistajan lupaaman mittaustarkkuuden edellytyksenä laitteen säännöllinen kalibrointi. Kalibroinnin yhteydessä laitteen osoittamia tuloksia eri voimilla verrataan erityisen tarkkuuslaitteen lukemaan. Jos laitteen lukema poikkeaa todellisesta enemmän kuin laitteen valmistajan ilmoittama tarkkuus lupaa, tulee laite säätää näyttämään oikeaa lukemaa. Jollei laitteen säätö ole mahdollista, laaditaan näiden tarkastusmittausten perusteella korjauskäyrä, jonka avulla työmaalla mitattu lukema voidaan korjata oikeaksi.

Laitetta, jota ei ole säännöllisesti tarkastettu ja kalibroitu, ei tule käyttää valmiin eristyksen vaatimustenmukaisuuden arvosteluun.

Jos laite on helppokäyttöinen, sitä osataan käyttää oikein. Helppokäyttöiselle laitteelle on ominaista vähäinen huollon tarve, toimintavarmuus, yksinkertainen käyttötekniikka ja selkeästi luettavat tulokset. Laitteella tulee olla tai sille tulee laatia suomenkielinen käyttöohje.

2.4.3 Tartuntalujuusmittausten johtopäätökset

Eristyksen ja eristysalustan välinen, olennaisesti tavanomaista heikompi tartunta on merkki siitä, että eristystyössä tai eristysmateriaaleissa on todennäköisesti jotain vialla. Huonon tartuntalujuuden toteamisen jälkeen joudutaan aina selvittämään lisäksi huonon tartunnan aiheuttaneet todennäköiset syyt ja heikosti tarttuneen alueen laajuus.

Tartuntalujuusmittausten yhteydessä on aina otettava huomioon, mistä rajapinnasta tai kerroksesta rakenne murtuu tartuntavetokokeessa. Vain silloin, kun tartunta irtoaa tutkittavasta rajapinnasta eristyksen alapintaa pitkin, on kyseessä puhdas tartuntamurtuma. Usein irtoamispinta voi olla kokonaan tai osittain betonin tai eristyksen sisällä, jolloin tuloksen on ratkaissut murtuneen aiheen sisäinen vetolujuus eikä tartunta alustaan.

Eristyksen tartuntavetolujuus saattaa alittaa vaatimuksen mm. seuraavista syistä:

- eristysalusta on ollut liian märkä tai liian kylmä eristystyön aikana
- jälkihoitoainetta ei ole poistettu hiekkapuhalluksella tai muulla riittävän tehokkaalla menetelmällä
- tartuntasivelyaine ei ollut riittävän kuiva eristystyön aikana
- materiaaliviat
- työvirhe (esim. liimausbitumin ylikuumennus tai jäähtyminen ennen levitystä).

Tartunta voi irrota kokonaan tai osittain seuraavilla tavoilla:

- eristyksen ja eristysalustan välisestä rajapinnasta
- eristyksen alla olevaa betoni murtaen
- eristyksen ja vetolaipan välisestä liimasaumasta.

Jos irtoamispinta koostuu osittain kahdesta tai useammasta eri tartunnan irtoamistavasta, ilmoitetaan kunkin irtoamistavan osuus vetonapin pinta-alasta (esim. 75 % eristyksen ja alustan rajapinnasta, 25 % betonia murtaen).

Jos tartunta irtoaa kokonaan tai osittain vetolaipan ja eristyksen välisestä liimasaumasta tai betonia murtaen ja vetokokeen tulos on alle koesarjan näytteti-

den keskiarvon, ei tätä tuosta oteta tartuntavetolujuuksien keskiarvon laskennassa.

Jos irtoaa kokonaan tai osittain liimasaumasta tai betonia murtaen irronneen näytteen tartuntavetolujuus ylittää koesarjan näytteiden keskiarvon, se otetaan huomioon keskiarvon laskennassa ja keskiarvotuloksen eteen lisätään merkki ”suurempi kuin”.

2.5 Epoksitiivistyksen vesitiiveyden mittaus

2.5.1 Yleistä

Epoksitiivistyksellä tarkoitetaan betonisen eristysalustan pinnalle kahdella käsittelykerralla levitettävää epoksikerrosta (tai muuta Tiehallinnon erikseen käyttöönsä hyväksymää tiivistysainetta), jonka tarkoitus on tiivistää betonipinta vesitiiviiksi ennen varsinaisen vedeneristyksen asentamista. Oikein tehdyn ja laatuvaatimukset täyttävän epoksitiivistyksen on todettu olevan paras keino poistaa eristyksen kuplimisongelmat. Jollei epoksitiivistys ole vedenpitävä, se ei toimi suunnitellulla tavalla kuplimisen estämiseksi. Kovettuneen tiivistysepoksin vesitiiviyys todetaan eristysvastusmittauksella.

2.5.2 Vesitiiveyden mittaus

Epoksitiivistyksen vesitiiveys voidaan tutkia joko:

- Matalajännitemenetelmällä (VTT 2654) tai
- Korkeajännitemenetelmällä (”kipinäharavamenetelmä” VTT-S-05050-09).

Molemmilla menetelmillä mitataan epoksin sähköneristyskyky. Sähköneristyskyky on heikompi kohdissa, joissa epoksikerros on ohut, huokoinen tai erityisesti, jos siinä on (neulamaisia) reikiä.

Matalajännitemenetelmällä (VTT 2654) mittaus tehdään 500 V jännitteellä. Suhteellisen alhaisen jännitteen etu on, että se on turvallisempi käyttäjälleen eikä se vaurioita pinnoitetta mittausreikiä lukuun ottamatta. Haittapuolena on mittausten pistekohtaisuus.

Mittaustuloksena saadun eristysvastuksen suuruusluokka kertoo, onko epoksi vesitiivis. Valmis, kauttaaltaan kovettunut epoksi on riittävän tiivis, jos matalajännitemenetelmässä eristysvastus on vähintään 500 M Ω . Epoksin eristysvastuksen mittaustuloksia kannattaa verrata pelkän betonin eristysvastukseen. Vertailuarvoja voidaan mitata esim. betonisesta reunapalkista. Tällöin molemmilla elektrodeilla kosketetaan betonia. Jos mittauspisteiden väli on noin 30 cm, pelkän betonin sähkövastuksen tyypilliset arvot ovat alle 60 k Ω (eli 0,06 M Ω). Tämä on alle kymmenestuhannesosa tiiviin epoksikerroksen päältä mitattua tyypillisestä arvosta.

Korkeajännitemenetelmässä haetaan mittauslaitteen jännitettä säätämällä kohdat, joissa jännite riittää läpäisemään pinnoitteen. Tämä ns. läpilyöntijännite riippuu pinnoitemateriaalista, pinnoitteen paksuudesta, huokoisuudesta ja eheydestä. Menetelmän etuna on, että sillä saadaan kattava kuva koko siltakannesta. Menetelmän riski on, että liian korkean jännitteen käyttö voi vaurioit-

taa pinnoitetta. Korkea jännite sisältää turvallisuusriskejä käyttäjälleen ja mittauksessa syntyvät kipinät voivat aiheuttaa paloturvallisuusriskejä.

Mittaustuloksena saadaan paikallistettua kohdat, joista sähkövirta kulkee pinnoitteen läpi alhaisimmalla jännitteellä. Korkeajännitemenetelmällä mitatulle epoksiivistyksen läpilyöntijännitteelle ei ole asetettu minimivaatimusta. Näiden kohtien vaatimustenmukaisuus voidaan todeta tekemällä niissä matalajännitemenetelmän mukaisia eristysvastusmittauksia.

2.6 Nestemäisenä levitettävän eristyksen paksuus, huokoisuus ja eheys

Nestemäisenä levitettävän eristyksen paksuus voidaan tutkia joko

- irrottamalla eristyksestä kolikon kokoisia näytteitä ja mittaamalla niiden paksuus työntötilalla
- Korkeajännitemenetelmällä ("kipinäharavamenetelmä" VTT-S-05050-09).

Näitä menetelmiä voidaan käyttää yhdessä siten, että ensin haetaan korkeajännitemenetelmällä nestemäisenä levitetystä eristyksestä ne kohdat, joissa läpilyöntijännite on alhaisin ja irrottamalla näytepaloja näistä kohdista alkaen. Korkeajännitemenetelmä ilmaisee pinnoitteen heikoimmat kohdat. Jos ne täyttävät paksuusvaatimuksen eikä niissä todeta huokoisuutta eristys täyttää paksuusvaatimuksen myös muissa kohdissa. Erityisen alhainen läpilyöntijännite voi johtua joko pinnoitepaksuuden alituksesta, huokoisuudesta tai reiästä.

3 KIRJALLISUUSVIITTEET

- 1 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset - Infra RYL 2006, Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. Helsinki 2008, Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy, RT 14-10920.
- 2 Laukkanen, K., Haimala, T., Vedeneristystöiden laadunmittauskurssi, Kurssimoniste, VTT, Espoo 2007.
- 3 SILKO-ohjeet, Tiehallinto, Kortistomappi tai verkkojulkaisu internet-osoitteessa: www.tiehallinto.fi/sillat.
- 4 Siltojen vedeneristysten SILKO-hyväksyntätutkimusohje. Helsinki 2007, Tiehallinnon selvityksiä 33, TIEH 3201059, 31 s.+ liitt. 17 s.
- 5 Menetelmä PANK-5102, Päälysteen tasaisuus, Oikolauta.
- 6 Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Kannen pintarakenteet - SYL 6. Helsinki 2005, Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut, TIEH 2200037-05. Verkkojulkaisun internet-osoite: www.tiehallinto.fi/sillat.

4 LIITTEET

Pinnan makrokarkeus. Lasihelmimenetelmä. PANK-5103	Liite 1
Betonisen siltakannen kosteuden mittaus. Porareikämenetelmä, VTT 2649	Liite 2
Betonin absoluuttisen kosteuden mittaus. Kuivatus-punnitusmenetelmä, VTT 2650	Liite 3
Eristyksen ja eristysalustan välisen tartuntalujuuden mittaus työmaalla. Tartuntavetokoe. VTT 2651	Liite 4
Tiivistysepoxsin vesitiiviuden mittaus. Matalajännitemenetelmä. VTT 2654	Liite 5
Tiivistysepoxsin tai nestemäisenä levitetyn eristyksen vesitiiviuden mittaus. Korkeajännitemenetelmä	Liite 6
Kenttämittauslomakkeet	Liite 7
Tarvikkeet pinnan karkeuden mittausmenetelmään	Liite 8

PANK-5103

PANK

**PÄÄLLYSTEEN PINTAOMINAISUUDET
MAKROKARKEUS,
LASIHELMIMENETELMÄ**

**PÄÄLLYSTEALAN
NEUVOTTELUKUNTA**

**Hyväksytty: 30.01.1997
Korvaa menetelmän: TIE 484**

1 MENETELMÄN TARKOITUS JA SOVELTAMISALUE

Menetelmän avulla tutkitaan asfaltti- tai betonipäällysteen pinnan tai muun niiden kaltaisen pinnan makrokarkeus. Menetelmä soveltuu monille pintatyypeille sekä tiellä että laboratoriossa tehtävissä mittauksissa.

Menetelmä ei mittaa pinnan muotoa, pintarakeiden kokoa ja jakaumaa. Menetelmää ei suositella pinnoille, joiden makrokarkeuden syvyys jää alle 0,25 mm tai ylittää 5 mm eikä huokoisille tai syväuurteisille pinnoille.

2 VIITTEET

Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric technique, SFS-EN 13036-1.

Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric patch technique, ISO 10844:1994, Annex A.

3 MÄÄRITELMÄT

Makrokarkeus on pinnan epätasaisuutta, jonka aallonpituus on välillä 0,5 - 50 mm. Lasihelmimenetelmällä mitattu makrokarkeus ilmoitetaan pinnan karkeuden keskimääräisenä syvyytenä.

4 KOEMENETELMÄ

4.1 Periaate

Menetelmä perustuu tunnetun lasihelmimäärän levittämiseen tutkittavalle pinnalle mahdollisimman laajalle, ympyrän muotoiselle alueelle. Lasihelmillä peitetyn alueen halkaisija mitataan ja levitetty lasihelmimäärä jaetaan peitetyn alueen pinta-alalla, jolloin saadaan arvo, joka edustaa lasihelmikerroksen keskimääräistä paksuutta ja samalla pintakarkeuden keskimääräistä syvyyttä.

4.2 Laitteet ja tarvikkeet

- a) Lasihelmiä. Lasihelmistä vähintään 90 massa-% läpäisee ISO 565:n mukaisen 0,25 mm verkkoseulan ja jää kaikki 0,18 mm seulalle.

- b) Mitta-astia. Mitta-astia on metallilieriö, jonka tilavuus reunoja myöten täytettynä on tasan 25 ml. Pinnan karkeuden mukaan voidaan valita muukin mitta-astiakoko, mutta olennaista on, että se täytetään ja tasataan reunoja myöten, joten vajaaksi jääviä ylisuuria astioita ei tule käyttää. (Sopiva mitta-astian pohjan sisäläpimitta on esim. 20 - 25 mm, kun tilavuus on 25 ml).
- c) Levitystyökalu. Pyöreä (D = 60...75 mm), tasapohjainen noin 25 mm paksu kiekkomainen työkalu, jonka alapinnassa on kova kumipinta ja yläpinnassa kädensija. Levitystyökalu voidaan valmistaa myös kovakumisesta jääkiekosta.
- d) Harjat. Jäykkä teräsharja ja pehmeä jouhiharja.
- e) Tuulensuojus. Tuulensuojuksella tulee voida estää lasihelmien kulkeutuminen ilmavirtausten mukaan. Se voidaan valmistaa esim. liittämällä muottivanerin paloja toisiinsa saranoilla.
- f) Metrimitta. Viivoitin, pituus vähintään 300 mm, asteikko 1 mm välein.
- g) Vaaka tarvittaessa (kapasiteetti 500 g, tarkkuus 0,1 g).

4.3 Mittauskohdat

Mittattava pinta tarkastetaan huolellisesti ja mittauskohdaksi valitaan kuiva, tasalaatuinen alue ilman yksittäisiä paikallisia eroja kuten halkeamia tai saumoja. Mittauskohdan pinta puhdistetaan huolellisesti pölystä, roskista ja irrallisista pintakiviainesrakeista ensin teräsharjalla ja sen jälkeen pehmeällä jouhiharjalla. Mittauskohdan suojaksi asetetaan tämän jälkeen tuulensuojus, jos mittauskohda on alttiina tuulelle tai liikenteen aiheuttamille ilmavirtauksille.

4.4 Kokeen suoritus

Menetelmäkuvauksen mukainen mitta-astia täytetään kuivilla lasihelmillä ja astian pohjaa napautetaan kevyesti useita kertoja (esim. 3 kertaa) kovaa alustaa vasten. Sen jälkeen lasihelmiä lisätään, kunnes astia on täynnä. Lasihelmien yläpinta tasataan lieriön yläreunan tasalle viivoittimen särmällä. Jos käytävissä on laboratoriovaaka, lieriön täyttävän lasihelmiannoksen massa voidaan punnita ja käyttää saman painoista lasihelmiannosta kaikissa mittauksissa.

Mittattu lasihelmimäärä kaadetaan puhdistetulle koealueelle kasaan ja levitetään levitystyökalulla pitäen kumipintaa alaspäin. Levitystyök-alua kuljetetaan kasvavaa ympyränmuotoista rataa pitkin siirtäen lasihelmiä tasaisesti ympyränmuotoiselle alueelle siten, että lasihelmet täyttävät täysin pinnan kiviaineksen rakeiden väliin jäävät kolot ja lasihelmikerroksen yläpinta tulee samaan korkeustasoon päällystepinnan rakeiden huippujen kanssa. Levitystyök-alua painetaan kädellä alustaa vasten vain sen verran, että levitin koskettaa pintakiviaineksen osasten huippuja ja materiaali levittyy kunnolla.

Lasihelmillä peittyneen ympyrän halkaisija mitataan tasavälein vähintään neljästä kohdasta. Tuloksista lasketaan halkaisijan keskiarvo.

4.5 Mittausten lukumäärä

Saman testaajan tulee mitata kohteen makrokarkeus vähintään neljässä satunnaisesti valitussa mittauskohdassa. Suurissa kohteissa mittausten määrää

lisätään. Yksittäisten karkeusmittaustulosten aritmeettinen keskiarvo on testatavan tienpinnan pintakarkeuden (makrokarkeuden) keskiarvo.

4.6 Tulosten esittäminen

Mittalieriön sisätilavuus lasketaan kaavan 1 mukaan:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4} \quad (1)$$

jossa V = mittalieriön sisätilavuus, [mm³]
 d = mittalieriön sisähalkaisija, [mm]
 h = mittalieriön sisäkorkeus, [mm].

Pinnan makrokarkeus lasketaan kaavan 2 mukaan:

$$\text{Makrokarkeus [mm]} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} \quad (2)$$

jossa V = lasihelmimäärä (= lieriön tilavuus), [mm³]
 D = peitetyn alueen halkaisijan keskiarvo, [mm].

Kun mittalieriön tilavuus on 25 ml, voidaan makrokarkeus laskea yksinkertaisemmin kaavalla 3:

$$\text{Makrokarkeus [mm]} = \frac{31830}{D^2} \quad (3)$$

jossa D = peitetyn alueen halkaisijan keskiarvo, [mm].

4.7 Turvallisuuskäsitteitä

Makrokarkeuden mittaus voi aiheuttaa vaaratilanteita vilkkaasti liikennöityjä tienpintoja mitattaessa. Menetelmä ei pyri käsittelemään kaikkia sen soveltamiseen liittyviä turvallisuuskysymyksiä. Menetelmän käyttäjä on vastuussa asianmukaisten turvallisuusjärjestelyjen noudattamisesta mittauksen aikana.

4.8 Menetelmän tarkkuus

Laboratio-olosuhteissa on suoritettu valvottuja testejä pinnoille, joiden makrokarkeuden syvyys on vaihdellut 0,5 mm:stä 1,2 mm:iin.

Saman testaajan samaan pintaan kohdistuvien toistuvien mittausten keskihajonta voi olla parhaimmillaan 1 % keskimääräisestä makrokarkeudesta. Eri testaajien samaan pintaan kohdistuvien toistuvien mittausten keskihajonta voi olla parhaimmillaan 2 % keskimääräisestä makrokarkeudesta.

Eri mittauskohtien välinen makrokarkeuden keskihajonta voi olla jopa 27 % koko kohteen keskimääräisestä makrokarkeudesta. Mittauskohdalla tarkoitetaan tässä tapauksessa satunnaisesti valittua kohtaa nimellisesti homogeeniseltä tieosuudelta. Karkeudeltaan hyvin vaihtelevien pintojen keskimääräisen mak-

rokarkeuden luotettavaan laskemiseen tarvitaan useita yksittäisiä mittauksia siitäkin huolimatta, että menetelmän toistettavuus on erittäin hyvä eikä se ole altis suurille kokeen suorittajasta riippuville epätarkkuuksille.

4.9 Tutkimusselostus

Tutkimusselostuksessa ilmoitetaan

- a) määrittäminen tehty tämän menetelmän mukaan
- b) mahdolliset poikkeamat menetelmäkuvausten mukaisesta koejärjestelystä
- c) testattavan pinnan sijainti ja tunnistetiedot
- d) kokeen suorituspäivämäärä
- e) kussakin kokeessa käytetty lasihelmimäärä
- f) testimittausten lukumäärä
- g) kunkin lasihelmillä peitetyn alueen keskimääräinen halkaisija
- h) kussakin kokeessa mitattu makrokarkeus, [mm].

VTT 2649 - 2008

BETONISEN SILTAKANNEN KOSTEUDEN MITTAUS. PORAREIKÄMENETELMÄ.

1 MENETELMÄN TARKOITUS

Selvitetään betonisen siltakannen kosteus valitulta syvyydeltä työmaalla tehtävin mittauksin.

2 MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Betoniset siltakannet.

3 VIITTEET

Betonin suhteellisen kosteuden mittaus, RT 14-10675.

4 MÄÄRITELMÄT

Suhteellinen kosteus RH (relative humidity) on ilmassa olevan vesihöyryn paineen suhde kyllästyspaineeseen kyseisessä lämpötilassa. Suhteellinen kosteus ilmaistaan prosentteina.

Betonin suhteellinen kosteus on betonin huokosissa olevan ilman suhteellinen kosteus.

5 MENETELMÄ

5.1 Periaate

Kosteus mitataan rakenteesta mittaamalla ilman suhteellinen kosteus tasaantumisaikan jälkeen betoniin poratusta reiästä.

5.2 Mittauslaitteet ja tarvikkeet

Mittausantureina käytetään sähköisiä ilman suhteellisen kosteuden antureita, jotka soveltuvat työmaalla suoritettaviin porareikämittauksiin. Työmaamittaus-ten nopeuttamiseksi on tarkoituksenmukaista varata mittauksiin yksi näyttölaite, mutta kaksi tai useampia antureita.

Näyttölaite ja anturi säilytetään ja kuljetetaan lämpöeristetyssä salkussa välttäen suuria lämpötilavaihteluita ja vakioidaan rakennetta ympäröivän ilman olosuhteisiin ennen mittausa. Mittausanturit ja näyttölaite varastoidaan huoneenlämpötilassa.

Mittausreikien porausta varten tarvitaan seuraavia varusteita

- tehokas porakone (esim. automaattisella pysäytyksellä varustettu)
- mahdollisesti raudoituksen ilmaisoin

- poraterä, jonka koko valitaan kosteusanturin ulkohalkaisijan mukaan siten, että reiän halkaisija on korkeintaan 2 mm suurempi kuin kosteusanturin ulkohalkaisija
- jäykkäpiikkinen, pyöreä, tiukasti porareikään sopiva puhdistusharja
- poratun reiän pohjaan ulottuvalla putkimaisella suuttimella varustettu pölynimuri tai porareian puhdistuspumppu tai vastaava
- sinitarraa
- lakaisuharja
- spraymaalia
- kuulosuojaimet
- metrimitta (≥ 5 m)
- sähkövirtaa (verkkovirta tai aggregaatti).

5.3 Kosteusantureiden tarkastus ja kalibrointi

Ennen varsinaisia kosteusmittauksia tehtävässä kosteusantureiden kalibroinnissa käytetään erityistä kalibrointiasiaa, jossa ilman kosteus on säädetty kyläisellä suolaliuoksella. Anturi asetetaan astiaan tarkastusmittauksen ajaksi laitteen valmistajan kalibrointiohjeen mukaisesti.

Mittauksissa käytettävät kosteusanturit tarkastetaan ja kalibroidaan käyttäen vähintään kahta tunnettua vakio-olosuhdetta. Ottaen huomioon betonisessa siltakannessa eristystyön aikana yleensä vallitseva kosteustila, suoritetaan mitta-alueen kostean pään tarkastus ja kalibrointi mahdollisuuksien mukaan alueella yli 90 % suhteellista kosteutta (esim. kaliumsulfaattiliuoksen avulla noin 97 % RH:ssa), jos laitteen käyttöohje sen sallii. Jos laite ei sovellu kalibroita- vaksi yli 90 % kosteudessa, se ei sovellu siltojen betonikansien kosteusmittauksiin. Kuivan pään tarkastusmittaukseen soveltuu esim. natriumkloridi (noin 76 % suhteellista kosteutta) tai litiumkloridi (noin 11 % suhteellista kosteutta).

Taulukko 1. Kylläisen suolaliuoksen yläpuolella olevan ilman suhteellisen kosteuden riippuvuus lämpötilasta kalibrointilaitteessa (GREENSPANIN KALIBROINTITÄULUKKO).

Lämpötila kalibrointilaitteessa [°C]	Ilman suhteellinen kosteus kalibrointilaitteessa [% RH]		
	Litiumkloridi LiCl	Natriumkloridi NaCl	Kaliumsulfaatti K ₂ SO ₄
0	11,2	75,5	98,8
5	11,3	75,7	98,5
10	11,3	75,7	98,2
15	11,3	75,6	97,9
20	11,3	75,5	97,6
25	11,3	75,3	97,3
30	11,3	75,1	97,0
35	11,3	74,9	96,7
40	11,2	74,7	96,4
45	11,2	74,5	96,1
50	11,1	74,4	95,8

Kosteusmittauksia tekevän henkilön tulee hallita tarkastusmittaus ja kalibrointi rutiininomaisesti, jolloin niihin ei mene merkittävästi tehollista työaikaa. Tarkastuksen ja kalibroinnin aikana ympäristön ja kalibrointilaitteen lämpötilan tulee olla mahdollisimman tasainen (vältetään esim. ovien ja ikkunoiden aukomista).

Kalibrointilaitteessa tehdyssä tarkastusmittauksessa pyritään ± 1 % tarkkuuteen. Jos laitteen näyttämä kosteuskokema on suurempi, kalibroidaan (säädetään) laite näyttämään vertailukosteutta. Tarkastus- ja kalibrointituloksista pidetään kirjaa, jotta voidaan seurata anturikohtaisesti mittaustarkkuuden pysyvyyttä ja todellisia toleransseja.

Kosteusanturin näyttämä tarkastetaan kalibrointilaitteessa mahdollisuuksien mukaan alueella yli 90 % suhteellista kosteutta aina ennen työmaamittauksia ja niiden jälkeen. Kun tarkastusmittaukset ovat tavoitetarkkuuden rajoissa, saadaan myös työmaalla riittävän tarkkoja tuloksia.

5.4 Mittauskohtien valinta

Mittauskohdat valitaan siten, että mittauksella saadaan riittävä käsitys siltakanneen kosteudesta. Mittausten määrästä annetaan ohjeet urakka-asiakirjoissa (esim. InfraRYL 2006:ssa). Erityisesti mittauksia tehdään kohdista, joissa betonin kosteus on todennäköisesti muita kohtia suurempi. Tällaisia ovat esim. kohdat, joihin pintavedet valuvat, kuten reunapalkin vierustat ja kourumaiset taitteet sekä kannella mahdollisesti olevat rakenteiden tai rakennustarvikkeiden varjostamat kohdat tai rakennusjätteiden kosteina pitämät kohdat yms. Mittausta ei tule tehdä kohdista, joissa esijännitysteräukset nousevat lähelle pintaa.

Jokaisesta valitusta siltakanne mittauskohdasta kosteus mitataan kahdesta porareistä eri kosteusantureilla. Tämän yhtä mittauskohtaa vastaavan porareikäparin molemmat reiät porataan yhtä kauas reunapalkista. Niiden keskinäinen etäisyys sillan pituussuunnassa on noin 50 cm.

5.5 Mittausreikien valmistelu

Porareivät valmistellaan kosteusmittausta varten seuraavasti:

- 1 Mittauskohdat valitaan kohdan 5.4 mukaan.
- 2 Mahdollisuuksien mukaan raudoitus paikallistetaan, jos porataan yli raudoituksen peitesyvyyden.
- 3 Reiät portaan 50 mm syvyisiksi. Porareikien halkaisija valitaan porareissä käytettävän anturin suojaholkin mukaan (esim. Vaisalan anturille porataan reikä 16 mm poranterällä ja Rotronicin anturille 7 mm poranterällä).
- 4 Porareikien seinämät puhdistetaan irtoavista betonimurusista pyöreällä, jäykkäpiikkisellä teräsharjalla harjaamalla.
- 5 Porausjäte poistetaan porareistä pölynimurilla, joka on varustettu reiän pohjaan ulottuvalla putkimaisella suuttimella.
- 6 Porareikään työnnetään siihen tiiviisti sopiva noin 120 mm pitkä muoviholkki, jolla ohjataan kosteuden mittaus porareian pohjan syvyystasoon ja suojataan anturia. Anturin suojana tai reikien sulkemiseen käytetään muoviholkkeja, valitaan reiän halkaisija niiden mukaan.

- 7 Muoviholkkien yläpään reikä sekä holkkien ja betonin välinen sauma tiivistetään malakiitillä tai sinitarralla. Porareiät suljetaan ilmatiiviiksi esim. sinitarralla. Tiivistämiseen ei saa käyttää materiaaleja, jotka sitovat kosteutta (esim. tavallisimmat rakennusmateriaalit).
- 8 Reiän ympäristö harjataan puhtaaksi porauspölystä.
- 9 Reikä merkitään näkyvästi esim. maalaamalla sen ympärille ympyrä spraymaalilla.

5.6 Koemenettely

Mittausta edeltää aina kosteusantureiden tarkastus ja/tai kalibrointi kohdan 5.3 mukaisesti. Kosteus mitataan 3...7 vuorokauden kuluttua reiän poraamisesta ja puhdistamisesta, jolloin tasapainokosteus reiässä on saavutettu. Mikäli tasaantumisaika on lyhyempi, esimerkiksi vuorokausi, saadaan suurempia suhteellisen kosteuden arvoja. Kosteudenmittauslaitteiden annetaan tasaantua ympäristön lämpötilaan varjossa ennen kuin anturit asennetaan porareikiin. Porareiän sulkemiseen käytetty malakiitti tai sinitarra poistetaan ja anturi asennetaan välittömästi reikään. Anturin varren ja reiän reunojen välinen rako suljetaan ilmatiiviisti malakiitillä tai sinitarralla. Anturin kosteuslukema luetaan sen jälkeen, kun näyttölaitteen lukema on tasaantunut, mikä anturityypistä riippuen kestää yleensä 60...90 min. Näyttölaitetta ei tule pitää päälle kytkettynä mittauksen aikana, jottei anturi lämpene sähkövirran vaikutuksesta.

Aurinko ei saa paistaa anturiin tai näyttölaitteeseen, kun laite tasaantuu ympäristön lämpötilaan tai porareiän kosteustilaan. Mikäli mittausolosuhteet ovat vaikiintumattomat, kuten ne usein työmaaolosuhteissa ovat, mittauskohdat lämmöneristetään tai varjostetaan siirrettävällä seinämällä. Siltakannen betonin lämpötilan tulee mittauksen aikana olla yli +5 °C. Mittaus tehdään jokaisesta valitusta mittauskohdasta kahdesta vierekkäisestä porareiästä kahdella eri anturilla. Jos tämän anturiparin tulosten ero on yli ±3 %, on mittaus uusittava. Mittauksen jälkeen kosteusanturit tarkastetaan uudelleen kohdan 5.3 mukaisesti.

Jos mitattu betonikannen kosteus ei täytä vaatimuksia, suljetaan reikä mittauksen jälkeen uudelleen (kohdan 5.5 mukaan) myöhempiä mittauksia varten.

Samaa reikää voidaan käyttää kosteuden seurantamittauksiin rajoitetusti myöhemmin uudelleen. Vanha reikä saattaa osoittautua epäluotettavaksi, jos siihen pääsee kondensoitumaan kosteutta tai jos sinne on jäänyt porausjätettä. Vanhan reiän käyttö sisältää aina virhemahdollisuuden, joten vanhan reiän kosteusseurannan jälkeen tulisi eristystyön aloituksen ratkaisevat mittaukset tehdä 3...7 vrk:n ikäisistä rei'istä.

Eristysurakoitsijan tulee paikata kosteudenmittaukseen käytetyt porareiät kaatamalla niihin kuumaa kumibitumia.

6 TUTKIMUSSELOSTUS

Tutkimusselostuksessa ilmoitetaan

- tien numero, työmaan nimi, sillan nimi, tiepiiri, kunta
- tilaaja, tilausnumero, tilauspäivämäärä
- koemenetelmä
- kosteusmittari (anturi ja näyttölaite)

- porareikien syvyys ja halkaisija
- reikien sijainti likimääräisesti (esim. etäisyys reunapalkista cm)
- reikien porauspäivä
- kosteuden mittauspäivä
- kosteudenmittausanturien edellisen kalibroinnin päivämäärä.
- mittausajan pituus (kuinka kauan anturi kauan oli reiässä)
- ilman lämpötila ja aurinkoisuus
- koetulokset (jokaisesta yksittäisestä kosteusmittaustuloksesta)
 - suhteellinen kosteus mittausreiässä (% RH)
 - lämpötila mittausreiässä (°C)
 - kellonaika
- kosteudenmittauslaitteen tarkastustulokset kaliumsulfaatin (K_2SO_4) avulla ennen työmaamittausta ja sen jälkeen
 - anturin näyttämä ilman suhteellinen kosteus kalibroitilaitteessa (% RH)
 - todellinen ilman suhteellinen kosteus (% RH) kalibroitilaitteessa käytetyn suolan ja lämpötilan perusteella alla olevasta taulukosta
 - lämpötila kalibroitilaitteessa (°C)
 - tarkastuspäivä ja kellonaika
- mahdolliset poikkeamat koemenettelyssä.
- tutkimuksen vastuhenkilö.

VTT 2650 – 2001

BETONISEN SILTAKANNEN ABSOLUUTTISEN KOSTEUDEN MITTAUS. KUIVATUS-PUNNITUSMENETELMÄ.

1 MENETELMÄN TARKOITUS

Selvitetään betonisen siltakannen pintakerroksen absoluuttinen kosteus (kosteuspitoisuus) painoprosentteina kuivapainosta.

2 MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Betoniset siltakannet.

3 VIITE

SFS-EN 1097-5. Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 5: Kosteuspitoisuuden määrittäminen kuivaamalla lämpökaapissa.

4 MÄÄRITELMÄT

Absoluuttisella kosteudella tarkoitetaan tässä menetelmässä näytteen sisältämää, haihtuvaa kosteutta, kun näyte lämmitetään 105 °C lämpötilaan.

5 MENETELMÄ

5.1 Periaate

Kosteus määritetään siltakannesta irrotetuista näytteistä kuivattamalla ja punnitsemalla.

5.2 Laitteet ja tarvikkeet

Laboratoriovaaka, punnitustarkkuus 0,1 g
Lämpökaappi, ilmanvaihdolla varustettu, tarkkuus ± 2 °C,
Mahdollisesti raudoituksen ilmaisim
Tehokas porakone
Näytteenottoporanterä, \varnothing noin 55 mm (terän tulee kestää poraus betoniin ilman vesikastelua)
Poraliierion irrotuskiiloja
Painava vasara
(Porauskaluston vaihtoehtona on piikkauskone varusteineen)
Näytepusseja ja pakkaustarvikkeita
Kuulosuojaimet
Suojalasit
Metrimitta (≥ 5 m)
Sähkövirtaa (verkkovirtaa tai aggregaatti)
Näytteenottoreikien pakkaustarvikkeet.

5.3 Näytteenotto

Mittausten määrästä annetaan ohjeet urakka-asiakirjoissa.

Jos eristysalustasta tehdään sekä suhteellisen että absoluuttisen kosteuden määrittäminen, absoluuttisen kosteuden näytteet otetaan samana päivänä kuin porareistä mitataan suhteellinen kosteus, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Absoluuttisen kosteuden näytteet otetaan porareikämittauskohdan vierestä (ensimmäinen näyte noin 50 cm etäisyydeltä porareistä, samalta etäisyydeltä reunapalkista).

Yhdestä kohdasta tehtävää absoluuttisen kosteuden määrittämistä varten otetaan 3 rinnakkaisnäytettä samalta etäisyydeltä reunapalkista ja noin 50 cm etäisyydeltä toisistaan.

Näytteenottokohdat valitaan siten, että niiden perusteella saadaan riittävä käsitys siltakannen kosteudesta. Vähäisen näytemäärän vuoksi näytteet otetaan erityisesti kohdista, joissa betonin kosteus on todennäköisesti muita kohtia suurempi. Tällaisia ovat esim. kohdat, joihin pintavedet valuvat, kuten reunapalkin vierustat ja kourumaiset taitteet sekä kannella mahdollisesti olevat rakenteiden tai rakennusjätteiden varjostamat kohdat tai rakennusjätteiden kosteina pitämät kohdat yms. Näytteitä ei tule ottaa kohdista, joissa esijännitysteräksset nousevat lähelle pintaa.

Ennen porausta paikallistetaan raudoituksen sijainti raudoituksen ilmaisimella mahdollisuuksien mukaan. Näytteenottoporalla porataan siltakanteen ura valittuun syvyyteen (50 mm). Porattaessa ei saa käyttää vesikastelua. Porauksen jälkeen näyteliieriö irrotetaan lyömällä kiila porattuun uraan. Yksittäisen poraliieriön näytteen koko on noin 250 g.

Merkitään muistiin näytteenottokohta (esim. etäisyys reunapalkista ja lähimmän porareikämittausreiän tunnus). Näytteeseen merkitään tunnistetiedot. Se pakataan ja säilytetään siten, ettei sen kosteus muutu säilytyksen ja kuljetuksen aikana.

Siltakannen näytteenottoreiät paikataan tarkoitukseen soveltuvalla tavalla heti näytteenoton jälkeen.

5.4 Koemenettely

Jos lieriö sisältää rautaa, poistetaan rauta näytteestä rikkomalla näyte lyömällä. Näytteet punnitaan. Näytteet kuivataan lämpökaapissa 105 ± 2 °C:ssa, kunnes peräkkäisin punnitukset todetaan, ettei paino enää muutu. Kuivatusaikana näytteet punnitaan kerran päivässä. Käytettävän laboratoriovaan ja lämpökaapin tulee olla säännöllisesti kalibroituja.

Näytteen absoluuttinen kosteus lasketaan seuraavasta kaavasta

$$\text{Kosteus (p-}\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100$$

jossa m_1 = näytteen massa ennen kuivatusta
 m_2 = näytteen massa kuivauksen jälkeen.

6 TUTKIMUSSELOSTUS

Tutkimusselostuksessa ilmoitetaan

- tien numero, työmaan nimi, sillan nimi, tiepiiri, kunta
- tilaaja, tilausnumero, tilauspäivämäärä
- näytteenottopäivä
- näytteenottokohtat (esim. etäisyys reunapalkista ja porareikämittausreiästä)
- näytteiden irrotustapa
- näytteiden koko (esim. näytelieriöiden halkaisijat ja korkeudet tai piikkauskuoppien syvyys ja leveys)
- näytteenottoreikien paikkaustapa (paikkausmateriaali ja paikkauspäivä)
- koemenetelmä
- kuivatuslämpötila ja kuivatusaika (h)
- yksittäiset punnitustulokset (g), ilmoitetaan yhdellä desimaalin tarkkuudella
- näytteen absoluuttinen kosteus (p-%), ilmoitetaan yhden desimaalin tarkkuudella.

VTT 2651 – 2001

VEDENERISTYKSEN JA ERISTYSALUSTAN VÄLISEN TARTUNTA LUJUUDEN MITTAUS TYÖMAALLA. TARTUNTAVETOKOE.

1 MENETELMÄN TARKOITUS

Selvitetään työmaalla tehtävin mittauksin vedeneristysmateriaalin tartunta eristysalustaan.

2 MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Kermieristyksen, massaeristyksen, epoksiivistyksen tai ohutkerrospäällysteen tartunta betoniseen, teräksiseen tai puiseen eristysalustaan.

3 VIITE

SFS-EN 13596, Flexible sheets for waterproofing — Waterproofing of concrete bridge decks and other concrete surfaces trafficable by vehicles — Determination of bond strength.

4 MÄÄRITELMÄT

Tartuntalujuus on pinta-alayksikköä kohti tarvittava voima, joka tarvitaan irrottamaan eristysmateriaali alustastaan.

Irtoamisepinta ilmoittaa, missä rakennekerroksessa murtuma tapahtuu.

5 MENETELMÄ

5.1 Periaate

Mitataan voima, joka tarvitaan vedeneristyksen irrottamiseksi eristysalustasta.

5.2 Laitteet ja tarvikkeet

Vetolaite, jonka maksimivetovoima on vähintään 2 kN ja aina riittävä eristysmateriaalin vetämiseksi irti alustasta. Kuormituksen lisäysnopeus vedon aikana on 0,15 MPa/s ja mittaustarkkuus ± 2 %.

Tartuntavetolaitteen vetolaikat, jotka valitaan tutkittavan eristyskerroksen mukaan:

- kermille pyöreä vetolaikka \varnothing 50 mm tai neliönmuotoiset vetolaikat, sivu 50 tai 44 mm
- massaeristyksille ja ohutkerrospäällysteelle edellä mainittujen lisäksi \varnothing 28 mm vetolaikat
- tiivistysepoksille \varnothing 28 mm tai \varnothing 20 mm vetolaikat.

Liima (valitaan liimauspintojen, liimauslämpötilan ja käytävissä olevan kovettumisajan perusteella).

Liimauspintojen karhennus- ja puhdistusvälineet

Reunojen irrotusvälineet

- kermieristyksellä mattoveitsi koukkumaisella ja suoralla terällä
- epoksitiivistyksellä, nestemäisenä levitettävällä eristyksellä ja ohutkerrospäälysteellä reikäsahanterä (sisähalkaisija sama kuin pyöreän vetoajan läpimitta), sahausohjain (esim. muottivanerista tehty)

Pintalämpömittari (mittaustarkkuus 0,3 °C)

Lämmitysvarusteet tarvittaessa (tuoreen liimasauman lämmitykseen)

Näytteenottoreikien paikkausvälineet

- kermeille hitsattavaa aluskermiä ja nestekaasupoltin
- nestemäisenä levitettävälle eristykselle ko. tuotteen paikkausmassaa
- tiivistysepoksille samaa epoksituotetta.

5.3 Koemenettely

Kermieristuksen tartunta tutkitaan mahdollisuuksien mukaan aluskerman päältä ennen pintakermin kiinnitystä. Massaeristuksen ja ohutkerrospäälysteen tutkimusajankohtaa valittaessa otetaan huomioon materiaalin käyttöohjeen mukaiset kovettumisajat.

Vetohetkellä kermieristuksen eristysalustan pintalämpötilan tulee olla välillä +5...+25 °C. Samaa ohjetta eristysalustan lämpötilavaatimuksesta noudatetaan, jos nestemäisenä levitettävä eristys, ohutkerrospäälyste tai niiden liimaus sisältää bitumia tai tervaa. Eristysalustan pintalämpötila mitataan vetokokeen jälkeen eristykseen syntyneen reiän kautta.

Mittausten määrästä, suoritusajankohdasta ja tartuntalujuusvaatimuksista (esim. InfraRYL 2006:ssa) annetaan ohjeet urakka-asiakirjoissa. Mittauskohdat valitaan siten, että mittauksella saadaan riittävä käsitys tutkittavan alueen (esim. siltakannen) eristuksen tartunnasta.

Koska eristysalustan kosteus vaikuttaa eristuksen tartuntaan, tehdään mittauksia erityisesti kohdista, joissa alustan kosteus on todennäköisesti muita kohtia suurempi. Tällaisia ovat esim. kohdat, joihin pintavedet valuvat, kuten reunapalkin vierustat ja kourumaiset taitteet. Kuhunkin valittuun mittauskohtaan liimataan lähekkäin 3 tai, jos liimauksen pitävyys sääolojen vuoksi on epävarmaa, 5 vetolaikkaa.

Liimauskohdan esikäsitelyssä ja liimauksessa noudatetaan liiman käyttöohjeita. Pinta harjataan ja puhdistetaan vieraista aineista. Kermieristuksen pintaa ei karhenneta. Nestemäisenä levitettävän eristuksen pinta karhennetaan tarvittaessa esim. santapaperilla tai tiheäpiikkisellä teräsharjalla. Ennen liimausta pinnalta poistetaan pöly kuivalla puhtaalla kankaalla pyyhkimällä. Nestemäisenä levitettävän eristuksen pinta pyyhitään ennen liimausta liuottimeen kostutulla kankaalla vain, jos liiman käyttöohjeessa näin suositellaan ja nimetään lii-

man kanssa yhteensopiva liuotin. Mahdollisesti saumasta yli pursunut liima poistetaan ennen sen kovettumista.

Vetolaikka liimataan kermiin ennen eristyksen reunojen irrotusta. Liimauksen kovettumisen jälkeen eristykseen vetolaikan ympärille leikataan tarkoin vetolaikan reunoja pitkin 3 - 5 mm leveä ura. Leikattaessa varotaan erityisesti painamasta kermiä irti vetolaikasta ja tästä syystä leikkaamiseen soveltuu parhaiten koukkumaisella terällä varustettu mattoveitsi, jota pidetään siten, että leikkausvoima tulee eristysalustan suuntaiseksi. Silmämääräisesti tarkastetaan, että leikkausura ulottuu joka kohdassa eristysalustaan.

Epoksitiivistysten, nestemäisenä levitettävien eristysten ja ohutkerrospäällysteiden tartuntavetokohtien vetoalueiden reunat irrotetaan reikäsahalla ennen laikan liimausta. Sahattaessa käytetään ohjainta, jotta saha ei liiku sivusuunnassa sahauksen aikana (ohjain voidaan tehdä esim. muottivanerin palasta).

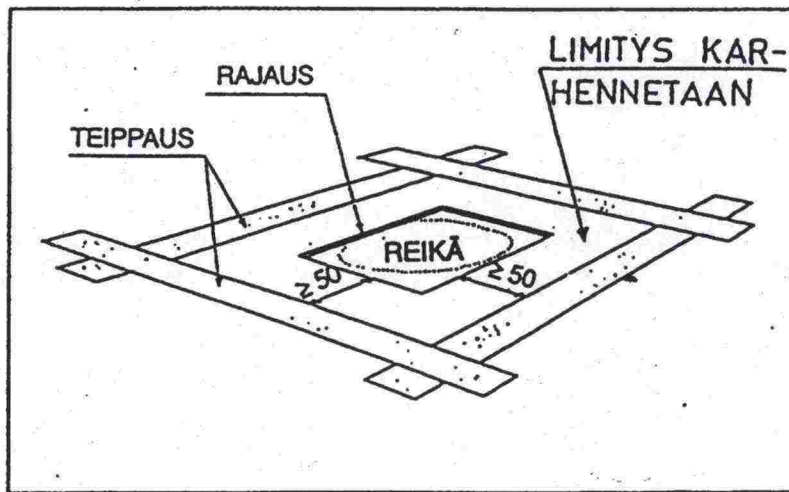
Vetolaikan liimauksen kovettuminen riippuu eristyksen pintalämpötilasta. Jos viileä sää vaikeuttaa vetolaikkojen liimauksen onnistumista, noudatetaan soveltuvien osien seuraavia ohjeita:

- Tarvittaessa tehdään esikokeita, joiden perusteella käytettävä liima valitaan
- Vetolaikat voidaan lämmittää ennen liimausta noin +40 °C:een. Vetolaikkaan varautunut lämpö edistää pikaliiman kovettumista. Lämpimän vetolaikan jäähtymistä voidaan hidastaa lämmöneristeestä esim. styroxista tehdyn suojakupin avulla.
- Liimauskohtia voidaan lämmittää ennen liimausta ja liiman kovettumisen ajan esim. lämpöpuhaltimella. Lämmityksen aikana tulee varoa ylikuumenemasta liimasaumaa yli sen sallitun kovettumislämpötilan. Jos ylikuumenemisen vaara on olemassa, tulee liimasauman lämpötilaa seurata esim. ylimääräisen vetolaikan alle liimasaumaan asennetun termoelementtilangan ja termoelementtilämpömittarin avulla.

Jos liimattua vetolaikkaa lämmitetään liiman kovettamiseksi, tulee liimauskohdan lämpötilan tasaantua ympäristön lämpötilaan ennen tartuntavetokokeen kuormitusta. Lämpötilan tasaantuminen vetolaikan alla todetaan esim. em. termoelementtilämpömittarilla.

Tartuntavetokokeen aikana vetovoimaa lisätään kohtisuoraan eristysalustaa vastaan tasaisesti 0,15 MPa/s. Vedon aikana vetolaikkaan ei saa kohdistua vääntöä.

Tartuntavetokokeen jälkeen paikataan vetokokeen reiät tarkoitukseen soveltuvalla tavalla. Kermieristys voidaan paikata esim. hitsaamalla koestuskohtiin kermipaikat. Nestemäisenä levitettävien eristysten ja ohutkerrospäällysteiden paikkaukseen tulee käyttää tarkoitukseen soveltuvaa paikkausmassaa.



Kuva 1. Massaeristykseen tehdyn mittausreiän paikkausmenetelmä.

6 TUTKIMUSSELOSTUS

Tutkimusselostuksessa ilmoitetaan

- mittauskohteen tunnistetiedot (esim. tienumero, työmaan nimi, sillan nimi, tiepiiri, kunta)
- tilaaja, tilausnumero, tilauspäivämäärä
- eristysurakoitsija
- eristysrakennetyyppi
- tutkimusmenetelmä
- tutkimusajankohta
- ilman lämpötila ja aurinkoisuus
- koetulokset (jokaisesta yksittäisestä vetokokeesta)
 - tartuntalujuus (N/mm^2) ja irtoamispinta
 - eristysalustan pintalämpötila
 - kellonaika
- mahdolliset poikkeamat koemenettelyssä
- vetoreikien paikkaukseen käytetty materiaali
- tutkimuksen vastuhenkilö.

VTT 2654– 2001

BETONISEN SILTAKANNEN TIIVISTYSEPOKSIIN VESITIIVEYDEN MITTAUS. MATALAJÄNNITEMENETELMÄ

1 MENETELMÄN TARKOITUS

Selvitetään betonisen siltakannen vesieristyksen alla käytettävän tiivistysepoksin vesitiiviys.

2 MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Betoniset siltakannet. Tiivistysepoksin vesitiiviiden mittaus rakenteesta työmaalla.

3 VIITE

Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Herstellung von Brückenbelägen auf Beton, ZTV-BEL-B 87, Technische Prüfvorschriften für Reaktionharze für Grundierungen, Versiegelungen und Kratzspachtelungen unter Asphaltbelägen auf Beton, Dortmund 1987.

4 MÄÄRITELMÄT

Epoksitiivistys on betonisille siltakansille ennen vesieristystä kaksinkertaisena epoksikäsittelyä levitetty kerros, jonka tarkoituksena on muodostaa tiivis epoksikalvo betonin pinnalle.

5 MENETELMÄ

5.1 Periaate

Epoksikerroksen vesitiiviys määritetään epoksikerroksen betonin pinnalle muodostaman sähkövastuksen (eristysvastuksen) perusteella. Pääjohteena on betonialusta.

5.2 Mittauslaitteet ja tarvikkeet

Vesitiiviiden mittausta varten tarvitaan

- Sähkövastuksen mittauslaite, jonka mittausalueen tulee ulottua vähintään 2000 M Ω :iin ja jonka mittausjännite mittauksen aikana ei saa ylittää 500 V
- 2 piikkimäistä mittauselektrodiä johtoineen. Toisen elektrodin on suositeltavaa olla varustettu virtakytkimellä
- Kuparinen levyelektrodi, joka muodostuu neliönmuotoisesta kuparilaatasta (laatan paksuus vähintään 10 mm, neliön sivut 100 mm).
- Imukykyisiä (kapillaarisia) suodatinkankaan palasia (mitat 100 mm x 100 mm)

- Testinestettä. Se valmistetaan tislatusista vedestä, joka tehdään sähköä johtavaksi suolanlisäyksellä (n. 10 g ruokasuolaa NaCl yhteen litraan vettä) ja jonka tunkeutumiskykyä lisätään tavallisen astianpesuaineen avulla
- Tippanokalla varustettu pullo testinesteen annostelua varten
- Porakone ja \varnothing 8 - 10 mm betoniporanteriä.

5.3 Mittauskohtien valinta

Mittauskohdat valitaan siten, että mittauksella saadaan riittävä käsitys siltakan-
nen epoksiivistyksen vesitiivyydestä. Erityisesti mittauksia tehdään kohdista,
joissa epoksi näyttää silmämääräisesti ohuemmalta kuin muualla.

5.4 Koemenettely

Epoksin läpi betoniin porataan halkaisijaltaan 8-10 mm reikä. Reikä porataan
ainoastaan niin syväksi, että se ulottuu epoksin läpi koko reiän alueella.

Suodatinkangas kastellaan läpimääräksi testinesteellä ja asetetaan noin 30 cm
etäisyydelle poratusta reiästä. Suodatinkankaan ja reiän välille jäävää aluetta
epoksipinnasta ei saa kastella missään tapauksessa. Kuparilevy asetetaan
märän huopapalan päälle. Porareikään tiputetaan vähän testinestettä siten, et-
tä neste kastelee porareian betonipinnan imeytymällä betonin pintaan, mutta ei
jää lammikoksi porareikään.

Valitaan mittausjännitteeksi 500 V. Toinen piikkimäinen elektrodi kytketään be-
toniin porareikässä ja toinen kuparilevyn pintaan. Kytketään mittausvirta elekt-
rodin virtakytkimestä mittauksen ajaksi. Laitteen näytöstä luetaan elektrodien
välinen sähkövastus.

Epoksin pinnalla ei saa olla esim. sateen tai kasteen aiheuttamaa kosteutta,
koska kostea, yhtenäinen pinta elektrodien välillä johtaisi sähköä. Sama hen-
kilö ei saa koskettaa samanaikaisesti molempien elektrodien metalliosia. Mit-
taajalla on oltava riittävät valmiudet mittauksen suoritukseen ja hänen on hal-
littava käytettävä menetelmä. Laitteen käyttöohjeessa on laitekohtaiset ohjeet
mittauksen suorituksesta. Testinestettä ei saa päästä piikkielektrodeihin tai
näyttölaitteeseen korroosiovaurioiden välttämiseksi.

Mittausreiät paikataan samasta epoksista ja kvartsihiekasta sekoitetulla mas-
salla. Tavallisia epoksiliimoja ei saa käyttää reikien paikkaamiseen, koska ne
eivät kestä riittävästi kuumuutta.

5.5 Vesitiivyyden arvostelu

Mittautuloksena saadun eristysvastuksen suuruusluokka kertoo, onko epoksi
vesitiivis. Valmis, kauttaaltaan kovettunut epoksi on riittävän tiivis, jos vähin-
tään 95 % mittautuloksista ylittää 500 000 k Ω (= 500 M Ω) ja loput tulokset täyt-
tävät vähimmäisvaatimuksen 10 000 k Ω (= 10 M Ω). (Pelkän betonin sähkö-
vastuksen tyypilliset arvot ovat alle 60 k Ω , jos elektrodien välinen etäisyys on
30 cm).

6 TUTKIMUSSELOSTUS

Tutkimusselostuksessa ilmoitetaan

- tien numero, työmaan nimi, sillan nimi, tiepiiri, kunta
- tilaaja, tilausnumero, tilauspäivämäärä
- koemenetelmä (viittaus tämän menetelmän numeroon)
- sähkövastusmittarin merkki ja malli
- porareikien halkaisija ja etäisyys kuparisen levyelektrodin lähimmästä reunasta
- mittauskohtien sijainti likimääräisesti (esim. etäisyys reunapalkista ja sillan päistä)
- mittauspäivä
- koetulokset (jokaisesta yksittäisestä tiiviysmittaustuloksesta) ja vesitiivyyden arvostelu
- mahdolliset poikkeamat tämän menetelmäkuvauksen mukaisesta koemenettelystä
- tutkimuksen vastuuhenkilö.

VTT-S-05050-09

SILTAKANNEN NESTEMÄISENÄ LEVITETYN VEDENERISTYKSEN TAI TIIVISTYSEPOKSIIN VESITIIVIYDEN MITTAUS. KORKEAJÄNNITEMENETELMÄ.

1 MENETELMÄN TARKOITUS

Selvitetään sillakannen nestemäisenä levitetyn vedeneristykseen tai tiivistysepoksiin vesitiiviys.

2 MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Sillakannet. Betonin päälle nestemäisenä levitetyn, sähköä johtamattoman vedeneristykseen tai tiivistysepoksiin vesitiiveyden mittaus.

3 VIITE

ASTM D 4787-08. Standard practice for continuity verification of liquid or sheet linings applied to concrete substrates.

4 MÄÄRITELMÄT

Epoksitiivistys on betonisen sillakannen kaksinkertainen epoksikäsittely, jonka tehtävä on tiivistää betonin pinta eristyksen kuplimisen estämiseksi.

Nestemäisinä levitettävät eristyset ovat yleensä polyuretaani-, akryyli- tai epoksipohjaisia, nestemäisessä olomuodossa levitettäviä vedeneristysmateriaaleja.

Matalajännitemenetelmällä tarkoitetaan mittausmenetelmää, jossa käytetään 500 V mittausjännitettä betonialustalle levitetyn, sähköä johtamattoman pinnon vesitiiviuden (sähkövastuksen, eristysvastuksen) mittauksessa.

Korkeajännitemenetelmällä tarkoitetaan mittausmenetelmää, jossa käytetään 1 - 20 kV mittausjännitettä betonialustalle levitetyn, sähköä johtamattoman pinnon vesitiiviuden (sähkövastuksen, eristysvastuksen) mittauksessa. Korkeajännitemenetelmässä käytettävää mittalaitetta kutsutaan "kipinäharavaksi" (Holiday detector).

Läpilyöntijännite tarkoittaa matalinta sähköjännitettä kussakin mittauskohdassa, jossa mittauslaitteen anturista kulkee sähkövirta betonin päälle levitetyn pinnon läpi ja edelleen pinnon betonialustaan kytkettyyn maadoituselektrodiin. Läpilyöntijännitteen suuruus vaihtelee mitattavan pinnan eri kohdissa.

Mittausjännite valitaan korkeajännitemenetelmässä työkohteeltaan siten, että sitä käyttäen mittalaite hälyttää kohdissa, joissa pinnoite ei täytä vesitiivisyysvaatimusta.

5 MENETELMÄ

5.1 Periaate

Korkeajännitemenetelmällä voidaan paikallistaa betonialustalle levitetyn sähköä johtamattoman, nestemäisenä levitetyn vedeneristysten tai epoksitiivistyksen ohuimpia kohtia tai epäjatkuvuuskohtia (neulamaisia reikiä, poikkeavan huokoisia kohtia, kuplia tai halkeamia). Nämä laatu-poikkeamat heikentävät vedeneristysten tai tiivistysepöksin vesitiiveyttä.

Läpilyöntijännite näkyy kipinöintinä anturin ja pinnoitteen yläpinnan kosketuskohdassa. Läpilyöntijännite riippuu pinnoitteen sähköneristysominaisuuksista ja se alenee mm., jos pinnoitteen kerrospaksuus alenee, huokoisuus kasvaa tai pinnoitteessa on reikä. Myös betonin ominaisuudet, raudoitus ja kosteus vaikuttavat tuloksiin.

Mittauksessa on pääjohteena tutkittavan pinnoitteen alla oleva sillan betonikansi. Mittauslaitteen maadoituskaapeli kytketään rakenneseosaan, jolla on sähkökontakti sillan betonikanteen.

5.2 Turvallisuus

Tämä menetelmäkuvaus ei sisällä kaikkia turvallisuusohjeita, joita liittyy mittausmenetelmän käyttöön. Menetelmäohjeen käyttäjän tulee pitää huolta siitä, että käyttää turvallista ja terveydelle haitatonta mittausastapaa ja selvittää menetelmän käytön rajoitukset ennen menetelmän käyttöä. Korkea mittausjännite ja kipinöinti edellyttävät erityistä varovaisuutta työmaan paloturvallisuudessa. Henkilö, jolla on sydämentahdistin tai sydänvika, ei saa käyttää korkeajännitemenetelmää.

5.3 Korkeajännitemenetelmän mittauslaitteet ja tarvikkeet

Vesitiiviuden mittausta varten tarvitaan

- Sähkövastuksen mittauslaite, jonka mittausjännite on säädettävissä välillä 1 - 20 kV
- Maadoituskaapeli, jolla voidaan yhdistää mittauslaite siltakanteen tai sen kanssa hyvin sähköä johtavassa yhteydessä olevaan rakenneseosaan
- Mittalaitteeseen kytketty mittausanturi, jossa on metalliharjaksia ja varsi.

5.4 Mittauskohtien valinta

Yleensä korkeajännitemenetelmällä tehdään koko siltakannen kattava pinnoitteen läpilyöntijännitteen mittaus, ellei muuta sovita.

Erittäin suurissa kohteissa voidaan erikseen sovittaessa kohdistaa mittaukset ulkonäöltään erilaisilta näyttävillä alueilla siltakannella. Mittauskohdat valitaan siten, että mittauksella saadaan riittävä käsitys siltakannen nestemäisenä levitetyn eristyksen tai epoksitiivistyksen vesitiiveydestä. Erityisesti mittauksia tehdään kohdista, joissa pinnoite näyttää silmämääräisesti ohuemmalta kuin muualla.

5.5 Mittausjännitteen valinta

ASTM D 4787-08:n mukaan

- minimimittausjännite on tyypillisesti noin 4 kV/mm. Minimijännite perustuu pinnoitteen paksuisen ilmakerroksen läpilyöntijännitteeseen (esim. jos pinnoitepaksuus on 3 mm, mittausjännitteen minimi on noin 12 kV).
- maksimimittausjännite on tyypillisesti noin 6 kV/mm. Sitä suurempi mittausjännite sisältää pinnoitteen vaurioitumisriskin mittaustilanteessa (esim. jos pinnoitepaksuus on 3 mm, mittausjännitteen maksimi on noin 18 kV).

Läpilyöntijännite ja sen perusteella määräytyvä mittausjännite vaihtelee kuitenkin mittauskohdan ominaisuuksien mukaan eikä sitä tiedetä tarkkaan etukäteen. Joissakin uusimmissa mittauslaitteissa on liian suuren jännitteen aiheuttamien pinnoitevaurioiden välttämiseksi mahdollisuus käyttää automatiikkaa, jonka avulla laite alentaa automaattisesti mittausjännitettä havaitessaan läpilyöntijännitteen. Tällaisen laitteen valinta on suositeltavaa, koska se vähentää pinnoitevaurioriskiä mittaustilanteessa.

Standardin ASTM D 4787-08 mukaan mittausjännite voidaan valita taulukon 1 perusteella.

Kuva 5. Korkeajännitemenetelmän ehdotettu alustava mittausjännite ASTM D 4787-08 mukaan (pinnoite betonialustalla).

Kerrospaksuus		Ehdotettu mittausjännite
Alaraja	Yläraja	
mm	mm	kV
1,00	1,09	5,50
1,10	1,19	6,00
1,20	1,29	6,50
1,30	1,39	7,00
1,40	1,49	7,50
1,50	1,59	8,00
1,60	1,69	8,50
1,70	1,79	9,00
1,80	1,89	10,00
1,90	1,99	10,80
2,00	2,09	11,50
2,10	2,19	12,00
2,20	2,29	12,50
2,30	2,39	13,00
2,40	2,49	13,50
2,50	2,59	14,00
2,60	2,69	14,50
2,70	2,79	15,00
2,80	2,89	15,50
2,90	2,99	16,00
3,00	3,09	16,50

Taulukossa 1 esitetään alustava arvio mittausjännitteestä. Kullekin pinnoitteelle sopiva mittausjännite riippuu kuitenkin pinnoitteen ominaisuuksista.

Siltakansilla tehdyissä laadunvalvontamittauksissa jännitteenä on käytetty yleensä epoksitiivistysmittauksissa 10-15 kV ja valmiin polyuretaanieristysten (paksuus keskimäärin 2,5 mm ja vähintään 2,0 mm) mittauksissa 12-15 kV.

5.6 Koemenettely

Mittauksessa noudatetaan ensisijaisesti laitevalmistajan käyttö- ja turvallisuusohjeita. Korkeasta mittausjännitteestä johtuen mittaajalla on oltava riittävät valmiudet mittauksen turvalliseen suoritukseen ja hänen on hallittava hyvin käytettävä mittausmenetelmä. Laitteen käyttöohjeessa annetaan laitekohtaiset ohjeet mittauksen suorituksesta.

Pinnoitteen päällä tai huokosissa ei saa olla kosteutta, koska kosteus aiheuttaa virheellisen tuloksen.

Mittauslaitteen maadoituskaapeli kytketään rakenneosaan, josta on sähkökontakti sillan betonikanteen. Tällainen rakenneosa voi olla esim. näkyvässä oleva kannen terästanko tai kanteen ammuttu HILTI-naula. Jos maadoitus kytketään sillan kaiteeseen, tulee varmistaa, että kaiteesta on hyvin sähköä johtava yhteys siltakanteen. Betonikannen saumojen läheisyydessä tulee varmistaa, että mittausanturi ja maadoituskohta ovat sauman samalla puolella.

Kipinäharavaa kuljetetaan pitkin mitattavaa pintaa hakien kohtia, joissa on muihin kohtiin verrattuna alhainen läpilyöntijännite. Käyttöohjeen mukaan anturia liikutetaan nopeudella 0,25 m/s eli 15 m/min (esim. Elcometer 266 DC). Jos käytetään 0,5 m leveää harjamaista kipinäanturia, laitteella voidaan teoriassa mitata siltakantta enintään 450 m²/h, jos mittaus etenee pysähtymättä.

Jos epoksinnoitteeseen tehdään mittausreikiä, ne paikataan samasta epoksista ja kvartsihiekasta sekoitetulla massalla. Tavallisia epoksiliimoja ei saa käyttää epoksin reikien paikkaamiseen, koska ne eivät kestä riittävästi kuumuutta. Nestemäiseen eristykseen tehdyt mittausreiät paikataan eristyskerroksen kanssa yhteensopivalla, samantyyppisellä, käsin levitettävällä paikkausmassalla.

5.7 Vesitiivyyden arvostelu

Epoksitiivistys

Korkeajännitemenetelmällä kartoitetaan koko siltakannen pinnan alueelta epoksitiivistyksen läpilyöntijännite ja sen vaihtelut. Sen jälkeen tutkitaan matalajännitemenetelmällä (VTT 2654), millä em. läpilyöntijännitteen tasolla epoksitiivistys täyttää vesitiiviysvaatimuksen. InfraRYL 2006:n mukainen epoksitiivistyksen vesitiiviysvaatimus perustuu matalajännitemenetelmään, jonka mukaan epoksitiivistys on vesitiivis, jos sen eristysvastus on vähintään 500 MΩ, kun mittausjännite on 500 V.

Nestemäisenä levitetty eristys

Korkeajännitemenetelmällä kartoitetaan koko siltakannen pinnan alueelta nestemäisenä levitetyn eristyskerroksen läpilyöntijännite ja sen vaihtelut. Sen jälkeen tutkitaan irrotetuista pienistä näytepaloista työntötulkilla, mikä läpilyöntijännite vastaa eristyskerroksen minimipaksuusvaatimusta, joka on esitetty InfraRYL

2006:ssa. Jos minimipaksuusvaatimus alittuu, eristystä ei pidetä riittävän vesitiiviinä paksuuden alituskohdassa.

6 TUTKIMUSSELOSTUS

Tutkimusselostuksessa ilmoitetaan:

- tien numero, työmaan nimi, sillan nimi, tiepiiri, kunta,
- tilaaja, tilausnumero, tilauspäivämäärä,
- mittauspäivämäärä,
- koemenetelmä (viittaus tämän menetelmän numeroon),
- korkeajännitemittauksissa käytetyn laitteen merkki ja malli,
- harjamaisen mittauselektrodin leveys,
- maadoituselektrodin kiinnitystapa siltakanteen,
- korkeajännitemenetelmällä mitatun alueen laajuus ja sijainti siltakannella,
- mittausjännite,
- arvioidaan silmä määräisten havaintojen ja säätietojen perusteella, onko epoksitiivistyksen tai nestemäisenä levitetyn eristyksen pinnalla ja pinnan huokosissa kosteutta,
- tutkittavan kohteen epoksitiivistyksen tai nestemäisenä levitetyn eristyksen läpilyöntijännitteen vaihtelut siltakannen eri kohdissa,
- tutkittavan epoksitiivistyksen vesitiivisyysvaatimuksen alituskohdat ja niiden sijainti siltakannella,
- nestemäisenä levitetyn eristyksen paksuusvaatimuksen alituskohdat ja niiden sijainti siltakannella,
- epoksitiivistyksen vesitiivyyden tai nestemäisenä levitetyn eristyksen paksuuden (vesitiivyyden) arvostelu kohdan 5.7 mukaisesti,
- mahdolliset poikkeamat tämän menetelmäkuvauksen mukaisesta koemenettelystä,
- tutkimuksen vastuuhenkilö.

KENTTÄLOMAKKEET

Seuraavassa on esitetty kenttälomakkeet neljälle eristystömaan laadunmittausmenetelmälle:

- Pinnan karkeuden mittaaminen
- Betonin kosteusmittaus (porareikämenetelmä)
- Tartuntalujuusvetokoe
- Epoksiivistyksen vesitiivisyysmittaus (korkeajännitemenetelmä)

Tartuntavetolujuuskokeen kenttälomakkeesta on laadittu lisäksi EXCEL-muodossa oleva "äly"-lomake, joka vertaa automaattisesti tartuntavetokokeen tutkimustulosta tartuntalujuusvaatimukseen ja laskee vaatimusten ylitykset ja alitukset.

PINNAN KARKEUDEN MITTAAMINEN LASIHELMIMENETELMÄLLÄ

Sivu _____

Tiepiiri		Mittauspvm
Tienumero/tieosa	Kunta	
Rakennustyömaa		
Mittauskohde (esim. sillan nimi ja numero)		
Mittauspisteiden sijainnit kohteessa		
Mitattavan pinnan materiaali (esim. betoni tai epoksi).	Onko mittauspinta hiekkapuhallettu?	
Mittaajan nimi	Työnumero	

Mittaus- piste	Lasihelmiympyrän halkaisija 4:ssä suunnassa				Keskim. halkaisija D (mm)	Pinnan kar- keus*) (mm)
	halk. 1 (mm)	halk. 2 (mm)	halk. 3 (mm)	halk. 4 (mm)		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

*) Pinnan karkeus lasketaan seuraavalla kaavalla (kun mittalieriön koko on 25000 mm³)

$$Pinnan\ karkeus\ [mm] = 31830/D^2$$

jossa D mm = lasihelmiympyrän keskimääräinen halkaisija

Mittausmenetelmä on esitetty menetelmäkuvauksessa PANK-5103.

Tarvikkeet pinnan karheuden mittausmenetelmään EN 13036-1 tai PANK 5103

Lasihelmien mitta-astioiden valmistus

1 KÄYTTÖTARKOITUS

Mitta-astiaa käytetään lasihelmien määrän tilavuusmittaukseen, kun mitataan vaakasuoran pinnan karheutta (karkeutta) lasihelmimenetelmällä. Tämän ohjeen mukainen astia täyttää menetelmien PANK 5103 ja EN 13036-1 mukaiset vaatimukset.

2 MATERIAALI

Ruostumaton teräsputki 25/22 mm (sisähalkaisija 22 mm)
Ruostumaton pyörötanko, halkaisija 22 mm.

3 MITAT JA VALMISTUS

Mitta-astian sisätilavuus on 25 000 mm³ (± 0,2 %). Paksupohjaiset mitta-astiat valmistetaan ruostumattomasta teräsputkesta, jonka sisään kiinnitetään pysyvästi pohjaksi 24 mm pituinen pala D 22 mm ruostumattomasta teräksestä valmistettua pyörötankoa (ks. kuva 1). (Astian ulkokorkeus = sisäkorkeus + 24 mm.)

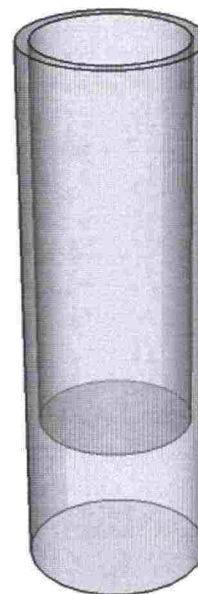
Astian sisäseinien ja pohjan tulee olla pinnaltaan tasaisia. Putken sisällä oleva sauma tasoitetaan koneellisesti. Astian ylä- ja alapään terävät särmät pyöristetään.

Tasoitushionnan jälkeen astian sisähalkaisija mitataan. Jotta astian tilavuus olisi tavoitteen mukainen, astian sisäkorkeus (h) valitaan seuraavan kaavan mukaan:

$$h = \frac{31831}{D^2}$$

jossa h = astian sisäkorkeus [mm]
D = astian sisähalkaisija [mm].

Esim. jos D = 22,4 mm, on h = 63,44 mm ± 0,1 mm tai
jos D = 22,6 mm, on h = 62,32 mm ± 0,1 mm.



Kuva 1. Mitta-astia

Lasihelmien levitystyökalun valmistus

Lasihelmien levitystyökalu voidaan valmistaa esim. juniorijääkiekosta (D noin 60 mm), johon kiinnitetään sopiva kahva.

Lasihelmien hankinta

Pinnan karheuden mittausmenetelmä edellyttää, että käytettävät lasihelmet ovat pyöreitä ja raekoko 0,18/0,25 mm. Tätä raekoko ei ole valmiina kaupallisesti saatavissa Suomesta. Lasihelmet seulotaan lähinnä menetelmäohjeen vaatimuksia vastaavasta lajitteesta.

Lasihelmiä on saatavissa 25 kg säkeissä. Esim. lajite AC 0,15/0,25 mm, josta seulotaan mittausmenetelmän edellyttämä raekoko 0,18/0,25 mm.

Lasihelmien toimittajia (v. 2007):

- Rowema Oy, Kerava
- Blastjet Oy, Hämeenkyrö.

Seulat

Lasihelmilajitteen alarajan raekoko on 0,18 mm ja ylärajan raekoko 0,25 mm. Seulakoko 0,18 mm ei kuulu tavanomaiseen seulasarjaan. Näitä raekokoja vastaavia laboratorioseuloja toimittaa tilauksesta esim. Scanteknik Oy Ab Kirkkonummelta.

ISBN 978-952-221-202-3
TIEH 2200059-09