
Työohjekortit siltojen betonitöiden laadunvalvontamittauksissa

Anssi Turunen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



| | |
|--|-----------------------------|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | |
| Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma | |
| Työn tekijä(t) Anssi Turunen | |
| Työn nimi Työohjekortit siltojen betonitöiden laadunvalvontamittauksissa | |
| Päiväys 12.4.2012 | Sivumäärä/Liitteet 33/10 |
| Ohjaaja(t) Lehtori Matti Mikkonen | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suomen GPS-Mittaus Oy | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Betonointitöiden laadunvarmistus on tärkeä ja välttämätön osa betonirakentamista, sillä rakenteen tulee kestää siihen kohdistuvat rasitukset koko sille suunnitellun käyttöajan. Oikein tehdyt laadunvarmistuskokeet antavat luotettavaa tietoa rakenteen tilasta, sekä ohjaavat mahdollisia korjaustoimenpiteitä. Betonointitöiden laadunvarmistuskokeet ovat haastavia ja tarkkuutta vaativia toimenpiteitä, mutta hyvän ohjeistuksen avulla suoritettuna varsin yksinkertaisia. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli suunnitellut laajentavansa toimintaansa myös betonointitöiden laadunvalvontamittauksiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa betonointitöiden laadunvalvontamittauksille työohjekorttijärjestelmä. Työohjekorttijärjestelmä mahdollistaa laadunvalvontamittausten aloittamisen, sekä helpottaa ja nopeuttaa mittausten suorittamista.</p> <p>Työohjekorttijärjestelmän suunnittelun lähtökohtana olivat toimeksiantajan toivomukset helppokäyttöisyydestä ja työohjeiden selkeästä ymmärrettävyydestä. Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin lähdeaineiston sekä sillanrakentamisen ja betoninlaatuvaatimusten huolellisella sisäistämällä. Työohjekorttien laadinnassa hyödynnettiin myös opinnäytetyön aikana kertynyttä käytännön kokemusta mittausten suorittamisesta. Työohjekorttien laadinnassa hyödynnettiin Microsoft Wordin tekstinkäsittelyominaisuuksia sekä Microsoft Excelin taulukkolaskentaominaisuuksia.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi työohjekorttijärjestelmä jonka avulla Suomen GPS-Mittaus Oy voi kehittää ja laajentaa liiketoimintaansa betonointitöiden laadunvalvontaan. Työohjekortit sisältävät selkeät ohjeet mittauksen suorittamiseksi, sekä ohjeita tulostenkäsittelyyn, että raportointiin. Kullekin laadunvalvontamittaukselle laadittiin tarvittavat kentälomakkeet ja Excel-älylomakkeet. Työohjekortit toimivat yrityksessä työhön perehdyttämisen tukena sekä tulevat osaksi Savon Kuljetus Oy:n sekä Suomen GPS-Mittaus Oy:n valmisteilla olevaa yhteistä laatujärjestelmää.</p> | |
| Avainsanat betoni, työohjekortisto, laadunvalvonta | |
| Luottamuksellisuus julkinen | |

| | | | |
|---|---------------|------------------|-------|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology | | | |
| Author(s) Anssi Turunen | | | |
| Title of Thesis Working Instructions in Quality Control of Bridge Concrete Work | | | |
| Date | 30 March 2012 | Pages/Appendices | 33/10 |
| Supervisor(s) Mr. Matti Mikkonen, Lecturer | | | |
| Project/Partners Suomen GPS-Mittaus Oy | | | |
| <p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to produce useful and easy to read instructions for concrete quality control tests. The commissioner of this thesis had been planning to expand their operations to concrete quality control tests. With the help of the system of instructions it will be easier to start a new line of business and it will be easier to carry out measurements. The thesis will be a part of the common quality system of Savon Kuljetus Oy and Suomen GPS-Mittaus Oy.</p> <p>The quality control of concrete consists of measuring and supervising the building phases of concrete structures and checking the condition of old structures. Correctly made quality control tests provide reliable information on the condition of the structure and guide possible repair operations. The purpose was to make the instructions factual but easy to read. The system of instructions was made with the Microsoft Word processor and the necessary spreadsheet forms were made with the Microsoft Excel program.</p> <p>The system of instructions contains clear instructions for carrying out the measurements, and instructions for analysing and reporting the results. With the help of the system of instructions it will be easier for the company to start working in the field of quality control. The system of instructions will help the orientation and briefing of new employees.</p> | | | |
| Keywords Instructions, bridge, concrete, quality control tests | | | |
| quality control | | | |

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 7 |
| 1.1 | Tausta ja tavoitteet | 7 |
| 1.2 | Suomen GPS-Mittaus Oy..... | 7 |
| 1.3 | Opinnäytetyön aiheen valinta ja rajaus | 8 |
| 2 | MITTAUSTEN LAATUVAATIMUKSET JA NIIDEN TOTEAMINEN | 9 |
| 2.1 | Betonipeitteen paksuus | 9 |
| 2.2 | Puristuslujuus | 10 |
| 2.3 | Tartuntalujuus..... | 10 |
| 2.4 | Kloridipitoisuus | 10 |
| 2.5 | Karbonatisoituminen | 11 |
| 3 | MENETELMÄKUVAUKSET..... | 12 |
| 3.1 | Betonipeitteen mittaus | 12 |
| 3.1.1 | Mittausmenetelmän tarkoitus ja periaate | 12 |
| 3.1.2 | Tarvittavat laitteet ja välineet | 13 |
| 3.1.3 | Esivalmistelut | 13 |
| 3.1.4 | Mittauksen suorittaminen..... | 13 |
| 3.1.5 | Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista | 14 |
| 3.2 | Betonin puristuslujuuden määrittäminen kimmovasaramenetelmällä | 15 |
| 3.2.1 | Mittausmenetelmän tarkoitus | 15 |
| 3.2.2 | Menetelmän periaate..... | 15 |
| 3.2.3 | Tarvittavat laitteet ja välineet | 15 |
| 3.2.4 | Esivalmistelut | 15 |
| 3.2.5 | Mittauksen suorittaminen..... | 16 |
| 3.2.6 | Betonin lujuuden määrittäminen koetuloksista..... | 16 |
| 3.2.7 | Vertailulujuuden määrittäminen | 17 |
| 3.2.8 | Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista | 18 |
| 3.3 | Betonin tartuntalujuuden määrittäminen..... | 19 |
| 3.3.1 | Mittausmenetelmän tarkoitus..... | 19 |
| 3.3.2 | Menetelmän periaate..... | 19 |
| 3.3.3 | Tarvittavat laitteet ja tarvikkeet | 20 |
| 3.3.4 | Esivalmistelut | 20 |
| 3.3.5 | Mittauksen suorittaminen..... | 20 |
| 3.3.6 | Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista | 22 |
| 3.4 | Kloridipitoisuuden määrittäminen..... | 22 |
| 3.4.1 | Kokeen tarkoitus..... | 22 |
| 3.4.2 | Kokeen periaate | 22 |
| 3.4.3 | Näytteenoton suorittaminen..... | 23 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.4.4 | Tarvittavat kemikaalit ja välineet..... | 23 |
| 3.4.5 | Kloridien liuotus..... | 24 |
| 3.4.6 | Tyhjä näyte..... | 24 |
| 3.4.7 | Kokeen suorittaminen..... | 25 |
| 3.4.8 | Koetulosten esittäminen..... | 26 |
| 3.5 | Karbonasoitumissyvyyden määrittäminen..... | 26 |
| 3.5.1 | Kokeen tarkoitus..... | 26 |
| 3.5.2 | Kokeen periaate..... | 26 |
| 3.5.3 | Tarvittavat laitteet ja välineet..... | 27 |
| 3.5.4 | Kokeen suorittaminen..... | 27 |
| 3.5.5 | Koetulosten esittäminen..... | 27 |
| 4 | TYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET..... | 29 |
| 5 | TYÖN ETENEMINEN..... | 30 |
| 5.1 | Työohjekorttien suunnittelu..... | 30 |
| 5.2 | Työohjekorttien laatiminen..... | 30 |
| 5.3 | Kenttä- ja älylomakkeen laadinta..... | 31 |
| 5.4 | Opinnäytetyön julkisen osan suunnittelu ja laadinta..... | 31 |
| 6 | JOHTOPÄÄTÖKSET..... | 32 |

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1 Työohjekortti Betonin tartuntalujuuden määrittäminen

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia työohjekorttijärjestelmä siltabetonin laadunvalvontamittauksiin. Työssä perehdytään betoniin liittyvään lähdeaineistoon sekä betonin laatuvaatimuksiin. Opinnäytetyön tuloksena saavutettiin työohjekorttijärjestelmä, jota Suomen GPS-Mittaus Oy voi hyödyntää liiketoiminnassaan. Työohjekortit helpottavat, nopeuttavat, selkeyttävät ja yhtenäistävät laadunvalvontakokeiden suorittamista. Työohjekortit toimivat työhön perehdyttämisen tukena sekä tulevat osaksi Savon Kuljetus Oy:n sekä Suomen GPS-Mittaus Oy:n valmisteilla olevaa yhteistä laatujärjestelmää.

Opinnäytetyön keskeisiä työmenetelmiä on lähdeaineistoon tutustuminen. Lähdeaineistoa käyttämällä laaditaan työohjekortit, jotka ovat helposti ymmärrettäviä ja sisältävät käytännön mittauksen suorittamisen kannalta olennaisen tiedon. Työn lähdeaineistona käytetään betonia käsitteleviä yleisteoksia, siltojen ja betonin yleisiä laatuvaatimuksia koskevia teoksia, sekä itse kokeita käsitteleviä standardeja ja ohjeita.

Työ jakautuu kolmeen osioon, joista ensimmäinen sisältää yleistietoa toimeksiantajasta sekä opinnäytetyöhön valituista kokeista ja mittauksista. Toinen osio sisältää menetelmäkuvaukset opinnäytetyöhön valituista laadunvalvontakokeista. Kuvausten pohjalta toimeksiantajalle laaditaan työohjekortit. Menetelmäkuvaukset toimivat opinnäytetyön julkisen osan runkona sekä ovat tarkoitettu yleistiedoksi betonin laadunvalvontaan aikoville. Kolmas osio kertoo opinnäytetyön laatimisesta, työn etenemisen eri vaiheista sekä saavutetuista lopputuloksista.

1.2 Suomen GPS-Mittaus Oy

Suomen GPS-Mittaus Oy on vuonna 1993 perustettu infra-alan insinööritoimisto. Yritys tarjoaa mittauspalveluita sekä konsultointiapua rakennuttajille, suunnittelijoille sekä rakentajille. Yritys työllistää vakituisesti 21 henkilöä ja sillä on toimipaikkoja Kuopiossa, Jyväskylässä ja Vantaalla (Suomen GPS-Mittaus Oy:n www-sivut, 2008.)

Yrityksen toimialaan kuuluu erilaisten mittauspalveluiden lisäksi, maa- ja kiviaineslaboratoriopalvelut, maanrakennustöiden laadunvalvonta, työnjohtopalvelut, maaperätutkimukset sekä ympäristösuunnittelu. Yrityksen erityisosaamisen osa-alueisiin kuu-

luvut mittaus- ja kartoitustekniikka, geotekniikka, pohjatutkimukset ja näytteenotot, tie-, katu- ja aluetekniikka, maa- ja kiviaineslaboratoriopalvelut, murskausten laadunvalvonta, rakennustöiden työjohtopalvelut, kiinteistökatselemukset sekä maa-aines- ja ympäristöluvat. Lisäksi yritys tuottaa melukartoituksia ja -mittauksia. (Suomen GPS-Mittaus Oy:n www-sivut, 2008.)

1.3 Opinnäytetyön aiheen valinta ja rajaus

Syksyllä 2010 esitettiin opinnäytetyön aiheeksi työohjekorttijärjestelmän laatimista siltamittauksiin. Opinnäytetyöaihe jakautui myöhemmin käsittämään kaksi opinnäytetyötä liittyen betonointitöihin liittyviin laadunvalvontamittauksiin sekä sillan vedeneristyksille tehtäviin laadunvalvontamittauksiin. Kevättalvella 2011 opiskelijan ja Suomen GPS-Mittaus Oy:n toimitusjohtajan Mika Jääskeläisen kesken käydyn keskustelun johdosta annettiin opinnäytetyön aiheeksi työohjekorttijärjestelmän laadita koskien betonoinnin laadunvalvontakohteita. Aloituspalaverissa 6.4.2011 työnaiheita tarkennettiin koskemaan kuutta laadunvalvontakoetta jotka olivat:

- betonipeitteen mittaus
- puristuslujuuden määrittäminen kimmoavasara menetelmällä
- betonin tartuntalujuuden määrittäminen
- betonin kloridipitoisuuden määrittäminen ja
- karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen.

Aloituspalaverissa todettiin tämän työn olevan jatkumaa Matti Sutisen 2011 tekemälle Työohjekortit siltojen vedeneristystöiden laadunvalvontamittauksissa -opinnäytetyölle ja että, tässä työssä pyritään ulkoasullisesti samanlaisuuteen kyseisen opinnäytetyön kanssa.

2 MITTAUSTEN LAATUVAATIMUKSET JA NIIDEN TOTEAMINEN

2.1 Betonipeitteen paksuus

Betonipeitteen yksi tärkeä tehtävä on suojata betonin sisällä olevia teräsosia korroosiolta. Betonipeitteen tulee kestää sään, kosteuden, kulutuksen ja kemiallisten reaktioiden aiheuttamat rasitukset. Raudoituksen suojaamiseksi korroosiolta on suojaerroksen oltava riittävä, jotta rakenne kestää sille suunnitellun käyttöiän. (Jussinmäki. 2010, 20–21)

Betonipeitteen paksuus mitataan rakenneosakohtaisesti siten, että peitteen paksuudesta saadaan kattava kuva koko sillan osuudelta. Tutkittavan betonipinnan pinta-alan määrä vaihtelee 5 - 10 % riippuen rakenneosasta. Tarkastettavan pinnan alueelta tulee tehdä vähintään yksi mittaus jokaista tarkastettavaa teräspituusmetriä kohden ja kuitenkin aina vähintään 6 kpl. Tarkastettavalla teräksellä tässä tapauksessa tarkoitetaan mittauskohdassa pintaa lähinnä olevaa raudoitusta tai työraudoitusta. Betonipeitteen paksuuden tulee täyttää Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset Betonirakenteet – SYL 3:ssa esitetyt vaatimukset. Betonipeitteen paksuuden poikkeama ilmoitetaan millimetreinä suunnitelmassa määritetystä nimellisarvosta. Nämä nimellisarvot vaihtelevat rakenneosittain. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset Betonirakenteet – SYL 3. 2005. 12, 21, 25.)

Taulukko 1. Sallittu betonipeitteen alitus sekä hylkäysraja rakenneosittain

| Rakenneosa | Sallittu alitus [mm] | Hylkäysraja [mm] |
|--|---------------------------------|-----------------------------|
| Peruslaatat: | | |
| Maata tai kalliota vasten betonoitava pinta | 25 | |
| Muottia vasten valetut pinnat ja laatan yläpinta | 10 | 15 |
| | | |
| Pääty- ja välituet: | 5 | 10 |
| Päällysrakenteet: | 5 | 10 |
| Elementtirakenteet: | 5 | 10 |

2.2 Puristuslujuus

Kimmoivasaramenetelmällä testauskohtien puristuslujuustulokset tulee olla vähintään sama kuin rakennekoekappaleille asetettu laskennallinen lujuusvaatimus. Arvosteluerä saavuttaa hyväksynnän, kun vertailulujuus saavuttaa 1-luokan rakenteissa vähintään 85 % ja 2-luokan rakenteissa vähintään 80 % nimellislujuuden arvosta ja jos mittaustulosten keskihajonnan ja keskiarvon suhde on pienempi kuin 0,15. Suhteen ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin 0,25 tällöin vertailulujuuden tulee täyttää lujuusvaatimus täysimääräisenä. Suhteiden väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti. (VTT-TEST R004-01, Siltabetonin puristuslujuuden mittaaminen kimmoivasaralla; Suomen rakentamismääräyskokoelma, B4 Betonirakenteet, ohjeet, 2005, kohta 6.3.3.4.) Jos betonoinnin yhteydessä muotin pinnalla on käytetty muottikangasta ja betonin suunnittelulujuus on enintään K40, on betonin pinnasta mitattujen lujuusarvojen oltava vähintään 5 MPa suurempia kuin suunnittelulujuus (Kimmoivasaran käyttäjän ohje, 2006, 8).

2.3 Tartuntalujuus

Tartuntalujuuskokeilla määritetään, kuinka hyvin kovettunut betoni on tarttunut alustaansa tai kallioon. Kokeella voidaan määrittää myös kuinka kerroksittain valetun betoni kerrosten välinen tartuntalujuus. Tartuntakokeita suoritetaan usein korjausvalun, ruiskubetonoinnin ja muotoiluvalun yhteydessä, näissä kohteissa tartunta on usein ongelmallista. SILKO-ohjeiden mukaan tartuntavetolujuus korjauskohdassa on oltava vähintään 1,5 N/mm². (SILKO 2.2 1992; SFS-5446 Betoni. Tartuntalujuus.)

2.4 Kloridipitoisuus

Kloridi aiheuttaa betonin raudoitukselle korroosioriskiä. Raudoitusta ympäröivän betonin kloridipitoisuuden tulee saavuttaa nk. kriittinen kloridipitoisuus (kloridikorroosion kynnyсарvo), jolloin kloridin aiheuttama korroosio käynnistyy. Kriittiselle kloridipitoisuudelle on esitetty vaihtelevia arvoja eri lähteissä. Arvot vaihtelevat välillä 0,4 - 0,6 % sementin painosta. Silko-ohjeiden mukaan betonin kloridipitoisuus saa olla normaalisti raudoitettussa rakenteessa 0,07 % happiliukoisena mitattuna ja 0,05 % vesiliukoisena mitattuna betonin painosta. Jännitetyiden rakenteiden kriittinen kloridipitoisuus on alhaisempi, enintään puolet edellä mainituista arvoista. (SILKO 2.21, 1992; VTT Tutkimusraportti Nro VTT-S-00757-08 Korjausalustan laatuvaatimukset, 2008,12-14.)

2.5 Karbonatisoituminen

Betonin karbonatisoituminen johtuu sen huokosveden pH-arvon laskusta. Juuri vältetyn betonin huokosveden pH voi olla jopa 12 - 13. Betonin emäksisyys suojaa raudoitusta korroosiolta. Karbonatisoitumisreaktion aiheuttaa betoniin tunkeutuva hiilidioksidi. Vaikutukset alkavat ensimmäiseksi betonin ulkopinnalla, ajan myötä karbonatisoituminen etenee syvemmälle rakenteeseen aiheuttaen raudoituksen ruostumisen. Raudoituksen korroosio tuotteet vaativat nelinkertaisen tilavuuden verrattuna raudoituksen alkuperäiseen tilavuuteen. Tilavuuden muutos voi aiheuttaa säröjä betonin sisään tai raudoitusta suojaavan betonipeitteen lohkeamiseen kokonaan. (Havukainen. 2009, 19)

Karbonatisoitumiselle ei yleisesti ottaen ole laatuvaatimuksia. Karbonatisoitunut betoni tulee poistaa rakenteesta riittävän syvältä, jolloin voidaan taata korjauksen onnistuminen. (InfraRYL 2009 Osa 3)

3 MENETELMÄKUVAUKSET

3.1 Betonipeitteen mittaus

3.1.1 Mittausmenetelmän tarkoitus ja periaate

Mittausmenetelmän tarkoituksena on määrittää rakenteen raudoitusta suojaavan betonipeitteen paksuus ja osoittaa täytyvätkö rakenteelle suunnitellut peitepaksuudet. Riittävällä betonipeitteen paksuudella on suuri merkitys, jotta rakenne kestää sille suunnitellun käyttöiän. Betonipeitteen tärkein tehtävä on suojata raudoitusta korroosiota aiheuttavilta tekijöiltä, kuten kosteudelta, kulutukselta ja erilaisilta kemiallisilta reaktioilta. Betonirakenteet luokitellaan niiden ympäristöolosuhteiden mukaan, tämän luokitus määrittää betonipeitteen vähimmäisarvon. Betonipeitteen on oltava vähintään vähimmäisarvon suuruinen rakenteesta mitattuna. (Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201, 2007, 120-125)

Suomen GPS-mittaus Oy:llä on käytössään Proceq Profometer 5+ -betonipeitemittari. Mittari koostu osoitinlaitteesta sekä siihen liitettävästä induktioanturista. Kuvassa 1 Proceq Profometer 5+ -betonipeitemittari. Mittarin toiminta perustuu pulssi-induktioon, eli anturi luo raudoitukseen pyörrevirtoja, joiden perusteella laite määrittää raudoituksen syvyyden. (Proceq Profometer 5+ - Operating Instructions.)



Kuva 1. Proceq Profometer 5+ -betonipeitemittari; 1. osoitinlaite
2. induktioanturi. (Valokuva, Anssi Turunen, 2011)

3.1.2 Tarvittavat laitteet ja välineet

Betonipeitteen mittaukseen tarvitaan **Proceq Profometer 5+** -betonipeitemittari. Mittari koostuu osoitinlaitteesta sekä siihen liitettävästä induktioanturista. Tulosten käsittelyyn tarvitaan mittarin mukana tullut ProVista -ohjelma.

3.1.3 Esivalmistelut

Ennen mittauksen suorittamista mittaajan on hyvä tutustua kohteen raudoituspiirustuksiin sekä mittalaitteen käyttöohjeisiin. Raudoituspiirustuksista selvitetään betonipintaa lähimpänä kulkevan raudoituksen halkaisija ja suunta. Mitattavan raudoituksen halkaisija syötetään mittalaitteeseen ennen mittauksen aloittamista. Raudoituksen todellisen halkaisijan syöttäminen mittalaitteeseen on tärkeää koska, väärä halkaisija aiheuttaa virhettä mitattuihin arvoihin. (Proceq Profometer 5+ Operating Instructions.)

3.1.4 Mittauksen suorittaminen

Ennen varsinaista mittausta voidaan rekenne mitata alustavasti peitemittarilla, niin että rakenteen raudoituksen sijainneista, suunnista, sekä määristä saadaan käsitys. Tämä helpottaa varsinaista mittausta. Lisäksi ennen mittausta tarkastetaan laatuvaatimukset betonipeite paksuudelle kohteen urakka-asiakirjoista. Peitepaksuus vaatimukset ovat jokaiselle rakenneosalle ominaiset. (Jääskeläinen, 11.11.2011)

Mittauksia suoritetaan rakenneosakohtaisesti, siten että saadaan kattava kuva koko sillan osuudelta. Rakenneosan pinta-alasta vähintään 5–10 % tarkastetaan. Tarkastettavasta pinnasta tehdään vähintään yksi mittaus, jokaista teräs pituusmetriä kohden, mutta vähintään 6 mittausta. Mittaus tehdään betonipintaa lähinnä kulkevasta raudoituksesta tai työraudoituksesta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset Betonirakenteet – SYL 3, 2005.)

Kun mitattavan rakenteen raudoituksen halkaisija tiedetään ja se on syötetty betonipeitemittariin, voidaan rakenne mitata. Anturi asetetaan betonipinnalle ja sitä raahataan pitkin pintaa kevyesti painaen. Mittari ilmoittaa äänimerkillä kun anturi ylittää raudan. Tällöin osoitinyksikön näyttöön ilmestyy betonipeitteen paksuus millimetreinä. Näytön ilmoittama tulos voidaan tallettaa mittarin muistiin. Löytynyt raudoitus mitataan alusta loppuun mitaten peitepaksuuksia yhden metrin välein. (Jääskeläinen, 11.11.2011)

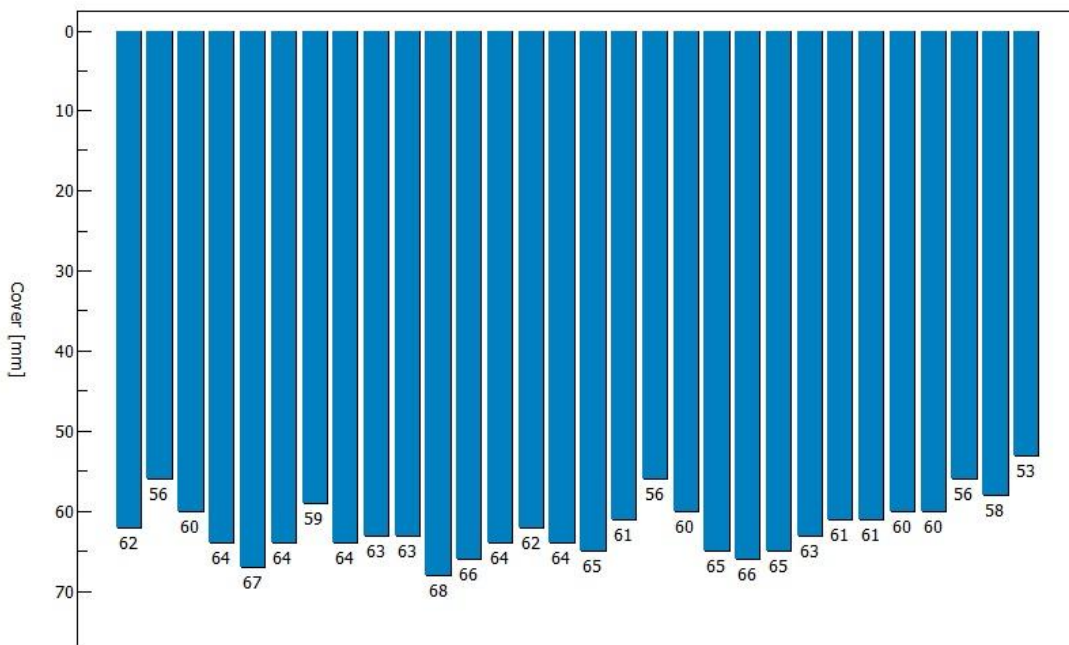
3.1.5 Tutkimuselostuksen laatiminen mittauksista

Mittalaitteeseen tallennettu mitta-aineisto voidaan purkaa tietokoneelle ProVista – ohjelmiston avulla. Ohjelman avulla mittaustuloksiin voidaan lisätä paikka- ja sijaintitietoja, sekä tulostaa ja tallentaa mittaustuloksia PDF-tiedostomuotoon. Mitta-aineistoista ohjelma laskee tulosten keskiarvon, keskihajonnan, jännevälin, peitepak-suuden maksimi-, ja minimiarvon, sekä mitattujen rautojen lukumäärän. Ohjelmasta löytyy myös työkaluja raportin ulkoasun muokkaukseen (kuva 2).

PROCEQ - PROFOMETER 5 (V2.3.0, 57.7949)

Rebar Locator

Title: 100007 Date: 14-Nov-2011 Name: Silta
Remarks: Tuki T3, Paalu 312



Set parameters

Bar diameter

D = 16 mm

Statistic

| | |
|----------------------------|-------------|
| Number of measured bars | N = 30 |
| Average measured cover | m = 61.9 mm |
| Standard deviation | sa = 3.6 mm |
| Maximum of measured covers | Max = 68 mm |
| Minimum of measured covers | Min = 53 mm |
| Span | R = 15 mm |

Measured covers [mm]

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 62 | 56 | 60 | 64 | 67 | 64 | 59 | 64 | 63 | 63 | 68 | 66 | 64 | 62 | 64 | 65 | 61 | 56 | 60 | 65 |
| 66 | 65 | 63 | 61 | 61 | 60 | 60 | 56 | 58 | 53 | | | | | | | | | | |

Kuva 2. ProVista-ohjelmistolla purettu ja muokattu mitta-aineisto

3.2 Betonin puristuslujuuden määrittäminen kimmovasaramenetelmällä

3.2.1 Mittausmenetelmän tarkoitus

Menetelmän tarkoituksena on määrittää pakkasenkestävän siltabetonin (P-lukubetoni) vaatimustenmukaisuus puristuslujuuden osalta kimmovasaramenetelmällä. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

3.2.2 Menetelmän periaate

Kimmovasara on rakennetta rikkomaton betonin lujuuden tutkimusmenetelmä. Kimmovasara menetelmää ei voida käyttää ainoana betonin lujuudenmäärittämismenetelmänä. Kimmovasaramittauksilla voidaan korvata rakennuspaikalla tehtävät koekappaleisiin perustuvat puristuslujuus testaukset. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

Kimmovasaran toiminta perustuu jousella viritetyn vasaran laukaisemiseen vasten betonin pintaa, laite mittaa vasaran kimmahduksesta takaisin kulkeman matkan. Kimmovasaran ilmoittamien lukemien perusteella voidaan määrittää betonin puristuslujuus. Kimmovasaramenetelmää ei voida käyttää jos betonin puristuslujuusvaatimus on yli 45 MPa. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

3.2.3 Tarvittavat laitteet ja välineet

1. **Kimmovasara**
2. **Betonipinnan kasteluun tarvittava välineistö**

3.2.4 Esivalmistelut

Mitattavan betonipinnan tulee olla sileä, esimerkiksi muottipintaa vasten valettu. Epätasaiset tai huokoiset pinnat voidaan tasoittaa koneellisella hionnalla testattavista kohdista. Lisäksi pinnan tulee olla puhdas ja tiivis. Ennen mittauksia mitattavaa pintaa kastellaan noin 15 minuuttia ruiskuttamalla siihen vettä, tai esimerkiksi sienellä kastelulla. Jäätäneestä betonipinnasta saadaan liian suuria kimmovasaralukemia, joten talviaikaan kimmovasaralukemia ei voida määrittää ilman erikoistoimenpiteitä. Myös kuivasta pinnasta saadaan liian suuria kimmovasaralukemia, etenkin alhaisilla betonin lujuuksilla. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

3.2.5 Mittauksen suorittaminen

Testattava kohde jaetaan rakenne- ja lujuusluokittain arvostelueriin. Arvostelueriin jaossa otetaan huomioon betonointi- ja rakennekokonaisuudet, aikataulu, betonin ikä ja valmistaja. Testauskohtia tulee valita yhtä arvosteluerää kohden vähintään kolme ja vähintään yksi testauskohta alkavaa 100 betoni-m³:ä kohti. Testauskohdat tulee valita niin, että betonin lujuudesta saadaan kattava ja luotettava kuva koko arvosteluerästä. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

Testaus kohdistetaan rakenteeseen jonka pienin läpimitta on 100 - 300 mm. Yksittäisten iskujen välinen etäisyys tulee olla vähintään 20 mm, sekä vähintään 40 mm rakenteen reunasta. Selvästi kiveen tai huokoseen kohdistuneiden iskujen tulokset hylätään. Testattavasta rakenteesta määritetään vähintään 10 hyväksyttyä kimmo-vasara-arvoa. Testaustulos on yksittäisten kimmo-vasara-arvojen keskiarvo. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

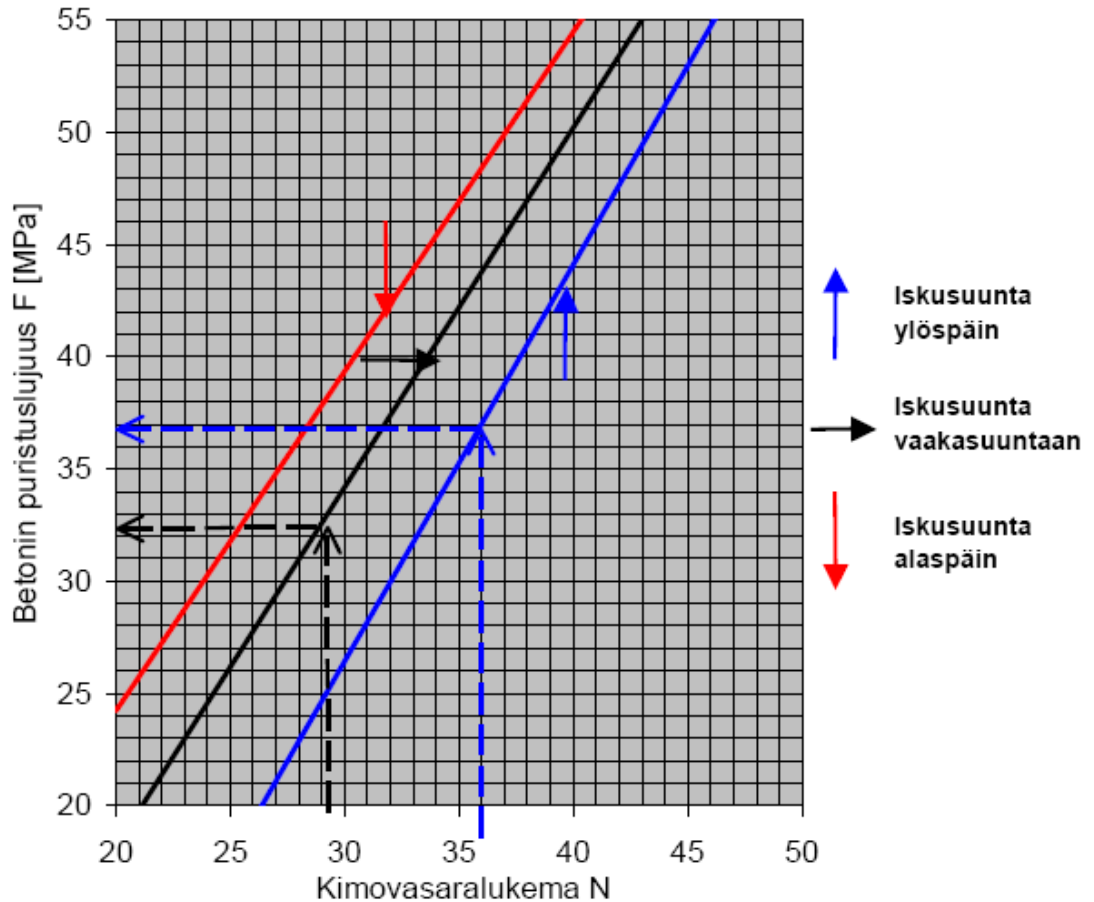
Kimmo-vasaramittauksia voidaan suorittaa vaakasuoraan ja pystysuoraan. Suositeltavin suunta on vaakasuora. Vaakarakenteiden mittaukset pyritään suorittamaan rakenteissa olevien aukkojen reunoista ja pystysuuntaiset mittaukset pyritään suorittamaan alhaalta päin, jolloin mitattava pinta on valettu muottia vasten. Lisäksi kimmo-vasaraa tulee pitää kohtisuorassa mitattavaa pintaa vasten. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

Käytettävä kimmo-vasara tulee olla kalibroitu valmistajan ilmoittamien ohjeiden mukaisesti ja ennen kimmo-vasara testauksen aloittamista tulee varmistaa että rakenteet on esivalmisteltu oikein. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

3.2.6 Betonin lujuuden määrittäminen koetuloksista

Kimmo-vasaran ilmoittamista arvoista lasketaan keskiarvot ja luvut muutetaan kuvion 1 mukaisesti betonin puristuslujuusarvoiksi. Kuvion 1 kimmo-vasaralukemien ja puristuslujuuden välinen riippuvuus on voimassa VTT:n mukaan uusille kimmo-vasaroille. Kuvion 1 riippuvuutta voidaan käyttää vain silloin kun kimmo-vasaraa ei ole vielä kalibroitu tai kun riippuvuus on todettu samaksi. Kimmo-vasaralukemien ja puristuslujuuden välinen riippuvuus on ilmoitettu yleensä kimmo-vasaran kyljessä. Riippuvuus muuttuu vasaran käytön, iän, puhdistuksen ja öljyämisen johdosta, joten kimmo-vasara tulee kalibroida riittävän usein. VTT:n tutkimusselosteessa VTT-TEST R004-01 on ohjeet, kuinka kimmo-vasaran kalibrointi vaikuttaa kyseiseen riippuvuuteen.

VTT-TEST R004-01 sisältää myös kalibrointi ohjeet sekä laskentakaavat riippuvuuden uudelleen laskemiseksi. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)



Kuvio 1. Kimmovasaralukemien ja betonin puristuslujuuden välinen riippuvuus. Puristuslujuus vastaa särmältään 150 mm koekuution puristuslujuutta. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

3.2.7 Vertailulujuuden määrittäminen

Vertailulujuutta käytetään arvosteluerän hyväksynnän selvittämiseen. Kohdan 4.2.6 määritettyjen puristuslujuusarvojen perusteella voidaan rakenteelle laskea vertailulujuus seuraavasti:

Jos arvosteluerässä on vähintään 15 mittauskohtaa, vertailulujuus K_k on pienempi seuraavista arvoista:

$$K_k = f_{cm} - 1,48s \quad (1)$$

tai

$$K_k = f_{cmin} + 4 \quad (2)$$

jossa f_{cm} on mittauskohtien lujuusarvojen keskiarvo, s on mittauskohtien lujuusarvojen keskihajonta, f_{cmin} on pienin saatu lujuusarvo mittauskohdasta. Jos mittauskohtia on alle 25, tulee keskihajonnan arvona käyttää 2 MPa. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

Jos arvosteluerässä on 3 - 14 mittauskohtaa, vertailulujuus K_k on pienempi seuraavista arvoista:

$$K_k = f_{cm} - f_n \quad (3)$$

tai

$$K_k = f_{cmin} + 4 \quad (4)$$

Kertoimen f_n arvo on riippuvainen mittauskohtien lukumäärästä taulukon 2 mukaisesti. (Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

Taulukko 2. f_n -kertoimen riippuvuus mittauskohtien lukumäärästä.

| n | f_n |
|---------|-------|
| 10 - 14 | 4 |
| 7 - 9 | 5 |
| 3 - 6 | 6 |

3.2.8 Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista

Tiehallinnon Kimmovasaran käyttäjän ohjeen mukaan laadittavassa tutkimusselostuksessa esitetään seuraavia asioita:

- tiedot arvosteluerän betonista
 - valmistaja
 - betonin lujuus ja tyyppi
 - mitattujen pintojen laatu ja käsittely
 - testaussuunnat
 - kaaviokuva mittauskohtien sijainnista rakenteessa
- yksittäiset kimmovasaralukemat ja niistä lasketut keskiarvot
- mittauskohtien kimmovasaralukemia vastaavat lujuusarvot, lujuusarvojen keskiarvo ja keskihajonta

- arvosteluerän puristuslujuuden vertailulujuus
- mittauksen suoritus ajankohta
- mittauksen suorittaja.
(Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2006.)

3.3 Betonin tartuntalujuuden määrittäminen

3.3.1 Mittausmenetelmän tarkoitus

Betonin tartuntalujuudella tarkoitetaan sitä, miten hyvin betoni kestää kiinni valualustassaan. Menetelmää voidaan käyttää tutkittaessa betonin tartuntaa esimerkiksi kallioon tai ruiskubetonin tartuntaa alustaansa. Tartuntavetolujuus kokeella voidaan selvittää kerroksittain valettujen betonikerrosten tartunnan onnistumista tai vanhan ja uuden betonipinnan välistä tartuntaa. Menetelmällä voidaan lisäksi määrittää betonin vetolujuus. (SFS-EN 5446, Betoni. Tartuntalujuus)

Valualustan puhtaus ja lujuus vaikuttavat merkittävästi betonin tartuntaan. Tartuntaan vaikuttaa jonkin verran myös alustan kosteus. Vetokokeita tulee tehdä niin, että betonin tartunnasta saadaan kattava kuva koko tutkittavan alueen osalta. Betonintartuntalujuuskokeita tehdään samassa laajuudessa, kuin puristuslujuuskokeita. (InfraRYL 2009 Osa 3)

3.3.2 Menetelmän periaate

Betonin tartuntalujuuden mittaus perustuu betoninpintaan liimattujen vetolaikkojen irrottamiseen vaadittavan vetovoiman mittaamiseen. Vetolaikkojen irtovetäminen tapahtuu siihen tarkoitettulla vetolaitteella, joka ilmoittaa vaaditun voiman. Vetokokeiden onnistumisen kannalta tärkeää on, että vetolaikkojen liimaus onnistuu. Liimauksen epäonnistuttua betonintartuntalujuudesta ei saada varmoja tuloksia. Liimauksen onnistuakseen kuivan ja tasaisen betonipinnan sekä vähintään 15 °C ilmanlämpötilan. Ennen liimausta betonipintaa voidaan tasoittaa hiomalla, puhdistaa teräsharjalla ja kuivata kaasupolttimella. Ennen kokeiden suorittamista on hyvä tutustua liiman käyttöohjeisiin. Lisäksi tulee varmistaa, että käytettävä liima soveltuu vetokokeiden suorittamiseen sekä liimasta tulee tarkastaa päiväysmerkinnät. (SFS-EN 5446, Betoni. Tartuntalujuus.)

3.3.3 Tarvittavat laitteet ja tarvikkeet

1. **Näytteenottopora**, jossa on 50 mm kartiopora ja tarvittaessa vesijäähdytys
2. **Tartuntavetolaite**
3. **Liimaa**, jolla vetolaikat liimataan betonipintaan (liimajauhe ja kovete)
4. **Kulmahiomakone**, jossa **kuppilaikka** betonipinnan tasoittamiseen
5. **Harja tai liina** betonipinnan puhdistukseen ennen liimausta

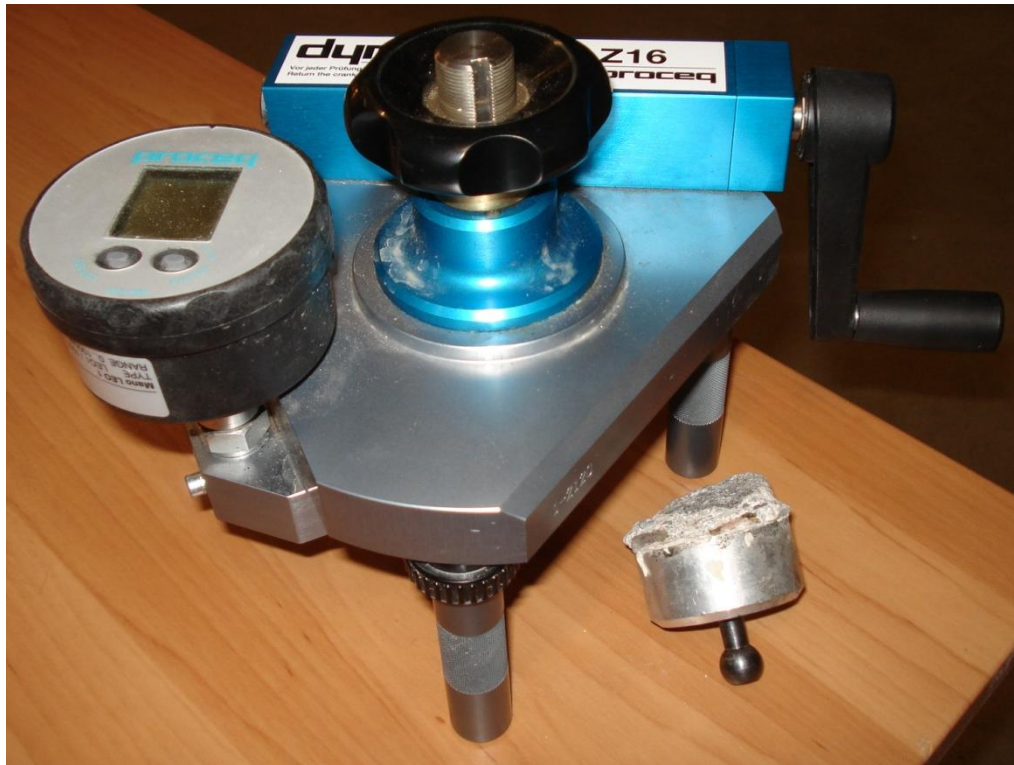
3.3.4 Esivalmistelut

Vetokohdat valitaan siten, ettei poraus vaikuta rakenteen kestävyys- ja kantavuuteen. Vetokohdissa ei saa olla raudoitusta. Tutkittavan kohdan tartuntasäuma tulee olla 10 - 300 mm syvyydellä. Ennen porausta vetokohdan betonipinta tasoitetaan kulmahiomakoneella, jossa on kuppilaikka. Hiottuun kohtaan porataan kohtisuoraan betonin pintaa vastaan porasura. Porasuran tulee ylettyä sauman ohitse n. 20 mm, jos sauman ohitse ei voi porata tulee porasuran ylettyä vähintään saumaan saakka. Porausta ei uloteta tartuntasäumaan saakka jos kyseessä on pelkkä betonin vetolujuuden määrittäminen

Porakartion pinta puhdistetaan ja kuivataan ennen liimausta. Liimaa tulee levittää vetolaikan pohjaan sekä porakartion pintaan. Vetolaikka laitetaan porakartion päähän ja painetaan hetki, kunnes vetolaikka ei enää liu'u liimapatjan päällä. Liiman annetaan kuivua, jonka jälkeen suoritetaan vetokoe. (SFS-EN 5446, Betoni. Tartuntalujuus)

3.3.5 Mittauksen suorittaminen

Vetokoe suoritetaan vetotarkoitukseen rakennetulla vetolaitteella. Suomen GPS-Mittaus Oy:llä on käytössään Proceq Dyna Z16 -merkinen vetolaite (kuva 3).



Kuva 3. Proceq Dyna Z16 –vetolaitteisto ja irtivedetty vetolaikka. (Valokuva Anssi Turunen, 2011)

Ennen vetolaikan irtivetämistä on syytä varmistaa, että liima on saanut riittävän kuivumisajan. Liiman kuivumisaikaan vaikuttavat vetolaikan-, betonin-, sekä ympäristön lämpötila. Ympäristön lämpötilan ollessa alle 15 °C on suositeltavaa, että kuivumisaikaa pidennetään. Vetolaikkaan voidaan kiinnittää vetonuppi, kun on varmistuttu siitä, että liima on kovettunut. Vetolaitteen vetotanko kiinnitetään vetolaikan vetonuppiin. Ennen kuin vetolaikkaa aletaan kuormittaa, tulee vetolaitteen jalkojen olla säädetty niin, että vetolaite on kohtisuorassa vetolaikkaan nähden. Tällöin vetolaikkaan kohdistuu vain vetävää voimaa, eikä vääntävää voimaa. Kuormitusta lisätään tasaisesti pyörittämällä vetolaitteen kampea myötäpäivään. Kuormituksen lisäysnopeuden tulisi olla $0,05 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2\text{s}$. Kuormituksen kasvaessa riittävän suureksi tapahtuu murtuma, jolloin vetolaikka irtoa. Mittaajan on tarkkailtava, mistä kohdasta murtuminen tapahtui. Vetokoe hylätään jos murtuminen tapahtuu selvästi saumavyöhykkeen ulkopuolelta tai liimauksesta. Proceq Dyna Z16 –vetolaitteisto tallentaa näytölleen suurimman kuormitusarvon eli murtokuorman. Vetolaitteen ilmoittama murtokuorma ja murtumiskohta tulee merkitä mittauspöytäkirjaan. (SFS-EN 5446, Betoni. Tartuntalujuus.)

3.3.6 Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista

Suomen Standardisoimisliiton SFS-EN 5446, Betoni. Tartuntalujuus –standardin mukaan tutkimusselostuksessa tulee mainita seuraavat tiedot:

- koepaikan nimi ja osoite
- tutkimusselostuksen päivämäärä ja tunnukset
- koemenetelmä (numero ja otsikko)
- mahdolliset poikkeamat koemenetelmästä
- tilaajan nimi ja osoite
- kokeen suorituspäivämäärä
- koetulokset
- koetulosten arvostelu.

3.4 Kloridipitoisuuden määrittäminen

3.4.1 Kokeen tarkoitus

Kokeen tarkoituksena on määrittää betonin kloridipitoisuus. Kloridipitoisuus ilmoitetaan painoprosenttina betonin määrästä. Kokeessa määritetään joko tietyn tarkoin rajatun kohdan kokonaiskloridipitoisuus tai betonin keskimääräinen kloridipitoisuus. (SFS-EN 14629, Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen.)

3.4.2 Kokeen periaate

Kloridipitoisuuden määrittämiseen on käytössä useita eri menetelmiä ja standardeja. Tässä opinnäytetyössä betonin kloridipitoisuuden määrittämiseen käytetään Suomen standardisoimisliiton SFS-EN 14629 perustuvaa titrausmenetelmää. Standardissa on esitetty kaksi menetelmää kloridipitoisuuden määrittämiseksi betonista, Volhardin menetelmä sekä potentiometrinen menetelmä. Kloridipitoisuus voidaan määrittää betonista irrotetuista koekappaleista tai betonin porauksesta syntyvästä jauheesta. (SFS-EN 14629, Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen.)

3.4.3 Näytteenoton suorittaminen

Näytteenotto suoritetaan näytteenottosuunnitelman mukaisista kohdista. Näytteenoton tulee suorittaa siihen pätevä henkilö. Lisäksi näytteenotto suoritetaan niin, ettei rakenteenkantavuus tai vahvuus muutu. Jokainen näytteenottopaikka on suojattava tai paikattava heti näytteenoton jälkeen. Näytteenottosuunnitelmassa tulee huomioida seuraavia asioita.

- Koko, luokka, muoto, paikka, suunta, ikä ja rakennesuunnittelu
- Ulkopinnan halkeamat ja muut mahdolliset tiedot rakenteen heikkenemisestä
- Raekoko ja betonin heterogeenisyys
- Altistumisolosuhteet esim. suolaveden loiske alueet

Näytteenottosuunnitelmaan merkitään näytteenottosyvyys ja mikäli näyte kerätään kerroksittain näytteisiin merkitään keräyssyvytydet. Näytteeseen ei yleensä oteta mukaan betonin pintakerrosta. Näyte voidaan ottaa poraamalla tutkittavaan rakenteeseen reikä ja keräämällä syntyvä jauhe talteen. Jauhetta kerätään vähintään 1 g jokaista tutkittavaa rakennetta kohti.

Näyte voidaan ottaa myös kairanäytteenä, jolloin betonista irrotetaan läpimitaltaan 30 - 50 mm pala riippuen betonin raekoosta. Ennen kuin betonipaloja voidaan hioa ja murskata, palat kuivataan vakiopainoon ilmastoidussa uunissa 105 ± 5 °C lämpötilassa. Kuivauksen jälkeen palojen annetaan jäähtyä huoneen lämpötilaan eksikkatorissa. Betonipaloista murskataan ja hiotaan jauhetta, joka läpäisee 1,18 mm seulan tai pienemmän. (SFS-EN 14629, Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen.)

3.4.4 Tarvittavat kemikaalit ja välineet

Kemikaalit

1. **Ionivaihdettua vettä** jonka sähkönjohtavuus on alle $2 \mu\text{S}/\text{cm}$
2. **Typpihappoa** (5 mol/l)
3. **Hopeanitraattiliuosta** (0,02 mol/l)
4. **Ammoniumtiosyanaattiliuosta** (NH_4SCN) (0,1 mol/l)
5. **Ammoniumrautasulfaatti indikaattoriliuosta**
6. **3,5,5-Trimetyyliheksanoli**

Välineet

1. **Murskaus** ja **hiota** välineet näytteen valmistamiseen
2. **1,18 mm seula** tai pienempi
3. Ilmanvaihdolla varustettu **lämpökaappi**, jonka lämpötilan mittaustarkkuuden on oltava 105 ± 5 °C
4. **Laboratoriovaaka**, jonka punnitustarkkuuden täytyy olla 1 mg.
5. **Eksikkaattori**
6. **Byretti**, jonka tarkkuus on 0,05 ml
7. **250 ml keitinlasi**
8. **Magneettinen sekoittaja**
9. Lämmönlähde, **kaasupoltin**
10. **Tyhjiösuodatus välineistö** Büchner-suppilo, suodatuspullo, medium-suodatinpaperi
11. **250 ml mittapullo**
12. **Pipettejä**, joiden mittaustarkkuus on 0,1 ml
13. Tarvittaessa, potentiometrinen titrausvälineistö (mm. Ag/AgCl elektrodi tai vastaava, korkea vastus mV-mittari, byretti tarkkuus on 0,05 ml tai automaattinen titraus välineistö.)

3.4.5 Kloridien liuotus

Betonijauhetta mitataan 1 - 5 g keitinlasiin, jonka tilavuus on 250 ml. Keitinlasiin lisätään 50 ml vettä, 10 ml 5 mol/l typpihappoa ja tämän jälkeen 50 ml kuumaa vettä. Seos kuumennetaan kiehuvaan ja annetaan kiehua vähintään 3 minuuttia kokoajan voimakkaasti sekoittaen. Jos kloridipitoisuuden määrittämiseksi käytetään Volhardin menetelmää täytyy seos suodattaa käyttäen suodatinpaperia. Liuotukseen käytetty keitinlasi ja sekoittaja huuhdellaan ja huuhte kaadetaan suodatinpaperille. Lopuksi suodattimen päälle kertynyt sakka huudellaan. (SFS-EN 14629, Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen.)

3.4.6 Tyhjä näyte

Betonin kloridipitoisuuden määrittämiseksi tulee suorittaa tyhjä näyte. Tyhjä näyte tarkoittaa kokeen suorittamista ilman betoni näytettä. Tyhjän näytteen titraukseen käytetyn ammoniumtiosyanaattiliuoksen tilavuus kirjataan tutkimuspöytäkirjaan. Tätä

tilavuutta tarvitaan myöhemmin betonin kloridipitoisuuden selvittämiseksi. (SFS-EN 14629, Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen.)

3.4.7 Kokeen suorittaminen

Volhardin menetelmä

Näyteliuokseen lisätään pipetillä 5 ml hopeanitraattiliuosta samalla voimakkaasti sekoittaen. Hopeanitraattiliuos saostaa näyteliuokseen kloridisakkaa. Jos Kloridipitoisuus on korkea ja näyteliuokseen syntyy sakkaa runsaasti, voidaan näyteliuokseen lisätä 3,5,5-Trimetyyliheksanolia.

Näyteliuokseen lisätään 5 tippaa Ammoniumrautasulfaatti indikaattoriliuosta ja näytteen titraus aloitetaan Ammoniumsyaanaattiliuoksella. Titraus tapahtuu tippa kerrallaan samalla jatkuvasti sekoittaen. Titrausta jatketaan kunnes punaruskeaväri ei enää katoa, tällöin on saavutettu ns. pääte piste. Titraukseen käytetyn Ammoniumtiosyanaattiliuoksen tilavuus V_1 kirjataan tutkimuspöytäkirjaan.

Jos titrauksen pääte piste saavutetaan varhain (alle 1 ml Ammoniumtiosyanaattia lisätty), tulee näyteliuokseen lisätä 5 ml hopeanitraattiliuosta. Titrausta jatketaan kunnes saavutetaan toinen pääte piste. Kloridipitoisuuden ollessa korkea voidaan tämä proseduri joutua toistamaan useaan otteeseen tai koe voidaan aloittaa alusta pienemmällä määrällä betonia. Kokeen jälkeen voidaan selvittää betonin kloridi-ionien prosenttiosuus näytteen massasta, joka lasketaan kaavasta

$$\text{Kloridipitoisuus}(\%) = \frac{3,545 \cdot f \cdot (V_2 - V_1)}{m}, \quad (5)$$

jossa V_1 on titraukseen käytetyn ammoniumtiosyanaatti liuoksen tilavuus [ml], V_2 on tyhjän näytteen titraukseen käytetyn ammoniumtiosyanaatti liuoksen tilavuus [ml], f on hopeanitraattiliuoksen molaarisuus eli konsentraatio [mol/l], m on betoni näytteen paino [g]. (SFS-EN 14629, Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen.)

3.4.8 Koetulosten esittäminen

Suomen Standardisoimisliiton SFS-EN 14629 –standardin mukaan laadittavassa tutkimusselostuksessa esitetään seuraavat tiedot

- asiakkaan nimi
- testauspäivämäärä
- näytteen tunnistetiedot (kohde, tutkittava rakenne, näytteenottosyvyys)
- näytteenlaatu (jauhe, näytepala)
- testinäytteen kloridipitoisuus
- käytetty menetelmä
- viittaus SFS-EN 14629-standardiin (SFS-EN 14629, Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen.)

3.5 Karbonasoitumissyvyyden määrittäminen

3.5.1 Kokeen tarkoitus

Kokeen tarkoituksena on määrittää, kuinka syvälle karbonatisoituminen on edennyt kovettuneen betonin pinnasta. Koe voidaan suorittaa mittauskohteessa tai laboratoriossa betonipaloista tai koelieriöistä. Karbonatisoitumissyvyys voidaan määrittää myös esimerkiksi betoniin piikatun tai poratun aukon reunasta. (SFS-EN 14630 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen fenolftaleinimenetelmällä. 2007.)

3.5.2 Kokeen periaate

Karbonatisoituminen havaitaan ruiskuttamalla betoninäytteen pinnalle fenolftaleiinia, joka värjää karbonatisoitumattoman betonin violetiksi. Betoni, joka ei värjäy, on karbonatisoitunut. Mittaamalla värjäytymättömän betonikerroksen paksuus saadaan selville, kuinka syvälle karbonatisoituminen on edennyt betonin pinnasta. Koetta ei voida suorittaa betoniin, mikä on tehty kalsium-alumiini-sementistä. (SFS-EN 14630 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen fenolftaleinimenetelmällä. 2007.)

3.5.3 Tarvittavat laitteet ja välineet

1. **Fenolftaleiini-indikaattoriliuosta** (1 g fenolftaleiinia liuotetaan 70 ml:aan etyylialkoholia ja laimennetaan 30 ml:lla tislattua tai ionivaihdetua vettä.)
2. **Suihkepullo**, josta saadaan hienojakoinen suihke indikaattoriliuosta.
3. **Työntömitta**, jonka mittaustarkkuus on 1 mm.

3.5.4 Kokeen suorittaminen

Koe voidaan suorittaa piikattuun pintaan tai betonirakenteesta porattuihin koepaloihin ja lieriöihin. Koetta ei voi suorittaa suoraa poratun koelieriön pintaan, koska pintaan on voinut tarttua betonipölyä muista kerroksista. Siksi koe tulisi suorittaa aina pituusakselin suuntaisesti halkaistuun koekuution tai koelieriön pintaan. Koelieriöiden ja palojen pintaan merkitään aina sen tunnistetiedot silloin, kun koekartiot tai palat kuljetetaan esimerkiksi laboratorioon testattaviksi. Jos koelieriöiden ja koepalojen irrotuksessa käytetään vettä tulee näytteiden pinnat kuivata. Näytteitä tulee aina säilyttää kuivassa tilassa.

Karbonatisoitumissyvyys määritetään suihkuttamalla piikattuun pintaan tai halkaistun koelieriön pintaan fenolftaleiini-indikaattoriliuosta. Ennen suihkutusta tutkittavasta betoni pinnasta poistetaan pöly ja hienoaines käyttämättä vettä. Suihkutus tulee tehdä välittömästi piikkauksen tai halkaisun jälkeen. Indikaattori värjää karbonisoitumattoman betonin violetiksi, betoni, joka ei värjäynty on karbonisoitunut. (SFS-EN 14630 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin karbonisoitumissyvyuden määrittäminen fenolftaleinimenetelmällä. 2007.)

3.5.5 Koetulosten esittäminen

Suomen Standardisoimisliitto, SFS-EN 14630 –standardin mukaan laadittavassa tutkimusselostuksessa esitetään

- testauspäivämäärä
- testaajan nimi
- vallinneet sää olosuhteet, (jos koe suoritettiin paikanpäällä)
- näytteen tunnistusnumero tai muu yksilöinti tieto
- näytteen altistuminen esimerkiksi sateelle
- näytteen koko ja tyyppi (jauhe, näytepala jne.)

- käytetyn indikaattoriliuoksen koostumus
- mitatut karbonatisoitumissyvyydet
- viittaus SFS-EN 14630 – standardiin.

4 TYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Tässä insinööriyössä laadittiin kirjalliset työohjeet betonin laadunvalvontakokeille. Jokaisessa työohjeessa mittauksen suorittaminen on kerrottu vaihe vaiheelta, aina mittaukseen tarvittavista välineistä, tulosten käsittelyyn ja mittausraportin laatimiseen. Työohjeet ovat pyritty laatimaan niin seikkaperäisesti, että aiempaa kokemusta ko-keensuorittamisesta ei välttämättä tarvita.

Työohjeiden lisäksi kullekin laadunvalvontakokeelle tehtiin Microsoft Excel -taulukko-laskentaohjelmalla kenttä- ja älylomakkeet. Lomakkeiden tarkoitus on yhtenäistää ja selkeyttää tulosten kirjaamista. Lomakkeet tehtiin ulkoasultaan samankaltaisiksi Suomen GPS-Mittaus Oy:n maa- ja kiviaineslaboratorion raportointilomakkeiden kanssa. Älylomakkeiden suunnittelussa pyrittiin siihen, että sama lomake toimii myös kenttälomakkeena, myöhemmin tiedot voidaan helposti syöttää lomakkeelta sähköi-selle älylomakkeelle. Älylomakkeiden tarkoitus on varmistaa laadukas ja selkeä tulos-tenesitys asiakkaille, lisäksi älylomakkeiden laadinnassa pystyttiin hyödyntämään Microsoft Excelin taulukkolaskentaominaisuuksia tulosten laskennassa sekä ilmoit-tamisessa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää ja osoittaa opiskelijan valmiuksia soveltaa tietojaan, sekä taitojaan käytännön ammatillisiin pulmiin. Työn tarkoituksena on myös kehittää opiskelijan kykyjä hankkia tietoa, tuottaa asiatekstiä, sekä vahvistaa valmiuksia organisoida projekti- ja tutkimustyöskentelyä.

5 TYÖN ETENEMINEN

5.1 Työohjekorttien suunnittelu

Betoninlaadunvalvonta mittauksiin liittyvien työohjekorttien tarkoitus on helpottaa ja nopeuttaa laadunvalvontakokeiden suorittamista. Työohjekorttien tehtävinä on myös yhtenäistää kokeen suorittamista sekä toimia työhön perehdyttämistä tukevin ohjeina. Työohjekortit koottiin ja suunniteltiin lähinnä näitä lähtökohtia silmälläpitäen. Työohjekorttien laadinta vaati

- lähtöaineiston antaman tiedon muokkaamista ja sisäistämistä
- laadunvalvontakokeiden suorittamista käytännössä ja asiaan perehtymistä omatoimisesti
- toimeksiantajan tarpeiden pohdintaa ja niiden sisällyttämistä työnsisältöön
- tiedon selkeyttämistä ja yksinkertaistamista.

Työohjekorttien vaatimaa lähdetietoa koottiin eri lähdeeteoksista, jonka jälkeen tietoa käsiteltiin ja muokattiin sopivaksi siten, että se oli mahdollista sisällyttää työohjekortteihin. Työohjekorteista pyrittiin luomaan mahdollisimman selkeitä, sekä helposti ymmärrettäviä niin, että mittauksen suorittaminen ohjeen mukaan on helppoa. Työohjekorttien lähdetieto koostuu VTT:n ja Suomen Standardisoimisliiton SFS-EN -standardeista sekä menetelmäkuvauksista, Tiehallinnon kokoomasta ohjeesta, sekä InfraRYL 2006:n esittämistä siltojen yleisistä laatuvaatimuksista. Tietoa sekä laatuvaatimuksia kerättiin myös SILKO-ohjeista. Tiedonkeruu oli ajoittain hankalaa, koska betoni on hyvin laajasti käytetty rakennusmateriaali, ja laadunvalvontamittauksien suoritustavat ja vaatimukset vaihtelivat betonin käyttökohteittain. Lisäksi betonista on runsaasti eri laatuja, jotka poikkeavat lujuuksiltaan, valmistustavaltaan tai muilta ominaisuuksiltaan toisistaan.

5.2 Työohjekorttien laatiminen

Työohjekortit laadittiin Microsoft Word 2007 –tekstinkäsittely ohjelmalla. Kyseinen ohjelma on käytössä Suomen GPS-Mittaus Oy:ssä, näin ollen välttyään yhteensopimattomuus ongelmilta sekä työohjekorttien lukemiseen sekä täyttämiseen ei tarvitse hankkia erillistä ohjelmaa. Työohjekorteista laadittiin docx-, sekä pdf-formaatissa olevat asiakirjat.

Työohjekorttien sisältö numeroitiin kolmiportaisesti 1.1.1. muotoon, jolloin sisältö säilyi selkeänä sekä välttyttiin turhan monimutkaisilta sisällysrakenteilta. Työohjekorttien

fontiksi valittiin Arial ja fonttikooksi 11 sen selkeyden takia. Suomen GPS-Mittaus Oy käyttää kyseistä fonttia sekä raporteissaan että lomakkeissaan. Työohjekorttien sisältö laadittiin luettelomaiseksi, jolloin sitä on helppo seurata mittausta suorittaessa. Työohjekorteissa käsiteltiin myös kokeen suorittamisen lisäksi tulosten raportointia ja tulosten laskentaa. Tulosten laskentaan tarvittavat kaavat numeroitiin juoksevasti ja kaavojen sisältämät parametrit selvennettiin kaavojen yhteyteen.

5.3 Kenttä- ja älylomakkeen laadinta

Kenttä- ja älylomakkeiden laadintaan käytettiin Microsoft Excel – taulukkolaskentaohjelmaa. Kenttä- ja älylomakkeet tehtiin Tiehallinnon ohjeiden, VTT:n tutkimusten sekä Suomen Standardisoimisliiton julkaisemien standardien sisältämien tulosten raportointiohjeiden mukaisesti. Ulkoasu tehtiin yhtäläiseksi Suomen GPS-Mittaus Oy:n maa- ja kiviaineslaboratoriossa käytettävien kenttä- ja älylomakkeiden kanssa. Kenttä- ja älylomakkeiden täyttö ohjeistetaan työohjekorteissa. Älylomakkeisiin lisättiin tarvittaessa Excelin sisältämiä funktio- ja taulukkolaskentaominaisuuksia. Lomakkeiden sarakkeisiin pyrittiin varmaan riittävästi tilaa, jotta samaista lomaketta voidaan käyttää myös kenttäolosuhteissa. Kenttä- ja älylomakkeista pyrittiin tekemään selkeitä, sekä laadukkaannäköisiä asiakirjoja, joilla mittauksien tulokset voidaan esittää tilaajalle.

5.4 Opinnäytetyön julkisen osan suunnittelu ja laadinta

Opinnäytetyön julkinen osa on opinnäytetyön arvioitava osio ja lisäksi se on julkinen betonin laadunvalvontaa käsittelevä asiateos. Julkisen osan sisältö on suunniteltu perusteokseksi erityisesti laadunvalvontamittausten ja -kokeiden suorittajille. Julkisen osan sisältö pyrittiin tuottamaan helposti ymmärrettävään, mutta ammatillisen tarkkaan muotoon ja siihen kerättiin mittauksen suorittamisen kannalta olennainen tieto. Opinnäytetyön julkinen osa on laadittu Savonia Ammattikorkeakoulun antamien ohjeiden mukaisesti.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Siltojen betonitöiden laadunvalvonta mittaukset vaativat tekijältään tarkkuutta ja huolellisuutta. Laadunvalvonta kokeet ovat vaativia, mutta oikein tehtynä ja ohjeita noudattaen varsin yksinkertaisia suorittaa. Laadukkaalla mittaustyöllä varmistetaan mittauksen onnistuminen ja tulosten oikeellisuus. Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena laatia siltojen betonitöiden laadunvalvontaan työohjekortti järjestelmä, jonka tarkoituksena on ohjata mittaustyön suoritusta niin, että tuloksena saadaan luotettavaa tietoa tutkittavan rakenteen tilasta. Työohjekortit auttavat mittauksen suorittajaa varautumaan mittaukseen, hankkimaan oikeat välineet, suorittamaan itse mittausprosessin oikein sekä käsittelemään saadut tulokset. Työohjekorttien mukaan suoritettujen kokeiden virhemarginaali on pieni ja mittaustyö on kustannustehokasta. Työohjekorttien kieliäsu laadittiin niin, että ne ovat selkeitä sekä helppolukuisia.

Työohjekorttien sisältö voidaan jakaa kolmeen eri osaan, josta ensimmäinen sisältää luettelon kokeiden suorittamiseen tarvittavista laitteista, välineistä ja kemikaaleista. Toinen osio sisältää ohjeet kokeiden suorittamiseksi. Kolmas osio sisältää tulosten käsittelyyn, raportointiin sekä kenttä- ja älylomakkeen täyttämiseen tarvittavat ohjeet.

Työohjekorttien laadintaa helpotti muutamien kokeiden osalta saatu työkokemus, sekä Suomen GPS-Mittaus Oy:n jo käytössä olevat työohjekortit. Nämä seikat auttoivat työohjekorttien kieli- ja ulkoasun laadinnassa. Kokemus työohjekorttien käytöstä auttoi kehittämään korttien sisältöä edelleen. Suomen GPS-Mittaus Oy voi käyttää työohjekortteja jatkossa uusien työtehtävien tai työntekijöiden perehdyttämiseen, sekä töiden suunnitteluun ja ohjaukseen. Työohjekortit auttavat Suomen GPS-Mittaus Oy:tä laajentamaan liiketoimintaansa myös betonitöiden laadunvalvontaan. Tulevaisuudessa kortit sisällytetään osaksi Suomen GPS-Mittaus Oy:n ja Savon Kuljetus Oy:n yhteistä laatujärjestelmää.

LÄHTEET

B4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Betonirakenteet ohjeet 2005. 2004. Ympäristöministeriö. [viitattu 13.10.2011] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/28237-B4Betoni.pdf>

Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. 2007. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.

Havukainen, M. 2009. *Kalkkikiviseosmentistä valmistettujen betonien karbonatisoitumisen tutkiminen.* [opinnäytetyö] [viitattu 12.10.2011]. Kotka. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/5110/Havukainen_Miia.pdf?sequence=1

InfraRYL 2006. Sillat ja rakennustekniset osat. Osa 3. 2008. Helsinki. Rakennustieto Oy

Jussinmäki, T. 2010. *Laakasiilo-, Lietekuilu- ja lietesäiliöelementtien työohjeet,* [opinnäytetyö] [viitattu 16.10.2011] Vaasa. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/14743/Jussinmaki_Teemu.pdf?sequence=1

Jääskeläinen, Suomen GPS-Mittaus Oy, suullinen tiedoksianto [11.11.2011]. Kuopio.

Kimmo vasaran kalibrointiohje P-lukubetonille. VTT-TEST R005-01. 2006. Tiehallinto. Helsinki. [viitattu 10.12.2011] Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/kimmo vasaraohje_2006.pdf

Kimmo vasaran käyttäjän ohje. 2006. Tiehallinto. Helsinki. [viitattu 10.1.2012] Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/kimmo vasaraohje_2006.pdf

Proceq Profometer 5+ Operating Instructions. 2009. Schwerzenbach. Proceq.

SFS-EN 14629 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen. 2007. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 14630 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen fenoltaleinimenetelmällä. 2007. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto,

SFS-5446 Betoni. Tartuntalujuus. 1988. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto.

Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset Betonirakenteet – SYL 3. 2005. [verkkodokumentti] Tiehallinto. [viitattu 12.11.2011] Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl3_2005v.pdf

Siltabetonin puristuslujuuden mittaaminen kimmo vasaralla. VTT-TEST R004-01. 2006. Tiehallinto. Helsinki. [viitattu 10.12.2011] Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/kimmo vasaraohje_2006.pdf

Siltojen korjausohjeet. 1992. Tiehallinto. [viitattu 4.11.2011] Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/silko1.htm>

Suomen GPS-Mittaus Oy. Yritysesittely. [viitattu 15.9.2011]. Saatavissa: <http://www.sgmconsulting.fi/>

VTT. Korjausalan laatuvaatimukset. Tutkimusraportti Nro VTT-S-00757-08. 2008.
Tiehallinto. [viitattu 12.11.2011] Saatavissa:
http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/korjausalan_laatuvaatimukset_2008.pdf

TYÖOHJEKORTTI
BETONIN TARTUNTALUJUUDEN MÄÄRITYS

1 TARVITTAVAT MITTAVÄLINEET

1. **Vetolaite** Suomen GPS-Mittaus Oy:n käyttämä vetolaite on Proseq Dyna Z16 (Kuva 1).
2. **Vetolaikat**, joiden halkaisija on 50 mm.
3. **Vetonupit**, jotka kiinnitetään ruuvaamalla vetolaikkoihin.
4. **Liimaa**, jolla vetolaikat liimataan kiinni betoniin. Epoksiliima ei sovellu betonin vetolujuuden määrittämiseen. Suomen GPS-Mittauksella on käytössään MG erikoisliima. Liima koostuu liimajauheesta ja kovetteesta, joita sekoittamalla syntyy liimausmassa.
5. **Kulmahiomakone**, jossa **kuppilaidka** betonipinnan tasoittamiseen.
6. **Harja** tai **liina** betonipinnan puhdistamiseen ennen liimausta.
7. **Näytteenottopora**, jossa on 50 mm kuppiporaterä ja tarvittaessa vesijäähdytys.
8. **Valokuvakamera**, vetokoe paikan ja murtumispinnan tallentamiseen
9. **Työntömitta**, irtoamispinnan tarkkailuun
10. **Rullamitta**, mittauspisteen sijainnin määrittämiseen



Kuva 4. Proceq Dyna Z16 –vetolaite, kuvassa myös irtivedetty vetolaikka.

2 MITTAUS TYÖMAALLA

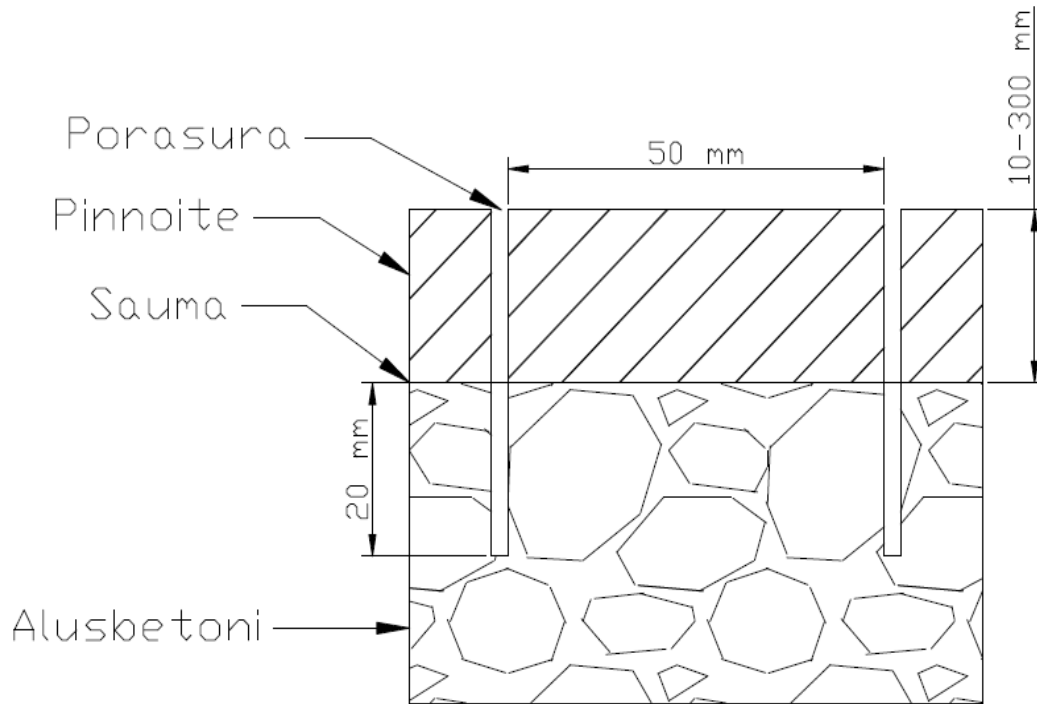
2.1 Mittausten paikat, määrät ja ajankohta

1. Mittauspaikat valitaan siten, että poraus ei vaikuta heikentävästi rakenteen kantavuuteen tai kestävyYTEEN. Mittauspaikassa ei saa olla raudoitusta joihin pora voisi ylettyä. Lisäksi tutkittavan sauman tulisi olla 10 - 300 mm syvyydellä. Kysy tarvittaessa lisätietoa työn tilaajalta.
2. Korjauskohteissa paikkauksen pinta-alan ollessa yli 0,25 m² tartuntavetokoe on tehtävä ensimmäisestä paikkauksesta ja sen jälkeen vähintään joka viidennestä.
3. Mittausajankohta tarkistetaan urakka-asiakirjoista ja sovi mittauksen suorittamisen ajankohdasta työn tilaajan kanssa.

2.2 Mittauksen esivalmistelu

1. Mikäli mahdollista suorita mittaukset ympäristönlämpötilan ollessa yli +15 °C. Alle +15 °C lämpötila voi heikentää liiman kuivumista ja näin ollen heikentää liiman lujuutta.
2. Tasoita mittaus kohtaa kulmahiomakoneella jossa on kuppilaikka. Muista käyttää henkilösuojaimia.

3. Asenna porakone hiottuun kohtaan siten, että se on kohtisuorassa betonipintaan nähden. Varmista ennen porauksen aloittamista, että porattavassa kohdassa ei ole raudoitusta ja että tutkittava tartuntasäuma on 10 – 300 mm syvyydellä betonin pinnasta. Yletä poraus n. 20 mm tutkittavan säuman ohitse. Jos kyseessä on betonin vetolujuuden määrittäminen, ei porausta uloteta tartuntasäumaan saakka. Muista käyttää kuulosuojaimia ja suojalaseja.



Kuva 2. Periaatekuva betoniin tehtävästä tartuntakoe järjestelyistä.

4. Puhdista betonipinta pölystä ja roskista harjalla ja liinalla.
5. Sekoita liiman molemmat komponentit, neste ja jauhe toisiinsa suhteessa n. 1:2,5. Liimasta pitäisi tulla puuromainen lähes pastamainen massa. Levitä liimaa molemmille liimattaville pinnoille ja paina pinnat heti toisiaan vasten. Vetokoe voidaan tehdä 1 - 3 tunnin kuluttua lämpötilasta riippuen.

2.3 Vetolaitteen käyttöönotto

1. Käännä vetolaitteen kampea vastapäivää, kunnes se ei enää pyöri. Tämän jälkeen pyöräytä kampea yksi kierros myötäpäivään, tällöin vetolaitteen hydraulijärjestelmä on alkuasennossa.
2. Kierrä vetolaikkaan musta vetonuppi ja yhdistä tähän vetotangon vastakappale. Kierrä vetotangon säätöpyörää myötäpäivään, kunnes tunnet pienen vastuksen pyörässä.
3. Vetolaite tuetaan betonipintaa vasten siten, että porattuun lieriöön kohdistuu aksiaalinen veto. Tämä varmistetaan säätämällä vetolaitteen jalkoja siten, että betonipinnan ja jalkojen väliin jää suorakulma.

2.4 Manometrin käyttöönotto ja asetusten valinta

1. Käynnistä manometri select-nappista. Näytössä vilkkuu vuoroin teksti nPnn ja vuoroin luku 0.00. nPnn – tekstin vilkkuessa laitteen mittausyksiköksi on säädetty N/mm^2 . Käynnistäessä manometrin näytössä saattaa näkyä edellisen mittauksen maksimi arvo. Voit nollata maksimiarvon näytöstä painamalla kerran select-nappia, jolloin näytön alareunaan tulee teksti RESET hyväksy toiminto painamalla kerran Enter-nappia. Tämä toiminto pitää suorittaa jokaisen vetokokeen välissä ja mittausten päätyttyä.
2. Manometri suljetaan painamalla kahdesti select-nappia, jolloin näytön alareunaan ilmestyy teksti OFF hyväksy toiminto painamalla Enter-nappia.

2.5 Vetokokeen suoritus

1. Aloita vetokammen kiertäminen myötäpäivään. Tällöin vetovoima betonikartioon ja vetolaikkaan alkaa lisääntyä. Kuormitusta lisätään yhtäjaksoisesti ja tasaisella nopeudella $0,05 \pm 0,01 N/mm^2s$.
2. Tarkkaile kammen kiertämisen aikana vetolaitteen asentoa, vetolaite ei saa pyöriä tai keikkua vedon aikana, tällöin betonipintaan saattaa kohdistua vääntöä.

3. Kun kuormitus kasvaa riittävän suureksi tapahtuu murtuminen ja vetolaikka irtoaa. Tällöin manometrin näytöltä on luettavissa murtumiseen vaadittu voima. Mittaajan täytyy tarkkailla irtoamisen tapahduttua irtoamisepinta, eli mistä kohdasta murtuminen tapahtui. Tähän tarkkailuun voi avuksi ottaa työntömitan, jolla voidaan mitata murtumiskohdan syvyys. Murtumispinnasta ja irtivedetystä vetolaikasta voidaan ottaa myös valokuva raportointia ja myöhempää tarkkailua varten.

3 KENTTÄLOMAKE

3.1 Kohteen tiedot

Kenttälomakkeen alkuosa on varattu mittauskohteen yleisille tiedoille. *Mittaja* -kohtaan täytetään mittajan nimi tai nimikirjaimet, sekä tarvittaessa läsnä olleiden henkilöiden nimet. Kenttälomake päivätään mittauspäivämäärän mukaan *mittauspäivämäärä* -kohtaan. *Tilaja* -kohtaan täytetään työn tilanneen tahon nimi ja tunnistetiedot. *Mittauspaikan sijainti* -kohtaan täytetään tiedot siitä missä mittaus suoritettiin (paikkakunnan-, kaupungin-, kaupunginosan- tai kunnan nimi). Työmaa -kenttään kirjataan työmaan osoite, rakennus hankkeen nimi tai muu työmaan yksilöivä tieto. Työmaan numero -kohtaan kirjataan tilaajan antama työmaan numero.

3.2 Mittauspisteen tiedot

Mittauspaikan sijainti on erittäin tärkeä tieto, jotta tilaja ja työn suorittaja pystyvät kohdentamaan mittausten tulokset oikeaan paikkaan. Mittauspisteiden tiedoissa ja kuvaamisessa tulisi pyrkiä siihen tarkkuuteen, että mittaus olisi tarvittaessa toistettavissa samoista pisteistä.

1. Pituussuunta –kohtaan merkitään mittauspisteen etäisyys esimerkiksi sillan toisesta päästä. Tämän alle merkitään, mistä kohdasta etäisyys on mitattu esimerkiksi: *Sillan itäpääty*.
2. Leveysuunta –kohtaan merkitään etäisyys sillan reunapalkista ja tämän alle eritellään kumman puolen reunapalkista etäisyys on otettu.

Mittajan ei tarvitse välttämättä noudattaa edellä mainittua mittauspisteiden sijainnin kuvaustyyliä, vaan ilmoitustyyliä voidaan muokata kohteeseen paremmin sopivaksi. Hyviä käytäntöjä ovat esimerkiksi paalulukema ja siitä ilmoitettu poikkeama sivusuunnassa, tai vaikkapa piirretty kuva mittauspaikkojen sijainneista kohteessa.

3.3 Tulokset

1. Manometrin ilmoittama maksimi voima kirjataan *Tartuntalujuus (N/mm²)* -kohtaan.

2. Mittaajan tekemät havainnot irtoamispinnasta kirjataan *Irtoamispinnan tiedot* -kohtaan. Erityisen tärkeää on havainnoida, mistä kerroksesta murtuminen tapahtui, apuna tähän voidaan käyttää työntömittaa. Koe hylätään, jos murtuminen tapahtuu saumavyöhykkeen ulkopuolelta. Tällöin tartuntalujuus on suurempi kuin alustan tai betonin vetolujuus. Koe hylätään myös silloin kun murtuminen tapahtuu liimauksesta. Irtoamispinnasta voidaan ottaa valokuva myöhempää tarkkailua varten.



Betonin tartunta- ja vetolujuuden määrittäminen

Betoni. Tartuntalujuus SFS-EN 5446

Mittaaja:

Mittauspäivämäärä:

Tilaaaja:

Mittauspaikan sijainti:

Työmaa:

Työmaan numero:

1. Mittauspiste

Mittauspaikan sijainti

Pituussuunta (m):

Mittaus kohta:

Leveysuunta (m):

Mittaus kohta:

Tulokset

Tartuntalujuus

(N/mm²):

Irtoamispinnan tiedot:

2. Mittauspiste

Mittauspaikan sijainti

Pituussuunta (m):

Mittaus kohta:

Leveysuunta (m):

Mittaus kohta:

Tulokset

Tartuntalujuus

(N/mm²):

Irtoamispinnan tiedot:

3. Mittauspiste

Mittauspaikan sijainti

Pituussuunta (m):

Mittaus kohta:

Leveysuunta (m):

Mittaus kohta:

Tulokset

Tartuntalujuus

(N/mm²):

Irtoamispinnan tiedot:

www.savonia.fi

