



Betonirakenteiden korjaaminen
2024

Työmaan laadunvarmistus-
toimenpiteet ja dokumentointi

Työmaan laadunvarmistus- toimenpiteet

Suunnittelija määrittää tarvittavat kokeet ja vaatimukset korjaussuunnitelmassa.

- Taustalla InfraRYL, SILKO

Urakoitsija vastaa toteutuksesta

- Työ- ja laatusuunnitelmissa esittää: näytekohdat, määrät, suoritus, laitteet, tekijät ja onko mukana tilaajan edustus.



Laadunvarmistuskokeet

- Tavoitteena varmistaa asetettujen vaatimusten täytyminen
- Tulosten tulkinta teknisesti vaativaa, tekijän ammattitaito
- Laadunvalvontatapauksissa yhteys tilaajaan ja suunnittelijaan
 - Jatkotoimenpiteiden määrittäminen
- Kalibroidut ja riittävän tarkat mittalaitteet



Tartuntavetolujuuden mittaaminen 1/3

- Työmaalla suoraan pinnasta (SFS-EN 1542) tai
- Poratusta koekappaleesta labrassa (SFS 5445).
- Tarvittavat vetokokeet esitetään suunnitelmassa.
- Tartuntavetokokeista laaditaan pöytäkirja, johon kirjataan
 - koestuskohdat ja –ajat
 - koestusiät
 - saadut tulokset sekä
 - murtotavat ja kohdat.

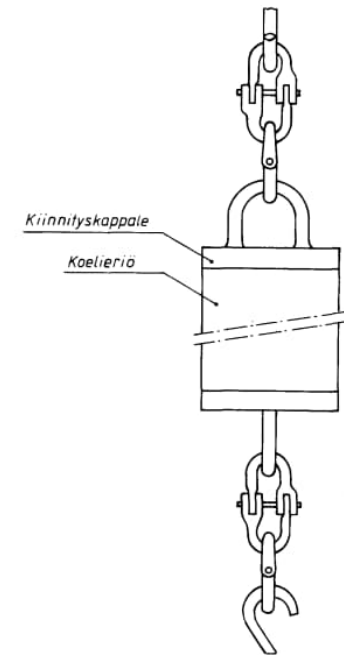


Kuva 14. Pinnoitteen tartunnan tarkastaminen vetokokeella.

SILKO 2.253

Tartuntavetolujuuden mittaaminen 2/3

- Sillan korjaustöissä tehtäviä vetokokeita:
 - Korjausalusta (> 1,5 MPa).
 - Paikkaus (1,0... 1,5 MPa).
 - Pinnoite (0,8...1,5 MPa)
 - Kannen muotoiluvalu (>1,5 MPa).
 - Epoksitiivistys vetokokeet (>1,0... 1,5 MPa).
 - Kermien tartunnat (InfraRYL taulukko 42310:T2).



Kuva 1 Vetokokeen kuormitusjärjestelyn periaate
SFS 5445

Tartuntavetolujuuden mittaaminen 3/3

- Tartuntavetolujuuskokeiden keskiarvon tulee täyttää sopimisasiakirjoissa esitetty vaatimus.
 - Yksittäiset arvot saavat alittaa vaatimuksen enintään 25 %.
- Alitustapauksissa vähintään 2 kpl lisäkoetta.
 - Täyttää vaatimukset -> huono tulos jätetään huomioimatta keskiarvoa laskettaessa
 - Ei täytä vaatimusta -> kartoitetaan huono alue lisävetokokeilla.
- Syy arvojen alittumiselle tulee aina selvittää, jonka perusteella päätetään jatkotoimenpiteistä:
 - Työn uusiminen tai
 - korjaavat jatkotoimenpiteet.
- Alustan kelpoisuus korjausalustaksi

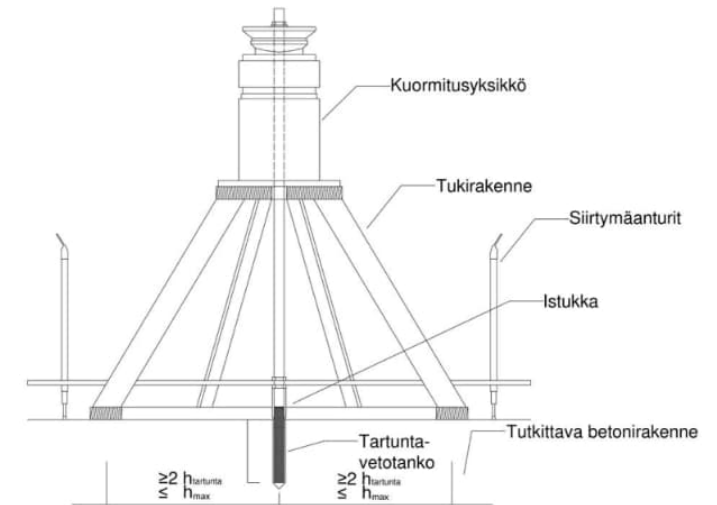
Talorakentamisen vetolujuusvaatimuksia, By41

Betonipinta, vetolujuus	Lujuusvaatimus [MPa]
Laastipaikattava tai valukorjattava betonipinta	1,0
Ruiskubetonoitava betonipinta	1,5
Tavanomaisilla pinnoitteilla käsiteltävä pinta	1,0
Paksukalvoisilla ja lujilla pinnoitteilla käsiteltävä pinta	1,5
Tavanomainen vedeneristysalusta	0,7
Vedeneristeen alusta ajoneuvoliikennöidyllä pinnalla	1,0
Jäykkien paksujen vedeneristysmassojen alusta	1,5
Korjausmateriaali, tartuntalujuus	Koestusikä 7 d 28 d

Valubetonit ja paikkauslaastit	0,7	1,0
Ruiskubetoni	1,0	1,5
Tasoituslaastit	0,7	1,0
Pinnoitteet	0,7	1,0

Ankkurointitangon vetokoe

- Suunnittelija määrittää tarvittavan vetovoiman.
 - Jos suunnitelmassa ei ole esitetty ankkuroinnin testausvoimaa, niin tutkittavan teräksen on irtoamatta kestävä vetovoima, joka on 65 % sen myötölujuudesta (InfraRYL 42020.3.4.10).
- VTT:n tutkimusraportin VTT-R-02477-18 tai VTT-R-02470-18 mukaisesti.
- Vetokoe tehdään joka 20:lle ja vähintään kolmelle tartunnalle. Jos joku tartunnoista pettää, tutkitaan kaikki tartunnat. Tartunnat, jotka eivät täytä kelpoisuuskriteeriä korvataan uusilla tartunnoilla (InfraRYL 42020.3.4.10).



Kuvaaja 1. Mahdollinen tartuntavetokokeen suorittamiseen käytettävä laitteisto. VTT-R-02477-18



Kuva 12. Tartunnan tarkistaminen vetokokeella. SILKO 2.261

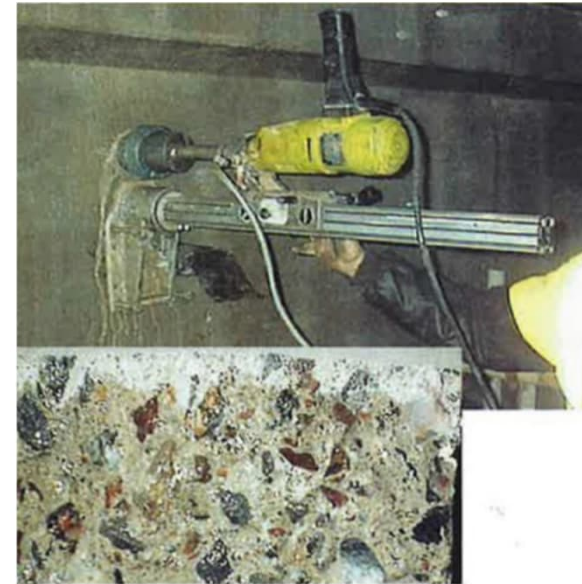
Sekoitusvesimäärien mittaaminen

- Käytetty vesimäärä vaikuttaa merkittävästi
 - Lujuuteen
 - Tiiveyteen
- Tuoreen näytteen kuivatus-punnitusmenetelmä
 - Haihtunut vesimäärä verrattuna kuivapainoon
- Mitataan tarvittaessa
 - Jos lujuudella ja tiiveydellä keskeinen vaikutus
 - Vähintään kerran työvuorossa
- Paikkauslaastit, korjausbetonit, ruiskubetoni



Kalvo- ja kerrospaksuusmittaus

- Suoraan toteutuneita kerrospaksuuksia mittaamalla.
- Epäsuorasti materiaalimenekkiä seuraamalla.
- Pinnoitteissa tai impregnointiaineissa käytetään märkä- ja kuivakalvonpaksuusmittareita (tunkeumasyyvyys poranäytteestä).
- Ylitasoituslaasteissa ja ruiskubetoneissa
 - silmämääräinen tarkastus
 - piikillä tuoreen massan läpi kokeilemalla
 - raudoitteiden peitepaksuusmittarilla
 - tartuntavetolujuuskappaleesta mittaamalla
 - rakenteen pintaan poratun reiän kautta
 - alustaan asennettuja mittatappeja ja niiden väliin asennettuja teräslankoja apuna käyttäen (ruiskubetoni).



Kuva 5. Tunkeutumissyvyuden tarkastus rakenteesta porattavasta näytteestä. Vettähylyvä kerros näkyy mikroskooppikuvassa vaaleana.

SILKO 2.252

Pakkasenkestävyys

- Pakkaselle altistuvien korjausaineiden on oltava testattu jo valmistajan puolesta (suunnittelija varmistaa), joten työmaalla ei tarvitse yleensä testata korjausaineiden pakkasenkestävyyttä.
- SILKO-laatuvaatimukset täyttävät tuotteet on hyväksytysti pakkassuolatestattuja.
- Pakkasenkestävyyden testaaminen työmaalla:
 - Valmisbetonin ilmamäärämittaukset (SFS-EN 12350-7) + puristuslujuus (infrarakenteissa aina).
 - Poratun tai valetun kappaleen jäädytys-sulatuskoe (tarkin ja hitain) (CEN/TS 12390-9).
 - Kovettuneesta betonista tehtävä mikrorakennetutkimus (huokosjako ohuthieestä, VTT TEST-R003-00-2010).

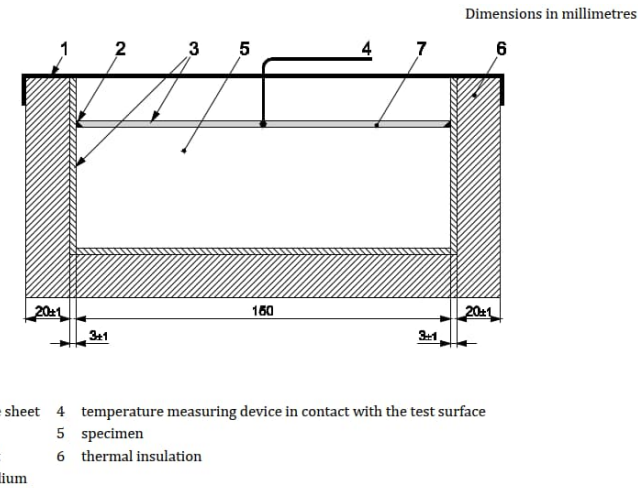
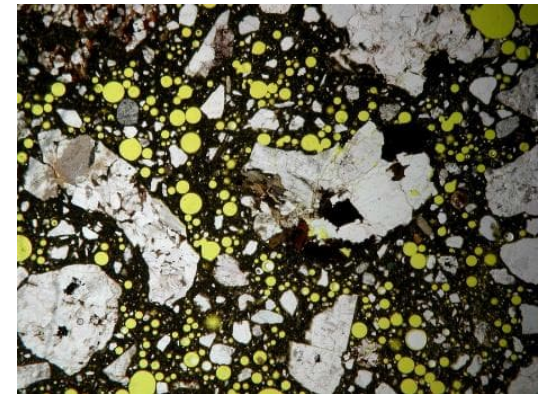


Figure 3 — The test set-up used for the freeze-thaw test

CEN/TS 12390-9



Pakkasenkestävyys, Infrabetonit

- Betoniaseman tuotesertifiointi
 - Ennakkokokeet
 - Tehdaskohtaiset, betonilaatukohtaiset
 - Kohdekohtaiset (tilaajan päätöksellä)
 - Suhteitustiedot
- Työmaan laadunvarmistus
 - Betonin ilmamäärän mittaus
 - Puristuslujuuden tunnistustestaus
- P-lukulaskenta
 - Työmaan ilmamäärät
 - Tehtaan suhteitustiedot



P-luku määritetään suhteitustietojen, jälkihoidon ja työmaalla mitattujen ilmamäärien perusteella kaavan 2 avulla.

$$P = \frac{46 \cdot k_{jh} \cdot k_{sid}}{\frac{10 \cdot (WAS)^{1,2}}{\sqrt{a}} - 1} \quad (2)$$

jossa k_{jh} on jälkihoitotekijä (kaava 3)
 t_{jh} on jälkihoitoaika [vrk]
 k_{sid} on sideainetekijä (kaava 4)
WAS on redusoitu vesi-ilmasideainesuhde (kaava 6)
a on ilmamäärä [%]

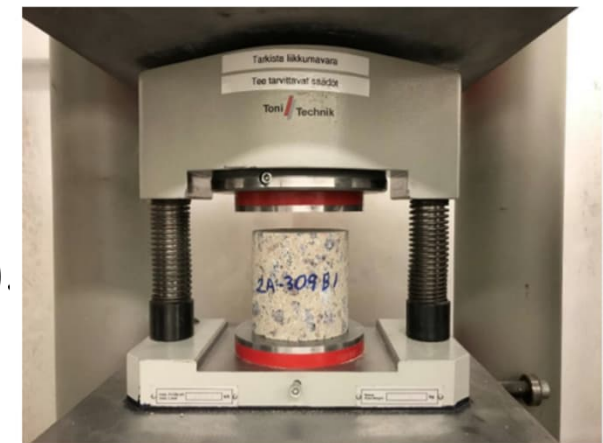
Betonin puristuslujuuden mittaaminen

- Standardit:
 - SFS-EN 12390-1: Näytteenotto
 - SFS-EN 12390-2: Koekappaleiden valmistus ja säilytys lujuustestejä varten
 - SFS-EN 12390-3: Koekappaleiden puristuslujuus
 - SFS-EN 13791: Betonin puristuslujuuden arviointi
- Infrabetoni (InfraRYL 42020.1.1.5 ja .1.1.6):
 - Lieriöt (150x300) valetaan työmaalla, väh. 2 kpl / näyte
 - Alle 12 m³: 3 näytettä/arvosteluera, muuten 6 kpl.
 - Arvosteluera ≤ 600 m³.
 - Lisäksi ilmamäärämittaukset työn aikana (=> P-luku).
- Korjauslaastit:
 - Jos laastia > 1 m³ kuten Infrabetoni (myös 100x200 lieriö kelpaa).
- Polymeerimassat:
 - Lieriöt (100x100) työmaalla, 3 kpl/arvosteluera.
- Valmiista rakenteesta voi myös porata lujuuskappaleet tai kimmovasaroida (ei tarkka).

Betonirakenteiden korjaaminen 2024 -
Laadunvarmistustoimenpiteet ja dokumentointi



Kuva 3. Tyypillinen standardilieriön murtuminen puristuskokeessa.



Kuva 31. Testauskoneen 1 kuormituskehikko halkaisijaltaan D50-D100 koekappaleille. Kuvassa kuormituskehikkoon on keskitetty D80x80 rakennekoekappale.

Kuvat: Ari Husso

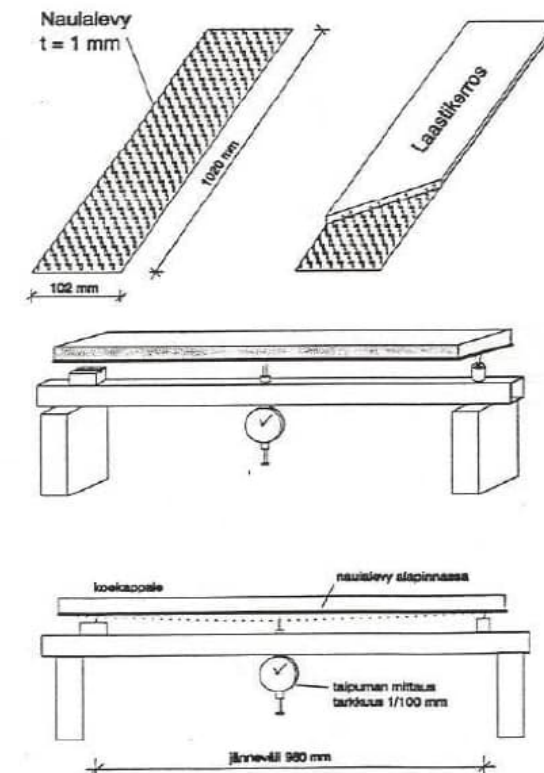
Kutistuma

- Ruiskubetonin, korjauslaastin tai betonin kutistumaa voidaan mitata ns. kulmamuottikokeella tai naulalevykokeella.
- SILKO-hyväksytystä tuotteesta ei tarvitse tehdä (SILKO 1.232).

Kelpoisuuskokeita varten ruiskutetaan SILKO -ohjeen 1.232 (*Betonointi ruiskuttamalla*) kohdan 8.5 mukaiset koelaatat 2 kpl (500x500x70 mm²), jotka säilytetään ja jälkihoidetaan työmaalla rakennetta vastaavissa olosuhteissa. Koelaatta ruiskutetaan työmaalla yhtä paksuina kerroksina kuin itse rakennekin. Koelaatasta määritetään laboratorioissa SILKO -ohjeen 1.232 (*Betonointi ruiskuttamalla*) mukainen puristuslujuus, pakkasenkestävyys ja kutistuminen. Näytteet otetaan aikaisintaan 14 vrk:n ikäisestä rakenteesta. Arvosteluerää kohden näytemäärä on vähintään kaksi.

Kutistuminen	Kutistuminen määritetään standardiehdotuksen prEN 104-816-4 mukaisella naulalevykokeella. Koekappaleet valetaan työmaalla ja säilytetään muovilla peitettynä vähintään +18 °C:een lämpötilassa ja sateelta, tuulelta ja auringonpaisteelta suojassa.	0,6 ‰ (14 vrk kuluttua) tai 1,0 ‰ (28 vrk kuluttua)
--------------	--	---

SILKO 1.232



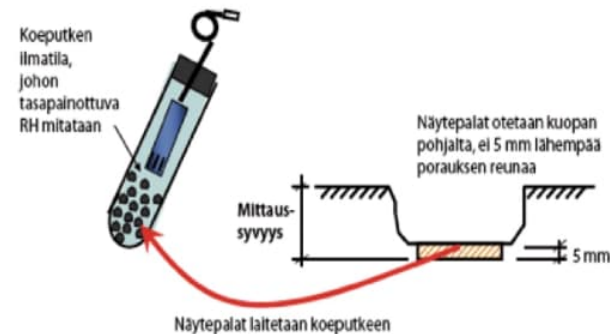
Betonin kosteuden mittaaminen

- Suuntaa antava mittaus pintakosteusmittauksella
 - Kosteimpien paikkojen etsimiseen.
- Tarkempi mittaus pinnoitettavuutta/ päällystettävyyttä arvioitaessa. Tällöin selvitetään betonin suhteellinen kosteus:
 1. betoniin poratusta reiästä
 2. näytepalamenetelmällä
- Sillan kannen eristysalustan kosteus mitataan absoluuttisena kosteutena kuivatus-punnitusmenetelmällä (VTT 2650-17).

Näytteen absoluuttinen kosteus lasketaan seuraavasta kaavasta massaprosentteina kuivan näytteen massasta:

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

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



www.kosteudenhallinta.fi



Betonirakenteiden korjaaminen 2024 -
Laadunvarmistustoimenpiteet ja dokumentointi

Kloridipitoisuus

- Suolattavien teiden siltojen korjausalustan kloridipitoisuus tarkastetaan työn aikana.
- Raudoituksen lähellä $\leq 0,02$ m-% happoliukoisena mitattuna ja jänneterästen lähellä $\leq 0,01$ m-% (SILKO 1.201).
- Betonin kriittinen kloridipitoisuus $<0,07$ m-% betonin laadusta riippuen
- Määrittäminen joko porakappaleesta tai -jauheesta kemiallisella titrausmenetelmällä (SFS-EN 14629).



Halkeaman täyttyminen

- Halkeaman imeytyksen ja injektoinnin onnistuminen varmistetaan lieriöporalla otettavan näytteen avulla (halkaisija ≥ 30 mm).
 - Raudoitusta ei saa vaurioittaa ja reikä paikataan.
- Imeytysaineen pitää täyttää halkeama pinnasta lukien vähintään 20 mm:n syvyyteen (SILKO 2.239).
- Injektoidun halkeaman täyttöasteen on oltava vähintään 80 % (SILKO 2.236).



Eristysalustan makrokarkeus

- Ennen siltakannen eristystä varmistetaan eristysalustan riittävä karheus lasihelmikokeella.
- Lasihelmet kaadetaan eristysalustalle ja levitetään muovisella levittimellä PANK-5103 mukaisesti.
- Liian sileään pintaan eristys ei tartu kunnolla, tarvittaessa pinta suihkupuhdistetaan uudelleen.



Kevyempiä menetelmiä 1/2

Karbonatisoituminen: Betonin pintaan ruiskutetaan pH-indikaattoria (fenoliftaleiiniliuos), karbonatisoitunut betoni värjäytyy pinkiksi.

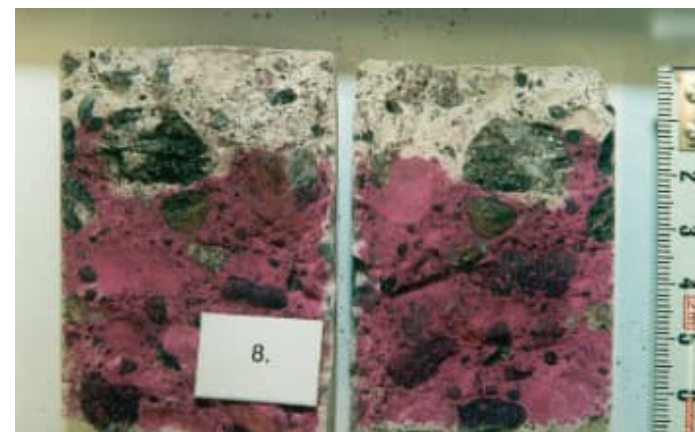
Silmät: Silmämääräiset havainnot kirjataan pöytäkirjaan, SILKO 1.201:

11.3.3 Silmämääräinen tarkastus

Kaikki valmiit työvaiheet tarkastetaan silmämääräisesti. Silmämääräisessä tarkastuksessa todetaan muun muassa

- pintojen puhtaus
- pintojen virheet, kuten huokoisuus ja halkeilu
- vaikeiden kohteiden, kuten särmien onnistuminen
- pinnan värisävy ja tasaisuus.

Tarkastuksista laaditaan pöytäkirja.



Kevyempiä menetelmiä 2/2

Koputtelu:

- Vasaralla kopauttamalla kuuluttava oikeanlainen ääni.
- Paikkausten tarttuminen: huono tartunta → kaikuvampi ääni (kopo).
- Ankkurointitankojen tartunta: onnistunut → korkea ja terävä ääni.

Saumaustyön laadunvarmistus:

- Vedenpitävyys vesikokeella.
- Saumauksesta leikataan näytepaloja, joista varmistetaan sauman paksuus ja poikkileikkausmuodon toteutuminen.

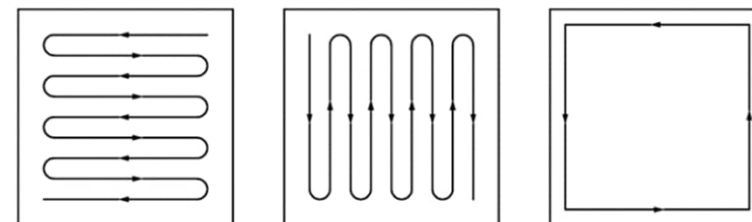
Betonipeitteiden mittaaminen: betonipeitemittarilla.

Puhtaus: Pyyhkiminen valkoisella puuvillakankaalla.



Kuva 11. Tartunnan tarkistaminen vasaralla.

SILKO 2.261



Only the centre of the wipe path is shown, not the entire wiping width.

a) First "S" wipe pattern

b) Second "S" wip pattern

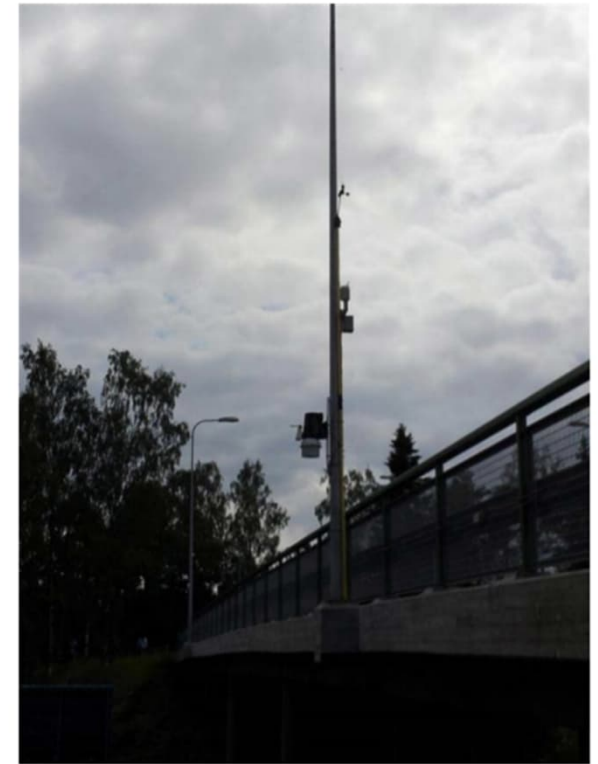
c) Final pattern concentrated on the edge and comers

Figure B.1 — Schematic of a side-to-side overlapping "S" wiping pattern

EN 1504-10

Olosuhteiden hallinta ja seuranta 1/2

- Tärkeää betonikorjauksissa ja pinnoituksissa
 - Ilmankosteus, -paineet, lämpötilat, tuulet, sateet yms.
 - Vaikutus betonin kovettumiseen
 - Kostutus, peittäminen, jälkihoitoaine, lämmitys
 - Oikea-aikainen jälkihoidon aloitus
- Työn aikana kiinnitetään erityistä huomiota siihen, että vaaditut ominaisuudet ja olosuhteet pysyvät sellaisina kuin työtä aloitettaessa on sovittu ja materiaalit vaativat.
 - Kriittiset työvaiheet tehdään ns. auringon perässä, laskeviin lämpötiloihin



Kuva 3. Davis Vantage Pro 2 sääasema asennettuna samaan valopylväeseen kuin VTT:n sääasema.

Olosuhteiden hallinta ja seuranta 2/2

- Korjaustyötä ei saa tehdä sateessa
- Huomioitava korjaustyön aikataulussa
 - Pinnoitukset yleensä viimeiseksi tehtäviä töitä
- Huputuksella ja lämmityksellä voidaan työskentelyolosuhteet hallita varmemmin
 - Siltaeristykset aina tehtävä sääsuojan sisällä
 - Paloturvallisuus ja ilmanvaihto



Dokumentointi, pöytäkirjat

- Dokumentointia on tehtävä järjestelmällisesti työn alusta saakka (ei lopuksi!).
- Kaikki työn aikana laaditut dokumentit säilytetään.
- Tehdyt työ- ja laatusuunnitelmat.
- Korjaustöistä täytetään työvuoroittain pöytäkirjaa.
- Poikkeamaraportit.
- Käytettyjen materiaalien dokumentit.
- Toteutumapiirustukset (muutokset korjaussuunnitelmaan).
- Siltojen korjaustöistä tehdään laaturaportti Väylän ohjeiden mukaisesti.

Dokumentit materiaaleista

- Urakoitsijan tulee kerätä ja toimittaa dokumentit materiaalien kelpoisuudesta (tyyppihyväksynnästä, CE-merkinnästä, SILKO-hyväksynnästä tai rakennuspaikkakohtaisesta hyväksynnästä)
- Tuoteselosteet ja -ohjeet sekä käyttöturvallisuustiedotteet (oltava työn aikana käytössä!).
- Urakan päätteeksi tuoteluettelo ja niiden kelpoisuuden osoittaminen sillan laaturaporttiin.



Betonikorjaustyön pöytäkirja

- Esim. BY 405, mutta urakoitsijalla voi olla oma pohja.
- Mm. eri korjausalueiden betonointiolosuhteet, esivalmistelut, jälkihoidon tekeminen (kirjattava aloitukset ja lopetukset) ja määritettyjen laadunvarmistuskokeiden tekeminen.
- Tulee tarkastettua olosuhteiden suotuisuus ja tehtyä esi- ja jälkivalmistelut oikein.
- Myös dokumentaatio sille, miten työ on suoritettu
 - pystytään jälkeenpäin selvittämään mahdollisia ongelmia.
- Urakan jälkeen luovutetaan tilaajalle

1. TYÖMAA		TYÖNJOHTAJA		VALVOJA		PÄIVÄYS		
2. OLO-SUITEET	ILMAN LÄMPÖ-TILA °C	SUITEEL-LINEN KOSTEUS %	TUULEN NOPEUS m/s	MUUT OLOSUITEET Aurinkoisia (A) Puolipilvisiä (PP) Pilvisiä (P) Tiheksi (T) Sadetta (S)	3. ALUSTA ENNEN KÄSITTELYÄ		LÄMPÖTILA °C	KLO
KLO 08.00								
KLO 12.00								
KLO 16.00								
4. PÄIVITTÄINEN TYÖSAAVUTUS								
TYÖVAIHE	RAKENNE	KORJATTU ALUE		LAAJUUS	MENETELMÄ			
5. PINTOJEN ESIKASTELU				6. JÄLKIHOITO				
RAKENNE	ALOITETTU	KASTELUVÄLI	ALOITETTU	LOPETETTU	MENETELMÄ			
7. TYÖNAIKAINEN VAURIOKARTOITUS								
RAKENNE	SUAINTI	TUTKIMUSMENETELMÄ		TULOKSET				
8. TYÖNAIKAISTEN LAADUNVARMISTUSKOKEIDEN TULOKSET								
TYÖVAIHE	RAKENNE / SUAINTI	LAADUNVARMISTUSKOE	TULOKSET					
PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET	TYÖNJOHTAJA	VALVOJA	HUOMAUTUKSIA					

Tilaaaja:

Kohde:

Urakka: Muotolluvalu

Valukohdat:

Valu pvm.:

1. MUOTITMuottipinta ja muottijärjestelmä: LautamuottiMuottien tarkastus: tiiveys telneet saumat varaukset työsaumat

Tarkastanut:

2. RAUDOITUS ei raudoitusta jatkos-, tartunta- ja ankkurointipituudetBetonipeite nimellinen 40 mm, tarkastettu 70 mm raudoituksen hitsaukset (työmaalla tehdyt)

Tarkastanut:

3. BETONIKäytettävä betoni: SRL 60/6/RHMax. raekoko: 6 mmIlmamäärä nimellinen: 3-6 %, mitataan kolmesta ensimmäisestä, jonka jälkeen joka kolmannesta annoksestaLeviämä nimellinen: 130-160 mm, mitataan jokaisesta annoksesta**4. BETONOINTI**alkoi klo 8:30 päättyi klo 9:30Suunnitellut määrät: _____ m³, _____ m²Toteutuneet määrät: 1,5 m³, 16 m²Betonointinopeus: 3 m³/h, 32 m²/h

Betonointikalusto:

 pumppu, Mecbo P2.800 sekottaja, Rojo LC 1000 kottikärryt kuorma-auto ja nosturi muu, _____

Tiivistämiskalusto

 sauva itseivistytävä muu, viimeistelypalkki jälkitärytys: _____

Miehitys ja tehtävät (nimi ja tehtävä)

Työmaapäiväkirja

- Paljon sekä paperisia että sähköisiä versioita, myös yrityksen omia.
- Dokumentoi yleisesti työmaalla tapahtuvia toimintoja sekä olosuhteita.
- Kohta "tarkastukset" palvelee erityisesti laadun tarkkailua
- Vastaava mestari ylläpitää, valvoja tarkastaa ja allekirjoittaa. Joskus päiväkirjassa voi olla suunnittelijoiden tarkastuksillekin paikka.
- Sillan telineiden ja muottien tarkastuksista aina merkintä työmaapäiväkirjaan (InfraRYL 42020.3.2.4).

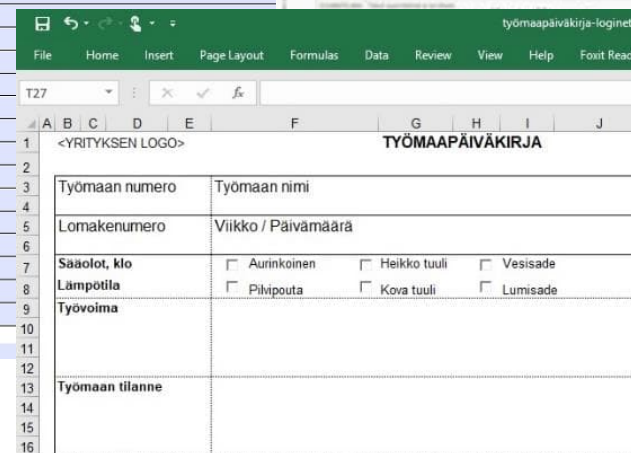
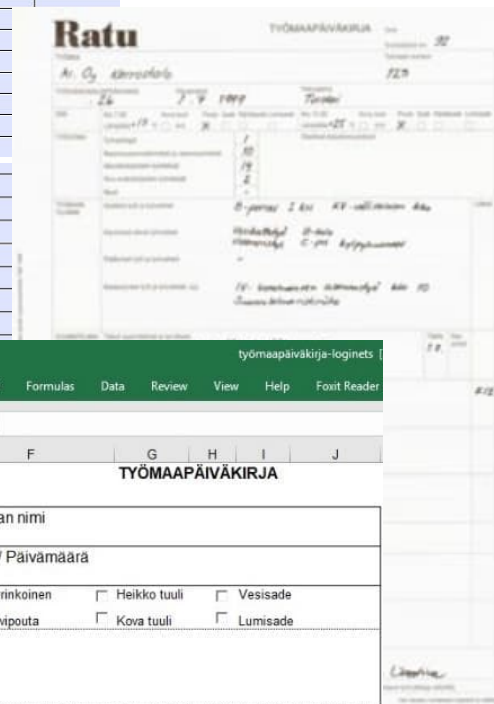


TYÖMAAPÄIVÄKIRJA

Päivämäärä / / 20

Työvahvuus

Sääolot	Lämpötila klo 7.00	Saattila	Lämpötila klo 12.00	Saattila	
	°C	<input type="checkbox"/> Kova tuuli <input type="checkbox"/> Aurinkoinen <input type="checkbox"/> Vesisade <input type="checkbox"/> Lumisade <input type="checkbox"/> Pilvipouta	°C	<input type="checkbox"/> Kova tuuli <input type="checkbox"/> Aurinkoinen <input type="checkbox"/> Vesisade <input type="checkbox"/> Lumisade <input type="checkbox"/> Pilvipouta	
Työvaiheet	Työt keskeytyneet klo		Työt keskeytyneet klo		
	Aloitettut työt		Päättyneet työt		
Materiaali-toimitukset	Tuote	Vän	Valmistettu	Tilattu	Saapunut
Tarkastukset					
Ohjeet ja määräykset					
Häiriöt sekä siirtyneet työvaiheet (esim. poikkeukselliset sääolosuhteet)					
Muutos- ja lisätyöt					
Allekirjoitukset	Päiväys, vastaava mestari				



Betonirakenteiden korjaaminen 2024 -
Laadunvarmistustoimenpiteet ja dokumentointi



Kysymyksiä, keskustelua?

Kiitos!

