



Betonirakenteiden korjaaminen 2025

Matti Airaksinen, Ramboll Finland Oy

Rakenneosien uusiminen, rakenteiden vahvistaminen, raudoituksen uusiminen tai lisääminen, vedenalaisten rakenteiden korjaus

26/3/2025

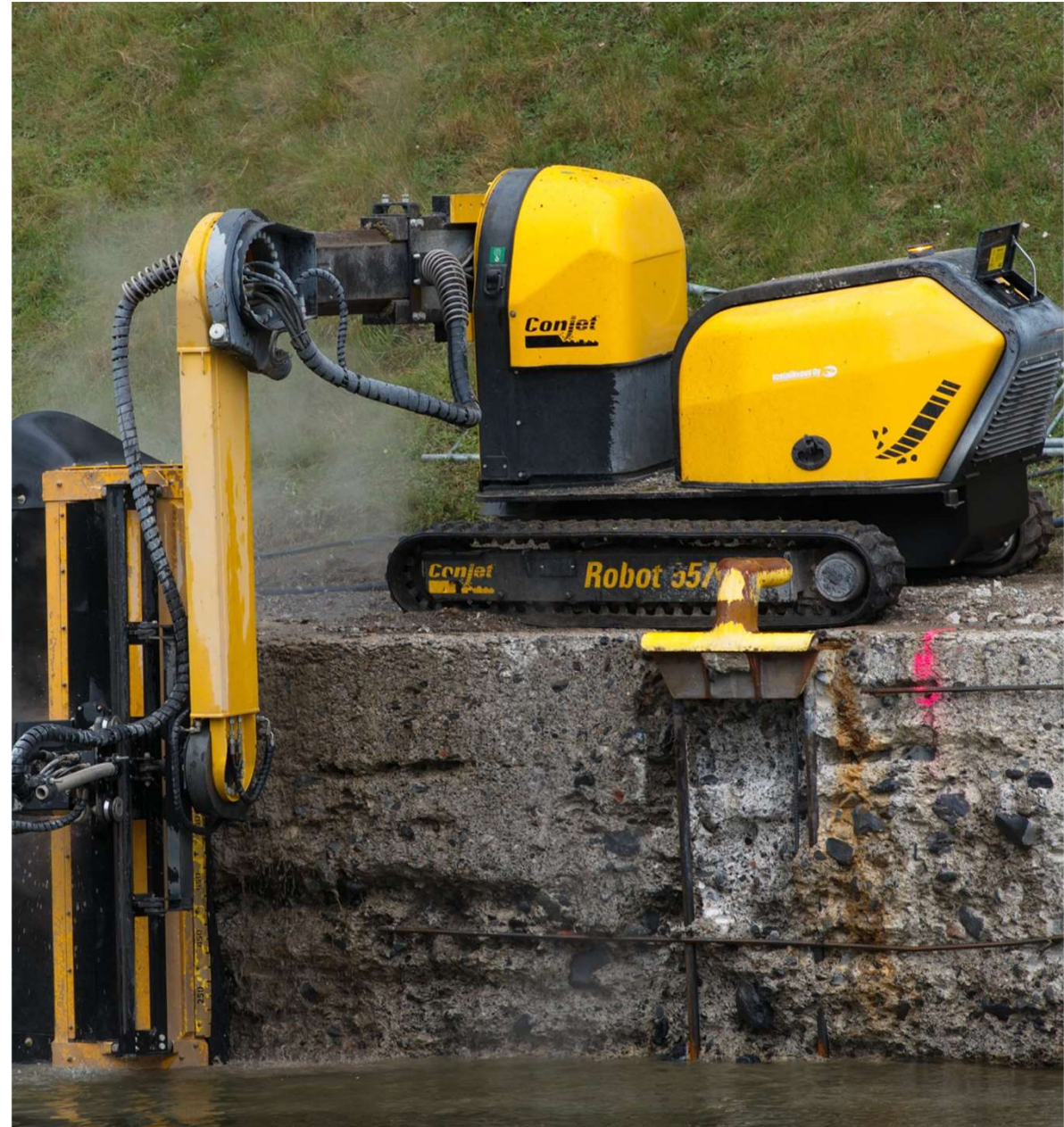
Purkutyö, kantavuuden varmistaminen, betonin poistaminen

Betonirakenteiden korjaaminen
2025



Purkumenetelmän valinta

- By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet ja SILKO 1.203 Purkamis- ja esikäsittelymenetelmät, SILKO 2. sarja “työkohtaiset laatuvaatimukset”
- Betonisiltojen korjaussuunnitteluohje LO 17-2011
- Siltojen korjaus- ja vahventamissuunnittelu VO XX/25?
- Purkumenetelmän valinta
 - Korjauksen tai uusimisen rajapinnan laatuvaatimukset, tutkimukset
 - Tartuntalujuus, kloridipitoisuus
 - Betonin laatu
 - Olemassa olevan raudoituksen hyödyntäminen
 - Rakenteen lujuus ja vaurioitumisaste
 - Työtekniset rajoitteet
 - Olosuhteet
 - Jätteet ja muut rakenteet
 - Vedenalaiset rakenteet



Betonirakenteiden korjaaminen 2025

Purkumenetelmän valinta

- Soveltuvuus kohteeseen
 - Ympäristövaatimukset, purettavan alueen laajuus, liikenne, työmaajärjestelyt, muut rakenteet (tilat)
 - Purkumenetelmän tehokkuus ja menekki
 - Vedenalaiset työt, työskentelyolot, vuodenaika
 - Voimayksikkö, vesi
 - Haitta-aineet
 - Aikataulu

Valitun purkumenetelmän soveltuvuus (ja kalibrointi) varmistetaan mallityöllä



Purkumenetelmät

Purkumenetelmät

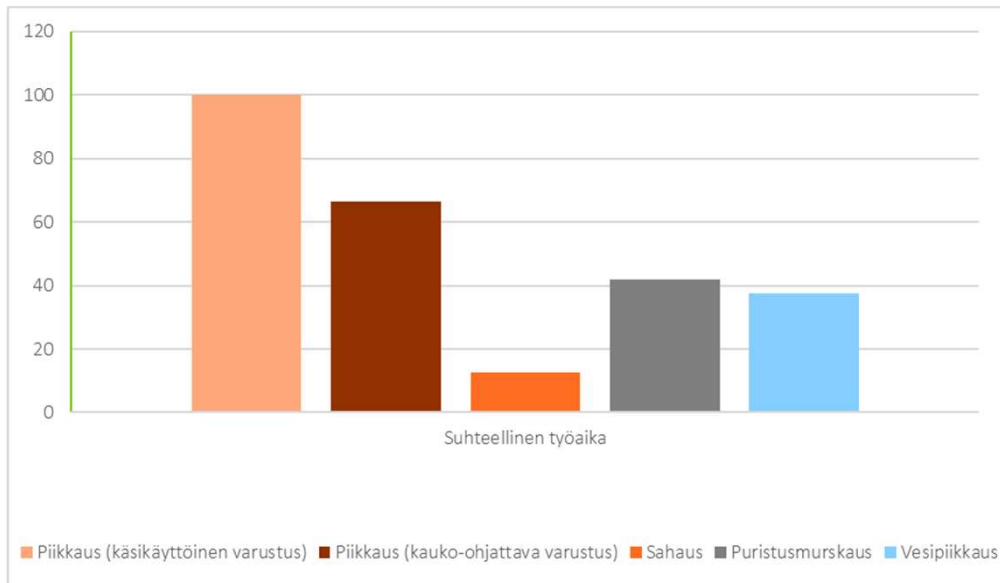
- Mekaaninen piikkaus
 - Käsien, työkoneesta “rammeri”, purkurobotti
- Murskaimet
- Vesipiikkaus
- Timanttisahaus
 - Ketjusaha, holvisaha, vaijerisaha
- Jyrsintä
- Poraus

Betonipinnan poisto ja puhdistus

- Korkeapainepesu (tasovesipesu), vesihiekka- tai hiekkapuhallus, sinkopuhallus, soodapuhallus, kuivajääpuhallus, imurointi



Purkumenetelmät



Huom. sahauspinta on karhennettava



Purkumenetelmät

Purkamismenetelmien käyttökohteita SILKO 1.203

KÄYTTÖKOHDE	TYÖMENETELMÄ											
	Piikkaus käsityövälineillä	Koneellinen piikkaus	Vesipiikkaus	Iskuporaus	Lieriöporaus	Timantisahaus	Sulatusleikkaus	Puristumurskaus	Koneellinen halkaisu	Halkaisu paisunta-aineella	Hallittu räjäytys	Irrutus kaivinkoneella
Betonirakenteet												
Purkaminen												
- reunapalkki		•	•					•	○	○		
- kansilaatan yläpinta		•	•									•
- alusrakenteiden pinnat		•	○									•
- kansilaatan alapinta		•	○									•
Läpiviennit				○	•		○					
Ankkuroinnit				•	○							
Rajaukset						•						○
Tartuntapinnan viimeistely	•											•
Pintarakenteet												
Purkaminen												
- päällyste ja suojabetoni		•	•									•
- vedeneristys		•	•									•
Sauma						•						•
Jyrsiminen												•
Vedenalaiset rakenteet												
Purkaminen	○	•	•				○					
Leikkaus					•	•						

- sopii hyvin
- voidaan käyttää



Puhdistusmenetelmät

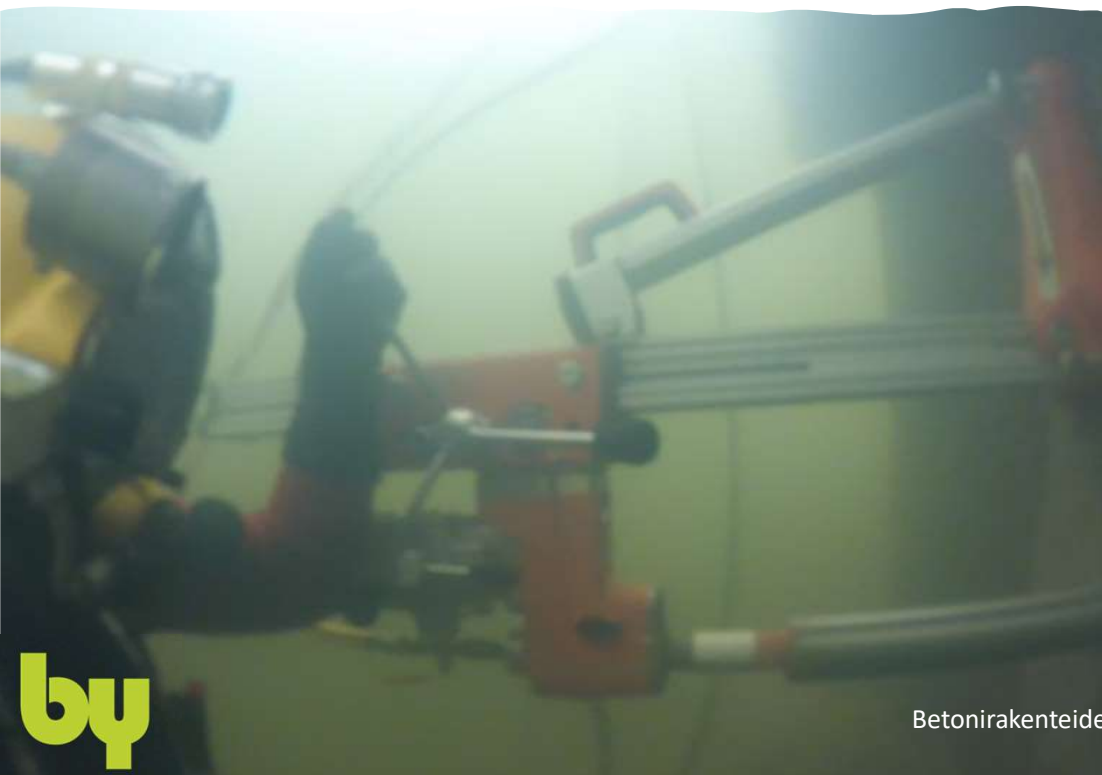
Puhdistusmenetelmien käyttökohteita SILKO 1-203

Menetelmä	Betonipinnan puhdistaminen	Raudituksen puhdistaminen	Irtoaineksen poistaminen	Vaikutus-syvyys [mm]
Vesipiikkaus		•		
Hiominen (karhennus)	•			1–3
Hiekkapuhallus	•	•		0–5
Vesihiekkapuhallus	•			0–1
Sinkopuhdistus	•			0–3
Soodapuhallus	•			< 1
Kuivajääpuhallus	•		•	0–1
Korkeapainepesu / Tasovesipesu	•	•	•	0–5
Imurointi			•	0
Paineilmapuhallus			•	0
Liekkiharjaus	•			0–1



Purkumenetelmät veden alla

- Vesipiikkaus puomilla ≤ 3 m / WP
- Hydraulisesti tai paineilmalla
 - Vesipiikkaus
 - Mekaaninen piikkaus
 - Timanttisahaus
 - Timanttiporaus



Betonirakenteiden korjaaminen 2025

Ympäristön suojaus, turvallisuus liikennejärjestelyt ja työvaiheistus

- SILKO 1.111 Työturvallisuus, TURO ja RATU-kortisto
- Muun muassa seuraavat tekijät saattavat vaarantaa työntekijöiden turvallisuuden (ja ympäristön):
 - tie-, raide- ja vesiliikenne
 - Sähköjohtojen, kaapeleiden lähellä työskentely
 - työskentely puutteellisilla telineillä ja työtasoilla
 - virheelliset tai puutteelliset työmenetelmät ja välineet
 - poikkeukselliset sääolosuhteet
 - työympäristön epäjärjestys
 - puutteellinen purkusuunnitelma
 - korjattavien rakenteiden huono kunto
 - vaaralliset aineet (PAH, asbesti, kvartsipöly)
 - töiden huono ennakkosuunnittelu ja puutteellinen turvallisuussuunnittelu ja suojavarustus.
- SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu
 - Olosuhteista tulevat määräykset esim. kunta, eliöstö, Natura 2000
 - Ympäristö- ja luontoselvitykset
 - AVI ja kunnan ympäristösuojeluviranomainen sekä ELY-keskus
- Hydraulisissa voimayksiköissä käytettävä ympäristöön hajoavia bionesteitä



Liikennejärjestelyt ja työvaiheistus

- Työtilat
- Siltojen sääsuojat VO 2/2023
- Purkujärjestys ja rakenteen kantavuuden huomiointi
 - Liikennejärjestelyt
 - Tuennan tarve
- Liikenteen vaatimusten huomiointi
 - Kaistat ja alikulkukorkeusvaatimus
 - Työjaksot rautateillä



Kantavuuden varmistaminen

Rakenteen lujuus

- Betonin puristuslujuus ja vauriot (tutkimukset)

Rakenteen staattinen toiminta

- Sillat; päällysrakenne, tukirakenteet
- Paljonko puretaan → betonin ja raudituksen yhteistoiminta, tuentatarve tarkasteltava laskennallisesti
- Liikennejärjestelyt → kuorman vähentäminen, tarvittavat tilat, nopeuden alentaminen
- Rakenteen tukemistarve kun omapaino pienenee → kuorman ja jännityksen muutokset
- Rakennuksen julkisivun ulkokuori liittyy yleensä puristettuun rakenteeseen → ei ongelmaa
- Parveke → onko ulokkeellinen vai alhaalta tuettu
 - Yleensä ripustukset uusitaan tai muutetaan alhaalta tuetuksi, olennaista purkujärjestys eli staattinen toiminta



Purkujätteen lajittelu

- Betonin korjaus- ja suojaustöissä syntyvät jätteet on aina kerättävä ja lajiteltava
- Kierrätysmahdollisuus on esimerkiksi betonimurskan uusiokäyttö pengermateriaalina, kivitörmäisissä tai luiskarakenteissa, betonin valmistuksessa runkoaineena
- Betoniraudotteiden uusiokäyttö terästeollisuuden raaka-aineena (betoniteräket sulatettua uusioterästä)
- Kerrostalojen betonielementtien kierrätys



Telineet ja muotit, raudoitus, tartuntatankojen lisääminen

Betonirakenteiden korjaaminen
2025



Telineet ja muotit

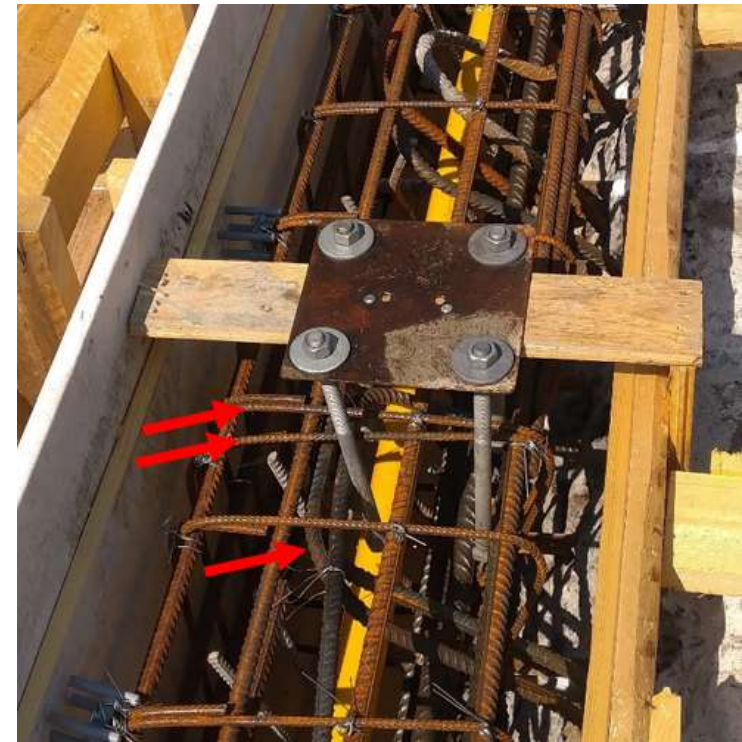
- Puu- tai terästelineet
- Vaatii erillisen suunnitelman ja tarkastuksen
- Paikallatehtyjä tai valmiita elementtejä (järjestelmämuotti)
- Huomioitava ympäristön vaatimukset kuten liikenne, kevytliikenne, auto, bussit, junat, kuormat, laivat vesipoikkileikkaus (vesistö sillat)
- Muottimateriaalit
 - Raakaponttilauta, mitallistettu lauta, vanerimuotti, polymeerimuotti, teräsmuotti
- Pinnan ja muodon vaatimukset
 - Betonipinnan laatuluokka AA, A, B ja C (by 40)
- Ulkonäkövaatimukset
- Toleranssit
- Saumat
 - liikuntasärmä ja kutistumasärmä
- Kierrätysmahdollisuus



Raudoitus, tartuntatankojen lisääminen

- Teräslaadut
 - Harjateräs B500B (A500HW)
 - ruostumaton B600KX
 - kuumasinkitty, pinnoitettu (pintakäsittely)
 - korroosiopari?
- Lisäraudoitus, laskettava
- Säilytettävän raudoituksen hyödyntäminen
- Korvaava raudoitus ja jatkospituudet
 - Tangon pinta-ala pienentynyt ≥ 25 % korroosion vuoksi
- Tartuntatankojen käyttö
 - Määrä, ankkurointipituus, poraus ja puhdistus, ankkurointiaineet (kemialliset ja laasti)





Sillan reunapalkin muotti ja rauditus

Ankkurointiaineen valinta

- Ankkurointiaineen on sovellettava kyseisen korjauskohteen vaatimuksiin
- Suunnittelija määrittelee kemiallisia ankkureita käytettäessä ankkureiden ja ankkuroinnin laatuvaatimukset
 - Ankkurointiaineina käytettävien valmistusotteiden on oltava CE-merkittyjä ja niiden suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamisjärjestelmän (AVCP-luokka) tulee olla 2+ / standardi SFS-EN 1504-6
 - ETA – arviointi
 - Käynnissä SILKO-koeohjelma mm. sovellettu SLICE-test
 - Betonirakenteiden suunnittelu –ohje NCCI 2 (ankkurointi ja limipituudet)
- Ankkurointiaineena voidaan käyttää sementtilaastia (SILKO-koeohjelma), jonka kiviaineksen enimmäisraekoko on 2 mm ja juotoslaastin vesisementtisuhde on enintään 0,5
 - Porareikä vähintään 5x max. raekoko
 - Lisäaineiden esimerkiksi huokostimien ja notkistimien mahdollinen käyttö on esitettävä ankkurointisuunnitelmassa



Progreso Pier (Mexico)



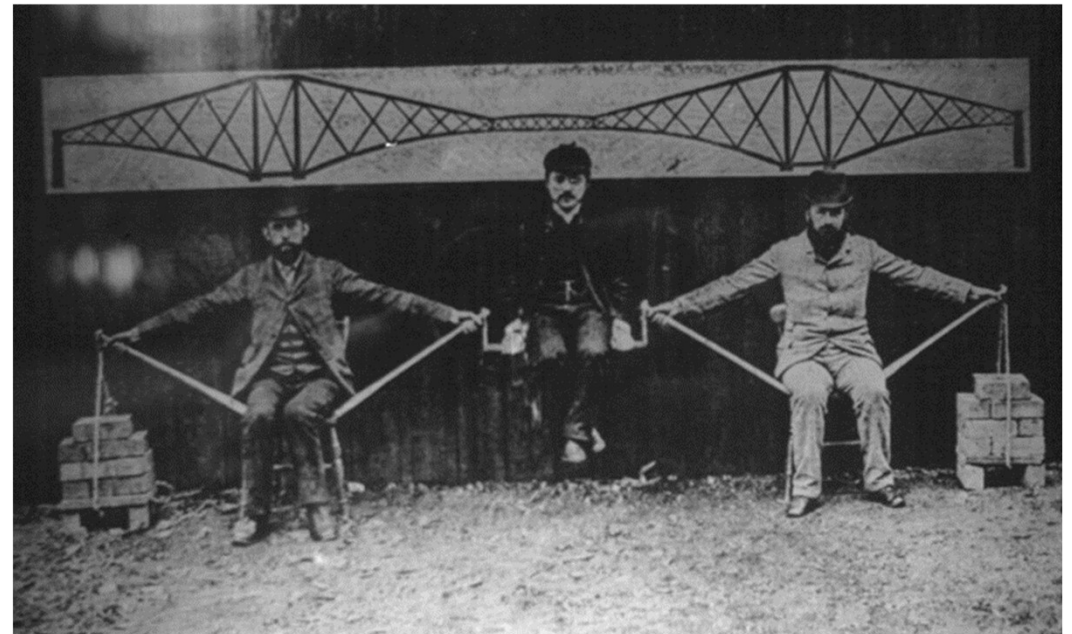
Rakenteiden vahvistaminen

Betonirakenteiden korjaaminen
2025



Vahvistamistarve

- Lisääntynyt kuormitus
 - Liikennemäärät
 - Ajoneuvoasetuksen muutos
 - Teollisuus ja rakentaminen
- Käyttötarkoituksen muuttuminen
 - ERIKU-reitti
- Suunnittelu- tai valmistusvirheet



Vahvistamistarve

- Vahventamismenetelmillä parannetaan paikallista kestävyyttä lisäämällä
 - taivutusmomenttikapasiteettia
 - leikkausvoimakapasiteettia
 - normaalivoimakapasiteettia
 - vääntömomenttikapasiteettia



Vahvistamistarve

- Vahventamisen perusedellytykset
 - Sillan suunnitelmien paikkansapitävyys
 - Betonirakenteiden riittävä kunto
 - Tarkoituksen mukaisen kantavuustason määrittäminen
 - Oikean vahventamismenetelmän valinta
 - Menetelmäkohtaisten rakenteellisten ohjeiden ja työtapojen huomiointi
 - Vahventamismitoitus kaikkien kriittisten tekijöiden suhteen



Vahvistamistarpeen arviointi

- Kunnon perusteella, mm.
 - taipumat, muodonmuutokset (viruma)
 - betonirakenteiden halkeilu
 - Leveät halkeamat > 2 mm
 - Jatkuva halkeilun lisääntyminen
 - Liikettä halkeamissa (monitorointi)
- Kantavuuden perusteella
 - laskennallisesti tai koekuormituksiin ja mittaustuloksiin perustuen.
 - murtorajatila ja käyttöraja-tilat (esim. taipuma, halkeamaleveys).
 - Suunnittelukuorma vs. AA-kuorma
- Käyttöaste = rakenteen kuormitus / rakenteen kapasiteetti käyttöraja-tilassa

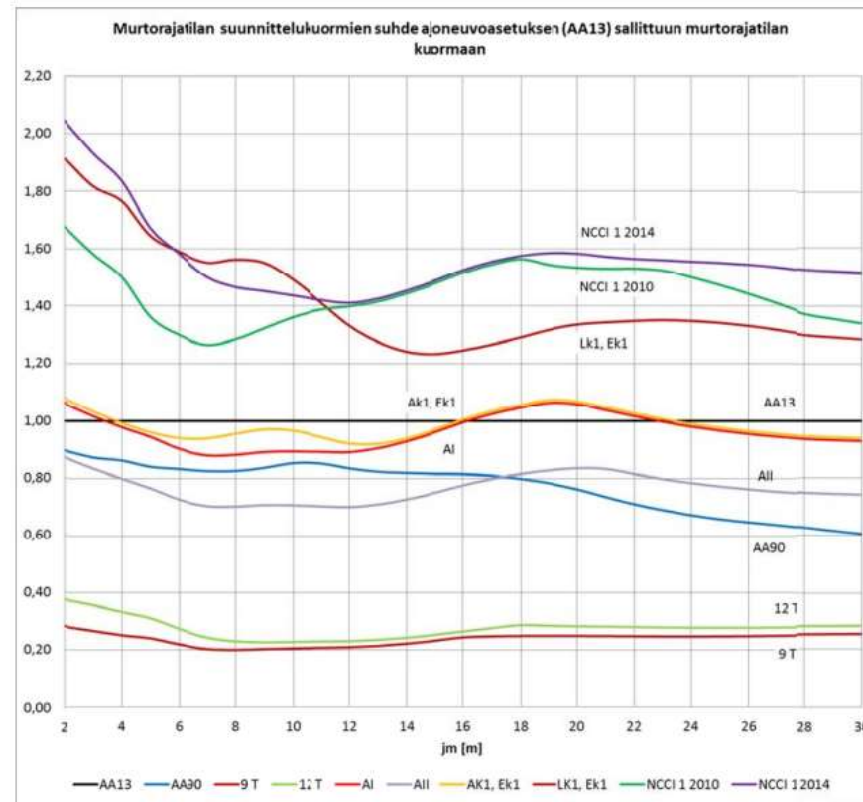


Suunnittelukuormien vertailu, siltojen päällysrakenteet

Liikennevirasto

36 · 2015
LIIKENNEVIRASTON
OHJEITA

Siltojen kantavuuslaskentaohje



Kuva 13. Kuormien murtorajatilan mitoitusarvoilla laskettujen momenttien suhteet eri jännemitoilla.

Vahventamismenetelmät

- Lisäraudoitus /poikkileikkauksen kasvattaminen → pintavalu
- Liimausvahventaminen
 - Hiilikuitu
 - Teräslevyt
- Jälkijännittäminen
- Ankkurointi
- Kantavuuden lisääminen lisärakenteilla



Pintavalu

Taivutuskapasiteetin kasvattaminen

- Laattasillat
- Palkki- ja kotelopalkkisillat
- Kaukalopalkkisillat

Pääasiallinen vahventava vaikutus saavutetaan pintalaattaan asennettavilla betoniteräksillä ja liittovaikutuksella. Betoniterästen vahventava vaikutus on kuitenkin tehokkaimmillaan rakenteen vedetyllä reunalla, joten pintavaluvahventaminen soveltuu hyvin kohteisiin, joissa kapasiteettia halutaan kasvattaa tukialueella rakenteen yläpinnassa.

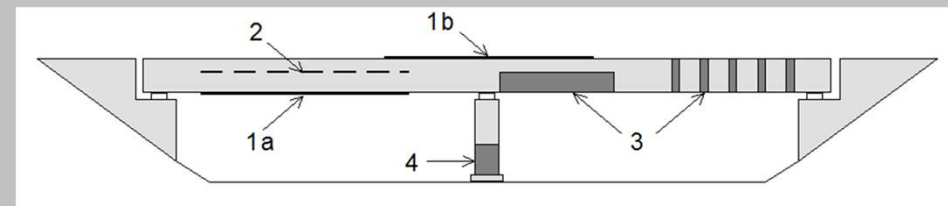


Liimausvahventaminen

- 1) Palkkien taivutusvahventaminen: a) kenttä, b) välituki
- 2) Laatan taivutusvahventaminen
- 3) Palkkien leikkausvahventaminen
- 4) Pilareiden vahventaminen

Liimausmenetelmät

- Puristusliimaus
- Injektointiliimaus
- Laminointiliimaus



Liimausvahventaminen

Liimausvahventamisen onnistuminen edellyttää betonipinnoilta riittävää lujuutta ja kuntoa (tutkimukset)

- Tartuntavetolujuus, minimiarvo irtivetokokeilla 1,5 MPa
- Karbonatisoituminen, ei betoniterästen tasolla, terve betonipeite normaalisti > 10 mm
- Kloridipitoisuus < 0,03 % betoniterästen tasolla happoliukoisena mitattuna
- Halkeamat, ei leveää leikkaushalkeilua, > 0,2 mm:n taivutushalkeamat injektoidaan
- Betonipinnan epätasaisuudet, sallittu arvo 5 mm 2,0 m:n ja 2 mm 0,3 m:n matkalla
- Betoniterästen korroosio, ei sallita normaalisti, mikäli sitä on, korroosion poisto, terästen korroosiosuojaus ja uusi betonipinta, tartunta varmennettuna
- Vedeneristys, ei vuotoja vahvennettaviin rakenteisiin, yleensä edellytetään vuotavan vedeneristyksen uusimista vahventamisen yhteydessä.
- Oikeat liimausolosuhteet, mm. lämpötilan ja kosteuden suhteen.
- Kannen yläpintaa vahvennettaessa on liimaus suojattava päällystys- ja eristämistyön lämmönousulta esim. 15 mm suojalaasti (liimatoimittajan ohjeistus huomioitava).



Case Herttoniemen metrosillat



1500 m hiilikuituvahvistenauhaa

Betonirakenteiden korjaaminen 2025

Liimausvahventaminen

Yksi järjestelmä jokaiselle käyttöalueelle:

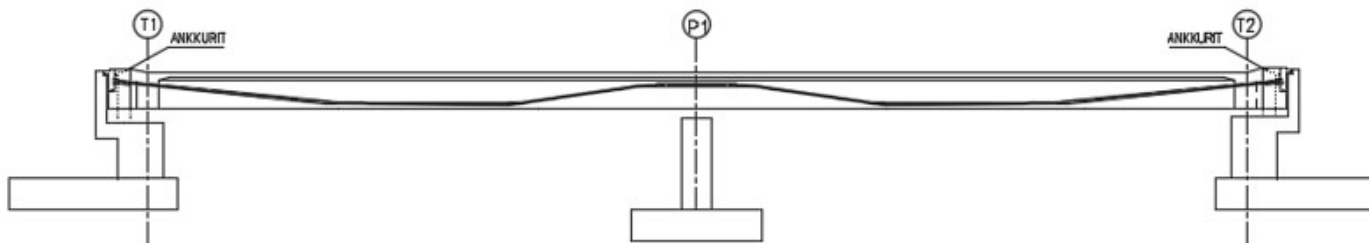


Rakenteen osa	Kuormitus	StoFRP järjestelmäratkaisu			
		StoFRP Plate	StoFRP Sheet	StoFRP Bar	StoFRP Grid
	Pilari	●	●	●	●
	Palkki	●	●	●	●
	Taivutus	●	●	●	●
	Leikkausvoima		●		●
	Laatta	●	●	●	●
	Taivutus	●	●	●	●
	Rei'itys		●		
	Taivutus	●	●	●	●
	Rei'itys		●		●



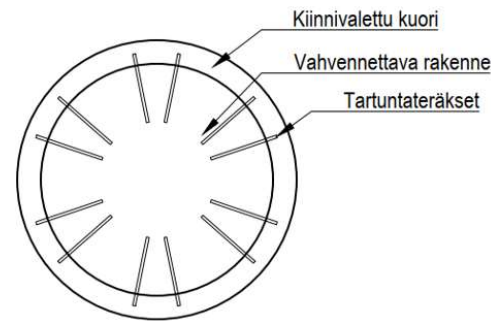
Jälkijännittäminen

- Lisätään rakenteeseen ulkoiset jänteet
- Käyttötarkoitukset
 - taivutuskapasiteetin lisääminen
 - leikkauskapasiteetin lisääminen
 - suurten pysyvien taipumien pienentäminen
 - halkeaminen kiinnipuristaminen



Maa- ja välitukirakenteiden vahventaminen

- Vetotangot ja ankkurilaatat
- Poikkileikkauksen kasvattaminen
- Lisättävät maamassat
- Lisäpaalutukset
- Liimausvahventaminen



Ajateltava perustamistavan ja pohjaolosuhteiden kanssa kokonaisuutena ja huomioitava sillan laakerointi ts. liiketoiminta

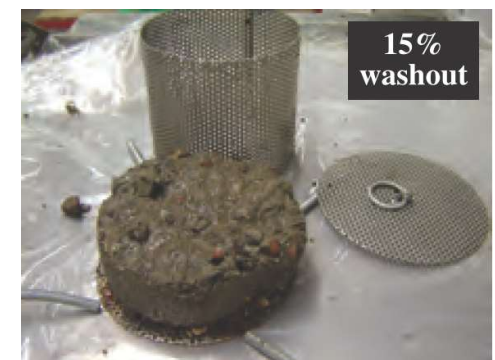
Materiaalit

Betonirakenteiden korjaaminen
2025



Betoni

- Eurokoodin soveltamisohje – Betonirakenteiden Suunnittelu NCCI2, InfraRYL, Infrabetoniohje, SILKO-tuotteiden luettelo, By Vähähiilisyysluokitus
- Valintakriteerit käyttöikävaatimuksen mukaan
 - Terästen korroosio
 - Betonipeite
 - Halkeaman leveys
 - Betonin lujuusluokka (XC)
 - Betonin vesi-sementtisuhde (XD ja XS)
 - Rasitusluokat
 - Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio, XC -luokat
 - Kloridien aiheuttama korroosio, XD ja XS -luokat
 - Jäätymis-sulatusrastitus, XF -luokat
 - Kemiallinen rasitus, XA -luokat



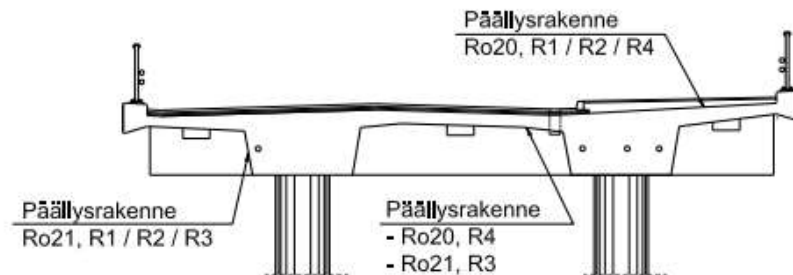
Betonisillat

- P-lukumenettely kattaa kaikki rasitusluokat
 - Poikkeuksena XA-merkintää käytetään sulfaatinkestävässä P-betonissa
- Infrabetoniluokat C30/37...C45/55 (P0...P50)
 - Standardi lieriö / 150 mm kuutio (MPa)
- Toteutusluokat 2 ja 3
 - Päällys- ja tukirakenteet → 3
 - Peruslaatat, paalulaatat → 2
 - Esim. C35/45-3
 - Toteutusluokka $1 \leq C20/25$

Taulukko 4.1 Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset: päällysrakenne ja reuna-palkit

Suunnitelmissa esitettävät asiat							
Sillan osa	Sillan osan tunnus	Rasitusluokkaryhmä	Vaatimukset			Suunnittelukäyttöikä	Rasitusluokat
			Lujuusluokka	P-lukuvaatimus	Raudituksen betonipetteen nimellisarvo, $f_{ct,sp}$ [mm]		
Päällysrakenteen palkkien ja kansilaattojen vedeneristeen alla olevat pinnat sekä muut ei suola-sumurasitetut pinnat	Ro20	R1 R2 R4	C30/37	P30	40	100	XC3, XC4, XF2

- Merkintä suunnitelmissa
 - Kansi Ro20 C30/37-3 P30, C_{nim} = 40 mm



Kuva 5. Laattapalkkirakenne.

NCCI 2 Betonirakenteiden suunnittelu

Vähähiilinen betoni

BY-Vähähiilisyyssluokittelu

Luokkien arvioitu saatavuus

BETONI	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
C20/25 - Ei huokostettu					
C25/30 - Ei huokostettu					
C30/37 - Ei huokostettu					
C35/45 - Ei huokostettu					
C45/55 - Ei huokostettu					
C50/60 - Ei huokostettu					
C30/37 - Huokostettu					
C35/45 - Huokostettu					
C45/55 - Huokostettu					
C50/60 - Huokostettu					
C30/37 P0					
C30/37 P30					
C35/45 P0					
C35/45 P30					
C35/45 P50					
C45/55 P50					

	Todennäköisesti yleisesti saatavilla
	Todennäköisesti saatavissa useilta valmistajilta ¹
	Todennäköisesti saatavilla joiltakin valmistajilta ¹
	Todennäköisesti saatavilla vain projektikohtaisena erikoistuotteena ¹

¹ Saatavuus varmistettava etukäteen

Saatavuus vaihtelee todennäköisesti:

- Betonilaatukohtaisesti (huokostamattomat / huokostetut / Infrabetonit)
- Valmistajakohtaisesti
- Alueellisesti

Taulukkoa päivitetään saatavuuden kehittymisen myötä

Vähähiilisyyssluokittelun toiminta käytännössä

- Tilaaja / suunnittelija valitsee luokan
- Betonin valmistajat ilmoittavat mihin luokkiin pääsevät eri betonilaaduilla
- Urakoitsija tilaa luokan mukaista betonia

Infrabetoni

- Käyttöön suositeltavat infrabetonilaadut
 - C30/37 P0
 - C30/37 P30
 - C35/45 P0
 - C35/45 P30
 - C35/45 P50
 - C45/55 P50
- Tavoitteena että betonin valmistaja testaa yleisimmät infrabetonilaadut ennakkoon
- Ennakkokokeet voimassa 2 vuotta
- Voimassa minimi 12 mm raekoolle
- Tehdaskohtaisissa ennakkokokeissa tutkitaan
 - Ilmamäärä eri ajankohtina
 - Notkeus eri ajankohtina (painuma- että leviämäkoe)
 - Tiheys
 - Sekoitusajan riittävyys, ilmamääräpotentiaali
 - Puristuslujuus (7, 28 ja 91 vrk)
 - Pakkassuolakestävyys (ei koske P0 betoneita)
- Kohdekohtaiset ennakkokokeet (InfraRYL mukaisesti)
 - Vaikeasti valettavat rakenteet
 - Erottumisherkät betonit (max. raekoko < 12 mm)
 - Korkeat lujuudet tai korkea P-luku; >C45/55 tai >P50
 - Päätöksen tekee Väylävirasto tai tilaaja
 - Kokeet yhteistyössä urakoitsija ja Betonin valmistaja
 - Urakoitsijalla vastuu kokeiden käynnistämisestä

Infrabetoni

- P-luku kuvaa betonin pakkassuolakestävyyttä
 - Tehdaskohtaiset ennakkokokeet “aina”
 - Kohdekohtaiset ennakkokokeet erillisen harkinnan perusteella
 - Ilmamäärämittaukset työmaalla
- Infrabetonin laadunvarmistus perustuu
 - P-luvun laskentaan suhteutustietojen perusteella
 - Ennakkokokeisiin
 - Betonin ilmamäärämittauksiin, notkeuteen ja puristuslujuuden määrittämiseen työmaalla

Masuunikuonaa max 50 % sideaineen kokonaismäärästä (vähähiiliset betonit)

- P-lukuun vaikuttavat
 - v/s-suhde (vesi-ilmasideainesusuhde)
 - Ilmamäärä
 - Jälkihoitoaika
 - 7 vrk, poiketaan vain erityistapauksissa
 - Seosaineet
 - Sementin sisältämät
 - Betoniasemalla lisättävät
 - P-luku Laskentapohja
 - Betoniasemalla
 - Työmaalla ilmamäärämittausten yhteydessä
- 

[illegible]

Materiaalit

Betoni

- Valintakriteerit
 - Lujuus
 - Max v/s, min sementtimäärä, min lujuusluokka, max raekoko
 - P-luku
 - suhteitusvaatimukset
 - Lisäaineet
 - Lisähuokoistus ja notkistimet (työstettävyys)
 - Erikoisbetonit kuten
 - Itsetiivistyväbetoni
 - Korjauslaastit
 - Korjausbetonit
 - Huuhtoutumattomat (vedenalaiset)

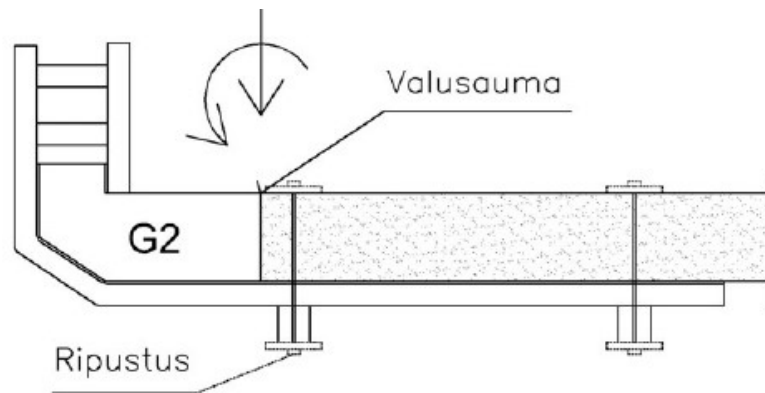


Uusien osien ankkurointi

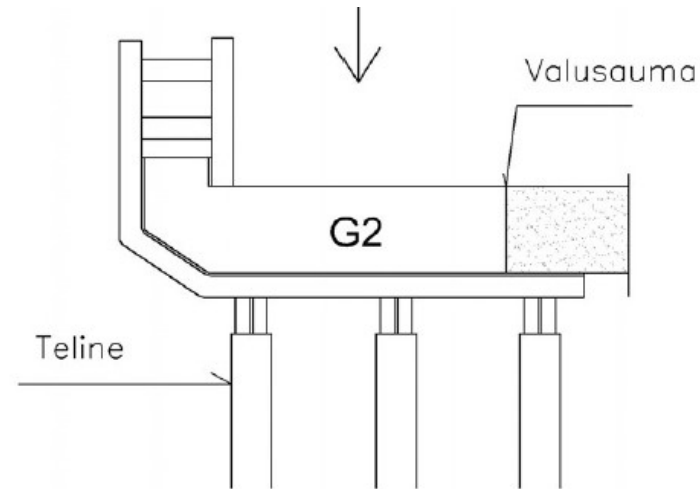
- Ankkurointialustan kunto (tutkimukset)
- Rasitus ja käyttöikä
- Materiaalivaatimus
 - Teräs, ankkurointiaine
 - Ankkurointipituus vs. kuormitus
- Kuormitus ja yhteistoiminta
 - Vanhat betoniraudoitteet + lisäraudoitteet → riittävä rauditus
 - Tuenta
 - Sopiva betonimassa
 - Jälkihoito
 - Jälkivalukaistan tarve
- Laadunvarmistus



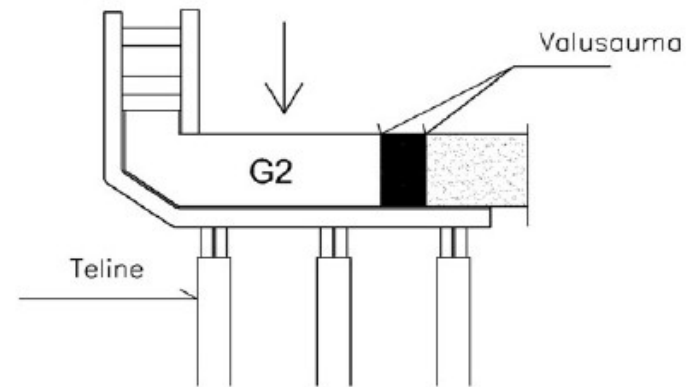
Uusien osien tuenta, LO 17/2011



Kuva 7. Uuden osan kuormien jakaantuminen, kun levennysosan muotti ripustettu vanhaan rakenteeseen.



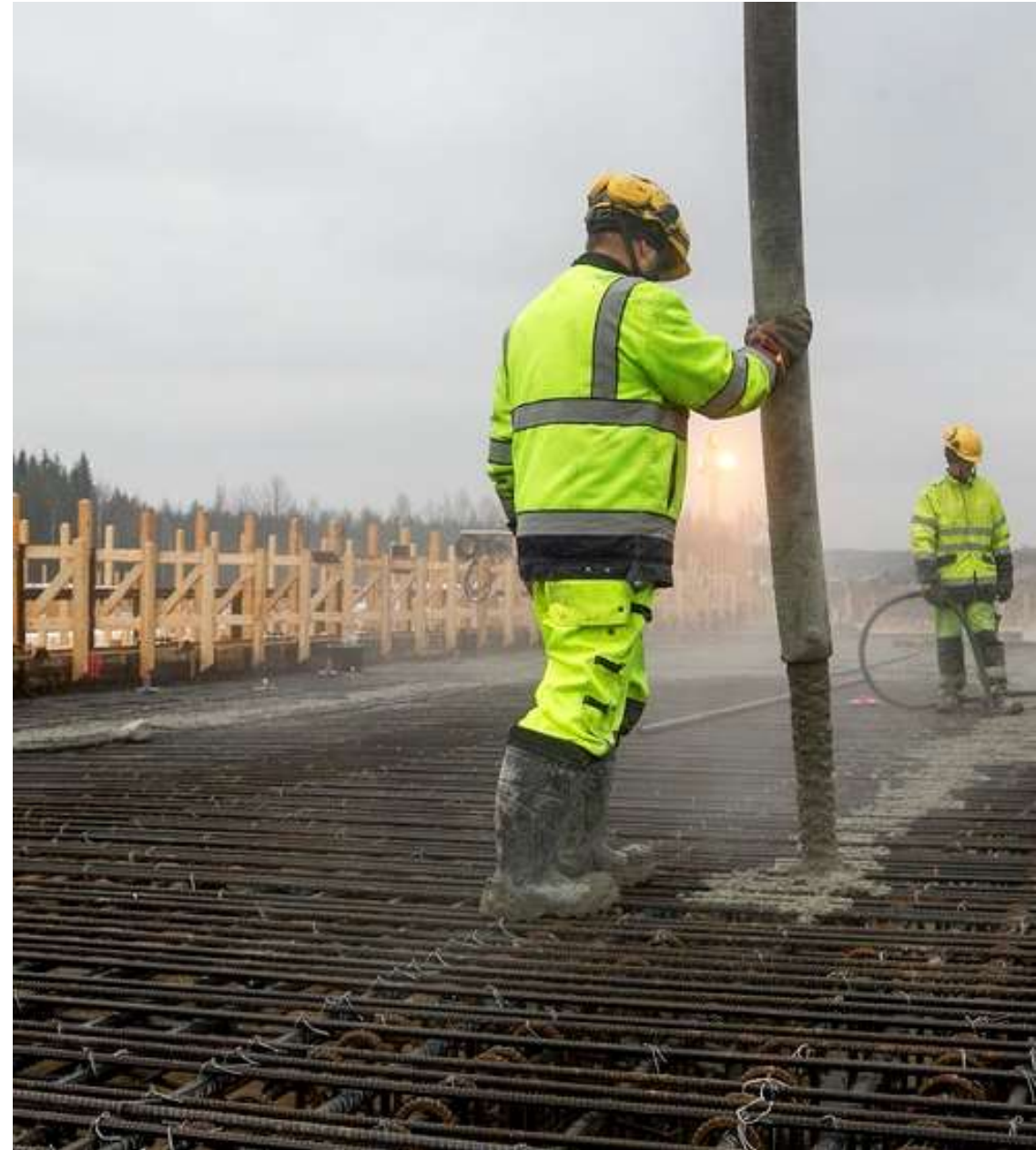
Kuva 10. Levennysosa valetaan suoraan kiinni vanhaan siltarakenteeseen telineiden tukeutuessa omille perustuksilleen



Kuva 11. Siltalaatan levittäminen jälkivalukaistan avulla.

Betonointi ja jälkihoito

- Betonilaadun valinta
 - Siirrot, valettavuus, tiivistys, jälkihoito
 - Korjauskohteessa etenkin kutistuvuus, lämmöntuotto ja notkeus
 - Ahtaat paikat ja alhaalta pumpattavat → IT-betoni
 - Ratakohteet → nopeasti kovettuva betoni
 - Korjausmassa vs. betoniaseman massa (infrabetoni)
- Esikäsittely
 - Puhdistus, kostutus
- Olosuhteet
 - suojat, lämmitys, jäähdytys, tärinä
- Betonimassan laadunvarmistus
 - Ennakkokokeet sekä työmaatestit ja P-lukulaskelmat
 - InfraRYL, RakMK B4 ja Infrabetonien valmistus
- Vähähiilisyysvaatimus esim. GWP85 %



Betonointi ja jälkihoito

Betonointityösuunnitelma

- Kaikki rakennuskohteet, jossa toteutusluokan 2 ja 3 betonirakenteita
- Betonoinnin aloituskokous
- Määritellään käytettävät betonilaadut
 - Lujuusluokka, erityisvaatimukset, raekoko, notkeus, betonointinopeus, mahdollisesti hidastimet, ilmamäärän mitta
- Betonin siirto muottiin
 - Tarvittava siirtokalusto, pumppujen paikat, aikataulu
- Betonin toimitus betoniaseman kanssa
 - Betoninlaatu, aikataulu, kuormien koko, vara -asemat ja pumput
- Betonointityö
 - Henkilöstö, työtehtävät, työjärjestys, tauot, varamiesjärjestelmä, jälkihoito
- Laatumittaukset
- Suojaukset, lämmitykset, jäädytys, betonin lämpötilaseuranta

Jälkihoito

- Jälkihoitoaineet (varhaisjälkihoitoaine)
- Kastelu (yleensä väh. 7 vrk)



Tarkastukset, mittaukset / laadunvarmistus

- InfraRYL ja Infrabetonin valmistus
- Ankkuroinnin vetolujuus ja toleranssit
- Raudoitustarkastus (suunnittelija)
- Muottien ja telineiden tarkastus
- Betonirakenteen kelpoisuuden osoittaminen
 - Lujuuden suhteen valettavilla koekappaleilla
 - Säilyvyyden suhteen ilmamäärämittauksin ja P-lukulaskelmilla ja notkeuden mittauksilla
 - Lämpötilojen hallinta
- Betonipinnat
 - laatu, väri, huokoset ja halkeamat



SILKO 2.21 REUNAPALKIN KORJAUS, LAATUVAATIMUKSET

SILKO 2.211 REUNAPALKIN UUSIMINEN, LAADUNVARMISTUS

TYÖVAIHE / LAATUVAATIMUS	Vaatusus	Mittausmenetelmä	Mittausstiheys / -ajankohta	Dokumentti	Viite	Huom.
Korjausalusta						
Piikatus pinnan kloridipitoisuus	≤ 0,07 p-% happoliukoisena	Laboratoriomittaus jauhe- tai poranäytteestä	Suunnittelija määrittää mittausmäärän	Sertifioidun laboratorion pöytäkirja	SILKO 1.201 standardi SFS-EN 14629	≤ 0,02 p-% happoliukoisena raudoituksen ympärillä
Mekaaninen piikkaus, loppupiikkaus	Viimeiset 50 mm vesipiikkauksella	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Koko valualusta	Rakenneosakohtaiset kohdennetut valokuvat		
Piikatus pinnan vetolujuus	≥ 1,5 N/mm²	Vetolaitteella tehtävä vetokoe	Suunnittelija määrittää mittausmäärän	Vetolujuuspöytäkirja	SILKO 1.231 SFS 5445	
Piikatus betonipinnan puhtaus	Ei saa jäädä mitään irtainta ainesta tai epäpuhtauksia	Visuaalinen tarkastus ja valokuvaus	Piikattu alue	Rakenneosakohtaiset kohdennetut valokuvat	SILKO 2.231	
Terästankojen puhtausaste	Sa2, suihkupuhdistus (mikäli ei käytetä vesipiikkausta) St2, teräsharja	Visuaalinen tarkastus ja valokuvaus	Jokainen piikkauksessa paljastunut terästanko	Rakenneosakohtaiset kohdennetut valokuvat	SILKO 2.232	
Raudoitustangon uusiminen	Raudoitustanko uusitaan teräskorroosion tai muun syyn vuoksi, jos tangon pinta-ala on pienentynyt vähintään 25 %.	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Rauditus tarkistetaan kauttaaltaan ennen betonointia	Rakenneosakohtaiset kohdennetut valokuvat	SILKO 2.262	
Valulustan kosteus	Mattakostea	Visuaalinen tarkastus	Koko valualusta/ välittömästi ennen valun aloitusta	Valokuvat mahdollisuuksien mukaan	SILKO 1.231 SILKO 2.231	
Korjausalustan lämpötila	+5°C (...+20°C)	Infrapunälämpömittari	Välittömästi ennen betonoinnin aloittamista	Mittauspöytäkirja		
Muotit ja telineet						
Muottien ja telineiden suunnittelu ja valmistus	InfraRYL kohdan 42020.3.2 mukaan	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonoinnin aloittamista	Muottipiirustukset ja laskelmat		Alapinnan ankkuroidun telineen ankkurien vetolujuus tarkastetaan tarvittaessa
Sahatun puutavaran lujuusluokka	C24	Todetaan		Laatudokumentti		
Reunapalkin mitat muotista	Sallitut poikkeamat InfraRYL 42210.4.2	Mittanauha, takymetri	Ennen betonointia	Mittauspöytäkirja	NCCI2 VO 5/2022 Liite 4	
Muottikankaat	SILKO 3.256 Muottikankaat	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonoinnin aloittamista	Valokuvat tarvittaessa, muottikankaan tuoteseloste		
Rauditus						Ruostumattomien raudotteiden käytön vaatimukset on esitetty NCCI2 liitteessä 4.
Tartuntatankojen ankkurointi	SILKO 2.261 Tartuntatankojen ankkurointi mukaiset vaatimukset	Vetokoe, koputtelu	Ankkurointimassan kovettumisen jälkeen, ennen betonointia	Vetolujuuspöytäkirja, raudoitustarkastusöytäkirja	InfraRYL 42020.3.3, 42020.3.4.10 ja 42020.3.4.11	Suunnittelija määrittää vaatimukset korjaussuunnitelmassa.
Raudoitustyö	InfraRYL kohdan 42020.3.3 mukaiset laatuvaatimukset	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonointia	Raudoitustarkastus-pöytäkirja		
Betonipeitepaksuudet muotista	InfraRYL 42210.4.3 mukaiset vaatimukset	Mittanauha (muotista mittaus)	Yleisesti ennen betonointia	Raudoitustarkastus-pöytäkirja	NCCI2 taulukko 4.1	
Rautatiesilta, maadoitus	Sähkötangon tai myöhemmin sähköistettävän radan kohdalla reunapalkit tulee maadoittaa.	Visuaalinen tarkastus	Yleisesti ennen betonointia	Raudoitustarkastus-pöytäkirja	Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitus-suunnittelu LO 12/2010	

SILKO 2.21 REUNAPALKIN KORJAUS, LAATUVAATIMUKSET

Betonointi						Polymeripitoisen betonin vaatimukset InfraRYL 42020.5 mukaan
Alkuperäisen rakenteen lämpötila betonin kovettumisen aikana	+5°C (...+20°C)	Lämpömittari	1 mittaus / työvuoro (tai tallentava sääsama)	Manuaalinen mittausptk / jatkuvasti mittaavan laitteen tuloste	SILKO 1.231	
Betonointityöt	InfraRYL kohdan 42020.3.4 mukaiset vaatimukset		Ennen betonointia ja jälkihoidon aikana	Betonointisuunnitelma, betonointipöytäkirja		
Betonin laatu	InfraRYL 42020.1.1.6-9 mukaiset vaatimukset	Puristuslujuus ja ilmamäärän sekä notkeuden mittaus	Betonoinnin aikana ja kovettuneesta betonista	Suhteitustiedot, ennakkokoe-, puristuslujuus-, ilmamäärämittaus-, leviämämittaus, P-lukulaskenta- ja kaikki muut laadunvalvontatulokset	NCCI2 taulukko 4.1	
Muovikuitujen käyttö	InfraRYL kohdan 42020.1.6.3 mukaiset vaatimukset	Todetaan	Ennen betonointia	Betonointipöytäkirja		
Tärinäarvo betonin lujuuskehityksen alkuvaiheessa	InfraRYL 42020, Liite R1, Taulukko 41113:LR1 T1	Tärinämittari	Ennen betonointia ja betonoinnin aikana	Mittauspöytäkirja		Määritetään korjaussuunnitelmassa
Valmis rakenne						
Reunapalkin sijainti	Sallitut poikkeamat InfraRYL 42210.4.1	Mittanauha, takymetri	Muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja	NCCI2 VO 5/2022 Liite 4	
Reunapalkin mitat	Sallitut poikkeamat InfraRYL 42210.4.2	Mittanauha, takymetri	Muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja	NCCI2 VO 5/2022 Liite 4	
Reunapalkin muoto pystysuunnassa	InfraRYL kohdan 42001.2.4 mukaiset vaatimukset	Mittanauha, takymetri	Muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja		
Reunapalkin muoto vaakasuunnassa	InfraRYL kohdan 42001.2.5 mukaiset vaatimukset	Mittanauha, takymetri	Muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja		
Betonipeitepaksuus	InfraRYL 42210.4.3 mukaiset vaatimukset	Betonipeitemittari	Muottien purkamisen jälkeen / kohdan InfraRYL 42210.4.3 mukaan	Betonipeitemittaus-pöytäkirja	NCCI2 taulukko 4.1	
Betonipinnan suojaus, impregnointi	SILKO 2.252 mukaiset laatuvaatimukset	Ainemenekki, tunkeutumisvyödyden mittaus, kastelukoe	Impregnointiäsitelyyn jälkeen / suunnittelija määrittää	Laatutodistus ja mittauspöytäkirja	SILKO 3.252	Alustan puhtaus mahdollisista jälkiohitoainejäämistä varmistetaan ohjeen Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus LO 2/2017 liitteen 1.1 mukaisella testillä.
Pinnat	InfraRYL 42210.4.4 mukaiset vaatimukset	Visuaalinen tarkastus, kamera	Kauttaaltaan muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja tarvittaessa (huokokset, nystermät jne.); valokuvat		
Halkeilu	InfraRYL 42210.4.4 mukaiset vaatimukset	Visuaalinen tarkastus, mittauks	Kauttaaltaan muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja ja valokuvat	by 40	SILKO 2.236 ja SILKO 2.239

Rakenteen elinkaari ja laatu

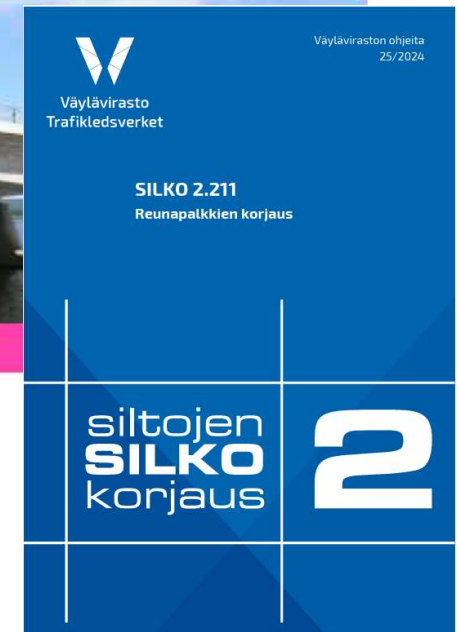
- Riippuvainen koko insinööritoiminnasta
 - Rakenne on yhtä hyvä kuin prosessin heikoin lenkki
- Tarkastukset ja tutkimukset
 - Rakenteen nykykunnan selvitys ja vaurioitumisen syyt
 - Rakenteen käyttöikä
- Suunnittelu
 - Lähtötiedot, periaateratkaisut, tarkastusmenettely
 - standardit, ohjeet, laatuvaatimukset
 - kestäväkehitys
- Rakentaminen
 - Urakointi, tuotteet, olosuhteet, laadunvarmistus, dokumentointi
 - Valvonta
- Käyttö
 - Kunnossapito, tarkastukset, korjaukset
- Omaisuudenhallintajärjestelmän ajantaisuus



Betonirakenteiden korjaaminen 2025

Silloissa huomioitavat Väyläviraston vaatimukset

- InfraRYL Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset
- NCCI- Eurokoodien kansalliset sovellusohjeet
 - NCCI 2 Betonirakenteiden suunnittelu
- Infrabetonin valmistus – tehtaalle ohjeistus / urakoitsija VO 41/2020
- SILKO korjausohjeet ja SILKO-koeohjelmalla testatut tuotteet
- Betonisiltojen korjaussuunnitteluohje LO 17/2011
 - Tulossa Betonisiltojen korjaus- ja vahventamisohe
- Siltojen kantavuuslaskentaohje LO 36/2015
- Testausstandardit – tuorebetoni, kovettunut betoni, betonin puristuslujuus jne.
- Sillanrakentamisen ja korjaamisen arvomuutosperusteet SAP LO 34/2014
- **Käytettyjen tuotteiden on täytettävä Väyläviraston laatuvaatimukset**

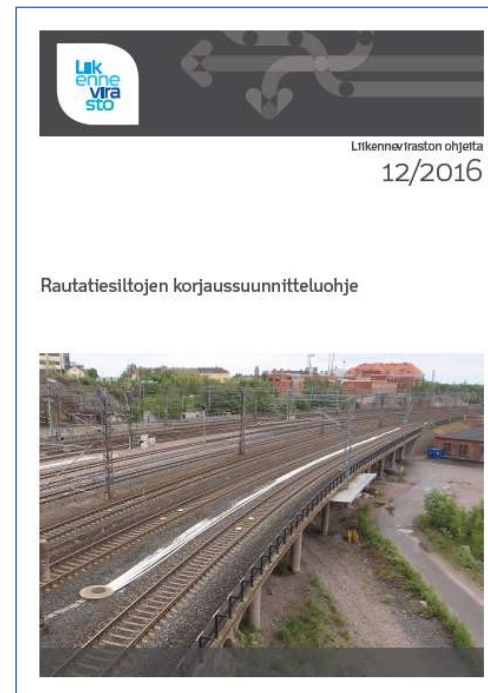


Silloissa huomioitavat Väyläviraston vaatimukset

- Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun VO 4/2019
- Rautatiesiltojen korjaussuunnitteluohje LO 12/2016
- Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 8 Rautatiesillat VO 30/2019
- Siltojen ja muiden taitorakenteiden tarkastusohjeet mm.
 - Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset-Sillat 28/2018

Uusimmat ohjeet, betoniteemainen sähköpostilista

<https://vayla.fi/palveluntuottajat/ohjeluettelo>





Menestystä arkeen!

Ramboll Finland Oy
Matti Airaksinen
matti.airaksinen@ramboll.fi
p. 040 522 9281