



Betonirakenteiden korjaaminen 2024

Matti Airaksinen, Ramboll Finland Oy

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

10/4/2024

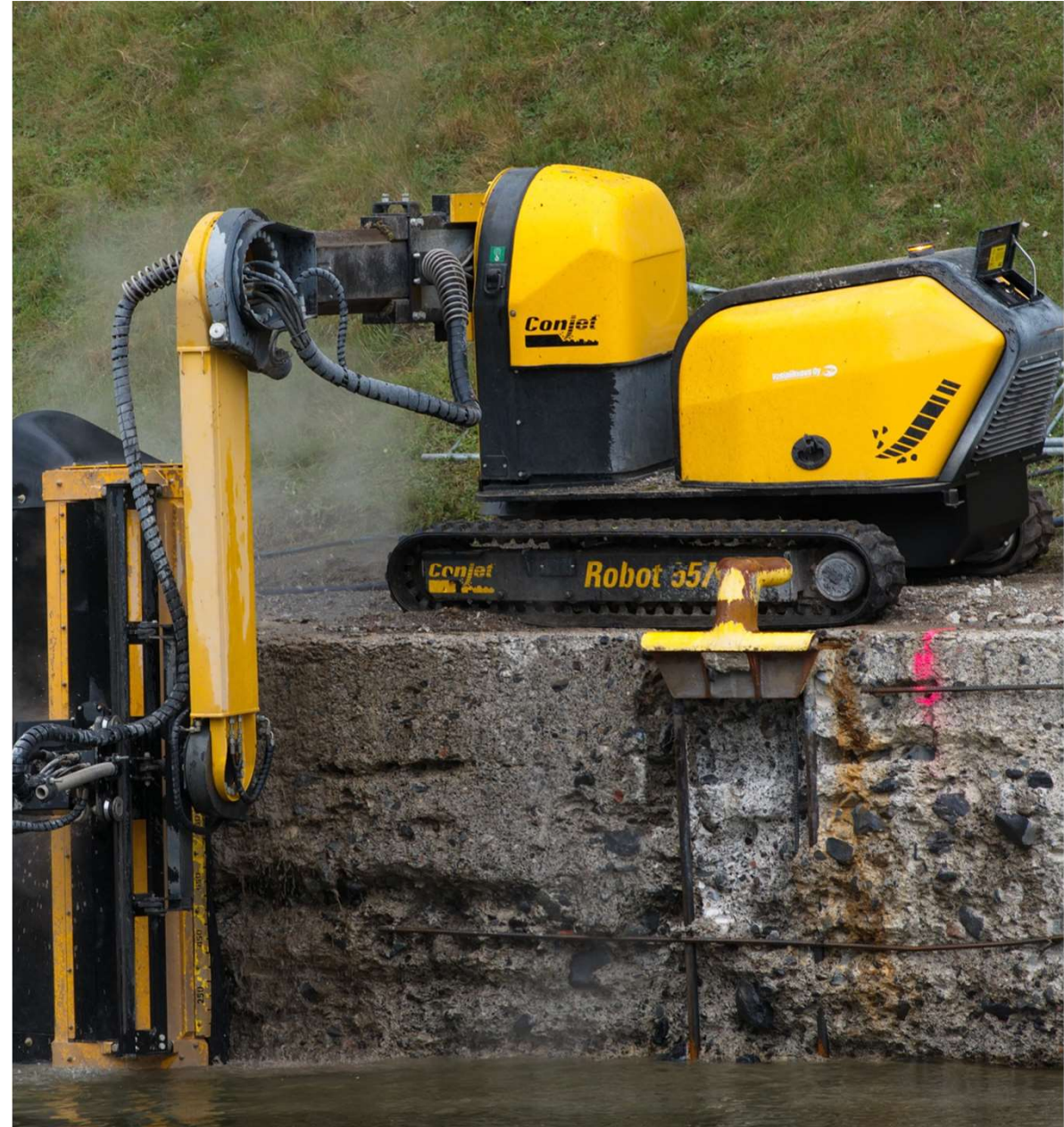
Purkutyö,
kantavuuden
varmistaminen,
betonin poistaminen

Betonirakenteiden korjaaminen
2024



Purkumenetelmän valinta

- By 41 ja SILKO 1.203 Purkamis- ja esikäsittelymenetelmät, SILKO 2. sarja
- Betonisiltojen korjaussuunnitteluohje LO 17-2011
- Siltojen korjaus- ja vahventamisohje VO XX/24?
- Purkumenetelmän valinta
 - Korjauksen tai uusimisen rajapinnan laatuvaatimukset, tutkimukset
 - Tartuntalujuus, kloridipitoisuus
 - Betonin laatu
 - Olemassa olevan raudituksen hyvädyntäminen
 - Rakenteen lujuus ja vaurioitumisaste
 - Työtekniset rajoitteet
 - Olosuhteet
 - Jänteet ja muut rakenteet
 - Vedenalaiset rakenteet



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

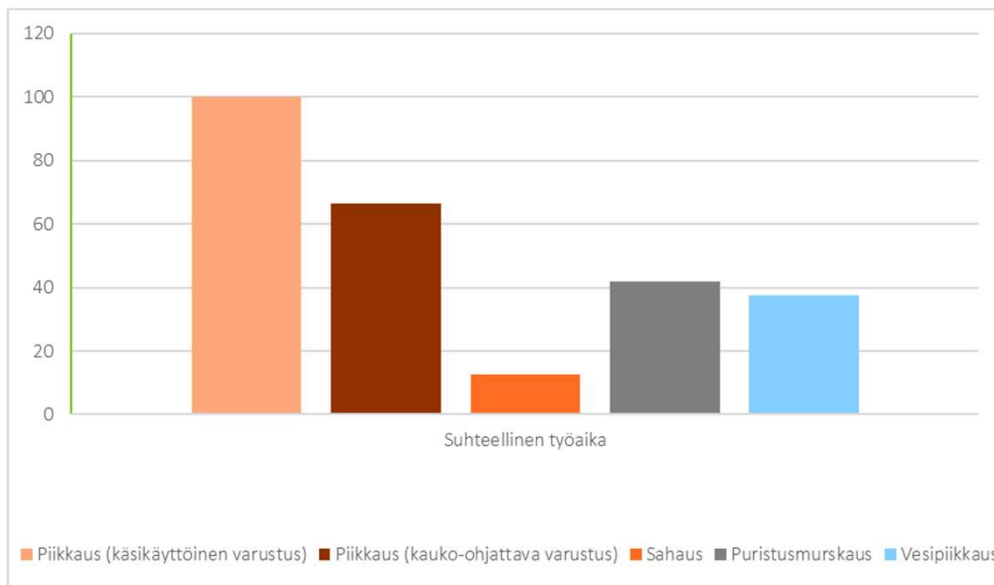
- Mekaaninen piikkaus
 - Käsien, työkoneesta “rammeri”, purkurobotti
- Murskaimet
- Vesipiikkaus
- Timanttisahaus
 - Ketjusaha, holvisaha, vaijerisaha
- Jyrsintä
- Poraus

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	Timanttisaha	Sulatusleikkaus	Puristusmurskaus	Koneellinen halkaisu	Halkaisu paisunta-aineella	Hallittu räjäytys	Irrutus kaivinkoneella	Uraijrsintä	Tasojrsintä	Korkeapainepeesu
Betonirakenteet															
Purkaminen															
- reunapalkki		•	•					•	○	○					
- kansilaatan yläpinta		•	•											•	○
- alusrakenteiden pinnat		•	○												
- kansilaatan alapinta		•	○												
Läpiviennit				○	•										
Ankkuroinnit				•	○										
Rajaukset						•							○		
Tartuntapinnan viimeistely	•														•
Pintarakenteet															
Purkaminen															
- päällyste ja suojabetoni															
- vedeneristys		•	•												
Saumaus						•								•	
Jyrsiminen															•
Vedenalaiset rakenteet															
Purkaminen		○	•	•					○						
Leikkaus					•	•									

- sopii hyvin
- voidaan käyttää



Puhdistusmenetelmät

Puhdistusmenetelmien käyttökohteita SILKO 1-203

Menetelmä	Betonipinnan puhdistaminen	Raudoituksen 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 2024

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, kivikoreissa tai luiskarakenteissa
- Betoniraidoitteiden uusiokäyttö terästeollisuuden raaka-aineena (betoniteräkset sulatettua uusioterästä)
- Kerrostalojen betonielementtien kierrätys



Telineet ja muotit,
raudoitus,
tartuntatankojen
lisääminen

Betonirakenteiden korjaaminen
2024



Telineet ja muotit

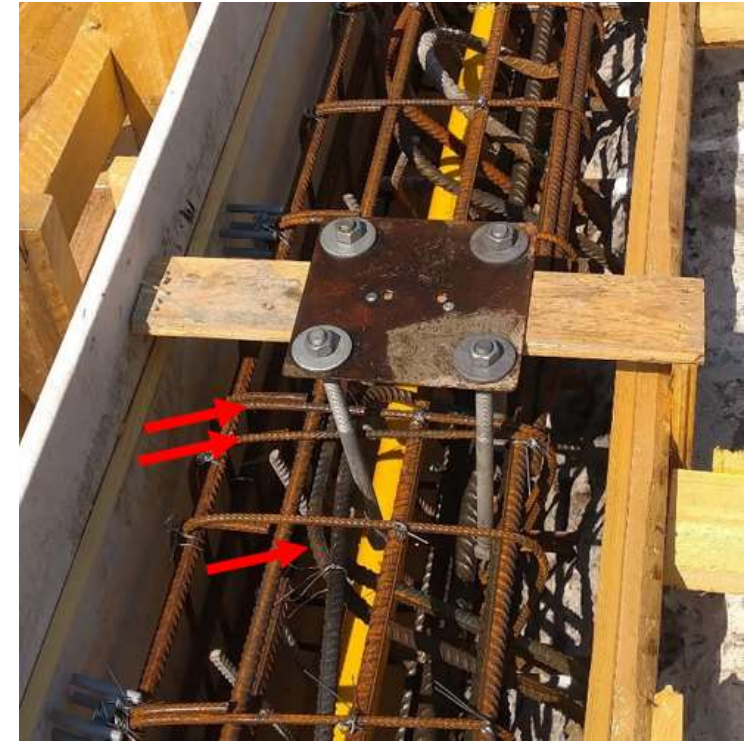
- Puu- tai terästelineet
- Vaatii erillisen suunnitelman ja tarkastuksen
- Paikallatehtyjä tai valmiita elementtejä (järjestelmämuotti)
- Huomioitava ympäristön vaatimukset kuten liikenne, kevytliikenne, auto, bussit, junat, kuormat, laivat vesipoikkileikkaus (vesistösilat)
- Muottimateriaalit
 - Raakaponttilauta,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



Raudoitus, tartuntatankojen lisääminen

- Teräslaadut
 - Harjateräs B500B (A500HW)
 - ruostumaton B600KX
 - kuumasinkitty, pinnoitettu (pintakäsittely)
 - korroosio pari?
- 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 raudoitus

Ankkurointiaineen valinta

- Ankkurointiaineen on sovelluttava kyseisen korjauskohteen vaatimukseen
- 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
 - Tulossa SILKO-koeohjelma
 - 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)



1937: Pilarit ruostumattomasta teräksestä

1965: Pilarit harjateräksestä

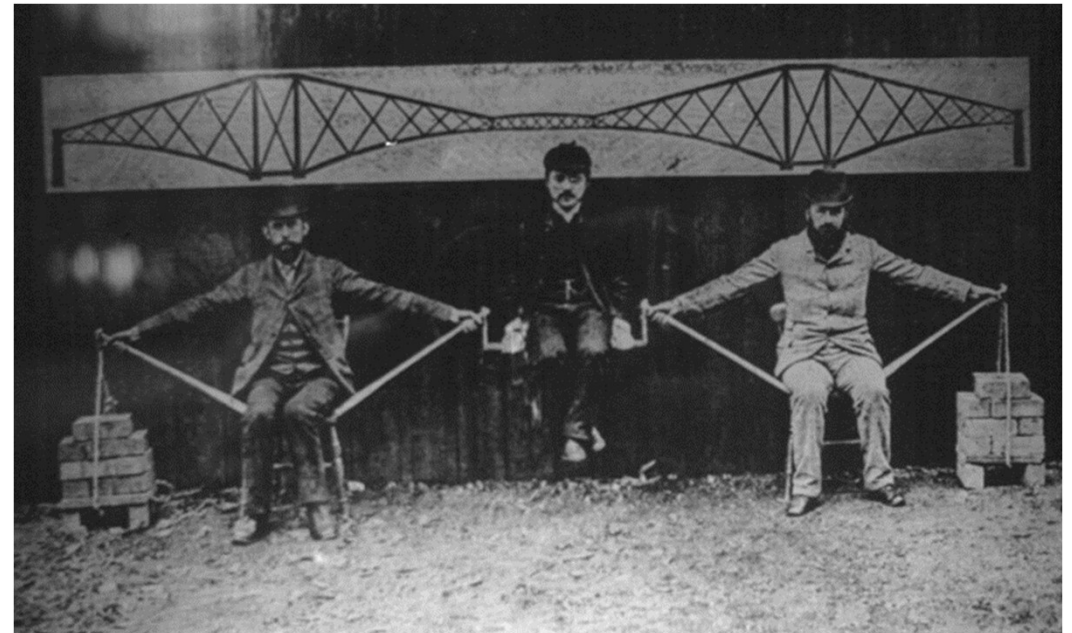
Rakenteiden vahvistaminen

Betonirakenteiden korjaaminen
2024



Vahvistamistarve

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



Vahvistamistarpeen arviointi

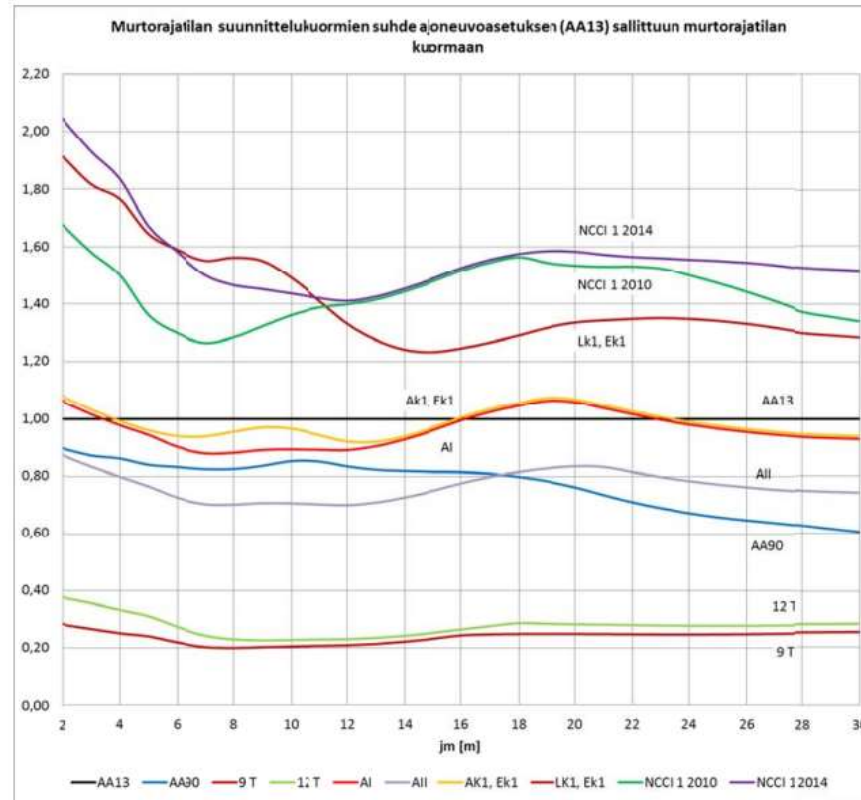
- Kunnan perusteella, mm.
 - taipumat, muodonmuutokset (viruma)
 - betonirakenteiden halkeilu
 - Leveät halkeamat > 2 mm
 - Jatkuva halkeilun lisääntyminen
 - Liikettä halkeamissa (monitorointi)
- Kantavuuden perusteella
 - laskennallisesti tai koekuormituksiin ja mittaustuloksiin perustuen.
 - murtorajatila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



Suunnittelukuormien vertailu, siltojen päällysrakenteet



Siltojen kantavuuslaskentaohje



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

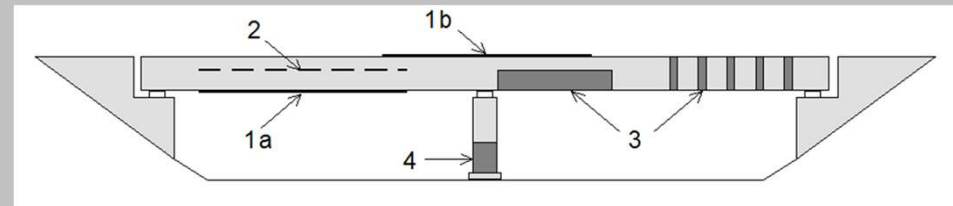
Vahventamismenetelmät

- Lisäraudoitus /poikkileikkauksen suurentaminen
- Liimausvahventaminen
 - Hiilikuitu
 - Teräslevyt
- Jälkijännittäminen
- Ankkurointi
- Kantavuuden lisääminen lisärakenteilla



Liimausvahventaminen

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



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.



Case Herttoniemen metrosillat







1500 m hiilikuituvahvistenauhaa

Liimausvahventaminen

Yksi järjestelmä jokaiselle käyttöalueelle:



Rakenteen osa	Kuormitus	StoFRP järjestelmäratkaisu			
		StoFRP Plate	StoFRP Sheet	StoFRP Bar	StoFRP Grid
	Pystykuorma	●	●	●	●
	Taivutus	●	●	●	●
	Leikkausvoima		●		●
	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

- Erilaiset pönkäämiset (tuenta)
- Vetotangot ja ankkurilaatat
- Poikkileikkauksen kasvattaminen
- Lisättävät maamassat
- Lisäpaalutukset
- Liimausvahventaminen

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



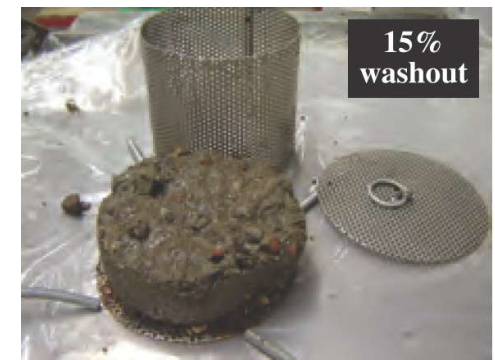
Materiaalit

Betonirakenteiden korjaaminen
2024



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-sementtisuhte (XD ja XS)
 - Rasitusluokat
 - Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio, XC -luokat
 - Kloridien aiheuttama korroosio, XD ja XS -luokat
 - Jäätymis-sulatusrasitus, XF -luokat
 - Kemiallinen rasitus, XA -luokat



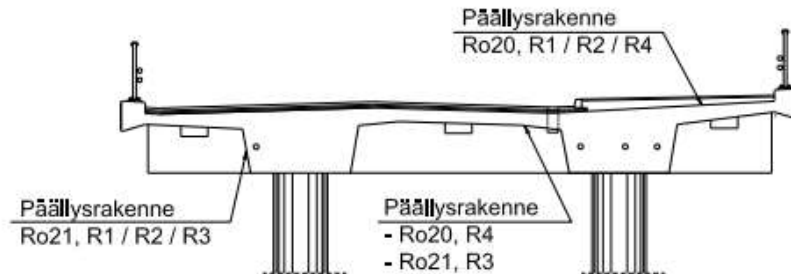
Betoni sillat

- 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 ≤ C20/25

Taulukko 4.1 Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset: päällysrakenne ja reuna-palkit

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

- Merkintä suunnitelmissa
 - Kansi Ro20 C30/37-3 P30, Cnim = 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	Green	Green	Green	Yellow	Red
C25/30 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C30/37 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C35/45 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C45/55 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C50/60 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C30/37 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C45/55 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C50/60 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C30/37 P0	Green	Green	Yellow	Red	Red
C30/37 P30	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 P0	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 P30	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 P50	Green	Green	Yellow	Red	Red
C45/55 P50	Green	Green	Yellow	Red	Red

-  Todennäköisesti yleisesti saatavilla
-  Todennäköisesti saatavissa useilta valmistajilta¹
-  Todennäköisesti saatavilla joiltakin valmistajilta¹
-  Todennäköisesti saatavilla vain projektikohtaisena erikoistuotteena¹

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

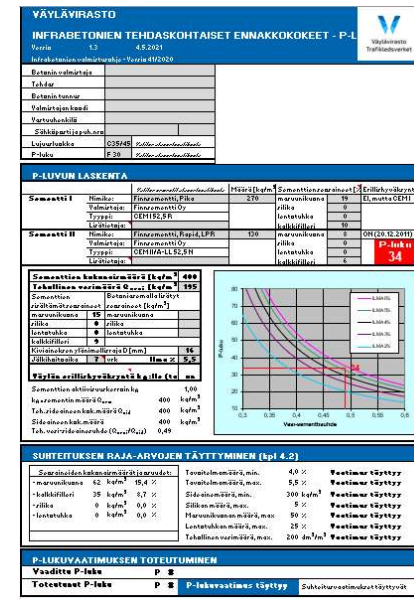
- Käyttöön suositeltavat infrabetonilaadut
 - C30/37 P0
 - C30/37 P30
 - C35/45 P0
 - C35/45 P30
 - C35/45 P50
 - C45/55 P50
- Tavoitteena että betonin valmistaja testaa yleisimmät infrabetonilaadut ennakkoon
- Ennakkokokeet voimassa 2 vuotta
- Voimassa minimi 12 mm raekoolle
- Tehdaskohtaisissa ennakkokokeissa 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-ilmasideainesuhde)
 - Ilmamäärä
 - Jälkihoitoaika
 - 7 vrk, poiketaan vain erityistapauksissa
 - Seosaineet
 - Sementin sisältämät
 - Betoniasemalla lisättävät
- P-luku Laskentapohja
 - Betoniasemalla
 - Työmaalla ilmamäärämittausten yhteydessä



Materiaalit

Betoni

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

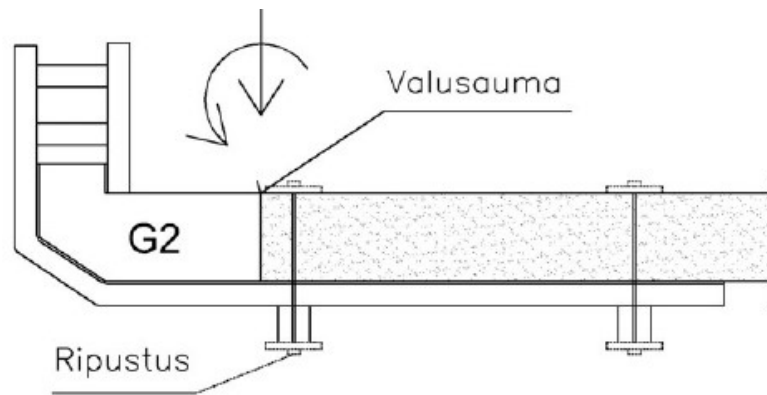


Uusien osien ankkurointi

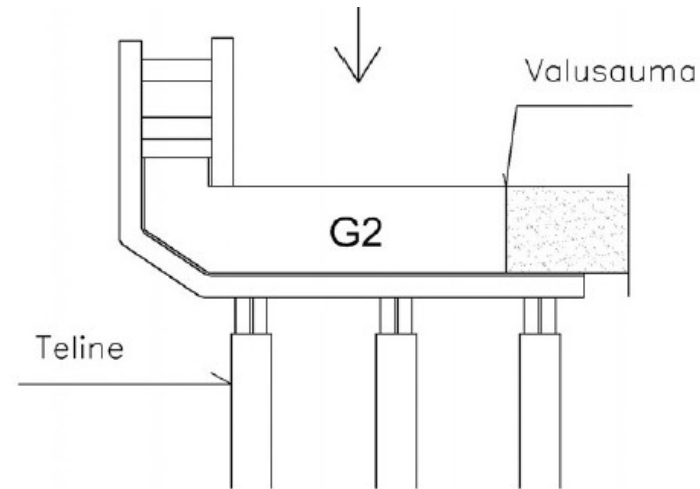
- Ankkurointialustan kunto (tutkimukset)
- Rasitus ja käyttöikä
- Materiaalivaatimus
 - Teräs, ankkurointiaine
 - Ankkurointipituus vs. kuormitus
- Kuormitus ja yhteistoiminta
 - Vanhat betonirauδοitteet + lisäraudoitteet → riittävä rauditus
 - Tuenta
 - Sopiva betonimassa
 - Jälkihoito
 - Jälkivalukaistan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



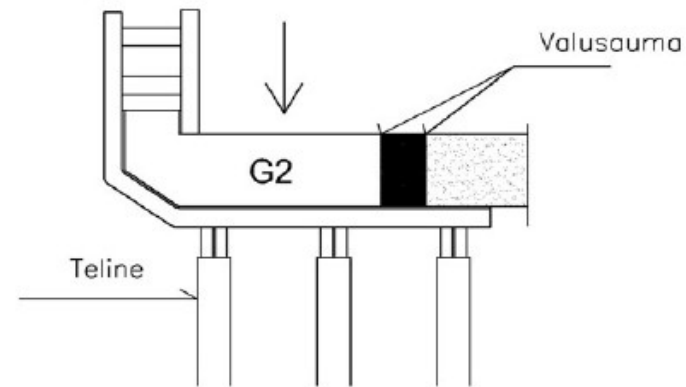
Uusien osien tuenta, LO 17/2011



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



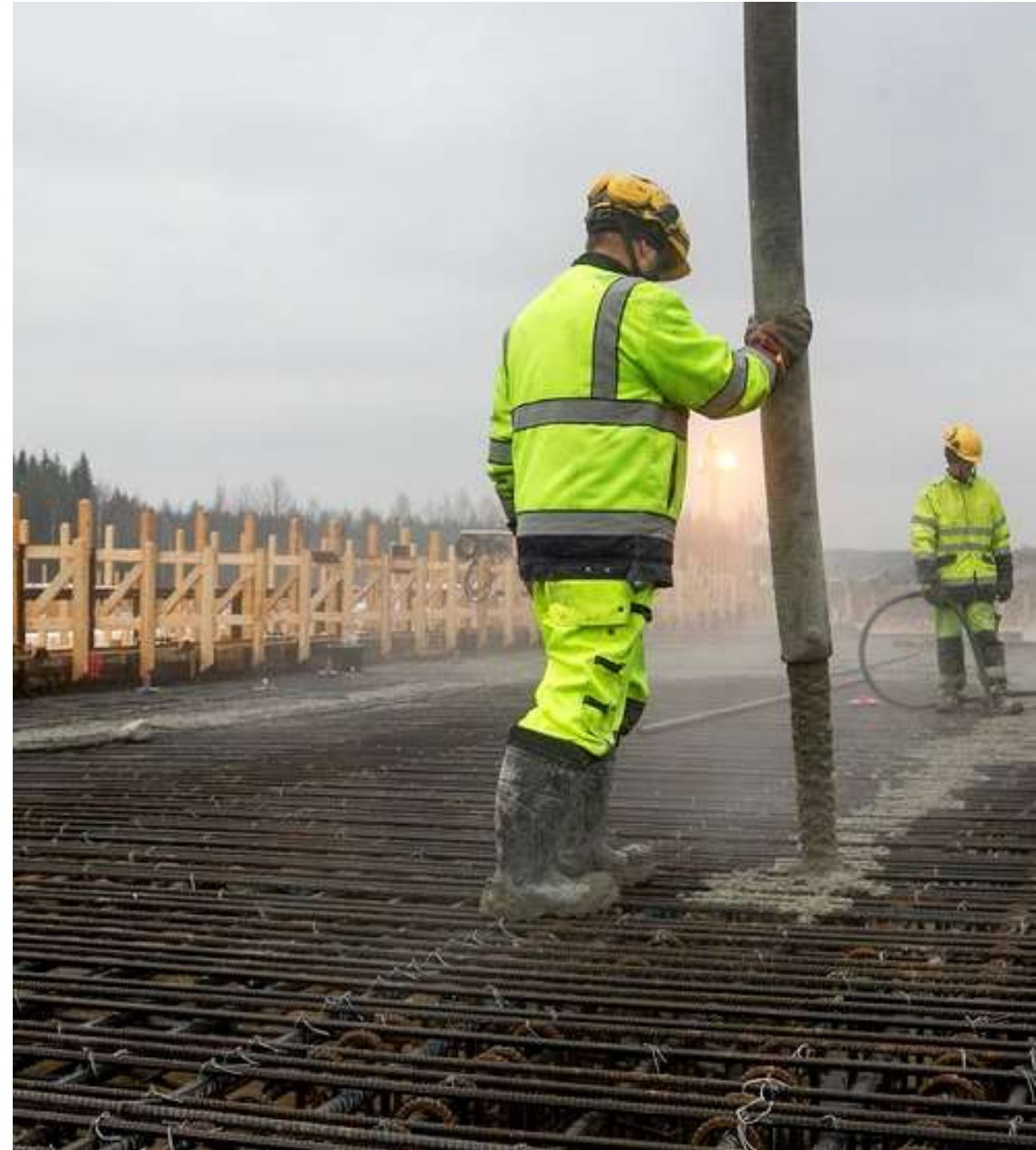
Kuva 10. Levennysosa valetaan suoraan kiinni vanhaan siltarakenteeseen telineiden tukeutuessa omille perustuksilleen



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)
- Esikäsitteily
 - Puhdistus, kostutus
- Olosuhteet
 - suojat, lämmitys, jäähtytys, 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 mittaus
- 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 2.211 REUNAPALKIN UUSIMINEN, LAADUNVARMISTUS

TYÖVAIHE / LAATUVAATIMUS	Vaatus	Mittausmenetelmä	Mittausiheets	Dokumentti	Viite	Huom.
Korjausalusta						
Piikatun 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	Rakennesakohtaiset kohdenetut valokuvat		
Piikatun pinnan vetolujuus	≥ 1,5 N/mm ²	Vetolaitteella tehtävä vetokoe	Suunnittelija määrittää	Vetolujuuspöytäkirja	SILKO 1.231 SFS 5445	
Piikatun betonipinnan puhtaus	Ei saa jäädä mitään irtainta ainesta tai epäpuhtauksia	Visuaalinen tarkastus ja valokuvaus	Piikattu alue	Rakennesakohtaiset kohdenetut valokuvat	SILKO 2.231	
Terästankojen puhtausaste	Sa2, suihkupuhdistus (mikäli ei käytetä vesipiikkausta) St2, teräsharja	Visuaalinen tarkastus ja valokuvaus	Jokainen piikkauksessa paljastunut	Rakennesakohtaiset kohdenetut valokuvat	SILKO 2.232	
Raudoitustangon uusiminen	Raudoitustanko uusitaan teräskorroosion tai muun syyn vuoksi, jos tangon pinta-ala on pienentynyt vähintään 25 %.	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonointia	Rakennesakohtaiset kohdenetut valokuvat	SILKO 2.262	
Valulustan kosteus	Mattakostea	Visuaalinen tarkastus	Koko valualusta	Valokuvat mahdollisuuksien mukaan	SILKO 1.231 SILKO 2.231	
Korjausalustan lämpötila	+5°C (...+20°C)	Infrapunälämpömittari	Ennen betonointia	Mittauspöytäkirja		
Muotit ja telineet						
Muottien ja telineiden suunnittelu ja valm	InfraRYL kohdan 42020.3.2 mukaan	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonointia	Muottipiirustukset ja laskelmat		
Sahatun puutavaran lujuusluokka	C24	Todetaan		Laatudokumentti		
Reunapalkin mitat	Sallitut poikkeamat InfraRYL 42210.4.2	Mittanauha, takymetri	Ennen betonointia	Mittauspöytäkirja	NCCI2 liite 4	
Muottikankaat	SILKO 3.256 Muottikankaat	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonointia	Valokuvat tarvittaessa, muottikankaan tuoteseloste		
Rauditus						
Tartuntatankojen ankkurointi	SILKO 2.261 Tartuntatankojen ankkurointi	Vetokoe, koputtelu	Ennen betonointia	Vetolujuuspöytäkirja, raudoitustarkastuspöytäkirja	InfraRYL 42020.3.3, 42020.3.4.10 ja 42020.3.4.11	Suunnittelija määrittää vaatimukset korjaussuunnitelmassa.
Rauditustyö	InfraRYL kohdan 42020.3.3 mukaiset laatuvaatimukset	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonointia	Raudoitustarkastus-pöytäkirja		
Betonipeitepaksuudet	InfraRYL 42210.4.3	Mittanauha (muotista mittaus), betonipeitemittari	Ennen betonointia ja betonoinnin jälkeen	Raudoitustarkastus-pöytäkirja ja/tai betonipeitemittaus-pöytäkirja	NCCI2 taulukko 4.1	

SILKO 2.211 REUNAPALKIN UUSIMINEN, LAADUNVARMISTUS

TYÖVAIHE / LAATUVAATIMUS	Vaatus	Mittausmenetelmä	Mittaustiheys	Dokumentti	Viite	Huom.
Betonointi						Polymeripitoisen betonin vaatimukset InfraRYL 42020.5 mukaan
Rakenteen lämpötila betonin kovettumisen aikana	+5°C (...+20°C)	Lämpömittari	1 mittaus / työvuoro (tai tallentava sääasema)	Manuaalinen mittausptk / jatkuvasti mittaavan laitteen tuloste	SILKO 1.231	
Betonointityöt	InfraRYL kohdan 42020.3.4 mukaiset vaatimukset		Ennen betonointia ja betonoinnin jälkeen	Betonointisuunnitelma		Itsetiivistävää betonia käytettäessä on selvitettävä kohdekohtaisten ennakkokokeiden tarve, Infrabetonin
Betonin laatu	InfraRYL 42020.1.1.6-9	Puristuslujuus ja ilman mittaus	Betonoinnin aikana ja jälkeen	Suhteutustiedot, ennakkokoe-, puristuslujuus-, ilmamäärämittaus-, P-lukulaskenta- ja kaikki muut laadunvalvontatulokset	NCCI2 taulukko 4.1	
Muovikuitujen käyttö	InfraRYL kohdan 42020.1.6.3 mukaiset vaatimukset	Todetaan	Ennen betonointia	Laatudokumentti		
Tärinäarvo betonin lujuuskehityksen alkuvaiheessa	Taulukko 41113:LR1 T1	Tärinämittari	Betonoinnin alussa	Mittauspöytäkirja	InfraRYL; 42020 Liite R1	Määritetään korjaussuunnitelmassa
Valmis rakenne						
Reunapalkin muoto pystysuunnassa	InfraRYL kohdan 42001.2.4 mukaiset vaatimukset	Mittanauha, takymetri	Betonoinnin ja muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja		
Reunapalkin muoto vaakasuunnassa	InfraRYL kohdan 42001.2.5 mukaiset vaatimukset	Mittanauha, takymetri	Betonoinnin ja muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja		
Pinnat	InfraRYL 42210.4.4 mukaiset vaatimukset	Visuaalinen tarkastus, kamera	Betonoinnin ja muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja tarvittaessa (huokokset, nystermät jne.); valokuvat		
Halkeilu	InfraRYL 42210.4.4	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Betonoinnin ja muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja ja valokuvat	by 40	SILKO 2.236 ja SILKO 2.239

Rakenteen elinkaari ja laatu

- Riippuvainen koko insinööriöprosessista
 - 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 2024

Silloissa huomioitavat Väyläviraston vaatimukset

- InfraRYL Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset
- NCCI- Eurokoodien kansalliset sovellosohjeet
 - NCCI 2 Betonirakenteiden suunnittelu
- Infrabetonin valmistus – tehtaalle ohjeistus / urakoitsija
- SILKO korjausohjeet ja SILKO-koeohjelmalla testatut tuotteet
- Betonisiltojen korjaussuunnitteluohje LO 17/2011
 - Tulossa Betonisiltojen korjaus- ja vahventamisohje
- 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**



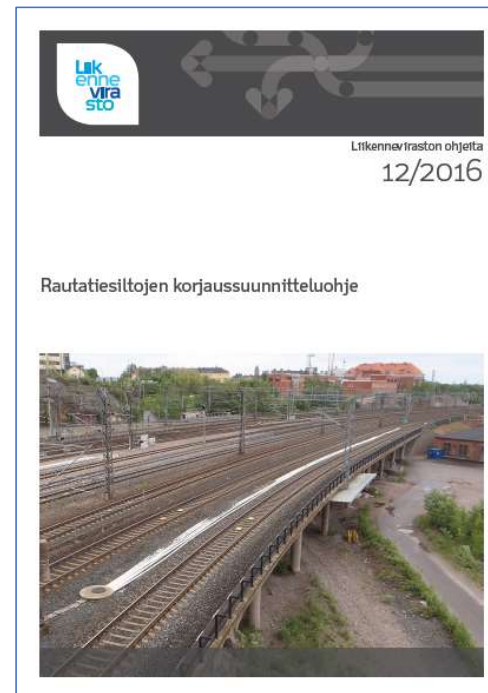
siltujen SILKO korjaus		BETONIRAKENTEET TARTUNTATANKOJEN ANKKUROINTI	2
TYÖKOHTAISET LAATUVAATIMUKSET			
LIKENNEVIRASTO Tallurakennuskeskus	7/2016 (Boreas ohjeen 12/09)	2.261	
1 VAURIO			
		Tartuntatankoteeseen voi syntyä vaurioita, jotka edellyttävät rakenteen uusimista tai korjaamista valvonnalla. Tällaisia vaurioita ovat esimerkiksi reunapalkkien, reunakastojen ja välitien korroosio- ja rapautumavauriot. Silloin toiminnallisia puutteita kuten kantavuutta ja vääntykykyä voidaan parantaa valvonnalla vanhaan betonirakenteeseen ankkureiden avulla kiinnitettävillä uudella betonirakenteella. Välitienessä uudella rakenteella kiinni vanhaan tartuntatankoteeseen käytetään tartuntatankoja, jolla uusi rakenne ankkuroidaan ja kuormia siirretään olemassa olevaan rakenteeseen.	
Kuva 1. Vaurioituneen reunakastan uusiminen reunapalkkina edellyttää aina tartuntajon.			
2 KORJAUSTARVE			
		Tartuntatankojen ankkurointi liittyy korjaus- tai rakennustöihin, jossa on tarvetta raudituksen uusimiselle tai lisäämiselle, esimerkiksi seuraavissa tapauksissa: <ul style="list-style-type: none">– Silloin reunapalkki uusitaan– Betonirakenteella palkinreunan tai rakenteen mataluuttaan betonikerroksella– Rakenteen muotoa muutetaan, esimerkiksi matala reunapalkki muutetaan korkeaksi tai sillan kanta levennetään tai rakennetta jatketaan– Vaurioituneita raudotustankoja uusitaan– Silloin kansirakennetta vahvennetaan lisäämällä raudotusta– Rakenne ankkuroidaan toiseen rakenteeseen tai kalliolle.	
Kuva 2. Tartuntatankoja tarvitaan, kun uusi rakenneosa liitetään vanhaan.			
LRI 223006		© LIKENNEVIRASTO 2016	

Silloissa huomioitavat Väyläviraston vaatimukset

- Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun VO 4/2019
- Rautatiesiltojen korjaussuunnitteluohje LO 12/2016
- Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 8 Rautatiesillat LO 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