

Betonisiltojen korjaus- ja vahventamissuunnitteluohje

1

DI TUOMO JÄRVENPÄÄ
PONVIA OY

Sisältö:

- Ohjeen tarkoitus
- Työryhmä
- Ohjeen sisältö
- Suunnitteluperusteet
 - Uusi asia: Kuormitusluokat
- Korjaussuunnittelu, päivityksiä
- Vahventamissuunnittelu
 - Liimausvahventaminen
 - Vahventaminen jännittämällä
 - Vahventaminen poikkileikkausta kasvattamalla

Ohjeen tarkoitus:

- Ohje on tarkoitettu betonisten tieliikenteen, kevyen liikenteen ja rautatieliikenteen siltojen korjaus- ja vahventamissuunnitteluun.
- Tavoite on yhtenäistää betonisiltojen korjaus- ja vahventamissuunnittelun periaatteita (vahventamiseen ei ole ollut aiemmin erillistä ohjetta)
- Vahventamisen ohjeistus: betoninen päällysrakenne ja pilarit (näkyvät alusrakenteet)
 - ✦ Geoteknistä vahventamista ei ohjeisteta
- Tavoite: Pyritään selkeään ja mahdollisimman yksinkertaiseen ohjeistukseen.

Ohjeen työstäminen

- Korjaussuunnitteluohjeen päivitys tapahtui pääosin v. 2017-2018, päivitystä ei ehditty julkaisemaan.
- Vahventamissuunnitteluohjeen laatiminen alkoi 05/2019
 - ✦ Kirjallisuustutkimus vahventamisesta: 05/2019-12/2019
 - ✦ Ohjeen sisällön tuottaminen: 01/2020-jatkuu
- Päätös yhdistää korjaussuunnitteluohje samaan ohjeeseen: 05/2020
 - **Betonisiltojen korjaus ja vahventamissuunnitteluohje**
 - Sisältyy vanhat/nykyiset ohjeet:
 - Betonisiltojen korjaussuunnitteluohje LO 17/2011
 - Betonirakenteiden liimausvahventamisohjeet 2007
 - Siltapilareiden kuoret 2003
 - Uusi sisältö:
 - Vahventaminen
 - Korjaussuunnitteluohjeen täydentäminen
- Työryhmä kokoontunut noin 1kk välein.
- Ohjeeseen liittyen tehty kaksi diplomityötä:
 - ✦ Betonirakenteiden liimausvahventaminen taivutukselle
 - Miska Hanka, Tampereen yliopisto, 02/2021
 - ✦ Laskentaesimerkkejä betonisiltojen vahventamiseksi
 - Juho Pehkonen, Oulun yliopisto, 02/2022
- Ohje koekäyttöön kesällä 2022 tiesiltojen osalta (erikseen pyydettyäessä)



- Tilaaja/Väylävirasto:
 - ✦ Jussi Vuotari, Heini Raunio, Timo Tirkkonen, Heikki Lilja, Antti Rytönen, Tuomas Kaira
- Liimausvahventaminen, kokousten sihtööri, ohje yleisesti vahventamisen osalta:
 - ✦ Tuomo Järvenpää / Ponvia
- Korjaussuunnittelu, kuormitusluokat
 - ✦ Jari Sutela / Sweco
- Kuormitusluokkien vertailulaskelmia:
 - ✦ Kimmo Julku / Destia
- Vahventaminen poikkileikkausta lisäämällä:
 - ✦ Eevertti Jurvanen / Sitowise
- Jännittämällä vahventaminen
 - ✦ Ilkka Vilonen / Ramboll

Ohjeen sisältö:

- 1 YLEISTÄ
- 2 TOIMIVUUSVAATIMUKSET JA TALOUDELLISUUS
- 3 SUUNNITTELUPERUSTEET
 - 3.2 Suunnittelukuormat
 - 3.2.1 Kuormitusluokan I liikennekuormat
 - 3.2.2 Kuormitusluokan II liikennekuormat
 - 3.2.3 Kuormitusluokan III liikennekuormat
 - 3.2.4 Kuormitusluokan IV liikennekuormat
- 4 SUUNNITTELUA VARTEN TEHTÄVÄT TUTKIMUKSET JA SELVITYKSET
- 5 VAURIOIDEN VAIKUTUKSET KORJATTAVASSA JA VAHVENNETTAVASSA RAKENTEESSA
- 6 KORJATTAVAN TAI VAHVENNETTAVAN RAKENTEEN MATERIAALIEN OMINAISUUDET
- 7 BETONIN SISÄISET RASITUKSET JA VIRUMA
- 8 PYSYVIEN JA ULKOISTEN KUORMIEN JAKAANTUMINEN
- 9 BETONISILTOJEN KORJAAMINEN
- 10 BETONISILTOJEN LEVENNYSTEN JA SUUREMPIEN VALUKORJAUSTEN MITOITUS
 - 10.4 Harjaterästangon ankkurointi vanhaan rakenteeseen
- 11 BETONISILTOJEN VAHVENTAMISTEN PERIAATTEET
- 12 BETONISILTOJEN VAHVENTAMISEN MITOITUS
 - 12.1 Liimausvahventaminen
 - 12.2 Vahventaminen jännittämällä
 - 12.3 Vahventaminen poikkileikkausta lisäämällä
- 13 KORJAUS- JA VAHVENTAMISSUUNNITELMASSA ESITETTÄVÄT ASIAT

Liite x: Laskentaesimerkki, liimausvahventaminen

Liite x: Laskentaesimerkki, pintavalualaatala vahventaminen

Liite x: Laskentaesimerkki, ulkoisilla jänteillä vahventaminen

Suunnitteluperusteet

Kuormitusluokat, tiesillat:

- I = erikseen sovittaessa lähes uudet sillat
- II = tavoitetaso
- III ja IV = sovitaan käytöstä jos tasoon II ei päästä

- Tilaaja voi antaa myös ohjeesta poikkeavia kuormitustasoja.

Taulukko 3.1 Tiesiltojen kuormitusluokat I...IV ja liikennekuormien yhdistelykertoimet ja osavarmuusluvut eri kuormaluokissa.

Kuormitusluokka	Mitoituksessa käytettävä liikennekuorma	Liikennekuormien osavarmuusluvut ja yhdistelykertoimet
I	NCCI 1	NCCI 1
II	Luvun 3.2.2 erikoiskuljetuskaaviot kertakuljetuksena	Siltöjen kantavuuslaskentaohje
III	Luvun 3.2.3 mukainen HCT-taso	
IV	Luvun 3.2.4 mukainen AA-taso	

Kuormitusluokat, tiesillat:

3.2.1 Kuormitusluokan I liikennekuormat

Kuormitusluokassa I käytetään NCCI 1 mukaisia liikennekuormia. Kuormien yhdistelykertoimet ja osavarmuusluvut ovat NCCI 1 mukaiset.

3.2.2 Kuormitusluokan II liikennekuormat

Kuormitusluokassa II liikennekuormana käytetään Siltojen kantavuuslaskentaohjeen luvun 3.4.2 mukaisia erikoiskuljetuskaavioita Y10, T7, T4, K4 ja N5 taulukossa 3.3 esitetyillä akselipainoilla.

Taulukko 3.3 Tiesiltojen kuormitusluokassa II käytettävien erikoiskuljetuskaavioiden kertakuljetusten akselipainot.

Erikoiskuljetuskaavio	Y10	T7	T4	K4	N5
Akselipaino [kN]	130	140	150	150	140

Erikoiskuljetuskaavioiden akselivälit, yhdistelykertoimet ja osavarmuusluvut on esitetty Siltojen kantavuuslaskentaohjeessa.

Kuormitusluokat, tiesillat:

3.2.3 Kuormitusluokan III liikennekuormat

Kuormitusluokassa III käytettävät liikennekuormat perustuvat tieliikenteessä kulkeviin HCT-ajoneuvoihin (High Capacity Transport). Mitoituksessa käytettävien HCT-kaavioiden akselipainot sekä akselivälit sovitaan erikseen tilaajan kanssa.

HCT-kuljetukset rinnastetaan Siltojen kantavuuslaskentaohjeen painorajoitustarkastelussa käytettäviin AA-kaavioihin, jolloin liikennekuormien kuormakaistat, yhdistelykertoimet ja osavarmuusluvut ovat vastaavat kuin AA-kaavioilla.

3.2.4 Kuormitusluokan IV liikennekuormat

Kuormitusluokassa IV liikennekuorma perustuu ajoneuvoasetuksen mukaisiin liikennekuormakaavioihin. Liikennekuormakaavioina käytetään Siltojen kantavuuslaskentaohjeen painorajoitustarkastelun mukaisia ajoneuvoasetuskaavioita AA13/27, AA13/42 ja AA13/76.

AA-kaavioiden yhdistelykertoimet ja osavarmuusluvut ovat Siltojen kantavuuslaskentaohjeen mukaiset.

Korjaussuunnitteluohje, päivityksiä ja lisäyksiä

- Uusi ohjeistus: Harjaterästankojen ankkurointi vanhaan rakenteeseen
 - ✦ Mitoitusmenetelmä tulee ohjeeseen
 - ✦ Mitoitusmenetelmä ja valinnat ovat vielä työn alla, haastava teema

- Uusi ohjeistus: Sillan leventämiseen lisää ohjeistusta
 - ✦ Ohjeistus + esimerkkilaskelma
 - ✦ Esimerkki hydrataatiolämmön jäähtymisen ja kutistuman aiheuttamien rasitusten mitoituksesta betonilaattaa levennettäessä

- Sisältöä jäsennelty ja muokattu yleisesti, esim.
 - ✦ Ohjetta pyritty yksinkertaistamaan ja selkeyttämään esim. pysyvien ja ulkoisten kuormien jakautumisen suhteen.
 - ✦ Täsmennyksiä mm. kuormien laskentaan (sis. kuormaluokat)
 - ✦ Kappalejakoja muutettu, sisältö siirretty eri paikkoihin = hieman eri näköinen ohje myös korjaussuunnittelun osalta kuin aiemmin

Vahventaminen

- **Menetelmät**

- Liimausvahventaminen
- Vahventaminen poikkileikkausta lisäämällä
- Vahventaminen jännittämällä

- **Rakenteelliset ohjeet**

- Detaljit, kiinnitykset yms..

- **Mitoitusohjeet**

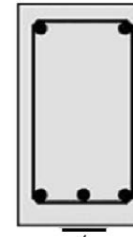
- Ohjeen avulla voidaan suunnitella pääosin rakenteiden vahvistaminen

Liimausvahventaminen

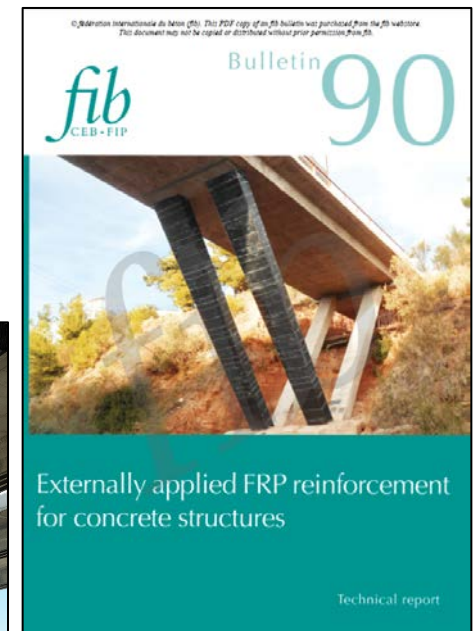
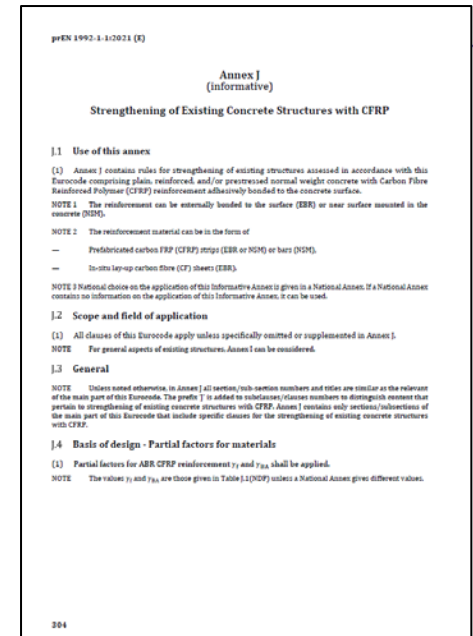
- Nykyisen liimausvahventamisohjeen sisältö tuotu uuteen ohjeeseen. Asiasisältöä on täydennetty ja päivitetty.
 - Teräslevyt (nykyinen ohjeistus)
 - Komposiittivahvikkeet (päivittynyt)
 - ✦ Pintaan liimattu (perinteinen tapa)
 - ✦ NSM-menetelmä (parempi mekaaninen käyttäytyminen ja suojaus)
 - ✦ Esijännitetyjä vahvikkeita ei erikseen ohjeisteta
 - Materiaali, säilyvyys, asentaminen ja menetelmät, vaatimukset rakenteelle, kelpoisuuden varmistaminen ja laadunhallinta
 - Ohjeen avulla onnistuu yleisimpien liimausvahventamiskohteiden suunnittelu kokonaan
- Mitoitusmenetelmiä täsmennetty perustuen mm. FIB ohjeisiin. Myös prEN 1992-1-1 Annex J huomioidaan soveltuvin osin.
 - Keskeisintä on vahvikkeen tartunta rakenteeseen ja eri murtotavat.
 - ✦ Kuoriutumisen halkeamista (yksinkertainen/tarkka menetelmä=erittäin työläs, valinta ja ohjeistus vielä työn alla)
 - ✦ Vahvikkeen katkaisukohta ja ankkurointi
 - ✦ Leikkausvoimasta aiheutuva vahvikkeen tartuntamurto
 - ✦ Betonipeitteen lohkeaminen



Vahvike liimattuna uraan



Vahvike liimattuna pintaan



Vahventaminen jännittämällä

Vahventamiskohteet:

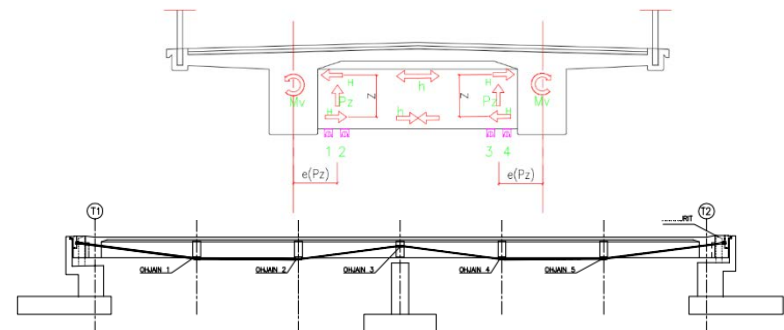
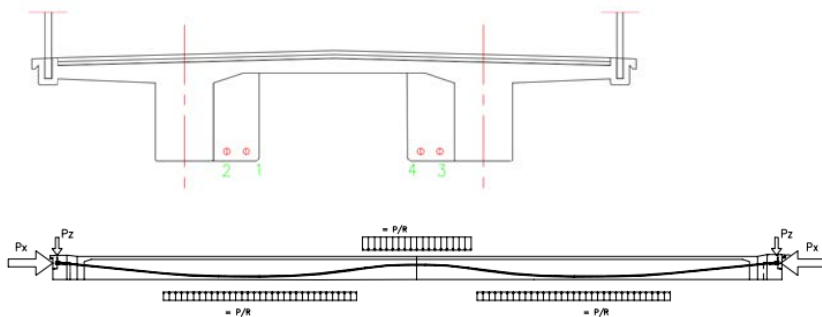
- Vahventamiskohteita voivat olla erilaiset palkki-, laatta-, pilari- tai seinärakenteet.
- Menetelmällä voidaan lisätä rakenteen tai rakenneosan taivutusmomentti-, leikkausvoima- tai vääntömomenttikestävyyttä.

Jännemenetelmät:

- Punosjännitteet tartunnalla, punosjännitteet ilman tartuntaa, tankojännitteet
- Korroosiosuojaus (suojaputket, injektiolaasti, maalaus)
- Jännitteet voivat olla ulkoisia ja liittyä vahvennettavaan rakenteeseen vain ankkureiden ja ohjainten kohdalla tai ne voidaan sijoittaa rakenteeseen tehtävään lisävaluun.

Periaate:

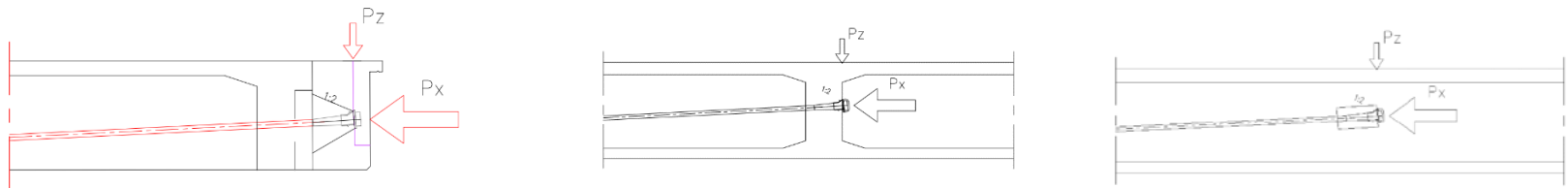
- Muodostamalla jänniteelle sopiva kulku, muodostetaan ohjausvoimien avulla rakenteeseen taivutusmomentti, joka on määrävään kuormitustapaukseen nähden rasiustilaa keventävä. Ohjausvoimista muodostuu myös edullisia leikkausvoimia.



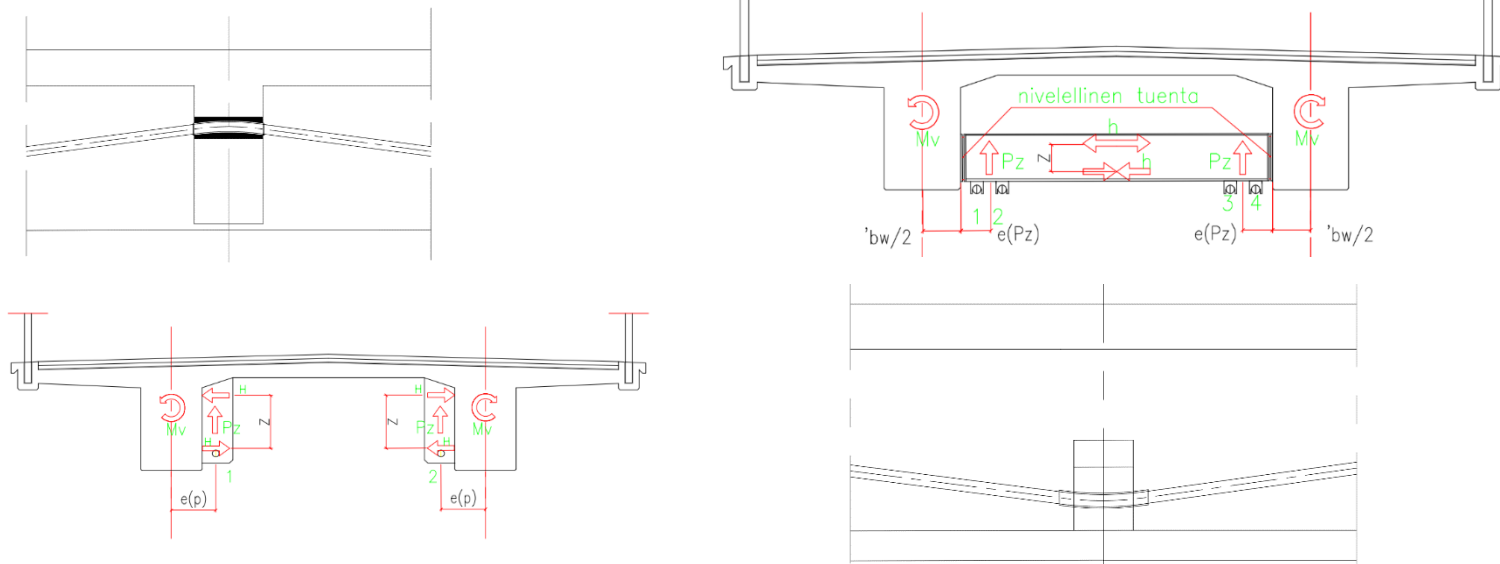
Betonisiltojen korjaus- ja vahventamissuunnitteluohje

Vahventaminen jännittämällä

- Ankkurit (esim. päätypalkin, poikkipalkin tai konsolin takana)



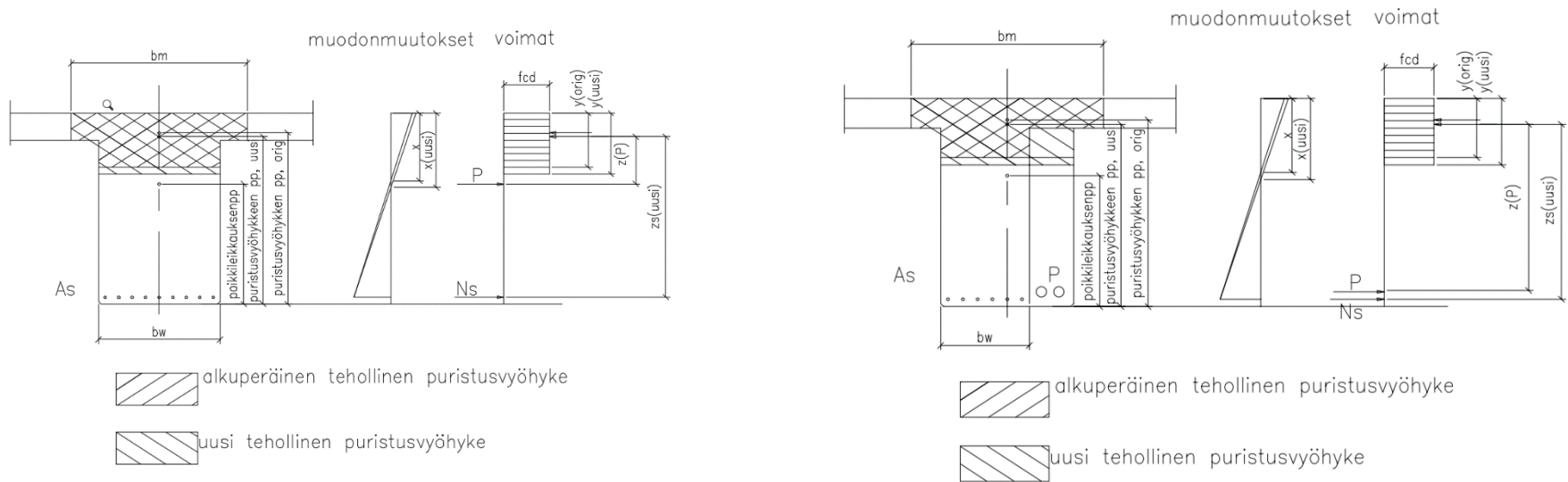
- Ohjaimet (vahvennettavan palkkien välinen poikkipalkki, erillinen poikkipalkki, pilasteri, konsoli)



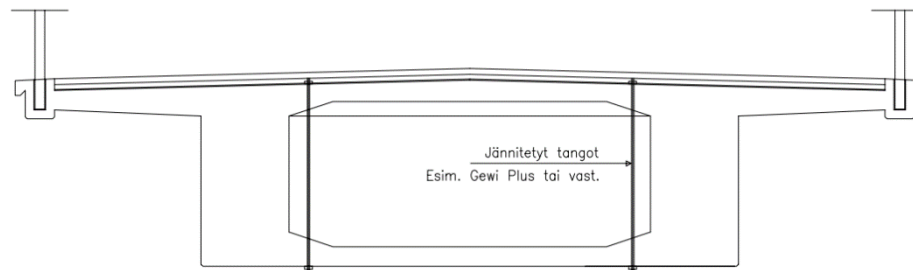
Betonisiltojen korjaus- ja vahventamissuunnitteluohje

Vahventaminen jännittämällä

- Taivutuskestävyys ulkoisilla jänteillä / sisäisillä jänteillä

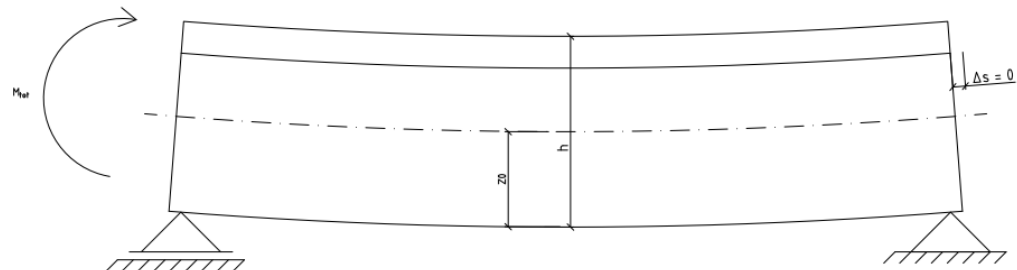


- Leikkausvoimakestävyyden lisääminen



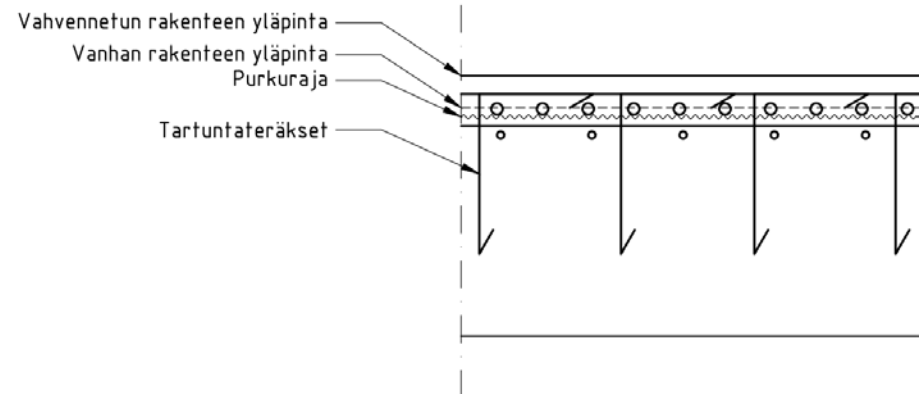
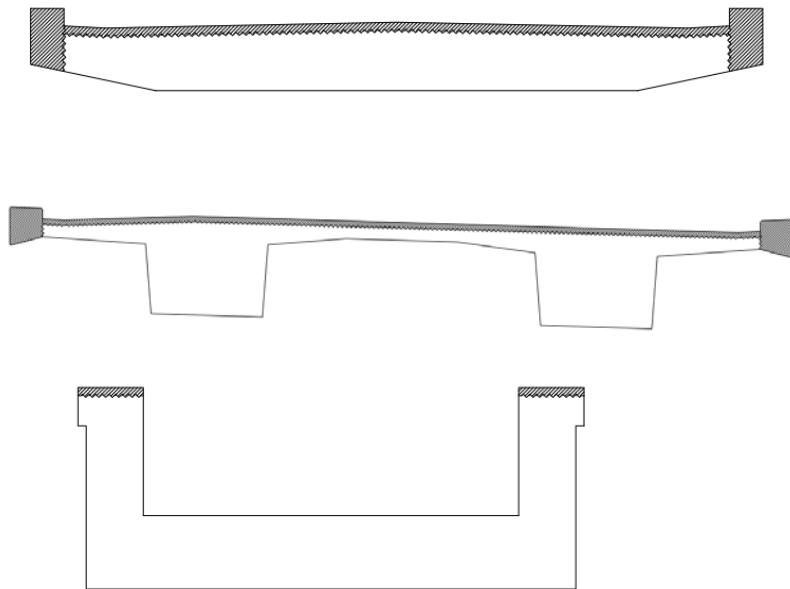
Vahventaminen poikkileikkausta kasvattamalla

- Vahventamismenetelmässä kestävyyttä parannetaan kasvattamalla poikkileikkauksen leveyttä, korkeutta tai paksuutta ja sijoittamalla betoniteräksiä vahvennusosaan.
 - Pintavalulaatat
 - Pilareiden manttelointi (tulossa)
- Vahventamismenetelmä perustuu vanhan ja uuden rakenteen väliseen liittoaikutukseen. Liittoaikutus saavutetaan vanhan ja uuden rakenteen pintojen välisellä kitkalla, koheesiolla ja saumaan asennettavalla raudoituksella.



Vahventaminen poikkileikkausta kasvattamalla

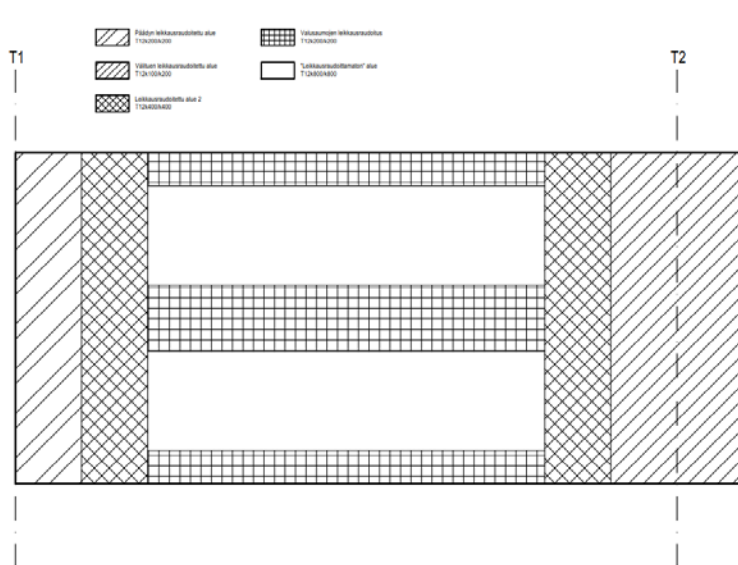
- Poikkileikkauksen kasvattamista voidaan käyttää vahventamismenetelmänä sekä sillan päällysrakenteissa, että alusrakenteissa. Menetelmä on erityisen tehokas kohteissa, joissa rakenteelta vaaditaan lisää taivutuskapasiteettia ja joissa vahventaminen voidaan toteuttaa siihen pintaan, jossa kapasiteettivajetta on havaittu.



Betonisiltojen korjaus- ja vahventamissuunnitteluohje

Vahventaminen poikkileikkausta kasvattamalla

- Mitoituksessa ohjeistetaan mm.
 - Pakkovoimat (hydrataatio ja kutistuma)
 - Kuormien jakaantumien rakenneosien välillä
 - Taivutusmitoitus (MRT)
 - Leikkausmitoitus (MRT)
 - Lävistysmitoitus (MRT)
 - Leikkaussauman rasiusten määrittäminen
 - Leikkaussauman kestävyys ja ankkurointi = yhtenäinen tapa jatkossa
 - Jännitykset ja halkeilu (KRT)
- Tyypiesimerkki tavanomaisen pintavalun raudoittamisesta, jossa valu tehty kahdessa osassa sauma sillan keskilinjalla.



Betonisiltojen korjaus- ja vahventamissuunnitteluohje

KIITOS!

Kysymyksiä?