



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

NR-RAKENTEIDEN KÄYTTÄMINEN KEHÄSILTOJEN TUKITELINEISSÄ

TEKIJÄ: Marko Niskanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Marko Niskanen			
Työn nimi NR-rakenteiden käyttäminen kehäsiltojen tukitelineissä			
Päiväys	10.10.2019	Sivumäärä/Liitteet	23
Ohjaaja(t) Kai Auvinen, lehtori, Mervi Heiskanen, lehtori			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Oteran Oy, Heikkinen Mikko, työmaapäällikkö			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja kehittää vinojalkaisen kehäsillan tukitelineen rakennusmenetelmää, jossa tukitelineen kantava rakenne toteutetaan sillan anturoihin tukeutuvilla naulalevyristikoilla. Kehäsilat ovat hyvin yleisesti käytetty siltatyyppi, jonka tunnusomaisia piirteitä ovat liikuntasaumaton rakenne ja pieni jänneväli.</p> <p>Naulalevyristikoita on käytetty rakentamisessa kauan kattotuoleina ja nyt tekniikka on tullut infrarakentamiseen. Menetelmän tiettävästi vähäisen käytön takia aikaisempia pystytyksiä ei ole juurikaan dokumentoitu ja näin ollen itse rakentamisesta ei ole paljoakaan kokemusta. Opinnäytetyössä seurattiin ja lisäksi dokumentoitiin tukitelineen pystytys vaiheittain. Työssä käsiteltiin myös menetelmän heikkouksia ja pohdittiin ratkaisuja niihin. Opinnäytetyön lopussa on kerrottu ratkaisuehdotuksia koskien tukitelineiden purkamisen helpottamista ja mahdollisuutta rakenteiden uudelleenkäytölle. Muutokset ristikoiden pystytuennassa antaisivat helpotusta purkuvaiheeseen.</p> <p>Aiheen antoi Oteran Oy ja opinnäytetyön esimerkkeinä toimi Joensuun Raatekankaan eritasoliittymätyömaalle rakennettu silta, jonka tukitelineen käytettiin Sepa Oy:n valmistamia NR-rakenteita.</p>			
Avainsanat Kehäsilta, tukiteline, NR-rakenne, naulalevyristikko			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Building and Structural Engineering			
Author(s) Marko Niskanen			
Title of Thesis Using Roof Trusses for Falseworks in Frame Bridges			
Date	10 October 2019	Pages/Appendices	23
Supervisor(s) Mr Kai Auvinen, Senior Lecturer and Mrs Mervi Heiskanen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Mr Mikko Heikkinen, Site Manager, Oteran Oy,			
<p>Abstract</p> <p>The subject for this thesis was given by Oteran Oy. The example construction was a bridge which was part of the interchange construction site of Raatekangas in Joensuu. The falseworks used for the roof trusses in the bridge were made by Sepa Oy.</p> <p>The purpose of this thesis was to investigate and improve the building method of a slant-legged frame bridge with falseworks when the load-bearing structures of the falseworks are made of roof trusses leaning to the base slabs of the bridge. A frame bridge is a very common bridge type with characteristics such as expansion free joint structure and a small span length.</p> <p>Roof trusses have been used a long time for roof structures in buildings. Nowadays that structure has become part of infrastructure construction. That kind of method has not been common so there is not much documentation or experience about building falseworks that way.</p> <p>The building operation was followed and documented in the thesis step by step. The thesis also covered the cons of the building method and considered solutions to them.</p> <p>As a result, there were suggestions for how to make it easier to demolish falseworks and what possibilities for reusing the structure there might be. Modifications in the vertical support of the roof truss would make the falsework demolition work easier.</p>			
Keywords Frame bridge, falseworks, roof truss			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Taustat ja tavoitteet.....	5
1.2	Oteran Oy	5
1.3	Keskeiset käsitteet	6
2	KEHÄSILLAT	7
2.1	Kehäsillat Suomessa.....	7
2.2	BLK I teräsbetoninen laattakehäsilta	7
2.3	BLK II teräsbetoninen laattakehäsilta	8
3	SILLAN VALUMUOTIN TUKITELINE	10
3.1	Tukiteline	10
3.2	Suomessa käytettyjä tukitelineitä	10
3.2.1	Puutavarasta rakennetut telineet.....	10
3.2.2	Terästelineet.....	11
3.3	Naulalevyristikot	11
3.3.1	Ristikoiden mitoitus	12
4	TUKITELINEEN RAKENTAMINEN	13
4.1	Raatekankaan eritasoliittymän silta s2	13
4.2	Esivalmistelut ristikoiden asentamiselle.....	13
4.3	Ristikoiden pystyttäminen.....	14
4.4	Varastointi työmaalla.....	17
5	POHDINTA JA TUKITELINEMENETELMÄN ARVIOINTI	19
5.1	Huomioon otettavat seikat käytettäessä NR-rakennetta tukitelineenä	19
5.2	Kustannukset.....	19
5.3	NR-rakenteen heikkoudet ja vahvuudet tukitelineenä	20
5.4	Vertailu muihin tukitelineisiin	21
5.5	Menetelmän kehitettävyyys	21
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	23

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyöni aiheen antoi Oteran Oy. Olen työskennellyt kyseisessä yrityksessä opintojeni harjoitteluissa kahtena kesänä, vuosina 2016 ja 2017. Aiheena on vaihtoehtoinen menetelmä kehäsiltojen tukitelineen rakentamisessa, jossa perinteiset tukitelineet korvataan NR-ristikoilla. NR-ristikkorakenteet ovat tuttuja kattorakenteista taloissa mutta nyt ne ottavat jalan sijaa myös infrarakentamisessa.

Työn tavoitteena on tutustua sekä tarkastella kustannuksellisia ja ajallisia etuja, joita saavutetaan käytettäessä tätä vaihtoehtoista menetelmää kehäsiltojen rakentamisessa. Työn tuloksien avulla saadaan tietoa työvaiheiden aikataulutukseen ja toivottavasti myös menetelmän tehostamiseen.

Vt6 parantaminen Raatekankaan kohdalla -hankkeen eritasoliittymätyömaalla Joensuussa kehäsiltoja rakennettiin 6 kappaletta käyttäen tukitelineissä NR-rakennetta. Opinnäytetyössäni on tavoitteena selvittää Raatekankaankadun alikulkukäytävien työaikaisten tukitelineiden rakentamista.

Opinnäytetyöni käsittelee ennen raudoitusta/betonointia rakennettavaa tukitelinettä teräsbetonissa laattakehäsilloissa. Tässä työssä tutustutaan vaihtoehtoiseen tukitelineen rakentamistapaan, jossa valumuottien kantavarakenne toteutetaan SEPA Oy:n naulalevyristikoilla. Tukitelineiden pystytys ja sitä edeltävät vaiheet dokumentoidaan valokuvien muodossa.

1.2 Oteran Oy

Oteran Oy on suomalainen vuonna 2009 perustettu infra-alan yritys, joka toteuttaa rakennushankkeita pääurakointina projektinjohtokonseptilla. Yrityksen henkilöstö muodostuu työmaajohdosta ja yrityksen hallinnosta. Niin kutsutut kädelliset ja koneelliset suorittavat työt hoidetaan alihankintana. Toistaiseksi yrityksellä ei ole mittauslaitteita, käsityökaluja ja liikenteenohjauslaitteita lukuun ottamatta omaa kalustoa.

Yrityksellä on aluetoimistoja Uudellamaalla, Satakunnassa, Itä-Suomessa, Keski-Suomessa ja Pohjanmaalla. Yrityksen kehitys on ollut kasvujohtoinen koko historiansa ajan. Liikevaihto vuonna 2018 44 miljoonaa euroa.

1.3 Keskeiset käsitteet

BLK I	Suorajalkainen kehäsilta
BLK II	Vinojalkainen kehäsilta
Eritasoliittymä	Tieliittymä, jossa risteävät tiet yhdistyvät eritasoilla ramppien avulla.
Kehäsilta	Kehäsilta on jäykkä sivuseinien ja kannen muodostama kehä, joka on seinien osalta jäykästi kiinnitettyperuslaattaansa.
NR-Rakenne	Puusta valmistettu rakenne, jossa puut ovat sidottu toisiinsa käyttäen naulalevyjä.
Sillan hyödyllinen leveys	Sillan hyödyllinen leveys on sillan kaiteiden pienin etäisyys
Sillan vapaa-aukko	Vapaa-aukko on sillan keskilinjan suuntainen, kahden peräkkäisen tuen, pienin vaakasuuntainen etäisyys
Siipimuuri	Siipimuuri on sillan aukon ja maaluiskan välissä oleva maanpainetta vastustava rakenne, jonka avulla saadaan hallittua luiskakaltevuuksia

2 KEHÄSILLAT

2.1 Kehäsillat Suomessa

Kehäsilloja käytetään Suomessa teiden ja ratojen alikulkukäytäviin hyvin usein niiden kustannustehokkaiden ominaisuuksien ansiosta. Kehäsillat ovat rakennusajallisesti ja suunnittelullisesti nopeita toteuttaa. Ne ovat myös lähestulkoon huoltovapaita laakeroimattoman rakenteensa vuoksi lukuun ottamatta kannen vesieristyksien ja reunapalkkien huoltoja. Kehäsiltojen vanhojen suunnitelmien muokkaaminen uuteen kohteeseen on helposti toteutettavissa ja sillan hyötyleveys on jälkeinpäin suhteellisen helposti muokattavissa rakenteen yksinkertaisuuden vuoksi. Liikuntasuomaton rakenne soveltuu hyvin lyhyen jännevälän kohteisiin.

Teräsbetonisia laattakehäsilloja on kahta tyyppiä. Suorajalkainen laattakehäsilta, BLK I, ja vinojalkainen laattakehäsilta, BLK II. Suorajalkaisessa kehäsillassa siipimuurien linjaus antaa tilaa alikulun suuaukon suuntaan nähden risteävälle liikenteelle mahdollisuuden suuremmalla säteellä olevaan liittymään. Vinojalkaisen sillan siipimuurit ovat joko jalkojen tai ylittävän väylän kanssa yhdensuuntaiset. Vinojalkainen silta on tilavamman näköinen ratkaisu alittavan väylän osalta. Edellä mainitussa sillassa kansi on pinta-alaltaan pienempi suhteessa alittavan väylän leveyteen.

Liikennevirasto tarjoaa molemmille tyypeille valmiit ja muokattavissa olevat dwg-formaatin tyyppikuvat.

2.2 BLK I teräsbetoninen laattakehäsilta

BLK I eli suorajalkainen laattakehäsilta muodostuu pystysuorista jaloista, kansilaatasta, peruslaatoista, siipimuureista ja siirtymälaatoista. Kuva 1 on hyvä esimerkki kyseisestä sillasta.

Tämä siltatyyppi on kehäsilloista suosituin. Liikenneviraston sillat tilasto 8/2017 mukaan suorajalkaisia teräsbetonisia kehäsilloja on 1 390 kpl eli noin 9,17 % kaikista Liikenneviraston silloista. (Liikenneviraston sillat 1.1.2017).



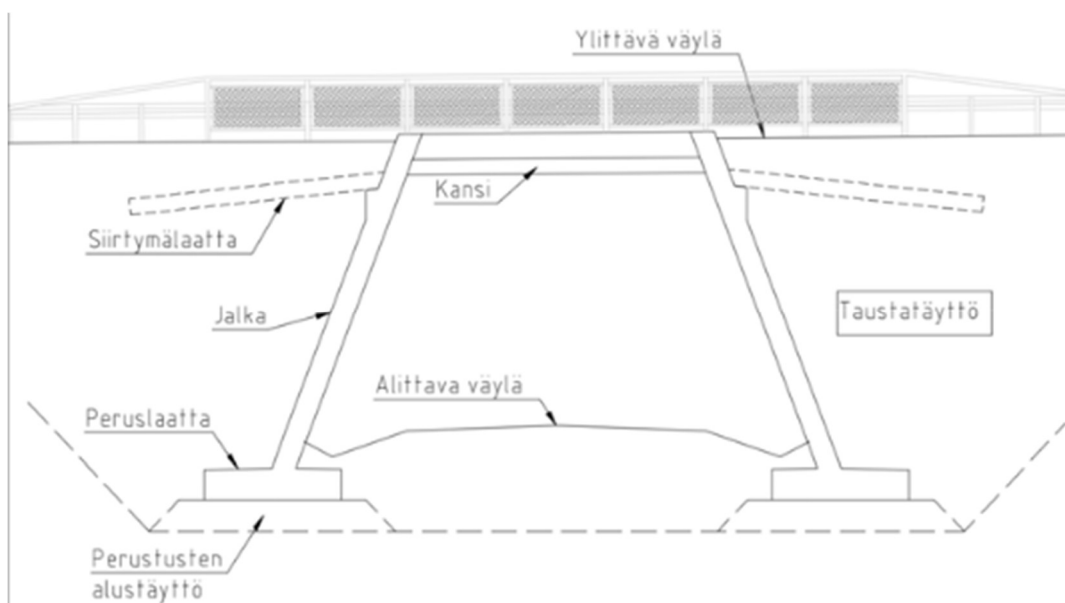
KUVA 1. Kuva tyypillisestä suorajalkaisesta blk-1 kehäsillasta (Liikenneviraston ohjeet blk-I)

2.3 BLK II teräsbetoninen laattakehäsilta

BLK II tyyppin silta koostuu kannesta, jaloista, peruslaatoista ja siirtymälaatoista (kuva 3). Siipimuurit ovat samansuuntaista rakennetta jalkojen kanssa, kuten kuvassa 2, tai vaihtoehtoisesti ylittävän väylän suuntaiset. Suuremman aukon omaavat sillat tarvitsevat jännevälin kasvaessa välitukia.



KUVA 2. Tyypillinen vinojalkainen laattakehäsilta (Liikenneviraston ohjeet 22/2017).



KUVA 3, Blk II kehäsillan pääosat esitettynä piirustuksessa (Liikenneviraston ohjeet 22/2017)

Liikenneviraston sillat tilasto 8/2017 -julkaisun mukaan teräsbetonisia vinojalkaisia kehäsilloja on 504 kappaletta, joka on 3,32 % kaikista liikenneviraston silloista. Näitä siltoja käytetään alikulkukäytävinä, alikulkusiltoina ja alikäytävinä. (Liikenneviraston sillat 1.1.2017.)

3 SILLAN VALUMUOTIN TUKITELINE

3.1 Tukiteline

Tukiteline on sillan betonoinnin aikaisen muotin kantavarakenne. Sen tehtävä on ottaa vastaan betonin, valun, muottilaudoituksen ja työntekijöiden aiheuttamat kuormat. Betonin kuivuttua rakenne puretaan ja rakentamisen kannalta kertakäyttöiset materiaalit sekä rakenneratkaisut kierrätetään. Esimerkiksi muottilaudat, joita ei voi työmaalla uudelleen käyttää, vietään jäteasemalle tai sitten murskataan hakkeeksi paikan päällä.

3.2 Suomessa käytettyjä tukitelineitä

3.2.1 Puutavarasta rakennetut telineet

Suomessa käytetään usein puuta tukitelineiden tekoon, koska se on metritavarana ostettuna edullista ja materiaalikustannukset ovat pieniä verrattuna muihin ratkaisuihin. Puutelineillä on myös hyvä mahdollisuus materiaalin uudelleen käyttämiseen mutta Suomen puun hintatasolla käytetyn puun nauloista siivoaminen ei ole enää nykypäivänä kustannustehokasta. Tämä menetelmä on joustava tukitelineen pohjan korkomaailman suhteen, kunhan alusta on vain tarpeeksi kantava. Kuvassa 4 voi huomata miten tukitelineen alaosa myötäilee maaston luontaisia muotoja.



KUVA 4, Puutavarasta rakennettu kevyenliikenteen sillan tukiteline Kuopion Kumpusaassa (Niskanen 2017)

3.2.2 Terästelineet

Teräksestä rakennettu tukiteline muodostuu pääasiassa pysty-, vaaka- ja vinoputkista. Telineen alaosassa käytetään korkeussäätöön kierteisiä jalkoja. Muotit betonointia varten tehdään joko vanerilla tai puulla. Terästelineiden rakenneosat ovat uudelleen käytettäviä ja niiden kokoaminen kokonaiseksi telineeksi on helppoa. Kuvassa 5 esimerkki mittavasta sillasta Pasilassa, jonka tukitelineet on tehnyt Telinekataja.

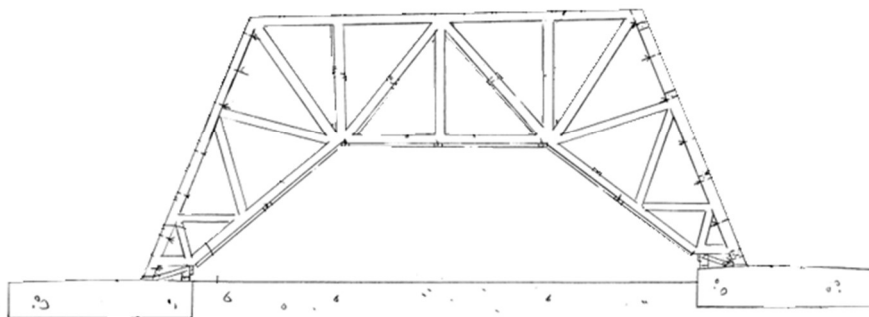
Terästelineitä käytetään Suomessa puutelineitä harvemmin lähinnä niiden hankintahinnan vuoksi. Keski-Euroopassa ja maissa, joissa puun hinta on Suomeen verrattuna korkea, terästelineet ovat kaikilta osin järkevä ratkaisu. Heikkoutena terästelineiden rakennusosilla on käytettävyyden pakka- sessa. Pakkanen saa teräksen tuntumaan ikävältä käsitellä kylmyytensä vuoksi ja mekaanisten lukkojen jäätyminen hidastaa telineiden kasaamista.



KUVA 5, Telinekatajan terästelineet Pasilan sillan tukitelineenä (Telinekataja.fi)

3.3 Naulalevyristikot

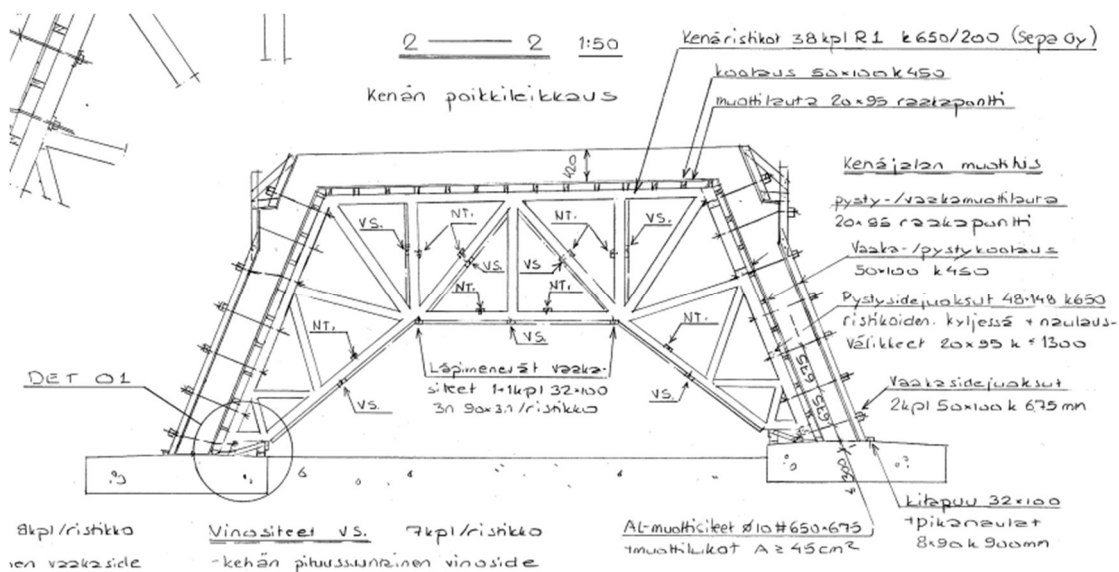
Naulalevyristikoita käytetään perinteisesti kattojen kantavina rakenteina mutta nyt niiden käyttöalue on laajentunut myös infra-rakentamiseen. NR-rakennetta on käytetty infra-rakentamisessa siltojen laattojen ulokkeiden valun tuentaan. Nyt käyttöä on löydetty myös kehäsiltojen kokonaisten tukitelineiden rakentamisesta. Kuvassa 6 alla nähdään hyvin tyypillinen vinojalkaisen kehäsillan aukon profiilin ristikko.



KUVA 6, Raatekankaan eritasoliittymät -työmaalla käytetyn naulalevyristikon suunnitelma kuva (Raatekankaan eritasoliittymät -työmaan suunnitelmat, muokannut Niskanen 2018)

3.3.1 Ristikoiden mitoitus

Ristikot suunnitellaan ja mitoitetaan tehtaalla siltakohtaisesti. Mitoitukseen vaikuttavat tekijät ovat sillan rakenteelliset mitat. Tukitelineen ristikkorakenne voidaan myös toteuttaa yhdistämällä kaksi naulalevyristikkoa yhdeksi, jos sillan aukko, suuren kokonsa puolesta, sitä vaatii. Suuren aukon omaavien siltojen ristikot ovat kuljetusteknisistä syistä moniosaisia ja näin ollen kasattava työmaalla ennen pystyttämistä. Esimerkiksi, jos kuvitellaan kuvan 6 ristikon olevan niin korkea, ettei sitä ole lain puitteissa mahdollista ilman erikoiskuljetuslupia kuljettaa, valmistetaan ristikko tehtaalla kaksi-osaisena. Toisin sanoen ristikko jakaantuu pystysuuntaisesti keskeltä kahteen erilliseen ristikkoon, jotka sitten työmaalla liitetään sillan aukon muotoon ennen pystytystä.



KUVA 7, Kuvankaappaus tukitelineiden suunnitelmasta. Kuvassa esitetty vaakasiteiden ja nurjahdustukien paikat (Raatekankaan eritasoliittymät -työmaan suunnitelmat)

4 TUKITELINEEN RAKENTAMINEN

4.1 Raatekankaan eritasoliittymän silta s2

Opinnäytetyössä tarkasteltu tukiteline rakennettiin Raatekankaan eritasoliittymän s2 sillalle. Sillan alittava liikenne on kevyttä liikennettä ja kunnossapitokalustoa. Sillan päällä kulkee kaksi kaistaa kumpaankin suuntaan. Kyseisen sillan hyödyllinen leveys on noin 19 m, vapaa-aukko 6,0 m ja alikulukorkeus 3,0 m.

4.2 Esivalmistelut ristikoiden asentamiselle

Ennen naulalevyristikoiden pystytystä anturaan on kiinnitettävä alajuoksut ristikoiden pystytukien kiinnittämistä varten. Alajuoksut asennetaan myös ristikoiden sauvojen tuennalle. Mittamies merkitsee takymetria apuna käyttäen alajuoksujen ja pystytukien paikat anturaan.

Tarkasteltavassa kohteessa alajuoksuna toimii 50 x 100 mm sahatavara, joka kiinnitetään 900 mm välein anturaan käyttäen joko betoniruuvi-ankkureita (HUS3-H 10 x 110 mm) tai kiila-ankkureita (HAS M10 x 120 mm). Pystytukien paikat ja niiden suunnitellut korkoasemat merkitään tukikohtaisesti. Pystytukena käytetään 125 x 125 mm sahatavaraa (kuvat 8 ja 9).



KUVA 8, Anturaan kiinnitetyt alajuoksut ja ristikon pystytuki (Niskanen 2018)



Kuva 9, Naulalevyristikoiden asennusta valmistelevien töiden tulosta ja anturan tartuntateräkset (Niskanen 2018)

Peruslaatan korkoaseman tarkkuus määrittää ristikoiden sauvojen alajuoksun sijaintia, johtuen silta-tyypin vaatimasta sauvojen kaltevuudesta. Jos anturan yläpinnan korossa on heittoa, on asennusvaiheessa ristikon sauvoja lyhennettävä. Tämä vaikuttaa vinossa kappaleessa siirtymää vaaka-akselilla, jonka takia alajuoksun paikka määräytyy korkoaseman tarkkuudesta. Yhteenvedona voidaan sanoa anturan pinnan tarkkuudella olevan merkittävä vaikutus tukitelineen pystytysnopeuteen.

4.3 Ristikoiden pystyttäminen

Ristikoiden pystytykseen tarvitaan:

- KA kappaletavaranojalla
- 3 kpl RAM
- vatupassi
- naulain
- moottorisaha
- 32x100mm sahatavaraa tuentaan ja vaakasiteisiin
- paksua harjaterästä ensimmäisen ristikon tukien ankkurointiin.

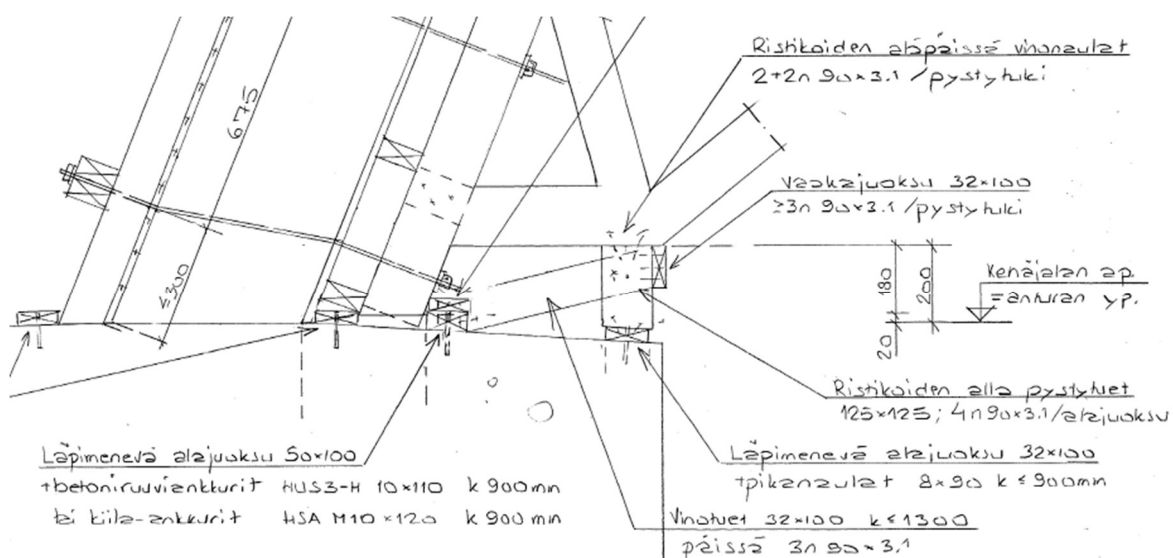
Pystytys aloitetaan sillan päästä, jossa ensimmäinen ristikko tuetaan maahan ankkuroituun lankkuun. Ristikko tuetaan suoraan vatupassia apuna käyttäen. Pystytyksessä nostoon käytetään esimerkiksi auton kappaletavaranojuria. Kappale vapautetaan nosturista vasta kunnes ristikko on kiinnitetty ja tuettu paikalleen asianmukaisesti (kuva 10).

Sepa Oy:n ristikoiden ylänurkkien naulalevyt ovat erikokoisia, josta katsotaan ristikon olevan asennuksessa oikein päin. Pystytysohjeissa osoitetaan suuremman naulalevyn puoli. Sillan kannen kallistuksista johtuen niitä ei saa pystyttää väärinpäin.



KUVA 10, Ensimmäisen ristikon tuenta (Niskanen 2018)

Ristikko kiinnitetään naulaimella valmiiksi oikeaan korkoon leikatun pystytuen päälle. Ristikon sauvojen päät lyhennetään tarvittaessa moottorisahalla. Tämä tehdään, jos sauvojen päät kantavat betoniin ennen ristikon alapuiden tukeutumista pystytukiin. Kuvassa 12 nähdään lyhennetty ristikon sauva paikalleen nostetussa ristikossa.



KUVA 11, Muokattu detaljista; tukeline- ja muotituspiirustus (Raatekankaan eritasoliittymä -työmaan suunnitelmat)



KUVA 12, Ristikko nostettuna pystytuen päälle (Niskanen 2018)

Ristikoita nostetaan paikalleen järjestyksessä ja tuetaan vaakasidelaudoilla edellisiin pystyssä oleviin rakenteisiin. Jokaisen ristikon suoruus on tarkastettava vatupassilla ennen kiinnitystä. Ristikon sauvat tuetaan naulaamalla alajuoksuun 32 x 100 mm lauta tiiviisti sauvaa vasten.



KUVA 13, Ristikoita ja niiden vaakasiteitä (Niskanen 2018)

Rakennelman edetessä ristikoihin kiinnitetään vinositeet eli niin kutsutut reivaukset. Vinositeiden suunta vuorottelee. Materiaalina käytetään 32 x 100 mm sahatavaraa. Kuvassa 14 nähdään vinositeitä asennettuna.



Kuva 14, Ristikoiden vinositeet. (Niskanen 2018)

Sillan siipimuurien muotit tukeutuvat osittain naulalevyristikoihin. Matalampiin osiin siipiä rakennetaan toisiinsa tukeutuva muottirakenne metritavarasta. Siipien muottien kuormat siirretään lankuilla maahan asetettuihin parruihin. Vastakkaisien siipien kuormat parruun muodostavat tuen muottien välillä. Siipien välisen, maahan tukeutuvan, sahatavaran tulee olla vahvuudeltaan 150 x 150 mm tai järeämpää.

Ennen muottilaudoitusta rakennetaan tukitelineen ympärille kehälle koolaus 50 x 100 mm sahatavarasta 450mm jaolla. Muottilautana käytetään 20 x 95 mm raakaponttia.

4.4 Varastointi työmaalla

Naulalevyristikot tulee säilyttää pystyssä. Näin ehkäistään rakennelman ei toivottu taipuminen ja naulalevyjen löystyminen. Varastointi kannattaa toteuttaa mahdollisuuksien puitteissa niin ettei ennen asentamista ristikoita tarvitse siirtää vaan ne saadaan nostettua suoraan paikalleen varastointi paikalta. Jos ristikoita joudutaan varastoimaan niin kauan työmaalla, että on pelkona sään armoilla olemisen vaikuttavan materiaalin ominaisuuksiin, on ristikot suojattava säältä.

Ristikoiden suuren koon vuoksi ne ovat hankalia siirtää työmaalla autolla ja sillan tukitelineen tarpeet eivät sovi ajoneuvojen lavalle yhteen kuormaan. Tästä johtuen materiaalin siirtely itsessään varastointi paikalta käyttökohteeseen on aikaa vievää ja sitä on syytä välttää. Materiaalin toimituksen ajankohta kannattaa siis suunnitella siten, että ristikoille on varastointipaikka järjestetty sillan rakennuspaikan läheisyyteen, mielellään tukitelineen pystytyksessä käytettävän koneen ulottuman sisälle. Tällä vähennetään turhia nostokoneen pystytyksiä, joka säästää aikaa.

5 POHDINTA JA TUKITELINEMENETELMÄN ARVIOINTI

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella kehäsillan tukitelineen rakentamista, joka toteutettiin käyttäen materiaalina NR-rakennetta. Tuloksena työstä saatiin kokemusta NR-rakenteen käyttämisestä tukitelineenä ja seurannan tuloksena saatiin tietoa rakentamisen kustannuksista. Työssä esitellään yleisesti kehäsillat ja niiden rakentamiseen käytettyjä tukitelineitä. NR-rakenteiden käyttämisestä on otettu esille rakenteen hyvät ja huonot puolet, sekä esitetty ajatuksia rakenteen muutoksiin käytävyyden parantamiseksi.

5.1 Huomioon otettavat seikat käytettäessä NR-rakennetta tukitelineenä

Menetelmässä käytetyt materiaalit ovat pääosin kertakäyttöisiä, eikä ristikoita nykyisessä muodossaan ole mahdollista saada purettua ehjänä muotinhoistovaiheessa. Ristikot on mitoitettu niin tarkasti sillan aukon mukaan, etteivät ne nykyisessä muodossaan ole mahdollisia irrottaa ehjänä. Betonin paino puristaa ristikkoja ja muotteja voimakkaasti.

Ristikoiden varastointi tulee tehdä tehtaan ohjeita noudattaen eli pystyssä. Ristikoiden varastointipaikka mahdollisuuksien puitteissa lähelle sillan rakennuspaikkaa. Varastoinnissa ristikoiden ei suositella olevat maakosketuksessa, joten varastointipaikan on suotavaa olla tasainen ja varustettuna aluspuilla. Aluspuihin on helppo rakentaa tuet, jotka pitävät ristikot pystyasennossa säilytyksen ajan.

Nostokaluston valinnassa kannattaa ottaa huomioon pystytyksen vaatima nostomatka. Nostin on pystytettävä sillan anturoiden pään tasaan, jotta ristikoiden nosto koko sillan matkalle on mahdollista. Tehokkainta on nostaa kaikki ristikot samalta sijalta. Toki nostotyöt voi suorittaa pienemmälläkin nostimella mutta materiaalien ja nosturin siirtely vie aikaa. Yksi ristikko painoi tässä työssä esitellyn kohteen tapauksessa noin 175 kg ja nostomatkaa enimmillään 25 m.

Sillan anturoiden koron toleranssina ylöspäin on syytä pitää +0 mm. Tällöin asennettaessa ei itse ristikoiden tarvitse tehdä muutostöitä, kuten kappaleessa neljä kerron ristikoiden sauvojen lyhentämistarpeesta.

5.2 Kustannukset

Menetelmän kustannukset muodostuvat materiaaleista ja työstä. Suurin kustannuksen tekijä on tukitelineen materiaali eli ristikot ja puutavara. Tarkastellussa kohteessa työn osuus jäi pystytysnopeuden ansiosta pienemmäksi, vaikkakin pitkän nostomatkan vuoksi jouduttiin käyttämään isohkoa kappaletavarannosturia. Valmistelemissa töissä mahdollisesti lumi talvella vaikuttaa kustannuksien kasvuun.

Kohteena olleella työmaalla saavutettiin etuja menetelmän ansiosta aikataulullisesti, joka sitten välillisesti vaikutti työmaan kustannuksiin. Kohteessa ristikot olivat varastoitu siten, että ne jouduttiin siirtämään lähemmäksi siltaa ja siihen kului nosturilla varustetulla kuorma-autolla 4 tuntia. Se kustannus olisi ollut vältettävissä, jos ristikoiden varastoinnissa olisi ennakoitu.

5.3 NR-rakenteen heikkoudet ja vahvuudet tukitelineenä

NR-rakenteiden käyttäminen Raatekankaansilloissa osoitti menetelmän olevan käyttökelpoinen myös kehäsiltojen muottirakenteissa. Menetelmän vahvuuksina pidetään:

- Menetelmä on aikataulullisesti tehokas ja tämä parantaa kokonaishankkeen läpivienti aikaa.
- Hankkeen kokonaisaikataulun nopeutuessa saadaan aikaan myös kustannussäästöjä ja tarvittaessa pelivaraa muiden töiden aikataulutukseen hankkeen osalta.
- Asennus on myös helppoa, eikä vaadi osaltaan erikoisosaamista tai välineitä lukuun ottamatta kappaletavaranosturia.
- Materiaalihukka on minimoitu tehtaalla kokoon leikatulla rakenteella ja tämän ansiosta ei työmaallekaan kerry ylimääräistä puujätettä niin suuria määriä.
- Maan sulaminen ja jäätyminen eivät pääse vaikuttamaan tukitelineeseen, koska ristikot siirtävät kuormat sillan anturoiden varaan. Eli keliolosuhteiden vaihtelulla ei pitäisi olla vaikutusta muottien asentoon.
- Menetelmä on myös työntekijä ystävällinen eikä vaadi raskaita nostoja tai kiipeämisiä rungon pystytyksen aikana.
- Asennuksesta ei aiheudu ylimääräistä siivottavaa, kuten puun pätkiä.

Heikkouksina menetelmässä voidaan pitää seuraavia asioita:

- Tukitelineen materiaalivalintana ristikot asettavat haasteita kokonsa vuoksi. Ne ovat hankalia siirrellä ja vaativat erityisjärjestelyjä varastoinnin suhteen.
- Materiaalina ristikot maksavat luonnollisesti enemmän verrattuna muihin puu ratkaisuihin.
- Vaatii nostimen asennukseen, joka on ainakin meidän tapauksessamme ostettu palvelu. Tämä lisää sovittamista aikatauluihin.
- Tässä työssä käytetty ristikkomalli ei anna mahdollisuutta uudelleen käyttöön. Tukitelineen purkuvaiheessa ristikot poikkeuksetta tuhoutuvat.

5.4 Vertailu muihin tukitelaineisiin

Taulukossa 1 vertaillaan kolmea erityyppistä tukitelineen rakennustapaa. Vertailun näkökanta koskettaa lähinnä BLK II -tyypin kehäsillan tukitelineitä. Muottirakennetta ei huomioida. Taulukon alla on esitetty selvennyksiä joihinkin kohtiin. TAULUKKO 1.

Tukiteline tyyppi	Puutavara	NR-rakenne	Teräsjärjestelmälineet
Hankinta hinta	Halvin		Kallein
Uudelleen käytettävyys	Osittain	Ei	Kyllä
Materiaali hukka	Paljon	Hyvin vähäinen*	Ei ole
Rakennus nopeus	Hitain	Nopein	Nopea
Olosuhde riippuvuus	Kyllä**	Ei	Kyllä***

*Siipimuurien matalien osien tuenta rakennetaan metritavarasta.

**Telineen pystyt puut tuetaan maata vasten makaaviin aluspuihin. Maan käyttäytyminen lämpötila vaihteluissa.

***Pakkanen vaikuttaa merkittävästi teräsosien käsiteltävyyteen ja toimintaan.

Taulukko 1, Teline vertailua (Tuotetut aineistot, Niskanen 2018).

5.5 Menetelmän kehitettävyys

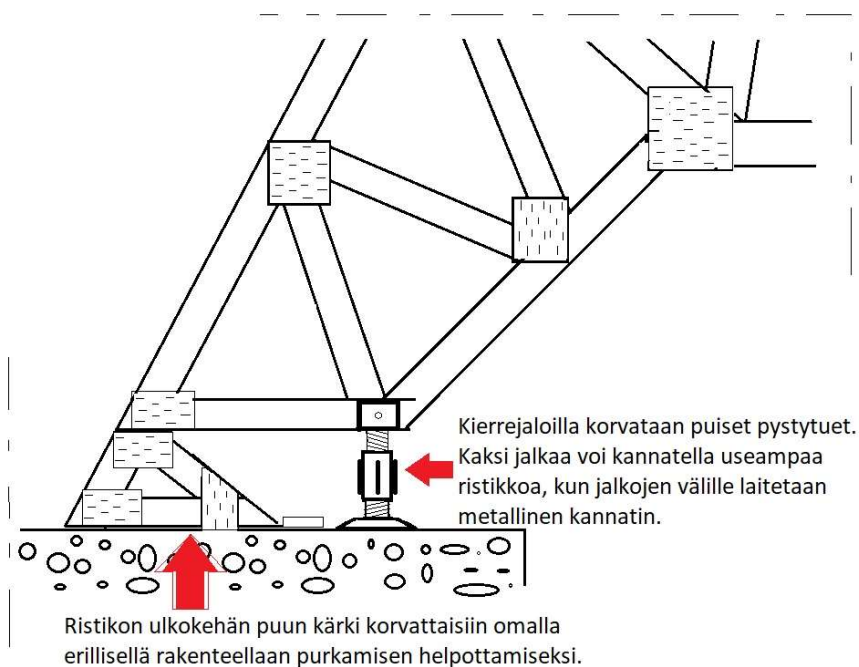
Ristikoiden purkaminen ehjänä on lähestulkoon mahdotonta niiden nykyisessä muodossaan. BLK II mallisen kehäsillan vinot jalat mahdollistaisi ristikoiden alaspäin purkamisen, jos ristikon sauvat katkaistaisiin ja pystytuet ristikoiden alta poistettaisiin. Pystytuet olisi mahdollista korvata kierrejaloilla madallettavalla tukipukilla. Kuvassa 16 on raaka hahmotelma mahdollisista kierrejaloista kiinteiden puisien pystytukien korvaajana. Tukipukin olisi mahdollista ottaa useamman ristikon kuorman. Muottilaudoitusten koolauksen kiinnitys olisi purkamisen helpottamiseksi tehtävä ristikon suunnasta. Jos koolaukset olisivat kiinnitetty ruuveilla, ristikkoa purkaessa riittäisi ruuvien irrottaminen ja kierrejalokojen löysääminen. Lyhennetyillä sauvoilla ristikko ei enää vastaa uutta mutta mahdollistaisi uudelleen käytön samojen mittojen ja maasto-olosuhteiden omaavalla kohteella kuten rinnakkaissillalla. Ristikon voisi korjata esimerkiksi lisäämällä saman vahvuuden sahatavaraa sauvan jatkoksi rinnalle kiinnittäen.

Naulalevyristikon sauvan, eli ristikon kehällä sijaitsevan puun kärjen, poistaminen kokonaan rakenteesta antaisi mahdollisuuden tukitelineen purkamiselle ehjänä. Tämä tilanne vaatisi sillan jalkojen juureen valumuotin tuentaan erillistä rakennetta korvaamaan sauvan tukivaikutusta. Edellä mainittu erillinen rakenne voisi olla kolmion muotoinen nr-rakenne, joka tukeutuu anturaan sekä ristikoon ja näin ottaa vastaan muotin alaosan valupaineet. Tukitelineen rakentaminen useista osista tietenkin hidastaisi pystytysnopeutta mutta pienet osat olisivat käsiteltävyytensä puolesta helppoja asentaa.

Uskoisin niiden kiinnityksen onnistuvan jouhevasti nosturin työskennellessä seuraavan ristikkorakenteen parissa. Hyvällä työn suunnittelulla ja resurssien oikein mitoituksella viivettä ei muodostuisi erillisten osien takia.

Pystytukien muuttamisesta kierrejalkaisiin pukkeihin ei pitäisi aiheutua kustannuksia verrattuna puisiin kiinteisiin pystytukiin pois lukien niiden hankkimista. Asentaminen olisi todennäköisesti nopeampaa, jos useamman ristikon korkoasemaa säädettäisiin yhdellä pukilla.

Säädettävillä pystytuilla saavutettaisiin joka tapauksessa nopeutta ja varmuutta ristikoiden onnistuneeseen purkamiseen. Tämä ehkäisee valupinnan vaurioita liiallisen voimakkaan purkamisen seurauksena. Parhaassa tapauksessa, jos ristikot voidaan käyttää uudelleen, kustannukset tukiteline materiaalien osalta lähes puolittuu. Kyseessä on suuruus luokassa 5 000 euron summa.



KUVA 16, Ristikoiden purkamisen helpottamiseen hahmottelemani rakenne (Hahmotelma, Niskanen 2019).

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Liikenneviraston sillat 1.1.2017 [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-12-20] Saatavissa: <https://julkaisut.vayla.fi/> Polku: Väylä.fi > Aineistot > julkaisut > tilastojulkaisut

Liikenneviraston ohjeet 22/2017 teräsbetoninen laattakehäsilta blk-II suunnitteluohje [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-12-20] Saatavissa: <https://julkaisut.vayla.fi/> Polku: Väylä.fi > ammattilaiselle > palveluntuottaja > ohjeluetelo

Liikenneviraston ohjeet blk-I [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-12-20] Saatavissa: <https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/blk12004.pdf>

Niskanen, Marko 2017-2018. Kuvat 4, 8-10, 12-14 [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän valokuva albumi 2017-2019.

Raatekankaan eritasoliittymä -työmaan suunnitelmat. Kuvat 6,7 ja 11 [suunnitelmakuva]. Tukiteline- ja muotitus suunnitelma; S2 Raatekakkosen alikulkukäytävä. Tekijä: Insinööritoimisto TAK-Plan, Tapio Kähkönen.

Telinekataja.fi [verkkosivun kuva] [viitattu 1.5.2019] Saatavissa: <https://telinekataja.fi/> Polku: telinekataja.fi > Referenssit > Pasilan silta