

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talorakennustekniikka
Jarkko Savolainen

Opinnäytetyö

**Tekla Structures custom component: teräsbetoninen vinojalkainen
laattakehäsilta**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 12/2009

Yliopettaja, TkL Olli Saarinen
A-Insinöörit Suunnittelu Oy, valvojana TkT Vesa Järvinen

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka, Talonrakennustekniikka
Tekijä Savolainen, Jarkko
Työn nimi Tekla Structures custom component: teräsbetoninen
vinojalkainen laattakehäsilta
Sivumäärä 29 sivua + liitteet
Valmistumisaika 12/2009
Työn ohjaaja TkL Olli Saarinen
Työn tilaaja A-Insinöörit Suunnittelu Oy, valvojana TkT Vesa
Järvinen

Tiivistelmä

Sillansuunnittelussa tietomallinnuksen käyttöönottoa ovat hidastaneet talorakenteisiin verrattuna monimutkainen geometria ja muuttuvat poikkileikkaukset, joiden mallintaminen on ollut vaikeaa olemassa olevilla työkaluilla.

Tässä opinnäytetyössä luotiin parametrisoitu komponentti Tiehallinnon tyyppipiirustusten mukaisesta teräsbetonisesta vinojalkaisesta laattakehäsilasta. Komponentille annetaan lähtötiedoiksi sillan osien päämitat, joiden perusteella se luodaan sillasta kolmiulotteisen mallin, joka sisältää kaikki sillan betoniosat sekä raudoitukset.

Siltatyyppi valittiin sen yleisyyden sekä yksinkertaisten geometrian ja raudoitusten vuoksi. Valintaa puolsivat myös valmiit tyyppipiirustukset, joita voitiin noudattaa luonnissa.

Yleisen siltatyyppin mallintamisen nopeuttamisen ja helpottamisen toivotaan lisäävän mallinnettujen kohteiden määrää, jotta kokemusten perusteella prosessia voitaisiin edelleen kehittää haluttuun suuntaan.

Avainsanat tietomallinnus, silta, custom component, Tekla Structures

TAMK University of Applied Sciences
Construction engineering, Building construction
Writer Savolainen, Jarkko
Thesis Tekla Structures custom component: slant-legged portal
frame bridge
Pages 29 pages + appendices
Graduation time 12/2009
Thesis supervisor L.Sc. Olli Saarinen
Co-operating company A-Insinöörit Suunnittelu Oy, supervisor D.Sc. Vesa
Järvinen

Abstract

The uptake of building information modeling in bridge design has been slower due to complex shapes like changing cross sections and non-linear horizontal and vertical geometries which have been difficult to model with the tools available.

In this thesis a parametric custom component was created of a slant-legged portal frame bridge based on the Finnish Road Administration standard drawings. The component is given dimensions of the bridge and it automatically creates a three dimensional building information model which includes all the concrete parts with reinforcement.

This particular type of bridge was chosen for its relatively simple geometry and standardized reinforcement.

Speeding up and making the modeling process of a commonly used bridge type easier is hoped to increase the overall number of modeled bridges beyond the occasional pilot projects. This is important in gaining insight into the practical benefits building information modeling could bring.

Keywords building information modeling, BIM, bridge, custom component,
Tekla Structures

Alkusanat

Haluan kiittää työn valvojaa Vesa Järvistä siitä, että pääsin työskentelemään erityisen mielenkiintoni kohteena olevan aiheen parissa sekä erinomaisista neuvoista ja näkökulmista. Antti Pekkala haluan kiittää erityisesti korvaamattomasta teknisestä avusta työn suorituksessa.

Tampereella joulukuussa 2009

Jarkko Savolainen

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	6
2	Tietomallinnus siltatoimialalla	7
3	Teräsbetoninen vinojalkainen laattakehäsilta (Blk II)	9
3.1	Tilastot	9
3.2	Tiehallinnon tyyppipiirustussarja.....	9
3.2.1	Päämitat.....	9
3.2.2	Peruslaatat	10
3.2.3	Kehän jalat ja laatta.....	10
3.2.4	Siipimuurit.....	10
3.2.5	Reunapalkit.....	10
4	Tekla Structures	11
4.1	Yleistä.....	11
4.2	Custom componentit.....	11
4.3	Custom component editor.....	11
5	Custom componentin luonti.....	14
5.1	Suunnittelu ja rajaukset.....	14
5.2	Jalat ja laatta.....	14
5.3	Reunapalkit	16
5.4	Siipimuurit	18
5.5	Peruslaatat.....	19
5.6	Raudoitukset.....	21
5.7	Osien nimeäminen ja luokittelu	22
5.8	Asetusikkuna.....	23
6	Jatkokehitystarpeet.....	27
7	Loppusanat.....	28
	Lähteet.....	29

Liitteet

Liite 1: Custom componentin käyttöohje

1 Johdanto

Yksi vaikuttava tekijä vuosina 2004-2007 toteutetun *Siltojen tuotemallintamisen ja rakentamisautomaation kehittäminen (5D-SILTA)* -projektin taustalla oli sillansuunnittelun ja -rakentamisen aikataulujen jatkuva kiristyminen. Yhtenä keinona tilanteen helpottamiseen nähtiin tehokkaampien suunnittelutyökalujen kehittäminen ja suunnittelutyön rutiinien automatisointi. Projektin neljästä painopistealueesta yksi oli tuotemallintamisen, tiedonsiirron ja automaation kehittäminen. 5D-SILTA -projektin osapuolten kesken kehitettiin 3d-mallintamista helpottavia ns. custom componenteja erilaisista siltojen osista Tekla Structures -tuotemallinnusohjelmaan.

Tässä 5D-SILTA -projektin jatkohankkeeseen 5D-SILTA2 liittyvässä opinnäytetyössä otetaan askel eteenpäin ja luodaan parametrinen custom component kokonaisuudesta teräsbetonisesta vinojalkaisesta laattasillasta. Komponentti luo sillasta automaattisesti 3d-mallin, joka sisältää kaikki sillan betoniosat ja raudoitukset. Sillan geometriaa voidaan helposti muuttaa asetuslomakkeelta. Mittoja muutettaessa malli ja raudoitukset seuraavat automaattisesti mukana.

Tekla Structuresiin tehdyt custom componentit ovat yleensä olleet pienehköjä kokonaisuuksia. Tässä konseptina on kuitenkin tehdä kokonaisuudesta siltatyypistä yksi laaja komponentti. Tätä puoltavat se, että yhden siltatyypin sisällä rakenne ja raudoitusperiaatteet ovat samanlaiset eli variaatio on pääasiassa mitoissa. Kuitenkin rakenne on niin monimutkainen, että sen muodostaminen pienemmillä komponenteilla olisi vaikeampaa.

Paljon käytetyn siltatyypin mallintamisen helpottaminen ja nopeuttaminen avaa myös uusia mahdollisuuksia tuotemallinnuksen kehittämiseen siltatoimialalla. Yksittäisiin pilottikohteisiin verrattuna mallinnettujen siltojen määrää saadaan kasvatettua, jolloin päästään aivan uudella tasolla hyödyntämään mallinnusta läpi kokonaistuotantoprosessin sekä saatujen kokemusten mukaan kehittämään sitä edelleen haluttuun suuntaan.

2 Tietomallinnus siltatoimialalla

Vuonna 2001 käynnistetyssä *Siltojen 3D-suunnittelu- ja mittausprosessin kehittäminen ja käyttöönotto* (Älykäs silta) -hankkeessa alettiin selvittää mahdollisuuksia käyttää nykyaikaista tietotekniikkaa sillan suunnittelun ja rakentamisen apuna. Älykäs silta -hanke oli tilaajien, suunnittelijoiden, laitevalmistajien, ohjelmistokehittäjien ja urakoitsijoiden yhteinen kehityshanke, jossa toimijat kartoittivat mahdollisuuksia ja haasteita omilla toimialoillaan. Hankkeen painopisteenä oli sillan geometriatiedon hallinta läpi koko prosessin aina väylän lähtötiedoista sillansuunnittelun kautta paikalleenmittaukseen ja lopullisen toteutumattiedon mittaukseen. Hankkeella pilotoitiin mm. väylän geometriatietojen siirtoa ohjelmistojen välillä, siltojen 3d-suunnittelua, takymetrioiden ohjausta tietomallin avulla ja laserkeilausta maastotietojen hankkimisessa ja sillan tarkistusmittausten teossa. Projektissa luotiin malli siltojen tulevaisuuden 3d-toimintaprosessista, jonka mukaan eri menetelmillä hankittu ja luotu tieto siirtyy läpi sillan koko elinkaaren. Saatujen kokemusten mukaan 3d-toimintaprosessiin siirtymisellä arvioitiin saavutettavan selviä teknisiä ja taloudellisia hyötyjä.

Siltojen tuotemallintamisen ja rakentamisautomaation kehittäminen (5D-SILTA) -projekti (2004-2007) oli jatkumoa Älykäs silta -projektille. Sen tavoitteena oli jatkaa aloitettua 3d-toimintaprosessin kehitystä edelleen integroimalla sen osatekniikoita yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Tehdyt tutkimus- ja kehittämistoimet kohdistuivat siltojen laserkeilausten ja mittauksen kehittämiseen, näiden mittauksien ja tiegeometrian siirtämiseen sillan tietomalliin ja tämän mallin monipuoliseen hyödyntämiseen määrä- ja kustannuslaskennassa, hankintojen suunnittelussa, aikataulutamisessa sekä käytännön rakentamisessa. Hankkeella jatkettiin alan eri toimijoiden yhteistyötä. Tiehallinnolla tavoitteena oli määrittellä sisältö sähköisille suunnittelun lähtötiedoille sekä kartoittaa tietomallin sisältövaatimuksia yhteensopivuuden ja jatkokäytön näkökulmasta. Suunnittelutoimistot kartoittivat siltasuunnittelun näkökulmasta lähtötietovaatimuksia ja tarpeita sekä pilotoivat todellisten siltakohteiden tietomallinnusta. Urakoitsijoilla painopisteenä oli sähköisen tiedon siirtyminen työmaan ja suunnittelijan välillä.

Osana tätä 5D-SILTA -hanketta oli *Custom Components* –projekti, joka aloitettiin sillan tietomallin rakentamisen nopeuttamiseksi. Projektissa oli tavoitteena luoda custom componentit tiesilloissa yleisimmin käytetyistä tyyppiosista kuten kuivatuslaitteista, kaiteista, liikuntasaumalaitteista yms. Komponenttien toteutus jaettiin suunnittelutoimistojen kesken ja tulokset jaettiin hankkeen osapuolille.

Kehitystyö jatkuu parhaillaan *Siltojen elinkaaren hallinnan kehittäminen tuotemallintamisen ja rakennusautomaation avulla (5D-SILTA2)* -hankkeella. Projektin tavoitteena on edelleen kehittää toimintaketjua, jolla lähtötietoja siirretään kolmiulotteisena tietona sekä suunnittelijalle että rakentamisen toteutukseen. Myös tilaajien hankintamenetelmiä tutkimalla ja kehittämällä on tavoitteena parantaa mahdollisuuksia uuden teknologian käyttöön ja hyödyntämiseen. Tämä opinnäytetyö on osa 5D-SILTA2 –hankkeen osiota *custom components 2*, jossa jatketaan edellisessä vaiheessa aloitettua komponenttien luontia käytännön mallintamistyön nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi.

3 Teräsbetoninen vinojalkainen laattakehäsilta (Blk II)

Yleensä alikulkukäytävänä eli kevyen liikenteen väylän ylittävänä tiesiltana käytetyt vinojalkaiset kehät ovat pieniä teräsbetonisia siltoja, joissa rakennekokonaisuuden muodostavat yhdessä toimivat vinot seinämäiset jalat ja kansilaatta. Alittavan väylän suuntaisten kehän jalkojen tehtävänä on siirtää kuormat kannelta perustuksille ja lisäksi yhdessä siipimuurien kanssa ottaa vastaan ympäröivän maan paine.

3.1 Tilastot

Tiehallinnon julkaisun *Sillat 1.1.2008, Tiehallinnon sillaston rakenne, palvelutaso ja kunto Suomessa* mukaan tiepiireissä oli vuoden 2008 alussa 11399 varsinaista siltaa. Vinojalkaisten laattakehäsiltojen osuus näistä oli 397. Vinojalkaisia laattakehäsiltoja on tehty vasta 1980-luvun loppupuolelta, eli niitä on valmistunut keskimäärin n. 20 kappaletta vuodessa. Vuosina 1985-2008 valmistuneista varsinaisista silloista n. 7 % on vinojalkaisia laattakehäsiltoja ja näinä vuosina valmistuneista teräsbetonisista silloista niiden osuus on n. 15 %.

3.2 Tiehallinnon tyyppiirustussarja

Tiehallinto julkaisi ensimmäisen tyyppiirustussarjan *Teräsbetoninen laattakehäsilta (Blk II)* vinojalkaisille kehäsilloille vuonna 1987. Tyyppiirustussarja on päivitetty vuosina 1991 ja tällä hetkellä voimassa oleva versio on vuodelta 1999. Ohjetta ollaan lähitulevaisuudessa päivittämässä eurokoodien mukaiseksi, mutta työ ei vielä ole niin pitkällä, että sitä olisi voitu tässä työssä hyödyntää. Ohje sisältää reunaehdot tyyppiirustusten käytölle ja yleisiä suunnitteluperiaatteita.

3.2.1 Päämitat

Tyyppiirustuksissa päämitat on rajattu niin, että vapaa aukko voi olla 4,0; 5,0 tai 6,0 m:n. Jalan korkeus 4,0 m vapaalla aukolla on 2,5 m - 5,0 m ja sitä suuremmilla vapaan aukon arvoilla 3,0 m - 5,5 m. Tässä vapaalla aukolla tarkoitetaan jalan ja laatan leikkauskohtien etäisyyttä toisistaan ja jalan korkeudella pystysuoraa etäisyyttä peruslaatan yläpinnasta jalan ja laatan leikkauskohtaan.

3.2.2 Peruslaatat

Peruslaattojen leveyden määrittämiseen on ohjeessa taulukko. Laatan leveyteen vaikuttavat jalan korkeus, perusmaan kitkakulma ja perustamissyvyys. Peruslaatta on 600 mm korkea, ja sen yläpinta on jalan kummallakin puolella kallistettu kulmaan 1:10. Peruslaatat katkaistaan n. 2500 mm:n päähän siipimuurien päistä, joten niiden pituus määräytyy sillan hyödyllisen leveyden ja siipien pituuden mukaan.

3.2.3 Kehän jalat ja laatta

Kehän jalkojen ja laattojen paksuus on tyyppipiirustuksissa 350 mm, kun vapaa aukko on 4,0 m ja 400 mm, kun vapaa aukko on 5,0 tai 6,0 m. Jalat ovat kaltevuudessa 2,5:1 ja alittavan väylän suuntaiset.

3.2.4 Siipimuurit

Siipimuurit ovat saman paksuiset ja suuntaiset kuin jalat, ja niiden yläpinta on leikattu kaltevuuteen 1:1.5. Siiven pään pystysuoran osuuden tulisi olla vähintään 500 mm.

3.2.5 Reunapalkit

Reunapalkkeille on ohjeessa määritelty suositeltavat mitat ja periaate, jota noudatetaan, jos sillan reunaa tarvitsee nostaa esimerkiksi korotetun jalkakäytävän vuoksi.

4 Tekla Structures

4.1 Yleistä

Tekla Structures on suomalaisen Tekla Oyj:n rakennuksen tietomallinnusohjelmisto. Ohjelmisto on alunperin suunniteltu nimenomaan rakennusalan tarpeisiin, ja käsiteltävät objektit eivät ole vain abstrakteja kappaleita vaan palkkeja, pilareita, raudoituksia ynnä muita, jotka sisältävät todellista rakentamisessa ja suunnittelussa tarvittavaa tietoa kuten esimerkiksi materiaalin, profiilin, teräslaadun jne. Käyttäjä voi luoda lisää attribuutteja tarvittaessa. Tätä informaatiota voidaan käyttää piirustuksissa ja erilaisissa automaattisissa raporteissa kuten määrä- tai raudoitusluetteloissa.

4.2 Custom componentit

Tekla Structuresissa valmiilla mallinnustyökaluilla luotavat rakenneosat ovat suhteellisen yksinkertaisia perusosia kuten palkkeja, laattoja tai raudoituksia. Rakennusalalla käytetään kuitenkin paljon monimutkaisempiakin osia. Jalostetummista osista voidaankin luoda custom componenteja, joissa yhdistellään ja muokataan perusosista monimutkaisempia kokonaisuuksia eri tarkoituksiin. Custom componenteilla voidaan tehdä esimerkiksi erilaisia saumoja, liitoksia tai osia. Etuna niissä on se, että monimutkaisen rakenteen mallintaminen kerran riittää, minkä jälkeen sitä voidaan helposti hyödyntää tarvittaessa. Parametrisoinnilla custom componenteista voidaan tehdä entistä joustavampia.

4.3 Custom component editor

Custom componentit luodaan editorissa, jossa on käytettävissä kaikki samat mallinnustyökalut kuin mallitilassakin. Siinä on kuitenkin myös tarvittavat työkalut komponentin eri osien sitomiseksi toisiinsa, jotta ne saadaan pysymään yhtenä kokonaisuutena. Sitominen tapahtuu aina niin, että osan handle-pisteelle määritellään etäisyys jostakin tasosta. Tämä etäisyys on aina kohtisuora tasoa vastaan ja voi olla 0 tai enemmän. Haluttaessa esimerkiksi tehdä laattaan raudoitus, joka noudattaa laatan mittoja, tulee raudoituksen jokainen handle-piste sitoa kolmeen tasoon, jotta ne saadaan kytketyksi tiettyyn pisteeseen avaruudessa.

Näiden etäisyyksien käsittelemiseksi löytyy custom component editorista variables-ikkuna. Määritellyt etäisyydet löytyvät sieltä. Niiden voidaan antaa pitää se arvo, jonka etäisyys alun perin sai, tai ne voidaan käsin muuttaa joksikin muuksi. Formula-kohdassa voidaan myös käyttää erilaisia matemaattisia funktioita ja loogisia operaattoreita. Kun etäisyyden arvoa muutetaan formula-kohdasta, siirtyy handle-piste suhteessa tasoon, johon se sidottiin.

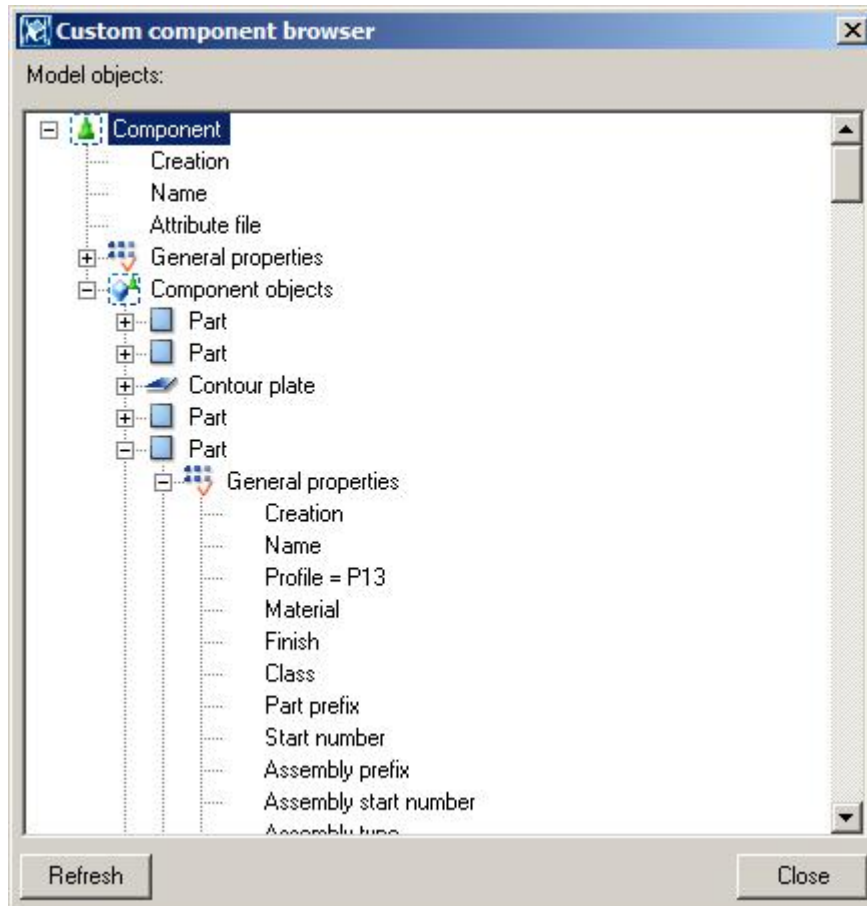
Na...	Formula	Value	Value type	Variable type	Visibility	Label in dialog box
P1	5000.00	5000.00	Length	Parameter	Show	Vapaa aukko
P2	4500.00	4500.00	Length	Parameter	Show	Jalan korkeus
P3	400.00	400.00	Length	Parameter	Show	Laatan paksuus
P4	400	400	Profile	Parameter	Show	Jalan paksuus
P5	15000.00	15000.00	Length	Parameter	Show	Hyötyleveys
P6	=8200+'*'+'*'+P4	8200*400	Profile	Parameter	Hide	Apumuuttuja jalan lev
P7	0.00	0.00	Factor	Parameter	Show	Kaltevuus
P8	400.00	400.00	Length	Parameter	Show	Reunapalkin yläpinne
P9	400.00	400.00	Length	Parameter	Show	Reunapalkin leveys 1
P10	6000.00	6000.00	Length	Parameter	Show	Siiven 3 pituus
P11	6000.00	6000.00	Length	Parameter	Show	Siiven 2 pituus
P12	450.00	450.00	Length	Parameter	Show	Reunapalkin korkeus
P13	=P12+'*'+'*'+P9	450*400	Profile	Parameter	Hide	Apumuuttuja reunapa
P14	700.00	700.00	Length	Parameter	Show	Etäisyys jalan sisäreu
P15	=P17+'*'+'*'+P16	600*2250	Profile	Parameter	Hide	Apumuuttuja perusla
P16	2250.00	2250.00	Length	Parameter	Show	Peruslaatan leveys
P17	600.00	600.00	Length	Parameter	Show	Peruslaatan korkeus
P18	=2000+'*'+'*'+P19	2000*300	Profile	Parameter	Hide	Apumuuttuja reunapa
P19	300.00	300.00	Length	Parameter	Show	Reunapalkin kaulan p
P20	0.00	0.00	Factor	Parameter	Show	Kaltevuus 2
P21	=P23+'*'+'*'+P22	450*400	Profile	Parameter	Hide	Apumuuttuja reunapa
P22	400.00	400.00	Length	Parameter	Show	Reunapalkin leveys 2
P23	450.00	450.00	Length	Parameter	Show	Reunapalkin korkeus
P24	400.00	400.00	Length	Parameter	Show	Reunapalkin yläpinne
P25	300.00	300.00	Length	Parameter	Show	Reunapalkin kaulan p

Kuvio 1: Variables-ikkuna

Toinen tärkeä ominaisuus variables-ikkunassa on uusien parametrien luonti ja muokkaus. Nämä parametrit ovat niitä muuttujia, joiden arvoja valmiin komponentin dialogi-ikkunasta muutetaan. Parametrejä on n. 20 eri tyyppiä, esimerkiksi pituus, kulma, osan profiili tai raudoitustangon paksuus. Näillä parametreillä voidaan määritellä osille ominaisuuksia, ja niitä voidaan käyttää myös määriteltujen etäisyyksien muuttamiseen.

Custom component browser on toinen tärkeä työkalu custom component editorissa. Siitä löytyy kaikki objektit, jotka komponentti sisältää. Jokaiselle objektille siitä löytyy lista mahdollisista parametrisoitavista ominaisuuksista. Esimerkiksi palkin profile-

kohdan arvoksi voidaan määrittää variables-ikkunassa tehty parametri, jonka tyyppi on profile. Tällöin aina kun parametria muutetaan, muuttuvat palkin mitat mallissa.



Kuvio 2: Custom component browser

5 Custom componentin luonti

5.1 Suunnittelu ja rajaukset

Vaikka vinojalkaisen laattakehäsillan geometria onkin yksinkertainen verrattuna moniin muihin siltoihin, siinä on monia asioita, jotka erottavat sen tyypillisistä talorakenteista. Yleisissä talorakenteissa muut kuin suorat kulmat ovat poikkeus, kun taas siltarakenteissa monensuuntaiset kallistukset ja viisteet ovat yleisiä. Parametrisointi tuo vielä lisähaasteita, koska geometrian tulisi toimia monilla erilaisilla kallistusten yhdistelmillä. Tekla Structuresissa tämä talorakenteiden perinne näkyy. Palkkien särmät ovat aina niiden pituus- tai poikkiakselia vastaan kohtisuorat, ja tätä ei voi muuttaa kuin leikkaamalla palkkia ohjelman leikkaustyökaluilla. Tässä sillassa ei kuitenkaan ole yhtäkään osaa, joka olisi täysin suorakulmaisen särmiön muotoinen. Tämän vuoksi heti aluksi lähdettiin rakentamaan komponenttia sellaisella periaatteella, että osista tehdään ylisuuret ja niitä leikkaamalla luodaan tarkempi muoto.

Muutettaviksi parametreiksi valittiin

- hyödyllinen leveys
- vapaa aukko
- kehän jalan korkeus ja paksuus
- kehän laatan paksuus
- peruslaatan mitat
- reunapalkkien mitat
- pituussuuntainen kallistus
- poikkisuuntainen kallistus
- siipien pituudet.

5.2 Jalat ja laatta

Komponenttia lähdettiin muodostamaan luomalla aluksi kehän jalat ja laatta. Kehän jalat päätettiin tehdä palkkiobjekteina laatan sijaan. Laattoja luotaessa niille annetaan jokainen kulmapiste erikseen, jolloin myös laatan jokaiseen nurkkaan tulee handle-piste. Palkille puolestaan annetaan väli, jolle se tehdään ja handle-pisteitä on vain kaksi. Koska jalka on kallistuksessa 2,5:1, olisi kallistus laatan tapauksessa pitänyt tehdä

siirtämällä yläreunan handle-pisteitä, ja koko jalkaa siirtäessä kaikkia neljää.

Palkkiobjektille kallistuskulman voi antaa suoraan palkin asetuksissa ja koko objektia siirrettäessä täytyy siirtää vain kahta handle-pistettä. Tästä on se etu, että palkki pysyy aina oikeassa kaltevuudessa ja sitä tarvitsee vain siirrellä.

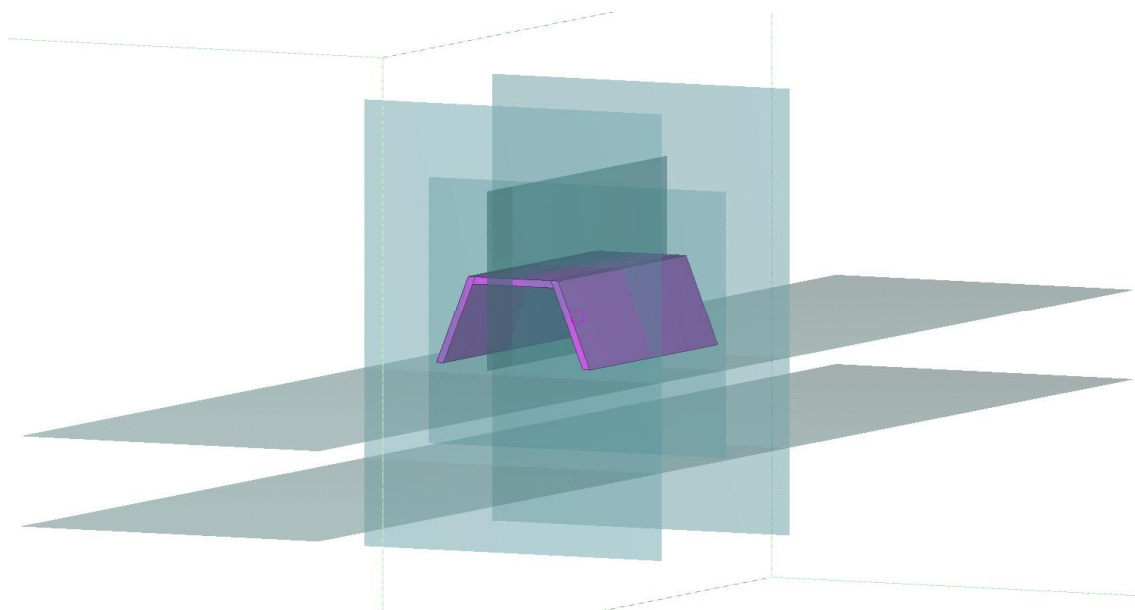
Haluttiin myös, että kun vapaata aukkoa suurentaa, siirtyvät jalat aukon keskikohdan suhteen. Tätä varten aukon keskelle luotiin construction plane, eräänlainen aputaso joka ei ole mallinnettava fyysinen objekti. Tähän tasoon sitten sidottiin jalkojen alareunojen handle-pisteet. Etäisyyksien kaavoissa täytyi luonnollisesti ottaa huomioon jalan korkeus ja kallistus, koska handle-pisteet ovat jalan alareunassa, eivätkä jalan ja laatan leikkauspisteessä, josta vapaa aukko mitataan.

Myös kehän laatta piti sitoa johonkin, että jalan korkeutta voidaan säätää. Tätä varten jalkojen alareunaan tehtiin jälleen construction plane. Sitomalla laatan pisteet tähän tasoon saatiin helposti säädettyä jalan korkeutta siirtämällä laatan alapinta siihen kohtaan, josta jalan korkeus mitataan.

Sillan poikkisuuntainen kallistus päätettiin toteuttaa uuden aputason avulla. Jalkojen alareunassa olevan äsken luodun construction planen alle luotiin uusi vaakasuora taso, joka pysyy aina paikallaan. Sitomalla jalkojen alareunan tason handle-pisteet tähän alla olevaan vaakasuoraan tasoon saatiin etäisyysmuuttujat, joilla voidaan säädellä tason kunkin pään etäisyyttä vaakasuorasta tasosta. Kallistus annetaan yleensä korkeuden muutoksen ja pituuden muutoksen suhdelukuna. Kun tiedettiin tasojen pituudet ja etäisyydet toisistaan, oli helppo muodostaa etäisyysmuuttujille kaavat, jotka nostavat jalkojen alareunassa olevaa tasoa toisesta päästä ja laskevat toisesta päästä kallistaen myös siihen sidottuja kehän jalkoja ja laattaa.

Pituussuuntaisen kallistuksen toteuttamiseen ei enää tarvittu uusia objekteja. Jalat ja laatta olivat jo handle-pisteistään sidotut jalan alareunassa olevaan aputasoon, joten etäisyysmuuttujat olivat olemassa. Jälleen kun tiedettiin laatan leveys, voitiin etäisyysmuuttujien kaavoja muokata niin, että ne nostavat toista jalkaa ja sen puoleista laatan reunaa, kun taas toisen puolen jalka ja laatan reuna laskevat. Näin kannen pinta saadaan haluttuun kaltevuuteen.

Ylipitkät jalat täytyi myös katkaista pituussuunnassa. Tätä varten luotiin kolme pystysuoraa aputasoa. Keskimäinen tasoista pysyy aina paikallaan, ja sen kummallekin puolelle luodut tasot sidottiin siihen niin, että säätämällä sillan leveysparametria ne siirtyvät lähemmäksi tai kauemmaksi keskitasosta. Näihin liikkuviin tasoihin oli helppo puolestaan sitoa jalan leikkausobjektit, jolloin kehän leveys muuttuu niiden siirtyessä.



Kuvio 3: Kehän jalat, laatta ja construction planet

5.3 Reunapalkit

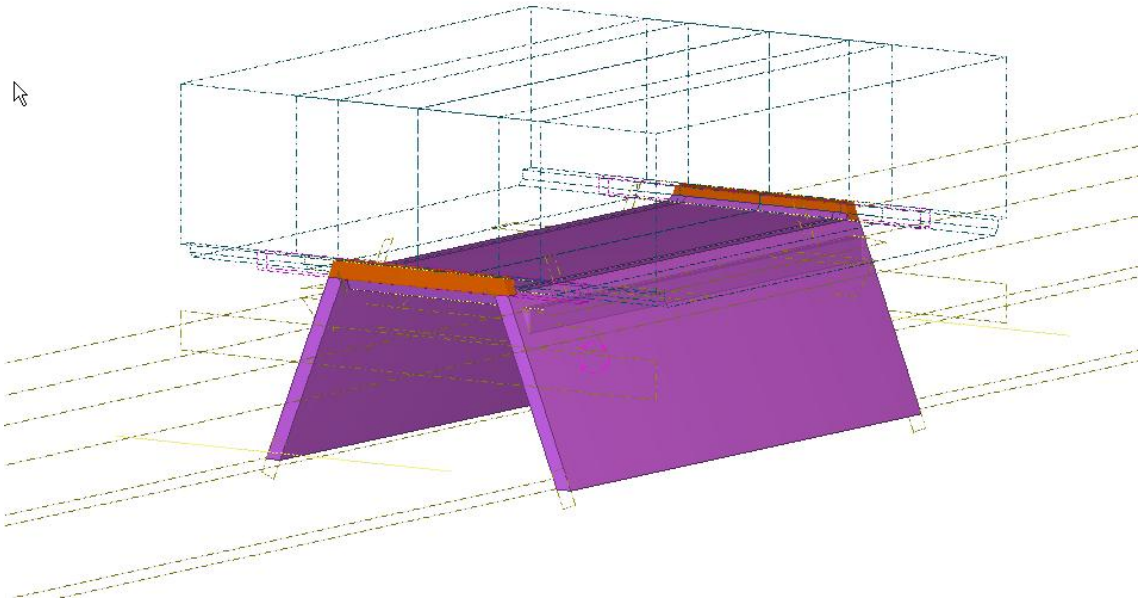
Reunapalkit olivat sillan geometrian mallinnuksen kannalta kaikkein vaikein kohta. Ne ovat samalla kiinni sekä kummassakin kehän jalassa ja siipimuurissa että kehän laattaan. Reunapalkit tehtiin kahdesta eri palkista, joista toinen on varsinainen reunapalkki ja toinen sen 45 asteen kulmassa olevan ”kaula”, joka yhdistää palkin kehän laattaan. Nämä kaksi sidottiin ensin toisiinsa niin, että niitä voi liikuttaa yhtenä kokonaisuutena. Tämä kokonaisuus sidottiin sitten reunapalkin ulkoylempään handle-pisteistä kehän laatan pintaan. Näin saadaan reunapalkki pysymään samassa pituuskaltevuudessa kuin kehän laatta ja lisäksi voidaan säätää reunapalkin kaulan pituutta ja näin sillan reunaa nostamalla kokonaisuutta suhteessa kanteen.

Reunapalkki ja sen kaula piti muotoilla leikkaamalla. Kaulaosa katkaistiin leikkaustasoilla kehän jalan sisäpintaan. Reunapalkki puolestaan leikattiin jalan

ulkopinnan tasoon. Ulkoa päin katsottuna muoto näytti siltä miltä pitikin, mutta reunapalkki oli vielä osittain päällekkäin sekä palkin kaulan että kehän jalan kanssa. Tämän vuoksi ohjelman part cut -työkalua käyttäen leikattiin reunapalkilla kehän jalkoja ja kaulaa. Part cutin handle-pisteet sidottiin reunapalkin pintoihin, jotta reunapalkin mittoja muutettaessa se aina leikkaisi todellisen kokoisen alueen.

Nyt komponenttiin oli luotu kehän jalat ja reunapalkit. Ylisuuret jalat piti kuitenkin vielä muotoilla sopiviksi. Tämä tehtiin käyttämällä polygon cut -työkalua. Sitä käytetään osoittamalla usealla pisteellä sen muotoinen alue, joka halutaan leikata. Tällä työkalulla jalat leikattiin niin, että ne katkeavat reunapalkkien, reunapalkkien kaulojen ja laatan yläpinnan tasoon.

Mallin parametrisuuden vuoksi polygon cutin eli leikattavan alueen pitää muuttaa muotoaan sen mukaan miten rakenneosat liikkuvat. Kaikki handle-pisteet sijaitsevat kahden todellisen tason leikkauspisteessä. Sitomalla kukin handle-piste näihin tasoihin niin, että etäisyys kummastakin on 0 saadaan piste pysymään pintojen leikkauksessa vaikka objektit siirtyisivätkin. Vaikeuksia tuotti se, että siltaa pitää pystyä kallistamaan myös pituussuunnassa ja myös leikkaavan objektin pitäisi pystyä kallistumaan kannen mukana. Polygon cut on periaatteessa kolmiulotteinen, mutta sillä ei voi leikata mielivaltaisia kolmiulotteisia alueita. Sille voidaan määrittää vain vakiona pysyvä kaksiulotteinen poikkileikkaus, ja ainoa tapa kallistaa polygon cutia on kallistaa tätä poikkileikkausta. Sitä varten luotiin aukon keskikohtaan pystysuora taso, joka kallistuu aina niin, että se on laatan pintaa vastaan kohtisuorassa. Polygon cutin poikkileikkauksen handle-pisteet kiinnitettiin tähän luotuun tasoon, jotta kallistus saatiin toimimaan.



Kuvio 4: Reunapalkit ja polygon cutit

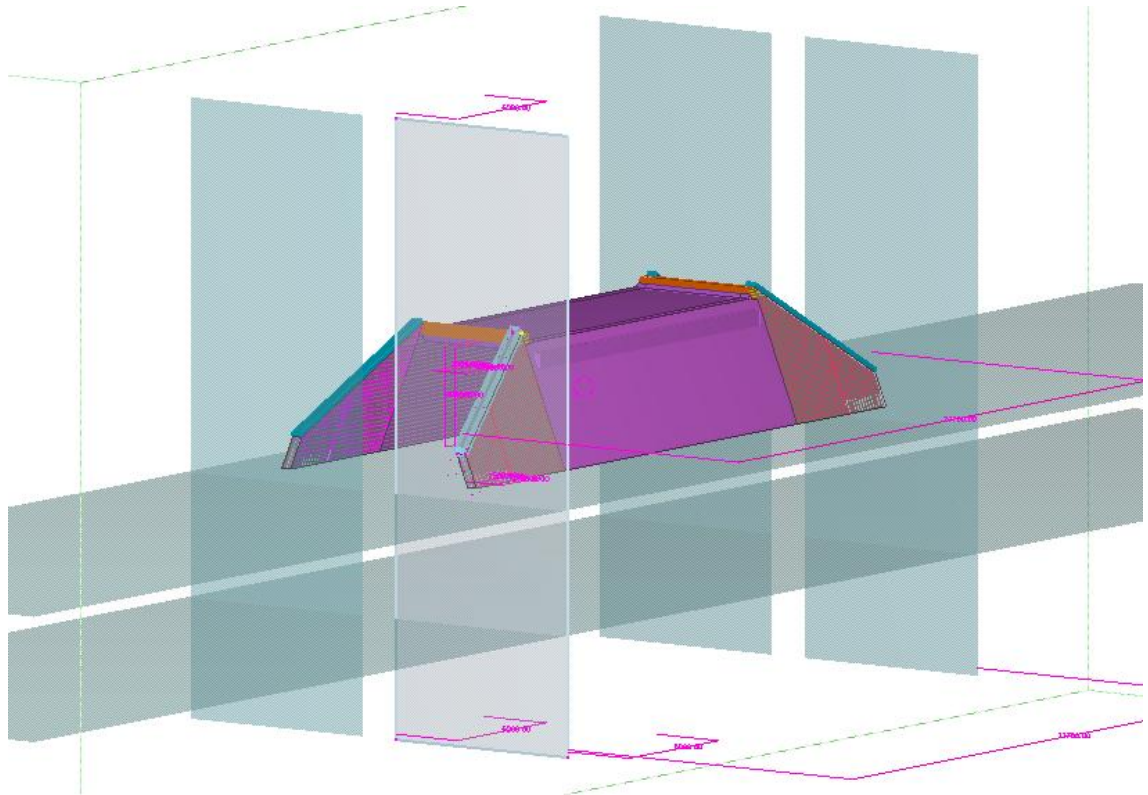
5.4 Siipimuurit

Siipimuureja lähdettiin muotoilemaan ottamalla ensin jaloista kaksi kopiota alkuperäisten päälle. Kehän jalat oli leikattu kummastakin päästä reunapalkin ulkopinnan tasoon. Nyt kopiot leikattiin reunapalkin ulkopintaan niin kuin kehän jalatkin, mutta niin, että ne lähtevät siitä ulospäin. Nyt kehän kummassakin päässä oli kummallakin puolella palkkiobjektit, joita voitiin lähteä muotoilemaan tarkemmin siipimuureiksi.

Siipimuurien pituutta piti saada säädettyä, ja ne piti myös saada liikkumaan sillan hyödyllisen leveyden määrittävän parametrin mukaan. Kehän jalkojen ulkopinnassa oli jo construction plane. Nyt jokaisen siiven päihin luotiin samansuuntaiset construction planet. Sitomalla nämä tasot sillan leveyden mukaan siirtyviin tasoihin saatiin muuttujat, joilla siipien pituudet voitiin määrittellä. Pitkät palkit leikattiin nyt näiden tasojen kohdalta poikki ja leikkausobjektit sidottiin tasojen pintaan. Tuloksena olivat kappaleet, joiden pituutta pystyi nyt parametrisesti säätämään ja joiden pituus pysyi samana riippumatta sillan leveyden määrittävästä parametrasta.

Siipimuurien yläpinnat piti vielä saada viistettyä kaltevuuteen 1:1.5. Jälleen tarvittiin aputasoa. Tällä kertaa otettiin construction planen sijasta käyttöön laattaobjekti, koska

siinä jokaisessa nurkassa on handle-piste, kun construction planeissa niitä on vain kolme. Laattaobjekti luotiin kaltevuuteen 1:1.5, ja sen handle-pisteet sidottiin sivusuunnassa siipimuurin pintoihin. Laatan yläpään handle-pisteet sidottiin reunapalkin ylä- ja ulkopintaan ja alapään handle-pisteet siiven pituuden määräävään tasoon sekä myös reunapalkin yläpintaan. Kun tiedetään siipimuurin pituus, voidaan laskea laatan alapinnan pystysuora etäisyys reunapalkin yläpinnasta, jolla saavutetaan oikea kaltevuus. Pystysuoran etäisyyden muuntaminen kaavaksi osoittautui kuitenkin vaikeammaksi kuin oli kuviteltu. Etäisyysparametrit, joita saadaan, kun sidotaan pisteitä tasoihin, ovat aina kohtisuoria etäisyyksiä sitä tasoa vastaan. Reunapalkki voi kuitenkin olla kalteva, ja lisäksi vielä sillan kaltevuus pituussuunnassa vaikuttaa kaavaan. Toimivan kaavan luomiseksi tarvittiinkin sekä jos-lauseita, että trigonometrisia funktioita.



Kuvio 5: Siipimuurit ja handle-pisteiden sidontoja

5.5 Peruslaatat

Vasta viimeisenä luotiin peruslaatat. Ohjelman omalla anturatyökalulla tehtiin jälleen niin pitkät objektit, että ne voidaan leikata tarvittavaan pituuteen. Korkeustasossa peruslaatat sidottiin jalkojen alareunassa olevaan kallistettavaan tasoon, jolloin toista voidaan laskea ja toista nostaa suhteessa tähän tasoon, kun halutaan kallistaa siltaa

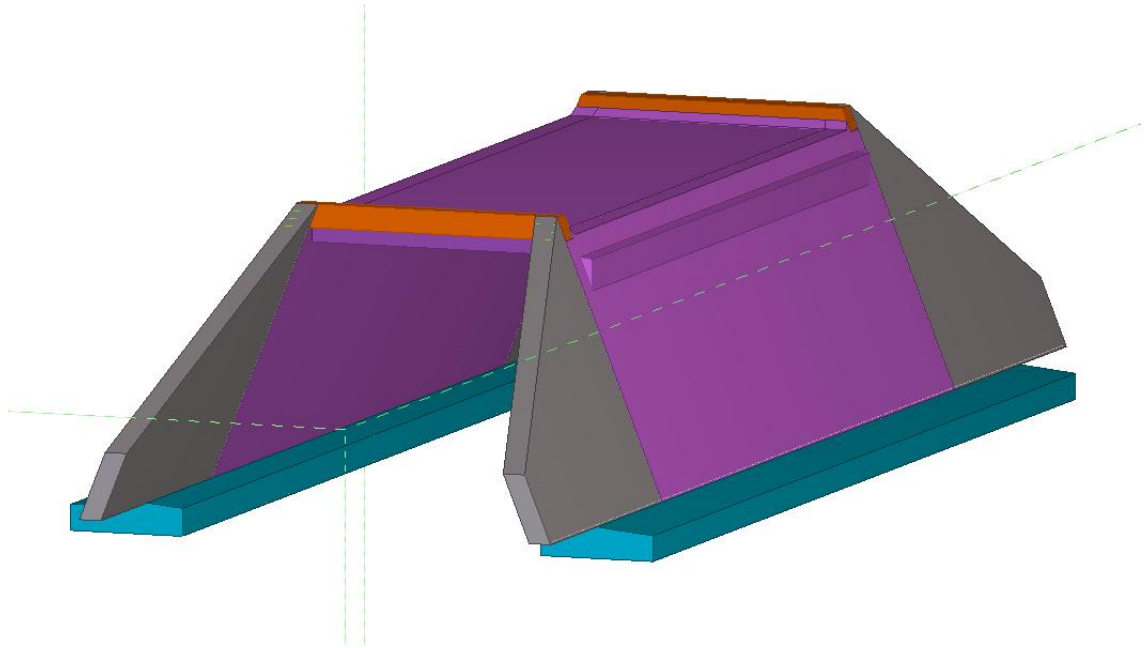
pituussuunnassa. Sillan vapaa aukko on säädettävissä, joten myös peruslaattojen välistä etäisyyttä piti saada muokattua. Tässä suunnassa ne sidottiin aukon keskellä olevaan construction planeen, jolloin ne siirtyvät samalla periaatteella kuin jalatkin muutettaessa vapaan aukon leveyttä.

Peruslaatat katkaistiin leikkaamalla ne 2,5 m:n päähän siiven päästä. Siipien päissä oli valmiina construction planeet, joihin syntyneet leikkausobjektit sidottiin.

Leikkausobjektien etäisyyttä siiven päästä voidaan muuttaa, mutta vakiona se pidettiin 2,5 metrissä.

Peruslaattojen profiili oli yksi muuttuvista parametreista. Anturaobjekteille se määritellään muodossa pituus*leveys. Näistä kahdesta luotiin käyttäjän määrittelemät muuttujat, jotka kolmannella muuttujalla yhdistettiin profiilin nimeksi. Custom component browserista puolestaan muutettiin peruslaattojen profiilin arvo viittaamaan tähän muuttujaan.

Vielä oli tehtävänä peruslaattojen yläpinnan kallistukset 1:10. Niiden luomiseksi käytettiin jälleen polygon cutia, jolla leikattiin poikkileikkaukseltaan kolmion muotoinen kappale peruslaatan yläpinnasta. Syntyneiden leikkausobjektien handle-pisteet sidottiin laatan särmiin, jotta leikkausobjekti mukautuisi laatan leveyden muutoksiin. Säättämällä kolmiopoikkileikkauksen alimman pisteen etäisyyttä laatan pinnasta voidaan kallistusta muuttaa. Määritettävän etäisyyden laskemiseen tarvittiin kuitenkin referenssietäisyys peruslaatan sivureunasta jalan alareunaan ja vasta tämän avulla voitiin etäisyys säätää niin, että kallistuksesta tulee oikea.

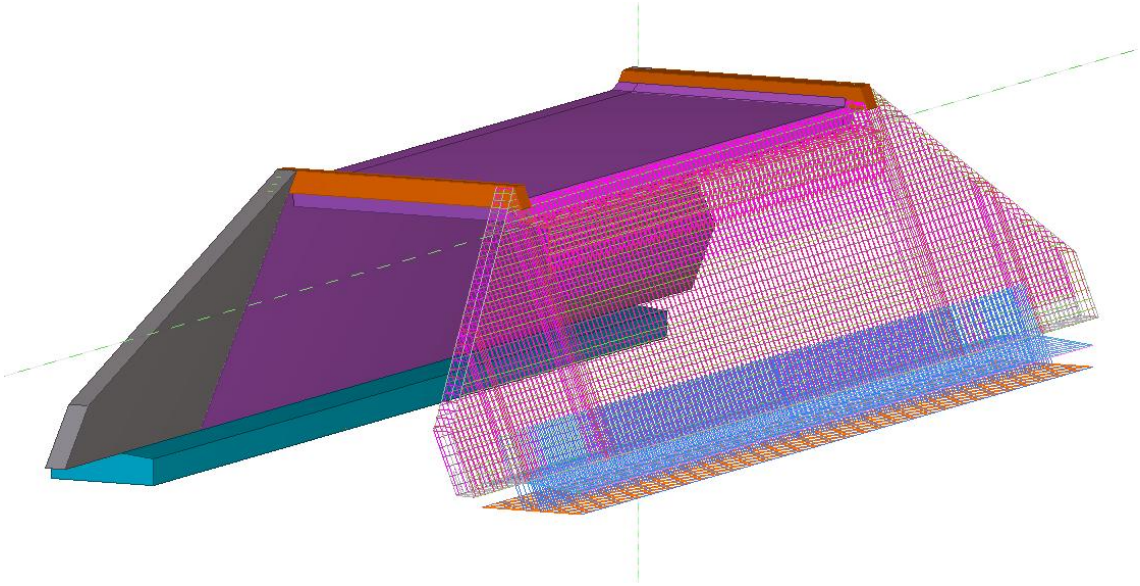


Kuvio 6: Geometrialtaan valmis silta

5.6 Raudoitukset

Kehäsillan geometria oli nyt valmis ja raudoitusten teko voitiin aloittaa. Raudoitteita voidaan luoda Tekla Structuresissa raudoiteryhminä, jotka luodaan osoittamalla mallista teräksen muoto ja sen jälkeen väli joka halutaan raudoittaa. Näiden ryhmien asetuksia kuten teräslaatua, teräksen halkaisijaa ja jakoväliä voidaan muokata ryhmän asetuslomakkeelta. Luseeraavat raudoitukset luodaan osoittamalla tangon muoto ryhmän alussa ja lopussa, jolloin ohjelma automaattisesti interpoloi välissä olevien terästen mitat. Raudoituksia luodessa osoitettuihin pisteisiin syntyvät handle-pisteet, joita voidaan sitoa tasoihin samoin kuin osiakin, jotta raudoiteryhmä mukautuu automaattisesti sillan geometrian muutoksiin.

Raudoitusten luonti aloitettiin peruslaatoista. Sillan raudoituseriaatteet ovat kohtuullisen yksinkertaiset ja yksi raudoituserhmä kattaa yleensä jonkin selkeän alueen sillasta. Tämän vuoksi suurin osa raudoituksista oli helppo luoda, koska handle-pisteille löytyi kolme leikkaavaa pintaa, joiden nurkkapisteeseen ne voitiin sitoa.



Kuvio 7: Sillan raudoituksia

5.7 Osien nimeäminen ja luokittelu

Tekla Structuresissa luotuja osia ja raudoituksia voidaan luokitella ja nimetä eri tavoin. Näitä luokitteluja voidaan käyttää esimerkiksi erilaisten raporttien luonnissa tai mallin näkyvien osien suodatuksessa. Tässä custom componentissa rakenneosille ja raudoituksille annettiin class-numerot.

Rakenneosat	Class	
	Peruslaatat	201
	Siipimuurit	253
	Kehän jalat	250
	Kansi	250
	Reunapalkki	251
Rauditus		
	Peruslaatan yläpinta, poikittainen	515
	Peruslaatan yläpinta, pitkittäinen	516
	Peruslaatan alapinta, poikittainen	517
	Peruslaatan alapinta, pitkittäinen	518
	Peruslaatan tartunnat	504
	Jalkojen sisäpinta, pysty	511
	Jalkojen sisäpinta, vaaka	512
	Jalkojen ulkopinta, pysty	513
	Jalkojen ulkopinta, vaaka	514
	Laatan yläpinta, pitkittäinen	581
	Laatan yläpinta, poikittainen	582
	Laatan alapinta, pitkittäinen	583
	Laatan alapinta, poikittainen	584
	Pieliteräkset	509
	Raunapalkki, pitkittäinen	500
	Raunapalkki, haka	501

Taulukko 1: Komponentin classit

5.8 Asetusikkuna

Custom component editorissa komponentin parametreja muutetaan suoraan variables-ikkunasta. Tämä ikkuna on kuitenkin käytössä vain editorissa ja komponentin parametrien muuttamiseksi mallitilassa sille luodaan .inp -päätteinen tiedosto, jossa annetaan määrittelyt lomakkeelle, joka aukeaa kun komponenttia kaksoisklikataan mallissa. Inp-tiedostossa voidaan lomakkeelle luoda esimerkiksi havainnollistavia kuvia tai tekstikenttiä, jotka linkittyvät komponentin parametreihin sekä määrittää näiden objektien asettelu lomakkeella.

```
page("TeklaStructures","")
{
  macro(1, "Blk II")
  {
    tab_page("", " Päämitat ", 1)
    {
      picture("testi3", 464, 132, 70, 50) /*kuva*/
      parameter("", "P5", distance, number, 345, 25, 60) /*HL*/
      parameter("", "P7", factor, number, 360, 230, 65) /*Kallistus*/
      ...
      ...
    }
  }
}
```

Edellä olevalla kuvauksella luotiin lomakkeelle ensimmäinen välilehti Päämitat. Tälle välilehdelle lisättiin ensin kuva sillasta, jonka koko on 464*132 pikseliä. Luvut 70 ja 50 ovat koordinaatit, jotka määrittävän kuvan sijainnin välilehdellä x- ja y-suunnissa.

Funktiolla `parameter` luotiin tekstikentät, jotka toimivat syötteinä komponentin parametreille P5 ja P7. Näiden parametrien tyypit ovat etäisyys ja kerroin ja syötteen tyyppi on numero. Myös tekstikentille annettiin koordinaatit x- ja y-suunnissa niin, että ne osuvat kuvassa oikeaan paikkaan. Edellä olevan erimerkin tulos on alla olevassa kuvassa merkitty punaisella.

Tekla Structures Blk II (1)

Save Load < ExternalDesign > Save as Help...

ignore other types

Päämitat Reunapalkit ja siivet Position

[15000.]

[0.00]

[400.] [0.00]

[5000.]

[400]

[4500.]

[700.0]

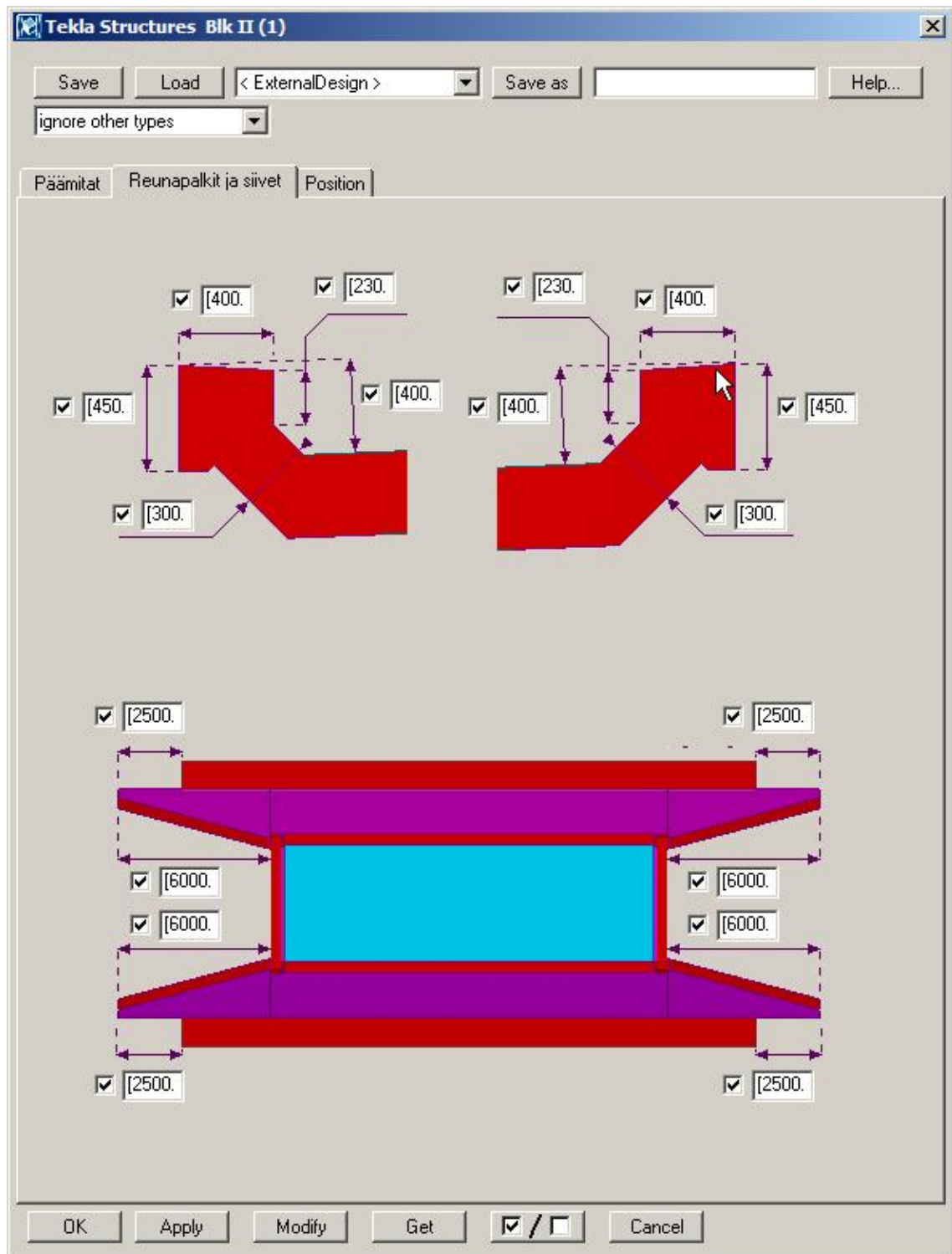
[600.] [2250.]

Siirtymäläaattojen konsolien luonti Yes

OK Apply Modify Get / Cancel

Kuvio 8: Päämittojen asetuslomake

Vastaavasti luotiin muillekin parametreille kentät lomakkeelle sekä kuvia havainnollistamaan niiden vaikutusta malliin. Toiselle välilehdelle siirrettiin reunapalkkien muotoilu ja siipimuurien pituudet.



Kuvio 9: Reunapalkken ja siipien asetuslomake

6 Jatkokehitystarpeet

Tässä opinnäytetyössä on tehty tärkein pohjatyö tulevalle jatkokehitykselle, ja komponentti on jo tällaisenaan hyödyllinen suuressa osassa kohteita. Rajauksia on kuitenkin täytynyt tehdä. Nämä rajaukset vaikuttavat myös kohteiden määrään, joissa komponenttia voidaan sellaisenaan soveltaa. Joissakin tapauksissa komponenttia voidaan käyttää normaalisti ja tehdä sen jälkeen lisäykset käsin. Suuret geometriset muutokset vaativat kuitenkin itse komponentin muokkaamista, jotta sitä voitaisiin hyödyntää. Toistaiseksi komponenttiin ei sisälly

- vinoutta tai muuttuvaa poikkileikkausta
- liikuntasauvoja
- kaiteita
- jalkojen urituksia
- paaluperustuksia tai yhtenäistä laattaperustusta
- pintakäsittelyjä tai vedeneristyksiä
- varusteita tai laitteita.

Sillan varusteista ja laitteista kuten kaiteista, valaisimista ja siirtymälaatoista on tehty custom componentteja, jotka voidaan lisätä malliin käsin. Kontaktitapit ja reunapalkkiin tulevat varausputket voidaan myös lisätä helposti käsin. Tulevaisuudessa nämä voitaisiin ehkä sisällyttää valmiiksi komponenttiin.

Tekla Structures sisältää surface treatment –työkalun, jota mahdollisesti voitaisiin hyödyntää esim. muottikankaan tai impregnoinnin luomisessa pintoihin.

Erilaiset perustustavat, muuttuva poikkileikkaus ja vinous vaatisivat jo suurempia muutoksia komponentin rakenteeseen.

7 Loppusanat

Tämän työn tavoitteena on ollut luoda parametrisoitu custom component kokonaisesta siltatyypistä yksittäisten rakenneosien sijaan mallinnustyön helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi. Parametrien suuren määrän vuoksi kokonaisuuden yhteensovittaminen toimivaksi komponentiksi on ollut erittäin haastavaa, mutta myös opettavaista. Suurin pohjatyö on tehty, mutta myös jatkokehitykselle on jäänyt tilaa.

Siltatoimialalla tietomallinnus on vielä alussa, mutta tulevaisuudessa sen merkitys tulee korostumaan ja alan toimijat ovatkin osoittaneet kiinnostusta kehittää sitä eteenpäin yhteistyössä. Toivottavasti tämän opinnäytetyön myötä ollaan pieni askel lähempänä Älykäs silta -projektissa kuvattua siltojen 3d-toimintaprosessia ja tietomallipohjaista elinkaarihallintaa.

Lähteet

Teräsbetoninen laattakehäsilta (Blk II). Tiehallinto 1999. TIEL 2163446. Helsinki:

Edita Oy.

Heikkilä, Karjalainen, Pulkkinen, Haapa-aho, Jokinen, Oinonen, Jaakkola. 2009.

Siltojen 3D-suunnittelu- ja mittausprosessin kehittäminen ja käyttöönottoaminen (Älykäs silta). Loppuraportti. Tiehallinto, Tiehallinnon selvityksiä 12/2005, ISSN 1459-1553, ISBN 951-803-459-1, TIEH 3200924

Heikkilä, Rauno. 2008. Siltojen tuotemallintamisen ja rakentamisautomaation

kehittäminen (5D-SILTA). Loppuraportti. Tiehallinto, Tiehallinnon selvityksiä 22/2008, ISSN1459-1553, ISBN 978-952-221-049-4, TIEH 2301101-v

Hänninen, Heikkilä, Kivimäki. 2009. Siltojen tuotemallintamisen ja

rakentamisautomaation kehittäminen. (5D-SILTA), Tiesiltojen mallinnuksessa käytettävien 3d-komponenttien kirjaston luominen (custom components).

Loppuraportti. Oulu, Oulun yliopisto, Rakentamisteknologian tutkimusryhmä.

Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet. Tiehallinto 2008. Verkkojulkaisu [pdf], ISBN

987-952-221-035-7, TIEH 210000-v-08.

Järvinen, Vesa. 2007. RTEK-3610 Sillanrakennuksen perusteet. Oppimateriaali.

Tampereen teknillinen yliopisto.

Sillat 1.1.2008, Tiehallinnon sillaston rakenne, palvelutaso ja kunto. Tiehallinto,

Keskushallinto. Helsinki. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 55/2008. ISSN 1459-1561, TIEH 4000653-v.

Heikkilä, Rauno. 2008. Siltojen elinkaaren hallinnan kehittäminen tuotemallintamisen ja

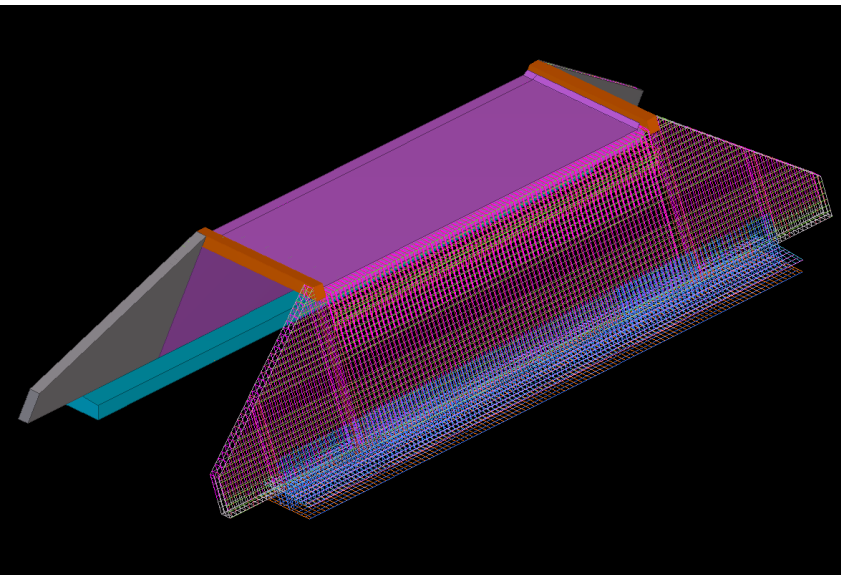
rakentamisautomaation avulla (5D-SILTA2). Projektisuunnitelma.

Käyttöohje:

TS Custom component

Teräsbetoninen vinojalkainen

laattakehäsilta (Blk II)



5.12.2009

A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Silta- ja taitorakenteet

Jarkko Savolainen

Komponentin tarkoitus

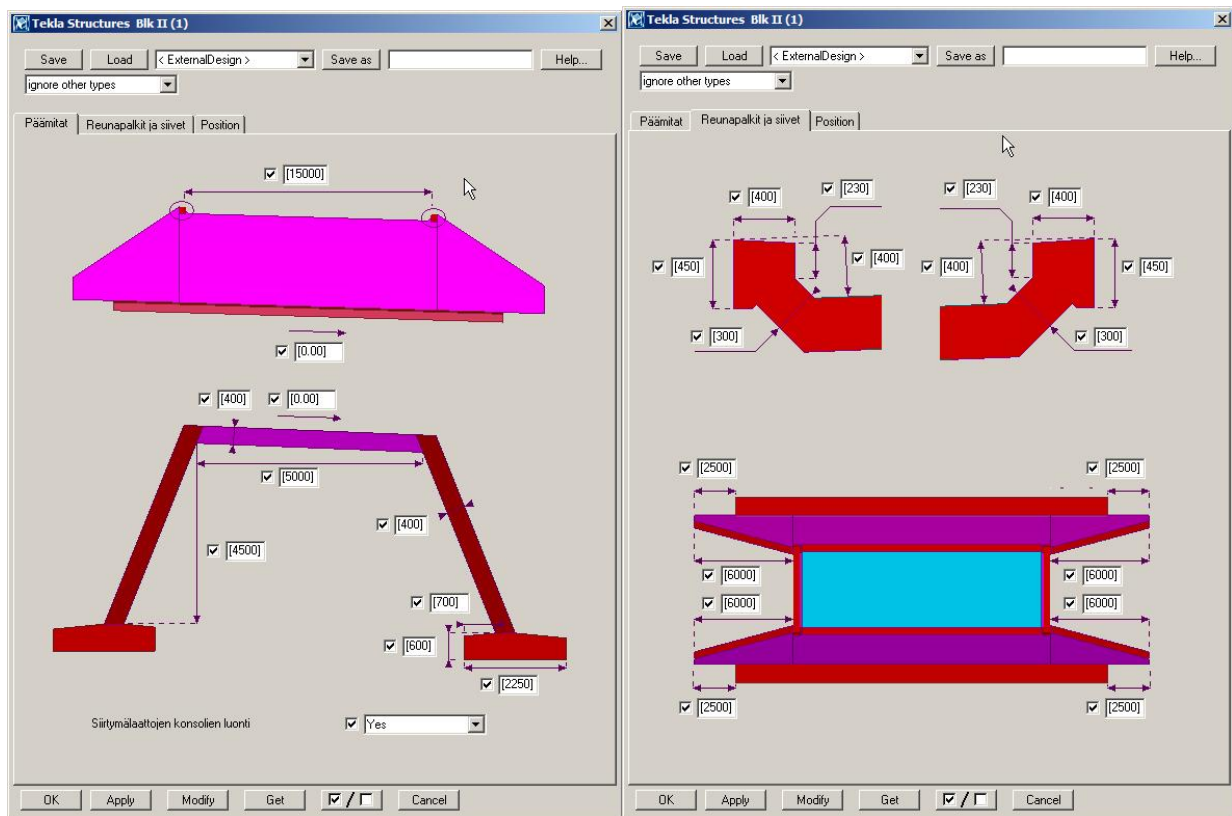
Tavoitteena oli luoda Tiehallinnon tyyppiirustussarjan mukaisesta teräsbetonisesta vinojalkaisesta laattakehä-sillasta parametrinen custom component. Komponentti sisältää kaikki sillan betoniosat ja raudoitukset. Parametrisoituja asioita ovat

- hyödyllinen leveys
- vapaa aukko
- kehän jalan korkeus ja paksuus
- kehän laatan paksuus
- peruslaatan mitat
- reunapalkkien mitat
- pituussuuntainen kallistus
- poikkisuuntainen kallistus
- siipien pituudet

Komponentin käyttö

Komponentti tuodaan malliin klikkaamalla component catalogissa hiiren oikealla näppäimellä ja valitsemalla "import" ja osoittamalla tiedosto aukeavalta dialogilta. Tämän jälkeen se löytyy catalogista nimellä Blk_II.

Komponentti luodaan osoittamalla mallista kaksi pistettä. Nämä kaksi pistettä määräävät komponentin suunnan, mutta eivät kallistusta tai sillan leveyttä. Komponentti voidaan siirtää haluttuun kohtaan normaalisti move-käskyllä. Tuplaklikkaamalla luotua komponenttia avautuu asetusdialogi, josta parametreja voidaan muuttaa.



Asetusdialogilla mittojen yksikkö on millimetri ja kallistuskulma annetaan prosentteina esim. 0.03.

Raudoitusten asetukset kannattaa tehdä, vasta kun komponentin geometria on halutunlainen. Raudoitusten asetuksia ei ole lisätty komponentin dialogille, mutta niitä voidaan muuttaa valitsemalla "select objects in components" jolloin raudoitusryhmää tuplaklikkaamalla avautuu sen normaali asetussarja, josta tarvittavat asetukset voi muuttaa. Raudoitusryhmät on luotu niin, että jokainen niistä vastaa yhtä positiota tyyppiinrakennussarjassa.

Numerointi

Komponentin objekteille on annettu classit, joiden mukaan mallia voidaan suodattaa.

Rakenneosat	Class
Peruslaatat	201
Siipimuurit	253
Kehän jalat	250
Kansi	250
Reunapalkki	251

Raudoitus

Peruslaatan yläpinta, poikittainen	515
Peruslaatan yläpinta, pitkittäinen	516
Peruslaatan alapinta, poikittainen	517
Peruslaatan alapinta, pitkittäinen	518
Peruslaatan tartunnat	504
Jalkojen sisäpinta, pysty	511
Jalkojen sisäpinta, vaaka	512
Jalkojen ulkopinta, pysty	513
Jalkojen ulkopinta, vaaka	514
Laatan yläpinta, pitkittäinen	581
Laatan yläpinta, poikittainen	582
Laatan alapinta, pitkittäinen	583
Laatan alapinta, poikittainen	584
Pieliteräkset	509
Raunapalkki, pitkittäinen	500
Raunapalkki, haka	501

Huomioitavaa

Komponentti ei sisällä

- työteräksiä
- varusteita ja laitteita
- liikuntasauvoja
- vaihtoehtoisia perustamistapoja
- pintakäsittelyjä tai vedeneristystä
- uritusta
- vinoutta tai muuttuvaa poikkileikkausta.

Muutettaessa sillan poikkisuuntaista kallistusta tai siipien pituutta raudoitusten asetusten määrittämisen jälkeen kannattaa tarkistaa, että kehän jalan pitkittäisten terästen asetukset ovat säilyneet halutunlaisina.

Säädettäessä raudoitusten suojaetäisyyksiä kallistetuista pinnoista kannattaa ottaa huomioon, että annettava arvo on handlepisteiden välin suunnassa eikä välttämättä kohtisuoraan pintaa vasten.

Komponentti ei automaattisesti katko raudoituksia 12 tai 16 metrin kohdalta, joten näitä pidempien terästen katkaisu ja jatkokset täytyy tehdä käsin.