

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka

Tutkintotyö

Ville Jokela

**TERÄSRAKENTEISEN HALLIN RAKENNESUUNNITTELU
JA MALLINNUS**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2006

rakennusinsinööri Risto Lilja
SuunnitteluKortes Oy, valvojana rakennusinsinööri Pasi Hamppula

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

Rakennesuunnittelu

Jokela, Ville

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Lokakuu 2006

Hakusanat

Teräsrakenteisen hallin rakennesuunnittelu ja mallinnus

17 sivua + 0 liitesivua + 1 Cd-rom liitteenä

rakennusinsinööri Risto Lilja

SuunnitteluKortes Oy, valvojana rakennusinsinööri Pasi Hamppula

teräsrakenne, halli, suunnittelu, mallinnus

TIIVISTELMÄ

Suomen kansallinen teräsrakenteiden mitoitusjärjestelmä on siirtymävaiheessa aikaisemmin vallinneesta RakMk B7:stä yleiseurooppalaiseen teräsrakennnormiin Eurocode 3:een. Samanaikaisesti suunnitteluun varattu aika tiukkenee normiston monimutkaistumisesta huolimatta. Tällöin tarvitaan automaatiota laskennan ja konepajakuvien tuottamisen nopeuttamiseksi. PC-pohjaiset ohjelmat altistavat vaarallisille virheille, mikäli käyttäjä ei hallitse vallitsevan mitoituksen perusteita.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa teräsrakenteisen kehäristikkohallin rakennesuunnitelmat, TS-malli, asennus- ja konepajakuvat sekä materiaali- ja piirustusluettelot. Tämän perimmäisenä ajatuksena oli opettaa tekijälleen perusteräsrakenteisen hallin mitoitusta ja mallinnusta.

Kuormitukset kerättiin RIL201-1999:n avulla. Kehäristikon voimasuureet ja taipumat ratkaistiin Win-stat-ohjelmalla. Käsinlaskenta tehtiin Eurocode 3:n normin mukaisesti laskentaa varten tehtyjen Excel-sokellusten avulla. Kantavien teräsrakenteiden mitoitusta suoritettiin osittain myös PUPAX- ja DOFteräs-ohjelmilla ja Rautaruukin putkipalkkikäsi- ja mitoitustaulukoilla. Valmiista hallista tuotettiin yksittäisiä konepajakuvia AUTOCAD-ohjelmalla. Hallin 3D-malli tehtiin TEKLA Structures 11.2 -ohjelmalla. Mallista saatiin asennus- ja konepajakuvat. Mitoitus ja tuotetut kuvat ovat liitteitä tässä raportissa. Liitteen suuren sivulukumäärän takia ne siirrettiin Cd-romille.

Oppilaitokselle työ jää harjoitustyöesimerkiksi teräsrakenteiden jatkokurssille. SuunnitteluKortes Oy:lle hyöty tulee oppineemman työntekijän välityksellä. Tekijä jatkaa mitoitusta tutkintotyön valmistuttua. Samoin tekijä jatkaa työhön käytettyjen Excel-sovellusten muokkaamista, jotta niillä voisi käsitellä laajempiakin profiili- ja tapausvaihtoehtoja.

TAMPERE POLYTECHNIC

Construction Technology

Building Construction

Jokela, Ville

Structural calculation and modeling of steel constructed hall.

Engineering Thesis

17 pages + 0 appendices pages + 1 Cd-rom.

Thesis Supervisor

Risto Lilja (B.Eng)

Commissioning Company

SuunnitteluKortes Ltd., Supervisor: Pasi Hamppula (B.Eng)

October 2006

Keywords

Steelconstruct, hall, design, model

ABSTRACT

As the standard for steel strength calculations are shifting from the old national B7 to the more complex Eurocode 3, time reserved for designers is being cut shorter. Computer programs are been utilized for faster and more automatized design. However, these automatized systems are dangerous tools unless their users understand the principles behind the calculations.

The purpose of this thesis is to produce strength calculations, a 3d-model, assembly- and workshop drawings from a steel based hall, as well as material-, and drawing lists. The primary goal for this thesis is to teach its maker in the arts of steel based halls strength calculation and modeling.

The loads for the hall are been gathered from RIL201-1999. The steel members and the connection forces and the deflections are solved with Win-stat -program. The structures strength calculations are done by hand, with the help of selfmade Excel applications. Some of the secondary structures are been calculated with PUPAX, DOFteräs -programs and calculation tables from Rautaruukki's putkipalkkikäsikirja -handbook. The hall has been modeled with TEKLA Structures -program. All the assembly and the workshop drawings are produced from this model as well as material- and drawing lists. The calculations, the model and the pictures are appendices on this thesis. Because there is a lot of appendices, these are been put into a CD-rom.

The thesis remains in the use of Tampere Polytechnics for an example solution in the course of advanced steel structures. SuunnitteluKortes Ltd. company benefits in the way of a more educated designer. The author of this thesis will continue to modify his Excel applications for a more broader use.

ALKUSANAT

Tämä päättötyö alkoi teräsrakenteiden jatkokurssin harjoitustyöstä. Aloin tehdä harjoitustyötä mahdollisimman perusteellisesti ja huomattavasti laajemmin, kuin harjoitus edellytti. Tarkoitukseni oli tehdä itselleni työelämään soveltuva esimerkkiratkaisu. Teräsrakenteiden jatkokurssia ohjaava opettaja Risto Lilja kiinnostui työstä kurssiin soveltuvana oppaana. Siirryttyäni SuunnitteluKortes Oy:n palvelukseen teräsrakennesuunnittelijaksi ja mallintajaksi aloin mallintaa harjoitustyön hallia. Ehdotin opettaja Risto Liljalle päättötyökseäni valmista pidennettyä harjoitustyötä ja teräsrakennemallia sekä mallista saatavia konepaja- ja asennuskuvia. Päättötyötä valvova opettaja Risto Lilja hyväksyi nämä osaksi päättötyötäni. Harjoitustyöesimerkki, malli, asennus- ja konepajakuvat ovat tämän päättötyön liitteenä. Niitä olisi noin 300 sivua, joten ne ovat työn ohessa olevalla Cd-rom-levyllä. Käytännössä nämä liitteet ovat päättötyön tulosta, joten tässä dokumentissa esitellään lopputulokseen johtaneita ratkaisumalleja sekä työvaiheita.

Ville Jokela

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	6
2	RAKENTEIDEN MITOITUS.....	7
2.1	Taustoja	7
2.2	Lähtötiedot.....	7
2.3	Työn alku.....	7
2.4	Yläpohjarakenne.....	8
2.5	Ulkoseinä rakenne	8
2.6	Kehäristikkohallin mitoitus poikkisuunnassa.....	9
2.7	Kehäristikkohallin mitoitus pituussuunnassa	12
2.8	Päätykehän mitoitus.....	12
3	HALLIN MALLINNUS.....	13
3.1	Lähtötiedot.....	13
3.2	Työn välineet	13
3.3	Hallin 3d-malli.....	13
3.4	Konepajapiirustukset	13
3.5	Asennuspiirustukset.....	13
3.6	Luettelot.....	13
4	TULOKSET	14
4.1	Yläpohja	14
4.2	Ulkoseinä	14
4.3	Hallin rakenne poikkisuunnassa	14
4.4	Hallin rakenne pituussuunnassa	15
4.5	Päätykehän rakenne	15
4.6	Hallin 3D-malli.....	16
4.7	Piirustukset ja luettelot	16
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	16
	LÄHTEET	17
	LIITTEET.....	17

1 JOHDANTO

Tutkintotyön tavoitteena oli tuottaa esimerkkilaskenta Tampereen ammattikorkeakoulun teräsrakenteiden jatkokurssille (liitteet 2, 3), 3d-malli mitoitetusta hallista TEKLA Structures -ohjelmalla (liite 4), rakennuksen piirustukset (liite 5) sekä siihen liittyvät materiaali- ja piirustuslistat (liite 6). Tekijälle hyöty tuli teräsrakenteiden mitoituksen syvällisemmästä ymmärtämisestä sekä mallinnuksen kautta hallin tuotantoon tarvittavien piirustusten tuottamiseen tarvittavasta osaamisesta. Mallinnuksessa opastava yritys hyötyi työntekijänsä opiskellessa mitoitusta ja yrityksessä mallinnusohjelmaa.

Mitoitus tehtiin Eurocode 3:lla teräsrakenteiden jatkokurssin harjoitustyön vaatimaan laajuuteen (liite 1). Laskentaan tarvittavat kuormitukset kerättiin teräs Cd-romilla olevalta RIL201-1999-kuormitusohjeista. /1/. Mitoitettava kehäristikko mallinnettiin Win-stat -ohjelmalla, ja siitä saatiin sauvojen voimasuureet sekä solmupisteiden siirtymät ensimmäisen kertaluvun mukaan (liite 2). Käsillä mitoitettavaksi vaaditut rakenteet mitoitettiin näiden arvojen, teräs-Cd-romin sisältämien mitoitusohjeiden, Rautaruukin putkipalkkikäsikirjan taulukoiden ja opettaja Liljan ohjeiden avulla (liite 3). /1, 2, 3/ Hallin sekundääristen rakenteiden mitoitus suoritettiin PUPAX- ja DOFteräs-ohjelmilla sekä Rautaruukin putkipalkkikäsikirjan taulukoiden avulla (liite 3). /1, 2, 3/ Hallin 3d-malli tehtiin laskennasta saatujen profiilikokojen pohjalta (liite 4). Mallin tuottamiseen käytettiin TEKLA Structures 11.2.2 -ohjelmaa. Tästä mallista tuotettiin halliin tarvittavat asennuskuvat ja konepajakuvat (liite 5) sekä materiaali- ja piirustusluettelot (liite 6).

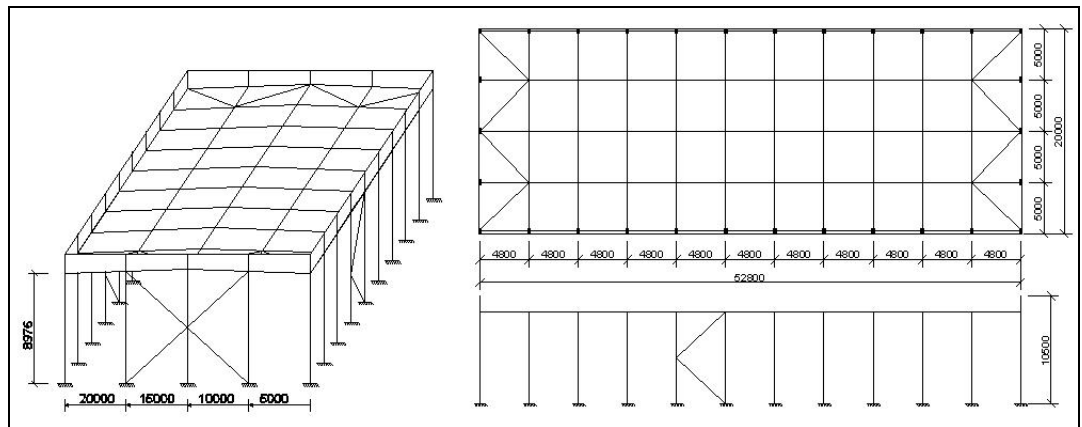
2 RAKENTEIDEN MITOITUS

2.1 Taustoja

Työ alkoi opiskelun neljäntenä vuotena pidetystä talonrakennussuuntautumisvaihtoehdon pakollisesta opettaja Risto Liljan ohjaamasta teräsrakenteiden jatkokurssista ja siihen liittyvästä harjoitustyöstä. Harjoitustyönä oli mitoittaa teräsrakenteinen halli kullekin oppilaalle yksilöllisesti annettujen mittojen ja rakenneratkaisujen mukaan (liite 1). Mitoitus tuli suorittaa Eurocode 3:n mukaan. Tästä mitoituksesta saatujen profiilien avulla hallista tuli piirtää yhden tuulisiteellisen pääpilarin konepajapiirustukset. Konepajapiirustuksiin sisältyivät pääpilarin profiilipiirustus, pääpilariin liitettävien levyjen piirustukset sekä kokoonpanopiirustus (liite 3).

2.2 Lähtötiedot

Tässä päättötyössä tehtäväksi tuli ratkaista 20 metrin jännevälimillä jäykästi kiinnitetty, 4,8 metrin harjansuuntaisella moduulivälillä kuormitettu, jäykkä perustuksellinen kehäristikkohalli (kuva 1) (liite 1).



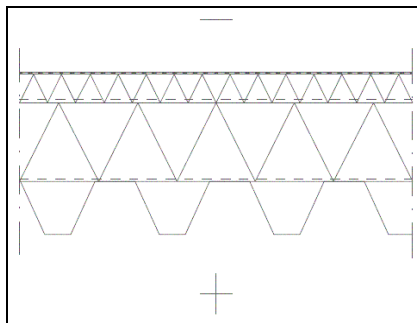
Kuva 1 Mitoitettava rakenne

2.3 Työn alku

Rakenteiden mitoitus ja rakenneratkaisujen tarkentaminen aloitettiin teräsrakenteiden jatkokurssilla opettaja Risto Liljan opastuksessa ja valvonnassa /3/. Oppikirjana oli Tampereen ammattikorkeakoulun tuottama teräs-Cd-rom /1/. Mitoituksen ja rakenneratkaisujen valinnan apuna käytettiin teräs-Cd-romin lisäksi Rautaruukin putkipalkki-käsikirjaa /2/.

2.4 Yläpohjarakenne

Yläpohjarakenteeksi valittiin lähtötietojen rajaamana kantavapaimulevy, höyrösulku, lämmöneriste ja kumibitumikate (kuva 2). Yläpohjaa kantavaa poimulevyä kuormittivat yläpohjan rakennepaino ja lumikuorma. Poimulevy mitoitettiin 3-aukkoisena, kaapeampi tukipinta ristikköä vasten. 3-aukkoisuus pienentää kenttämomenteja ja siten kentissä aiheutuvia taipumia. Tämä mahdollistaa kevyemmän kantavan rakenteen (liite 3). /1, 3/

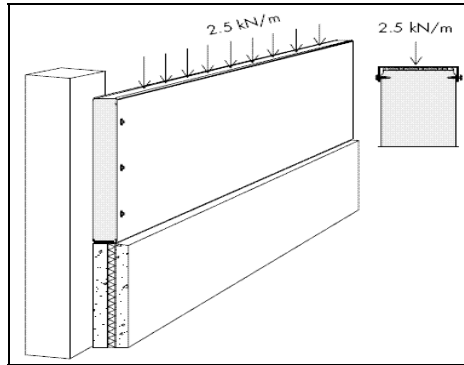


Kuva 2 Yläpohjarakenne

Taipumaraja käyttörajatilassa saatiin Eurocode 3:sta $L/160$. Mitoitettaessa Rannilan taulukoilla käytettiin lähintä vaativampaa rajaa $L/200$. Poimulevyn valintakriteereinä oli rakenteellinen toimivuus, materiaalikustannukset ja asennettavuus. Poimulevyn kantavuuden lisäksi yläpohjan rakenneratkaisua rajoitti Suomen rakentamismääräyskokoelman C3:n lämmöneristysvaatimus. /1/

2.5 Ulkoseinä rakenne

Ulkoseinäelementiksi valittiin lähtötietojen ohjeistama Rannila Panel 3Lock (liite 1). Seinäelementtiä kuormitti tuulenpaine ja siitä aiheutuneet paine-erot rakennuksen sisätilan ja ulkotilan välillä. Seinäelementin kestävyys lisäksi ulkoseinän rakenneratkaisua rajoitti Suomen rakentamismääräyskokoelman C3:n lämmöneristysvaatimus. Seinäelementit mitoitettiin yksiaukkoisina. Jännevälina käytettiin 5 000 mm ja tukileveytenä 60 mm. Mitoituskriteereinä olivat taipuma- ja tukireaktiokapasiteetti. Mitoitus suoritettiin Rannilan omilla taulukoilla. Alimmalle seinäelementille kertyi yli $2,5\text{kN/m}$ viivakuorma (kuva 3), joten seinäelementtien kiinnitykset valittiin elementtejä kannatteleviksi. Kiinnikkeet mitoitettiin ylipaineiselle rakennuksen ulkopuolisen tuulen vetäville voimalle. /1, 3/

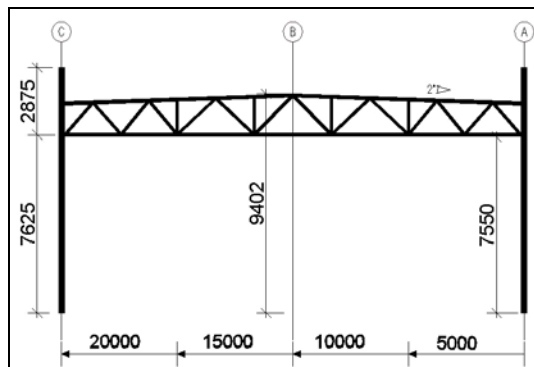


Kuva 3 Seinäelementin asennusrajoitus

2.6 Kehäristikkohallin mitoitus poikkisuunnassa

Rakennemalli

Kehä-ristikon rakennemalli on tehtävänannon mukaisesti symmetrinen pilari-harjaristikkokehä. Ristikko on jäykästi kiinnitetty pääpilareihin (liite 1). Pääpilarit on jäykästi kiinnitettyjä perustuksiin. Ristikon jänneväli on 20 m ja kuormitusleveys 4,8 m (kuva 4).



Kuva 4 Kehäristikon rakennemalli

Kuormitus

Kehäristikon pääpilaria mitoittaa tuulikuorma 1-aukkoisen ulkoseinäelementin välityksellä. Ristikkoa mitoittaa yläpohjan rakennepaino, lumi- ja tuulikuorma 3-aukkoisen poimulevyn välityksellä. Kehäristikoiden lukumäärä ei ole 3-aukkoisesti jaollinen. Hallin toiseen pätyyn laitettiin 2-aukkoinen poimulevy. Tämä hyperstaattinen rakenne aiheuttaisi keskimmaiselle kehäristikolle 1,2-kertaisen kuormituksen 1-aukkoiseen ratkaisuun verrattuna. Tästä syystä katon välityksellä tulevia kuormia on korotettu hyperstaattisuuskertoimella 1,2. Kuormitukset yhdisteltiin eri kuormitusyhdistelmiksi (liite 3, C 1.5.1). /1/

Profiilikoot alustavasti

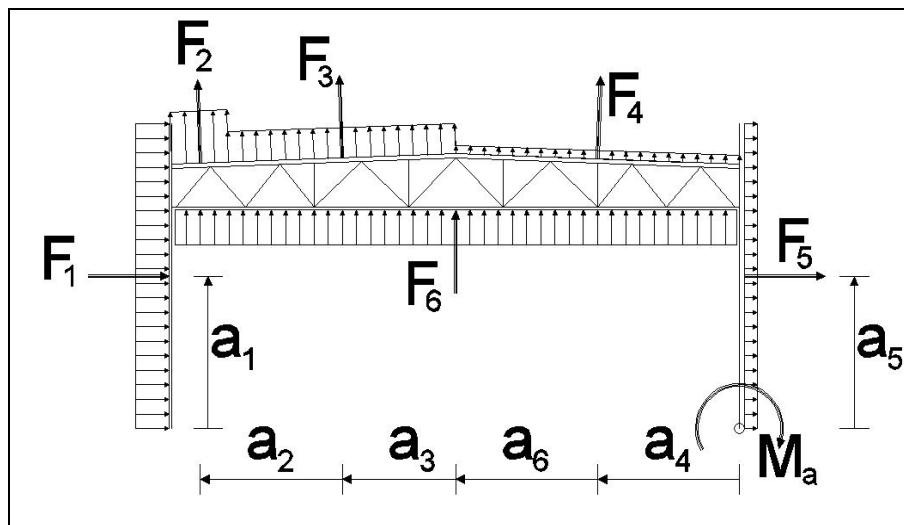
Ristikon yläpaarten ja ensimmäisen diagonaalin profiilikoot laskettiin alustavasti.

Kuormitukset kestävät profiilikoot saatiin putkipalkkikäsikirjasta (liite 3, C 1.6). /2/

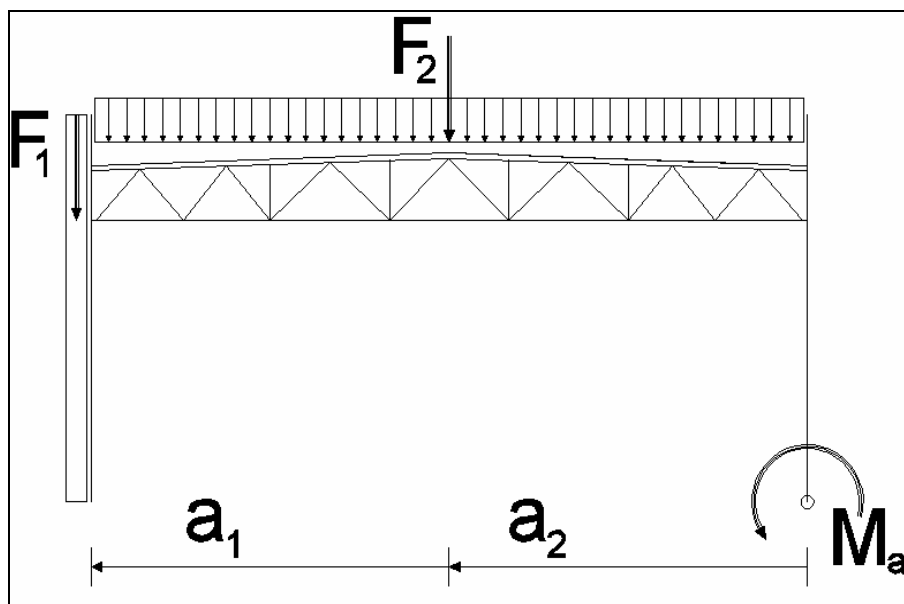
Kaatuminen ja liukuminen

Kehää kaatavia voimia (kuva 5) verrattiin kehää stabiloiviin voimiin (kuva 6). Hallia

liu'uttavat voimat laskettiin peruspulttien leikkausvoimaksi (liite 3, C 2.1). /1/



Kuva 5 Hallia kaatavat ja liu'uttavat voimat



Kuva 6 Kehää stabiloivat voimat

Win-stat-malli

Ristikon rakenne mallinnettiin Win-stat-ohjelmaan opettaja Risto Liljan arvioimien profiilien pohjalta /3/. Ristikon sauvojen voimasuureet sekä solmupisteiden siirtymät laskettiin Win-stat-ohjelmalla. Laskennan tarkennuttua mallia päivitettiin lasketuilla profiileilla. Voimasuureet sekä taipumat laskettiin päivitetystä mallista uudestaan. Todellisuudessa pääpilarit on jatkettu hitsatuilla levyillä eli ”puukoilla”. Näiden taivutusvastus on laskettu Steinerin sääntöä soveltaen. Rautaruukin putkipalkkikäsikirjasta saatiin arvoja vastaavat putkiprofiilit. Nämä putkiprofiilit laitettiin Win-stat-malliin taipumalaskentaa varten (liite 2). /2/

KRT raja-arvot

Win-stat-ohjelmasta saatuja taipuma-arvoja verrattiin teräs-Cd-romilta saatuihin raja-arvoihin (liite 3, C 3.1) /1/.

Sivusiirtyvyys

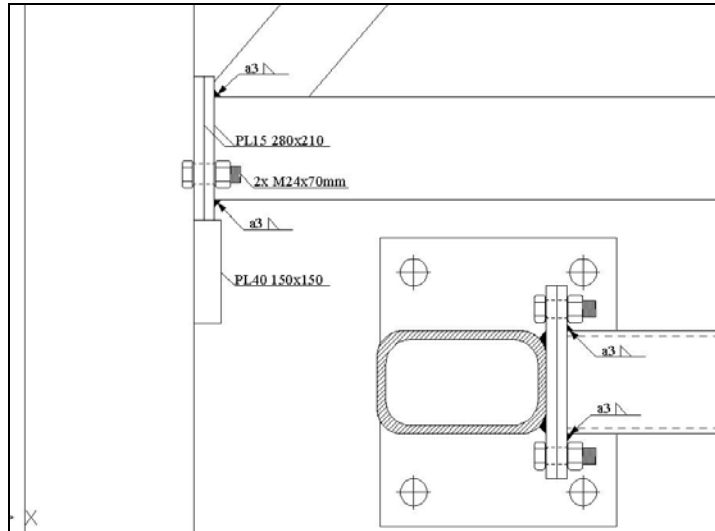
Kehäristikon sivusiirtyvyystarkastelusta selvitettiin siirtyvyydestä aiheutuva pääpilarien momentinkorotuskerroin ja vaikutus pääpilarien nurjahduspituuteen (liite 3, C 4.1.1). /1/

Ristikon sauvat

Ristikon sauvat tutkittiin Win-stat-ohjelman antamien kuormitusten mukaan. Sauvat jakautuvat vedettyihin ja puristettuihin sekä sauvoihin, joihin vaikuttaa sekä aksiaalinen että taivuttava kuormitus (liite 3, C 4.1.3). /1/

Liitokset

Pääpilarin liitoksessa perustuksiin laskettiin pohjalevyn tarvitseman paksuuden, pulttien vetokestävyyden normaalikäytössä ja peruspultit nurjahdukselle työnaikaisilla kuormilla. Ristikkoa kannattelevasta liitoksesta laskettiin päätylevyn paksuus ja sen hitsauksien kestävyys (kuva 7) (liite 3, C 4.1.4). /1/



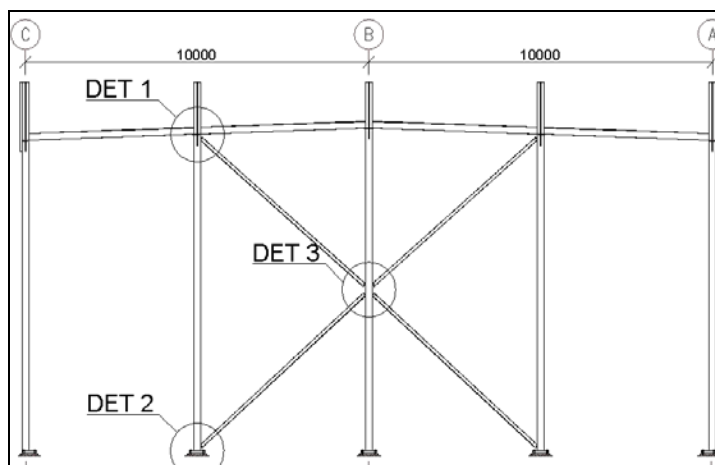
Kuva 7 Pääpilarin ja ristikon liitos

2.7 Kehäristikkohallin mitoitus pituussuunnassa

Hallin pituussuunnassa sitä kuormittavat tuuli sekä pääpilarien mahdollinen samansuuntainen epäsuoruus. Hallin jäykistykseen laskettiin tarvittavat tuulisiteet ja -orret liitoksineen (liite 3, D 4.1). /1, 2, 3/

2.8 Päätykehän mitoitus

Harjoitustyön tehtävänannon mukaisesti päätykehää ei tarkasteltu mitoituksellisesti ristikkokehän tarkkuudella. Päätykehästä tehtiin kuitenkin rakennemalli (kuva 8). Opettajan antamat esimerkkiprofiilien kestävyudet tarkastettiin PUPAX- ja DOFteräs - ohjelmilla (liite 3). /2, 3/



Kuva 8 Päätykehän rakennemalli

3 HALLIN MALLINNUS

3.1 Lähtötiedot

Profiilikoot ja rakennemitat saatiin harjoitustyön laskentatuloksista (liite 3).

3.2 Työn välineet

Hallin malli luotiin TEKLA Structures 11.2.2 teräs -versiolla. Työasemana käytettiin Sonyn VAIO PCG-GRT896HP:ta, johon oli lisätty 512 Mb käyttömuistia.

3.3 Hallin 3d-malli

Hallista mallinnettiin peruspulteista yläpaarteeseen kaikki kantavat rakenteet. Mallinukseen ei kuulunut kantavuuden kannalta sekundäärisiä rakenteita, kuten yläpohjaa tai ulkoseinää. Sauvat liitettiin hitsauksilla kokoonpanoiksi ja muokatuilla makroliitoksilla kokoonpanot toisiinsa (liite 4).

3.4 Konepajapiirustukset

Valmiista mallista tehtiin konepajapiirustukset. Näihin ovat levy-, profiili- ja kokoonpanokuvat. Konepaja voi näiden piirustusten avulla tuottaa kokoonpanoihin tarvittavat osat ja hitsata ne toisiinsa. Piirustukset mitoitettiin ja aseteltiin dwg -tulostusta varten (liite 5).

3.5 Asennuspiirustukset

Mallista tehtiin asennuspiirustukset. Näiden piirustusten avulla asentajat voivat koota valmiit kokoonpanot toisiinsa. Piirustukset mitoitettiin ja aseteltiin dwg -tulostusta varten (liite 5).

3.6 Luettelot

Kun malli ja piirustukset olivat valmiita, mallista saatiin materiaali- ja piirustusluettelot. Raportit käsiteltiin luettavaan muotoon ja tarkastettiin, että kaikista osista oli piirustukset (liite 6).

4 TULOKSET

4.1 Yläpohja

Yläpohjaratkaisuksi valittiin Isoverin tyyppiratkaisu YP337 ja kantavaksi poimulevyksi Rannilan 120A 3-aukkoisena sen kapea laippa tukea vasten 100 mm tukileveydellä (liite 3 kohta A)

4.2 Ulkoseinä

Ulkoseinäelementiksi valittiin Rannila Panel 3Lock 200 R50 ja kiinnikkeiksi SXC14-S19-5,5x240 (3 kpl/pääty). Kiinnitys tehtiin elementtejä kannattelevaksi (liite 3 kohta B).

4.3 Hallin rakenne poikkisuunnassa

Rakennemalli

Rakennemalli on esitetty liitteessä 3 kohdassa C 1.

Kuormitus

Ominaiskuormat ja -kuormitus on laskettu RIL201-1999 -kuormitusohjeiden avulla sovellettuna kyseiseen rakenteeseen /1/. Laskenta suoritettiin liitteeseen 3 kohtaan C 1.5.1. Kuormitusyhdistelmät laadittiin liitteeseen 3 kohtaan C 1.5.2.

Profiilikoot alustavasti

Alustaviksi profiilikooksi ristikon paarteille laskettiin CFRHS150x150x6 ja ensimmäiselle puristetulle diagonaalille CFRHS 120x120x4 (liite 3, C 1.6).

Kaatuminen/liukuminen

Kehää stabiloivat voimat estävät rakennusta kaatumasta, mikäli seinäelementit on kiinnitetty pääpilareihin itsensä kantavasti. Peruspultit on valittu kehän liukumisesta aiheutuvan leikkausvoiman kestäväksi ja kaatumisesta aiheutuvaa vetovoimaa vastaan (liite 3).

Win-stat-malli

Win-stat-malli on tehty liitteen 3 kohdan C 1.1 antamien solmukoordinaattien mukaan (liite 2).

KRT raja-arvot

Rakenteen taipumat alittivat sille asetetut vaatimukset (liite 3, kohta C 3.1).

Kehän stabiilius

Kehän stabiiliutta tutkittaessa todettiin kehä sivusiirtyväksi. Tämä johti CHRHS 250x150x10 pääpilarilla 1,16 momentin korotuskertoimeen (liite 3, C 4.1.1).

Ristikon sauvat

Rakennemallissa määritellyt sauvat kestivät niille aiheutetut kuormitukset (liite 3, 4.1.3)

Liitokset

Pääpilarin liitoksessa perustuksiin saatiin teräslajilla S355 pohjalevyn paksuudeksi 50 mm. Peruspulteiksi valittiin 4xM24 (8.8). Ristikon alapaarteen liitoksessa valittiin päälevyn paksuudeksi 15 mm ja hitsaukseksi 3 mm pienahitsin (liite 3, C 4.1.4)

4.4 Hallin rakenne pituussuunnassa

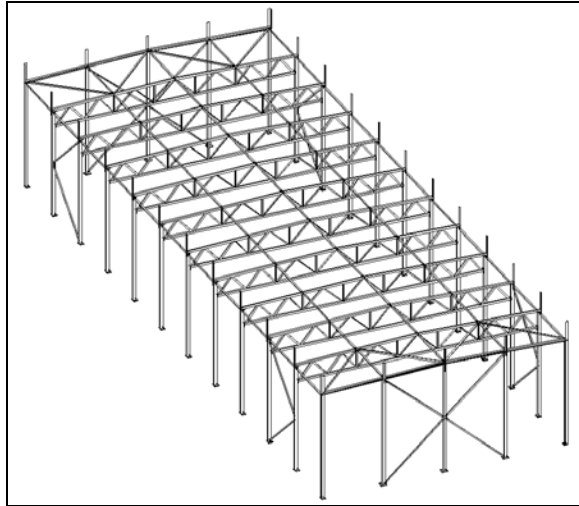
Hallia jäykistäviksi tuulisiteiksi valittiin CFRHS100x100x5 (liite 3, D 1.6). Tuulisiteiden liitoksiin valittiin pulteiksi kaksi kappaletta M16 (8.8) -pultteja ja liitoslevyiksi 10mm paksut 140 mm x 120 mm kokoiset levyt (liite 3 D 4.1.4).

4.5 Päätykehän rakenne

Päätykehää jäykistäviksi tuulisiteiksi valittiin CFRHS 100*150*5. Liitoksiin valittiin kaksi kappaletta M16 (8.8) -pultteja ja 10 mm paksuiset 140 mm x 120 mm kokoiset liitoslevyt (liite 3 D 1.3). Yläpohjaa kannatteleva palkki tarkastettiin PUPAX-ohjelmalla. Opettajan ehdottama IPE 200 saatiin kestäväksi sille aiheutuneet kuormitusyhdistelmät. Palkki kuitenkin vaihdettiin HEA180:ksi liitosten varmentamiseksi. Päätykehän pilarit tarkistettiin DOFTERÄS-ohjelmalla ja opettajan ehdottama HEA200 saatiin kestäväksi sille aiheutuneet kuormitusyhdistelmät (liite 3, E 1.6).

4.6 Hallin 3D-malli

TEKLA Structures -ohjelmalla tuotettiin malli tämän työn liitteeksi 4. Kuvassa 9 on kuva valmiista mallista.



Kuva 9 Hallin 3d-malli

4.7 Piirustukset ja luettelot

TEKLA Structures -mallista tuotettiin konepajapiirustukset (liite 5) ja asennuspiirustukset (liite 5) dwg-muotoon. Hallin kantavista rakenteista luotiin materiaaliluettelot ja piirustusluettelot (liite 6).

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän päättötyön tärkeimpänä tavoitteena oli opettaa sen tekijä mitoittamaan teräsrakenteisen hallin mitoittamista kansallisella Eurocode 3:lla ja mallintamaan näin mitoitettu halli TEKLA Structures -mallinnusohjelmalla. Lopputuloksena yli vuoden työstä opin hallitsemaan EC3-mitoituksen perusteet. Tutustuin teräsrakenteiden yleisimpiin rakenneratkaisuihin sekä sain selkeän ja laajan käsityksen nykyaikaisesta mallinnuksesta. Tämä lähtötaso on mielestäni perusedellytys tietokonepohjaisen laskentaohjelmien ja mallinnusohjelmien turvalliselle käytölle.

LÄHTEET

1) **TERÄS Cd-rom**

Kustantaja: Suomen Teräsrakenneyhdistys r.y.

Määritelmä: Multimedia Cd-rom

Julkaisija: TAMK

Julkaisupaikka ja -aika: Tampere, syksy 2005

2) **Rautaruukin putkipalkkikäsikirja**

Kirjoittaja: Hannu Vainio

Kustantaja: Rautaruukki Oyj

ISBN: 952-5010-46-5

Julkaisupaikka ja -aika: Hämeenlinna, 1.2.2000

3) **Opettaja Risto Lilja**

Paikka: Tampereen Ammattikorkeakoulu

Aika: syksy 2005 – kevät 2006

LIITTEET

- 1) Risto Liljan harjoitustyön lähtötiedot
- 2) Win-stat-kehäohjelman malli
- 3) Harjoitustyö
- 4) TS-malli
- 5) Konepaja- ja asennuspiirustukset
- 6) Materiaali-, piirustusluettelot