



TEKNIikka JA LIIKENNE

Rakennustekniikka

Rakennesuunnittelu

INSINÖÖRITYÖ

**ONTELOLAATTATASON SIDEJÄRJESTELMÄT
JA SIDERAUDOITUKSEN MITOITUS**

**Työn tekijä: Atte Salminen
Työn ohjaajat: Jari Louhivirta,
Henri Perttola**

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2009

**Hannu Hakkarainen
Yliopettaja**



ALKULAUSE

Tämä insinöörityö tehtiin Finnmap Consulting Oy:n talonrakennus sektorille. Haluan kiittää yritystä sen tarjoamista resursseista sekä työn ohjaajia Jari Louhivirtaa ja Henri Perttolaa mielenkiinnosta työtäni kohtaan sekä erinomaisesta työn ohjauksesta.

Lisäksi haluan kiittää työn valvojaa Hannu Hakkarasta hänen avustaan insinöörityötä tehdessäni.

Lopuksi vielä suurkiitos kihlatulleni Elinalle, josta oli korvaamaton apu työn kirjoitusasua viimeisteltäessä.

Helsingissä 21.04.2009

Atte Salminen

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Atte Salminen
Työn nimi: Ontelolaattatason sidejärjestelmät ja sideraudoituksen mitoitus
Päivämäärä: 21.04.2009 Sivumäärä: 48 s. + 6 liitettä
Koulutusohjelma: Rakennustekniikka Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu
Työn valvoja: Yliopettaja Hannu Hakkarainen
Työn ohjaajat: DI Jari Louhivirta, RI Henri Perttola
<p>Tässä insinööriyössä kehitettiin Finnmap Consulting Oy:lle laskentataulukoita ontelolaattatason sidejärjestelmien mitoitukseen. Työ rajattiin käsittämään ontelolaattatason rengas- ja saumaraudoituksen, sekä ontelolaattatason ja reunapalkin välisen liitoksen mitoitukset. Kehitetyt laskentataulukot kuuluvat osana yrityksen laskennan yhtenäistämistä ja eurokoodeihin siirtymistä. Työssä myös kerättiin tietoa erilaisista ontelolaatastoon liittyvistä asioista, kuten ontelolaataston toimintaperiaatteista, jatkuvan sortuman estämisestä ja sidejärjestelmien toiminnasta.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla yrityksessä jo oleviin laskentataulukoihin, sekä ontelolaattatason sidejärjestelmiä ja niiden mitoitusta käsittelevään kirjallisuuteen. Sen jälkeen aloitettiin eurokoodiin perustuvien laskentataulukoiden laatiminen yrityksen omalle Excel-pohjalle. Taulukoiden laatimisen jälkeen niistä tehtiin esimerkkilaskelmat sekä käyttöohjeet niiden käyttämisen helpottamiseksi.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin selvitettyä ontelolaataston toimintaan liittyvää teoriaa, joka on esitetty insinööriyössä. Kerätty teoria helpottaa suunnittelijaa ymmärtämään erilaisia ontelolaataston toimintaan liittyviä asioita. Tämän lisäksi työn lopputuloksena saatiin kolme laskentataulukkoa käyttöohjeineen, jotka helpottavat ja nopeuttavat rakennesuunnittelijan työskentelyä. Tehdyt laskentataulukot toimivat vain niissä esitetyille yksinkertaisille rakennemalleille, eikä niitä voida suoraan käyttää monimutkaisemmissa rakenteissa. Taulukoista tehtiin yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä, jotta niiden käyttäminen olisi mahdollisimman selkeää ja vaivatonta.</p>
Avainsanat: Rengasraudoitus, sisäiset siteet, ontelolaattatason sidejärjestelmät, jatkuva sortuma

ABSTRACT

Name: Atte Salminen	
Title: Tying Systems of Hollow Core Slab Levels and Proportioning of Ties	
Date: 21.04.2009	Number of pages: 48+6
Department: Civil engineering	Study Programme: Structural engineering
Instructor: Jari Louhivirta, Master of Science in engineering Henri Perttola, construction engineer	
Supervisor: Hannu Hakkarainen, principal lecturer	
<p>This graduate study deals with the tying systems of hollow core slab levels and proportioning of ties. It contains three different calculation charts for the proportioning of hollow core slab level ties. The study was done for Finnmap Consulting Oy. This study was limited to include only calculations for peripheral ties, internal ties and the ties for torque of hollow core slab level and the supporting beams joint. The charts were made to unite the calculation in the company and at the same time to update it to Eurocode.</p> <p>The study was started by familiarizing with existing calculation charts in the company and literature related to hollow core slab level ties and proportioning of ties. After that, the calculation charts were compiled in the company's own Excel template. Example calculations and directions of use were created for all three calculation charts once completed.</p> <p>As the result of this study, three calculation charts with user manuals were made. They will ease and speed up the work of structural engineer. The calculation charts will work only for simple structures displayed in the charts. The charts were made simple and user-friendly to make them clear and effortless to use.</p>	
Keywords: Tying systems, peripheral ties, internal ties, progressive collapse	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoite	1
1.3	Menetelmät	1
2	EUROKOODIT	2
3	ONTELOLAATAT	3
3.1	Yleistä ontelolaatoista	3
3.2	Ontelolaattojen valmistus	3
3.3	Ontelolaattojen perustyyppit	4
4	ONTELOLAATASTON TOIMINTA	6
4.1	Laataston toimintaperiaate	6
4.2	Laattojen kantosuunta	7
4.3	Laattojen jatkuvuus	7
4.4	Ontelolaatat palkeilta tuettuina	8
4.5	Laatastossa olevien reikien ja aukkojen vaikutus	9
5	JATKUVAN SORTUMAN ESTÄMINEN	11
5.1	Yleistä	11
5.2	Alkusortuman estäminen	12
5.3	Korvaavan rakennesysteemin valinta	12
5.4	Asennusaikaiset kuormat	15
5.5	Onnettomuustilanteiden kuormat	17
5.5.1	<i>Yleistä</i>	17
5.5.2	<i>Törmäys</i>	18
5.5.3	<i>Räjähdytys</i>	18
5.5.4	<i>Palo</i>	19
6	SIDEJÄRJESTELMÄT	19

6.1	Sidejärjestelmien tarkoitus	19
6.2	Sidejärjestelmissä käytettävät materiaalit	20
6.3	Rengasraudoitus	22
6.3.1	<i>Yleistä rengasraudoituksesta</i>	22
6.3.2	<i>Rengasraudoituksen sijoittaminen</i>	24
6.3.3	<i>Rengasraudoituksen mitoitus</i>	24
6.3.4	<i>Ristikkomallit</i>	27
6.4	Sisäiset siteet	28
6.4.1	<i>Yleistä sisäisistä siteistä</i>	28
6.4.2	<i>Sisäisten siteiden sijoittaminen</i>	28
6.4.3	<i>Sisäisten siteiden mitoittaminen</i>	29
6.5	Pilareiden ja seinien vaakasiteet	31
6.6	Pystysiteet	31
6.7	Palkkeihin tulevat siteet	32
6.7.1	<i>Yleistä palkkiin tulevista siteistä</i>	32
6.7.2	<i>Palkkeihin tulevien siteiden sijoittaminen</i>	32
6.7.3	<i>Palkkeihin tulevien siteiden mitoittaminen</i>	33
6.8	Sideraudoituksen jatkuvuus ja ankkurointi	34
7	SIDERAUDOITUKSEN MITOITUSOHJELMAT	35
7.1	HIHA-projekti	35
7.2	Mitoitusohjelmien synty	35
7.3	Esimerkkilaskelmissa käytettävä ontelolaatasto	36
7.4	WQ-palkin väännön sitomisen mitoitusohjelma	37
7.4.1	<i>Ohjelman esittely</i>	37
7.4.2	<i>Esimerkkilaskelma</i>	38
7.5	Rengasraudoituksen mitoitusohjelma	39
7.5.1	<i>Ohjelman esittely</i>	39
7.5.2	<i>Esimerkkilaskelma</i>	40
7.6	Sisäisten siteiden mitoitusohjelma	41
7.6.1	<i>Ohjelman esittely</i>	41
7.6.2	<i>Esimerkkilaskelma</i>	42
7.7	Eurokoodin ja vanhan normin vertailu	43
8	YHTEENVETO	44
	VIITELUETTELO	46
	LIITELUETTELO	48

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Betonielementtirakenteisien laattarakenteiden käyttöön liittyy useita tutkittavia asioita, kuten esimerkiksi laataston toiminta osana rakennuksen stabiili- teettä, jatkuvan sortuman estäminen sekä laataston ja rungon keskinäiset liitokset. Betonielementtirakenteisien laattarakenteiden toimintaan liittyvää laskentaa halutaan yhtenäistää yrityksessä, sekä samalla päivittää se eurokoodin mukaiseksi.

Yrityksellä on laskentasovellusten kehitysprojekti, jossa kerätään laskenta- ohjelmistojen pakettia. Projektin päämääränä on auttaa suunnittelijoita löytämään tarvitsemansa ohjelmat.

Tällä hetkellä pakettiin kuuluu yli seitsemänkymmentä laskentasovellusta ja sitä täydennetään jatkuvasti. Myös tämän insinööriyön laskentasovellukset lisätään pakettiin tarkistusten jälkeen.

1.2 Tavoite

Tämän työn tavoitteena on kerätä ontelolaataston toimintaan liittyvää teoriaa ja kehittää ontelolaattatason laskentaan liittyviä Excel-laskentataulukoita yrityksen jokapäiväiseen käyttöön. Laskentataulukot tehdään ontelolaattatason rengasraudoituksen, saumaraudoituksen sekä tason ja reunapalkin välisen liitoksen mitoituksen helpottamiseksi. Kaikki laskentapohjat tehdään eurokoodin mukaan. Laskentapohjien lisäksi kaikista laskelmista tehdään esimerkkilaskelmat sekä laskentataulukkojen käyttöohjeet.

1.3 Menetelmät

Tämä insinööriyö tehdään tutustumalla aihetta käsittelevään kirjallisuuteen ja Internet-sivustoihin, joista kerätään mahdollisimman paljon tietoa ohjelmien tekoa varten. Tämän jälkeen tutustutaan yrityksessä jo oleviin laskenta- ohjelmiin ja niiden toimintaan.

Näistä saaduilla tiedoilla kehitetään laskentataulukot ontelolaattatason side- järjestelmien laskentaan. Laskentataulukot tehdään yrityksen omalle Excel-

pohjalle, jotta kaikki yrityksen laskentataulukot olisivat yhteneväisiä sekä ulkonäöltään että toiminnaltaan.

Laskentataulukkojen tekemisen jälkeen niistä tehdään esimerkkilaskelmat ja käyttöohjeet, joissa kuvataan taulukoiden toimintaperiaatetta ja niiden antamien tuloksien analysointia.

2 EUROKODIT

Tavoitteena on, että kaikissa Euroopan Standardisoimisliitto CEN:in eri jäsenmaissa voitaisiin tulevaisuudessa suunnitella rakenteita samoilla säännöillä. Jotta standardien hyväksyminen olisi helpompaa ja käyttöönotto nopeampaa, CEN päätti laadituttaa aluksi esistandardit (ENV), joiden avulla tuteltiin uusien standardien käyttöön ja hankittiin käyttökokemuksia. Näiden perusteella laadittiin lopulliset suunnittelustandardit (EN), jotka poikkeavat esistandardeista asioiden esittämistavan ja esitysjärjestyksen sekä osittain myös sisällön suhteen.

Eurokoodi-standardeja kehitetään ja virheitä korjataan saatujen käyttökokemuksien perusteella vielä senkin jälkeen, kun EN-versiot on ratifioitu. CEN:in prosessit ovat kuitenkin hitaita ja virheiden poistamiseen kuluu vuosia.

Euroopan standardisoimisjärjestön CEN:in eurokoodi-standardeihin kuuluvat muun muassa:

- Eurokoodi 0, rakenteiden suunnittelun perusteet
- Eurokoodi 1, rakenteiden kuormitukset
- Eurokoodi 2, betonirakenteiden suunnittelu
- Eurokoodi 3, teräsrakenteiden suunnittelu
- Eurokoodi 4, betonin ja teräksen liittorakenteiden suunnittelu
- Eurokoodi 5, puurakenteiden suunnittelu

Eurokoodit 0 ja 1 eivät ole materiaalisidonnaisia, vaan ne koskevat kaikkia materiaaleja. Eurokoodit 2,3,4 ja 5 taas ovat materiaalikohtaisia standardeja ja niillä on useampia osia.

Betonirakenteiden eurokoodi 2 on ollut käytössä 1.11.2007 alkaen ja betoninormin B4 käytöstä luovutaan vuoden 2010 aikana.

3 ONTELOLAATAT

3.1 Yleistä ontelolaatoista

Ontelolaatat kuuluvat Suomen kaikkein yleisimpiin rakennuselementteihin ja ne yleistyivät 1970-luvulla. Laajan valikoiman ja elementtien nopean asennustavan vuoksi niiden käyttökohteet ovat monipuolistuneet. /1, s.685./

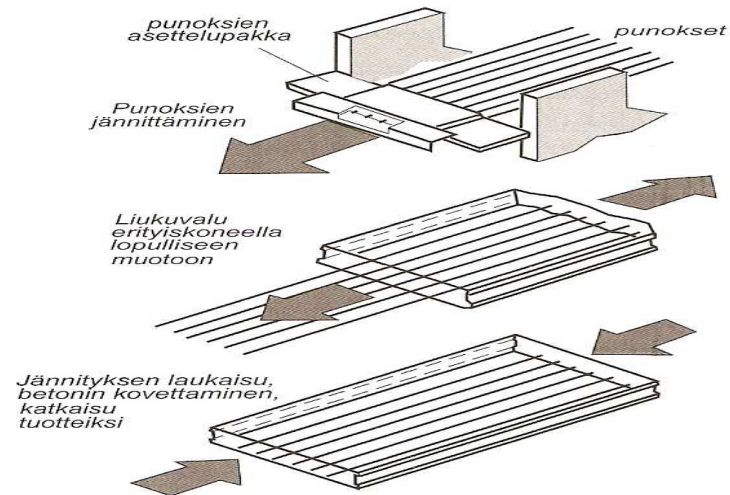
Ontelolaatat ovat tartuntajäntein jännitettyjä leikkausraudoittamattomia elementtejä, joissa jännepunokset sijaitsevat pääsääntöisesti alapinnassa ja sen mukaan elementit ovat yksiaukkoisia ja yksinkertaisesti tuettuja rakennneosia. Erityistarpeita varten valmistetaan myös laattoja, joihin on mahdollista tehdä ulokkeita. /1, s.685./

Ontelolaatat ovat pitkällisen tuotekehityksen tulos, mikä tekee mahdolliseksi pitkät jännevälit, hyvän kantokyvyn, hyvän ääneneristävyyden ja hyvän suunnittelujoustavuuden. /2, s.109./

3.2 Ontelolaattojen valmistus

Ontelolaatat ovat massatuotteita, joita valmistetaan hyvin lyhyellä muottikierrolla käyttäen maakosteita erikoismassoja, joihin kuuluu nopeasti kovettuva sementti ja höyrykarkaisu nopean lujoudenkehityksen aikaansaamiseksi.

Valualustana toimii teräspintainen pitkä taso, jonka päissä on pukit jännepunoksien asettelua ja jännittämistä varten. Valmistusprosessin (kuva 1) aluksi punokset asemoidaan valmistettavan tuotteen poikkileikkauksen mukaisesti. Punokset jännitetään alkujännitykseen ja laattalinja valetaan päästä päähän valukoneella, joka muotoilee laatan onteloineen maakosteasta betonimassasta.



Kuva 1. Ontelolaatan valmistusprosessin periaate. /1, s.686./

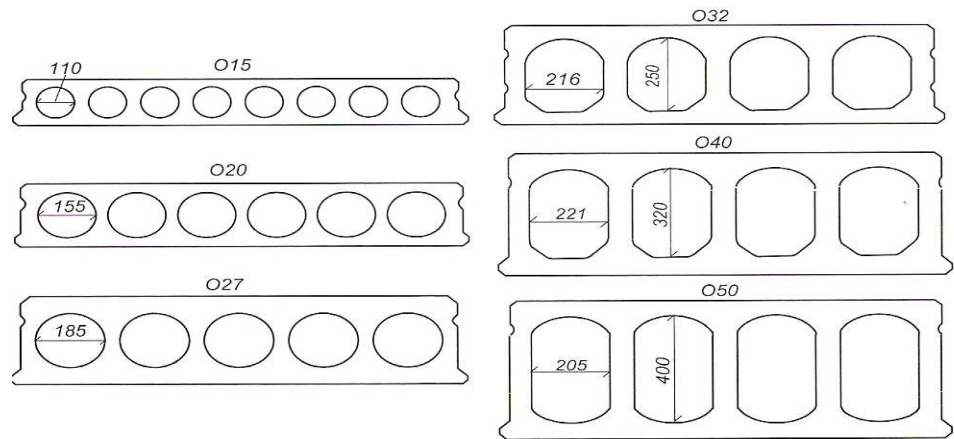
Jännevoiman laukaisulujuus on noin 2/3 loppulujuudesta ja tyypillinen betonin suunnittelulujuus on C55/60. Betonimassan suhteutuksella ja ominaisuuksilla on suora vaikutus jännepunosten tartuntaan ja ankkurointiin, mikä puolestaan vaikuttaa laatan taivutus- ja leikkauskestävyyteen.

Massan jäykkyys on riittävä säilyttämään elementin oikean muodon ilman muottia. Betonin kovettumista nopeutetaan erikoiskäsittelyillä, jotta jännevoiman laukaisulujuus saavutetaan mahdollisimman nopeasti. Laukaisun jälkeen laattalinja sahataan halutuiksi tuotteiksi.

/1, s.685./

3.3 Ontelolaattojen perustyytit

Suomalaisten ontelolaattojen perusvalikoimaan kuuluu kuudenlaisia ontelolaattoja (kuva 2). Ontelolaattojen vakioleveys on 1200 mm ja niiden korkeudet vaihtelevat 150 mm - 500 mm. Laattojen reunamuodot ja onteloiden muoto vaihtelevat hieman valmistajakohtaisesti, mutta käytännön suunnitteluun eroavaisuuksilla ei ole merkitystä.



Kuva 2. Suomalaisen ontelolaattojen perusvalikoima. /1, s.686./

Ontelolaattojen käyttöalueet määräytyvät pääasiassa niiden kantokyvyn perusteella.

- O15-ontelolaatta on usein käytetty ratkaisu pientaloissa. Keveytensä ansiosta se on erittäin sopiva myös teollisuushallien vesikattorakenteiksi.
- O20-ontelolaatan kantavuus ja muut tekniset ominaisuudet riittävät useisiin kohteisiin, mm. toimisto- ja liikerakennusten sekä rivitalojen ylä-, ala- ja välipohjiin.
- O27-ontelolaatta on yleisin ontelolaattatyyppi ja se soveltuu kohteisiin joissa hyvän kantavuuden ja jäykkyyden lisäksi tarvitaan myös tehokasta ääneneristyskykyä. Näitä ominaisuuksia tarvitaan mm. asuinkerrostaloissa.
- O32-ontelolaatta on kehitetty liike- ja toimistorakennuksissa esiintyville jänneväleille ja kuormituksille.
- O40-ontelolaattaa käytetään hyvän kuormankantokyvynsä ansiosta raskaasti kuormitettujen teollisuus- ja varastorakennusten ala- ja välipohjarakenteina.
- O50-ontelolaatta soveltuu erittäin suuren kuormituskapasiteettinsa ansiosta raskaasti kuormitettujen teollisuus- ja varastorakennusten ala- ja välipohjarakenteeksi. Sitä voidaan käyttää pitkillä jännemitoilla mm. pysäköintitaloissa ja silloissa.

/2, s.109 - 111./

4 ONTELOLAATASTON TOIMINTA

4.1 Laataston toimintaperiaate

Rakennusten on kyettävä siirtämään kaikki niihin kohdistuvat voimat perustuksille. Vaakasuuntaisia rakennuksiin kohdistuvia voimia on tavallisesti ainakin kahta lajia, tuulikuormia ja laskennallisia lisävaakakuormia. Laskennallinen lisävaakakuorma syntyy, kun siirtyville pystyrakenteille otaksutaan kuormitusnormien mukainen kulma kuormitussuunnan kanssa.

Väli- tai yläpohja joutuu tavallisesti siirtämään rakennuksen vaakakuormitukset seinille tai muille jäykistäville rakenteille. Elementtirakenteinen välipohja on siis saatava toimimaan yhtenäisenä levynä, joka siirtää kuormat. Yhtenäinen levyrakenne syntyy asianmukaisesti raudoitettujen ja tiivistettyjen saumavalujen avulla (kuva 3).



Kuva 3. Laataston saumaraudoitus. /3./

Väli- tai yläpohjan staattisena toimintamallina käytetään joko ulokepalkkia tai kaksitukista palkkia. Rengasraudoitus, jonka tulee kiertää rengaspalkissa ympäri laataston, mitoitetaan em. vaakakuormille.

/4, s.40./

4.2 Laattojen kantosuunta

Laatat luokitellaan joko yhteen suuntaan tai ristiin kantaviksi sen mukaan millainen tuenta on laatan sivuilla ja mikä on laatan sivujen pituuksien suhde. Elementtilaatat ovat pääasiassa yhteen suuntaan kantavia rakenneosia (kuva 4), joiden jännemitta on yleensä suurempi kuin yhteen suuntaan kantavilla paikallavalulaatoilla.



Kuva 4. Yhteen suuntaan kantava laatta. /1, s.389./

Yhteen suuntaan kantavissa laatoissa merkittävää taivutusta esiintyy vain yhdessä suunnassa ja laatta toimii periaatteessa samoin kuin taivutettu palkki. Laatasta voidaan tarkastella yksikön levyistä kaistaa taivutettuna sauvarakenteena, koska laatta taipuu sylinteripinnan muotoon yhteen suuntaan kantavissa osissa ja voimasuureet ja siirtymät muuttuvat vain jänteen suunnassa.

/1, s.389./

4.3 Laattojen jatkuvuus

Ontelolaattoja tulisi suunnitella ainoastaan yksinkertaisesti tuettuina rakenteina ja kiinnityksiä ajatella vain reunatuilla. Tämä johtuu siitä, että vaikka tuille saadaan yläpintaan riittävästi jatkuvuuden mahdollistavaa raudoitusta, ei ontelolaatassa ole lainkaan leikkauskestävyyden säilymisen takaavaa leikkausraudoitusta.

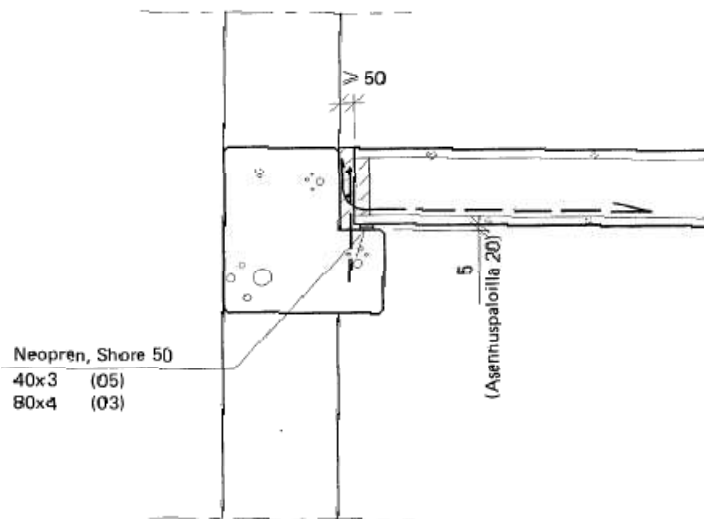
Taivutushalkeamien syntyminen tukimomentin vaikutusalueelle johtaa varmasti näiden halkeamien leviämiseen uumaan, missä leikkauskestävyys voi säilyä vain halkeamapintojen vaarnavaikutuksen avulla. Tämä edellyttää, että halkeama ei avaudu vapaasti, eli vetorauskeituksen tulee olla riittävästi ankkuroitu.

Pohjoismaista poiketen Keski-Euroopassa jatkuvuutta hyödynnetään runsaasti, mutta lähtökohtana on, että tukimomentin ja suuren leikkausvoiman vaikutusalueella laattojen yläkuoret avataan ja ontelot täytetään ja raudoitetaan umpipoiikkileikkauksena toimivaksi. Tällaista käytäntöä ei Suomessa ole haluttu.

/1, s.690./

4.4 Ontelolaatat palkeilta tuettuina

Ontelolaattojen pohjoismainen käyttötapa palkeilta tuettuina (kuva 5) on saavuttanut nykyiset käyttöperusteensa Suomessa tehdyn laajan monikanallisen tutkimuksen perusteella.



Kuva 5. Ontelolaatta leukapalkilta tuettuna. /7, s.40./

Tälle käytötavalle on ominaista vähäinen laattojen varustelu ja pienimuotoinen vahvistaminen liitettäessä laattojen päitä yhteen palkkien kanssa. Laatat saumataan ja käytettäessä pintabetonia siihen asetetaan palkin yli menevä verkkorauditus

Liitos palkkeihin muodostuu vain elementtien välisiin saumoihin asetettujen raudoitustankojen ja saumabetonin avulla. Näiden tankojen kyky toimia tehokkaana leikkausliitoksena on toissijainen ja niiden päätehtävä on estää laatan pään vapaa erkaantuminen palkin kyljestä.

Kuitenkin kuvatusta systeemistä muodostuu liittorakenne, jonka ominaisuudet ovat muuttuvat ja ne riippuvat kuorman suuruudesta:

- Valettaessa palkki ja siltä kannatetut elementtilaatat yhteen, osa laatan poikkileikkauksesta alkaa toimia yhdessä palkin kanssa.
- Yhteistoiminta syntyy aina, kun laatan pää on vähintään yhdestä kohdasta riittävän hyvin kiinni palkissa. Toiminnan kannalta liitoksen paikalla ei ole merkitystä ja se voi olla useaan kohtaan jakaantunut, kuten tyypillinen tartuntaliitos on.
- Jos liitos perustuu pelkkään tartuntaan ja kitkaan, se on luonteeltaan hauras ja kuormituksen kasvaessa liitos alkaa luistamaan, jolloin sen kestävyys ja jäykkyys pienenevät koko ajan.
- Kun laatan yläkuoren puristusvoima täytyy pitää tasapainossa palkkipoikkileikkauksen muiden osien voimien kanssa, niin ontelolaattojen uumaosista tulee osa leikkausliitosta, jossa vaikuttaa vaakasuora palkin suuntainen leikkausvuo.
- Laatan päissä uumaosien leikkauskestävyys ei ole riittävä siihen, että koko palkki voisi plastisoitua liittorakenteena. Uumat murtuvat palkin tukia lähinnä olevien laattojen päissä niissä olevien jännityskomponenttien vaikutuksesta.
- Murtuminen alkaa laatan päässä sen keskikorkeudelta ja leviää reunoille. Halkeama on laatan uuman päävetojännityksen aiheuttama ja murtuminen on tyypiltään samanlainen kuin laatan puhdas leikkausmurtuminen, mutta se tapahtuu paljon pienemmällä kuormalla.

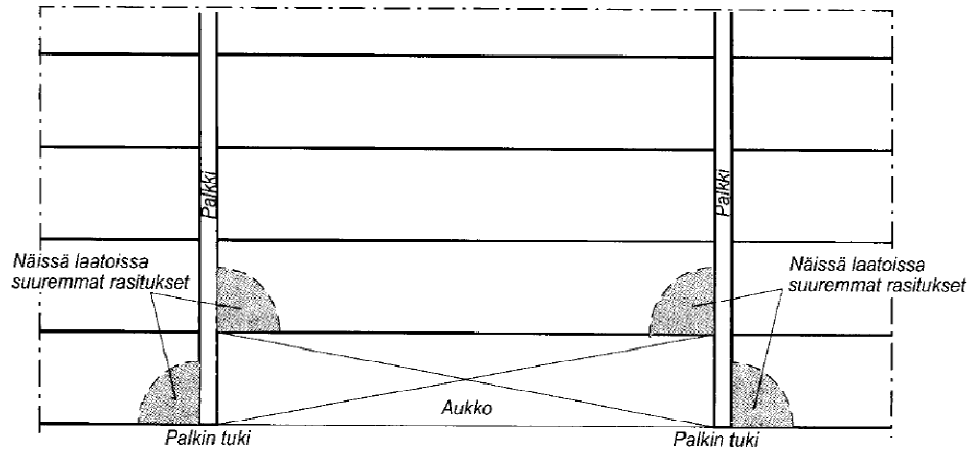
/1, s.692 - 693./

4.5 Laatastossa olevien reikien ja aukkojen vaikutus

Laatastoon kuuluu yleensä reikiä ja aukkoja, joilla voi olla vaikutusta ontelolaattojen kestävyYTEEN. Pienet aukot eivät vaikuta merkittävästi kestävyYTEEN. /1, s.702./

Laatan onteloiden kohdalle voidaan tehdä reikiä mihin kohtaan tahansa. Reikiä voi olla enintään 3 kpl (P32, P40 ja P50 laatoissa 2 kpl) samassa poikkileikkauksessa. Pienet, onteloiden kohdalle tulevat reiät suositellaan tehtäväksi työmaalla. /4, s.31./

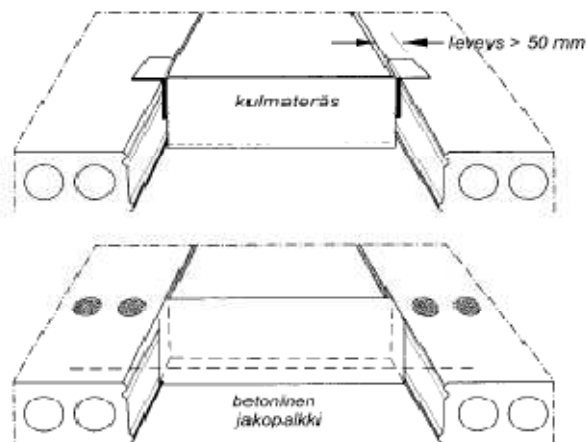
Suuret aukot joilla on merkitystä (kuva 6), ovat sellaisia, joissa kokonainen laatan leveys poistetaan palkin päästä, jolloin jäljelle jäävän laatan puolella leikkausvoimat laattojen uumassa voivat kasvaa, koska liittopalkilta tuleva tasapainotettava normaalivoima kohdistuu pienemmälle uumakannaksien lukumäärälle. /1, s.702./



Kuva 6. Aukkojen vaikutus ontelolaatastossa. /1, s.702./

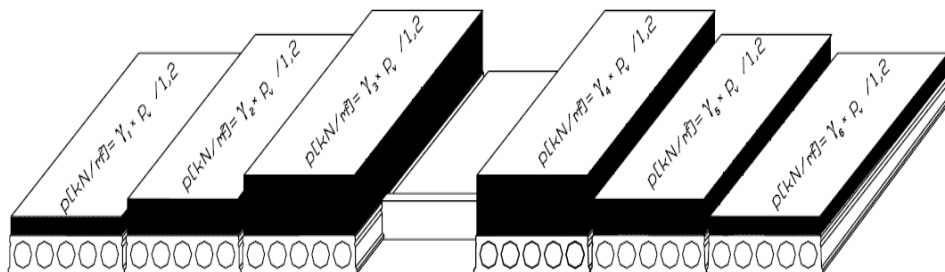
Suuret reiät tehdään yleensä elementtitehtaalla. Laattoihin tehtävien reikien suurin sallittu koko riippuu laatan jännemitasta, kuormituksesta yms. tekijöistä. Reiät on sijoitettava siten, että ne katkaisevat mahdollisimman vähän onteloiden välisiä kannaksia. Isommista rei'istä on sovittava aina erikseen valmistajan kanssa. /4, s.31./

Koko laatan levyisten tai suurempien aukkojen reunoilla käytetään teräksisiä ontelolaatan kannattajia tai laattojen päähän valettuja jakopalkkeja, jotka tuetaan aukon sivuilla oleviin laattoihin (kuva 7). /1, s.549 - 550./



Kuva 7. Ontelolaatan teräskannattaja ja betoninen jakopalkki. /1, s.549./

Aukkojen kohdalla kuormat siirretään aukon viereisille 1,2 m leveille kaistoille (kuva 8).



Kuva 8. Ontelolaatan kuormien jako aukon kohdalla. /4, s.36./

Kannattajat muodostavat aukon sivuilla oleville laatoille kuorman, jonka oletetaan jakaantuvan taulukon 1 kertoimien mukaisesti. /4, s.36./

Taulukko 1. Kuormien jakokertoimet aukon reunoilla. /4, s.36./

Laatta	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
O15, O20	0	0,20	0,30	0,30	0,20	0
O27, O32, O40, O50	0,10	0,15	0,25	0,25	0,15	0,10

5 JATKUVAN SORTUMAN ESTÄMINEN

5.1 Yleistä

Jatkuva sortuma voi aiheutua onnettomuuskuormista tai muusta syystä tapahtuvan paikallisen sortuman jatkumisena. /6, s.12./

Jatkuvan sortuman huomioon ottaminen rakennuksen vakavuuden suunnittelussa edellyttää, että tutkitaan vaihtoehtoja, joissa osa jäykistävästä systeemistä (esim. yksi jäykistävästä mastoista) ei ole käytössä paikallisen sortuman takia. Tällöin jäljellä olevien jäykistävien rakenteiden tulisi taata rakennuksen vakavuus. /6, s.12./

Käytännössä jatkuvan sortuman kestävyys vaatimus tarkoittaa sitä, että esimerkiksi monikerroksisen rakennuksen pitää edelleen pysyä pystyssä, vaikka siitä kolarin tai paikallisen tulipalon takia yksi kantava pilari menettäisi kantokykynsä kokonaan. /6, s.12./

Usein rakenteilla on taipumus sortumaan asennustyön aikana, kun jäykistys ja stabilointi saattavat olla väliaikaisten ja virheellisten ratkaisujen varassa. Oleellista on myös, ettei työnaikaisia tukia poisteta liian aikaisin, koska tukemattomalla rakenteella ei välttämättä ole vielä riittävästä jäykkyyttä tai kestävyttä edes oman painon kantamiseen. Jatkuva sortuma voi syntyä myös asennustilanteessa. /6, s.12./

Eurokoodin suunnitteluohjeiden mukaan rakennesuunnittelussa pitää pyrkiä siihen, ettei yhden rakenneosan paikallisesti vaurioituessa aiheudu jatkuvaa sortumaa. Jatkuvaa sortumaa ei suomalaisissa suunnitteluohjeissa käsitellä erikseen muualla kuin betonirakenteiden osalta ohjeessa B4, kohdissa 2.6.1.2.2 - 3, missä elementit kehoitetaan ankkuroimaan toisiinsa. /6, s.12./

Jatkuva sortuman estäminen voidaan toteuttaa joko estämällä alkusortuma tai rajoittamalla paikallisen vaurion laajeneminen korvaavalla rakennesysteemillä. /12, s. 2/

5.2 Alkusortuman estäminen

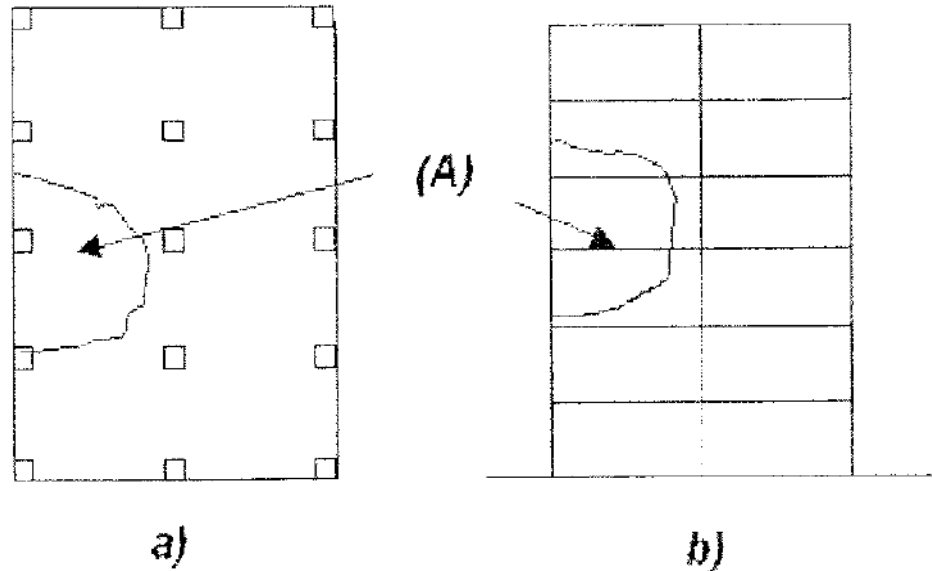
Alkusortuma voidaan estää poistamalla tai vähentämällä sortumisvaaraa rakenteellisoin toimenpitein. Esimerkiksi kaasuräjähdyksen varalta voidaan kevyiden julkisivuelementtien kiinnitys tehdä sellaisiksi, että paine pääsee niiden kautta purkautumaan.

Alkusortuman syntyminen voidaan estää myös tekemällä kantavat rakenteet niin vahvoiksi, että ne kestävät onnettomuuskuormat ja mahdolliset ylikuormat. Tämä menettely saattaa joissakin tapauksissa johtaa epätaloudellisiin ratkaisuihin.

/12, s. 2./

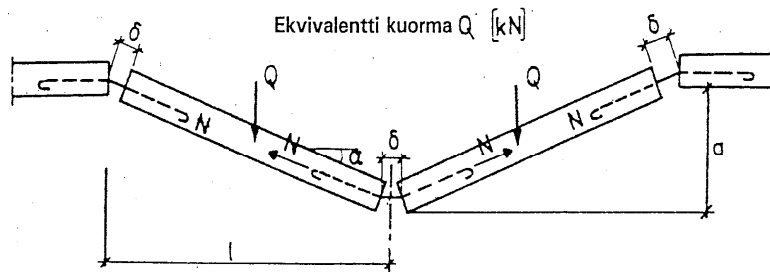
5.3 Korvaavan rakennesysteemin valinta

Korvaavalla rakennesysteemillä hyväksytään tietyn suuruisella alueella onnettomuuskuormien aiheuttama alkusortuma, mutta estetään sortuman laajeneminen. Jatkuva sortuminen katsotaan tulleen estetyksi, jos sortuma-alue rajoittuu alkuperäisen vaurioalueen lähiympäristöön (kuva 9).



Kuva 9. Jatkuvan sortuman alueen rajaus, a) vaakasunnassa, b) pystysunnassa /6, s 13/.

Korvaava rakennesysteemi muodostuu yleensä rakenteiden alkuperäisestä toimintatavasta poiketen siten, että rakenteet toimivat vetoa kestävinä köysi- tai kalvorakenteina (kuva 10). Tällöin rakenteelle voidaan sallia suuriakin muodonmuutoksia, kunhan vain sortuminen saadaan estetyksi. Rakenteisiin ja niiden välisiin liitoksiin saa syntyä plastisia niveliä.



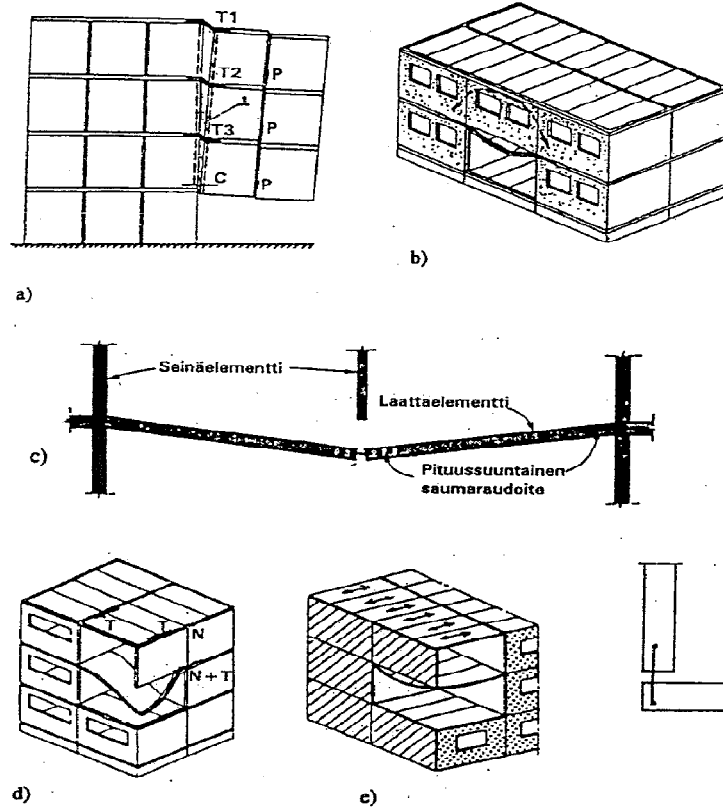
Kuva 10. Korvaavan rakennesysteemin köysimalli. /7, s.19./

Edellytyksenä uuden kantavan rakennesysteemin syntymiselle on se, että rakenteisiin voi syntyä plastisia niveliä. Tämä vaatii elementtien välisiltä liitoksilta vetovoimakapasiteettia, sekä suurta muodonmuutoskykyä ja energiakapasiteettia, jolla voidaan vaimentaa putoavien kappaleiden liike-energia. Nämä saadaan aikaan elementtisaumoin sekä liitoksiin asennettavilla riittävän kokoisilla ja oikein sijoitetuilla saumateräksillä.

Lähtökohtana on, että kantavan pystyrakenteen vaurioitumisen jälkeen siihen tukeutuvien rakenteiden on mahdollista saavuttaa tasapainotila suurten muodonmuutosten ja siirtymien kautta. Vaurioituneeseen rakenteeseen tukeutuvat elementit jäävät roikkumaan liitoksessa olevan raudoituksen vaaraan.

On huomattava, että korvaava rakennesysteemi aiheuttaa usein rakennukseen vaakavoimia, jotka siirretään jäykistävinä levyinä toimivien välipohjalaatastojen kautta jäykistäville rakenteille. Muuttuneen rakennesysteemin avulla kuormia voidaan välittää vaurioituneen alueen yli esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

- Seinäelementit toimivat ulokkeina (kuva 11, kohta a), missä päällekkäiset seinäelementit toimivat erillisinä yhden kerroksen korkuisina rakenteina kantaen yhden kerroksen kuorman tai saumojen raudoituksesta riippuen useamman kerroksen korkuisena rakenteena. Ulokerakenne voi muodostua kuvan mukaisesti myös useammasta rinnakkaisesta elementistä. Saumojen raudoituksen avulla useamman erillisen seinäelementin muodostamasta ulokeosasta saadaan yhtenä kokonaisuutena toimiva levyrakenne.
- Seinäelementti toimii palkkina (kuva 11, kohta b), jossa vaakasaumojen raudoituksesta riippuen useamman kerroksen seinäelementit voivat toimia yhdessä korkeana palkkina.
- Tasot toimivat köysi- tai kalvorakenteena laattojen tai palkkien pituus suunnassa (kuva 11, kohta c).
- Nurkassa olevan tuen vaurioituttua, vaurioituneen alueen kuormia voidaan kantaa yhdessä tasojen levyvaikutuksen ja ulokkeena toimivien seinäelementtien välityksellä (kuva 11, kohta d). Laataston levytoiminnan vaikutus riippuu laataston ja seinäelementin välisestä liitoksesta. Liitoksessa oleva rauditus pitää laataston ja seinän yhdessä muodostaen siten jäykän 3-ulotteisen rakenteen.
- Seinä- ja laattaelementit voidaan ripustaa vaurioalueen yläpuolelta (kuva 11, kohta e). Tässä tapauksessa uuden korvaavan rakennesysteemin kantokyky lasketaan liitosten vetokapasiteetin ja rakenteen muodonmuutosten perusteella.



Kuva 11. Esimerkkejä mahdollisista korvaavista rakennesysteemeistä. /6, s.23/

5.4 Asennusaikaiset kuormat

Laatastoon kohdistuu erilaisia rakentamisesta johtuvia kuormia (taulukko 2) ja niiden rasitukset tulee huomioida asennusaikaisen vakavuuden varmistamiseksi. Muunkin tyyppisiä rakentamisesta johtuvia kuormia voidaan joutua ottamaan huomioon ja nämä kuormat voidaan määritellä hankekohtaisesti.

Taulukko 2. Rakentamisesta johtuvien kuormien ryhmittely. /9, s.38./

Rakentamisesta johtuvat kuormat (Q_c)			Mallinnus	Huomautuksia
Kuormat				
Tyyppi	Merkintä	Kuvaus		
Henkilöt ja käsityökalut	Q_{ca}	Työntekijät, työnjohto ja vierailijat, mukaan lukien mahdolliset käsityökalut tai muut työmaan pienet laitteet	Mallinnetaan tasaisesti jakautuneena kuormana q_{ca} , joka sijoitetaan siten, että saavutetaan epäedullisimmat vaikutukset.	HUOM. 1 Tasaisesti jakautuneen kuorman $q_{ca,k}$ ominaisarvo voidaan maantella kansallisessa liitteessä tai hankekohtaisesti. HUOM. 2 Suositusarvo on $1,0 \text{ kN/m}^2$. Ks. myös kohtaa 4.11.2.
Tavaran väliaikainen varastointi	Q_{cb}	Varastoitaessa väliaikaisesti liikuteltavaa tavaraa, kuten: — rakennusmateriaaleja, elementtejä ja — laitteita	Mallinnetaan liikkuvina kuomina, joita edustavat tilanteen mukaan: — tasaisesti jakautunut kuorma q_{cb} — pistekuorma F_{cb}	HUOM. 3 Tasaisesti jakautuneen kuorman ja pistekuorman ominaisarvot voidaan määritellä kansallisessa liitteessä tai hankekohtaisesti. Siltojen osalta seuraavat arvot ovat suositeltavia vähimmäisarvoja: — $q_{cb,k} = 0,2 \text{ kN/m}^2$ — $F_{cb,k} = 100 \text{ kN}$ missä $F_{cb,k}$ voidaan yksityiskohtia suunniteltaessa sijoittaa nimellispiirtalalle. Rakennusmateriaalien tilavuuspaineja esitetään standardissa EN 1991-1-1.
Väliaikaiset laitteet	Q_{cc}	Käyttöpaikallaan olevat väliaikaiset laitteet. Kuorma on joko: — staattista (esim. muotitelineet, muotit, koneet, konit) tai — liikkuvaa (esim. siirrettävät muotit, sillakanen asennuspalkisto ja apupalkki, vastapainot)	Mallinnetaan liikkuvina kuomina, joita edustaa tilanteen mukainen: — tasaisesti jakautunut kuorma q_{cc}	HUOM. 4 Nämä kuormat voidaan määritellä hankekohtaisesti käyttämällä toimittajalta saatavaa tietoa. Ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, kuormat voidaan mallintaa käyttämällä tasaisesti jakautunutta kuormaa, jonka suositeltava ominaisarvo on vähintään $q_{cc,k} = 0,5 \text{ kN/m}^2$. Käytettävissä on joukko mitoitusta käsitteleviä CENin standardeja, esimerkiksi EN 12811 sekä EN 12812 muuttien ja muotitelineiden mitoitusta varten.
Liikkuvat raskaat koneet ja laitteet	Q_{cd}	Liikkuvat raskaat koneet ja laitteet, jotka kulkevat tavallisesti pyörillä tai kiskoilla, (esim. nosturit, hissit, ajoneuvot, nostotrukit, kompressorit, tunkit, raskaat nostolaitteet)	Ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, mallinnetaan standardin EN 1991 asianomaisten osien sisältämän tiedon perusteella.	Ajoneuvoista aiheutuvien kuormien määrittämiseen tarvittavaa tietoa, mikäli sitä ei esitetä hanke-eritelmässä (projektiertelmässä), esitetään standardissa EN 1991-2. Nostureista aiheutuvien kuormien määrittämiseen tarvittavaa tietoa esitetään standardissa EN 1991-3.
Rakentamisessa syntyvien jättemateriaalien kasaantuminen	Q_{ce}	Jättemateriaalien kasaantuminen (esim. ylimääräiset rakennusmateriaalit, irrotettu maa-aines tai puretut materiaalit)	Otetaan huomioon tarkastelemalla mahdollisia massan vaikutuksia vaakasuuntaisiin, kalteviin ja pystysuuntaisiin rakennuksiin (kuten seiniin).	HUOM. 5 Nämä kuormat voivat vaihdella merkittävästi ja lyhyin aikavälein, riippuen esimerkiksi materiaalien tyyppistä, ilmasto-olosuhteista, rakentamisen otenomisvauhdista ja jättemateriaalin tyhjentämistäleitä.
Eri tilapäisvaiheissa olevista rakenteen osista johtuvat kuormat	Q_{cf}	Toteuttamisen eri tilapäisvaiheissa olevista rakenteen osista aiheutuvat kuormat ennen kuin lopulliset mitoituskuormat tulevat vaikuttamaan (esim. nostoista aiheutuvat kuormat)	Otetaan huomioon ja mallinnetaan suunniteltujen toteuttamisvaiheiden mukaisesti, jolloin otetaan huomioon vaiheiden seuraukset (esim. tietyistä työvaiheista kuten asennuksista aiheutuva kuormittuminen ja kuormituksen poistuminen)	Ks. myös kohtaa 4.11.2, jossa käsitellään tuoreesta betonista aiheutuvia lisakuormia.

Rakentamisesta johtuvien kuormien vaikutuksesta syntyvät vaakasuuntaiset kuormat tulee määrittää ja ottaa huomioon keskeneräisen rakenteen sekä valmiin rakenteen rakennesuunnittelussa.

/9, s.40./

5.5 Onnettomuustilanteiden kuormat

5.5.1 Yleistä

Onnettomuustilanteen kuormavaikutuksille on yleensä ominaista se, että niiden esiintymisen todennäköisyys on pieni, niillä on vakavia seurauksia ja ne ovat kestoaltaan lyhyitä. Onnettomuustilanteen kuormien vaikutukset tulee tarkastella yhdessä pysyvien ja muuttuvien kuormien vaikutusten kanssa.

Onnettomuustilanteet voidaan luokitella seuraamusluokkiin taulukon 3 mukaisesti.

/13, s. 10 - 11./

Taulukko 3. Onnettomuusrajatilan seuraamusluokat. /16, s.34./

Seuraamusluokka	Rakennuksen tyypin ja käyttötarkoituksen mukainen luokitus
1	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten esim. varastot
2a Melko pienen riskin ryhmä	Rakennukset, joissa on korkeintaan neljä maanpäällistä kerrosta tai joiden korkeus maanpinnasta on enintään 16 m
2b Melko suuren riskin ryhmä	Kaikki muut rakennukset, jotka eivät kuulu seuraamusluokkiin 1, 2a tai 3
3a	9-15 kerroksiset asuin-, konttori, liikerakennukset ja muut 9-15 kerroksiset käyttötarkoitukseltaan ja rungoltaan samantyyppiset rakennukset
3b	Muut yli 8-kerroksiset rakennukset Konserttisalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot (yli 1000 henkeä) Raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset Erikoisrakenteet tapauskohtaisen harkinnan mukaan

5.5.2 Törmäys

Törmäyskuormia voivat aiheuttaa esimerkiksi ajoneuvojen, junien tai laivojen törmäykset (kuva 12). Törmäystilanteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat massan jakautuminen, materiaalien muodonmuutokset, törmäyksen voimakkuutta vaimentavat tekijät, sekä törmäävän kappaleen ja rakenteen nopeudet ennen törmäystä.



Kuva 12. Törmäyskuormia voi aiheutua esimerkiksi linja-auton törmäyksestä. /15./

Törmäyksistä aiheutuvat kuormat katsotaan liikkuviksi kuormiksi ja rakennesuunnittelua varten törmäyksestä aiheutuvat kuormat voidaan esittää ekvivalentteina staattisina voimina, joiden avulla saadaan ekvivalentit kuormavaiikutukset rakenteessa.

/13, s.12./

5.5.3 Räjähdykset

Räjähdykset ovat ilmassa tapahtuva pölyn tai kaasun nopea kemiallinen reaktio, joka aiheuttaa korkeita lämpötiloja ja suuria ylipaineita. Räjähdyksissä syntyvät paineet etenevät paineaaltoina.

Sisätiloissa tapahtuvassa räjähdyksessä syntyvien paineiden voimakkuus riippuu ensi sijassa kaasu- tai pölytyypistä, kaasun tai pölyn osuudesta ilmassa, tilan koosta ja muodosta sekä paineen purkautumismahdollisuuksista.

Mikäli räjähdys on voimakas eikä paineella ole purkautumismahdollisuuksia, voi se aiheuttaa pahoja rakenteellisia vaurioita.

/13, s.19./

5.5.4 Palo

Vakavia tulipaloja, jotka aiheuttavat rakenteellisia vaurioita, pidetään onnettomuustilanteina.

Yleensä palotilannetta mitoitettaessa ei muita samanaikaisia toisistaan riippumattomia onnettomuuskuormia tarvitse ottaa huomioon, mutta rakenteissa, joissa erityinen paloriski syntyy muiden onnettomuuskuormien seurauksena, palo on huomioitava määritettäessä kokonaisvarmuutta.

Palosta johtuvat lämpötilojen muutokset aiheuttavat laajenemista ja muodonmuutoksia, joista aiheutuu voimia ja momentteja. Liittyvistä rakenneosista aiheutuvia epäsuoria kuormia ei tarvitse ottaa huomioon, jos paloturvallisuusvaatimukset on asetettu pelkästään rakenneosille.

/14, s.16 - 20./

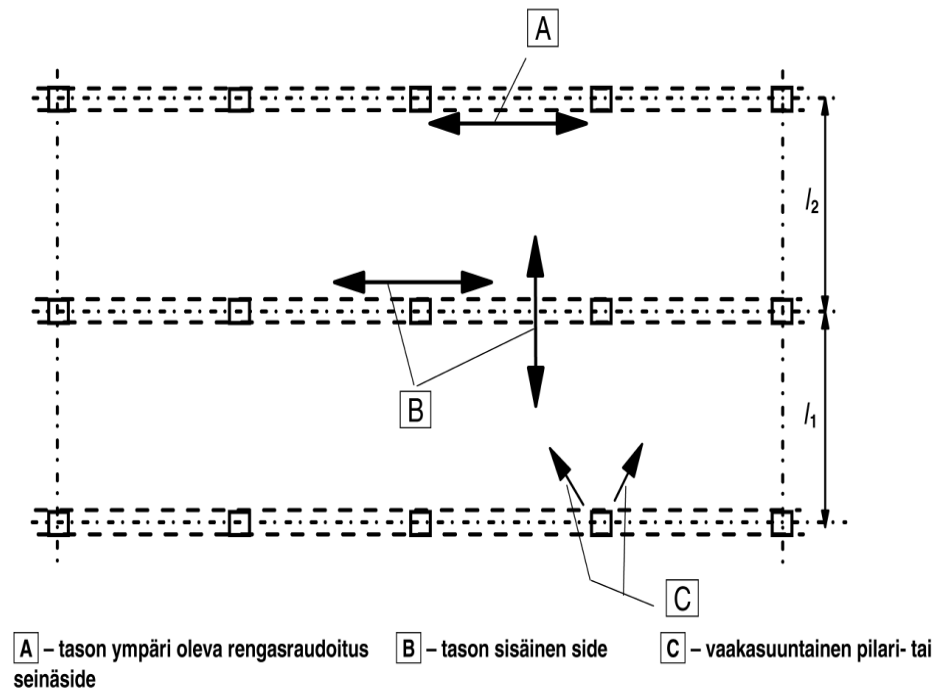
6 SIDEJÄRJESTELMÄT

6.1 Sidejärjestelmien tarkoitus

Rakenteissa, joita ei ole suunniteltu monoliittisesti kestäväksi onnettomuuskuormia, tulee olla jatkuvan sortumisen estämiseen soveltuva sidejärjestelmä, joka mahdollistaa kuormien siirtymisen toista kautta paikallisen vaurion jälkeen.

Rakenne varustetaan seuraavilla siteillä (kuva 13):

- laataston ympäri oleva rengasraudoitus
- laataston sisäiset siteet
- vaakasuuntaiset pilari- tai seinäsiteet
- tarvittaessa pystysiteet, erityisesti rakenteen muodostuessa levyistä



Kuva 13. Sideraudoitus ontelolaatastossa. /5, s.167./

Kun rakenne jaetaan erillisinä kokonaisuuksina toimiviin osiin, jokainen osa varustetaan erillisellä sidejärjestelmällä. Pilareissa, seinissä, palkeissa ja välipohjissa muita tarkoituksia varten olevan raudoituksen voidaan katsoa muodostavan osan näistä siteistä tai siteet kokonaan.

/5, s.166./

6.2 Sidejärjestelmissä käytettävät materiaalit

Kaikissa sidejärjestelmien osissa käytetään betoniteräksiä ottamaan vastaan rakenteeseen tulevia voimia. Betoniteräksset asennetaan ontelolaattojen sekä muiden rakenteiden saumoihin ja ne kiinnitetään saumavalujen avulla.

Betoniteräksiä luokitellaan valmistusmenetelmän perusteella kylmämuokattuihin ja kuumavalssattuihin, sitkeytensä perusteella alhaisen sitkeyden, normaalin sitkeyden ja korkean sitkeyden omaaviin ja hitsattavuuden perusteella hitsattaviin ja ei hitsattaviin. Suomessa käytetään taulukon 4 mukaisia betoniteräksiä. /1, s.56 - 59./

Taulukko 4. Suomessa käytettävät betoniteräksset. /1, s.59./

Tunnus	Kuvaus	Myötölujuus
A500HW	Hitsattava kuumavalssattu harjatanko	$f_{sk}=500$ MPa
A700HW	Hitsattava kuumavalssattu harjatanko	$f_{sk}=700$ MPa
B500K	Kylmämuokattu harjatanko	$f_{sk}=500$ MPa
B700K	Kylmämuokattu harjatanko	$f_{sk}=700$ MPa
B600KX	Kylmämuokattu ruostumaton harjatanko	$f_{sk}=600$ MPa
S235JRG2	Sileä pyörötanko (nostolenkit)	$f_{sk}=235$ MPa
S355J0	Sileä pyörötanko (nostolenkit)	$f_{sk}=355$ MPa

Betoniterästen poikkileikkauksen todelliselle muodolle ei ole vaatimusta, vaikka teräksen koko määritelläänkin ympyräpoikkileikkauksen perusteella. Suomessa vakiintuneet tankokoot ovat 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 ja 32 mm ja tavallisimmat toimituspituudet ovat 12 m...18 m. /1, s.56–59./

Saumavaluissa käytetään juotosbetoneja, joiden pääasiallinen käyttökohde on elementtien erilaiset saumavalut. Muita käyttökohteita ovat erilaiset juotosvalut ja valuharkkoseinien täyttövalut. /11, s.1./

Juotosbetoneiksi luokitellaan saumabetoni (SB), saumarapid (SR), pakkasbetoni (PA) ja paisuva betoni (PB). Juotosbetonit toimitetaan yleensä hyvin notkeina ja kiviaineksen raekoko on pääsääntöisesti 8 mm mutta ne voidaan erikseen sovittaessa toimittaa myös 16 mm maksimiraekeella. /11, s.1./

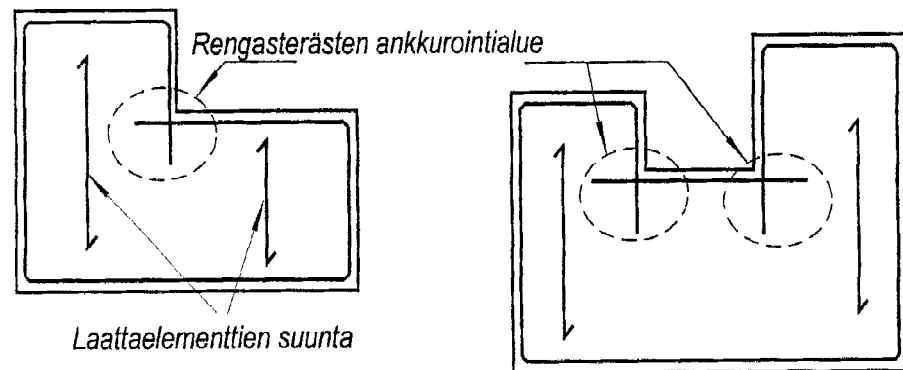
Juotosbetonien hienorakeisuuden vuoksi niiden kutistuma on normaalisti suuri, ja se kannattaa huomioida suunnittelussa ja rakenteiden valuissa. /11, s.1./

6.3 Rengasraudoitus

6.3.1 Yleistä rengasraudoituksesta

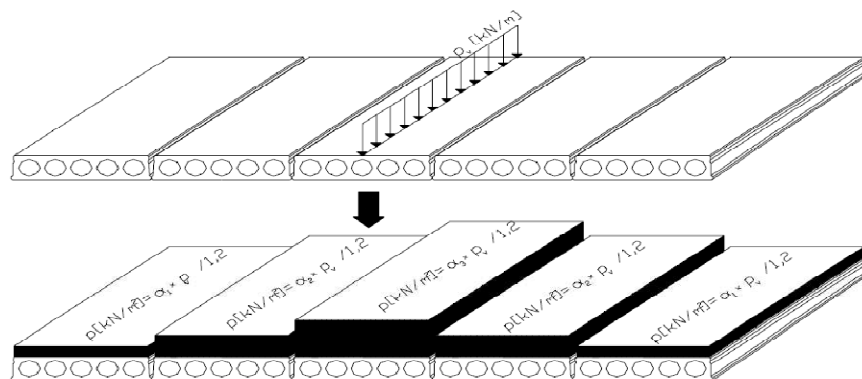
Yksittäisten ontelolaattojen kestävyuden varmistamisen lisäksi laataston toimiminen yhtenäisenä rakennukseen kohdistuvien voimien vaikuttaessa tulee aina taata. Tähän kuuluu vaakavoimien jakamiseen tarvittavan levyvaikutuksen tarkastelu ja pistemäisten kuormien jakaantumisen varmistaminen. /1, s.544 - 547./

Kaikissa laatastoissa laattaelementit tulee kytkeä yhteen niin, että levyvaikutus voi kehittyä. Tähän käytetään sidontajärjestelmää, jossa laattojen reunoja kiertää rengasraudoitus, joka estää laattaelementtien päitä erkanemasta (kuva 14). Tämän sideraudoituksen oikea toteuttaminen on tärkeää levyvaikutuksen kehittymisen kannalta. /1, s.544 - 547./



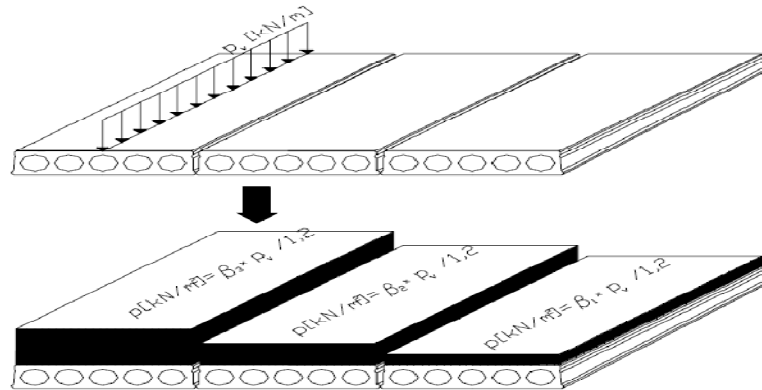
Kuva 14. Laataston reunoja kiertävä rengasraudoitus. /6, s.54./

Pistemäisten kuormien poikittainen jakautuminen viereisten laattojen kesken on eri selvityksissä todettu samantapaiseksi kuin pistekuormien jakaantuminen homogeenisessa umpilaatassa ja se edellyttää toimivaa rengasraudoitusta. /1, s.544 - 547./



Kuva 15. Viivakuormien jakokertoimet ontelolaatassa. /4, s.35/

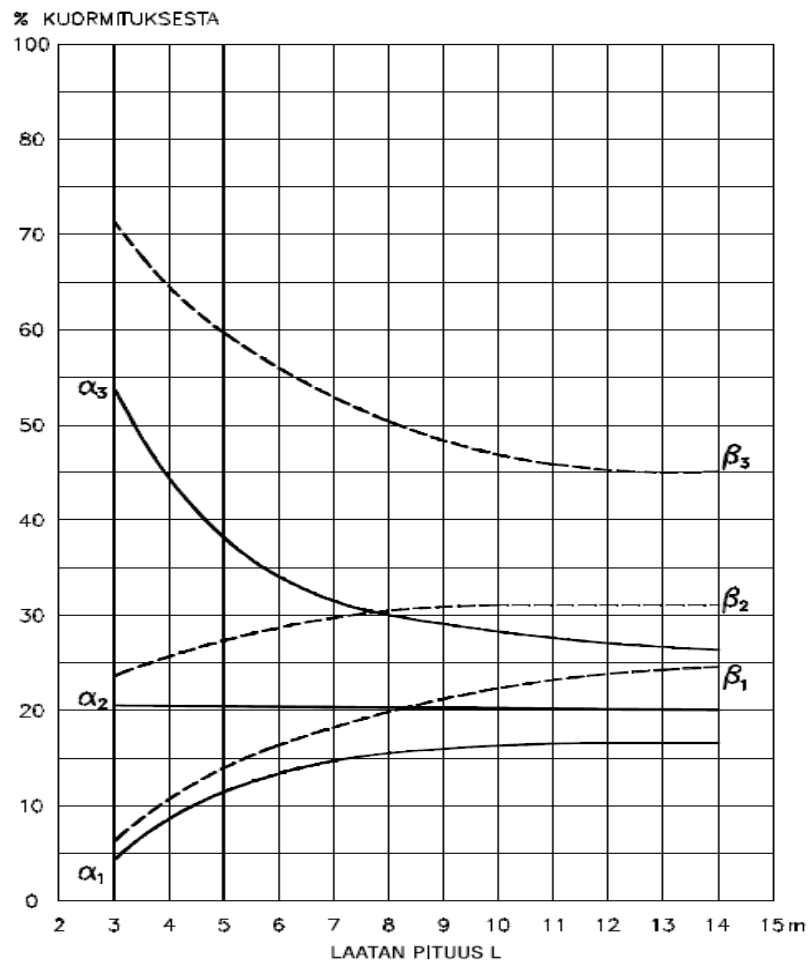
Laatan pituussuuntaisten viivakuormien voidaan olettaa jakautuvan viereisille laatoille kuvien 15 ja 16 mukaisesti.



Kuva 16. Viivakuormien jakautuminen ontelolaatastossa. /4, s.35./

Kuvissa 15 ja 16 esitettyjen kertoimien lukuarvot on esitetty kuvassa 17.

/1, s.544 - 547./

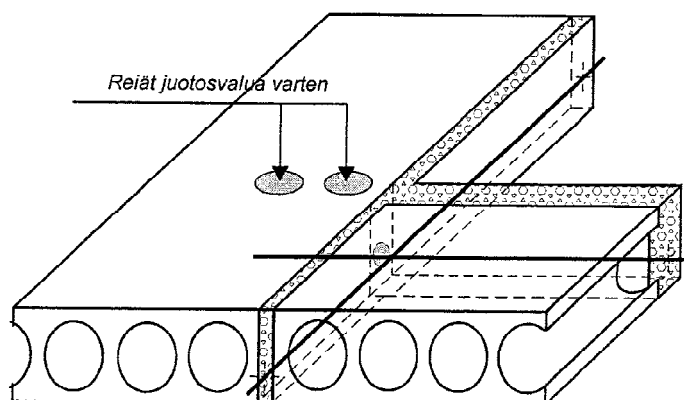


Kuva 17. Viivakuormien jakokertoimet ontelolaatastossa. /4, s.35./

6.3.2 Rengasraudoituksen sijoittaminen

Rakenteissa, joissa on sisänurkkia ja -alueita (esim. eteishuoneita, pihoja jne.), tarvitaan rengasraudoitusta samalla tavalla kuin rakenteissa, joissa on ulkonurkat. Nämä siteet on ankkuroitava täysin. /5, s.166./

Kuvan 18 mukainen pystysuoraan oleva teräs voidaan sijoittaa helposti laattojen saumaan, mutta myös laattojen suuntaa vastaan kohtisuora raudoitus on ankkuroitava. Jos laatastossa on pintavalu, teräkset voidaan nostaa ennen nurkkaa ylös ja ankkuroida pintavaluun, joka raudoitettuna toimii myös levyvaikutusta parantavana. Muussa tapauksessa teräkset vietään laatan sisään sitä varten uumaan tehdyistä aukoista (kuva 18) ja valu tapahtuu laatan yläkuoreen onteloiden kohdalle tehdyistä aukoista. /6, s.54./

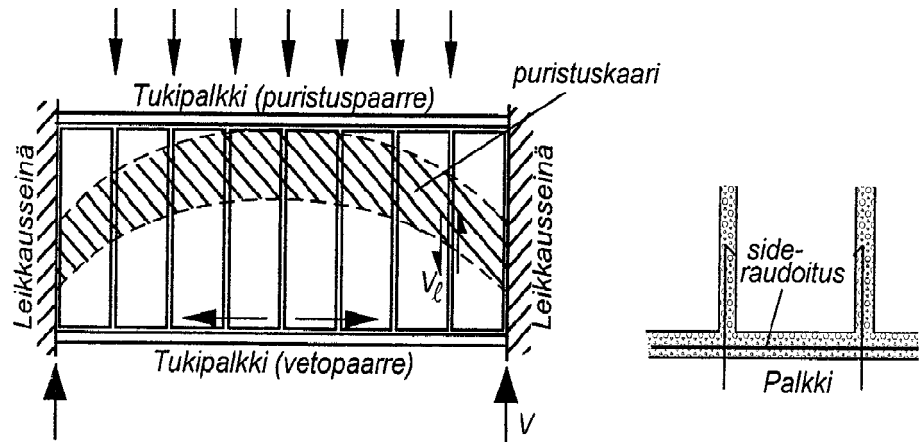


Kuva 18. Laatan suuntaa vastaan kohtisuoran rengasraudoituksen ankkurointi. /6, s.55./

6.3.3 Rengasraudoituksen mitoitus

Rakennusrunkoon kohdistuvat vaakavoimat siirretään rungon jäykistysjärjestelmälle, joka muodostuu jäykistystorneista, -ristikoista ja leikkausseinistä. Tämä tapahtuu välipohjien ja yläpohjan levyvaikutuksen avulla. Laatastoa tarkastellaan vaakasuorassa tasossa olevana seinämäisenä kannattajana, jonka sisään muodostuu puristuskaari ja vetopaarre (kuva 19). Kannattajan tukina toimivat leikkausseinät ja jäykistystornit. /1, s.545./

Seuraavassa on esitetty tähän insinööriyöhön liittyvien yksinkertaisten laatastojen rengasraudoituksen mitoitus. Monimutkaisempien laatastojen mitoitusmomentit voidaan laskea luvussa 6.3.4 esiteltyjen ristikkomallien avulla.



Kuva 19 Laatastoon muodostuu puristuskaari ja sitä vastaava vetotanko. /6, s.51./

Jokaisen väli- ja yläpohjan taso varustetaan jatkuvana toimivalla rengasraudoituksella, joka sijaitsee enintään 1,2 m etäisyydellä reunalta. Rengasraudoitukseen voi sisältyä raudoitus, jota käytetään kentän sisäpuolisen siiven osana. /5, s.166./

Eurokoodi edellyttää, että rengasraudoitus pystyy kantamaan kaavan 1 antaman vetovoiman:

$$F_{tie,per} = l_i * q_1 \quad (1)$$

kuitenkin

$$F_{tie,per} \geq Q_2 \quad (2)$$

missä $F_{tie,per}$ on rengasraudoituksessa vaikuttava voima, l_i on reunimmaisen jänteen pituus, $q_1=10$ kN/m ja $Q_2=70$ kN. /5, s.166./

Vetotangon voima otetaan kokonaan vastaan kaavan 3 mukaisella rengasraudoituksella

$$A_s \geq F_{t,Ed,i} / f_{sd} \quad (3)$$

missä voima

$$F_{t,Ed,i} = \frac{M_{Ed,i}}{z_i} \quad (4)$$

lasketaan vaakakuormasta aiheutuvan mitoitusmomentin $M_{Ed,1}$ tai $M_{Ed,2}$ (kaavat 5 ja 6) perusteella. /6, s.53/

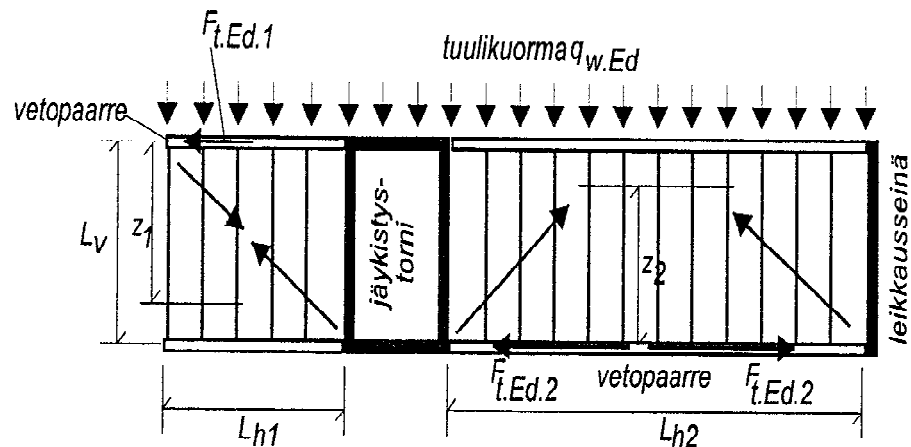
Kun kannattajaa tarkastellaan ulokkeena,

$$M_{Ed,1} = q_{w,Ed} * \frac{L_{h1}^2}{2} \quad (5)$$

Kun kannattajaa tarkastellaan yksinkertaisesti tuettuna,

$$M_{Ed,2} = q_{w,Ed} * \frac{L_{h2}^2}{8} \quad (6)$$

Momenttivarsi Z_i ($i = 1$ tai 2) määritellään laataston geometrian mukaisesti (kuva 20). /6, s.53/



Kuva 20. Momenttivarren Z_i laskemisessa tarvittava geometria. /6, s.53./

Kun rakenne on yksinkertaisesti tuettu ja $1 < L_{h2}/L_v < 2$, niin

$$Z_2 = 0,15 * L_v \left(3 + \frac{L_{h2}}{L_v} \right), Z_2 \leq 0,75 L_v \quad (7)$$

jos $L_{h2}/L_v \leq 1$, niin

$$Z_2 = 0,6 * L_{h2} \quad (8)$$

Kun rakenne on uloke ja $0,5 < L_{h1}/L_v < 1$, niin

$$Z_1 = 0,8 * L_{v1} \quad (9)$$

jos $L_v \leq 2L_{h1}$, niin

$$Z_1 = 1,2 * L_{h1} \quad /6, s.53./ \quad (10)$$

6.3.4 Ristikkomallit

Ristikkomallit kuvaavat hyvin useiden teräsbetonirakenteiden toimintaa murtorajatilassa ja toimivat hyödyllisenä mitoitusapuvälineenä. Malleissa tarkastellaan staattista voimatasapainoa rakenteen sisälle ajateltavien voimamonikulmioiden avulla ja sen puristussauvat ovat betonia ja vetosauvoina toimii rauditus.

Alaosan vetorauditus toimii levyrakenteissa vetotangon tapaan ja raudoituksessa vaikuttava voima ei pienene tuelle tultaessa. Tarvittava raudoituksen kokonaisala lasketaan mitoitusvetovoiman perusteella ja koko raudoituksen oletetaan myötävän. Vetoraudituksen määrä lasketaan yksinkertaisella kaavalla

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot f_{sd}} \quad (11)$$

missä M_{Ed} on mitoituskuormien aiheuttama momentti ja z on momenttivarsi, joka valitaan taulukon 5 mukaisesti.

Taulukko 5. Momenttivarsi rengasraudituksen laskemista varten. /1, s.435./

Tapaus	Mittaehto	z
Staatteisesti määrätty rakenne	$1 < L/h < 2$ $L/h \leq 1$	$z = 0,15h(3 + L/h)$ $z = 0,6L$
Jatkuvan palkin reunakenttä ja reunimmainen keskituki	$1 < L/h < 2,5$ $L/h \leq 1$	$z = 0,1h(2,5 + 2L/h)$ $z = 0,45L$
Jatkuvan palkin keskikentät ja keskimmäiset tuet	$1 < L/h < 3$ $L/h \leq 1$	$z = 0,15h(2 + L/h)$ $z = 0,45L$
Ulokkeet, L_n = ulokkeen vapaa mitta	$0,5 < L_n/h < 1$ $h \geq 2L_n$	$z = 0,8d$ $z = 1,2L_n$

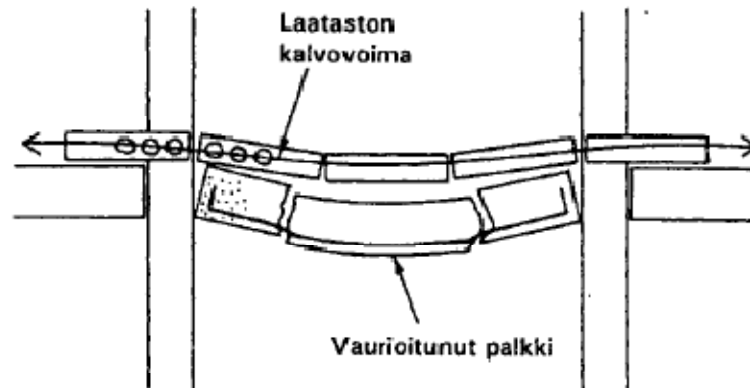
Kimoteorian mukaan lasketut tukimomentit ovat todellisia suurempia ja kenttämomentit todellisia momenteja pienempiä. Virhe on kompensoitu momenttivarsien suuruudessa eikä raudoituksiin tarvitse tehdä mitään korjauksia.

/1, s.430 - 437./

6.4 Sisäiset siteet

6.4.1 Yleistä sisäisistä siteistä

Onnettomuustilanteessa sisäisten siteiden tehtävänä on estää laattaelementin putoaminen tilanteessa, jossa laatan toisessa päässä oleva tuki on vaurioitumisen seurauksena menettänyt joko kokonaan tai osittain kantokykynsä (kuva 21).



Kuva 21. Sisäiset siteet estävät laatasta putoamasta tuen puuttuessa. /12, s.16./

Sisäisten siteiden tehtävänä on aikaansaada laatasta vaurioalueen yli kantava kalvorakenne. Samalla siteet estävät myös laattaelementin putoamisen lämpö- ja kosteusliikkeistä.

/12, s.15./

6.4.2 Sisäisten siteiden sijoittaminen

Jokaisen välipohjan ja yläpohjan taso varustetaan tason sisäpuolisilla siteillä, jotka järjestetään kahteen suuntaan likimain kohtisuoraan toisiaan vastaan. Ne tehdään olennaisesti koko pituudeltaan jatkuviksi ja ankkuroidaan rengasraudoitukseen kummassakin päässä, elleivät ne jatku vaakasiteinä pilareihin tai seiniin.

Sisäpuoliset siteet voidaan kokonaan tai osittain jakaa tasaisesti laattoihin tai ne voidaan ryhmittää palkkien tai seinien kohdalle (kuva 22).



Kuva 22. Sisäpuoliset siteet voidaan ryhmittää tuen kohdalle. /17./

Ilman pintavalua olevissa välipohjissa, joissa sisäsaumojen raudoitusta ei voi asettaa poikittain jänteen suuntaa vastaan, voidaan poikittaissiteet ryhmittää pitkin palkkikaistoja.

/5, s.167./

6.4.3 Sisäisten siteiden mitoittaminen

Eurokoodi edellyttää, että kummassakin suunnassa sisäsaumojen raudoituksen tulee pystyä kantamaan vetovoiman mitoitusarvon $F_{tie,int}$, jonka suositusarvo on 20 kN/m. /5, s.167./

Jos poikittaissiteet ryhmitetään pitkin palkkikaistoja, niin palkkikaistalla vaikuttava vähimmäisvoima on kaavan 12 mukainen:

$$F_{tie} = \frac{l_1 + l_2}{2} * q_3 \quad (12)$$

kuitenkin

$$F_{tie} \geq q_4 \quad (13)$$

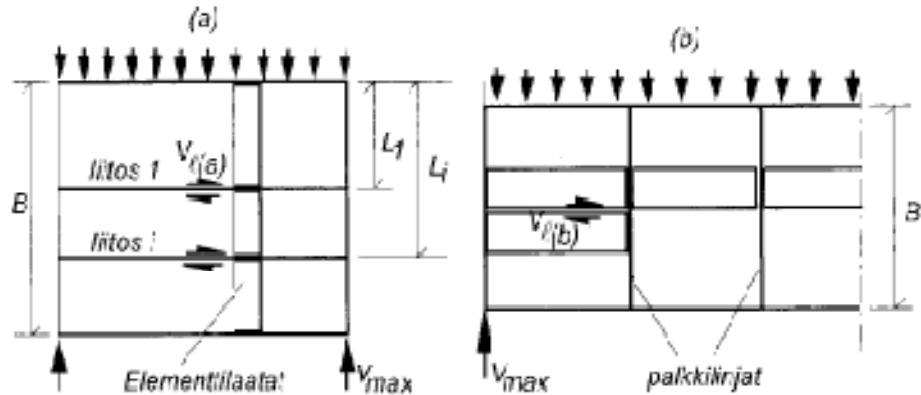
$$F_{tie} \leq 150 \text{ kN} \quad (14)$$

missä l_1 ja l_2 ovat välipohjalaattojen jännemitat palkin kummallakin puolella (kuva 6), $q_3=20$ kN/m ja $q_4=70$ kN. /5, s.167./

Elementtien ja niitä tukevien palkkien välisiin liitoksiin syntyy leikkausvoima (kuva 23, kohta a), jonka suuruus on

$$V_{la} = V_{max} * \frac{6 * (B - L_i) * L_i}{B^3} \quad (15)$$

missä L_i on liitoksen etäisyys kuormitetusta reunasta ja B on koko kentän korkeus. /1, s.186 - 187./



Kuva 23. Levyvaikutuksen aiheuttamat liitoksien leikkausvoimat. /1, s.187./

Kun palkkilinjat ovat leikkausseinien suuntaisia (kuva 23, kohta b), laatta-elementtien saumoihin kehittyvä leikkausvuo V_{lb} on suurimmillaan laattakentän keskikorkeudella. Leikkausvuon suuruus lasketaan kaavan 16 mukaisesti. /1, s.186 - 187./

$$V_{lb} = \frac{3}{2} * \frac{V_{max}}{B} \quad (16)$$

Tätä elementtien välistä liitosvoimaa pidetään yllä pelkällä saumabetonin leikkauskestävyydellä. Betoni voi olla haljennut, mutta halkeaman avautuminen estetään palkkien ja laatan päiden välisessä liitoksessa olevalla side-raudoituksella. /1, s.186 - 187./

Sisäpuoliset siteet yhdistetään rengasraudoitukseen siten, että voimien siirtyminen tapahtuu luotettavasti. /5, s.167./

6.5 Pilareiden ja seinien vaakasiteet

Reunapilarit ja -seinät sidotaan jokaiseen väli- ja yläpohjatasoon. Nurkkapilarit sidotaan kahdessa suunnassa ja rengasraudoituksena käytettävää terästä voidaan käyttää vaakasiteenä tässä tapauksessa.

Siteiden edellytetään pystyvän kantamaan vetovoiman $F_{tie, fac}$, jonka suositusarvo on 20 kN/m. Pilarien voiman ei tarvitse ylittää arvoa $F_{tie, col}$, jonka suositusarvo on 150 kN.

/5, s.168./

6.6 Pystysiteet

Vähintään viisikerroksisissa levyistä muodostuvissa rakennuksissa pilarit tai seinät varustetaan pystysitein välipohjan sortumisvaurion rajoittamiseksi, alapuolisen pilarin tai seinän onnettomuudessa tapahtuvan sortumisen varalta. Näiden siteiden tarkoituksena on silloittaa osittain yhteys säilyviin rakennuksiin.

Normaalisti rakennus varustetaan jatkuvilla pystysiteillä alimmalta tasolta ylimmälle tasolle siten, että siteet pystyvät kantamaan onnettomuusmitoitustilanteessa syntyvän kuorman vaikuttaen välipohjaan, joka sijaitsee onnettomuudessa sortuneen pilarin tai seinän yläpuolella. Muita ratkaisuja, jotka perustuvat esimerkiksi jäljelle jäävien seinäelementtien levyvaikutukseen tai välipohjien holvivaikutukseen, voidaan käyttää, jos tasapaino ja riittävä muodonmuutoskyky voidaan osoittaa.

Kun pilaria tai seinää tukee sen alapäässä muu rakenneosana kuin perustus (esim. palkki tai pilarilaatta), tämän rakenneosan sortuminen onnettomuudessa otetaan huomioon suunnittelussa ja kuormille järjestetään vaihtoehtoinen siirtymisreitti.

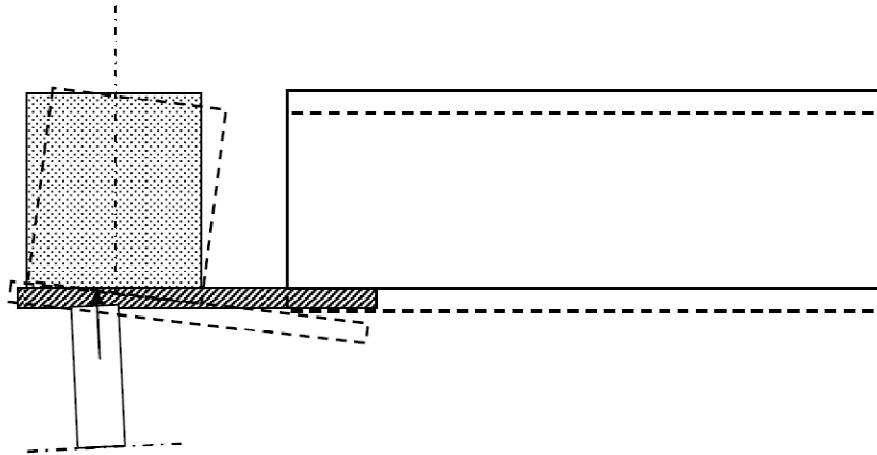
/5, s.168./

6.7 Palkkeihin tulevat siteet

6.7.1 Yleistä palkkiin tulevista siteistä

Ontelolaattoja asennettaessa toispuoleisesti palkkien päälle tulee huolehtia, että liitos pystyy siirtämään palkille epäkeskisestä kuormituksesta (kuva 24) aiheutuvan vääntömomentin laataston taivutusmomentiksi.

/7, s.41./



Kuva 24. Epäkeskeisesti kuormitettu palkki. /8, s.1/

6.7.2 Palkkeihin tulevien siteiden sijoittaminen

Teräkset mitoitetaan väännöstä syntyville voimakomponenteille ja ne suunnitellaan ankkuroitaviksi palkin alapintaan. Asennusdetaljeissa ja asennussuunnitelmissa huomioidaan ja tutkitaan, sekä mitoituksellisesti osoitetaan, myös työnaikaisten asennus- ja kuormitustilanteiden edellyttämät tuentatointenpiteet.

Saumavalut suoritetaan kelvollisissa olosuhteissa huolehtien siitä, että roskat, lumi, jää, sähköputkitukset tms. eivät heikennä saumavalun laatua eivätkä saumaterästen tartuntaa. Kaikki saumavalut tiivistetään huolellisesti täryttämällä.

/8, s.3./

6.7.3 Palkkeihin tulevien siteiden mitoittaminen

Mitoitettava raudoitus sitoo WQ-palkin ja ontelolaatat yhtenäisenä toimivaksi rakenteeksi. Raudoituksen tulee ottaa vastaan kaavan 17 mukainen mitoittava vääntökuorma.

$$M_{td} = q_d * e * \frac{L}{2} \quad (17)$$

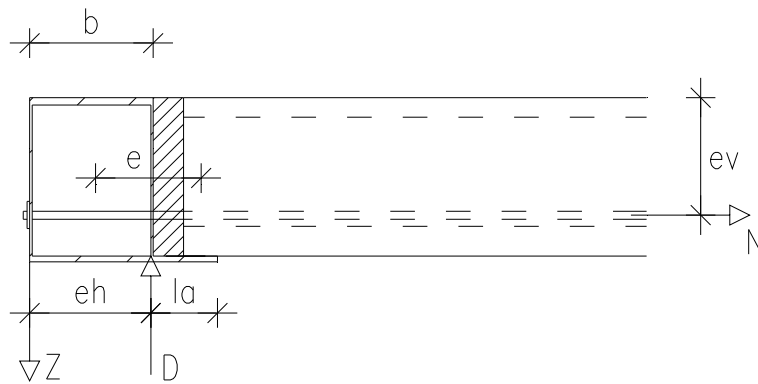
missä q_d on pystyvoimien laskentakuorma, L on laataston jänneväli ja e on kuorman epäkeskisyys (kuva 25), joka saadaan laskettua kaavasta 18.

$$e = l_a - \frac{t_u}{2} + \frac{e_h}{2} \quad (18)$$

missä l_a on WQ-palkin laipan leveys, t_u on ontelolaatan tukipituus ja e_h sisäinen momenttivarsi, joka saadaan kaavasta 19.

$$e_h = b - t_w \quad (19)$$

missä b on WQ-palkin kotelon ulkoleveys ja t_w on WQ-palkin uumalevyn paksuus.



Kuva 25. Vääntöä sitovien rautojen mitoituksessa käytettäviä mittoja.

Rautojen vääntökapasiteetti saadaan kaavan 20 mukaisesti.

$$M_{ud} = N_{ud} * e_v \quad (20)$$

missä N_{ud} on rautojen vetokapasiteetti ja e_v on sisäinen momenttivarsi WQ-palkin ja ontelolaatan liitoksessa kaavan 21 mukaisesti.

$$e_v = h - a - t_f \quad (21)$$

missä h on ontelolaatan korkeus, a on vääntöä sitovien rautojen painopisteen etäisyys ontelolaatan alapinnasta ja t_f on WQ-palkin ylälaipan paksuus.

/10./

6.8 Sideraudoituksen jatkuvuus ja ankkurointi

Kahdessa vaakasuunnassa olevien siteiden tulee olla olennaisesti jatkuvia ja ne tulee ankkuroida rakenteen ulkokehälle (kuva 26). Siteet voidaan sijoittaa kokonaan paikalla valetun betonin pintabetonivaluun tai elementtien saumoihin. Kun siteet eivät ole samassa tasossa jatkuvia, otetaan huomioon epäkeskisyyksistä aiheutuvat taivutusvaikutukset.



Kuva 26. Saumaraudat tulee ankkuroida rakenteen ulkokehälle. /3./

Siteitä ei saa normaalisti jatkaa limijatkoksina elementtien välisissä kapeissa saumoissa. Näissä tapauksissa käytetään mekaanista ankkurointia.

/5, s.168./

7 SIDERAUDOITUKSEN MITOITUSOHJELMAT

7.1 HIHA-projekti

Yrityksellä on laskentasovellusten kehitysprojekti (HIHA-projekti), jossa kerätään laskentaohjelmistojen pakettia. Projektin päämääränä on auttaa suunnittelijoita löytämään tarvitsemansa ohjelmat.

Jokaisesta tarjolla olevasta sovelluksesta kirjoitetaan lyhyt kuvaus, jossa kerrotaan seuraavat asiat:

- mitä sovelluksen avulla voi tehdä
- miten sovelluksen saa käyttöönsä
- nimetään sovellustukihenkilö, joka osaa neuvoa ohjelman käyttöön liittyvissä asioissa.

HIHA-paketissa on toistaiseksi kuvaukset yli seitsemästäkymmenestä laskentasovelluksesta ja sitä täydennetään jatkuvasti. Myös tämän insinöörityön laskentasovellukset lisätään HIHA-pakettiin tarkistusten jälkeen.

7.2 Mitoitusohjelmien synty

Mitoitusohjelmien teko aloitettiin tutustumalla ensin aihetta käsittelevään kirjallisuuteen ja Internet sivuihin, joista kerättiin mahdollisimman paljon tietoa ohjelmien tekoa varten. Ohjelmissa esitetyt kuormitukset, minimiraudoitusvaatimukset, materiaalien kestävyudet, sekä muut normisidonnaiset tiedot saatiin eurokoodeista. Mitoituksen teoria sekä raudoitusten toiminnan periaatteet saatiin aihetta käsittelevästä kirjallisuudesta.

Seuraavaksi tutustuttiin yrityksessä jo oleviin mitoitusohjelmiin ja niiden toimintaan. Kun ohjelmien periaate oli saatu selville, aloitettiin omien ohjelmien teko. Kaikki ohjelmat on tehty yrityksen omalle Excel-pohjalle, jotta ne ovat yhteneväisiä yrityksen muiden ohjelmien kanssa.

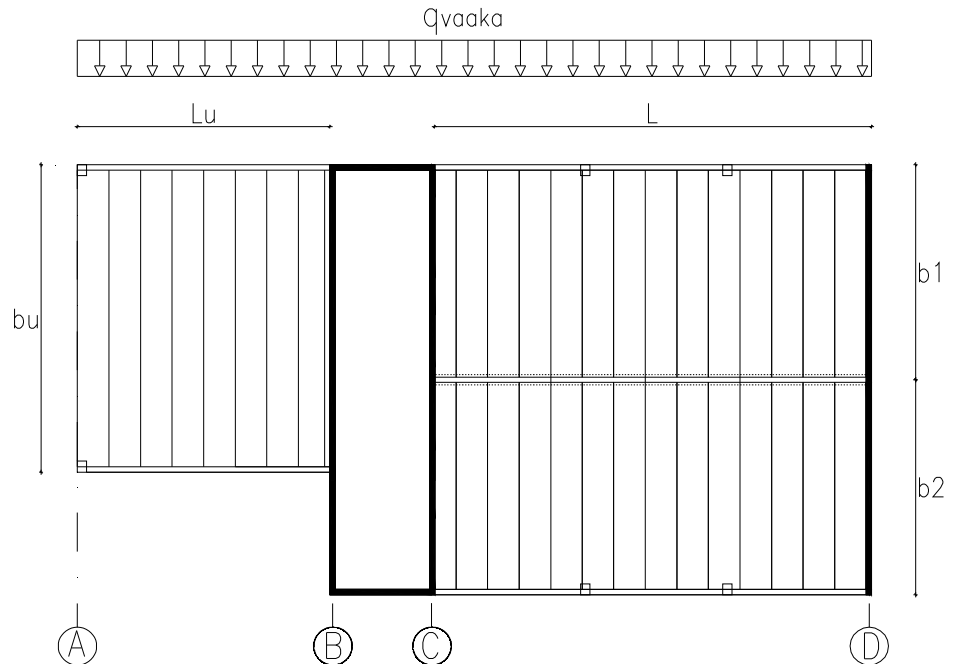
Varsinainen ohjelmien teko aloitettiin syöttämällä tarvittavat kaavat ohjelmiin. Kaavojen syöttämisen jälkeen niihin lisättiin AutoCad-ohjelmalla piirrettyjä kuvia ohjelmien käyttämisen helpottamiseksi.

Ohjelmien teon etenemistä esiteltiin työn ohjaajille noin joka toinen viikko ja heidän palautteensa avulla ohjelmaa korjailtiin ja paranneltiin käyttäjäystävällisemmäksi ja toimivammaksi.

Ohjelmien valmistumisen jälkeen niihin tehtiin vielä käyttöohjeet, joista selviää kaikki tarvittava tieto ohjelmien toiminnasta ja niiden käyttämisestä.

7.3 Esimerkkilaskelmissa käytettävä ontelolaatasto

Esimerkkilaskelmissa on käytetty kuvan 27 mukaista laatastoa. Laatasto tukeutuu molemmista päistään WQ-palkkeihin ja sen keskellä oleva aukko, sekä linjan D seinä toimivat laataston jäykistävinä rakenteina.



Kuva 27. Esimerkkilaskelmien ontelolaatasto.

Laataston lähtötiedot ovat seuraavat:

- Rakenneluokka: 1
- Pilariväli: 5,4 m
- Jänteen b_1 leveys: 10,15 m
- Jänteen b_2 leveys: 8,0 m
- Laataston C-D pituus L: 40,0 m
- Ulokkeen A-B pituus L_u : 8,0 m
- Ulokkeen A-B leveys b_u : 6,0 m

Kuormien ominaisarvot ovat seuraavat:

- Omapaino: 3,8 kN/m²
- Pysyvä kuorma: 1,5 kN/m²
- Muuttuva kuorma: 3,0 kN/m²
- Asennusaikainen hyötykuorma: 1,0 kN/m²
- Vaakakuormat yht.: 3,0 kN/m

Rakenneosien mitat ovat seuraavat:

- Ontelolaattojen paksuus: 320 mm
- Ontelolaattojen leveys 1200 mm
- Ontelolaatan tukipituus: 80 mm
- WQ-palkin kotelon ulkoleveys: 210 mm
- WQ-palkin uumalevyn paksuus: 5 mm
- WQ-palkin ylälaipan paksuus: 8 mm
- WQ-palkin laipan leveys: 130 mm
- Vääntöä sitovien rautojen painopisteen etäisyys OL:n alapinnasta: 80 mm

7.4 WQ-palkin väännön sitomisen mitoitusohjelma

7.4.1 Ohjelman esittely

Vaantorausdat.xls on Excel-työkirja, jonka avulla voidaan laskea toiselta puolelta ontelolaatoilla kuormitetulle WQ-palkille tarvittavat vääntöraudat. Mitoitusohjelma on tehty yrityksen vanhan vääntörautojen mitoitusohjelman pohjalta.

Ohjelmassa otetaan huomioon ontelolaatoilta WQ-palkille siirtyvät kuormat asennus- ja lopputilanteessa. Niistä lasketaan edelleen vastaavat, yksinkertaisen palkin tuille syntyvät voimasuureet taivutuksesta ja väännöstä.

Saumarautojen mitoitusohjelma on toteutettu Excel-työkirjana, jossa syöttötietojen antamista varten tarkoitetut solut on laatikoitu ja niissä on keltainen taustaväri. Soluissa, joissa on valmiiksi annettuja tai laskettuja tietoja, ei käytetä taustaväriä. Laskennassa käytetyt kaavat on tavallisesti kirjoitettu laskeutusolun viereen näkyville ja laskelmissa ei käytetä makroja. Mitoituksen tulokset annetaan laatikoituna tai alleviivattuna.

7.4.2 Esimerkkilaskelma

Esimerkkilaskelma on tehty kohdan 7.3 mukaiselle laatastolle ja lähtöarvoille. Laskelma aloitetaan syöttämällä aluksi lähtötiedot niille varattuihin soluihin taulukossa (kuva 28).

1) RAKENTEEN TIEDOT		RL	
Rakenneluckka		h	0,320 m
Ontelolaatan korkuus		b_{OL}	1,200 m
Ontelolaatan leveys		b	0,210 m
WQ-palkin kotelon ulkoleveys		t_w	0,005 m
WQ-palkin uumalevyn paksuus		t_f	0,008 m
WQ-palkin ylälaipan paksuus		t_u	0,080 m
Ontelolaatan tukipituus		l_s	0,130 m
WQ-palkin laipan leveys		k	5,40 m
P-lanväli		L	10,15 m
Laataston jänneväli		a	0,080 m
Vääntöä sitovien rautojen painopisteen etäisyys OL:n			

Kuva 28. Lähtötiedot syötetään niille varattuihin soluihin.

Kuormat annetaan ontelolaatastolla vaikuttavina tasokuormina, joita ovat:

- g_0 (ontelattojen omapaino)
- $q_{a,k}$ (asennusaikainen hyötykuorma)
- g_1 (pintavalusta ja ripustuksista aiheutuva kuormitus)
- q_1 (lopputilan hyötykuorma)

Jos käyttäjällä ei ole tarkempaa tietoa asennusaikaisesta hyötykuormasta, suositusarvot on saatavissa eurokoodin SFS-EN 1991-1-6 taulukosta 4.1. Jos WQ-palkin omasta painosta aiheutuva kuorma halutaan ottaa huomioon, on se lisättävä johonkin tasokuormaan.

Lähtöarvojen syöttämisen jälkeen ohjelma laskee laatastolle kuormista aiheutuvan momentin, vedon, puristuksen ja väännön, sekä asennusaikana että lopputilanteessa.

Lopuksi käyttäjä vielä syöttää haluamansa rautamäärän ja -koon, jotta ohjelma pystyy laskemaan riittävätkö ne väännön sitomiseen. WQ-reunapalkin väännön sitovien rautojen otaksutaan kulkevan palkin uumaan tehdyn reiän

läpi ja olevan luotettavasti ankkuroituja vetäviä voimia vastaan. Rautojen kiinnitys WQ-palkin ulkolaippaan on toteutettava esimerkiksi vastalevyn avulla.

Mitoitettava raudoitus sitoo WQ-palkin ja ontelolaatat yhtenäisenä toimivaksi rakenteeksi ja raudoituksen tulee ottaa vastaan voima, joka saadaan jakamalla WQ-palkkia vääntävä momentti (m_d) vastaavan sisäisen momenttivarren (e_v) pituudella. Laskennan tehtyään ohjelma ilmoittaa (kuva 29) onko raudoitus riittävä vai onko sitä lisättävä.

4) TULOKSET			
Asennusaikainen tuenta tarvitaan aina!!			
Lopputilanteessa reunapalkin vääntö sidotaan raudoiteilla (MRT)			
Raudoite		T16k1200	
Tankoja saumassa	n	1	kpl/sauma
Myötölujuus	f_y	500	N/mm ²
Rautojen halkaisija	F	16	mm
Saumaväli (liikimain b_{ol})	sa	1200	mm
Teräksen osavarmuuskerroin	g_s		1,1
Rautojen vetokapasiteetti	$n_{ud} = n \cdot p \cdot (F/2)^2 \cdot f_y / g_s / s =$		76,16 kNm/m
Raudoitteen vääntökapasiteetti	$m_{ud} = n_{ud} \cdot e_v =$		17,67 kNm/m
Mitoitettava vääntökuorma	$m_{i,d} = q_d \cdot e \cdot L / 2 =$		10,35 kNm/m
Mitoitusehto:	m_{ud}	17,67 kNm/m	\geq 10,35 OK!
	Käyttöaste:		59 %
Valitaan tangot		T16k1200	1 kappaletta/sauma

Kuva 29. Mitoitusohjelma ilmoittaa lopuksi riittääkö käyttäjän valitsema raudoitus.

Kuvasta 29 nähdään, että raudoituksen käyttöasteeksi tuli 59 %, joten T16k1200 riittää sitomaan väännön.

7.5 Rengasraudoituksen mitoitusohjelma

7.5.1 Ohjelman esittely

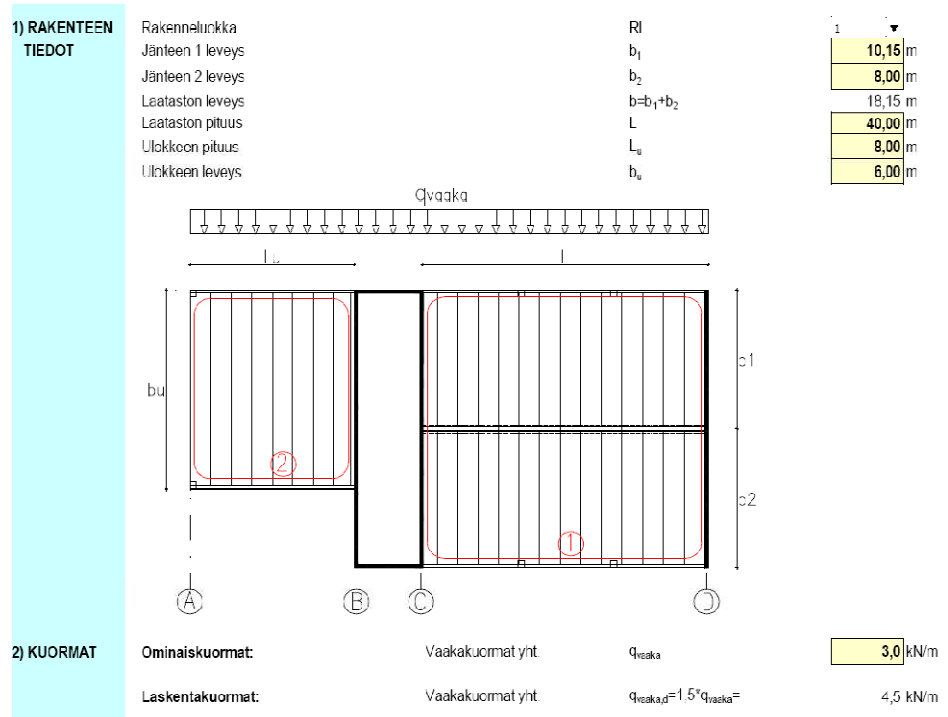
Rengasraudoitus.xls on Excel-työkirja, jonka avulla voidaan laskea yksinkertaisesti tuetun ja/tai ulokkeellisen ontelolaattatason vaatima rengasraudoitus. Kuormien laskelmat ja rengasrautojen mitoitus perustuu eurokoodeihin.

Raudoitus mitoitetaan ottamaan vastaan tasoon kohdistuvien vaakavoimien aiheuttama taivutusmomentti.

Mitoitusohjelma on toteutettu yrityksen omalle pohjalle ja sen ulkoasu ja tyyli on vastaavanlainen kuin vääntörautojen mitoitusohjelmassa.

7.5.2 Esimerkkilaskelma

Esimerkkilaskelmassa on käytetty kohdan 7.3 mukaista ontelolaatastoa ja lähtöarvoja. Mitoitus aloitetaan syöttämällä ensin rakenteen tiedot, sekä kuormat niille varattuihin soluihin (kuva 30).



Kuva 30. Rakenteen tiedot syötetään laskelman alussa.

Kuorma annetaan laataston pitkälle sivulle vaikuttavana vaakakuormana q_{vaaka} , joka pitää sisällään kaikki tasoon vaikuttavat vaakavoimat.

Tämän jälkeen ohjelma laskee tasoon kohdistuvan taivutusmomentin M_{Ed} ja raudoituksen momenttivarren z . Näiden avulla saadaan laskettua rengasrautoihin vaikuttava vetovoima $F_{t,d}$. Mitoittavana vetovoimana toimii joko vaakakuormien aiheuttama vetovoima tai eurokoodin SFS-EN 1992-1-1 kaavan 9.15 mukainen minimivetovoima.

Mitoittavan vetovoiman laskettuaan ohjelma laskee tarvittavan rengasraudoituksen, sekä sen käyttöasteen ulokkeelle A-B ja laatastolle C-D (kuva 31).

Laataston C-D rengasraudoitus:		
Raudoite		2T12
Tankoja saumassa	n	2 kpl/sauma
Myötöjuisuus	f_{yk}	500,0 N/mm ²
Rautojen halkaisija	F	12 mm
Teräksen osavarmuuskerroin	γ_s	1,1
Teräksen vetolujuus	$f_{sd} = f_{yk} / \gamma_s$	454,5 N/mm ²
Rengasraudoituksen pinta-ala	$A_s =$	226,2 mm ²
Vaadittu pinta-ala	$A_{s,vaad} \geq F_{o,d} / f_{sd}$	223,3 mm ²
Laatan C-D rengasraudat: 2T12 KA: 98,7 % OK!		
Ulokkeen A-B rengasraudoitus:		
Raudoite		2T10
Tankoja saumassa	n	2 kpl/sauma
Myötöjuisuus	f_{yk}	500,0 N/mm ²
Rautojen halkaisija	F	10 mm
Teräksen osavarmuuskerroin	γ_s	1,1
Teräksen vetolujuus	$f_{sd} = f_{yk} / \gamma_s$	454,5 N/mm ²
Rengasraudoituksen pinta-ala	$A_s =$	167,1 mm ²
Vaadittu pinta-ala	$A_{s,vaad} \geq F_{o,d} / f_{sd}$	164,0 mm ²
Ulokkeen A-B rengasraudat: 2T10 KA: 98,0 % OK!		

Kuva 31. Tarvittava rengasraudoitus esimerkkilaskelman laatastolle.

Kuvasta 31 nähdään, että rengasraudoitusta tarvitaan laatastolla C-D 2T12, jolloin käyttöaste on 98,7 %, ja ulokkeella A-B 2T10, jolloin käyttöaste on 98,0 %.

7.6 Sisäisten siteiden mitoitusohjelma

7.6.1 Ohjelman esittely

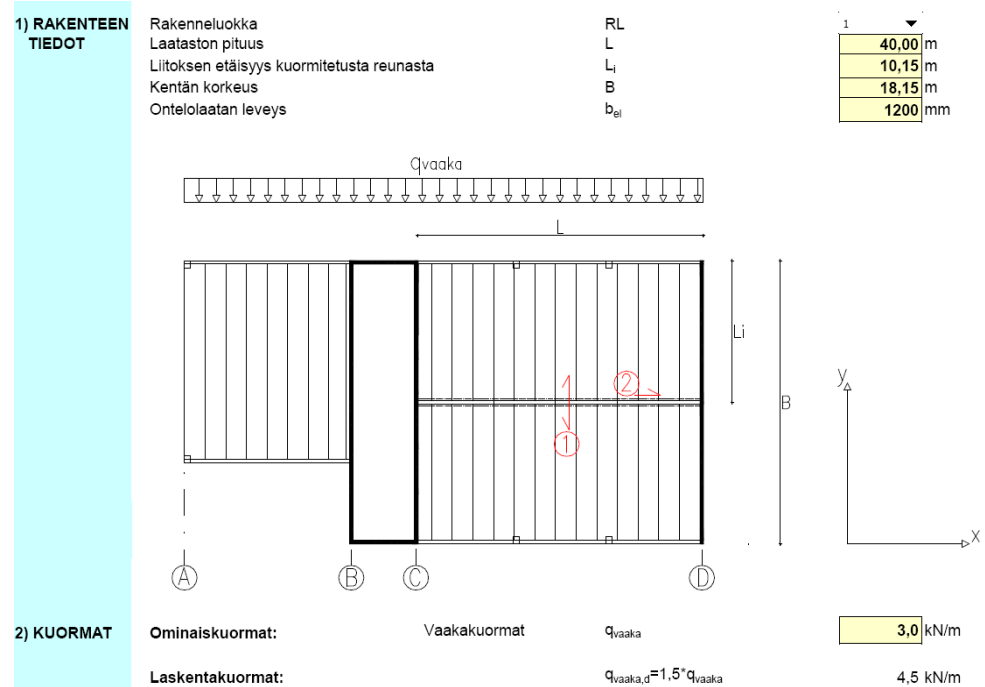
Sisäiset siteet.xls on Excel-työkirja, jonka avulla voidaan laskea yksinkertaisesti tuetun ontelolaattatason vaatimat sisäiset siteet. Kuormien laskelmat ja saumarautojen mitoitus perustuu eurokoodeihin.

Raudoitus mitoitetaan ottamaan vastaan tasoon kohdistuvista vaakavoimista aiheutuvat leikkausvoimat laattojen saumoissa. Vaadittava leikkausvoimakkestävyys saumoissa lasketaan molempiin suuntiin. Ontelolaattojen pituus-suunnassa saumaraudat mitoitetaan laattojen saumaan ja vaakasuunnassa raudat mitoitetaan asennettavaksi palkkilinjalle.

Sisäisten siteiden mitoitusohjelma on toteutettu samalle Excel-pohjalle kuin muutkin tämän insinööriyön taulukot, joten sen toimintaperiaate ei eroa muista.

7.6.2 Esimerkkilaskelma

Esimerkkilaskelmassa on käytetty kohdassa 7.3 esiteltyä ontelolaatasta ja sen mukaisia lähtöarvoja. Sisäisten siteiden mitoitus aloitetaan syöttämällä taulukkoon ensin rakenteen tiedot, sekä laatastaon vaikuttava vaakakuorma niille varattuihin soluihin (kuva 32).



Kuva 32. Laskelman aluksi syötetään taulukkoon rakenteen tiedot.

Kuorma annetaan laatastaon vaikuttavana vaakakuormana q_{vaaka} , joka pitää sisällään tuulikuorman sekä rakenteiden vinoudesta aiheutuvan vaakakuorman.

Tämän jälkeen ohjelma laskee laatastaon syntyvät systeemin suurimmat leikkausvoimat ja niiden avulla saumoissa vaikuttavat leikkausvuot sekä edelleen mitoittavat leikkausvoimat. Laskelmissa mitoittavana leikkausvoimana toimii joko laskennallinen leikkausvoima V_{Ed} tai eurokoodin mukainen minimivoima F_{tie} .

Mitoittavan leikkausvoiman laskemisen jälkeen tulee käyttäjän syöttää haluamansa raudoitus (kuva 33). Ohjelma kertoo tarvittavan raudoituksen pinta-alan ja vertaa sitä käyttäjän syöttämän teräsmäärän pinta-alaan. Tämän jälkeen ohjelma ilmoittaa onko raudoitus riittävä vai tuleeko sitä lisätä.

4) TULOKSET			
Sisäisten siteiden mitoitus:			
<i>(1) Suunta y:</i>			
Raudoite			1T10
Tankoja saumassa	n		1 kpl/sauma
Mytölujuus	f_{sk}		500,0 N/mm ²
Rautojen halkaisija	F		10 mm
Teräksen osavarmuuskerroin	$\gamma_s =$		1,1
Teräksen vetolujuus	$f_{sd} = f_{sk}/\gamma_s$		454,5 N/mm ²
Sisäisten siteiden pinta-ala	$A_s =$		78,5 mm ²
Vaadittu pinta-ala	$A_{vaad,y} \geq V_{ay,m}/f_{sd}$		52,8 mm ²
Laatan C-D sisäiset siteet, y:			
		1T10	KA: 67,2 % OK!
<i>(2) Suunta x:</i>			
Raudoite			2T12
Tankoja saumassa	n		2 kpl/sauma
Mytölujuus	f_{sk}		500,0 N/mm ²
Rautojen halkaisija	F		12 mm
Teräksen osavarmuuskerroin	$\gamma_s =$		1,1
Teräksen vetolujuus	$f_{sd} = f_{sk}/\gamma_s$		454,5 N/mm ²
Sisäisten siteiden pinta-ala	$A_s =$		226,2 mm ²
Vaadittu pinta-ala	$A_{vaad,x} \geq V_{ax,m}/f_{sd}$		163,8 mm ²
Laatan C-D sisäiset siteet, x:			
		2T12	KA: 72,4 % OK!

Kuva 33. Ohjelma kertoo onko raudoitusta riittävästi.

Kuvasta 33 nähdään, että esimerkkilaskelman tapauksessa sisäisiksi siteiksi vaaditaan pystysuunnassa 1T10 jokaiseen saumaan ja vaakasuunnassa 2T12 palkkilinjalle.

7.7 Eurokoodin ja vanhan normin vertailu

Tämän insinööriyön laskentaohjelmat on tehty eurokoodin normien perusteella. Suurin osa laskentaohjelmissä olevista laskukaavoista on statiikkaa, joka ei ole riippuvaista käytetystä normista. Tämän takia laataston raudoitusvaatimuksiin ei tule suuria eroja lasketaan ne sitten eurokoodin, tai vanhan normin mukaisesti.

Esimerkiksi vääntörautojen mitoituksen esimerkkilaskelman tuloksena saadaan eurokoodin mukaisesti T16k1200 ja käyttöasteeksi 60 %, kun taas vanha normi antaa samoilla lähtöarvoilla tulokseksi T16k1200 ja käyttöasteeksi 59 %.

Normien sidejärjestelmiä koskevat määräykset eroavat toisistaan vain kuormitusyhdistelmien kertoimien (taulukko 6) ja materiaalien osavarmuuskerroimien pieninä eroavaisuuksina sekä minimiraudoitusvaatimuksien pieninä eroina.

Taulukko 6. Yhdistelykertoimien eroavaisuudet.

Yhdistelykertoimet	Vanha normi	Eurokoodi
Pysyvät kuormat	1,2	1,15
Muuttuvat kuormat	1,6	1,5

8 YHTEENVETO

Tässä työssä selvitettiin ontelolaattatason ja sen sidejärjestelmien toimintaperiaatteita ja kehitettiin ontelolaattatason rengas- ja saumaraudoituksen, sekä tason ja reunapalkin liitoksen mitoitusta helpottavat eurokoodin mukaiset laskentataulukot. Tämän lisäksi taulukoista laadittiin esimerkkilaskelmat ja käyttöohjeet.

Rengas- ja saumaraudoituksen laskentataulukot toimivat vain niissä esitetyille yksinkertaisille rakennemalleille, joissa laatasto on joko yksinkertaisesti tuettu tai se toimii ulokkeena, eikä niitä voida suoraan käyttää monimutkaisemmissa rakenteissa. Ontelolaattatason ja reunapalkin liitoksen laskentataulukon avulla voidaan laskea toiselta puolelta kuormitetulle reunapalkille tarvittava rauditus, sekä palkin tuille syntyvät voimat. Ohjelmaa voidaan käyttää myös epäsymmetrisesti kuormitetun keskipalkin tukireaktioiden laskentaan asennustilanteessa, mutta tällöin käyttäjän on itse muunnettava kuormitus vain toiselta puolelta vaikuttavaksi.

Käyttöohjeissa esitellään ohjelman toiminta ja kerrotaan, minkälaisille rakenteille sitä voidaan käyttää. Ohjeissa neuvotaan kuinka lähtöarvot tulee syöttää ja kuinka ohjelman antamia tuloksia tulee tulkita. Ohjeista selviää myös taulukossa käytetyt mitoitusperiaatteet, sekä mihin asioihin käyttäjän tulisi kiinnittää erityistä huomiota.

Työn alussa asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin ja ontelolaattatason toimintaa käsittelevä teoria on kattavaa ja se helpottaa suunnittelijan työtä. Insinöörityössä tehdyt laskentataulukot voidaan ottaa yrityksessä käyttöön niiden tarkastamisen jälkeen. Laskentataulukoista saatiin selkeitä, toimivia ja helppokäyttöisiä. Taulukoiden avulla saadaan helposti laskettua yksinkertaisen ontelolaattatason jäykistyksen vaatimat rauditusmäärät.

Tulevaisuudessa taulukoita voitaisiin helposti laajentaa kattamaan useampia rakennetyyppejä, jolloin taulukoista saataisiin vielä käyttökelpoisempia. Taulukoiden laajentaminen onnistuisi helposti tässä insinööriyössä tehtyjen taulukoiden pohjalta, sillä niistä tulisi muuttaa vain osa rakenteiden statiikkaa käsittelevästä osuudesta.

VIITELUETTELO

- [1] Leskelä Matti, *Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2005 by210*. Helsinki: Libris Oy. 2006
- [2] RTT Rakennusteollisuus ry, *Valmisosarakentaminen 2, Perustus- ja runkorakenteet*. Lahti: Lahden Kirjapaino ja Sanomalehti Oy. 1995
- [3] Suorakanava Oy. *PARMAperustukset - laataston saumavalu*. Päivitetty 17.01.2006 [viitattu 21.01.2009]. Saatavissa: www.rakentaja.fi
- [4] Parma Oy. *ParmaParel-ontelolaatat Suunnitteluohje* [verkkodokumentti]. Päivitetty 01.10.2003 [viitattu 21.01.2009]. Saatavissa: www.parma.fi/fi/Ammattirakentajalle/Suunnittelu
- [5] *SFS-EN 1992-1-1, Eurokoodi 2 osa 1-1 yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS, 2005
- [6] Rakennusteollisuus Oy. *Rakennusrungon vakavuustarkastelut* [verkkodokumentti]. Päivitetty 25.09.2006 [viitattu 22.01.2009]. Saatavissa: www.betoni.com/fi/Elementtirakentaminen/Runkorakenteet
- [7] Suomen Betoniyhdistys r.y., *Betonirakenteiden yksityiskohtien ja raudoituksen suunnitteluohjeet, 4. Elementit*. Jyväskylä: GUMMERUS KIRJAPAINO OY, 1989.
- [8] FISE Oy. *Rakennusvirhepankki, RVP-V-BE-15 Ontelolaattamatalapalkkirakenteen välisen liitoksen toteutusvirheet* [verkkodokumentti]. Päivitetty 07.12.2006 [viitattu 26.02.2009]. Saatavissa: www.fise.fi
- [9] *SFS-EN 1991-1-6, Eurokoodi 1 osa 1-6 yleiset kuormat. Toteuttamisen aikaiset kuormat*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS, 2005.
- [10] *WQ-palkin väännön sitovan raudoituksen mitoitus*. Yrityksen moniste. Helsinki. 2009.
- [11] Lohja Rudus Oy Ab. *Asiakastiedote, maaliskuu 2005* [verkkodokumentti]. Päivitetty 03.2005 [viitattu 06.02.2009]. Saatavissa: www.rudus.fi/fi/Toimialat/Valmisbetoni/Esitteet
- [12] Suomen Betoniyhdistys r.y., *Betoninormikortisto, kortti 23 liitosten mitoitus onnettomuuskuormille*. Helsinki: 1993
- [13] *SFS-ENV 1991-2-7, Eurokoodi 1 osa 2-7 törmäyksestä ja räjähdyksistä aiheutuvat onnettomuuskuormat*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS, 2000.
- [14] *SFS-ENV 1991-2-2, Eurokoodi 1 osa 2-2 rakenteiden kuormat. Palolle altistettujen rakenteiden kuormat*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS, 1995.
- [15] MTV Oy. *Bussi liukui lasten leikkipaikan yli seinään*. Päivitetty 20.02.2008 [viitattu 26.02.2009]. Saatavissa: www.mtv3.fi/rikos

- [16] SFS-EN 1991-1-7:en, Eurokoodi 1 osa 1-7 onnettomuuskuormat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS, 2007.
- [17] Eero Riikonen, *Betonielementtirakenteet*. Kurssiaineisto kevät 2009. Helsinki: Metropolia, 2009.

LIITELUETTELO

- LIITE 1 WQ-PALKIN VÄÄNNÖN SITOVAN RAUDOITUKSEN MITOITUSOHJELMA
- LIITE 2 WQ-PALKIN VÄÄNNÖN SITOVAN RAUDOITUKSEN MITOITUSOHJELMAN KÄYTTÖOHJE
- LIITE 3 RENGASRAUDOITUKSEN MITOITUSOHJELMA
- LIITE 4 RENGASRAUDOITUKSEN MITOITUSOHJELMAN KÄYTTÖOHJE
- LIITE 5 SISÄISTEN SITEIDEN MITOITUSOHJELMA
- LIITE 6 SISÄISTEN SITEIDEN MITOITUSOHJELMAN KÄYTTÖOHJE

Finnmap Consulting FMC GROUP		Työn nro	12345	Rakennelaskelmat	
		Tekijä	ATS	Pos.	3 010
		Päiväys	23.1.2009	Sivu	1 101
Rakennuskohde		Sisältö			
Laskentapohja		WQ-PALKIN VÄÄNNÖN SITOVAN RAUDOITUKSEN MITOITUS			
Versio 1.0 (23.1.2009)					
1) RAKENTEEN TIEDOT	Rakenneluokka	RL	1		
	Ontelolaatan korkeus	h	0,320	m	
	Ontelolaatan leveys	b _{OL}	1,200	m	
	WQ-palkin kotelon ulkoleveys	b	0,210	m	
	WQ-palkin uumalevyn paksuus	t _w	0,005	m	
	WQ-palkin ylälaipan paksuus	t _f	0,008	m	
	Ontelolaatan tukipituus	t _u	0,080	m	
	WQ-palkin laipan leveys	l _a	0,130	m	
	Pilariväli	k	5,40	m	
	Laataston jänneväli	L	10,15	m	
Vääntöä sitovien rautojen painopisteen etäisyys OL:n	a	0,080	m		
2) KUORMAT	Ominaiskuormat:	Omapaino	g ₀	3,80 kN/m ²	
		Pysyvä	g ₁	1,50 kN/m ²	
		Muuttuva	q ₁	3,00 kN/m ²	
		Yht.	q _k = g ₀ + g ₁ + q ₁	8,30 kN/m ²	
		Asennusaikainen hyötykuorma	q _{a,k}	1,00 kN/m ²	
	Laskentakuormat:		g _{0d} = 1,15 * g ₀	4,37 kN/m ²	
			g _{1d} = 1,15 * g ₁	1,73 kN/m ²	
			q _{1d} = 1,5 * q ₁	4,50 kN/m ²	
			q _d = g _{0d} + g _{1d} + q _{1d}	10,60 kN/m ²	
			q _{a,d} = 1,5 * q _{a,k}	1,50 kN/m ²	
Yhdelle laatalle tulevat ominaiskuormat		Palkin tukireaktiot taivutuksesta käyttö- ja murtotilassa			
a) asennusaikaisesta hyötykuormasta		a) asennusaikana			
q _{a,k} * (L-b) * b _{OL}	11,93 kN/laatta	R _{a,k} = (g ₀ + q _{a,k}) * (k/2) * (L/2)	65,77 kN	(KRT)	
b) lopputilanteessa		R _{a,d} = (g _{0d} + q _{a,d}) * (k/2) * (L/2)	80,43 kN	(MRT)	
g ₀ * (L-b) * b _{OL}	45,33 kN/laatta	b) lopputilanteessa			
g ₁ * (L-b) * b _{OL}	17,89 kN/laatta	R _{1,k} = q _k * (k/2) * (L/2)	113,73 kN	(KRT)	
q ₁ * (L-b) * b _{OL}	35,78 kN/laatta	R _{1,d} = q _d * (k/2) * (L/2)	145,18 kN	(MRT)	
Laatastolta palkille tulevan kuorman epäkeskisyyden ja momenttivartret väännössä					
Kuorman epäkeskisyyden	e = l _a - (t _u /2) + (e _n /2) =		0,193 m		
Momenttivarsi WQ-palkin uuman voimille	e _n = b - t _w =		0,205 m		
Sisäinen momenttivarsi (WQ-reunapalkin ja OL:n liitoksessa, ks. kuva 1)	e _v = h - a - t _f =		0,232 m		
Ohjelman laatija: Atte Salminen					

Finnmap Consulting FMC GROUP		Työn nro	12345	Rakennelaskelmat	
		Tekijä	ATS	Pos.	3 010
Rakennuskohde		Päiväys	23.1.2009	Sivu	2 102
Laskentapohja		Sisältö	WQ-PALKIN VÄÄNNÖN SITOVAN RAUDOITUKSEN MITOITUS		
3) VOIMAT	WQ-palkin väännöstä aiheutuva tukireaktio (T) sekä kuvan 1 mukaiset, väännöstä ja taivutuksesta aiheutuvat uumalevyjen veto- ja puristusvoimat (Z ja D) tuella				
a) asennusaikana					
$T_{a,k} = (g_0 + q_{a,k}) \cdot (k/2) \cdot (L/2) \cdot e =$	12,66 kNm	vääntö KRT			
$T_{e,d} = (g_{0e} + q_{e,d}) \cdot (k/2) \cdot (L/2) \cdot e =$	15,48 kNm	vääntö MRT			
$D_{a,k} = -(T_{a,k}/eh) + (R_{a,k}/2) =$	-94,65 kN	uuman puristus KRT			
$Z_{a,k} = (T_{a,k}/eh) - (R_{a,k}/2) =$	28,88 kN	uuman veto KRT			
$D_{e,d} = -(T_{e,d}/eh) + (R_{e,d}/2) =$	-115,75 kN	uuman puristus MRT			
$Z_{e,d} = (T_{e,d}/eh) - (R_{e,d}/2) =$	35,31 kN	uuman veto MRT			
b) lopputilanteessa					
$T_{l,k} = q_k \cdot (k/2) \cdot (L/2) \cdot e =$	21,89 kNm	vääntö KRT			
$T_{l,d} = q_d \cdot (k/2) \cdot (L/2) \cdot e =$	27,95 kNm	vääntö MRT			
$D_{l,k} = -(T_{l,k}/eh) + (R_{l,k}/2) =$	-163,66 kN	uuman puristus KRT			
$Z_{l,k} = (T_{l,k}/eh) - (R_{l,k}/2) =$	49,93 kN	uuman veto KRT			
$D_{l,d} = -(T_{l,d}/eh) + (R_{l,d}/2) =$	-208,91 kN	uuman puristus MRT			
$Z_{l,d} = (T_{l,d}/eh) - (R_{l,d}/2) =$	63,74 kN	uuman veto MRT			
c) Reunapalkin väännön sitovan raudoituksen mitoitettava voima (vrt. voima N kuvassa 1) lopputilanteessa					
$N_{l,k} = q_k \cdot (L/2) \cdot (e/ev) =$	34,95 kN/m	$S_k = N_{l,k} \cdot b_{oi}$	41,94 kN/teräs	(KRT)	
$N_{l,d} = q_d \cdot (L/2) \cdot (e/ev) =$	44,61 kN/m	$S_d = N_{l,d} \cdot b_{oi}$	53,54 kN/teräs	(MRT)	
4) TULOKSET	Asennusalkainen tuenta tarvitaan aina!				
Lopputilanteessa reunapalkin vääntö sidotaan raudoitteilla (MRT)					
Raudoite			T16k1200		
Iankoja saumassa	n		1	kpl/sauma	
Myötölujuus	f_y		500	N/mm ²	
Reutojen halkaisija	F		16	mm	
Saumaväli (likimain b_{oi})	sa		1200	mm	
Teräksen osavarmuuskerroin	$g_s =$		1,1		
Reutojen vetokapasiteetti	$n_{ed} = n \cdot p \cdot (F/2) \cdot 2 \cdot f_y / g_s =$		76,16	kN/m	
Raudoitteen vaantokapasiteetti	$m_{ed} = n_{ed} \cdot ev =$		17,67	kNm/m	
Mitoitettava vaantokuorma	$m_{l,d} = q_d \cdot e \cdot L/2 =$		10,35	kNm/m	
Mitoitusehto:	m_{ed}	17,67 kNm/m	\geq	10,35	OK!
	Käyttöaste:			69 %	
Valitaan tangot T16k1200 1 kappaletta/sauma					
Ohjelman laatija: Atte Salminen					

Finnmap Consulting

FMC GROUP

Ohjelman tekijä: Atte Salminen

Vaantoraodat.xlsx käyttöohje

1 (1)

Vaantoraodat.xls on Excel-työkirja, jonka avulla voidaan laskea toiselta puolelta kuormitetun WQ-palkin (reunapalkin) tuille asennustilanteessa syntyvät voimat sekä edelleen mitoittaa rauditus, joka sitoo reunapalkille tulevan väännön ontelolaattojen ja WQ-reunapalkin liitoksessa (lopputilanteessa). Ohjelmaa voi käyttää myös epäsymmetrisesti kuormitetun keskipalkin tukireaktioiden laskentaan asennustilanteessa, mutta tällöin käyttäjän on itse muunnettava kuormitus vain toiselta puolelta vaikuttavaksi. Kuormien laskelmat ja saumarautojen mitoitus perustuu Eurokoodeihin.

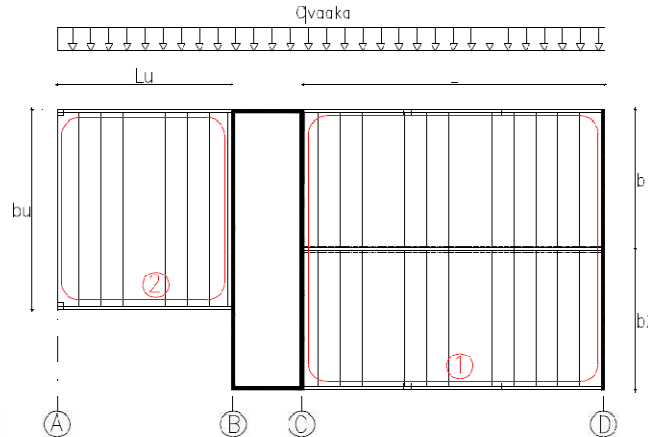
Ohjelmassa otetaan huomioon ontelolaatoilta WQ-(reuna)palkille siirtyvät kuormat asennus- ja lopputilanteessa. Niistä lasketaan edelleen vastaavat, yksinkertaisen palkin tuille syntyvät voimasuureet taivutuksesta ja väännöstä. Tuloksena saadaan muun muassa WQ-palkin uumalevyiltä tuille siirtyvien puristus- ja vetovoimien arvot. Rauditus mitoitetaan ottamaan vastaan WQ-(reuna)palkille tuleva vääntökuormitus.

Saumarautojen mitoitusohjelma on toteutettu Excel-työkirjana. Syöttötietojen antamista varten tarkoitetut solut on laatikoitu ja niissä on keltainen taustaväri. Soluissa, joissa on valmiiksi annettuja tai laskettuja tietoja, ei käytetä taustaväriä. Viimeksi mainittujen solujen kaavat on suojattu muuttamista vastaan ja ne on tavallisesti kirjoitettu laskentasolun viereen näkyville. Mitoituksen tulokset annetaan laatikoituna tai alleviivattuna.

Rakennemalli	Yksiaukkoinen WQ-reunapalkki asennus- ja lopputilanteessa (tai toispuolisesti kuormitettu WQ-palkki asennustilanteessa). Ontelolaatasto tukeutuu WQ-palkin laippaan.
Kuormitus	Kuormat annetaan ontelolaatastolla vaikuttavina tasokuormina, joita ovat: g_0 (ontelaaattojen omapaino), $q_{a,k}$ (asennusaikainen hyötykuorma), g_1 (pintavalusta ja ripustuksista aiheutuva kuormitus) sekä q_1 (lopputilan hyötykuorma). Jos käyttäjällä ei ole tarkempaa tietoa asennusaikaisesta hyötykuormasta, niin suositusarvot on saatavissa Eurokoodin SFS-EN 1991-1-6 taulukosta 4.1. Jos WQ-palkin omasta painosta aiheutuva kuorma halutaan ottaa huomioon on se lisättävä johonkin tasokuormaan (esim. kuormaan g_1).
Rauditus	WQ-reunapalkin väännön sitovien rautojen otaksutaan kulkevan palkin uumaan tehdyn reiän läpi ja olevan luotettavasti ankkuroituja vetäviä voimia vastaan. Rautojen kiinnitys WQ-palkin ulkolaippaan on toteutettava esimerkiksi vastalevyn avulla.
Reunapalkille tulevan väännön sitovien rautojen mitoittaminen	Mitoitettava rauditus sitoo WQ-palkin ja ontelolaatat yhtenäisenä toimivaksi rakenteeksi. Raudituksen tulee ottaa vastaan voima, joka saadaan jakamalla WQ-palkkia vääntävä momentti (m_d) vastaavan sisäisen momenttivarren (e_v) pituudella. Tämä mitataan palkin yläreunasta rautojen sijoituskorkeuteen. Käyttäjä antaa raudituksen (tavallisesti yksi tanko saumassa riittää) ja ohjelma ilmoittaa käyttöasteen (vaatimus: $K_a \leq 100 \%$).
HUOM1	Jos ankkurointivoimat ovat suuria, tulisi myös varmistaa, että ontelolaattojen punostus riittää poikittaiskuormituksen aiheuttamien taivutusrasitusten lisäksi siirtämään myös väännön ankkurointivoimat!
HUOM2	WQ-palkin liitokset pystyrakenteisiin tulee mitoittaa ottamaan vastaan asennusaikainen vääntö (liitoksen vääntökapasiteetti on yleensä määräävä). Käytännössä asennusaikainen tuenta vaaditaan aina.

Lasketapohja RENGASRAUDOITUKSEN MITOITUS Versio 1.0 (29.1.2009)

1) RAKENTEEN TIEDOT	Rakennoluokka	RL	1
	Jänteen 1 leveys	b_1	10,15 m
	Jänteen 2 leveys	b_2	8,00 m
	Laataston leveys	$b = b_1 + b_2$	18,15 m
	Laataston pituus	L	40,00 m
	Ulokkeen pituus	L_u	8,00 m
	Ulokkeen leveys	b_u	6,00 m



2) KUORMAT	Ominaiskuormat:	Vaakakuormat yht.	q_{vaaka}	3,0 kN/m
	Lasketakuormat:	Vaakakuormat yht.	$q_{vaaka,d} = 1,5 \cdot q_{vaaka}$	4,5 kN/m

3) TULOKSET	(1) Laataston C-D voimat, yksinkertaisesti tuettu:		
Mitoitusmomentti	$M_{ed,1} = q_{vaaka,d} \cdot L^2 / 20 =$		900,0 kNm
Piirouden ja leveyden suhde	$L/b =$		2,20
Momenttivarsi	$\begin{cases} Z = 0,15 \cdot b (3 + (L/b)), \text{ kun } 1 < L/b < 2 \\ Z \leq 0,75 \cdot b, \text{ kun } 1 < L/b < 2 \\ Z = 0,6 \cdot L, \text{ kun } L/b \leq 1 \\ Z = \end{cases}$		14,2 m 13,6 m 0,0 m 13,6 m
Vetotankoihin kohdistuva voima	$F_{t,d1} = M_{ed,1} / Z =$		66,1 kN
Minimi vetovoima	$F_{te,per,1} = \max(b_1; b_2) \cdot q_1, q_1 = 10 \text{ kN/m}$ $F_{te,per,1} \geq Q_{z1}, Q_{z2} =$ $F_{te,per,1} =$		101,5 kN 70,0 kN 101,5 kN
Mitoittava vetovoima	$F_{d,1} = \max(F_{t,d1}, F_{te,per,1}) =$		101,5 kN
Laataston C-D rengasraudoitus:			
Raudoite		2T12	
Tankoja saumassa	$n =$	2	kpl/sauma
Myötölujuus	$f_{sk} =$	500,0	N/mm ²
Rautojen halkaisija	$F =$	12	mm
Teräksen osavarmuuskerroin	$\gamma_s =$	1,1	
Teräksen vetolujuus	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s =$	454,5	N/mm ²

Rengasraudoituksen pinta-ala	$A_s =$	226,2 mm ²
Vaaciittu pinta-ala	$A_{vaad,1} \geq F_{d,1} / f_{sd}$	223,3 mm ²

Laatan C-D rengasraudat: 2T12 KA: 98,7 % OK!

Finnmap Consulting FMC GROUP		Työn nro 12345	Rakennelaskelmat
		Tekijä ATS	Pos. 3 010
		Päiväys 29.1.2009	Sivu 2 102
Rakennuskohde Laskentapohja	Sisältö RENGASRAUDOITUKSEN MITOITUS		
(2) Uloke A-B:			
Mitoitusmomentti	$M_{ed,u} = q_{vaaka,d} * L_u^2 / 2 =$	144,0 kNm	
Pituuden ja leveyden suhde	$L_u / b_u =$	1,33	
Momenttivarsi	$\begin{cases} Z_u = 0,8 * b_u, & \text{kun } 0,5 < L_u / b_u < 1 \\ Z_u = 1,2 * L_u, & \text{kun } b_u < 2L_u \\ Z_u = & \end{cases}$	4,8 m 0,0 m 4,8 m	
Vetotankoihin kohdistuva voima	$F_{t,du} = M_{ed,u} / Z_u =$	30,0 kN	
Minimi vetovoima	$F_{tie,per,u} = b_u * q_1, q_1 = 10 \text{ kN/m}$ $F_{tie,per,u} \geq Q_2, Q_2 = 70 \text{ kN}$ $F_{tie,per,u} =$	60,0 kN 70,0 kN 70,0 kN	
Mitoitava vetovoima	$F_{d,u} = \max(f_{t,du}, f_{tie,per,u})$	70,0 kN	
Ulokkeen A-B rengasraudoitus:			
Raudoite		2T10	
Tankoja saumassa	n	2 kpl/sauma	
Myötölujuus	f_{sk}	500,0 N/mm ²	
Rautojen halkaisija	F	10 mm	
Teräksen osavarmuuskerroin	$\gamma_s =$	1,1	
Teräksen vetolujuus	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$	454,5 N/mm ²	
Rengasraudoituksen pinta-ala	$A_s =$	157,1 mm ²	
Vaadittu pinta-ala	$A_{vaad,u} \geq F_{d,u} / f_{sd}$	154,0 mm ²	
Ulokkeen A-B rengasraudat:		2T10	KA: 98,0 % OK!

Finnmap Consulting

FMC GROUP

Ohjelman tekijä: Atte Salminen

Rengasraudoitus.xlsx käyttöohje 1 (1)

Rengasraudoitus.xls on Excel-työkirja, jonka avulla voidaan laskea yksinkertaisesti tuetun ja/tai ulokkeellisen ontelolaattatason vaatiman rengasraudoituksen. Kuormien laskelmat ja rengasrautojen mitoitus perustuu Eurokoodeihin.

Raudoitus mitoitetaan ottamaan vastaan tasoon kohdistuvien vaakavoimien aiheuttama taivutusmomentti.

Rengasrautojen mitoitusohjelma on toteutettu Excel-työkirjana. Syöttötietojen antamista varten tarkoitetut solut on laatikoitu ja niissä on keltainen taustaväri. Soluissa, joissa on valmiiksi annettuja tai laskettuja tietoja, ei käytetä taustaväriä. Viimeksi mainittujen solujen kaavat on suojattu muuttamista vastaan ja ne on tavallisesti kirjoitettu laskentasolun viereen näkyville. Mitoituksen tulokset annetaan laatikoituna tai alleviivattuna.

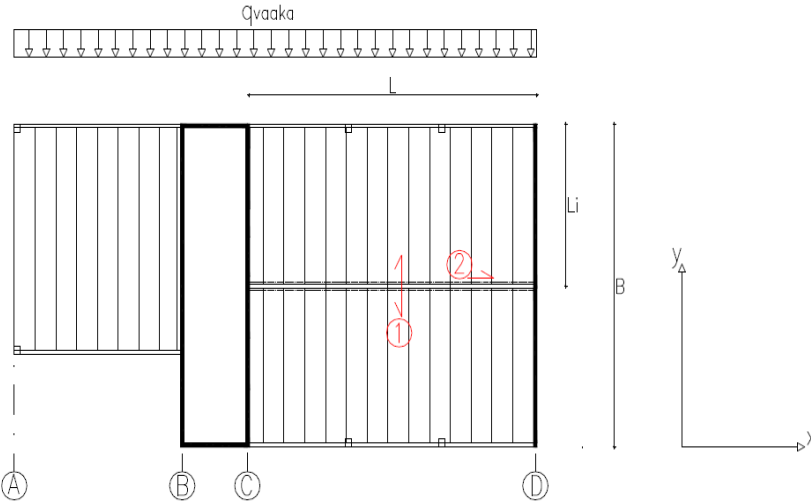
Rakennemalli	Aukollinen ja ulokkeellinen ontelolaattataso, jossa ontelolaatat on päistään tuettu joko seiniin tai palkkeihin.
Kuormitus	Kuorma annetaan laatastoon vaikuttavana vaakakuormana q_{vaaka} , joka pitää sisällään tuulikuorman sekä rakenteiden vinoudesta aiheutuvan vaakakuorman. Minimikuormina käytetään Eurokoodin SFS-EN 1992-1-1 kaavan 9.15 mukaisia rengasraudoituksen minimi vetovoimia.
Raudoitus	Rengasrautojen tulee kiertää koko tason ympäri ja rautojen ankkurointi ja limitykset tulee suorittaa huolella.
Rengasrautojen mitoittaminen	Rengasraudat mitoitetaan ottamaan vastaan tasoon kohdistuva taivutusmomentti M_{Ed} . Momentista aiheutuu rautoihin vetovoima $F_{t,d}$, jonka suuruus lasketaan jakamalla momentti raudoituksen momenttivarrella z . Mitoittavana vetovoimana toimii joko momentin aiheuttama vetovoima tai Eurokoodin mukainen minimivetovoima. Käyttäjä antaa raudoituksen ja ohjelma ilmoittaa käyttöasteen (vaatimus: $K_a \leq 100\%$).
HUOM1	Rakenteissa, joissa on sisänurkkia ja -alueita, tarvitaan rengasraudoitusta samalla tavalla kuin rakenteissa, joissa on ulkonurkat.

Työn nro	12345	Rakennelaskelmat
Tekijä	ATS	Pos. 3 010
Päiväys	29.1.2009	Sivu 1 101

Rakennuskohde	Sisältö	Versio 1.0 (29.1.2009)
Lasketapohja	SISÄISTEN SITEIDEN MITOITUS	

1) RAKENTEEN TIEDOT

Rakenneluokka	RL	1
Laataston pituus	L	40,00 m
Liitoksen etäisyys kuormitetusta reunasta	L_i	10,15 m
Kentän korkeus	B	18,15 m
Ontelolaatan leveys	b_{el}	1200 mm



2) KUORMAT

Ominaiskuormat:	Vaakuormat	q_{vaaka}	3,0 kN/m
Lasketakuormat:		$q_{vaaka,d} = 1,5 \cdot q_{vaaka}$	4,5 kN/m

3) VOIMAT

Laatasto C-D, yksinkertaisesti tuettu:

(1) Suunta y:

Systeemin suurin leikkausvoima	$V_{Ed} = q_{vaaka,d} \cdot L/2$	90,0 kN
Leikkausvoivo saumassa, y	$V_{ed,y} = V_{Ed} \cdot [(6 \cdot (B-L_i) \cdot L_i) / B^3]$	7,3 kN/m
Leikkausvoivo saumassa, y	$V_{ed,y} = V_{ed,y} \cdot b_{el}$	8,8 kN
Normin mukainen vähimmäisvoivo, y	$F_{lie,int} = 20 \text{ kN/m} \cdot b_{el}$	24,0 kN
Mitoittava leikkausvoivo, y	$V_{d,y,mit} = \max(V_{ed,y}; F_{lie,int})$	24,0 kN

(2) Suunta x:

Systeemin suurin leikkausvoivo	$V_{Ed} = q_{vaaka,d} \cdot L/2$	90,0 kN
Leikkausvoivo palkkilinjalla, x	$V_{ed,x} = V_{Ed} \cdot [(6 \cdot (B-L_i) \cdot L_i) / B^3]$	7,3 kN/m
Leikkausvoivo palkkilinjalla, x	$V_{ed,x} = V_{ed,x} \cdot \max(L_i; B-L_i)$	74,4 kN
Normin mukainen vähimmäisvoivo, x	$F_{lie} = \max \begin{cases} (B/2) \cdot 20 \text{ kN/m} \\ F_{lie,min} = 70 \text{ kN} \\ F_{lie} \leq 150 \text{ kN} \end{cases}$	150 kN
Mitoittava leikkausvoivo, x	$V_{d,x,mit} = \max(V_{ed,x}; F_{lie})$	74,4 kN

Rakennuskohde

Sisäilitö

Laskentapohja

SISÄISTEN SITEIDEN MITOITUS

4) TULOKSET

Sisäisten siteiden mitoitus:

(1) Suunta y:

Raudcote

1T10

Tankoja saumassa

n

1 kpl/sauma

Myötöslujuus

 f_{sk} 500,0 N/mm²

Rautojen halkaisija

F

10 mm

Teräksen osavarmuuskerroin

 $\gamma_s =$

1,1

Teräksen vetolujuus

 $f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$ 454,5 N/mm²

Sisäisten siteiden pinta-ala

 $A_s =$ 78,5 mm²

Vaadittu pinta-ala

 $A_{vaad,y} \geq V_{dy,mit} / f_{sd}$ 52,8 mm²

Laatan C-D sisäiset siteet, y:

1T10

KA: 67,2 % OK!

(2) Suunta x:

Raudcote

2T12

Tankoja saumassa

n

2 kpl/sauma

Myötöslujuus

 f_{sk} 500,0 N/mm²

Rautojen halkaisija

F

12 mm

Teräksen osavarmuuskerroin

 $\gamma_s =$

1,1

Teräksen vetolujuus

 $f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$ 454,5 N/mm²

Sisäisten siteiden pinta-ala

 $A_s =$ 226,2 mm²

Vaadittu pinta-ala

 $A_{vaad,x} \geq V_{dx,mit} / f_{sd}$ 163,8 mm²

Laatan C-D sisäiset siteet, x:

2T12

KA: 72,4 % OK!

Finnmap Consulting

FMC GROUP

Ohjelman tekijä: Atte Salminen

Sisäiset siteet.xlsx käyttöohje

1 (1)

Sisäiset siteet.xls on Excel-työkirja, jonka avulla voidaan laskea yksinkertaisesti tuetun ontelolaattatason vaatimat sisäiset siteet. Kuormien laskelmat ja rautojen mitoitus perustuu Eurokoodeihin.

Raudoitus mitoitetaan ottamaan vastaan tasoon kohdistuvista vaakavoimista aiheutuvat leikkausvoimat laattojen saumoissa. Ontelolaattojen pituussuunnassa sisäiset siteet mitoitetaan laattojen saumoihin ja vaakasuunnassa raudat mitoitetaan asennettavaksi palkkilinjalle. Ohjelma laskee saumoissa vaikuttavan todellisen leikkausvoiman sekä normin mukaisen vähimmäisvoiman ja käyttää näistä suurempaa arvoa mitoittavana voimana.

Sisäisten siteiden mitoitusohjelma on toteutettu Excel-työkirjana. Syöttötietojen antamista varten tarkoitettut solut on laatikoitu ja niissä on keltainen taustaväri. Soluissa, joissa on valmiiksi annettuja tai laskettuja tietoja, ei käytetä taustaväriä. Viimeksi mainittujen solujen kaavat on suojattu muuttamista vastaan ja ne on tavallisesti kirjoitettu laskentasolun viereen näkyville. Mitoituksen tulokset annetaan laatikoituna tai alleviivattuna.

Rakennemalli	Aukollinen ja ulokkeellinen ontelolaattataso, jossa ontelolaatat on päistään tuettu joko seiniin tai palkkeihin.
Kuormitus	Kuorma annetaan laatastoon vaikuttavana vaakakuormana q_{vaaka} , johon käyttäjän tulee sisällyttää kaikki tasoon kohdistuvat vaakakuormat. Minimikuormina käytetään Eurokoodin SFS-EN 1992-1-1 kaavan 9.16 mukaisia sisäisten siteiden minimi vetovoimia.
Raudoitus	Ontelolaattojen pituussuunnassa sisäiset siteet asennetaan laattojen saumaan ja vaakasuunnassa raudat ne keskitetään palkkilinjalle.
Saumarautojen mitoittaminen	Raudoitus mitoitetaan kulkevaksi palkkilinjan yli jokaisessa elementtien saumassa. Kohtisuoraan ontelolaattoja vastaan oleva leikkausvoima mitoitetaan palkkilinjalle. Mitoittavana vetovoimana toimii joko laskennallinen vetovoima tai eurokoodin mukainen minimivetovoima. Eurokoodi edellyttää, että kummassakin suunnassa sisäsaumojen raudoituksen tulee pystyä kantamaan vetovoiman mitoitusarvon $F_{\text{tie,int}}$, jonka laskenta kumpaankin suuntaan on esitetty Eurokoodissa. Käyttäjä antaa raudoituksen ja ohjelma ilmoittaa käyttöasteen (vaatimus: $K_a \leq 100 \%$).
HUOM	Jokaisen välipohjan ja yläpohjan taso varustetaan tason sisäpuolisilla siteillä, jotka järjestetään kahteen suuntaan likimain kohtisuoraan toisiaan vastaan.