



TEKNIikka JA LIIKENNE

Rakennustekniikka

Tuotantotekniikka

INSINÖÖRITYÖ

**BETONITERÄKSEN SUHTEELLISEN HARJAPINTA-ALAN VAIKUTUS TAIVUTETUN
RAKENTEEN HALKEAMALEVEYTEEN**

**Työn tekijä: Antti T. Kuusela
Työn ohjaaja: Casper Ålander**

Työ hyväksytty: ____. ____. 2009

**Jouni Kalliomäki
lehtori**



ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin Celsa Steel Service Oy:lle. Haluan kiittää työn valvojaa Jouni Kalliomäkeä ohjauksesta ja kannustuksesta sekä työn ohjaajaa Casper Ålanderia asiantuntija-avusta tutkimuksen aikana. Lisäksi haluan kiittää laboratorioinsinööri Matti Leppää teknisestä avusta tutkimuslaitteiden käytössä sekä Tuomas Ritolaa tulosten kirjaamisesta pitkiksikin venyneiden koestuspäivien aikana.

Erityisesti haluan kiittää läheisiäni ja työtovereitani, joilta saamani tuki on mahdollistanut pitkän projektin saattamisen päätökseen.

Helsingissä 07.05.2009

Antti T. Kuusela

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Antti T. Kuusela	
Työn nimi: Betoniteräksen suhteellisen harjapinta-alan vaikutus taivutetun rakenteen halkeamaleveyteen	
Päivämäärä: 07.05.2009	Sivumäärä: 31 s. + 8 (82) liitettä
Koulutusohjelma: Rakennustekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantotekniikka
Työn ohjaaja: lehtori Jouni Kalliomäki, Metropolia AMK	
Työn ohjaaja: kehityspäällikkö Casper Ålander, Celsa Steel Service Oy	
<p>Tämä insinööryö tehtiin Celsa Steel Service Oy:lle. Työn tavoitteena oli tutkia betoniteräksen suhteellisen harjapinta-alan vaikutusta taivutetun teräsbetonirakenteen halkeamaleveyteen.</p> <p>Tutkimus toteutettiin taivutuskokein, joissa kuormitettiin identtisesti raudoitettuja teräsbetonisia laattasuikaleita. Raudoitteet valmistettiin kahden eri teräsluokan harjateräksistä kahta eri raudoitusastetta käyttäen.</p> <p>Taivutuskokeissa koekappaleita esikuormitettiin ensin lähelle sallittua taipuma-arvoa, jonka jälkeen kuormitusta toistettiin 300 MPa:n teräsjännitystä vastaavalla voimalla, kunnes taipuma ei enää oleellisesti suurentunut. Tällä tavoin pyrittiin saamaan aikaiseksi koetilanne, joka vastaisi käyttörajatilan olosuhteita ilman pitkäaikaista kuormitusta.</p> <p>Esikuormituksen jälkeen koekappaleita kuormitettiin vaiheittain kolmella eri voimalla, jotka aiheuttivat 250, 300 ja 350 MPa:n teräsjännityksen. Halkeamaleveydet mitattiin jokaisella kuormitustasolla. Halkeamamittausten ajan voimat pidettiin vakioina. Halkeamamittauksia tehtiin kokeiden aikana n. 2000 kpl yhteensä 12:sta koekappaleesta. Niiden tuloksia verrattiin toisiinsa sekä normeihin RakMk B4 ja EN 1992-1-1.</p> <p>Tutkimuksen tulokset osoittivat, että betoniteräksen suhteellisella harjapinta-alalla on merkittävä vaikutus taivutettuun teräsbetonirakenteeseen syntyvien halkeamien suuruuteen. Vaikutus oli selkeästi suurempi alhaisemmalla raudoitusasteella, mutta ei kuitenkaan aiwan odotetun suuruinen, koska esikuormituksen aikana erityisesti suuremman harjapinta-alan omaavissa teräksissä oli tapahtunut myötäämistä. Korkeammalla raudoitusasteella myötäämistä ei esiintynyt ja suhteellisen harjapinta-alan vaikutus oli odotetun suuruinen.</p> <p>Tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset pyritään esittämään tässä raportissa lyhyesti ja havainnollisesti grafiikkaa ja taulukoita hyödyntäen.</p> <p>Tutkimuksen perusteella voidaan todeta lisä- ja jatkotutkimuksiin olevan tarvetta.</p>	
Avainsanat: suhteellinen harjapinta-ala (f_R), halkeamaleveys (w_k), teräsluokka, käyttörajatila, RakMk B4, EN 1992-1-1	

ABSTRACT

Name: Antti T. Kuusela	
Title: Influence of the Related Rib Area on the Crack Width	
Date: 07.05.2009	Number of pages: 31 p. + app. 8 (82) p.
Department: Civil Engineering	Study Programme: Construction and Site Management
Instructor: Jouni Kalliomäki, Metropolia	
Supervisor: Casper Ålander, Development Manager, Celsa Steel Service Oy	
<p>This study was commissioned by Celsa Steel Service Oy. The aim of this study was to examine the influence of the related rib area on the widths of the cracks at two different reinforcement ratios.</p> <p>The experimental part of the study consisted of bending tests. Two different steel classes with different values of the related rib area were used in otherwise identically reinforced narrow slabs.</p> <p>First, the slabs were preloaded close to the value of the admissible deflection. Then the slabs were repeatedly deflected with the preload equal to the steel stress 300 MPa until the deflection did not increase any more. This was to simulate the serviceability limit state (SLS) without the long term loading.</p> <p>After the preloading three different loads was used in stages. The loads corresponded to steel stresses 250, 300 and 350 MPa. The widths of the cracks were measured at each level of loading. Approximately 2000 cracks in 12 slabs were measured. The results of the tests were compared between the steel classes and to the calculated values according to the codes RakMk B4 and EN 1992-1-1.</p> <p>The results of this study showed that there is a significant influence of the related rib area on the width of the cracks. The influence was clearly increased at the lower reinforcement ratio, though the difference between the steel classes was not exactly the expected hence of exceeding the yield strength during the preloading of the specimens particularly with the larger rib area. In the case of the higher reinforcement ratio no yielding occurred and the differences between the steel classes were as expected. The results of this study are presented shortly with tables and scales in this report.</p> <p>On the basis of this research there seems to be need for further studies of related topics.</p>	
Keywords: related rib area, width of crack, steel class, serviceability limit state, RakMk B4, EN 1992-1-1	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen taustaa	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	1
1.3	Tutkimuksen toteutus	2
2	KÄSITTEITÄ	2
2.1	Halkeilu taivutetussa teräsbetonirakenteessa	2
2.2	Suhteellinen harjapinta-ala	3
2.3	Halkeamaleveys	4
3	KOEJÄRJESTELYT	6
3.1	Valmistelevat työt	6
3.2	Kuljetus ja varastointi	6
3.3	Työturvallisuus	7
3.4	Koejärjestelyn testaus	7
3.5	Ympäristöasiat	7
3.6	Koekappaleet	7
3.6.1	<i>Mitoitus</i>	7
3.6.2	<i>Koekappaleiden lukumäärä</i>	8
3.6.3	<i>Raudoitustiedot</i>	8
3.6.4	<i>Materiaalitiedot ja piirustukset</i>	8
3.7	Tuenta ja tukipinnat	9
3.8	Mittalaitteet	10
3.9	Mittauspisteet ja dokumentointi	10
3.10	Mittauspöytäkirjat	11
4	TAIVUTUSKOKEET	11
4.1	Esikuormitus	11
4.2	Halkeamaleveyksien ja taipuman mittaus eri kuormitustasoilla	11

4.3	Kuormittaminen murtoon	12
4.4	Murtuminen	12
4.5	Tutkimuksen aikana ilmenneitä ongelmia	14
5	TULOKSET	15
5.1	Sarjojen 1A ja 2A tulokset	15
5.2	Sarjojen 1B ja 2B tulokset	16
6	TULOSTEN VERTAILU	17
6.1	Maksimihalkeamaleveyksien keskiarvot	17
6.1.1	<i>Sarjat 1A ja 2A</i>	<i>17</i>
6.1.2	<i>Sarjat 1B ja 2B</i>	<i>18</i>
6.2	Teräsluokkien väliset muutossuhteet	20
6.2.1	<i>Sarjat 1A ja 2A</i>	<i>20</i>
6.2.2	<i>Sarjat 1B ja 2B</i>	<i>20</i>
6.3	Normien mukaiset laskenta-arvot	21
6.4	Aiemmat tutkimukset	25
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	27
7.1	Suhteellisen harjapinta-alan vaikutus halkeamaleveyteen	27
7.2	Tuloksiin vaikuttaneita tekijöitä	27
7.2.1	<i>Terästen myötääminen esikuormitusvaiheessa</i>	<i>27</i>
7.2.2	<i>Laskenta-arvoja suuremmat halkeamaleveyksien mittaustulokset</i>	<i>28</i>
7.3	Muita havaintoja	29
7.4	Lisätutkimukset	29
	VIITELUETTELO	30
	LIITTEET	31

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen taustaa

Rakenteen elinkaaren piteneminen vähentää oleellisesti huolto- ja korjaus-tarvetta ja siten vähentää kustannuksia sekä lisää turvallisuutta. Koska beto-niteräsrakenteisiin syntyvien halkeamien koko vaikuttaa oleellisesti raken-teen käyttöikänsä, on syytä tutkia eri teräsluokkien välisiä eroja ja niiden vai-kutusta halkeaman leveyteen.

Tutkimuksen tilaaja on Celsa Steel Service Oy. Yrityksen toimiala on betoni-terästen, raudoitteiden ja raudoitustarvikkeiden myynti ja markkinointi sekä raudoitteiden valmistus Suomessa.

Celsa Steel Service Oy on osa Euroopan suurimpiin kuuluvaa betoniteräk-sen tuottajaa, espanjalaista Celsa konsernia. Celsalla on tuotantolaitoksia ja toimipisteitä laajalti Euroopassa sekä kaupallisia toimistoja ympäri maail-man, uusimpina aluevaltauksina Kiina ja Intia.

Johtava asema Suomen markkinoilla velvoittaa Celsa Steel Service Oy:tä toimimaan edelläkävijänä tuotekehityksen saralla. Tutkimukset materiaalien ja tuotantoprosessien parissa tuottavat alati uutta tietoa yhä tehokkaampien, turvallisempien sekä ympäristöä vähemmän kuormittavien ratkaisujen löytä-miseksi.

Euroopan yhdistymisen myötä yhdentyvät myöskin rakentamista ja raken-nustuotteita koskevat normit, standardit ja ohjeistukset. Tämä aiheuttaa myös osaltaan tarvetta lisätutkimuksiin ja vertailuihin eri säännösten välillä. Celsa Steel Service Oy:n tilaama tutkimus on siis luonnollinen jatke monille käynnissä oleville ja jo tehdyille tutkimuksille.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia betoniteräksen suhteellisen harjapinta-alan (f_R) vaikutusta taivutetun rakenteen halkeamaleveyteen (w_k).

Taivutetun teräsbetonirakenteen vedetylle puolelle muodostuu halkeamia, kun betonin vetolujuus ylittyy. EN 1992-1-1 (Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt) koh-

dan 7.3.1 (2) mukaan teräsbetonirakenteissa syntyy normaalisti halkeilua välittömän kuormituksen, pakkosiirtymän, pakkomuodonmuutoksen tai viimeksi mainittujen estymisen aiheuttaman taivutuksen, leikkauksen, väännön tai vedon seurauksena. /1, s. 123./

Halkeamien syntymistä on lähes mahdotonta estää, mutta halkeamaleveyteen vaikuttamalla voidaan rakenneosan tai rakenteen tarkoituksenmukainen toimivuus (säilyvyys) ja ulkonäkö saada hyväksyttävälle tasolle.

1.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus toteutettiin tutkimussuunnitelman (liite1) mukaisesti teräsbetonisten laattasuikaileiden taivutuskokeilla Metropolia AMK:n rakennetekniikan laboratoriossa. Taivutuskokeissa kuormitettiin vapaasti tuettuja, identtisesti kahden eri teräsluokan (B500B /2/, B500C1 /3/) teräksillä raudoitettuja koe-kappaleita.

2 KÄSITTEITÄ

2.1 Halkeilu taivutetussa teräsbetonirakenteessa

Halkeamia syntyy teräsbetonirakenteeseen kuormituksen tai pakkovoimien aiheuttaman vetävän muodonmuutoksen ylittäessä betonin murtovenymän. Halkeaman muodostuessa raudoituksen ja betonin muodonmuutoksien yhtäsuuruus ei ole enää voimassa koko rakenteessa, jolloin raudoituksen venymä kasvaa suuremmaksi kuin betonin venymä. Halkeaman kohdalla betonin venymä on nolla, mutta on suurimmillaan kahden halkeaman keskivälissä. Raudoitus taas saa suurimman venymäarvonsa juuri halkeaman kohdalla ja pienimmän venymäarvonsa vastaavasti halkeamien keskivälillä.

Ensimmäiset halkeamat alkavat muodostua maksimimomentin kohdalle, kun betonin vetojännitys saavuttaa vetolujuuden arvon. Vetolujuuden ylittyessä muodostuu halkeama, jonka kohdalla vetovoima siirtyy raudoitukselle.

Harjateräksen harjat estävät terästankoa liukumasta betonin sisällä. Harjojen muoto, korkeus, suunta ja väli vaikuttavat tartunnan voimakkuuteen.

2.2 Suhteellinen harjapinta-ala

Standardi SFS-EN 10080 /4, s. 4/ määrittää kohdassa 3.9 suhteellisen harjapinta-alan (f_R) seuraavasti:

Tangon tai langan pituusakselia vastaan kohtisuoralle tasolle projisoitujen kaikkien harjojen pinta-ala jaettuna harjavälillä ja nimellisellä ympärysmitalla.

Suhteellinen harjapinta-ala voidaan laskea standardin SFS-EN ISO 15630-1 /5, s. 26/ kohdan 11.3.1 mukaan kaavasta 1:

$$f_R = \frac{1}{\pi d} \sum_{i=1}^n * \frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_{R,i,j} \sin \beta_{i,j}}{c_i} \quad (1)$$

jossa

n on tangon poikkileikkauksen poikittaisharjarivien lukumäärä

m on samassa rivissä olevien erisuuntaisten poikittaisharjojen lukumäärä

$\beta_{i,j}$ on poikittaisharjan vinouskulma

c_i on poikittaisharjaväli

ja jossa yhden poikittaisharjan pituusleikkauksen pinta-ala F_R lasketaan kaavasta 2:

$$F_R = \sum_{i=1}^p (a_{s,i} \Delta l) \quad (2)$$

jossa

$a_{s,i}$ on harjanosan (i) keskikorkeus jaettuna harja (p) osaan, jonka pituus on Δl .

2.3 Halkeamaleveys

RakMk B4 (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa B4. Betonirakenteet, ohjeet 2005) /6, s. 32/ kohdan 2.3.3.3 mukaan halkeamaleveys (w_k) lasketaan kaavasta 3:

$$w_k = \varepsilon_s \left(3,5c + k_w \frac{\phi}{\rho_r} \right) \quad (3)$$

jossa

c	on betonipeitteen vähimmäisarvo
ϕ	on tangon keskimääräinen halkaisija
k_w	on 0,085 (A500HW, A700HW, B500K, B600KX ja B700K)
$\rho_r = \frac{A_s}{A_{ce}}$	pinta-alaan A_{ce} lasketaan se poikkileikkauksen ve tovyöhykkeen alue, jota rajoittavat suorat matkan $7,5\phi$ päässä yksittäisen tangon keskipisteestä
ε_s	on raudituksen venymä käyttötilassa

Halkeilleilla betonirakenteilla raudituksen venymänä (ε_s) voidaan käyttää raudituksen keskimääräistä venymää (ε_{sm}), joka lasketaan kaavasta 4:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \frac{1}{25k_w} \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \geq 0,4 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (4)$$

jossa

σ_s	on teräksen jännitys halkeaman kohdalla
σ_{sr}	teräksen jännitys halkeaman avautumishetkellä haljenneessa tilassa

EN 1992-1-1 /1, s. 123/ kohta 7.3.4 määrittää halkeamaleveyden (w_k) laskennan kaavalla 5:

$$w_k = S_{r,\max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (5)$$

jossa

$S_{r,\max}$ on suurin halkeamaväli

ε_{sm} on keskimääräinen raudoituksessa vaikuttava venymä kyseisen kuormayhdistelmän vallitessa, mukaan luettuna pakkosiirtymien ja pakkomuodonmuutosten vaikutus ja ottamalla huomioon betonin vetojäykistysvaikutukset. Vain betonin nollavenymätilan ylittävä lisävenymä samalla korkeustasolla otetaan huomioon

ε_{cm} on keskimääräinen venymä halkeamien välillä

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ lasketaan kaavasta 6:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (6)$$

jossa

σ_s on vetoraudoituksessa vaikuttava jännitys, kun poikkileikkauksen oletetaan halkeilleen

α_e on suhde E_s/E_{cm}

$\rho_{p,eff}$ on $(A_s + \xi_1^2 A_p) / A_{c,eff}$

A_p on tartunta- tai ankkurijänteiden ala poikkileikkauksen osapinnalla $A_{c,eff}$

$A_{c,eff}$ on betoniteräksiä ympäröivän, vetojännityksen-
alaisen betonialueen tehollinen pinta-ala, kun
alueen korkeus on $h_{c,ef}$, missä $h_{c,ef}$ on pienin ar-
voista $2,5(h-d)$, $(x-h)/3$ ja $h/2$

ξ_1 on muunnettu tartuntalujuuksien suhde, kun ote-
taan huomioon jänneteräksen ja betoniteräksen
erilainen halkaisija

$$= \sqrt{\xi \cdot \frac{\phi_s}{\phi_p}}$$

ϕ_s on betoniterästankojen suurin halkaisija

ϕ_p on jänneteräksen ekvivalentti halkaisija

k_r on 0,6 lyhytaikaiskuormituksille ja 0,4 pitkäaikais-
kuormitukselle

3 KOEJÄRJESTELYT

3.1 Valmistelevat työt

Taivutuskokeet tehtiin Helsingissä Metropolia AMK:n rakennetekniikan labo-
ratoriossa 3. - 16. 12.2008, mutta valmistelevat työt oli aloitettu jo heinäkuus-
sa 2008, jolloin koottiin tutkimussuunnitelman (liite 1) mukaisesti raudoitteet
Celsa Steel Service Oy:n Espoon raudoitetehtaalla. Valmisraudoitteet toimi-
tettiin Rudus Betonituote Oy:n Nurmijärven tehtaalle, jossa koekappaleet
betonoitiin teräsmuoteissa 22.7.2008.

3.2 Kuljetus ja varastointi

Koekappaleiden kuljettaminen ja purku sisälle rakennetekniikan laborato-
rioon vaati erikoiskalustoa koekappaleiden koon ja laboratorion lastausovien
mataluuden vuoksi. Myös varastointitilojen ahtaudesta aiheutui koekappalei-
den ylimääräistä siirtelyä ja järjestelyä.

3.3 Työturvallisuus

Tutkimuksen aikana noudatettiin Metropolia AMK:n laboratorion turvallisuusohjeita. Turvallisuusohjeisiin ja testauslaitteiston käyttöohjeisiin tutustuttiin laboratorioinsinööri Matti Lepän johdolla.

Koekappaleiden siirtoon käytettiin tarkastettuja nostolaitteita. Siirrot suoritettiin rauhallisesti ja harkiten. Piha-alue eristettiin lippusiimalla ja puomeilla kuormien purkamisen ja lastauksen ajaksi.

Kuormitetun koekappaleen alapuolelta ei tehty halkeamamittauksia turvallisuussäännösten vuoksi.

Kuulosuojaimia ja suojalaseja käytettiin lieriötä porattaessa. Hitsattaessa käytettiin asianmukaisia suojarusteita ja huolehdittiin paloturvallisuudesta.

3.4 Koejärjestelyn testaus

Järjestelyjen toimivuus ja turvallisuus varmistettiin simuloimalla taivutuskoe puupalkilla laboratorioinsinööri Matti Lepän valvonnassa ennen varsinaisten koekappaleiden taivuttamista.

Taivutuskojeen koekäyttö sujui suuremmista ongelmista. Ainoa huomionarvoinen seikka ilmeni siirtymäohjauksella toteutetun esikuormituksen aikana, jolloin A- ja B-sylinterien kuormat erosivat toisistaan huomattavasti. Siirryttäessä voimaohjaukseen tätä ilmiötä ei esiintynyt.

3.5 Ympäristöasiat

Taivutetut koekappaleet toimitettiin betonijätteen keräyspisteeseen Konalaan murskattavaksi uusiokäyttöön.

3.6 Koekappaleet

3.6.1 Mitoitus

Koekappaleet mitoitettiin ja niiden kapasiteetit laskettiin tilaajan kehitysosaston Excel-sovelluksilla. Poikkileikkauksen koko (300 mm x 300 mm) valittiin yhteensopivaksi olemassa olevan muottikaluston kanssa.

Jänneväli (L=3900 mm) määritettiin mahdollisimman suureksi Metropolia AMK:n rakennetekniikan laboratorion koestuslaitteiston perusteella.

3.6.2 Koekappaleiden lukumäärä

Koekappaleita valmistettiin 4 sarjaa (1A, 1B, 2A ja 2B), 3 koekappaletta jokaisessa sarjassa. Sarjat 1A ja 1B raudoitettiin suhteelliselta harjapinta-alaltaan ($f_R=0,058$) teräsluokan B500B raudoitteilla ja sarjat 2A ja 2B vastavasti B500C1 teräsluokan ($f_R=0,098$) raudoitteilla.

3.6.3 Raudoitustiedot

Sarjat 1A ja 2A raudoitettiin kevyemmin ($2\phi 12$) ja sarjoissa 1B ja 2B käytettiin korkeampaa raudoitustasetta ($4\phi 12$). Koekappaleisiin asennettiin pääterästen lisäksi vain tarvittavat työteräkset varmistamaan raudoituksen oikea sijainti ja nostopisteiden kestävyys. Tarkastelualueelle ei asennettu haka-teräksiä eikä väliskeiteitä. Raudoitteiden määrä ja sijoittelu esitetään erillisessä mitta- ja raudoituspöytäselityksessä (liite 2).

3.6.4 Materiaalitiedot ja pöytäselitykset

Tutkittavista kappaleista tehtiin mitta- ja raudoituspöytäselitykset (liite 2), joissa esitetään koekappaleiden materiaali-, mitta- ja raudoitustiedot. Terästen suhteelliset harjapinta-alat (f_R) mitattiin VTT:n laboratoriossa. VTT:n mittaus-tuloksista tuotettiin raportti (liite 3). Betonointiin käytetystä massaerästä valmistetuille koekuutioille tehtiin samanaikaisesti taivutuskokeiden kanssa puristuskokeet Rudus Betonituote Oy:n toimesta, mutta puristuskokeiden tuloksia ei voitu jälkikäteen kohdistaa yksilöidysti koekappaleisiin. Koekappaleista porattiin lieriöt taivutuskokeiden jälkeen tarkempia betonin lujuusmittauksia varten. Lieriöiden lujuusmittaukset tehtiin Contesta Oy:llä ja niistä saatiin yksilöity raportti (liite 4).

Koekappaleet tarkistettiin ja hyväksyttiin ennen koetta. Laattasuikaleiden sivut maalattiin ohuella valkoisella maalilla mittaamisen ja dokumentoinnin helpottamiseksi.

3.7 Tuenta ja tukipinnat

Koekappaleista tehtiin staattinen mallipiirustus (liite 5), jossa esitetään myös tuenta- ja kiinnitysdetailit. Tuet varustettiin kahdella vastakkaisella 110 mm * 300 mm kokoisella teräslatalla (kuva 1).



Kuva 1. Tuki A.

Lisäksi B-tuella lattojen väliin asennettiin öljytyt teflonkalvot. Toimenpiteillä mahdollistettiin koekappaleen vapaa kiertyminen tuella A ja tuella B myös vaakasuuntaiset liikkeet kuormituksen aikana (kuva 2).



Kuva 2. Tuki B murtoon kuormittamisen jälkeen.

Kuormituspisteiden kohdalle kiinnitettiin kipsimassalla yksinkertaiset teräslatat, joihin hitsattiin halkaisijaltaan 10 mm:n pyöröteräkset (kuva 3). Näin kuormituspisteen sijainti pysyi samana koko kokeen ajan.



Kuva 3. Kuormituspisteen tukipinta.

3.8 Mittalaitteet

Halkeamaleveydet mitattiin optisella luupilla (asteikko 0,02 mm). Taipuman suuruus mitattiin induktiivisella siirtymämittalaitteella rakenteen keskeltä. Lisäksi seurattiin kuormituskoneen sylintereiden siirtymää ja voimia sähköisesti FMT-ProgSys-multikoeohjelmalla.

3.9 Mittauspisteet ja dokumentointi

Syntyneet halkeamat merkittiin koekappaleisiin ja mitattiin alapinnan tasolta sekä suunnitelmien mukaiselta vetoterästen sijaintitasolta (+36 mm) rakenteen molemmilta sivuilta. Halkeamamittaukset tehtiin kolmella kuormitusasteella (250, 300 ja 350 MPa). Tulokset kirjattiin mittauspöytäkirjoihin (liite 6).

Taipuman suuruus mitattiin rakenteen keskeltä esikuormituksella, tarkasteltavilla kolmella kuormitustasolla ja maksimijännityksellä. Mittaustulokset merkittiin mittauspöytäkirjoihin.

Kokeiden kulusta taltioitiin sähköisesti voima ja taipuma. Näistä tulostettiin voima- ja taipumataulukot (liite 7).

3.10 Mittauspöytäkirjat

Jokaisesta koekappaleesta tehtiin mittauspöytäkirja (liite 6), johon merkittiin koekappaleen tunnistetiedot ja tarkistusmitattu ulkoinen geometria sekä tulokset kaikista mitatuista halkeamista, toteutuneista betonipeitteen paksuuksista sekä taipuman suuruus. Halkeamaleveyden ja taipuman mittaustulokset taltioitiin kaikista kuormitustasoista.

4 TAIVUTUSKOKEET

4.1 Esikuormitus

Koekappaleita esikuormitettiin ensin siirtymäohjauksella 15 mm:n taipumaarvoon, mikä on hieman pienempi kuin RakMk B4:n sallima käyttörajatilan taipuma ($L/250$). Tämän jälkeen käytettiin $2 \cdot 9,37$ kN:n pistekuormia matalamman rauditusasteen sarjoissa (1A ja 2A) ja toistettiin kuormitusta 1 - 10 kertaa voimaohjattuna, kunnes taipuma ei enää oleellisesti suurentunut. Vastaavasti korkeamman rauditusasteen sarjojen (1B ja 2B) pistekuormat olivat $2 \cdot 21,35$ kN. Esikuormituksen voimaohjatut pistekuormat vastasivat n. 300 MPa:n teräsännitystä. Kuormitusten toistoilla pyrittiin saamaan aikaan paremmin todellisen rakenteen käyttörajatilaa vastaava tilanne ilman pitkäaikaista kuormitusta.

4.2 Halkeamaleveyksien ja taipuman mittaus eri kuormitustasoilla

Esikuormituksen jälkeen koekappaletta kuormitettiin voimaohjatusti ensimmäiseen kuormitustasoon (1A, 2A, $F=7,28$ kN / 1B, 2B, $F=17,27$ kN), joka vastaa teräksen jännitystä 250 MPa. Voima pidettiin vakiona halkeamaleveyksien mittauksen ajan.

Halkeamaleveydet mitattiin optisella luupilla kaikista tarkastelualueen halkeamista määritetyiltä mittaustasoilta, alareunasta ja terästen tasolta, molemmin puolin koekappaletta.

Mittausten jälkeen kuormitus nostettiin vaiheittain voimaohjatusti ensiin toiseen (1A, 2A, $F=9,37$ kN / 1B, 2B, $F=21,35$ kN) tasoon, joka vastaa 300 MPa:n teräsännitystä ja sitten kolmanteen (1A, 2A, $F=11,46$ kN / 1B, 2B, $F=25,44$ kN) tasoon, joka vastaa 350 MPa:n teräsännitystä. Halkeamat mitattiin tasokorotusten jälkeen. Taipuma mitattiin koekappaleen keskikohdalta

kaikilla kuormitustasoilla rinnakkaismittauksina ennen halkeamamittauksia ja niiden jälkeen.

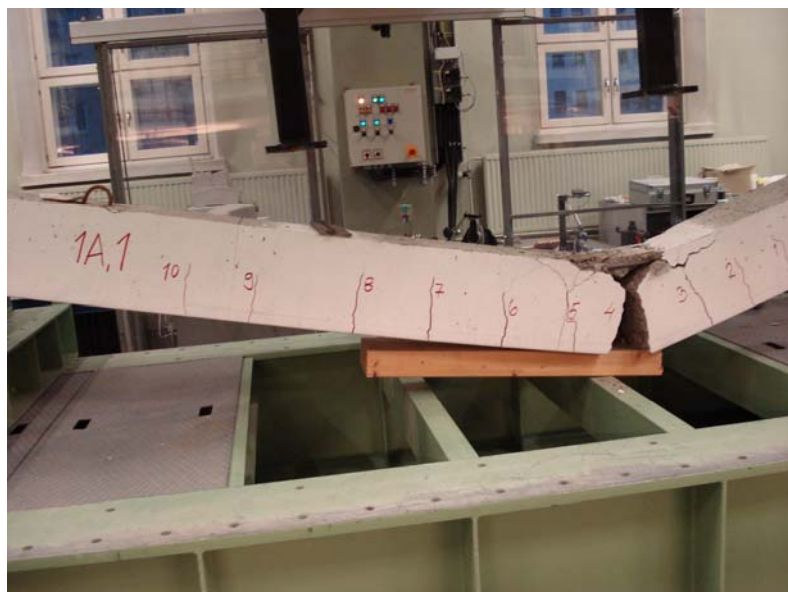
4.3 Kuormittaminen murtoon

Kun halkeama- ja taipumamittaukset oli tehty, nostettiin kuormitustasoa hitaasti murtoon saakka. Tapahtumat tallennettiin videolle tilaajan myöhempää käyttöä varten.

Murretusta kappaleesta mitattiin toteutuneet pääterästen betonipeitteet ja tulokset kirjattiin mittauspöytäkirjaan.

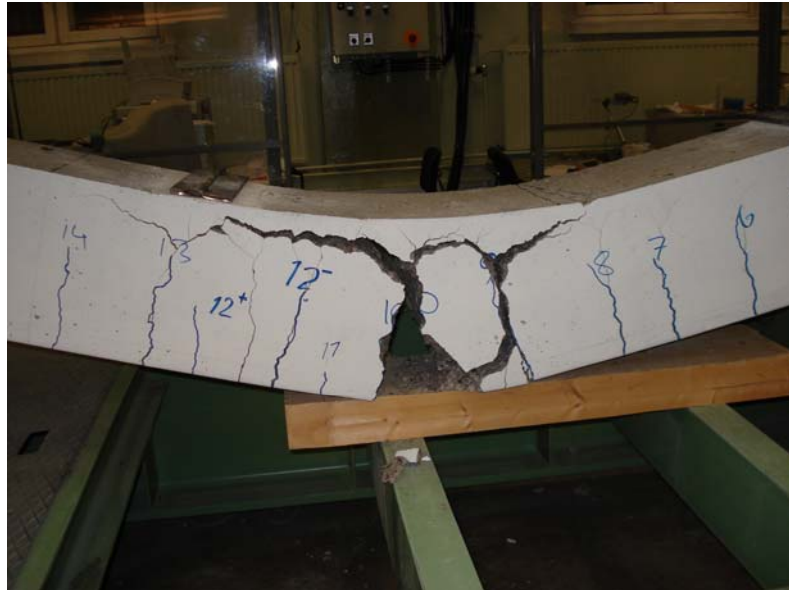
4.4 Murtuminen

Koesarjan 1A laattasuikaleet murtuivat haurasta murtumaa muistuttavalla tavalla pääterästen katketessa (kuva 4).



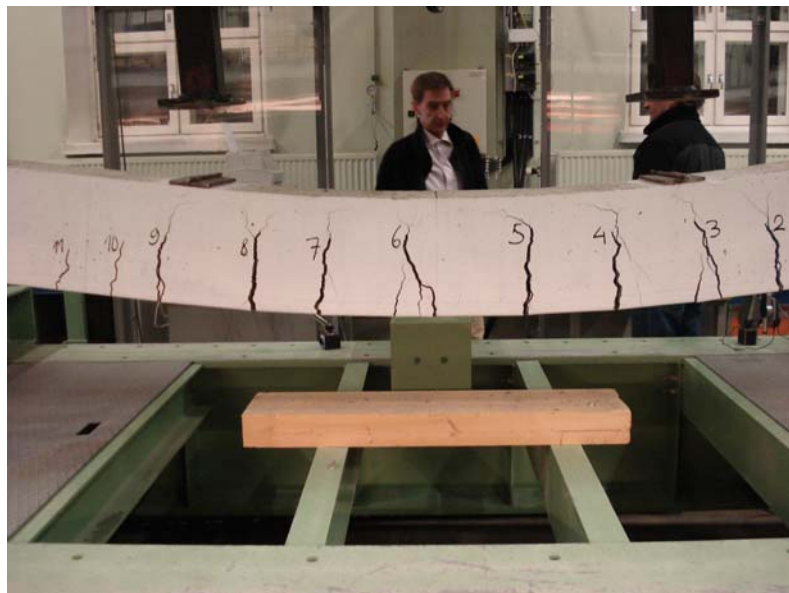
Kuva 4. Koekappale 1A1 kuormitettuna murtoon.

Koesarjan 1B laattasuikaleet murtuivat haurasta murtumaa muistuttavalla tavalla pääterästen katketessa (kuva 5).



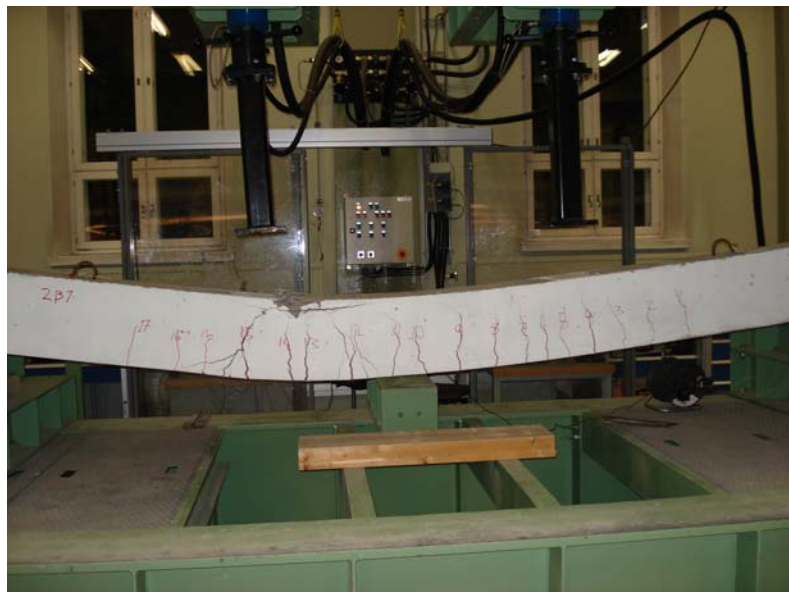
Kuva 5. Koekappale 1B2 kuormitettuna murtoon.

Koesarjan 2A laattasuikaleiden murtuminen tapahtui sitkeästi. Koekappaleiden pääteräkset eivät katkenneet suurimmalla kuormalla (kuva 6).



Kuva 6. Koekappale 2A2 murtoon kuormitettuna.

Koesarjan 2B laattasuikaleiden murtuminen tapahtui sitkeästi. Koekappaleiden pääteräkset eivät katkenneet suurimmalla kuormalla (kuva 7).



Kuva 7. Koekappale 2B1 murtoon kuormitettuna

4.5 Tutkimuksen aikana ilmenneitä ongelmia

Koekappaleiden materiaalitiedoissa ilmeni yllättäen epävarmuustekijöitä. Laattasuikaleisiin tilatun betonin (K40) todellisista lujuusarvoista ei saatu luotettavia tuloksia, koska kyseistä valmistuserää vastaavia koetuloksia ei pystytty jälkikäteen yksilöimään. Näin ollen koekappaleista porattiin jälkeensä lieriöt (100 mm x 300 mm), joista tehtiin puristuslujuus- ja halkaisuveto-
lujuusmittaukset. Testaus tilattiin Contesta Oy:ltä. Betonin kuutiolujuuksiksi muunnetut lujuusarvot (K68) ylittivät melkoisesti suunnitelmissa käytetyn arvon (K40). Suunniteltua suurempi betonin lujuus kasvatti koekappaleiden taivutusjäykkyyttä ja aiheutti terästen myötäämistä kevyemmin raudoitetuilla koekappaleilla jo esikuormituksessa. 15 mm:n taipuman saavuttamiseksi tarvittavan voiman aiheuttama teräsännitys ylitti teräksen myötörajan, mikä osaltaan vaikutti kokeiden tuloksiin kasvattaen halkeamaleveyksiä erityisesti teräksellä B500C1.

5 TULOKSET

5.1 Sarjojen 1A ja 2A tulokset

Koekappaleiden halkeamaleveyksistä laskettiin keskiarvot kuormitustasoit-
tain erikseen alareunan tasolta ja terästasolta. Taulukossa 1 esitetään 3
koekappaleen maksimihalkeamaleveyksien keskiarvo (Max), kaikkien hal-
keamien keskiarvo (All) ja mediaani (Med). Lisäksi taulukkoon on laskettu
halkeamaleveyksien summien keskiarvo (Sum).

Taulukko 1. Sarjan 1A halkeamaleveyksien keskiarvot.

Sarja 1A (2Ø 12, B500B, $f_R=0,058$) halkeamalevydet alapinnan tasolta						
Keskiarvot						
MPa	Max	All	Med	Sum		
250	0,35	0,25	0,25	2,34	mm	
300	0,40	0,30	0,30	2,80	mm	
350	0,47	0,35	0,36	3,30	mm	
Sarja 1A (2Ø 12, B500B, $f_R=0,058$) halkeamalevydet terästen tasolta						
Keskiarvot						
MPa	Max	All	Med	Sum		
250	0,30	0,22	0,22	2,04	mm	
300	0,34	0,26	0,25	2,40	mm	
350	0,40	0,30	0,31	2,85	mm	

Taulukossa 2 esitetään 3 koekappaleen maksimihalkeamaleveyksien keski-
arvo (Max), kaikkien halkeamien keskiarvo (All) ja mediaani (Med). Lisäksi
taulukkoon on laskettu halkeamaleveyksien summien keskiarvo (Sum).

Taulukko 2. Sarjan 2A halkeamaleveyksien keskiarvot.

Sarja 2A (2Ø 12, B500C1, $f_R=0,098$) halkeamalevydet alapinnan tasolta						
Keskiarvot						
MPa	Max	All	Med	Sum		
250	0,27	0,19	0,20	2,15	mm	
300	0,33	0,23	0,22	2,53	mm	
350	0,36	0,26	0,27	2,92	mm	
Sarja 2A (2TW12, B500C1, $f_R=0,098$) halkeamalevydet terästen tasolta						
Keskiarvot						
MPa	Max	All	Med	Sum		
250	0,23	0,15	0,16	1,63	mm	
300	0,27	0,18	0,18	1,93	mm	
350	0,29	0,21	0,22	2,26	mm	

5.2 Sarjojen 1B ja 2B tulokset

Koekappaleiden halkeamaleveyksistä laskettiin keskiarvot kuormitustasoit-
tain erikseen alareunan tasolta ja terästasolta. Taulukossa 3 esitetään 3
koekappaleen maksimihalkeamaleveyksien keskiarvo (Max), kaikkien hal-
keamien keskiarvo (All) ja mediaani (Med). Lisäksi taulukkoon on laskettu
halkeamaleveyksien summien keskiarvo (Sum).

Taulukko 3. Sarjan 1B halkeamaleveyksien keskiarvot.

Sarja 1B (4TW12, B500B, $f_R=0,058$) halkeamaleveydet alapinnan tasolta						
Keskiarvot						
MPa	Max	All	Med	Sum		
250	0,28	0,18	0,18	2,77	mm	
300	0,30	0,21	0,21	3,30	mm	
350	0,37	0,24	0,24	3,77	mm	
Sarja 1B (4TW12, B500B, $f_R=0,058$) halkeamaleveydet terästen tasolta						
Keskiarvot						
MPa	Max	All	Med	Sum		
250	0,22	0,14	0,14	2,21	mm	
300	0,25	0,17	0,18	2,65	mm	
350	0,30	0,20	0,21	3,12	mm	

Taulukossa 4 esitetään 3 koekappaleen maksimihalkeamaleveyksien keski-
arvo (Max), kaikkien halkeamien keskiarvo (All) ja mediaani (Med). Lisäksi
taulukkoon on laskettu halkeamaleveyksien summien keskiarvo (Sum).

Taulukko 4. Sarjan 2B halkeamaleveyksien keskiarvot.

Sarja 2B (4TW12, B500C1, $f_R=0,098$) halkeamaleveydet alapinnan tasolta						
Keskiarvot						
MPa	Max	All	Med	Sum		
250	0,25	0,15	0,14	2,54	mm	
300	0,27	0,19	0,19	3,07	mm	
350	0,32	0,22	0,22	3,62	mm	
Sarja 2B (4TW12, B500C1, $f_R=0,098$) halkeamaleveydet terästen tasolta						
Keskiarvot						
MPa	Max	All	Med	Sum		
250	0,19	0,12	0,12	1,97	mm	
300	0,22	0,15	0,15	2,43	mm	
350	0,27	0,17	0,17	2,83	mm	

6 TULOSTEN VERTAILU

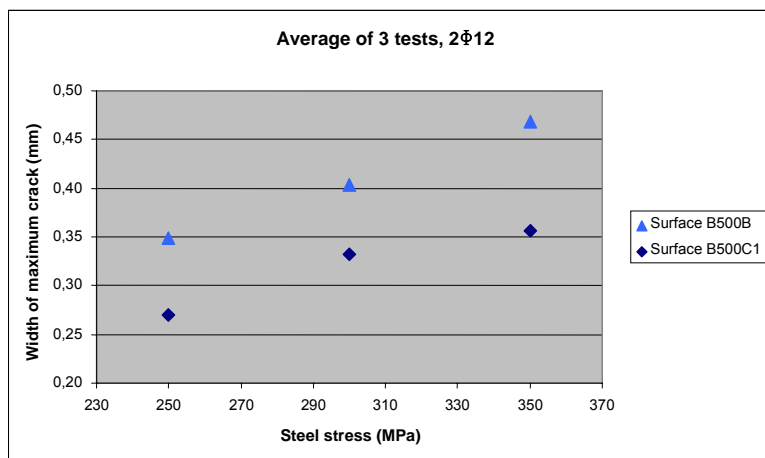
6.1 Maksimihalkeamaleveyksien keskiarvot

6.1.1 Sarjat 1A ja 2A

Verrattaessa koesarjoja 1A ja 2A toisiinsa voidaan todeta, kuten maksimihalkeamaleveyksien keskiarvoista luoduissa kuvaajissa (kuvat 8 ja 9) havainnollistetaan, betoniteräksen suhteellisen harjapinta-alan (f_R) arvolla olevan vaikutusta taivutetun rakenteen halkeamaleveyteen (w_k). Halkeamaleveydet ovat suurempia jo alhaisilla kuormituksilla käytettäessä koesarjan 1A teräsluokan (B500B, $f_R=0,058$) mukaisia raudotteita.

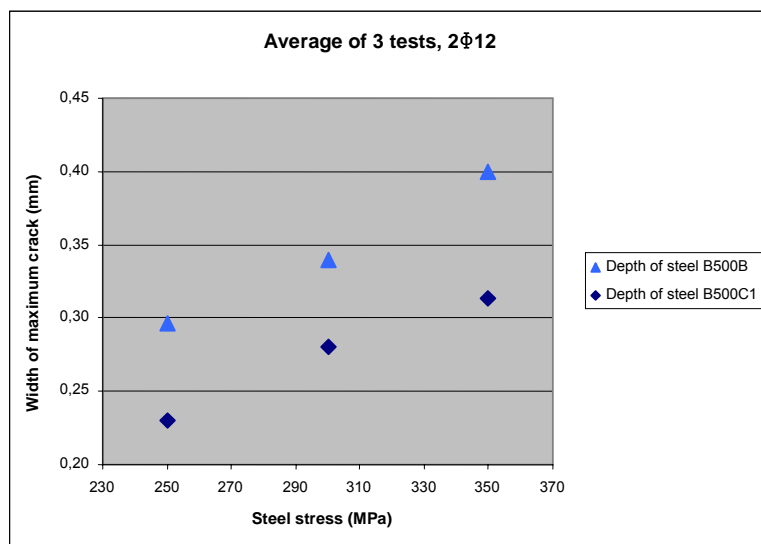
Kevyemmin raudoitetuissa koekappaleissa suhteellisen harjapinta-alan vaikutus halkeamaleveyteen näyttää korostuvan erityisesti ylimmällä kuormitustasolla (350 MPa) teräsluokan B500B ($f_R=0,058$) koekappaleiden saadessa selvästi suurempia maksimihalkeamaleveyden arvoja kuin B500C1 teräsluokan ($f_R=0,098$) koekappaleet.

Rakenteen alapinnan tason maksimihalkeamaleveyksien vertailu teräsluokien kesken kuormitustasoittain esitetään kuvassa 8.



Kuva 8. Sarjojen 1A ja 2A maksimihalkeamaleveyksien keskiarvot alapinnan tasolla.

Tutkittaessa maksimihalkeamaleveyksien terästasolta saatuja mittaustuloksia voidaan todeta tulosten noudattavan samaa trendiä kuin alapinnan tason tuloksetkin, vaikka halkeamien maksimileveydet ovatkin 15 - 20 % pienempiä kuin alapinnan tasolta mitattuina (kuva 9).

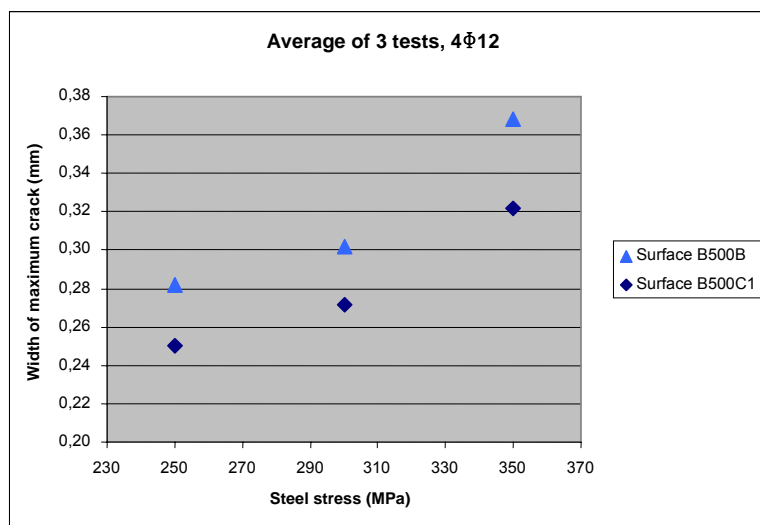


Kuva 9. Sarjojen 1A ja 2A maksimihalkeamaleveyksien keskiarvot terästasolla.

6.1.2 Sarjat 1B ja 2B

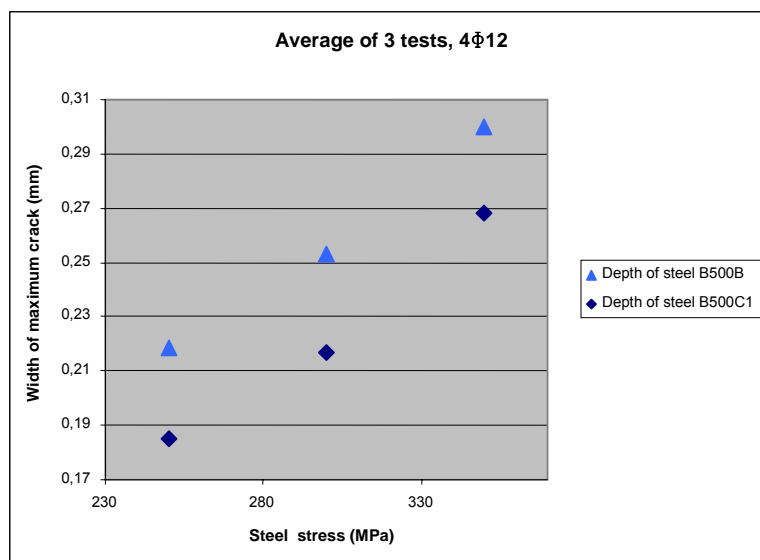
Verrattaessa sarjojen 1B ja 2B tuloksia toisiinsa voidaan todeta niiden kuvaajien olevan keskenään lähes samansuuntaisia (kuvat 10 ja 11). Erot maksimihalkeamaleveyksissä ovat kuitenkin selkeät. Suhteellisen harjapinta-alan kasvattaminen pienentää maksimihalkeamaleveyden arvoja myös suurempaa teräsmäärää käytettäessä.

Alapinnan tason mittaustuloksissa maksimihalkeamaleveyksien ero näyttää korostuvan ylimmällä kuormitustasolla (350 MPa). Alempien kuormitustasojen (250 ja 300 MPa) kohdalla maksimihalkeamaleveyksien ero teräsluokkien välillä on lähes sama (kuva 10).



Kuva 10. Sarjojen 1B ja 2B maksimihalkeamaleveyksien keskiarvot alapinnan tasolla.

Terästasolta tehtyjen mittausten tulosten erot teräsluokkien välillä pienenevät jännitystason kasvaessa (kuva 11). Alapinnan tasolta saatuihin mittaustuloksiin verrattuna trendi on päinvastainen.



Kuva 11. Sarjojen 1B ja 2B maksimihalkeamaleveyksien keskiarvot terästasolla.

6.2 Teräsluokkien väliset muutossuhteet

6.2.1 Sarjat 1A ja 2A

Koekappaleiden alareunan tasolta ja terästasolta tehtyjen halkeamaleveyksien mittaustulosten keskiarvoista laskettiin teräsluokkien väliset muutossuhteet kuormitustasoittain.

Taulukossa 5 esitetään sarjojen 1A ja 2A kaikkien koekappaleiden maksimi-halkeamaleveyksien keskiarvojen (Max), kaikkien halkeamien keskiarvojen (All) ja mediaanien (Med) arvoista lasketut muutossuhteet. Lisäksi taulukoon on laskettu halkeamaleveyksien summien keskiarvojen (Sum) muutosuhde.

Taulukko 5. Teräsluokkien väliset muutossuhteet.

Muutosuhde B500C1/B500B (2Φ12)				
Ka				
MPa	Max	All	Med	Sum
250	0,77	0,73	0,77	0,86
300	0,81	0,73	0,73	0,86
350	0,75	0,72	0,73	0,84

Taulukon 5 muutossuhteita tarkastellessa voidaan havaita jo 250 MPa:n teräsjännityksellä syntyvän selvästi pienempiä halkeamia käytettäessä teräsluokan B500C1 raudotteita. Ilmiö korostui suurimmalla jännitystasolla 350 MPa.

Kaikkien halkeamaleveyksien keskiarvojen muutosuhde (All) oli käyttörajatilalle tyypillisellä jännitystasolla n. 27 %.

Mediaanien muutosuhdetta tutkittaessa havaitaan f_R :n vaikutuksen olevan suurinta jännitystason kasvaessa.

Periaatteessa halkeamaleveyden pienentäminen paremman teräksen tartunnan avulla johtaa suurempaan määrään pienempiä halkeamia. Koetulosten perusteella on kuitenkin myös kaikkien halkeamien leveyksien yhteenlaskettu summa pienentynyt 14 - 16 % tällä alemmalla rauditusasteella käytettäessä B500C1 teräksiä.

6.2.2 Sarjat 1B ja 2B

Taulukossa 6 esitetään sarjojen 1A ja 2A kaikkien koekappaleiden maksimi-halkeamaleveyksien keskiarvojen (Max), kaikkien halkeamien keskiarvojen

(All) ja mediaanien (Med) arvoista lasketut muutossuhteet. Lisäksi taulukkoon on laskettu halkeamaleveyksien summien keskiarvojen (Sum) muutossuhde.

Taulukko 6. Teräsluokkien väliset muutossuhteet.

Muutossuhde B500C1/B500B (4Ø 12)				
Ka				
MPa	Max	All	Med	Sum
250	0,83	0,86	0,82	0,90
300	0,88	0,88	0,85	0,93
350	0,89	0,89	0,87	0,93

Taulukon 6 muutossuhteita tarkastellessa voidaan havaita 250 MPa:n teräs-jännityksellä syntyvän selvästi pienempiä halkeamia käytettäessä teräsluokan B500C1 raudotteita. Erot maksimihalkeamaleveyksissä (Max) pienenevät jännitystason kasvaessa.

Kaikkien halkeamaleveyksien keskiarvojen (All) muutossuhteiden perusteella harjapinta-alan vaikutus vähenee teräsjännityksen kasvaessa. Saadut tulokset osoittavat teräsluokan vaikuttavan halkeamaleveyteen n. 11 - 14 %.

Mediaanien muutossuhde osoittaa harjapinta-alan vaikutuksen vähenevän teräsjännityksen kasvaessa.

Korkeammalla raudoitusasteella halkeamaleveyden pienentäminen paremman teräksen tartunnan avulla pitäisi johtaa suurempaan määrään pienempiä halkeamia, kuten alemman raudoitusasteen tapauksessa. Koetulosten perusteella on kuitenkin myös kaikkien halkeamaleveyksien yhteenlaskettu summa pienentynyt 7 -10 % käytettäessä B500C1 teräsluokan raudotteita.

6.3 Normien mukaiset laskenta-arvot

RakMk B4:n mukaisissa halkeamaleveyslaskelmissa on käytetty luvun 2.3 (s. 4) kaavan 3 mukaista k_w -arvoa 0,085. Halkemaleydydet on laskettu myös EN 1992-1-1:n mukaan, jolloin kertoimen k_t arvona on 0,6 luvun 2.3 (s. 5) kaavan 6 mukaan. Halkeamaleveyslaskelmien tulokset esitetään liitteessä 8.

Verrattaessa tutkimuksen tuloksia normien mukaisiin laskenta-arvoihin havaitaan, että toteutuneet halkeamaleydydet ylittävät selvästi molempien normien antamat arvot.

Taulukossa 7 esitetään koekappaleiden toteutuneet betonin puristuslujuus-arvo (K), RakMk B4:n mukainen halkeamaleveyden ominaisarvo (B4) ja Euronormin EN 1992-1-1 halkeamaleveyden laskenta-arvo (EN) sekä koekappaleista mitatut halkeamaleveyksien maksimiarvot teräsjännityksellä 250 MPa. Lisäksi taulukkoon on laskettu mitattujen tuloksien suhde molempien normien laskenta-arvoihin.

Taulukko 7. Toteutuneet halkeamaleveydet ja normien mukaiset laskenta-arvot teräsjännityksellä 250 MPa.

Halkeamaleveydet, sarjat 1A ja 2A, 250 MPa, 2Ø 12					Muutossuhde	
B500B	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
1A1	68,5	0,137	0,250	0,40	2,92	1,60
1A2	65,0	0,137	0,250	0,38	2,77	1,52
1A3	68,5	0,137	0,250	0,34	2,48	1,36
B500C1	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
2A1	66,0	0,137	0,251	0,30	2,19	1,20
2A2	61,5	0,137	0,250	0,29	2,12	1,16
2A3	67,5	0,136	0,250	0,28	2,06	1,12
Halkeamaleveydet, sarjat 1B ja 2B, 250 MPa, 4Ø 12					Muutossuhde	
B500B	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
1B1	69,5	0,126	0,159	0,29	2,30	1,82
1B2	68,0	0,129	0,159	0,32	2,48	2,01
1B3	73,0	0,117	0,158	0,34	2,91	2,15
B500C1	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
2B1	63,5	0,138	0,159	0,25	1,81	1,57
2B2	69,5	0,126	0,159	0,22	1,75	1,38
2B3	69,5	0,126	0,159	0,25	1,98	1,57

Sarjan 1A (2Ø 12, B500B, $f_R=0,058$) suurimmat mitatut halkeamaleveydet eroavat huomattavasti normien mukaisista arvoista. Erot ovat pienempiä verrattaessa tuloksia Euronormin laskenta-arvoihin.

Sarjan 2A (2Ø 12, B500C1, $f_R=0,098$) tuloksissa on myöskin havaittavissa eroja normien tuloksiin verrattaessa. Varsinkin B4:n mukaiset arvot vaikuttavat kovin optimistisilta, mutta Euronormin laskenta-arvot ovat jo lähellä toteutuneita.

Koesarjojen 1B (4Ø 12, B500B, $f_R=0,058$) ja 2B (4Ø 12, B500C1, $f_R=0,098$) toteutuneet tulokset ovat suurempia kuin normien mukaiset laskenta-arvot, mutta erot normien välillä ovat pienempiä.

Taulukossa 8 esitetään koekappaleiden toteutuneet betonin puristuslujuusarvo (K), RakMk B4:n mukainen halkeamaleveyden ominaisarvo (B4), euronormin EN 1992-1-1 halkeamaleveyden laskenta-arvo (EN) sekä koekappaleista mitatut halkeamaleveyksien maksimiarvot teräsännityksellä 300 MPa. Lisäksi taulukkoon on laskettu mitattujen tuloksien suhde molempien normien laskenta-arvoihin.

Taulukko 8. Toteutuneet halkeamaleveydet ja normien mukaiset laskenta-arvot teräsännityksellä 300 MPa.

Halkeamaleveydet, sarjat 1A ja 2A, 300 MPa, 2Ø 12					Muutossuhde	
B500B	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
1A1	68,5	0,164	0,301	0,42	2,56	1,40
1A2	65,0	0,164	0,301	0,42	2,56	1,40
1A3	68,5	0,164	0,301	0,40	2,44	1,33
B500C1	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
2A1	66,0	0,165	0,302	0,34	2,06	1,13
2A2	61,5	0,164	0,300	0,36	2,20	1,20
2A3	67,5	0,164	0,301	0,32	1,95	1,06
Halkeamaleveydet, sarjat 1B ja 2B, 300 MPa, 4Ø 12					Muutossuhde	
B500B	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
1B1	69,5	0,191	0,191	0,29	1,52	1,52
1B2	68,0	0,194	0,191	0,30	1,55	1,57
1B3	73,0	0,186	0,191	0,37	1,99	1,94
B500C1	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
2B1	63,5	0,202	0,191	0,26	1,29	1,36
2B2	69,5	0,191	0,191	0,26	1,36	1,36
2B3	69,5	0,191	0,191	0,30	1,57	1,57

Mittaustulosten arvot eroavat normien perusteella lasketuista arvoista vähemmän kuin alemmalla jännitystasolla. Varsinkin B500C1 teräsluokan ja EN 1992-1-1:n arvot ovat lähempänä toteutuneita alemman raudoitusasteen tapauksessa. Vastaavasti korkeamman raudoitusasteen laskentatulokset antavat lähes samat arvot normista riippumatta, mutta toteutuneet tulokset ylittävät laskenta-arvot vielä selvästi.

Taulukossa 9 esitetään koekappaleiden toteutuneet betonin puristuslujuusarvo (K), RakMk B4:n mukainen halkeamaleveyden ominaisarvo (B4), Euronormin EN 1992-1-1 halkeamaleveyden laskenta-arvo (EN) sekä koekappaleista mitatut halkeamaleveyksien maksimiarvot teräsännityksellä 350 MPa. Lisäksi taulukkoon on laskettu mitattujen tuloksien suhde molempien normien laskenta-arvoihin.

Taulukko 9. Toteutuneet halkeamaleveydet ja normien mukaiset laskenta-arvot teräsännityksellä 350 MPa.

Halkeamaleveydet, sarjat 1A ja 2A, 350 MPa, 2Ø 12					Muutossuhde	
B500B	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
1A1	68,5	0,192	0,351	0,50	2,60	1,42
1A2	65,0	0,192	0,351	0,51	2,66	1,45
1A3	68,5	0,192	0,351	0,48	2,50	1,37
B500C1	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
2A1	66,0	0,192	0,352	0,39	2,03	1,11
2A2	61,5	0,192	0,351	0,38	1,98	1,08
2A3	67,5	0,192	0,351	0,34	1,77	0,97
Halkeamaleveydet, sarjat 1B ja 2B, 350 MPa, 4Ø 12					Muutossuhde	
B500B	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
1B1	69,5	0,252	0,222	0,40	1,59	1,80
1B2	68,0	0,254	0,222	0,33	1,30	1,49
1B3	73,0	0,245	0,222	0,50	2,04	2,25
B500C1	K	B4	EN	Mitattu	Mit/B4	Mit/EN
2B1	63,5	0,259	0,221	0,34	1,31	1,54
2B2	69,5	0,252	0,222	0,32	1,27	1,44
2B3	69,5	0,252	0,222	0,33	1,31	1,49

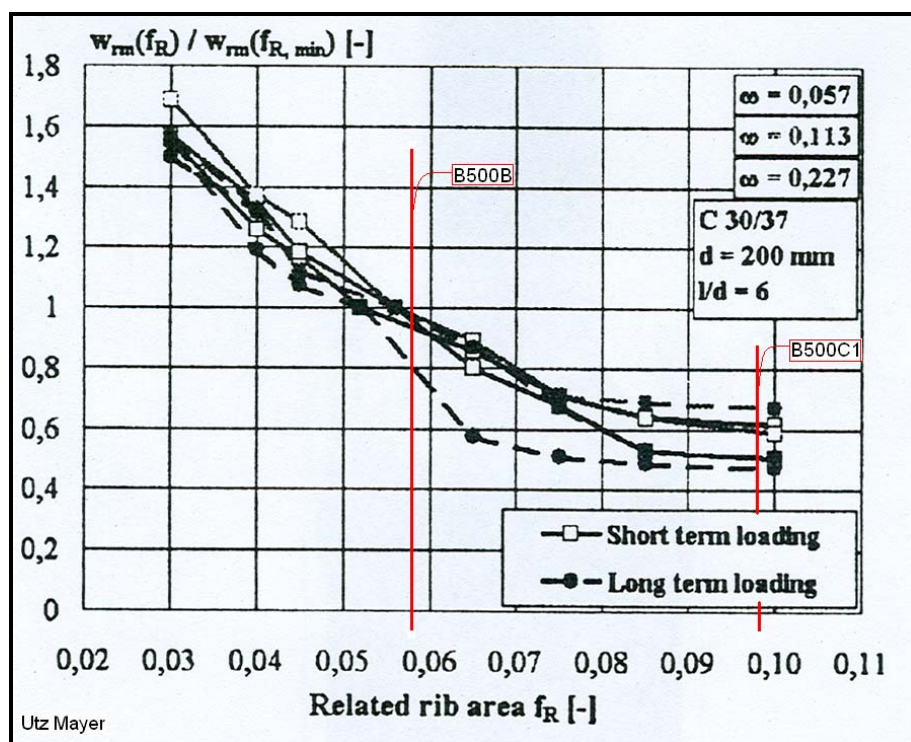
Normit B4 ja EN 1992-1-1 tuottavat lähes samat laskenta-arvot, kun raudoitusastetta nostetaan ja teräsännitys nousee 350 MPa:n tasoon.

B500B teräsluokan tapauksessa korkeammalla raudoitusasteella toteutuneet mittaustulokset ovat edelleenkin selvästi suurempia kuin laskentatulokset.

Alemmalla raudoitusasteella normit tuottavat selvästi toisistaan eroavat arvot, mutta B500C1 teräsluokan toteutuneet mittaustulokset ovat lähes yhtäsuuria EN 1992-1-1 laskenta-arvojen kanssa.

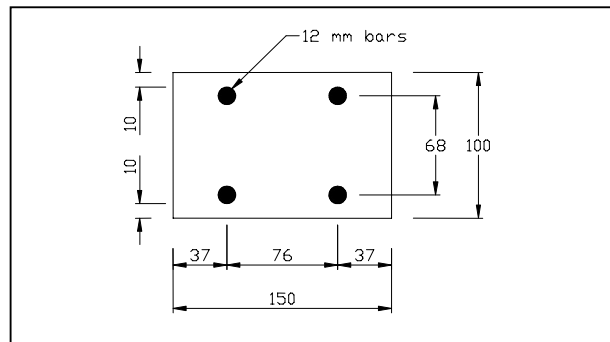
6.4 Aiemmat tutkimukset

Suhteellisen harjapinta-alan vaikutusta halkeamaleveyteen on tutkittu tois- taiseksi melko niukasti. Utz Mayer väitöskirjassaan *Zum Einfluß der Ober- flächengestalt von Rippenstählen auf das Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbetonbauteilen* /7, s. 186-187/ toteaa, että suhteellisen harjapinta- alan vaikutus halkeamaleveyteen on merkittävä, kun $f_R < 0,085$. Samaan johtopäätökseen on tultu julkaisussa *Bond in Concrete – from Research to Standards* /8, s. 339/, jossa Mayer ja Elgehausen esittävät suhteellisen har- japinta-alan vaikutusta halkeamaleveyteen lyhyt- ja pitkäaikaiskuormituksilla eri mekaanisen raudoitussuhteen arvoilla (kuva 12).



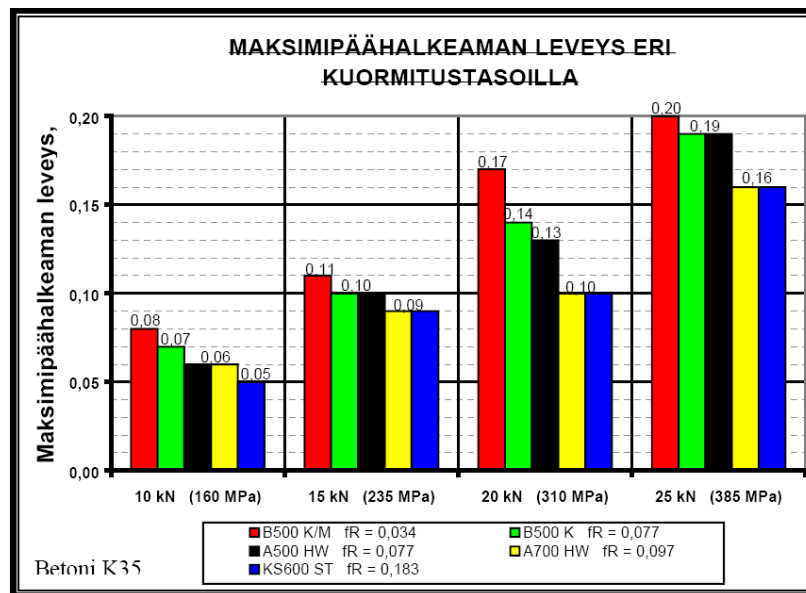
Kuva 12. Mayeria ja Elgehausenia mukaellen. Suhteellisen harjapinta-alan vaikutus halkeamaleveyteen lyhyt- ja pitkäaikaiskuormituksilla eri mekaanisen raudoitussuhteen arvoilla. Kuvaan on lisätty tutkittavien teräsluokkien B500B ja B500C1 f_R -arvot.

Suomessa tehdyistä tutkimuksista aihetta käsittelee Mika Laitala diplomityössään *Halkeamien rajoittamismahdollisuudet ulkoteräsbetonirakenteiden säilyvyyden parantamiseksi* /9, s. 89 -92/. Laitala raportoi työssään suhteellisen harjapinta-alan vaikutuksesta halkeamien leveyteen palkki- ja ulosvetokokeiden perusteella. Laitalan koekappaleissa käyttämän betonin lujuus oli keskimäärin K35. Raudoitus oli kuvan 13 mukainen, kuten Casper Ålander julkaisun *Bond in Concrete - from Research to Standards* luvussa 5 Bond and Cracking halkeamaleveyksien tutkimisen koejärjestelyistä ja koekappaleista esittää /8, s. 343-350/.



Kuva 13. Casper Ålander. Koekappaleen poikkileikkaus.

Laitalan tekemien mittausten mukaan f_R :n vaikutus halkeamaleveyteen on merkittävä erityisesti 310 MPa:n jännitystasolla (kuva 14) /9, s. 89 -92/.



Kuva 14. Mika Laitalan tutkimus. Suhteellisen harjapinta-alan vaikutus maksimipäähalkeaman leveyteen eri kuormitustasoilla.

Myös Pekka Nykyrin tekemä tutkimus sivuaa aihepiiriä keskittyen kuitenkin lähinnä murtorajatilan ankkurointikestävyteen. VTT:n vuonna 1990 julkaisemassa kirjassa *Tutkimuksia 693, Betoniraudituksen ankkurointi* Nykyri vertailee eri teräsluokkien vaikutusta harjateräksen tartuntakertoimeen. Luvussa 5.1.4 *Ankkurointikyvyn ero A500HW- ja A500HX-tangoilla* hän toteaa, että A500HX-tangon ($f_R=0,12$) tartunta on n. 25 - 40 % suurempi kuin A500HW-tangolla ($f_R=0,063$) /10, s. 60/.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Suhteellisen harjapinta-alan vaikutus halkeamalevyyteen

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että betoniteräksen suhteellisen harjapinta-alan (f_R) arvolla on merkittävä vaikutus taivutetun rakenteen halkeamalevyyden (w_k) suuruuteen. Vaikutus korostuu odotetusti matalalla rauditusasteella.

Teräsluokan B500C1 ($f_R=0,098$) koekappaleet tuottivat tämän tutkimuksen perusteella matalammalla rauditusasteella keskimäärin 27 % pienempiä halkeamalevyyden mittausrvoja teräsluokan B500B ($f_R=0,058$) tuloksiin verrattuna. Rauditusasteen nosto pienensi vaikutusta noin puoleen.

Halkeamalevyyksien yhteenlaskettua summaa teräsluokka B500C1 vähensi alemmalla rauditusasteella keskimäärin 15 %. Käytettäessä korkeampaa rauditusastetta teräsluokan vaikutus oli n. 8%.

Tämän tutkimuksen tulokset antavat samankaltaista signaalia kuin Mayerin väitöskirjan ja Laitalan diplomityön tulokset. Suhteellisen harjapinta-alan vaikutus halkeamalevyyteen on merkittävä. Halkeamalevyyden suuruuteen vaikuttavat myös monet muut tekijät, kuten luvussa 7.2 esitetään.

7.2 Tuloksiin vaikuttaneita tekijöitä

7.2.1 Terästen myötääminen esikuormitusvaiheessa

Tuloksia tarkastellessa on huomioitava koekappaleissa käytetyn betonin (K68) huomattavasti suunniteltua (K40) suurempi lujuus, jonka vaikutusta halkeamalevyyteen ei tässä tutkimuksessa tarkasteltu.

Betonin suuremman lujuuden voidaan kuitenkin olettaa kasvattaneen halkeamien kokoa koekappaleiden lisääntyneen taiputusjäykkyyden kautta. Matalamman raudoitusasteen tapauksessa suunniteltua suurempi taiputusjäykkyys aiheutti jo esikuormitusvaiheessa terästen myötäämistä (liite 8, s. 16, 21 ja 26), kun sarjan 2A (B500C1) koekappaleita kuormitettiin 15 mm:n taipuma-arvoon. Tällöin syntyi suurempia halkeamia kuin jos myötäämistä ei olisi tapahtunut.

Myös sarjan 1A tapauksessa terästen jännitys ylittyi esikuormituksessa suunnitellusta (liite 8, s. 1, 6 ja 11), mutta sen vaikutus oli pienempi myötörajan puuttumisen ja suuremman 0,2-ajan takia (liite 3, s. 2).

7.2.2 *Laskenta-arvoja suuremmat halkeamaleveyksien mittaustulokset*

RakMk B4:n halkeamaleveyksien laskenta-arvot olivat selvästi pienempiä kuin EN 1992-1-1:n mukaan lasketut arvot. Toteutuneet halkeamaleveyksien mittaustulokset olivat kuitenkin kauttaaltaan molempien normien mukaisia laskenta-arvoja suuremmat. Tätä voidaan selittää sillä, että halkeamalevydet kasvavat kuorman toistojen ja kuormituksen kestoajan lisääntyessä. Tällöin arvot voivat olla jopa kaksinkertaisia perusarvoon verrattuna.

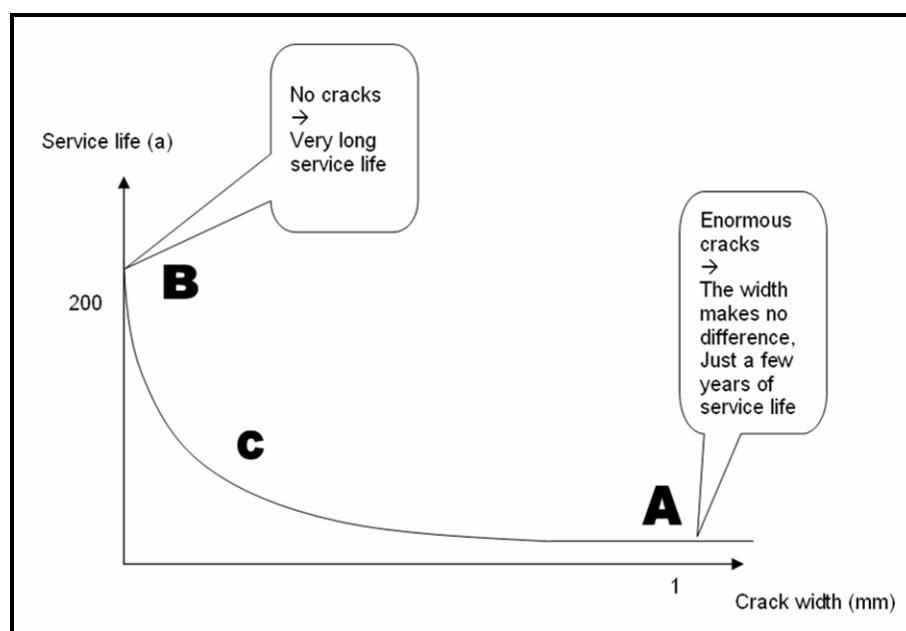
Suomen Betoniyhdistyksen julkaiseman *Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus* (BY 210) /11, s. 355/ kohdassa 5.3 esitetään seuraavaa:

”Halkeamaleveyteen vaikuttavia tekijöitä ovat kuormitushistoria, kuormituksen suuruus, raudoitussuhde, raudoituksen harjakuvio ja tankokoko sekä betonin lujuus. Toistuvat kuormat suurentavat halkeamaleveyttä nopeammin kuin vakiona pysyvä pitkäaikaiskuormitus.”

Tässä tutkimuksessa saatujen normien laskenta-arvoja suurempien halkeamaleveyksien tuloksien voidaan siis päätellä edellä mainitun perusteella aiheutuneen betonin suunniteltua suuremman lujuuden ja siitä johtuneen terästen myötäämisen sekä kuormitusten toistojen vaikutuksista.

7.3 Muita havaintoja

Teräsluokan vaikutusta taivutetun rakenteen käyttöikään ja säilyvyyteen ei tässä yhteydessä tutkittu. Selvää on, että halkeilleen teräsbetonirakenteen käyttöikä on lyhyempi kuin halkeilemattoman. Toisaalta halkeilleenkin rakenteen käyttöikä on huomattavasti pidempi kuin tilanteessa, jossa ei betonia ole ollenkaan suojaamassa terästä korroosiolta (kuva 15).



Kuva 15. Halkeaman periaattellinen vaikutus rakenteen käyttöikään.

Jos tämän tutkimuksen tulokset sijoitetaan BY 50:n (Betoninormit 2004) laskentamalliin, niin B500C1 teräsluokan raudotteita käyttämällä 27 %:n pienennys halkeamaleveyteen lisäisi rakenteen käyttöikää n. 60 %. Tämä tarkoittaa käytännössä turvallisempia rakenteita ja ennen kaikkea merkittäviä kustannussäästöjä huoltovälin kasvaessa /12, s.66/.

7.4 Lisätutkimukset

Koska kokeiden aikana ilmeni tutkimustuloksiin vaikuttaneita epävarmuustekijöitä eikä niiden vaikutusta saatuihin tuloksiin voida tämän tutkimuksen perusteella tarkemmin yksilöidä, voidaan todeta lisätutkimusten olevan tarpeellisia.

Lähitulevaisuudessa olisi mielenkiintoista tutkia myös betonin lujuuden vaikutusta halkeamaleveyteen sekä halkeamaleveyden vaikutusta teräsbetonirakenteen käyttöikään.

VIITELUETTELO

- /1/ *Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.* SFS-EN 1992-1-1. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 30.5.2005.
- /2/ *Standardi SFS-EN 1268.* 26.01.2009.
- /3/ *Standardi SFS-EN 1269.* 26.01.2009.
- /4/ *Standardi SFS-EN ISO 10080.* 05.2005.
- /5/ *Standardi SFS-EN ISO 15630-1.* 12.02.2002.
- /6/ *Suomen Rakentamismääräyskokoelma, B4, Betonirakenteet, Ohjeet 2005.* Helsinki: Ympäristöministeriö. 15.04.2004.
- /7/ Mayer, Utz, *Zum Einfluß der Oberflächengestalt von Rippenstählen auf das Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbetonbauteilen.* Väitöskirja. Stuttgartin yliopisto. Stuttgart: 2001.
- /8/ *Bond in Concrete - from Research to Standards.* Edited by Balázs, György L. - Bartos, Peter J.M. - Cairns, John - Borosnyói, Adorjan. Budapest. 2002.
- /9/ Laitala, Mika, *Halkeamien Rajoittamismahdollisuudet Ulkoteräsbetonirakenteiden Säilyvyyden Parantamiseksi.* Diplomityö. TKK. Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Espoo. 1999.
- /10/ Nykyri, Pekka, *Betoniraudituksen ankkurointi.* VTT:n Tutkimuksia 693. Espoo: VTT. 1990.
- /11/ *Betonirakenteiden Suunnittelu ja Mitoitus, BY 210.* Leskelä, Matti V. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 2008.
- /12/ *Betoninormit 2004, BY 50.* Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004.

LIITTEET

Liite 1. Tutkimussuunnitelma	(6)
Liite 2. Mitta- ja raudituspiirustus	(1)
Liite 3. Vertailuterästen materiaalitiedot	(11)
Liite 4. Betonin lujuusmittausraportti	(1)
Liite 5. Staattinen malli	(1)
Liite 6. Mittauspöytäkirjamalli	(1)
Liite 7. Taipumamittaustulokset	(1)
Liite 8. Voimat ja halkeamaleveydet	(60)

**BETONITERÄKSEN SUHTEELLISEN HARJAPINTA-ALAN
VAIKUTUS TAIVUTETUN RAKENTEEN HALKEAMALEVEYTEEN**

Tutkimussuunnitelma

Antti T. Kuusela

Opinnäytetyön tutkimussuunnitelma

01.12.2008

1 MÄÄRITTELYT

1.1 Nimi ja tunnisteet

Betoniteräksen suhteellisen harjapinta-alan vaikutus taivutetun rakenteen halkeamaleveyteen.

1.2 Opinnäytetyön taustaa

Tutkimuksen tilaaja on Celsa Steel Service Oy. Yrityksen toimiala on betoniterästen, raudoitteiden ja raudoitustarvikkeiden myynti ja markkinointi sekä raudoitteiden valmistus Suomessa. Celsa Steel Service Oy:n tuotantotoiminta on keskittynyt Äminneforsin palvelukeskukseen sekä Espoon raudoitetehtaaseen. Myynti- ja markkinointiorganisaatiot on jaettu Espoon, Tampereen sekä Kuopion aluemyyntitoimistoihin. Lisäksi Äminneforsin palvelukeskuksessa toimii jälleenmyyjiä sekä rakennustuotesektoria, kuten elementtivalmistusteollisuutta, palveleva myyntiosasto.

Celsa Steel Service Oy on osa Euroopan suurimpiin kuuluvaa betoniteräksen tuottajaa, espanjalaista Celsa Groupia. Celsalla on tuotantolaitoksia ja toimipisteitä laajalti Euroopassa sekä kaupallisia toimistoja ympäri maailman, uusimpina aluevaltauksina Kiina ja Intia.

Johtava asema Suomen markkinoilla velvoittaa Celsa Steel Service Oy:tä toimimaan edelläkävijänä myöskin tuotekehityksen saralla. Siksi yritys onkin viime aikoina erityisesti panostanut tuotekehitykseen sekä jatkojalostettujen raudoitteiden ja raudoite-elementtien tuotantoon. Tutkimukset materiaalien ja tuotantoprosessien parissa tuottavat alati uutta tietoa yhä tehokkaampien, turvallisempien sekä ympäristöä vähemmän kuormittavien ratkaisujen löytämiseen.

Euroopan yhdentymisen myötä yhdistyvät myöskin rakentamista ja rakennustuotteita koskevat normit, standardit ja ohjeistukset. Tämä aiheuttaa myös osaltaan tarvetta lisätutkimuksiin ja vertailuihin eri säännösten välillä. Celsa Steel Service Oy:n tilaama tutkimus on siis luonnollista jatkumoa monille käynnissä oleville ja jo tehdyille tutkimuksille.

1.3 Tavoitteet

1.3.1 Sisältö

Tutkimuksen tavoitteena on kokeellisesti tutkia betoniteräksen suhteellisen harjapinta-alan vaikutusta taivutetun rakenteen halkeamaleveyteen.

Rakenteen elinkaaren piteneminen vähentää oleellisesti huolto- ja korjaus-tarvetta ja siten vähentää kustannuksia ja lisää turvallisuutta. Koska betoni-teräsrakenteisiin syntyvien halkeamien koko vaikuttaa oleellisesti rakenteen käyttöikänsä, on syytä tutkia eri teräsluokkien välisiä eroja ja niiden vaikutusta ilmiön syntyyn.

1.3.2 Aika

Tutkimus toteutetaan 1.12. 2008 - 31.5.2009 ja alustava tutkimussuunnitelma sekä valmistelevat työt 1.6.2008 – 1.9.2008.

1.3.3 Tutkimuksen näkökulma ja rajaus

Tutkimuksessa tarkastellaan tilaajan kehittämän uuden harjateräsprofiilin tuomia etuja verrattuna jo markkinoilla oleviin tuotteisiin. Lisäksi verrataan RakMk B4 ja EN 1992-1-1 normien mukaisia tuloksia toisiinsa. Tutkimuksen perusteella tehtyä raporttia käytetään uuden teräsluokan jatkokehitys- ja markkinointitoimissa.

2 TUTKIMUKSEN ORGANISAATIO

Tutkimuksen ohjaaja, tilaajan edustaja:

Kehityspäällikkö Casper Ålander, 019-2213 220
Celsa Steel Service Oy
PL 24, 02921 ESPOO
casper.alander@celsa-steelservice.com

Tutkimuksen valvoja, korkeakoulun edustaja:

Lehtori Jouni Kalliomäki, 020-783 6028
Metropolia AMK
Agricolankatu 1-3
(PL 4023),
jouni.kalliomaki@metropolia.fi

Rakennetekniikan laboratorioinsinööri:

Matti Leppä, 020-783 6031
Metropolia AMK
Agricolankatu 1-3
(PL4023)
matti.leppa@metropolia.fi

Tutkimuksen tekijä:

Antti T. Kuusela, 019-2213 222
antti.t.kuusela@metropolia.fi
antti.kuusela@celsa-steelservice.com

3 TOTEUTUSSUUNNITELMA

3.1 Tutkimuksen toteutustapa

3.1.1 Alustavat toimet

Alustavassa tutkimussunnitelmassa määritetään koekappaleiden ulkoinen geometria käytettävissä olevan tutkimuslaitteiston ja muottikaluston perusteella. Koekappaleille mitoitetaan 2 eriasteista raudoitusta tilaajan laskentaohjelmalla. Laskelmista tuotetaan koekappaleiden mitta- ja raudituspiirustukset. Valitaan vertailtava teräsluokka. Raudoitteina käytettävistä tangoista teetetään vetokokeet sekä suhteellisen harjapinta-alan mittaukset.

Raudoitteet esivalmistetaan tutkimuksen tekijän valvomana ja toimitetaan betonointipaikalle. Muotteina käytetään valmiita teräsmuotteja. Koekappaleet betonoidaan Rudus Betonituote Oy:n elementtitehtaalla Nurmijärvellä, jossa koekappaleet myös säilytetään taivutuskoevaiheeseen asti.

3.1.2 Koekappaleet

Koekappaleita valmistetaan 4 3 kpl:n sarjaa (1A, 1B, 2A ja 2B). Sarjojen 1A ja 1B raudoitteet valmistetaan suhteelliselta harjapinta-alaltaan ($f_r = 0,058$) teräsluokan B500B tangoista ja sarjojen 2A ja 2B raudoitteet vastaavasti B500C1 -luokan tangoista ($f_r = 0,098$).

Sarjojen 1A ja 2A koekappaleet raudoitetaan kevyemmin (2TW12) ja sarjoissa 1B ja 2B käytetään korkeampaa rauditusastetta (4TW12). Koekappaleisiin asennetaan vain tarvittavat hakaraudoitteet varmistamaan terästen oikea asettelu ja nostopisteiden kestävyys.

Tutkittavien kappaleiden materiaali- ja raudoitustiedot sekä mitat esitetään mitta- ja raudituspiirustuksessa. Terästen suhteelliset harjapinta-alat (f_R) mitataan VTT:n laboratoriossa. Betonointiin käytetystä massaerästä valmistetuille koekuutioille tehdään samanaikaisesti taivutuskokeiden kanssa puristuskokeet Rudus Betonituote Oy:n toimesta. Tarvittaessa koekappaleista po-rataan lieriöt tarkempia mittauksia varten.

Koekappaleet tarkistetaan ennen koetta ja selvästi vialliset hylätään. Hyväksytyjen sivut maalataan ohuella valkoisella maalilla dokumentoinnin ja mitaamisen helpottamiseksi.

3.1.3 Kokeiden lukumäärä

Taivutuskokeita tehdään 3 kpl kutakin sarjaa, yhteensä 12 koetta.

3.2 Koejärjestelyt

3.2.1 Tuenta ja kiinnitys

Koestettavien palkkien tuenta ja kiinnitys esitetään erillisessä staattisessa mallipiirustuksessa.

3.2.2 Tukipinnan suuruus

Tukipinnan koko on 110 mm * 300 mm.

3.2.3 Tukipinnan laatu ja laakerointi

Tukipinnan laatu ja laakerointi esitetään erillisessä staattisessa mallipiirustuksessa. Tuen B tukipinta laakeroidaan kaksinkertaisella öljytyllä teflonkalvolla.

3.2.4 Kuormituspisteet

Koestettavien palkkien kuormituspisteet esitetään erillisessä staattisessa mallipiirustuksessa. Kuormituspisteiden tukipintoihin kiinnitetään kipsimasalla 110 mm * 300 mm kokoiset teräslatat, joihin hitsataan halkaisijaltaan 10 mm pyöröteräkset.

3.2.5 Kuormitustasot

Käytettävät kuormitustasot vastaavat teräksen jännityksiä 250 MPa, 300 MPa ja 350 MPa haljenneessa tilassa.

3.2.6 Mittalaitteet

Halkeamaleveydet mitataan optisella luupilla. Taipuman suuruus mitataan induktiivisella siirtymämittalaitteella.

3.2.7 Mittauspisteet ja dokumentointi

Syntyneet halkeamat merkitään koekappaleisiin ja mitataan alapinnan tasolta sekä oletetulta vetoterästen sijaintitasolta rakenteen molemmilta sivuilta.

Taipuman suuruus mitataan kuormitustasoittain sekä maksimijännityksellä.

Kokeiden kulusta taltioidaan sähköisesti voima ja taipuma. Näistä tulostetaan voima – taipuma kuvaajat. Muut mittaustulokset kirjataan mittauspöytäkirjoihin.

3.2.8 Mittauspöytäkirjat

Jokaisesta koekappaleesta tehdään mittauspöytäkirja, johon merkitään tulokset kaikista mitatuista halkeamista sekä taipuman suuruus. Mittaustulokset esitetään kaikista kuormitustasoista.

3.2.9 Koejärjestelyjen varmistus

Ennen kokeiden aloittamista koestusjärjestelyt simuloidan mahdollisten ongelmien havaitsemiseksi.

3.3 Tutkimuksessa käytettävät resurssit

Tutkimukseen käytävien materiaalien hankinnoista, työ- ja toimituskuluista sekä erillisen sopimuksen mukaan rakennetekniikan laboratorion tila- ja laitevuokrista sekä tutkimuksesta aiheutuneista Metropolia AMK:n henkilökunnan kustannuksista vastaa tutkimuksen tilaaja Celsa Steel Service Oy.

3.4 Turvallisuus

Taivutuskokeissa noudatetaan rakennetekniikan laboratorion turvallisuus- ja toimintaohjeita sekä käytettävien laitteiden ja kojeiden käyttöohjeita.

3.5 Tutkimuksen tulosten dokumentointi

Tutkimuksen tekijä raportoi tulokset insinööriökirjassa, joka laaditaan Metropolia AMK:n ohjeiden mukaan.

4 HYVÄKSYNNÄT JA ALLEKIRJOITUKSET

Tutkimussunnitelman päiväävät ja allekirjoittavat tutkimuksen tekijä ja sen lisäksi sen päiväävät ja hyväksyvät yrityksen ohjaaja ja korkeakoulun valvojaopettaja.

Celsa Steel Service Oy

pvm, Casper Ålander, Kehityspäällikkö

Opinnäytetyön tekijä

pvm, Antti T. Kuusela

Metropolia ammattikorkeakoulun valvojaopettaja

pvm, Jouni Kalliomäki, lehtori

TEST REPORT

No. VTT-S-08175-08

September 29, 2008



Tensile tests and rib geometry
measurements of hot rolled and
cold worked ribbed reinforcing bars

**FINAS**
Finnish Accreditation Service
T001 (EN ISO/IEC 17025) VTT. Expert Services

Requested by: Celsa Steel Service Oy, Espoo

VTT TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND





Requested by Celsa Steel Service Oy, Casper Ålander
P.O. Box 24, 02921 Espoo, Finland

Order E-mail dated on the 9th of September 2008, C. Ålander

Contact persons at VTT **VTT Technical Research Centre of Finland**
Research Engineers Jukka Kiiskinen and Aki Neuvonen
P.O. Box 1000, 02044 VTT, Finland
Tel. +358 20 722 6909 or +358 20 722 6910
Fax +358 20 722 7003
E-mail: jukka.kiiskinen@vtt.fi or aki.neuvonen@vtt.fi

Object **Tensile tests and rib geometry measurements of hot rolled and cold worked ribbed reinforcing bars**

Samples On the 9th of September 2008 the client delivered three 12 mm samples of hot rolled ribbed reinforcing bars and three 12 mm samples of cold worked ribbed reinforcing bars to VTT for tensile tests and rib geometry measurements.

Test results Date of performance of tests: 9.9.2008.

Table 1. Tensile test (EN 10 002-1, EN ISO 15630-1).

Test piece			Tensile test					
d	Material		yield force 1)	yield strength 1)	maximum force	tensile strength	total elongation 2)	elongation after fracture 2)
mm		no.	$F_{eH} / F_{p0,2}$ kN	$R_{eH} / R_{p0,2}$ N/mm ²	F_m kN	R_m N/mm ²	A_{gt} %	A_{10} %
12	Hot rolled	1	61,0	540	71,5	633	11,6	17,8
"	"	2	62,4	552	71,5	633	11,4	17,1
"	"	3	61,6	545	72,1	638	13,3	19,6
12	Cold worked	1	69,8	618	75,7	670	4,2	9,6
"	"	2	69,9	619	76,0	673	5,3	9,4
"	"	3	69,0	611	74,4	658	3,6	8,8

Strength values are calculated by using nominal steel areas.
The stress-extension diagrams are given in Appendix.

- 1) Yield force and yield strength (F_{eH} and R_{eH}) have been determined for the hot rolled material. 0,2-force and 0,2-strength ($F_{p0,2}$ and $R_{p0,2}$) have been determined for the cold worked material.
- 2) Total elongation and elongation after fracture were measured from gauge marks.



Table 2. Mass per metre run and dimension of ribs of hot rolled samples (EN ISO 15630-1).

Test piece		Mass/m	Rib angles		Rib spacing	3)
d	no.		1)	2)		
mm		m_l kg/m	β°	α°	a mm	f_R
12	1	0,900	63, 47 / 56	48	13,2 / 6,7	0,100
"	2	0,900	62, 47 / 56	45	13,2 / 6,7	0,099
"	3	0,891	63, 47 / 56	44	13,2 / 6,7	0,097

1) Angle of the centre line of the oblique rib to the axis of the bar.

2) Rib flank inclination.

3) f_R is the relative rib area.

Table 3. Mass per metre run and dimension of ribs of cold worked samples (EN ISO 15630-1).

Test piece		Mass/m		Rib angles		Rib height	Rib breadth	Rib spacing	3)	4)
d	no.	m_l	d_m	1)	2)					
mm		kg/m	mm	β°	α°	h mm	b mm	a mm	f_R	Σe mm
12	1	0,900	12,09	52	42	0,66	3,3	7,0	0,056	5,0
"	2	0,904	12,11	53	40	0,70	3,4	7,0	0,060	5,9
"	3	0,905	12,13	53	41	0,69	3,3	6,9	0,058	6,0

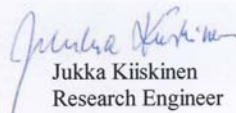
1) Angle of the centre line of the oblique rib to the axis of the bar.

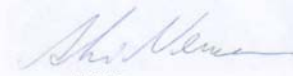
2) Rib flank inclination.

3) f_R is the relative rib area.

4) Length of the circumference without ribs.

Espoo 29.9.2008


Jukka Kiiskinen
Research Engineer


Aki Neuvonen
Research Engineer

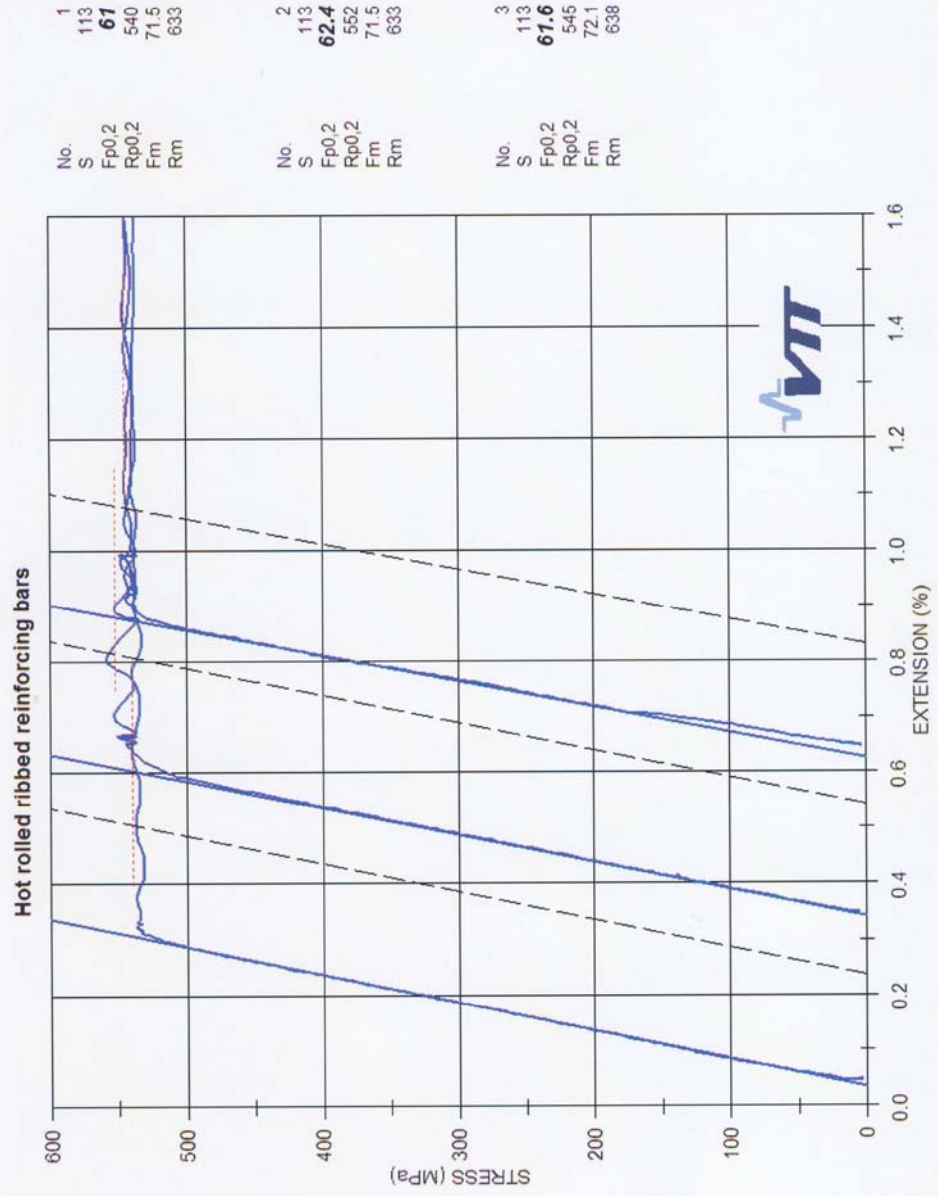
Appendix Stress-extension diagrams

Distribution - Client
- VTTOriginal
original.

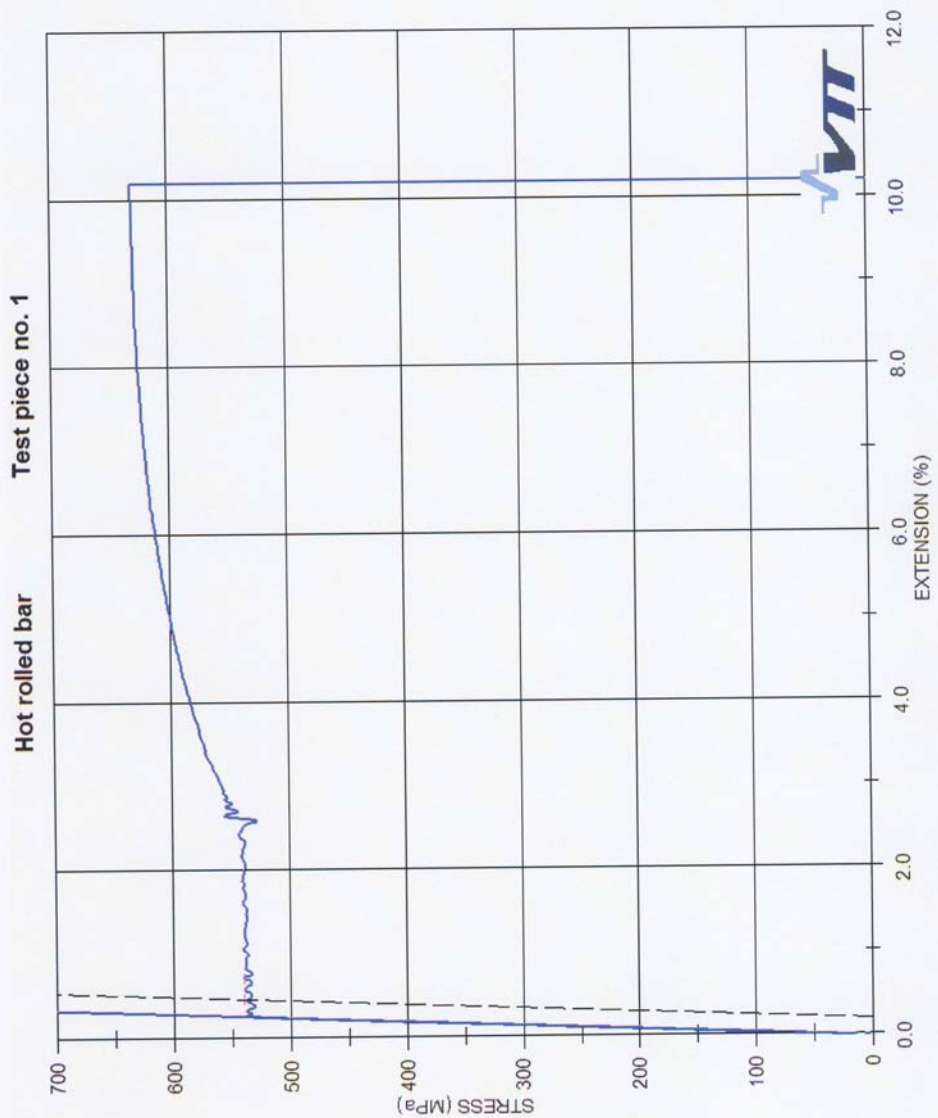
T001 (EN ISO/IEC 17025) VTT, Expert Services

The test results relate only to the test pieces tested.

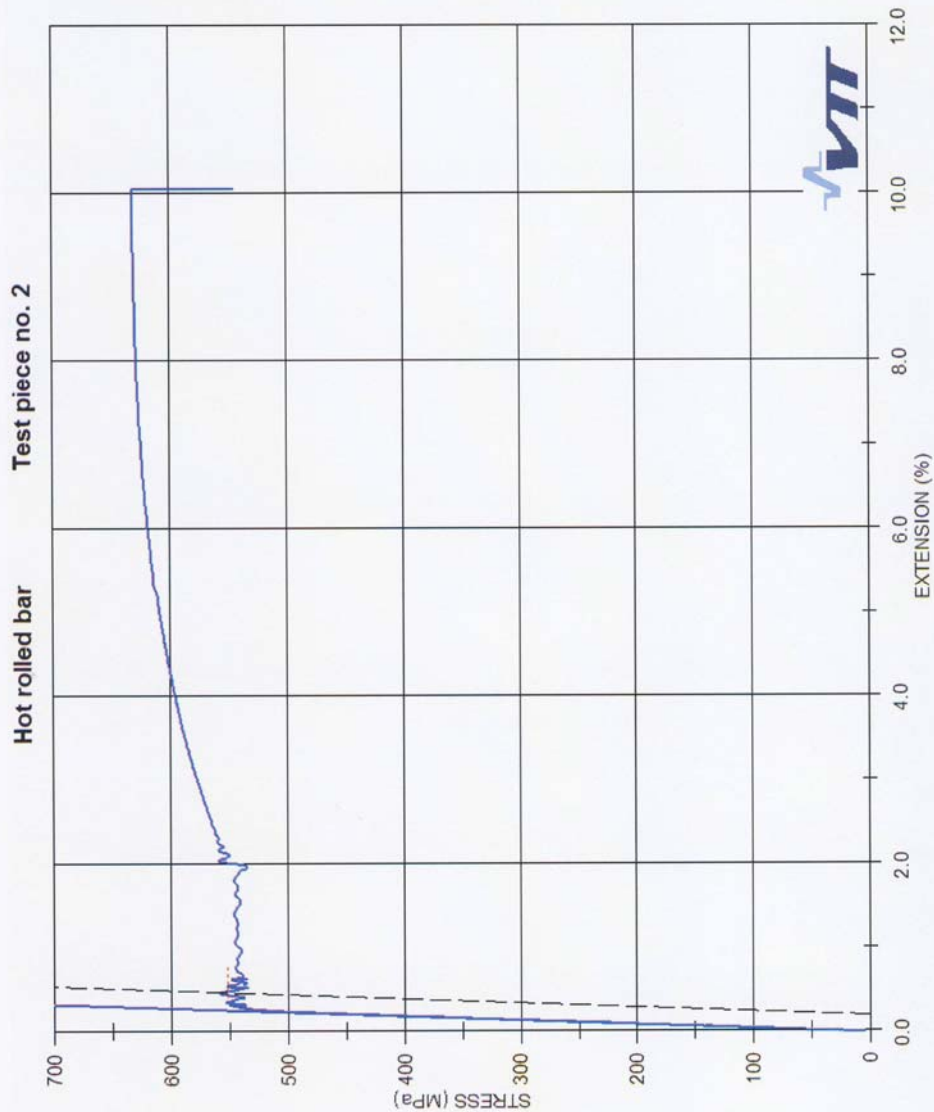
The use of the name of VTT in advertising or publication of this report in part is possible only by written permission from VTT.



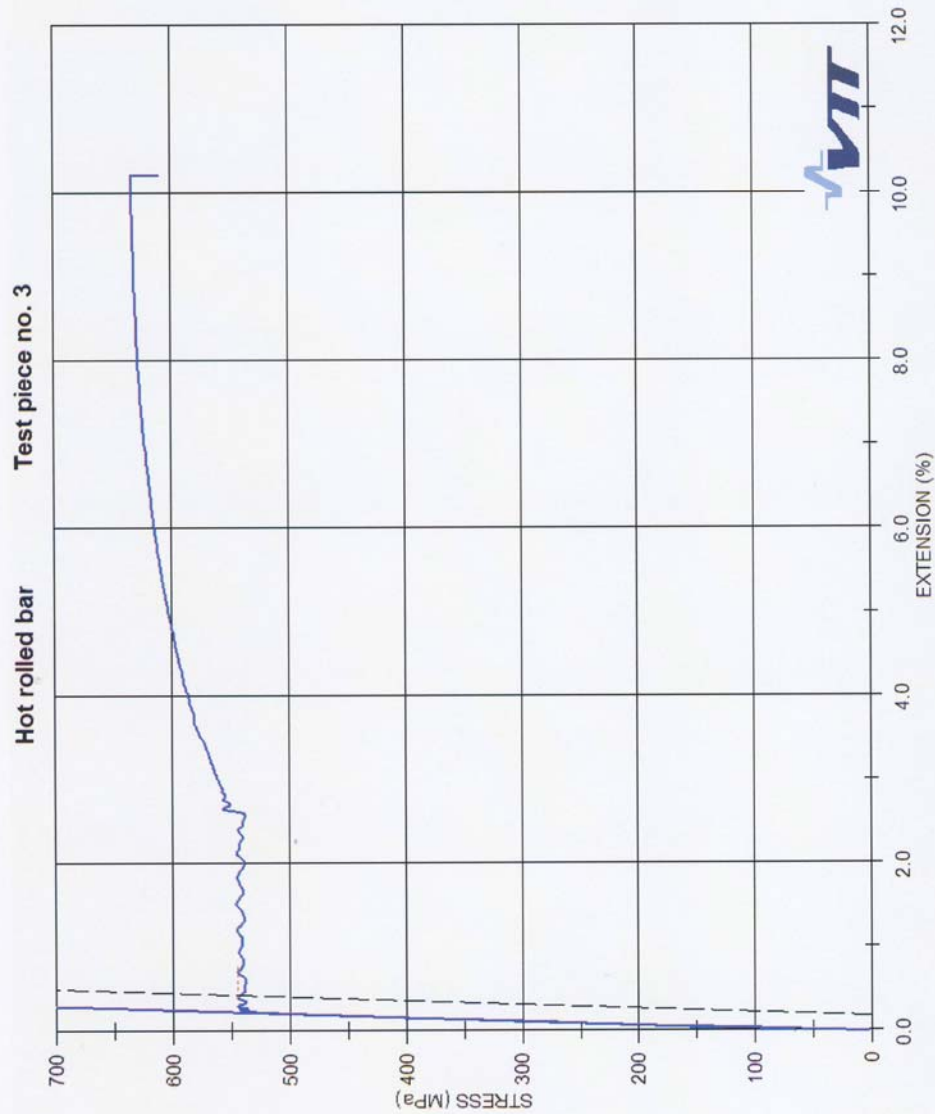
The use of the name of VTT in advertising or publication of this report in part is possible only by written permission from VTT.



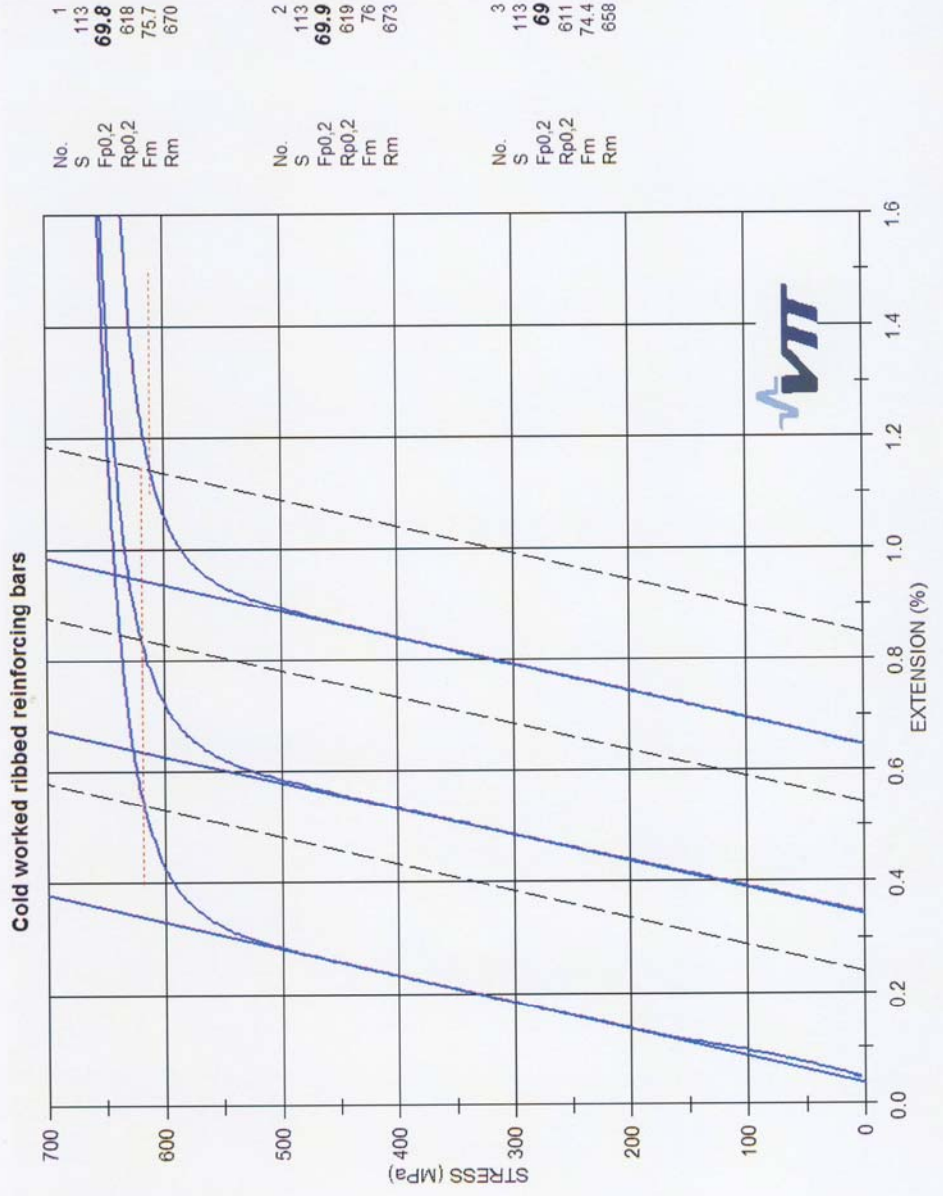
The use of the name of VTT in advertising or publication of this report in part is possible only by written permission from VTT.



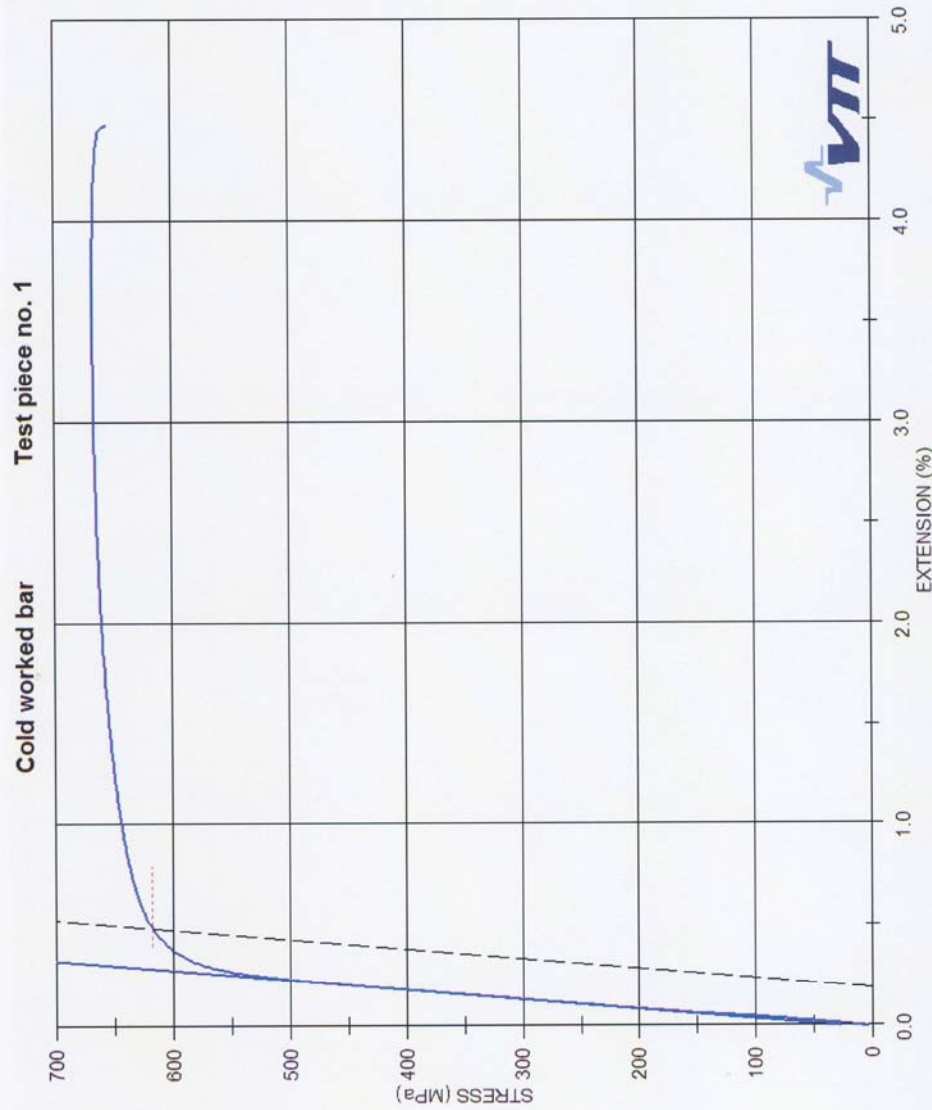
The use of the name of VTT in advertising or publication of this report in part is possible only by written permission from VTT.



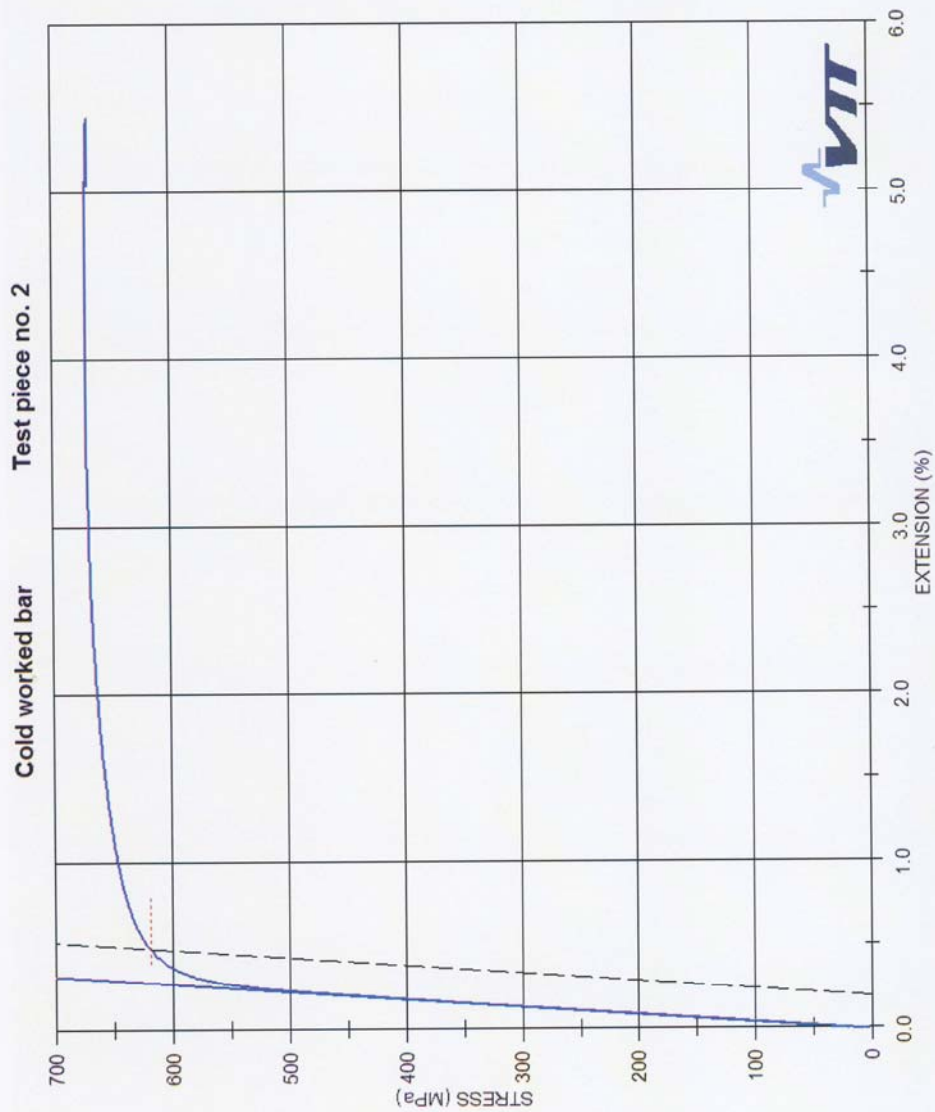
The use of the name of VTT in advertising or publication of this report in part is possible only by written permission from VTT.



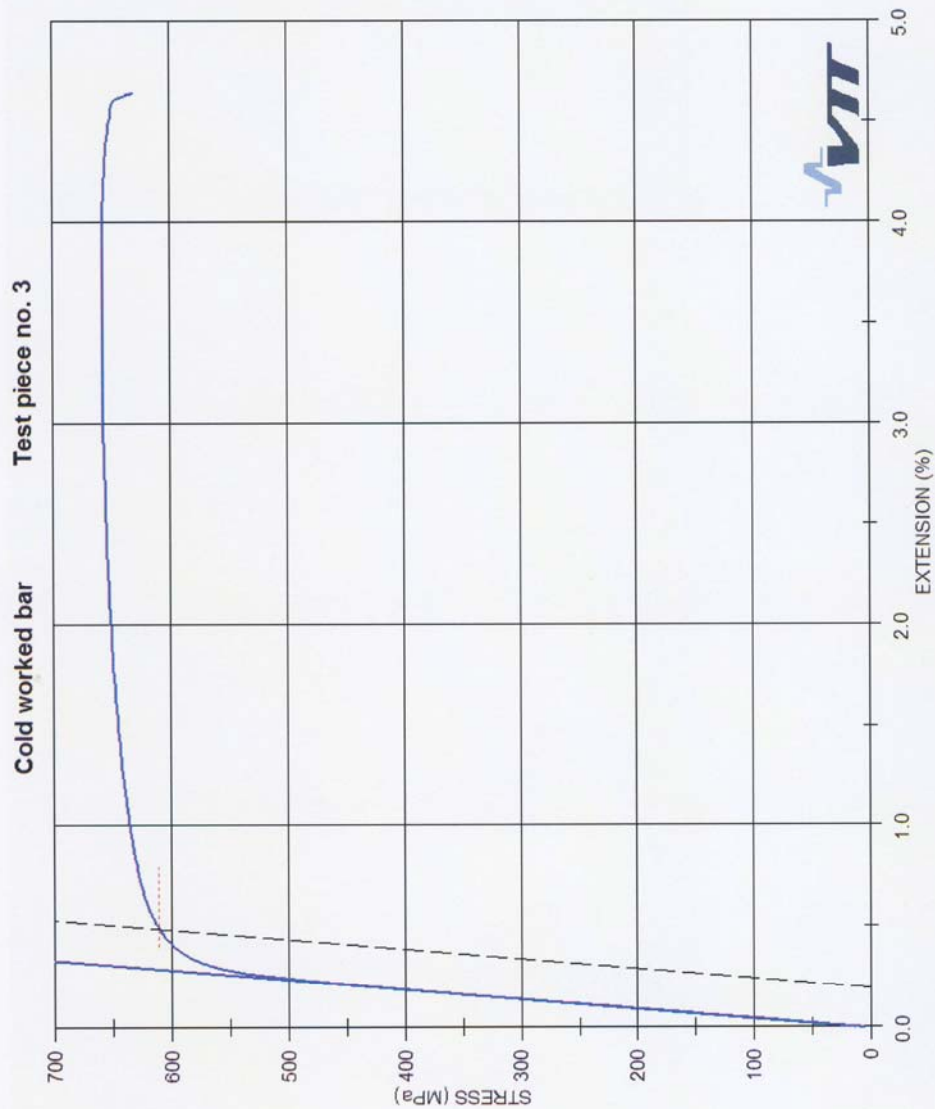
The use of the name of VTT in advertising or publication of this report in part is possible only by written permission from VTT.



The use of the name of VTT in advertising or publication of this report in part is possible only by written permission from VTT.



The use of the name of VTT in advertising or publication of this report in part is possible only by written permission from VTT.



The use of the name of VTT in advertising or publication of this report in part is possible only by written permission from VTT.

CONTESTA

Tutkimusselostus

B-4589 1(1)

Tuomo Rimpiläinen

19.2.2009

Celsa Steel Service Oy

kpl jakelu
2 tilaajaPL 24
02921 ESPOORakennustyö:
Testipalkit

Rakenneosa:

Tilaaajan toimesta irrotettujen koekappaleiden testaus standardin SFS - EN 12504-1. Poratut koekappaleet. Puristuslujuuden testaus.

Tilaaajan toimesta irrotettujen koekappaleiden testaus standardin SFS - EN 12390-6. Koekappaleiden halkaisuvetolujuuden testaus.

Puristuslujuustulokset on muunnettu vastaamaan 150 mm normikuution tuloksia By50, Betoninormit 2004, kohdan 6.3.3.2 mukaisesti. Koekappaleen koosta johtuen testauksessa käytetty lisäniveltä.

Tilaus: 17.2.2009 / Antti Kuusela.

Koekappaleet: 12 kpl lieriötä, Ø 100 * 300 mm, joista jokaisesta sahattiin kaksi Ø 100 * 100 mm olevaa lieriötä, toinen puristus- ja toinen halkaisuvetolujuuskoetta varten.

Koekappaleet tasoitettiin rikittämällä.

Koekappaleen pituus / halkaisija suhde: 1:1.

Tilaaajan ilmoittamat tiedot:

Koetulokset:

Koekappaleen tunnus	Testauspäivä	Murtovoima kN	Puristuslujuus N/mm ²	Murtovoima kN	Halkaisuveto- lujuus N/mm ²	Tiheys kg/m ³
1A1	19.02.2009	479,7	68,5	68,91	4,55	2360
1A2	19.02.2009	454,4	65,0	67,56	4,45	2370
1A3	19.02.2009	480,7	68,5	63,69	4,20	2380
1B1	19.02.2009	484,8	69,5	52,29	4,10	2370
1B2	19.02.2009	474,3	68,0	59,01	3,85	2370
1B3	19.02.2009	511,0	73,0	55,27	3,65	2360
2A1	19.02.2009	460,6	66,0	72,85	4,85	2350
2A2	19.02.2009	429,2	61,5	69,68	4,60	2360
2A3	19.02.2009	473,2	67,5	77,29	5,05	2350
2B1	19.02.2009	445,1	63,5	74,39	4,95	2350
2B2	19.02.2009	484,9	69,5	61,69	4,20	2330
2B3	19.02.2009	484,7	69,5	73,65	4,90	2350

Tilaaajan ilmoittamat lisätiedot:

CONTESTA OY

Hyväksytty koetuslaitos

Contesta Oy, Y-tunnus 1712699-6

Kilterinkuja 2, PL 23, 01601 Vantaa, puh. (09) 2525 2425, fax. (09) 2525 2426,
Skräbbölentie 16, 21600 Parainen, puh. 0207 430 620, fax. 0207 430 621

© Contesta Oy. Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen on sallittu vain Contesta Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.
Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Testauksiin liittyvät mittausepävarmuudet ilmoitetaan pyydettyä.

PÄIVÄMÄÄRÄ ___/___/___

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

PALIKKI _____

YR
bxhxl AR x x

TAIPUMA										
Esikuormitus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taipuma										
Kuormitustaso	250 Mpa		300 MPa		350 Mpa	Myötö	Murtotila			
Taipuma	ennen									
	jälkeen									
Mittauksen kesto	min		min		min					
HALKEAMALEVEYS	1 = Alareuna, 2 = 36 mm, 3 = Alareuna, 3 = 36 mm, 4 = 36 mm									
Mittauspiste	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Halkeama										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
Betonipeite										

MITTAUKSEN TEKIJÄN ALLEKIRJOITUS _____

Taipuma	1A1	1A2	1A3		Taipuma	2A1	2A2	2A3	
250				MPa	250				MPa
mittakello ennen	8,88	8,70	9,01	mm	mittakello ennen	8,43	8,69	8,71	mm
mittakello jälkeen	8,99	8,76	9,10	mm	mittakello jälkeen	8,53	8,79	8,82	mm
300				MPa	300				MPa
mittakello ennen	10,09	9,83	10,22	mm	mittakello ennen	9,70	9,93	9,92	mm
mittakello jälkeen	10,20	9,93	10,32	mm	mittakello jälkeen	9,82	10,05	9,98	mm
350				MPa	350				MPa
mittakello ennen	11,45	11,04	11,46	mm	mittakello ennen	11,06	11,32	11,28	mm
mittakello jälkeen	11,60	11,20	11,57	mm	mittakello jälkeen	11,18	11,47	11,41	mm
mittakello myötö	15,76	17,13	18,56	mm	mittakello myötö	15,40	15,64	-	mm
Esikuormitus	1A1	1A2	1A3		Esikuormitus	2A1	2A2	2A3	
taipuma mittakello	15,84	15,14	16,39	mm	taipuma mittakello	15,40	15,50	16,08	mm
Voima A	19,16	17,23	20,21	kN	Voima A	20,07	17,51	17,92	kN
Voima B	26,31	26,22	26,87	kN	Voima B	23,37	22,80	26,24	kN
taipuma c2	15,59	14,64	15,71	mm	taipuma c2	15,10	15,21	15,33	mm
taip. cylA	14,24	14,03	15,35	mm	taip. cylA	13,79	14,11	14,66	mm
taip. cylB	13,98	13,02	14,68	mm	taip. cylB	13,31	13,48	14,71	mm
Murto	1A1	1A2	1A3		Murto	2A1	2A2	2A3	
Voima A	25,88	26,36	26,23	kN	Voima A	29,23	27,01	33,04	kN
Voima B	25,86	26,37	26,23	kN	Voima B	25,59	25,31	28,62	kN
siirtymä A	75,54	77,93	125,93	mm	siirtymä A	220,27	188,38	312,87	mm
siirtymä B	82,14	85,74	128,58	mm	siirtymä B	212,32	197,14	271,70	mm
 Taipuma 	 1B1 	 1B2 	 1B3 		 Taipuma 	 2B1 	 2B2 	 2B3 	
250				MPa	250				MPa
mittakello ennen	11,21	10,09	11,15	mm	mittakello ennen	10,02	10,33	10,70	mm
mittakello jälkeen	11,33	10,28	11,27	mm	mittakello jälkeen	10,16	10,48	10,82	mm
300				MPa	300				MPa
mittakello ennen	12,97	11,78	12,91	mm	mittakello ennen	11,64	11,98	12,38	mm
mittakello jälkeen	13,10	11,96	13,05	mm	mittakello jälkeen	11,86	12,13	12,54	mm
350				MPa	350				MPa
mittakello ennen	14,77	13,55	14,63	mm	mittakello ennen	13,38	13,68	14,13	mm
mittakello jälkeen	15,01	13,79	14,85	mm	mittakello jälkeen	13,69	13,92	14,37	mm
mittakello myötö	25,98	24,20	25,30	mm	mittakello myötö	-	27,40	26,00	mm
Esikuormitus	1B1	1B2	1B3		Esikuormitus	2B1	2B2	2B3	
taipuma mittakello	19,08	16,20	18,79	mm	taipuma mittakello	15,25	15,25	16,64	mm
Voima A	45,20	46,30	43,25	kN	Voima A	43,03	43,44	44,28	kN
Voima B	44,24	37,84	44,53	kN	Voima B	36,64	33,93	38,28	kN
taipuma c2	15,73	15,71	15,84	mm	taipuma c2	15,43	15,37	13,85	mm
taip. cylA	18,54	16,80	17,79	mm	taip. cylA	15,01	15,11	15,32	mm
taip. cylB	18,14	14,93	17,39	mm	taip. cylB	14,58	14,39	14,80	mm
Murto	1B1	1B2	1B3		Murto	2B1	2B2	2B3	
Voima A	53,28	54,66	53,98	kN	Voima A	64,63	49,31	51,34	kN
Voima B	53,24	54,71	54,05	kN	Voima B	50,55	49,32	47,22	kN
siirtymä A	131,74	122,59	134,96	mm	siirtymä A	209,18	179,19	217,43	mm
siirtymä B	129,83	118,59	133,06	mm	siirtymä B	162,40	181,63	197,10	mm

Palkki 1A1 250MPa
Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

4.5.2009

Syöttöarvot		Syöttöarvot	Tulokset				
Korkeus:	300	K-lujuus:	68,5	As:	226,194671	As':	157,079633
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,77789011	Kg/m:	1,23464591
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,7543346	Kg/mE3:	13,7182879
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	33,4726225		
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,11	Xu/d:	0,046
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	14,08	Xk/d:	0,153
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,58	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00			BY50	EC2
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	248,4	wk (mm):	0,137
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,00124195	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,00049678	TaiVR(m):	450,089938
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,00222178
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,36		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fil	12			Roo_min:	0,00136	(B4)	2,10
k	150			Roo_min:	0,00188	(EC2)	1,52

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
MgX	3,9 kNm				
Fa	7,26 kN	Ta	7,3	MaF	9,8
Fb	7,26 kN	Tb	7,3	MbF	9,8
MF	9,801 kNm				
Mmax	14,1 kNm				
				Ma	13,7
				Mb	13,7
				Mke	14,1

Palkki 1A1 350MPa
Celsa Steel Service Oy

Syöttöarvot		Syöttöarvot	Tulokset	
Korkeus:	300	K-lujuus:	68,5	As: 226,194671 As': 157,079633
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m: 1,77789011 Kg/m: 1,23464591
		kw:	0,085	Kg/mE3: 19,7543346 Kg/mE3: 13,7182879
		k1:	0,80	
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3: 33,4726225
Kpl:	2	GammaS:	1	
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm): 36,11 Xu/d: 0,046
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm): 19,74 Xk/d: 0,153
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm): 26,58 Xe/h: 0,502
		Kerroin	1,00	BY50 EC2
Purt P1:	10			Ssk (Mpa): 348,2 Lwk (mm): 0,192 0,351
Kpl:	2	Huom!		esk: 0,00174093 Lwk (mm): 237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm: 0,00069637 TaiVR(m): 321,085964
Kpl:	0	halkaisijaksi 0		Käy(1/m): 0,00311443
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr: 1,36
				Roo: 0,00286 x/d 0,15
				Roo_min: 0,00136 (B4) 2,10
				Roo_min: 0,00188 (EC2) 1,52
Fil	12			
k	150			

fR 0,063 kw 0,085

L 3,9 m
X 1,35 m
Mg 4,28 kNm
Mgx 3,9 kNm
Fa 11,45 kN
Fb 11,45 kN
MF 15,4575 kNm
Mmax 19,7 kNm

Ta 11,5 MaF 15,5 Ma 19,3
Tb 11,5 MbF 15,5 Mb 19,3
Mke 19,7

Palkki 1A1 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,11	Xu/d:	0,046
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	39,20	Xk/d:	0,153
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,58	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	691,6	lwk (mm):	0,746
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0034582	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0027099	TaivR(m):	82,510688
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0121196
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,36		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00136	(B4)	2,10
k	150			Roo_min:	0,00188	(EC2)	1,52

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	25,88 kN	Ta	25,9	MaF	34,9
Fb	25,86 kN	Tb	25,9	MbF	34,9
MF	34,938 kNm				
Mmax	39,2 kNm				
				Ma	38,8
				Mb	38,8
				Mke	39,2

Palkki 1A2 Esikuormitus

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	65	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,07	Xu/d:	0,048
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	35,07	Xk/d:	0,155
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	25,69	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	619,2	wk (mm):	0,637
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0030959	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0023138	TaivR(m):	96,43463
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0103697
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,40		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00131	(B4)	2,18
k	150			Roo_min:	0,00181	(EC2)	1,58

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	17,23 kN	Ta	20,3	MaF	27,5
Fb	26,22 kN	Tb	23,1	MbF	31,2
MF	23,2605 kNm				
Mmax	35,1 kNm				
				Ma	31,3
				Mb	35,1
				Mke	33,6

Palkki 1A2 250

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

4.5.2009

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	65	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,07	Xu/d:	0,048
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	14,08	Xk/d:	0,155
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	25,69	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	248,6	lw (mm):	0,137
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0012429	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0004972	TaivR(m):	448,81382
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0022281
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,40		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00131	(B4)	2,18
k	150			Roo_min:	0,00181	(EC2)	1,58

fR 0,063
kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	7,26 kN	Ta	7,3	MaF	9,8
Fb	7,26 kN	Tb	7,3	MbF	9,8
MF	9,801 kNm				
Mmax	14,1 kNm				
				Ma	13,7
				Mb	13,7
				Mke	14,1

Palkki 1A2 300

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

	Syöttöarvot	Syöttöarvot	Tulokset		
Korkeus:	300	K-lujuus:	65	As:	226,19467 As': 157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,7778901 Kg/m: 1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335 Kg/mE3: 13,718288
		k1:	0,80		
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	33,472623
Kpl:	2	GammaS:	1		
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,07 Xu/d: 0,048
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	16,91 Xk/d: 0,155
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	25,69 Xe/h: 0,502
		Kerroin	1,00		
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	298,6 wk (mm): 0,164 <u>BY50</u> <u>EC2</u>
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014932 Lwk (mm): 237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0005973 TaivR(m): 373,58612
Kpl:	0	halkaisijaksi 0			Käy(1/m): 0,0026768
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,40
				Roo:	0,00286 x/d 0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00131 (B4) 2,18
k	150			Roo_min:	0,00181 (EC2) 1,58

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	9,36 kN	Ta	9,4	MaF	12,6
Fb	9,36 kN	Tb	9,4	MbF	12,6
MF	12,636 kNm				Ma 16,5
Mmax	16,9 kNm				Mb 16,5
					Mke 16,9

Palkki 1A2 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	65	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	33,472623		
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,07	Xu/d:	0,048
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	39,87	Xk/d:	0,155
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	25,69	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	704,0	wk (mm):	0,780
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0035199	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0028319	TaivR(m):	78,79168
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0126917
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,40		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00131	(B4)	2,18
k	150			Roo_min:	0,00181	(EC2)	1,58

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	26,36 kN	Ta	26,4	MaF	35,6
Fb	26,37 kN	Tb	26,4	MbF	35,6
MF	35,586 kNm				
Mmax	39,9 kNm				
				Ma	39,5
				Mb	39,5
				Mke	39,9

Palkki 1A3 Esikuormitus

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,11	Xu/d:	0,046
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	37,04	Xk/d:	0,153
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,58	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	653,4	wk (mm):	0,681
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,003267	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0024749	TaivR(m):	90,344393
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0110688
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,36		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00136	(B4)	2,10
k	150			Roo_min:	0,00188	(EC2)	1,52

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	20,21 kN	Ta	22,5	MaF	30,4
Fb	26,87 kN	Tb	24,6	MbF	33,2
MF	27,2835 kNm				
Mmax	37,0 kNm				
				Ma	34,3
				Mb	37,0
				Mke	36,1

Palkki 1A3 250

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

4.5.2009

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,11	Xu/d:	0,046
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	14,05	Xk/d:	0,153
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,58	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	247,9	wk (mm):	0,137
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0012396	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0004958	TaivR(m):	450,95477
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0022175
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,36		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00136	(B4)	2,10
k	150			Roo_min:	0,00188	(EC2)	1,52

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	7,24 kN	Ta	7,2	MaF	9,8
Fb	7,24 kN	Tb	7,2	MbF	9,8
MF	9,774 kNm				
Mmax	14,1 kNm				
				Ma	13,6
				Mb	13,6
				Mke	14,1

Palkki 1A3 300

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

4.5.2009

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,11	Xu/d:	0,046
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	16,90	Xk/d:	0,153
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,58	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	298,2	wk (mm):	0,164
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014908	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0005963	TaivR(m):	374,94761
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,002667
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,36		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00136	(B4)	2,10
k	150			Roo_min:	0,00188	(EC2)	1,52

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	9,35 kN	Ta	9,4	MaF	12,6
Fb	9,35 kN	Tb	9,4	MbF	12,6
MF	12,6225 kNm				
Mmax	16,9 kNm				
				Ma	16,5
				Mb	16,5
				Mke	16,9

Palkki 1A3 350

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

4.5.2009

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	36,11	Xu/d:	0,046
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	19,74	Xk/d:	0,153
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,58	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	348,2	wk (mm):	0,192
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017409	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0006964	TaivR(m):	321,08596
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0031144
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,36		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00136	(B4)	2,10
k	150			Roo_min:	0,00188	(EC2)	1,52

fR kw
0,063 0,085

L 3,9 m
X 1,35 m
Mg 4,28 kNm
Mgx 3,9 kNm
Fa **11,45** kN
Fb **11,45** kN
MF 15,4575 kNm
Mmax **19,7** kNm

Ta	11,5	MaF	15,5	Ma	19,3
Tb	11,5	MbF	15,5	Mb	19,3
				Mke	19,7

Palkki 2A1 Esikuormitus

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	66	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,05	Xu/d:	0,042
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	33,88	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	25,94	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	598,1	lw (mm):	0,596
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0029903	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0021648	TaivR(m):	103,13577
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,009696
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,24		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00150	(B4)	1,91
k	150			Roo_min:	0,00207	(EC2)	1,38

fR kw
0,063 0,085

L 3,9 m
X 1,35 m
Mg 4,28 kNm
Mgx 3,9 kNm
Fa **20,07** kN
Fb **23,37** kN
MF 27,0945 kNm
Mmax **33,9** kNm

Ta	21,2	MaF	28,6	Ma	32,5
Tb	22,2	MbF	30,0	Mb	33,9
				Mke	33,6

Palkki 2A1 250

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	66	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,05	Xu/d:	0,042
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	14,11	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	25,94	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	249,0	wk (mm):	0,137
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,001245	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,000498	TaivR(m):	448,32655
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0022305
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,24		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00150	(B4)	1,91
k	150			Roo_min:	0,00207	(EC2)	1,38

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	7,28 kN	Ta	7,3	MaF	9,8
Fb	7,28 kN	Tb	7,3	MbF	9,8
MF	9,828 kNm				
Mmax	14,1 kNm				
				Ma	13,7
				Mb	13,7
				Mke	14,1

Palkki 2A1 300

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	66	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,05	Xu/d:	0,042
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	16,95	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	25,94	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	299,3	wk (mm):	0,165
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014964	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0005986	TaivR(m):	373,00305
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0026809
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,24		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00150	(B4)	1,91
k	150			Roo_min:	0,00207	(EC2)	1,38

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	9,39 kN	Ta	9,4	MaF	12,7
Fb	9,39 kN	Tb	9,4	MbF	12,7
MF	12,6765 kNm				
Mmax	17,0 kNm				
				Ma	16,5
				Mb	16,5
				Mke	17,0

Palkki 2A1 350

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	66	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	33,472623		
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,05	Xu/d:	0,042
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	19,78	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	25,94	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	349,1	lw (mm):	0,192
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017455	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0006982	TaivR(m):	319,7851
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0031271
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,24		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00150	(B4)	1,91
k	150			Roo_min:	0,00207	(EC2)	1,38

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	11,48 kN	Ta	11,5	MaF	15,5
Fb	11,48 kN	Tb	11,5	MbF	15,5
MF	15,498 kNm				
Mmax	19,8 kNm				
				Ma	19,4
				Mb	19,4
				Mke	19,8

Palkki 2A1 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	66	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	33,472623		
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,05	Xu/d:	0,042
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	41,63	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	25,94	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	734,9	wk (mm):	0,827
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0036746	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0030027	TaivR(m):	74,354927
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,013449
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,24		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00150	(B4)	1,91
k	150			Roo_min:	0,00207	(EC2)	1,38

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	29,23 kN	Ta	28,0	MaF	37,8
Fb	25,59 kN	Tb	26,9	MbF	36,2
MF	39,4605 kNm				
Mmax	41,6 kNm				
				Ma	41,6
				Mb	40,1
				Mke	41,3

Palkki 2A2 Esik

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	61,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,01	Xu/d:	0,045
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	32,18	Xk/d:	0,157
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	24,78	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	568,7	wk (mm):	0,564
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0028433	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0020494	TaivR(m):	108,63972
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0092047
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,29		
				Roo:	0,00286	x/d	0,16
Fii	12			Roo_min:	0,00143	(B4)	2,00
k	150			Roo_min:	0,00197	(EC2)	1,45

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	17,51 kN	Ta	19,3	MaF	26,1
Fb	22,8 kN	Tb	21,0	MbF	28,3
MF	23,6385 kNm				
Mmax	32,2 kNm				
				Ma	30,0
				Mb	32,2
				Mke	31,5

Palkki 2A2 250

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	61,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,01	Xu/d:	0,045
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	14,08	Xk/d:	0,157
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	24,78	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	248,8	wk (mm):	0,137
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0012439	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0004976	TaivR(m):	447,45617
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0022349
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,29		
				Roo:	0,00286	x/d	0,16
Fii	12			Roo_min:	0,00143	(B4)	2,00
k	150			Roo_min:	0,00197	(EC2)	1,45

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	7,26 kN	Ta	7,3	MaF	9,8
Fb	7,26 kN	Tb	7,3	MbF	9,8
MF	9,801 kNm				
Mmax	14,1 kNm				
				Ma	13,7
				Mb	13,7
				Mke	14,1

Palkki 2A2 300

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	61,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,01	Xu/d:	0,045
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	16,90	Xk/d:	0,157
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	24,78	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	298,6	lw (mm):	0,164
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014932	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0005973	TaivR(m):	372,75355
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0026827
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,29		
				Roo:	0,00286	x/d	0,16
Fii	12			Roo_min:	0,00143	(B4)	2,00
k	150			Roo_min:	0,00197	(EC2)	1,45

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	9,35 kN	Ta	9,4	MaF	12,6
Fb	9,35 kN	Tb	9,4	MbF	12,6
MF	12,6225 kNm				
Mmax	16,9 kNm				
				Ma	16,5
				Mb	16,5
				Mke	16,9

Palkki 2A2 350

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	61,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,01	Xu/d:	0,045
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	19,76	Xk/d:	0,157
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	24,78	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	349,2	wk (mm):	0,192
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017461	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0006984	TaivR(m):	318,77097
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,003137
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,29		
				Roo:	0,00286	x/d	0,16
Fii	12			Roo_min:	0,00143	(B4)	2,00
k	150			Roo_min:	0,00197	(EC2)	1,45

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	11,47 kN	Ta	11,5	MaF	15,5
Fb	11,47 kN	Tb	11,5	MbF	15,5
MF	15,4845 kNm				
Mmax	19,8 kNm				
				Ma	19,4
				Mb	19,4
				Mke	19,8

Palkki 2A2 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	61,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,01	Xu/d:	0,045
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	39,59	Xk/d:	0,157
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	24,78	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	699,7	wk (mm):	0,786
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0034983	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,002853	TaivR(m):	78,038039
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0128143
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,29		
				Roo:	0,00286	x/d	0,16
Fii	12			Roo_min:	0,00143	(B4)	2,00
k	150			Roo_min:	0,00197	(EC2)	1,45

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	27,01 kN	Ta	26,4	MaF	35,7
Fb	25,31 kN	Tb	25,9	MbF	35,0
MF	36,4635 kNm				
Mmax	39,6 kNm				
				Ma	39,5
				Mb	38,8
				Mke	39,6

Palkki 2A3 Esik

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	67,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,07	Xu/d:	0,041
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	35,41	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,32	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	624,8	wk (mm):	0,636
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0031242	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0023112	TaivR(m):	96,686825
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0103427
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,22		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00152	(B4)	1,88
k	150			Roo_min:	0,00210	(EC2)	1,36

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	17,92 kN	Ta	20,8	MaF	28,1
Fb	26,24 kN	Tb	23,4	MbF	31,5
MF	24,192 kNm				
Mmax	35,4 kNm				
				Ma	32,0
				Mb	35,4
				Mke	34,1

Palkki 2A3 250

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	67,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,07	Xu/d:	0,041
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	14,04	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,32	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	247,7	wk (mm):	0,136
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0012386	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0004955	TaivR(m):	451,03059
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0022171
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,22		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00152	(B4)	1,88
k	150			Roo_min:	0,00210	(EC2)	1,36

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	7,23 kN	Ta	7,2	MaF	9,8
Fb	7,23 kN	Tb	7,2	MbF	9,8
MF	9,7605 kNm				
Mmax	14,0 kNm				
				Ma	13,6
				Mb	13,6
				Mke	14,0

Palkki 2A3 300

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	67,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,07	Xu/d:	0,041
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	16,91	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,32	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	298,5	lw (mm):	0,164
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014924	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0005969	TaivR(m):	374,35134
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0026713
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,22		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00152	(B4)	1,88
k	150			Roo_min:	0,00210	(EC2)	1,36

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	9,36 kN	Ta	9,4	MaF	12,6
Fb	9,36 kN	Tb	9,4	MbF	12,6
MF	12,636 kNm				
Mmax	16,9 kNm				
				Ma	16,5
				Mb	16,5
				Mke	16,9

Palkki 2A3 350

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	67,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:		33,472623	
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,07	Xu/d:	0,041
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	19,72	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,32	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	348,0	wk (mm):	0,192
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017401	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,000696	TaivR(m):	321,05103
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0031148
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,22		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00152	(B4)	1,88
k	150			Roo_min:	0,00210	(EC2)	1,36

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	11,44 kN	Ta	11,4	MaF	15,4
Fb	11,44 kN	Tb	11,4	MbF	15,4
MF	15,444 kNm				
Mmax	19,7 kNm				
				Ma	19,3
				Mb	19,3
				Mke	19,7

Palkki 2A3 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	67,5	As:	226,19467	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	1,7778901	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	19,754335	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	33,472623		
Kpl:	2	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	32,07	Xu/d:	0,041
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	46,41	Xk/d:	0,154
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,32	Xe/h:	0,502
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	819,0	wk (mm):	0,957
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,004095	Lwk (mm):	237
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0034747	TaivR(m):	64,311416
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0155493
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	1,22		
				Roo:	0,00286	x/d	0,15
Fii	12			Roo_min:	0,00152	(B4)	1,88
k	150			Roo_min:	0,00210	(EC2)	1,36

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	33,04 kN	Ta	31,5	MaF	42,5
Fb	28,62 kN	Tb	30,2	MbF	40,7
MF	44,604 kNm				
Mmax	46,4 kNm				
				Ma	46,4
				Mb	44,6
				Mke	45,9

Palkki 1B1 Esikuormitus
Celsa Steel Service Oy

4.5.2009

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	70,91	Xu/d:	0,090
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	64,65	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	582,5	lw (mm):	0,506
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0029124	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0026624	TaivR(m):	78,706057
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0127055
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,57		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00137	(B4)	4,16
k	75			Roo_min:	0,00190	(EC2)	3,01

fR kw
0,063 0,085

L 3,9 m
X 1,35 m
Mg 4,28 kNm
Mgx 3,9 kNm
Fa **45,20** kN
Fb **44,24** kN
MF 61,02 kNm
Mmax **64,6** kNm

Ta 44,9 MaF 60,6 Ma 64,4
Tb 44,6 MbF 60,2 Mb 64,0
Mke 64,6

Palkki 1B1 250

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	70,91	Xu/d:	0,090
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	27,69	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	249,5	wk (mm):	0,126
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0012473	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0006636	TaivR(m):	315,80191
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0031665
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,57		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00137	(B4)	4,16
k	75			Roo_min:	0,00190	(EC2)	3,01

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	17,34 kN	Ta	17,3	MaF	23,4
Fb	17,34 kN	Tb	17,3	MbF	23,4
MF	23,409 kNm				
Mmax	27,7 kNm				
				Ma	27,3
				Mb	27,3
				Mke	27,7

Palkki 1B1 300

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	70,91	Xu/d:	0,090
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	33,17	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	298,8	wk (mm):	0,191
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014942	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0010069	TaivR(m):	208,1092
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0048052
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,57		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00137	(B4)	4,16
k	75			Roo_min:	0,00190	(EC2)	3,01

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	21,40 kN	Ta	21,4	MaF	28,9
Fb	21,40 kN	Tb	21,4	MbF	28,9
MF	28,89 kNm				
Mmax	33,2 kNm				
				Ma	32,8
				Mb	32,8
				Mke	33,2

Palkki 1B1 350

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	70,91	Xu/d:	0,090
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	38,66	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	348,3	wk (mm):	0,252
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017417	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0013237	TaivR(m):	158,30711
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0063168
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,57		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00137	(B4)	4,16
k	75			Roo_min:	0,00190	(EC2)	3,01

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m					
X	1,35 m					
Mg	4,28 kNm					
Mgx	3,9 kNm					
Fa	25,47 kN	Ta	25,5	MaF	34,4	
Fb	25,47 kN	Tb	25,5	MbF	34,4	
MF	34,3845 kNm				Ma	38,3
Mmax	38,7 kNm				Mb	38,3
					Mke	38,7

Palkki 1B2 Esikuormitus

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	70,85	Xu/d:	0,092
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	62,42	Xk/d:	0,207
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,22	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	562,6	lw (mm):	0,487
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0028132	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0025613	TaivR(m):	81,714983
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0122377
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,60		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00135	(B4)	4,22
k	75			Roo_min:	0,00187	(EC2)	3,06

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	46,30 kN	Ta	43,4	MaF	58,6
Fb	37,84 kN	Tb	40,8	MbF	55,0
MF	62,505 kNm				
Mmax	62,4 kNm				
				Ma	62,4
				Mb	58,9
				Mke	61,1

Palkki 1B2 250

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	70,85	Xu/d:	0,092
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	27,66	Xk/d:	0,207
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,22	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	249,3	wk (mm):	0,129
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0012465	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,000678	TaivR(m):	308,70479
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0032393
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,60		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00135	(B4)	4,22
k	75			Roo_min:	0,00187	(EC2)	3,06

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	17,32 kN	Ta	17,3	MaF	23,4
Fb	17,32 kN	Tb	17,3	MbF	23,4
MF	23,382 kNm				
Mmax	27,7 kNm				
				Ma	27,3
				Mb	27,3
				Mke	27,7

Palkki 1B2 300

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	70,85	Xu/d:	0,092
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	33,14	Xk/d:	0,207
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,22	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	298,7	wk (mm):	0,194
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014935	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,001019	TaivR(m):	205,39086
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0048688
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,60		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00135	(B4)	4,22
k	75			Roo_min:	0,00187	(EC2)	3,06

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	21,38 kN	Ta	21,4	MaF	28,9
Fb	21,38 kN	Tb	21,4	MbF	28,9
MF	28,863 kNm				
Mmax	33,1 kNm				
				Ma	32,7
				Mb	32,7
				Mke	33,1

Palkki 1B2 350

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	70,85	Xu/d:	0,092
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	38,62	Xk/d:	0,207
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,22	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	348,1	wk (mm):	0,254
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017405	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0013334	TaivR(m):	156,96912
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0063707
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,60		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00135	(B4)	4,22
k	75			Roo_min:	0,00187	(EC2)	3,06

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	25,44 kN	Ta	25,4	MaF	34,3
Fb	25,44 kN	Tb	25,4	MbF	34,3
MF	34,344 kNm				
Mmax	38,6 kNm				
				Ma	38,2
				Mb	38,2
				Mke	38,6

Palkki 1B2 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	68	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	70,85	Xu/d:	0,092
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	78,10	Xk/d:	0,207
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,22	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	704,0	wk (mm):	0,631
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0035198	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0033184	TaivR(m):	63,07116
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0158551
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,60		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00135	(B4)	4,22
k	75			Roo_min:	0,00187	(EC2)	3,06

fR 0,063 kw 0,085

L 3,9 m
 X 1,35 m
 Mg 4,28 kNm
 MgX 3,9 kNm
 Fa **54,66** kN
 Fb **54,71** kN
 MF 73,791 kNm
 Mmax **78,1** kNm

Ta 54,7 MaF 73,8 Ma 77,7
 Tb 54,7 MbF 73,8 Mb 77,7
 Mke 78,1

Palkki 1B3 Esik

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	73	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	71,04	Xu/d:	0,086
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	63,53	Xk/d:	0,204
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	28,48	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	571,9	wk (mm):	0,492
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0028595	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,002589	TaivR(m):	81,157599
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0123217
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,49		
				Roo:	0,00571	x/d	0,20
Fii	12			Roo_min:	0,00142	(B4)	4,03
k	75			Roo_min:	0,00196	(EC2)	2,92

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	43,25 kN	Ta	43,7	MaF	59,0
Fb	44,53 kN	Tb	44,1	MbF	59,5
MF	58,3875 kNm				
Mmax	63,5 kNm				
				Ma	62,9
				Mb	63,4
				Mke	63,5

Palkki 1B3 250

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

	Syöttöarvot	Syöttöarvot	Tulokset		
Korkeus:	300	K-lujuus:	73	As:	452,38934 As': 157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802 Kg/m: 1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669 Kg/mE3: 13,718288
		k1:	0,80		
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957
Kpl:	4	GammaS:	1		
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	71,04 Xu/d: 0,086
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	27,55 Xk/d: 0,204
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	28,48 Xe/h: 0,506
		Kerroin	1,00		BY50 EC2
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	248,0 wk (mm): 0,117 EC2 0,158
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0012401 Lwk (mm): 162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0006163 TaivR(m): 340,93626
Kpl:	0	halkaisijaksi 0			Käy(1/m): 0,0029331
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,49
				Roo:	0,00571 x/d 0,20
Fii	12			Roo_min:	0,00142 (B4) 4,03
k	75			Roo_min:	0,00196 (EC2) 2,92

fR 0,063 kw 0,085

L 3,9 m
 X 1,35 m
 Mg 4,28 kNm
 MgX 3,9 kNm
 Fa **17,24** kN
 Fb **17,24** kN
 MF 23,274 kNm
 Mmax **27,6** kNm

Ta 17,2 MaF 23,3 Ma 27,1
 Tb 17,2 MbF 23,3 Mb 27,1
 Mke 27,6

Palkki 1B3 300

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

	Syöttöarvot	Syöttöarvot	Tulokset		
Korkeus:	300	K-lujuus:	73	As:	452,38934 As': 157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802 Kg/m: 1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669 Kg/mE3: 13,718288
		k1:	0,80		
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957
Kpl:	4	GammaS:	1		
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	71,04 Xu/d: 0,086
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	33,19 Xk/d: 0,204
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	28,48 Xe/h: 0,506
		Kerroin	1,00		
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	298,8 wk (mm): 0,186 <u>EC2</u>
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014941 Lwk (mm): 162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0009763 TaivR(m): 215,20697
Kpl:	0	halkaisijaksi 0			Käy(1/m): 0,0046467
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,49
				Roo:	0,00571 x/d 0,20
Fii	12			Roo_min:	0,00142 (B4) 4,03
k	75			Roo_min:	0,00196 (EC2) 2,92

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	21,42 kN	Ta	21,4	MaF	28,9
Fb	21,42 kN	Tb	21,4	MbF	28,9
MF	28,917 kNm				
Mmax	33,2 kNm				
				Ma	32,8
				Mb	32,8
				Mke	33,2

Palkki 1B3 350

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	73	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	71,04	Xu/d:	0,086
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	38,51	Xk/d:	0,204
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	28,48	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	346,7	wk (mm):	0,245
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017336	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0012873	TaivR(m):	163,22588
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0061265
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,49		
				Roo:	0,00571	x/d	0,20
Fii	12			Roo_min:	0,00142	(B4)	4,03
k	75			Roo_min:	0,00196	(EC2)	2,92

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	25,36 kN	Ta	25,4	MaF	34,2
Fb	25,36 kN	Tb	25,4	MbF	34,2
MF	34,236 kNm				
Mmax	38,5 kNm				
				Ma	38,1
				Mb	38,1
				Mke	38,5

Palkki 1B3 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

	Syöttöarvot	Syöttöarvot	Tulokset		
Korkeus:	300	K-lujuus:	73	As:	452,38934 As': 157,07963
Leveys:	300	Fyk:	616	Kg/m:	3,5557802 Kg/m: 1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669 Kg/mE3: 13,718288
		k1:	0,80		
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957
Kpl:	4	GammaS:	1		
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	71,04 Xu/d: 0,086
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	77,20 Xk/d: 0,204
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	28,48 Xe/h: 0,506
		Kerroin	1,00		
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	695,0 wk (mm): 0,618 EC2
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0034748 Lwk (mm): 162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0032521 TaivR(m): 64,608485
Kpl:	0	halkaisijaksi 0			Käy(1/m): 0,0154778
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,49
				Roo:	0,00571 x/d 0,20
Fii	12			Roo_min:	0,00142 (B4) 4,03
k	75			Roo_min:	0,00196 (EC2) 2,92

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	53,98 kN	Ta	54,0	MaF	72,9 Ma 76,8
Fb	54,05 kN	Tb	54,0	MbF	72,9 Mb 76,8
MF	72,873 kNm				Mke 77,2
Mmax	77,2 kNm				

Palkki 2B1 Esik

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	63,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	62,92	Xu/d:	0,088
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	58,98	Xk/d:	0,210
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,07	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	532,2	wk (mm):	0,460
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,002661	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0024163	TaivR(m):	86,288974
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,011589
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,41		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00146	(B4)	3,92
k	75			Roo_min:	0,00201	(EC2)	2,84

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	43,03 kN	Ta	40,8	MaF	55,1
Fb	36,64 kN	Tb	38,9	MbF	52,5
MF	58,0905 kNm				
Mmax	59,0 kNm				
				Ma	59,0
				Mb	56,3
				Mke	58,1

Palkki 2B1 300

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	63,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	62,92	Xu/d:	0,088
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	33,17	Xk/d:	0,210
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,07	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	299,3	wk (mm):	0,202
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014965	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0010613	TaivR(m):	196,45106
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0050903
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,41		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00146	(B4)	3,92
k	75			Roo_min:	0,00201	(EC2)	2,84

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	21,40 kN	Ta	21,4	MaF	28,9
Fb	21,40 kN	Tb	21,4	MbF	28,9
MF	28,89 kNm				
Mmax	33,2 kNm				
				Ma	32,8
				Mb	32,8
				Mke	33,2

Palkki 2B1 350

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	63,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	62,92	Xu/d:	0,088
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	38,50	Xk/d:	0,210
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,07	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	347,4	wk (mm):	0,259
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017371	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0013622	TaivR(m):	153,0599
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0065334
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,41		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00146	(B4)	3,92
k	75			Roo_min:	0,00201	(EC2)	2,84

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	25,35 kN	Ta	25,4	MaF	34,2
Fb	25,35 kN	Tb	25,4	MbF	34,2
MF	34,2225 kNm				
Mmax	38,5 kNm				
				Ma	38,1
				Mb	38,1
				Mke	38,5

Palkki 2B1 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	63,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	62,92	Xu/d:	0,088
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	84,54	Xk/d:	0,210
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	26,07	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	762,9	wk (mm):	0,693
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0038146	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0036439	TaivR(m):	57,219453
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0174766
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,41		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00146	(B4)	3,92
k	75			Roo_min:	0,00201	(EC2)	2,84

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	64,63 kN	Ta	59,8	MaF	80,7
Fb	50,55 kN	Tb	55,4	MbF	74,8
MF	87,2505 kNm				
Mmax	84,5 kNm				
				Ma	84,5
				Mb	78,7
				Mke	82,0

Palkki 2B2 Esik

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	63,12	Xu/d:	0,080
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	58,07	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	523,2	wk (mm):	0,445
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0026161	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0023378	TaivR(m):	89,63428
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0111564
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,29		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00155	(B4)	3,69
k	75			Roo_min:	0,00214	(EC2)	2,67

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	43,44 kN	Ta	40,1	MaF	54,2
Fb	33,93 kN	Tb	37,2	MbF	50,2
MF	58,644 kNm				
Mmax	58,1 kNm				
				Ma	58,1
				Mb	54,1
				Mke	56,5

Palkki 2B2 250

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	63,12	Xu/d:	0,080
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	27,67	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	249,3	wk (mm):	0,126
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0012467	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0006627	TaivR(m):	316,22745
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0031623
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,29		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00155	(B4)	3,69
k	75			Roo_min:	0,00214	(EC2)	2,67

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	17,33 kN	Ta	17,3	MaF	23,4
Fb	17,33 kN	Tb	17,3	MbF	23,4
MF	23,3955 kNm				
Mmax	27,7 kNm				
				Ma	27,3
				Mb	27,3
				Mke	27,7

Palkki 2B2 350

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	63,12	Xu/d:	0,080
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	38,66	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	348,3	wk (mm):	0,252
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017417	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0013237	TaivR(m):	158,30711
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0063168
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,29		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00155	(B4)	3,69
k	75			Roo_min:	0,00214	(EC2)	2,67

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	25,47 kN	Ta	25,5	MaF	34,4
Fb	25,47 kN	Tb	25,5	MbF	34,4
MF	34,3845 kNm				
Mmax	38,7 kNm				
				Ma	38,3
				Mb	38,3
				Mke	38,7

Palkki 2B2 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	63,12	Xu/d:	0,080
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	70,85	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	638,4	wk (mm):	0,564
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0031919	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0029638	TaivR(m):	70,703735
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0141435
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,29		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00155	(B4)	3,69
k	75			Roo_min:	0,00214	(EC2)	2,67

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m						
X	1,35 m						
Mg	4,28 kNm						
Mgx	3,9 kNm						
Fa	49,31 kN	Ta	49,3	MaF	66,6	Ma	70,4
Fb	49,32 kN	Tb	49,3	MbF	66,6	Mb	70,5
MF	66,5685 kNm					Mke	70,9
Mmax	70,9 kNm						

Palkki 2B3 Esik

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	63,12	Xu/d:	0,080
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	60,85	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	548,2	wk (mm):	0,471
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0027411	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0024755	TaivR(m):	84,649585
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0118134
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,29		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00155	(B4)	3,69
k	75			Roo_min:	0,00214	(EC2)	2,67

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	44,28 kN	Ta	42,2	MaF	57,0
Fb	38,28 kN	Tb	40,4	MbF	54,5
MF	59,778 kNm				
Mmax	60,8 kNm				
				Ma	60,8
				Mb	58,4
				Mke	60,0

Palkki 2B3 250

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	63,12	Xu/d:	0,080
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	27,69	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	249,5	wk (mm):	0,126
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0012473	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0006636	TaivR(m):	315,80191
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0031665
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,29		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00155	(B4)	3,69
k	75			Roo_min:	0,00214	(EC2)	2,67

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	17,34 kN	Ta	17,3	MaF	23,4
Fb	17,34 kN	Tb	17,3	MbF	23,4
MF	23,409 kNm				
Mmax	27,7 kNm				
				Ma	27,3
				Mb	27,3
				Mke	27,7

Palkki 2B3 300

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	63,12	Xu/d:	0,080
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	33,17	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	298,8	wk (mm):	0,191
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0014942	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0010069	TaivR(m):	208,1092
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0048052
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,29		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00155	(B4)	3,69
k	75			Roo_min:	0,00214	(EC2)	2,67

fR 0,063 kw 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	21,40 kN	Ta	21,4	MaF	28,9
Fb	21,4 kN	Tb	21,4	MbF	28,9
MF	28,89 kNm				
Mmax	33,2 kNm				
				Ma	32,8
				Mb	32,8
				Mke	33,2

Palkki 2B3 350

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	63,12	Xu/d:	0,080
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	38,66	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	348,3	wk (mm):	0,252
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0017417	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0013237	TaivR(m):	158,30711
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0063168
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,29		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00155	(B4)	3,69
k	75			Roo_min:	0,00214	(EC2)	2,67

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	25,47 kN	Ta	25,5	MaF	34,4
Fb	25,47 kN	Tb	25,5	MbF	34,4
MF	34,3845 kNm				
Mmax	38,7 kNm				
				Ma	38,3
				Mb	38,3
				Mke	38,7

Palkki 2B3 Murto

4.5.2009

Celsa Steel Service Oy

Antti Kuusela

Syöttöarvot		Syöttöarvot		Tulokset			
Korkeus:	300	K-lujuus:	69,5	As:	452,38934	As':	157,07963
Leveys:	300	Fyk:	546	Kg/m:	3,5557802	Kg/m:	1,2346459
		kw:	0,085	Kg/mE3:	39,508669	Kg/mE3:	13,718288
		k1:	0,80				
Vetot F1:	12	GammaC:	1	Yhteensä kg/mE3:	53,226957		
Kpl:	4	GammaS:	1				
Vetot F2:	0	Gomap:	1	Mud (kNm):	63,12	Xu/d:	0,080
Kpl:	0	Ghyötyk:	1	Mk(kNm):	71,26	Xk/d:	0,206
Suojab:	30	Hyöt/KokK	0,5	Mr(kNm):	27,60	Xe/h:	0,506
		Kerroin	1,00				
Purt P1:	10			Ssk (Mpa):	642,0	wk (mm):	0,567
Kpl:	2	Huom!		esk:	0,0032101	Lwk (mm):	162
Purt P2:	0	Pane 2-tankojen		esm:	0,0029832	TaivR(m):	70,242381
Kpl:	0	halkaisijaksi 0				Käy(1/m):	0,0142364
Suojab:	36	jos niitä ei ole		Mu/Mr:	2,29		
				Roo:	0,00571	x/d	0,21
Fii	12			Roo_min:	0,00155	(B4)	3,69
k	75			Roo_min:	0,00214	(EC2)	2,67

fR kw
0,063 0,085

L	3,9 m				
X	1,35 m				
Mg	4,28 kNm				
Mgx	3,9 kNm				
Fa	51,34 kN	Ta	49,9	MaF	67,4
Fb	47,22 kN	Tb	48,6	MbF	65,7
MF	69,309 kNm				
Mmax	71,3 kNm				
				Ma	71,3
				Mb	69,5
				Mke	70,8