

Rudus

The logo for Rudus features the word "Rudus" in a bold, black, sans-serif font. Below the text is a white horizontal bar that tapers to a point on the right side, creating a stylized underline or swoosh effect.

BLY

Suunnittelun perusteet

Petri Manninen

24.1.2011

BY 56 - Lähtökohdat

- Euroopassa ei ole Eurokoodi-tasoista suunnitteluohjetta kuitubetonista
- Käytössä erilaisia standardeja, joilla määritetään kuitubetonin ominaisuudet halkeilleessa tilassa -> erot pieniä
- Tässä ohjeessa käytetään amerikkalaista standardia ASTM C1018-97
- Betoniyhdistyksen kokoama työryhmä: puheenjohtajana toimi Klaus Söderlund ja sen jäseninä olivat Erno Huttunen, Arto Hyvärinen, Pentti Lumme, Martti Matsinen, Teuvo Meriläinen, Pekka Mielonen, Seppo Petrow, Veli-Pekka Rydenfelt, Matti Salonen, Harri Sara, Mikko Vasama ja Petri Manninen sihteerinä

BY 56 - Tavoite

- Teräskuitubetonista valmistettavien mv-laattojen ja paalulaattojen suunnitteluohje
- Tavoitteena tutustuttaa rakennesuunnittelija teräskuitubetoniin -> sen toimivuus ja suunnittelutausta
- Virtuaalikuituperiaate -> kuitumäärä noin 10-20 % tarkkuudella (varmalla puolella)
- Tarkka mitoitus tehdään kuitutyypin ja siihen liittyvän ohjeistuksen sekä taustastandardin yms. mukaan
- Ohje antaa kuitenkin suunnittelijalle perustiedot kuitubetonista ja suuruusluokat


BY 56 – Johdanto suunnitteluun

- Suunnitellaan ja mitoitetaan pääsääntöisesti kuten normaalisti raudoitettu laatta teräskuitubetonin lujuusominaisuuksia lukuun ottamatta
- Antaa tarvittavat työkalut teräskuitubetonista valmistettavien maanvaraisten laattojen ja paalulaattojen suunnitteluun sekä mitoitukseen
- Rakenteet rajataan koskemaan teollisuus-, varasto- ja pysäköintihalleja



BY 56 - Teräskuidut

- Eri tavoilla muotoiltuja noin 35 mm...60 mm pitkiä teräslankoja
- Tulee sekoittaa betonimassaan sen valmistusvaiheessa
- Kasvattavat betonin sitkeyttä lisäämällä vetolujuutta betonin halkeaman jälkeen
- Vaaditaan CE-merkintä eurooppalaisen standardin mukaan

| |
|--|
|  01234 |
| AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 06 01234-CPD-00234 |
| EN 14889-1 Steel fibres for structural use in concrete mortar and grout Group I Length: 50 mm Diameter: 1.00 mm Shape: deformed Tensile strength: 1200 N/mm ² Consistence with 30 kg/m ³ fibres: Vebe time: 25 s Effect on strength of concrete: 30kg/m ³ to obtain 1,5 N/mm ² at CMOD=0,5 mm and 1N/mm ² at CMOD=3,5 mm. |

BY 56 - Kuitutyypit

- Käytetyimmät kuidut ovat hoikkuusluvultaan 50...80
- Kuitumäärät vaihtelevat yleensä välillä 25...50 kg/m^3
- Seuraavassa on listattu tekijät, jotka vaikuttavat betonin lujuusominaisuuksiin:
 - Kuitumäärä
 - Kuitulukumäärä
 - Kuitujen tasainen jakaantuminen
 - Kuitujen suuntautuneisuus
 - Kuidun materiaaliominaisuudet
 - vetolujuus
 - kimmokerroin
 - Kuidun muotoilu
 - Hoikkuusluku
 - Betonin ominaisuudet
 - maksimiraekoko
 - betoninlujuus
 - sementtimäärä



BY 56 – Jäännöslujuuskerroin (R-luku)

- Määritettävä kokeellisesti, koska ei voida laskea riittävällä tarkkuudella betonimatriisin ja kuitujen ominaisuuksista
- Standardoidut koemenetelmät mahdollistavat jäännöslujuuden määrittämisen taivutuksessa
- Käytetyimmät standardit ovat BS EN 14651: 2005 (brittiläinen), JCI-SF4: 1983 (japanilainen) ja ASTM C1018-97 (amerikkalainen)
- Standardien JCI-SF4 ja ASTM C1018-97 jäännöslujuuksien määrittäminen perustuu tiettyä taipumatilaa vastaavaan kuormakestävyyteen
- Standardissa BS EN 14651 jäännöslujuuksien määrittäminen perustuu tiettyä halkeamatilaa vastaavaan kuormakestävyyteen



BY 56 – Jäännöslujuuskerroin (R-luku)

- Tässä ohjeessa käytetään standardia ASTM C1018-97
- Standardi ASTM C1018-97 on yleisesti otettu pois käytöstä vuonna 2006, toistaiseksi Suomessa teräskuitujen jäännöslujuuskertoimet ovat ilmoitettu ainoastaan kyseisen standardin mukaisina arvoina
- Standardi ASTM C1018-97 antaa oikean tuloksen 10-20 % tarkkuudella
- Suomessa mitoituksessa käytetään eri standardeja, jonka seurauksena voidaan saada hieman poikkeavia kuitumääriä
- Tarkoitus mitoittaa laattarakenne tietyllä tarkkuudella ja tarvittaessa verrata saatua tulosta toisella standardilla määritettyyn kuitumäärään

BY 56 – Jännöslujuuskerroin (R-luku)

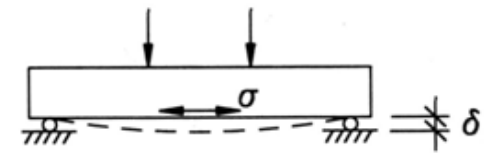
- Kuvataan kuitujen ominaisuutta
- Teräskuitubetonilaatasta leikattua palkkia, joka on pituudeltaan 750 mm , jänneväliltään 675 mm ja poikkileikkauskooltaan $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$
- Palkit sahataan laatasta, jotta vältetään epärealistinen kuitujen suuntautuminen reunoilla.
- Palkkikokeesta saadaan taivutusvetojännitys σ taipuman δ kuvaajana -> taivutusvetojännitysfunktiosta $f(\delta)$ sitkeysindeksi I_n , kun tiedetään ensihalkeamaa vastaava taipuma δ_{cr}
- Sitkeysindeksi I_n on dimensioton suure, joten se ei ole riippuvainen koestuksessa käytetyistä yksiköistä
- Sitkeysindeksi tulee integroida numeerisesti koetuloksista, koska koetulosten funktion $f(\delta)$ kaavaa ei tiedetä

$$I_n = \frac{\int_0^{\frac{n+1}{2}\delta_{cr}} f(\delta) d\delta}{\int_0^{\delta_{cr}} f(\delta) d\delta}$$

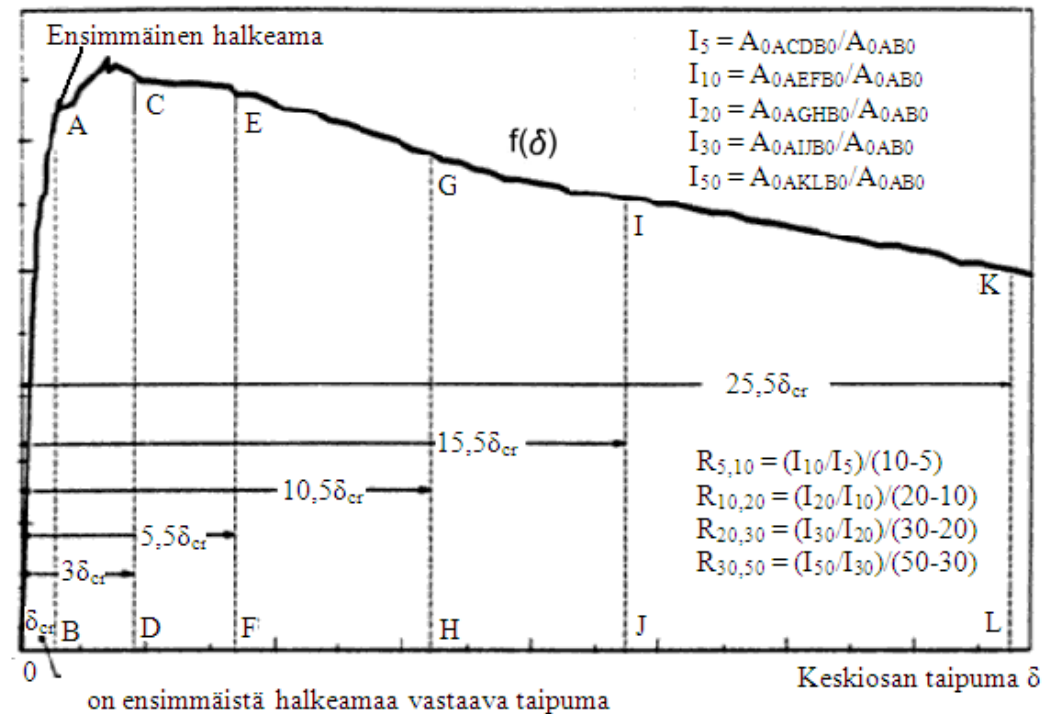
BY 56 – Jännöslujuuskerroin (R-luku)

- $R_{X,Y}$ on jännöslujuuskerroin haljenneessa tilassa
- Alaindeksit X ja Y kuvaavat muodonmuutostilan "kehitystasetta"
- Mitä suurempia X ja Y ovat, sitä pidemmälle muodonmuutostila (halkeama/taipuma) on edennyt
- Kuinka hyvin kuidut siirtävät jännityksiä halkeaman yli, kun itse betoni ei enää pysty ottamaan vetovoimia
- R-luku saa arvoja 0-100 (0 hauras ja 100 kimmoplastinen)

$$R_{X,Y} = \frac{I_Y - I_X}{Y - X}$$



Taivuttava voima σ



BY 56 – $R_{10,20}$ ja $R_{20,50}$

- Jäännöslujuuskerrointa $R_{10,20}$ käytetään maanvaraisissa laatoissa ja $R_{20,50}$ paalulaatoissa
- Näin lisätään myös mitoituksen varmuutta paalulaatoissa
- Jäännöslujuuskertoimet annetaan kuitukohtaisesti kuidun käyttöselosteessa
- Tähän suunnitteluohjeeseen on kehitetty kaksi virtuaalista kuitua maanvaraisen teräskuitubetonilattian ja teräskuituraudoitetun paalulaatan suunnittelun yksinkertaistamiseksi ennen kuin käytettäviä teräskuituja on valittu

$$R_{10,20}(\rho_k) = 1,32 \frac{m^3}{kg} \rho_k + 24,4 \quad , \quad suositus \rho_k \geq 25 \frac{kg}{m^3}$$

$$R_{20,50}(\rho_k) = 1,27 \frac{m^3}{kg} \rho_k + 20,7 \quad , \quad suositus \rho_k \geq 25 \frac{kg}{m^3}$$

| Kuitumäärä ρ_k [kg/m ³] | Jäännöslujuuskerroin $R_{10,20}$ (maanvaraisille laatoille) | Jäännöslujuuskerroin $R_{20,50}$ (paalulaatoille) |
|---|--|--|
| 25 | 57 | 52 |
| 30 | 64 | 58 |
| 35 | 70 | 65 |
| 40 | 77 | 71 |
| 45 | 83 | 77 |
| 50 | 90 | 84 |

BY 56 - Suunnittelu

- Kuormat
- Alusta
- Kuitubetonilattian lisäraudoitus ja vahvistukset
- Betonin ominaisuudet
- Kutistumis- ja liikuntasaumamat
- Taivutus
- Vaakavoima
- Pohjapaine ja taipuma
- Lävistys ja leikkaus
- Halkeilu
- Taipuma



BY 56 - Lähtöarvokaavake

TERÄSKUITUBETONISTAVALMISTETTAVIEN MAANVASTAISTEN LAATTOJEN LÄHTÖARVOKAAVAKE

Projektitiedot

| | | |
|--------------------------------------|----------------------|----------------|
| Arvioitu lattabetonin kolonniaarve | <input type="text"/> | m ³ |
| Ensimmäisen valun alkamispäivämäärä | <input type="text"/> | |
| Viiimeisen valun päättymispäivämäärä | <input type="text"/> | |
| Orsko rakensa kylmä vai lämmitetty? | <input type="text"/> | |

Laatan tiedot

| | | | |
|------------------------|----------------------|----------------------|---|
| Liikuntaauma jako | pituus | <input type="text"/> | m |
| Kutsutusauma jako | leveys | <input type="text"/> | m |
| | pituus | <input type="text"/> | m |
| | leveys | <input type="text"/> | m |
| Laatan tavoite paksuus | <input type="text"/> | mm | |

Mahdollisen liittäraudon sijainti ja raudotus

| | |
|---|----------|
| Ajohiiska | Kyllä/Ei |
| Säähäuulijohdot -risteykshohdot | Kyllä/Ei |
| Pilareiden, kaivojen tai viemäreiden ympäritykset | Kyllä/Ei |

Ahutan tiedot

| | | |
|---|----------------------|-------------------|
| Alustan mitattu alustaluks | <input type="text"/> | N/mm ² |
| Jos alustaa ei ole tutkittu, alustan kerrostiedot | | |

| | |
|---|----------------------|
| Kokoonpuristusmoduuli / simmäkerroin | <input type="text"/> |
| Kerrosken paksuus (mm) | <input type="text"/> |

Eristetekerros:

| | | |
|---------|----------------------|--|
| Kerros: | <input type="text"/> | |
| Kerros: | <input type="text"/> | |
| Kerros: | <input type="text"/> | |
| Kerros: | <input type="text"/> | |
| Kerros: | <input type="text"/> | |

Laatan ja alustan välinen liittäkerroin

| |
|----------------------|
| <input type="text"/> |
|----------------------|

Betonin ominaisuudet

| | | |
|---------------------------|----------------------|----------------------|
| Betonin lujuusluokka | K | <input type="text"/> |
| Rasitusluokittavuusluokka | <input type="text"/> | |

Oloruhteet (tavoite)

| | | | |
|---|----|----------------------|---|
| Säälilma (kuiva normaali kosteus tai RH arvio) | RH | <input type="text"/> | % |
| tai | | | |
| Ulkolilma (kuiva normaali kosteus tai RH arvio) | RH | <input type="text"/> | % |

Kuormat

Pistekuormat

| | | |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------|
| Pyssyvä kuorma | <input type="text"/> | kN/m ² |
| Tasainen hyötykuorma, pitkäaikainen | <input type="text"/> | kN/m ² |
| Kuormatyyppi: | | |
| Tasainen hyötykuorma, pitkäaikainen | <input type="text"/> | kN/m ² |
| Kuormatyyppi: | | |

Piste kuormat

| | | |
|-----------------------|----------------------|---------|
| Ajoneuvo kuormat | <input type="text"/> | kN |
| Kuormatyyppi: | | |
| Kuorman vaikutusala | <input type="text"/> | mm x mm |
| Ajoneuvo akseliväli | <input type="text"/> | mm |
| Varaosto-hyllykuormat | <input type="text"/> | kN |
| Kuormatyyppi: | | |
| Kuorman vaikutusala | <input type="text"/> | mm x mm |
| Muut piste kuormat | <input type="text"/> | kN |
| Kuormatyyppi: | | |
| Kuorman vaikutusala | <input type="text"/> | mm x mm |

Dynaamisen kuorman kerroin, ellei 1,4

| |
|----------------------|
| <input type="text"/> |
|----------------------|

Kiittäinen kuormitus vapaalla reuvalla ja murkassa mahdollinen?

| |
|----------|
| Kyllä/Ei |
|----------|

Kuorma dynaamista?

| |
|----------|
| Kyllä/Ei |
|----------|

Momentin tasaus sallittu?

| |
|----------|
| Kyllä/Ei |
|----------|

Montako piste kuormaa on mahdollista olla vierekkäin (jos ei ole

jo otettu huomioon piste kuorman arvossa ja vaikutus aluassa)?

| |
|----------------------|
| <input type="text"/> |
|----------------------|

Piste kuormien etäisyys toisistaan

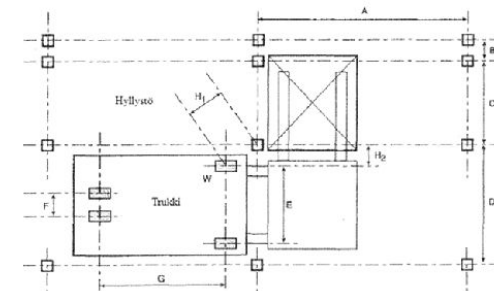
| |
|----------------------|
| <input type="text"/> |
|----------------------|

Lisätietoja maanvaraisesta teräskuitubetonilattasta

Liitteeksi mielellään lattiaruustus (suunnitella ja kuormien paikoitella).

(HUOMI! Kiinteiden kuormien sijoittamista saumoille kohdille tulisi välttää)

E SIMERKKI VARASTOHALLIN PISTE KUORMIEN EI SIINTYMISE STÄ



- A Hyllyn jalkaväli käytävän puolella
- B Selat vastakkain olevien hyllysten jalkaväli
- C Hyllyn jalkaväli hyllyn läpi
- D Hyllysten jalkaväli käytävän läpi
- E Trukin etupöytien akseliväli
- F Trukin takapöytien akseliväli
- G Trukin etu- ja taka-akselien etäisyys
- H₁ Trukin renkaan ja hyllyn jalan välinen etäisyys, kun rengaskuorma saavuttaa maksimiarvonsa
- H₂ Trukin renkaan ja hyllyn jalan välinen etäisyys, kun trulli on liikkeessä
- W Maksimirengaskuorma

PAALULAATAAN TARVITTAVAT LISÄTIEDOT

| | | |
|----------------------------|----------------------|---------------------------|
| Paalun poikkimitat | <input type="text"/> | mm x mm |
| Paalulatuksen mitat | <input type="text"/> | mm x mm |
| Paalulatuksen paksuus | <input type="text"/> | mm |
| Paalujako kentässä | | |
| x-suunnassa | <input type="text"/> | m |
| y-suunnassa | <input type="text"/> | m |
| Paalujako reunoilla | | |
| x-suunnassa | <input type="text"/> | m |
| y-suunnassa | <input type="text"/> | m |
| Laatan tuentatapa reunalla | <input type="text"/> | viivamainen-pistekantinen |

BY 56 - Kuitubetonin käyttösovellukset

- Sahasaumalliset mv-lattiat/teollisuuslattiat
- Sahasaumattomat mv-lattiat/teollisuuslattiat
- Paalulaatat/teollisuuslattiat
- Pientalot

