

# 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 shadow 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 <sup>2</sup> Consistence with 30 kg/m <sup>3</sup> fibres: Vebe time: 25 s Effect on strength of concrete: 30kg/m <sup>3</sup> to obtain 1,5 N/mm <sup>2</sup> at CMOD=0,5 mm and 1N/mm <sup>2</sup> 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)

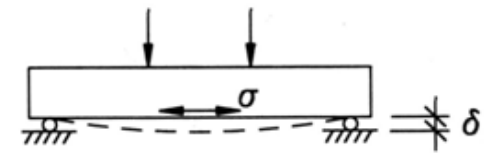
- Kuvataan kuitujen ominaisuutta
- Teräskuitubetonilaatasta leikattua palkkia, joka on pituudeltaan  $750 \text{ mm}$ , jänneväliltään  $675 \text{ mm}$  ja poikkileikkauskooltaan  $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$
- Palkit sahataan laatasta, jotta vältetään epärealistinen kuitujen suuntautuminen reunoilla.
- Palkkikokeesta saadaan taivutusvetojännitys  $\sigma$  taipuman  $\delta$  kuvaajana -> taivutusvetojännitysfunktiosta  $f(\delta)$  sitkeysindeksi  $I_n$ , kun tiedetään ensihalkeamaa vastaava taipuma  $\delta_{cr}$
- 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

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

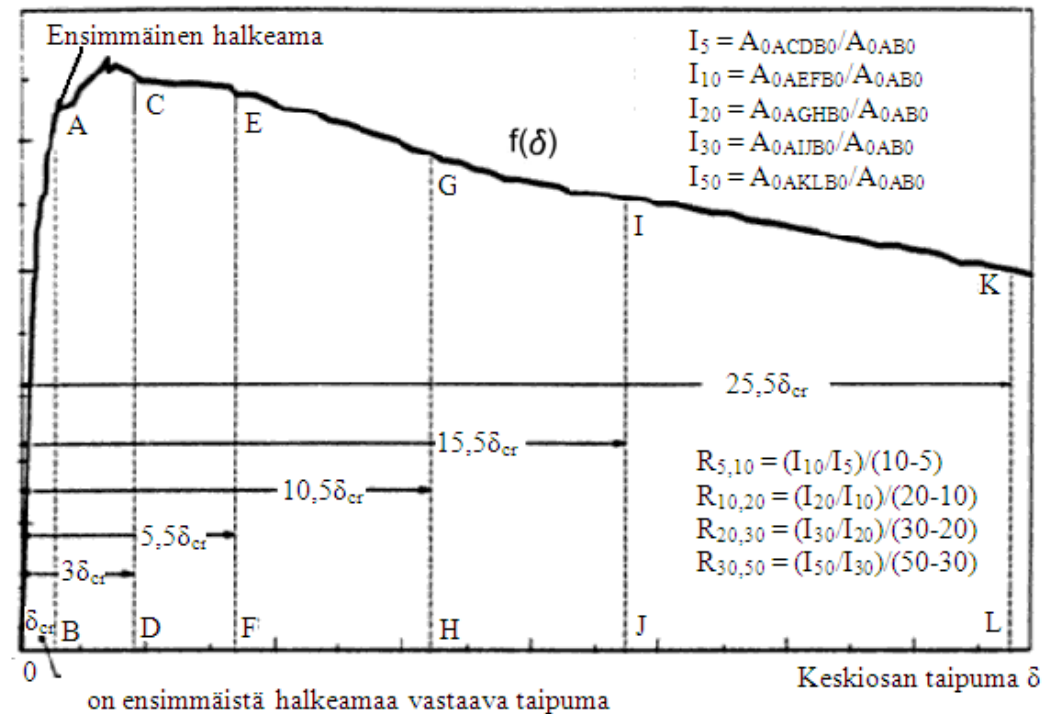
## BY 56 – Jännöslujuuskerroin (R-luku)

- $R_{X,Y}$  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  $\sigma$



## 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

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

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

Kuitumäärä $\rho_k$ [kg/m <sup>3</sup> ]	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

### TERÄSKUITUBETONISTA VALMISTETTAVIEN MAANVASTAISTEN LAATTOJEN LÄHTÖARVOKAAVAKE

#### Projektitiedot

Arvioitu lattabetonin kolonniaarve	<input type="text"/>	m <sup>3</sup>
Ensimmäisen valun alkamispäivämäärä	<input type="text"/>	
Viiimeisen valun päättymispäivämäärä	<input type="text"/>	
Onko rakennus 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
Laatan tavoite paksuus	leveys	<input type="text"/>	m
		<input type="text"/>	mm

#### Mahdollisen liittäraudoituksen sijainti ja raudotus

Ajohiiska	Kyllä/Ei	<input type="text"/>
Säähäsuojat / risteyskohdat	Kyllä/Ei	<input type="text"/>
Pilareiden, kaivojen tai viemäreiden ympäritykset	Kyllä/Ei	<input type="text"/>

#### Ahutan tiedot

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

Kokoonpuristusmoduuli / simmäkerroin	<input type="text"/>
Kerroksen paksuus (mm)	<input type="text"/>
Kokoonpuristusmoduuli / simmäkerroin	<input type="text"/>

#### Eristekerros:

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"/>

#### Olosuhteet (tavoite)

Säätöilmä (kui va normaali kosteus tai RH arvio)	RH	<input type="text"/>	%
tai			
Ulköilma (kui va normaali kosteus tai RH arvio)	RH	<input type="text"/>	%

#### Kuormat

##### Pistekuormat

Pyysyvä kuorma	<input type="text"/>	kN/m <sup>2</sup>
Tasainen hyötykuorma, pitkäaikainen	<input type="text"/>	kN/m <sup>2</sup>
Kuormatyyppi:		
Tasainen hyötykuorma, pitkäaikainen	<input type="text"/>	kN/m <sup>2</sup>
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-hyllökuormat	<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	<input type="text"/>
----------	----------------------

Kuorma dynaamista?

Kyllä/Ei	<input type="text"/>
----------	----------------------

Momentin tasaus sallittu?

Kyllä/Ei	<input type="text"/>
----------	----------------------

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

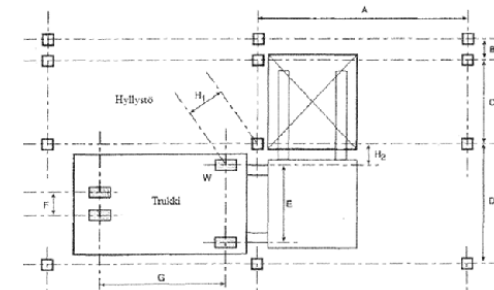
<input type="text"/>
----------------------

Lisätietoja maanvaraisesta teräskuitubetonilattasta

Liittä ei mielellään lattiajurius (suojelata ja kuormien paikolal).

(HUOMI) Kiittäiden kuormien sijoittamista saumoille kohdille tulisi välttää!

### E SIMERKKI VARASTOHALLIN PISTE KUORMIEN E SIINTYMISE STA



- A Hyllän jalkaväli käytävän puolella
- B Selat vastakkain olevien hyllöjen jalkaväli
- C Hyllän jalkaväli hyllön läpi
- D Hyllöjen jalkaväli käytävän läpi
- E Trukin etupöytien akseliväli
- F Trukin takapöytien akseliväli
- G Trukin etu- ja taka-akselien etäisyys
- H<sub>1</sub> Trukin renkaan ja hyllön jalan välinen etäisyys, kun rengaskuorma saavuttaa maksimiravonsa
- H<sub>2</sub> Trukin renkaan ja hyllön jalan välinen etäisyys, kun trukkii on liikkeessä
- W Maksimirengaskuorma

#### PAALULAATAAN TARVITTAVAT LISÄTIEDOT

Paalun poikkimitat	<input type="text"/>	mm x mm
Paalulatu mitat	<input type="text"/>	mm x mm
Paalulatu paksuus	<input type="text"/>	
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

