

# **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**

**Paalulaattojen suunnittelu kuitubetonista**

**Petri Manninen**

**24.1.2011**

## BY 56 – Paalulaatta - Yleistä

- Käytetään tyypillisesti pehmeillä, normaali- tai lievästi ylikonsolidoituneilla savikoilla ja muilla pehmeiköillä
- Mitoitustietojen avulla määritetään paalujen etäisyydet, laatan paksuus, raudoitus ja tarvittaessa paalun yläpuolinen vahvistus
- Tyypillisen paalulaatan paaluväli on 3-4 m, laatan paksuus 200-400 mm ja teräskuitumäärä 40-50 kg/m<sup>3</sup>
- Paalukaistoille asetetaan lisäksi kaistaraudoitteet
- Paalulaattaa kuormittaa yleensä tasaisesti jakaantunut kuorma
- Teollisuuslaattoihin kohdistuu myös pistekuormia



## BY 56 – Paalulaatta - Suunnittelu

- Alusta
- Kuormat
- Paalukoko, -luokka ja -jako
- Laatan betoniluokka ja -lujuus
- Betonin ominaisuuksien määrittäminen
- Liikuntasaumamat
- Taivutus
- Leikkaus
- Leikkautuminen
- Lävistyskestävyys
- Halkeilu
- Taipuma



## BY 56 – Paalulaatta - Suunnittelu

### Alusta

- Tulee olla laatan painon kantava, tasainen ja sula, betonia läpäisemätön sekä oikeassa korkeustasossa ja -muodossa

### Kuormat

- Tasainen kuorma, liikennekuorma, sysäyslisästä, jarrukuormista (vaakavoima)

### Paalukoko ja -jako

- Suositeltava koko on alle 5 x 5 m<sup>2</sup>

### Betonilujuus

- > C30/37

### Betonin ominaisuuksien määrittäminen

- Standardilla ASTM C1018 saatujen jäännöskertoimien ( $R_{20,50}$ -arvot) avulla

### Liikuntasaumat

- Maksimiväli 40 m

## BY 56 – Paalulaatta – Mitoittava momentti

### Kimmenteoria ja kaistamenetelmä

- Tässä ohjeessa käytetään kimmoteorialla ja kaistamenetelmällä saatavia mitoittavia taivutusmomenteja
- Kaistamenetelmää sovellettaessa ei poiketa paljon kimmoteorian mukaisista momenteista eikä halkeilusta ole haittaa käyttötilassa
- Laatta lasketaan molemmissa suunnissa (x ja y) yhteen suuntaan kantavina kaistoina
- Koska suurimmat momentit kimmoteorian mukaan esiintyvät yleensä paalujen kohdalla, määräytyy laatan korkeus siis tavallisesti tukipoikkileikkausten mukaan
- Kun paalulaattaan vaikuttaa sekä tasainen kuorma että pistekuorma, mitoitetaan paalukaistat palkkeina
- Ellei tarkemmin mainita, palkin leveys on enintään  $2/3$  jännevälistä

## BY 56 – Paalulaatta – Mitoittava momentti

Tasaisen kuorman aiheuttamat tukimomentit (kaistamenetelmä):

- jos vastakkainen tuki on vapaasti tuettu  $m_d \approx -\frac{1}{10} p_d L_n^2$
- jos vastakkainen tuki on jäykästi kiinnitetty  $m_d \approx -\frac{1}{16} p_d L_n^2$
- jos vastakkaisena tukena on paalu, jonka yli laatta on jatkuva  $m_d \approx -\frac{1}{14} p_d L_n^2$

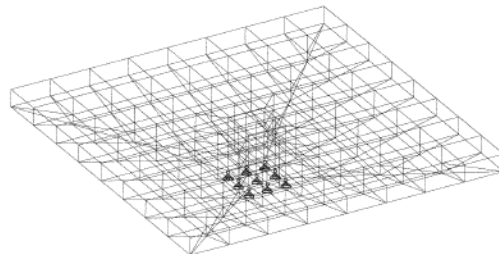
### Myötöviivateoria

- Erilaisia murtomekanismeja eli myötöviivamalleja (kartiomekanismit ja laskosmekanismi)
- Laskosmekanismi on murtotapana kaikista sitkein
- Menetelmässä momenttikestävyyden oletetaan pysyvän muuttumattomana pitkin myötöviivoja, mikä ei kuitenkaan toteudu teräskuitubetonin kohdalla
- Jäännöstaivutuskestävyys heikkenee halkeamien kasvaessa, mitä ei ole arvioitu myötöviivateoriassa
- Laajalti muissa Euroopan maissa käytetty

## BY 56 – Paalulaatta – Mitoittava momentti

### FEM-analyysi

- Tietokonepohjaisella ohjelmalla
- Mallin olettamuksena on, että laatta säilyy halkeamattomassa tilassa
- FEM-analyysin antamiin tuloksiin voidaan luottaa niin kauan, kun betoni on halkeamattomassa tilassa, eli kun rakenne toimii kimmoisena
- Teräskuidulla raudoitettun paalulaatan paksuus ja kuitumäärä voidaan mitoittaa käsin mitoitusohjeita käyttäen, koska käsinlaskennalla saavutetaan riittävä tarkkuus
- Laatan taipumat lasketaan kuitenkin usein käyttämällä FEM-analyysiä



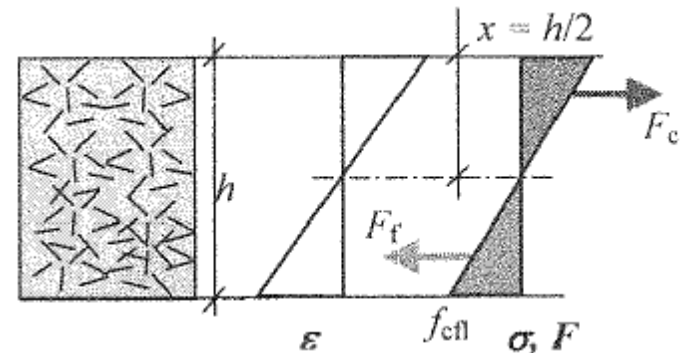
## BY 56 – Paalulaatta – Teräskuitubetonin momenttikapasiteetti

- Yksinkertaistettu teräskuitubetonirakenteen jännitysjaakauma
- Menetelmä kuvaa tilannetta ennen halkeamien muodostumista, jolloin taivutusvetolujuus on suurimmillaan

$$M = f_{bd.f} \cdot \frac{h^2}{6}$$

$$f_{bd.f} = f_{bd} \cdot \frac{R_{20,50}}{100}$$

$$R_{20,50}(\rho_k) = 1,27 \frac{m^3}{kg} \rho_k + 20,7 \quad , \quad \text{suositus } \rho_k \geq 40 \frac{kg}{m^3}$$





## BY 56 – Paalulaatta – Lisäraudoitetun teräskuitubetonin momenttikapasiteetti

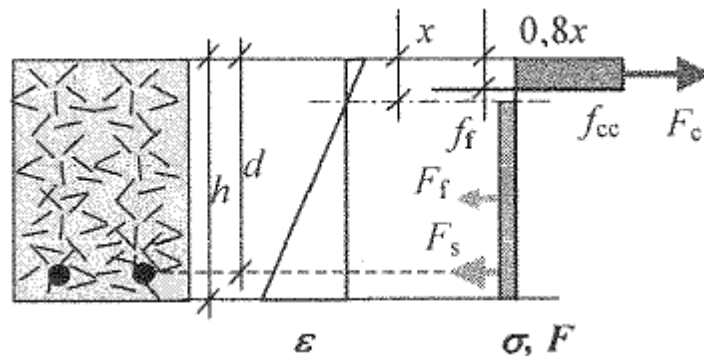
- Kun rakenteeseen laitetaan lisäraudoitusta, teräskuitujen aiheuttama momenttikapasiteetti lasketaan mukaan kyseisissä kohdissa
- Paalukaistojen momenttikapasiteettiin lasketaan siis yhteen sekä lisäraudoituksen että teräskuitujen antamat kapasiteetit
- Keskikaistoilla momenttikapasiteettiin lasketaan ainoastaan teräskuitujen antama kapasiteetti

$$M = F_s \cdot \left(1 - 0.4 \cdot \frac{x}{d}\right) \cdot d + F_f \left(\frac{h-x}{2} + 0.6 \cdot x\right)$$

$$F_s = f_{yd} A_s$$

$$F_f = 0.37 \cdot f_{bd} \cdot \frac{R_{20,50}}{100} \cdot (h-x)$$

$$R_{20,50}(\rho_k) = 1,27 \frac{m^3}{kg} \rho_k + 20,7 \quad , \quad \text{suositus } \rho_k \geq 40 \frac{kg}{m^3}$$



## BY 56 – Paalulaatta – Leikkautuminen

- Laatan leikkauskapasiteetti muodostuu betonin kapasiteetista ja raudoituksen kapasiteetista
- Betonin kapasiteetti on olennaisesti riippuvainen betonin lujuudesta sekä paalun halkaisijasta
- Laatan riittävän läpileikkauskapasiteetin saavuttamiseksi on joko kasvatettava laatan paksuutta tai paalun halkaisijaa
- Lisäraudoittamattoman kuitubetonin leikkauskestävyyden ratkaisemiseen ei ole hyväksytyjä menetelmiä

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} + v_{fd}] b_w d$$

$$v_{fd} = 0.7 k_f k \tau_{fd}$$

$$k_f = 1 + n (h_f / b_w) (h_f / d) \leq 1.5$$

$$n = (b_f - b_w) / h_f \leq 3$$

$$\tau_{fd} = 0.12 R_{20,50} f_{cbk}$$

## BY 56 – Paalulaatta – Lävistys

- Kriittisimpiä kohtia paalujen kosketuspinnat
- Halkeamien syntyminen poikkileikkauksessa on estettävä riittäväällä raudoituksella
- Vetorausoitusta (verkot tai tangot) voidaan joutua lisäämään teräskuitujen lisäksi
- Valuteknisistä syistä ei taas leikkausraudoitus ole suositeltava
- Laatan paksuus usein siten, että lävistyskapasiteetti tulee riittävä suureksi ilman leikkausraudoitusta

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} + \tau_{fd}$$

$$\tau_{fd} = 0.12 R_{20,50} f_{cbk}$$

## BY 56 – Paalulaatta – Käyttörajatila

- Mitoitus suoritetaan murtorajatilalla, joten käyttörajatilaa ei tarvita ( $m_k \leq m_r$ )

### Halkeilu

- Paalulaattarakenne voidaan suunnitella halkeamattomana
- Koska halkeilu ei ole sallittu, teräskuitubetonin mitoitettu taivutusvetolujuus ei saa kasvaa suuremmaksi kuin pitkäaikaistaivutusvetolujuus, jolloin halkeamia syntyy

### Taipuma

- Laatan paksuus valitaan niin suureksi, että taipumia ei tarvitse laskea
- Taipumat voidaan määrittää halkeilemattomalle teräskuitubetonilaatalle kimmoteorialla käyttäen tehollista kimmomodulia ja ottaen huomioon viruman
- Olennaisen osan laatan taipumista muodostavat ns. pitkäaikaistaipumat kutistumasta ja virumasta

## Paalulaatat

- Maaperä ei kannaa
- Paalujen päällä olevat teollisuuslattiat
- Kuitubetoni valetaan maan päälle, mutta suunniteltu kovettuneena kantavana paalulta paalulle
- Mitoituksessa kriittisen kohta paalualueet (taivutusmomentti ja lävistys)
- Optimipaaluväli keskellä 2,5...5 m ja reunoilla 1,5...3,5 m (neliömäinen paalujako)
- Reunoilla on suositeltavaa käyttää palkkikaistaa
- Erittäin suuri ajallinen säästö
- Kuitumäärä 40-50 kg/m<sup>3</sup>
- Paksuudeksi suositellaan > 180 mm (lävistys)

