

RakMK B4:n kohta

2.3.3.3 Halkeilun rajoittaminen

1987

RakMK B4  
painos (julkaisuvuosi)

Hakijan yhteystiedot

**POLARKUDOS OY**

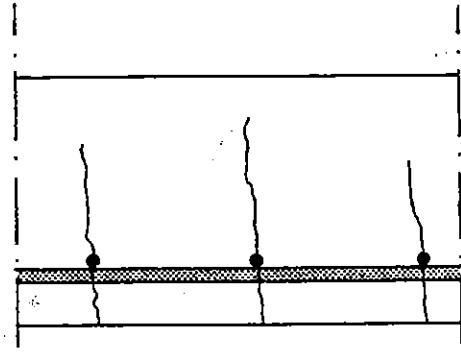
Pälkäneen tehdas

Puh. 936-2131 telefax 936-3031

Hakijan allekirjoitus

*post* Heikki Castren**Lyhyt selostus menetelmästä, käyttöalue ja mahdollinen kuva**  
**HALKEILUN RAJOITTAMINEN RISTILIITOKSILLA**

Betoninormien halkeilun rajoittamista koskeva kohta käsittelee suoria, erillisiä tankoja. Halkeamaleveyden laskenta perustuu tangon tartunnan välittämien voimien aiheuttamaan halkeiluun. Hitsatut ristiliitokset siirtävät voimia raudoitukselta betonille ja ohjaavat halkeilua. Lujat ja tiheässä olevat ristiliitokset pienentävät halkeamaväliä ja halkeamaleveyttä. Tässä betoninormikortissa esitetään menetelmä halkeamaleveyden ja ristiliitoslujuuden laskemiseksi silloin, kun ristiliitoksia käytetään halkeamaleveyden rajoittamiseen. Suurin hyöty saavutetaan laattarakenteissa ja lujilla betoniteräksillä.

**Menetelmän rajoitukset**

Betoniyhdistyksen toimikunta on käynyt läpi ehdotuksen ja todennut sen täyttävän RakMK:n betonirakenteita koskevien määräysten vaatimukset. Kortiston käyttäjällä on vastuu kortiston ohjeiden käytöstä sekä siitä että RakMK:n betonirakenteita koskevia määräyksiä noudatetaan.

Tämä ohje on voimassa yhtä kauan kuin ylläoleva Rakennusmääräyskokoelman B4:n asianomainen kohta. Tämä ohje voidaan peruuttaa Suomen Betoni yhdistys - Finska Betongföreningen r.y.:n harkinnan perusteella.

Helsingissä maaliskuun 15 p:nä 1990

Tarkistettu kohtaa  
2. Sovellutusalue  
22.10.1990

SUOMEN BETONIYHDISTYS - FINSKA BETONGFÖRENINGEN r.y.

  
Pentti Kaista  
Klaus Söderlund  
Klaus Söderlund

RakMK B4:n kohta

2.3.3.3 Halkeilun rajoittaminen

RakMK B4  
1987  
painos (julkaisuvuosi)

Hakijan yhteystiedot

**POLARKUDOS OY**

Pälkäneen tehdas

Puh. 936-2131 telefax 936-3031

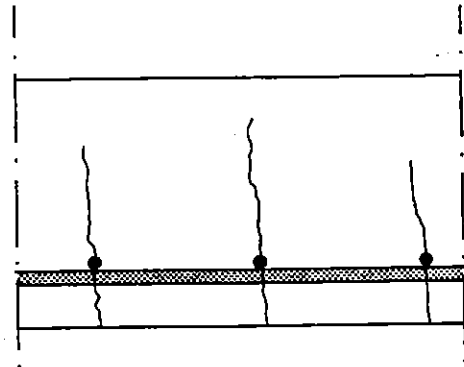
Hakijan allekirjoitus

*Heikki Castrén*  
Heikki Castrén

Lyhyt selostus menetelmästä, käyttöalue ja mahdollinen kuva

### HALKEILUN RAJOITTAMINEN RISTILIITOKSILLA

Betoninormien halkeilun rajoittamista koskeva kohta käsittelee suoria, erillisiä tankoja. Halkeamaleveyden laskenta perustuu tangon tartunnan välttämien voimien aiheuttamaan halkeiluun. Hltsatut ristiliitokset siirtävät voimia raudoitukselta betonille ja ohjaavat halkeilua. Lujat ja tiheässä olevat ristiliitokset pienentävät halkeamavälillä ja halkeamaleveyttä. Tässä betoninormikortissa esitetään menetelmä halkeamaleveyden ja ristiliitoslujuuden laskemiseksi silloin, kun ristiliitoksia käytetään halkeamaleveyden rajoittamiseen. Suurin hyöty saavutetaan laattarakenteissa ja lujilla betoniteräksillä.



### Menetelmän rajoitukset

Betoniyhdistyksen toimikunta on käynyt läpi ehdotuksen ja todennut sen täyttävän RakMK:n betonirakenteita koskevien määräysten vaatimukset. Kortiston käyttäjällä on vastuu kortiston ohjeiden käytöstä sekä siitä että RakMK:n betonirakenteita koskevia määräyksiä noudatetaan.

Tämä ohje on voimassa yhtä kauan kuin ylläoleva Rakennusmääräyskokoelman B4:n asianomainen kohta. Tämä ohje voidaan peruuttaa Suomen Betoniyhdistys - Finska Betongföreningen r.y.:n harkinnan perusteella.

Helsingissä maaliskuun 15 p:nä 1990

SUOMEN BETONIYHDISTYS - FINSKA BETONGFÖRENINGEN r.y.

*Pentti Kaista*  
Pentti Kaista

*Klaus Söderlund*  
Klaus Söderlund

Tarkistettu kohtaa  
2. Sovellutusalue  
22.10.1990

*Klaus Söderlund*  
Klaus Söderlund

SUOMEN BETONIIHDISTYS-FINSKA BETONGFÖRENIGEN r.y.

## **BETONINORMIKORTISTO**

### **HALKEILUN RAJOITTAMINEN RISTILIITOKSILLA**

Hakemuksen tekijä: Polarkudos Oy, samalla tuotteen valmistaja.

#### **1. LIITTYMINEN BETONINORMEIHIN**

BY 15 kohta 2.3.3.3 Halkeilun rajoittaminen.

Betoninormien halkeilun rajoittamista koskeva kohta käsittelee suoria, erillisiä tankoja. Halkeamaleveyden laskenta perustuu tangon tartunnan välittämien voimien aiheuttamaan halkeiluun. Hitsatut ristiliitokset siirtävät voimia raudoituksesta betonille ja ohjaavat siten halkeilua. Riittävän lujat ja tiheässä olevat ristiliitokset saavat aikaan pienen halkeamavälin ja halkeamaleveyden. Tässä betoninormikortissa esitetään menetelmä halkeamaleveyden ja vaaditun ristiitoslujuuden laskemiseksi silloin, kun ristiliitoksia käytetään halkeamaleveyden rajoittamiseen.

#### **2. SOVELLUTUSALUE**

Menetelmää voidaan käyttää kaikilla hyväksytyistä, hitsattavista betoniteräslaaduista valmistetuilla verkoilla ja erillisillä ristiliitoksilla. Suurin hyöty saavutetaan rakenteissa, joissa on vähän raudoitusta.

#### **3. LAADUNVALVONTA**

Verkkojen ja ristiliitosten valmistuksen valvonta hoidetaan betoninormien kohdan 6.4.1 mukaisesti.

#### **4. LASKENTAMENETELMÄ**

Halkeamaleveyden laskenta ja vaaditun ristiitoslujuuden laskenta on esitetty liitteessä 1. Sovellusesimerkki on esitetty liitteessä 2.

● Tarkistettu 22.10.1990

## HALKEILUN RAJOITTAMINEN RISTILIITOKSILLA

Halkeaman leveys lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan yhtälöllä

$$W_k = \varepsilon_{sm} S_{rm} \quad (1)$$

missä  $\varepsilon_{sm}$  on raudoituksen keskimääräinen venymä halkeamavälillä  
 $S_{rm}$  halkeamaväli.

Halkeamaväli lasketaan pelkän tartunnan vaikuttaessa kokeellisella yhtälöllä

$$s_{rm} = 3,5 c + k_w \phi / \rho_r \quad (2)$$

missä  $c$  on raudoituksen betonipeitteen paksuus  
 $k_w$  tankotyypistä riippuva kerroin  
 $\phi$  tankopaksuus  
 $\rho_r$  raudoituksen tehollinen suhteellinen pinta-ala.

Keskimääräinen raudoituksen venymä halkeilleessa betonirakenteessa lasketaan yhtälöllä

$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_s \left[ 1 - \frac{1}{25 k_w} \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_d} \right)^2 \right] \quad (3)$$

missä  $\varepsilon_s$  on raudoituksen venymä halkeaman kohdalla  
 $\sigma_{sr}$  raudoituksen jännitys halkeaman syntymisen hetkellä haljennessa tilassa  
 $\sigma_d$  raudoituksen jännitys halkeaman kohdalla tarkastelutilassa.

Ristiliitokset siirtävät voimia betonille halkeaman ympäristössä ja ohjaavat halkeamien muodostumisen ristiliitosten kohdalle. Halkeamaväli tulee pienemmäksi kuin pelkän tartunnan tapauksessa, jos ristiliitosten väli on pienempi kuin yhtälön (2) mukainen  $s_{rm}$ . Halkeamaleveys ristiliitoksilla varustetun tangon ympäristössä lasketaan tällöin yhtälöstä

$$W_k = \varepsilon_{sm} S \quad (4)$$

missä  $\varepsilon_{sm}$  on raudoituksen keskimääräinen venymä halkeamavälillä  
 $S$  pienempi arvoista  $s_{rm}$  (yhtälö 2) ja ristiliitosten väli  $a$ .

Kun ristiliitos pakottaa halkeamavälin pienemmäksi kuin pelkän tartunnan tapauksessa, kasvaa keskimääräinen raudoituksen venymä suuremmaksi kuin yhtälön (3) mukaan. Keskimääräinen venymä lasketaan yhtälöstä

$$\epsilon_{sm} = \epsilon_s \left[ 1 - \frac{a}{s_{rm}} \frac{1}{25 k_w} \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_d} \right)^2 \right] \quad (5).$$

Ristiliitoksen lujuuden tulee olla riittävän korkea, jotta se voi siirtää betonille halkeaman syntymiseen tarvittavan voiman. Liitoksen vaadittu lujuus voidaan laskea yhtälöstä

$$FL = \frac{1,3}{k_{br} \rho_r} \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \left( 1 - \frac{a}{s_{rm}} \right) \quad (6)$$

missä  $f_{ctd}$  on betonin vetolujuuden laskenta-arvo  
 $f_{yd}$  raudituksen lujuuden laskenta-arvo  
 $k_{br}$  liitoslujuuskerroin, riippuu poikittaistangon laadusta  
 = 1,35 harjatangoille  
 = 1,00 sileille tangoille  
 FL standardin SFS1251 mukaista liitosluokkaa vastaava osuus tangon myötölujuudesta.

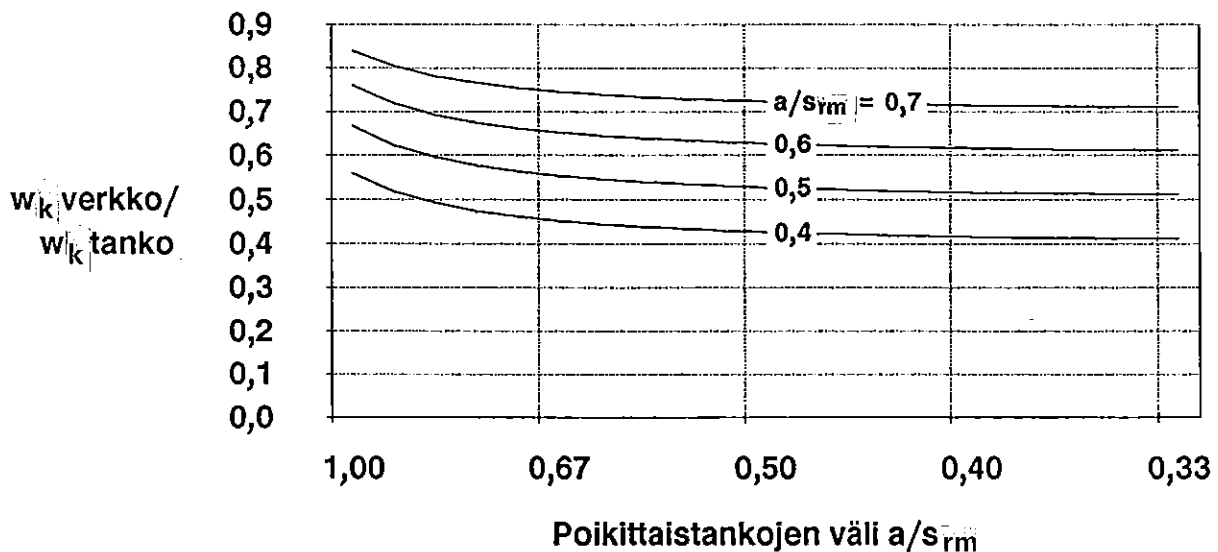
## RISTILIITOSTEN VAIKUTUS HALKEAMALEVEYTEEN

Kuva 1 havainnollistaa ristiliitoksen vaikutusta halkeamaleveyteen. Halkeamaleveys verkkoraudoituksella saadaan kuvasta, kun lähtöarvoina tunnetaan halkeamaleveys  $w_{k,tanko}$  ja halkeamaväli  $s_{rm}$  vastaavalla erillisellä tangolla sekä raudoituksen jännitysten suhde tarkasteltavassa tilassa ja halkeilutilassa ( $\sigma_d/\sigma_{sr}$  tai  $M_d/M_{sr}$ ).

Kuva osoittaa, että suurella rasituksella verkkoraudoituksen ja erillisen tangon halkeamaleveyden suhde ( $w_{k,verkko}/w_{k,tanko}$ ) on likimain sama kuin verkon poikittaistankovälin ja tartunnan aiheuttaman halkeamavälin suhde ( $a/s_{rm}$ ). Pienellä rasitusasteella ( $\sigma_d \approx \sigma_{sr}$ ) verkon halkeamaleveys ei pienene aivan suhteessa  $a/s_{rm}$ .

### VERKKOJEN HALKEAMALEVEYS

$\varnothing 12 \text{ mm}, c = 25 \text{ mm}$

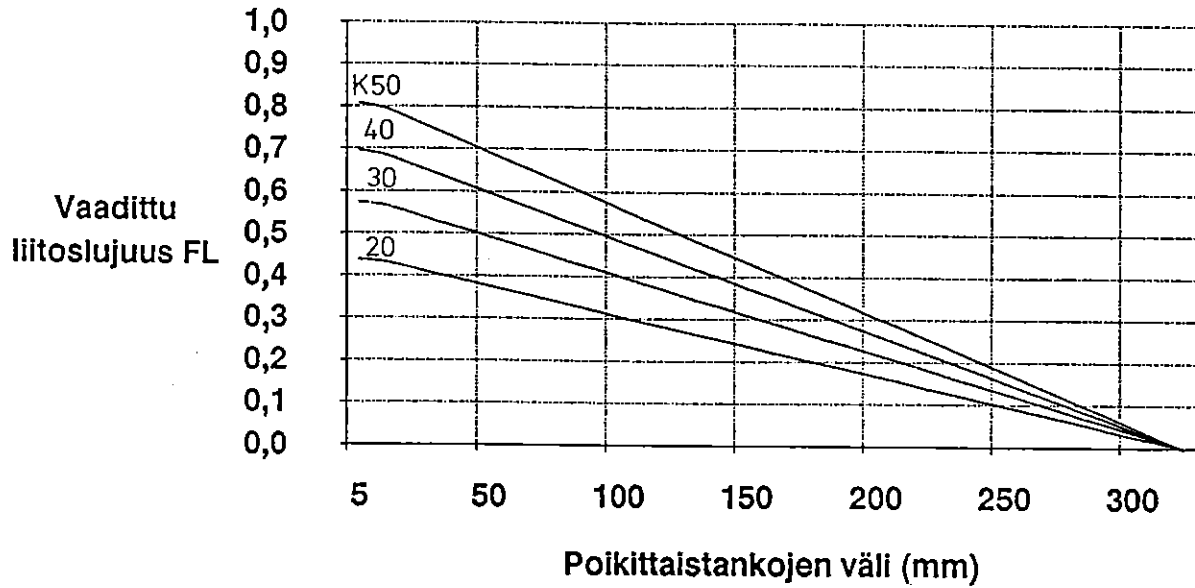


Kuva 1. Verkon ja vastaavan erillisen tangon halkeamaleveyksien suhde.

Kuvassa 2 on esitetty esimerkkinä ristiliitoksen lujuusvaatimus 12 mm:n tangoille lujuusluokissa 500 MPa, 700 MPa betoniluokissa K20, K30, K40 ja K50 poikittaistankovälin funktiona. Käytännön poikittaistankoväleillä 100...200 mm on liitoslujuusvaatimus tavanomaisilla tuotamentelmillä täytettävissä.

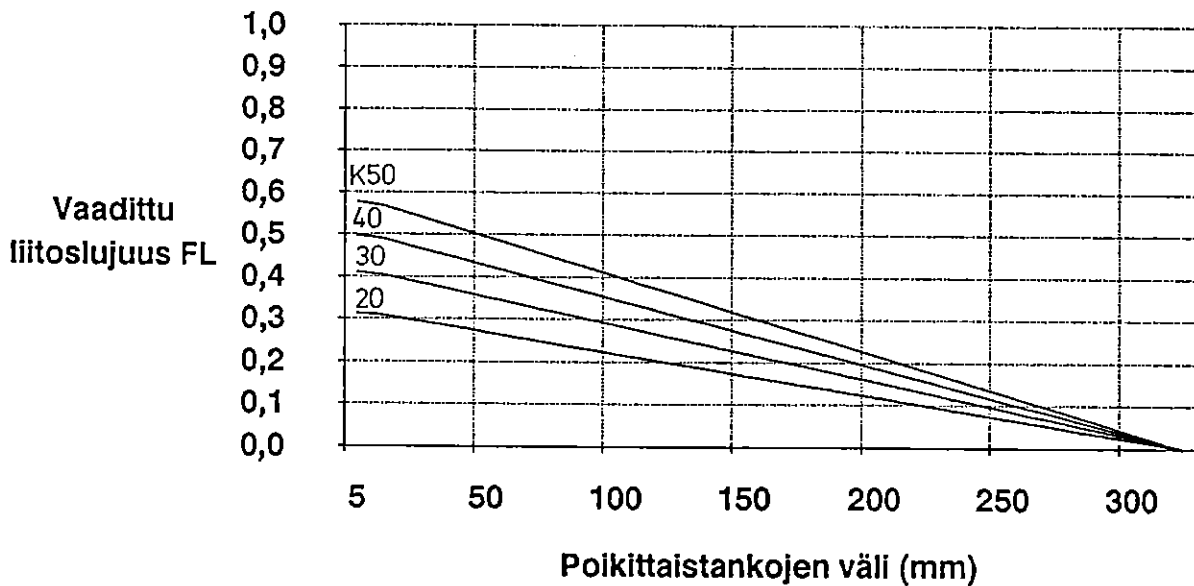
### VERKKOJEN LIITOSLUJUUS VAATIMUS

Ø 12 mm B500K



### VERKKOJEN LIITOSLUJUUS VAATIMUS

Ø 12 mm B700K



Kuva 2. Esimerkki liitoslujuusvaatimuksesta 12 mm:n tankopaksuudella.

## ESIMERKKI 1

Halkeilurajatilatarkastelu teräslaaduilla A500HW (irtoteräkset) ja B500K (verkko), lyhytaikainen kuorma.

lähtöarvot                      laatta,  $b = 1000 \text{ mm}$ ,  $h = 190 \text{ mm}$   
                                       betoniluokka K30-1  
                                       momentti  $m_k = 28,8 \text{ kNm/m}$  (käyttötilassa)  
                                       momentti  $m_d = 36,3 \text{ kNm/m}$  (murtotilassa)  
                                       ympäristöluokka Y2 ( $c = 25 \text{ mm}$ )  
                                       kimmomoduulien suhde  $n = 15$

näistä tiedoista saadaan

tehollinen korkeus  $d = 160 \text{ mm}$   
 $w_{k,sall} = 0,3 \text{ mm}$  lyhytaikaiskuormille  
 $A_{s,vaad} = 524 \text{ mm}^2/\text{m}$  ( $\phi 10k150$ )  
 $\sigma_s = 378 \text{ N/mm}^2$  (käyttötila)

halkeilukapasiteetti

$$M_r = 1,7 W_{ce} f_{ctk} = 1,7 \frac{0,19^2 \text{ m}^2}{6} 1,93 \text{ MN/m}^2 = 0,01974 \text{ MNm/m}$$

jännitysten suhde

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_d} = \frac{M_r}{M_k} = \frac{19,74 \text{ kNm/m}}{28,80 \text{ kNm/m}} = 0,685$$

raudoitussuhde

$$\rho_r = \frac{A_s}{A_{ce}} = \frac{524 \text{ mm}^2}{1000 \cdot (25 + 8 \cdot 10) \text{ mm}^2} = 0,00499$$

### A. IRTOTERÄS A500HW

Raudoituksena käytetään irtotankoja, teräslaatu A500HW.  
 Halkeaman ominaisleveys saadaan kaavasta (1)

$$w_k = \epsilon_{sm} S_{rm}$$

$$\begin{aligned} S_{rm} &= 3,5 c + k_w \phi / \rho_r \\ &= 3,5 \cdot 25 \text{ mm} + 0,085 \cdot 10 \text{ mm} / 0,00499 \\ &= 258 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\epsilon_{sm} = \epsilon_s \left[ 1 - \frac{1}{25k_w} \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_d} \right)^2 \right] \quad (\text{kaavasta 3})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{378 \text{ N/mm}^2}{2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2} \cdot \left( 1 - \frac{1}{25 \cdot 0,085} \cdot 0,685^2 \right) \\ &= 0,001473 \end{aligned}$$

$w_k = 0,001473 \cdot 258 \text{ mm} = \mathbf{0,380 \text{ mm}} > w_{k,sall} = 0,3 \text{ mm}$ , EI RIITÄ,  
 joten kk-väliä on pienennettävä ( $\phi 10k120$ )



## B. VERKKO B500K

Raudoituksena käytetään irtotankojen sijaan verkkoa  $\phi 10k150$  (B500K).

Halkeaman ominaisleveys saadaan kaavasta (4)

$$w_k = \epsilon_{sm} S$$

$$S = a = 150 \text{ mm} \quad ( < s_{rm} = 3,5 c + k_w \phi / \rho_r \\ = 3,5 \cdot 25 + 0,10 \cdot 10 / 0,00499 = 288)$$

$$\epsilon_{sm} = \epsilon_s \left[ 1 - \frac{a}{s_{rm}} \frac{1}{25k_w} \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_d} \right)^2 \right] \quad (\text{kaavasta 5}) \\ = \frac{378 \text{ N/mm}^2}{2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2} \cdot \left( 1 - \frac{150 \text{ mm}}{288 \text{ mm}} \cdot \frac{1}{25 \cdot 0,10} \cdot 0,685^2 \right) \\ = 0,001705$$

$$w_k = 0,001705 \cdot 150 \text{ mm} = \underline{\underline{0,256 \text{ mm}}} < w_{k,sall} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

tarkistetaan vielä ristiliitoksen lujuus kaavasta (6)

$$FL = \frac{1,3 f_{ctd}}{k_{br} \rho_r f_{yd}} \left( 1 - \frac{a}{s_{rm}} \right) \\ = \frac{1,3 \cdot 1,43 \text{ N/mm}^2}{1,35 \cdot 0,00499 \cdot 454 \text{ N/mm}^2} \cdot \left( 1 - \frac{150 \text{ mm}}{288 \text{ mm}} \right) = 0,291$$

joten verkon ristiliitoksen lujuus on riittävä.

Siis käyttämällä irtotankojen sijasta verkkoa säästetään paitsi työmäärässä myös teräsmenekissä.

## ESIMERKKI 2

Halkeilurajatilatarkastelu käytettäessä irtoteräksiä tai verkkoa teräslaaduilla B700K, lyhytaikainen kuorma.

lähtöarvot                      laatta,  $b = 1000 \text{ mm}$ ,  $h = 210 \text{ mm}$   
                                       betoniluokka K30-2  
                                       teräs B700K  
                                       momentti  $m_k = 24,5 \text{ kNm/m}$  (käyttötilassa)  
                                       momentti  $m_d = 32,8 \text{ kNm/m}$  (murtotilassa)  
                                       ympäristöluokka Y2 ( $c = 25 \text{ mm}$ )  
                                       kimmomoduulien suhde  $n = 15$

näistä tiedoista saadaan

tehollinen korkeus  $d = 180 \text{ mm}$   
 $w_{k,sall}$  =  $0,3 \text{ mm}$  lyhytaikaiskuormilla,  
 kun  $\sigma_s^{pitkäaik} \leq 400 \text{ N/mm}^2$   
 $A_{s,vaad}$  =  $325 \text{ mm}^2/\text{m}$  ( $\phi 8k150$ )  
 $\sigma_s$  =  $437 \text{ N/mm}^2$  (käyttötila)

halkeilukapasiteetti

$$M_r = 1,7 W_{ce} f_{ctk} = 1,7 \frac{0,21^2 \text{ m}^2}{6} \cdot 1,93 \text{ MN/m}^2 = 0,0241 \text{ MNm/m}$$

jännitysten suhde

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_d} = \frac{M_r}{M_k} = \frac{24,10 \text{ kNm/m}}{24,50 \text{ kNm/m}} = 0,984$$

raudoitussuhde

$$\rho_r = \frac{A_s}{A_{ce}} = \frac{335 \text{ mm}^2}{71200 \text{ mm}^2} = 0,00471$$

$$A_{ce} = \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \cdot 15 \cdot 8 \text{ mm} \cdot (8 \cdot 8 \text{ mm} + 25 \text{ mm}) = 71200 \text{ mm}^2$$

### A. IRTOTERÄS B700K

Raudoituksena käytetään irtotankoja, teräslaatu B700K.  
 Halkeaman ominaisleveys saadaan kaavasta (1)

$$w_k = \epsilon_{sm} S_{rm}$$

$$S_{rm} = 3,5 c + k_w \phi / \rho_r$$

$$= 3,5 \cdot 25 \text{ mm} + 0,10 \cdot 8 \text{ mm} / 0,00471 = 257 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{sm} = \epsilon_s \left[ 1 - \frac{1}{25k_w} \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_d} \right)^2 \right] \quad (\text{kaavasta 3})$$

$$= \frac{437 \text{ N/mm}^2}{2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2} \cdot \left( 1 - \frac{1}{25 \cdot 0,100} \cdot 0,984^2 \right) = 0,001339$$

$$w_k = 0,001339 \cdot 257 \text{ mm} = \underline{0,344 \text{ mm}} > w_{k,sall} = 0,3 \text{ mm}, \quad \text{EI} \quad \text{RIITÄ,}$$

joten kk-väliä on pienennettävä ( $\phi 10k120$ )

### B. VERKKO B700K

Raudoituksena käytetään irtotankojen sijaan verkkoa  $\phi 8k150$  (B700K).

Halkeaman ominaisleveys saadaan kaavasta (4)

$$w_k = \epsilon_{sm} S$$

$$S = a = 150 \text{ mm} \quad (< s_{rm} = 257 \text{ mm})$$

$$\epsilon_{sm} = \epsilon_s \left[ 1 - \frac{a}{s_{rm}} \frac{1}{25k_w} \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_d} \right)^2 \right] \quad (\text{kaavasta 5})$$

$$= \frac{437 \text{ N/mm}^2}{2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2} \cdot \left( 1 - \frac{150 \text{ mm}}{257 \text{ mm}} \cdot \frac{1}{25 \cdot 0,10} \cdot 0,984^2 \right)$$

$$= 0,001691$$

$$w_k = 0,001691 \cdot 150 \text{ mm} = \underline{\underline{0,254 \text{ mm}}} < w_{k,sall} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{O.K}$$

tarkistetaan vielä ristiliitoksen lujuus kaavasta (6)

$$FL = \frac{1,3 f_{ctd}}{k_{br} \rho_r f_{yd}} \left( 1 - \frac{a}{s_{rm}} \right)$$

$$= \frac{1,3 \cdot 1,29 \text{ N/mm}^2}{1,35 \cdot 0,00471 \cdot 583 \text{ N/mm}^2} \cdot \left( 1 - \frac{150 \text{ mm}}{257 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,1883 \quad \text{verkon ristiliitoslujuus on riittävä.}$$

Edellä oleva esimerkki osoittaa, kuinka korkealujuuksisella teräksellä saadaan paremmin hyödynnettyä teräksen lujuus käyttämällä verkkoraudoitusta irtotankojen sijasta.

SUOMEN BETONIHDISTYS-FINSKA BETONGFÖRENIGEN r.y.

## **BETONINORMIKORTISTO**

### **HALKEILUN RAJOITTAMINEN RISTILIITOKSILLA**

Hakemuksen tekijä: Polarkudos Oy, samalla tuotteen valmistaja.

#### **1. LIITTYMINEN BETONINORMEIHIN**

BY 15 kohta 2.3.3.3 Halkeilun rajoittaminen.

Betoninormien halkeilun rajoittamista koskeva kohta käsittelee suoria, erillisiä tankoja. Halkeamaleveyden laskenta perustuu tangon tartunnan välittämien voimien aiheuttamaan halkeiluun. Hitsatut ristiliitokset siirtävät voimia raudoituksesta betonille ja ohjaavat siten halkeilua. Riittävän lujat ja tiheässä olevat ristiliitokset saavat aikaan pienen halkeamavälin ja halkeamaleveyden. Tässä betoninormikortissa esitetään menetelmä halkeamaleveyden ja vaaditun ristiitoslujuuden laskemiseksi silloin, kun ristiliitoksia käytetään halkeamaleveyden rajoittamiseen.

#### **2. SOVELLUTUSALUE**

Menetelmää voidaan käyttää kaikilla hitsattavista SFS-standardien mukaisista betoniteräslaaduista valmistetuilla verkoilla ja erillisillä ristiliitoksilla. Suurin hyöty saavutetaan rakenteissa, joissa on vähän raudoitusta.

#### **3. LAADUNVALVONTA**

Verkkojen ja ristiliitosten valmistuksen valvonta hoidetaan betoninormien kohdan 6.4.1 mukaisesti.

#### **4. LASKENTAMENETELMÄ**

Halkeamaleveyden laskenta ja vaaditun ristiitoslujuuden laskenta on esitetty liitteessä 1. Sovellusesimerkki on esitetty liitteessä 2.