

Kuormat ja kuormien vaikutukset



$$g_{O37} := 510 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot g = 5.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

O37 ontelolaatan paino saumattuna

$$g_{pv} := 20\text{mm} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

20 mm tasoite ontelolaatan päällä

$$g_s := 200\text{mm} \cdot 3\text{m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

seinän paino

$$q_k := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

hyötykuorma

Murtorajatila

Kuormayhdistelyt tehdään EC:n murtorajatilan mukaisesti.

$$p_{d1} := 1.15 \cdot [(g_{O37} + g_{pv}) \cdot L_{OL} + g_s] + 1.5 \cdot q_k \cdot L_{OL} = 98.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

kuormitusyhdistelyt seuraamusluokassa 2

$$p_{d2} := 1.35 [(g_{O37} + g_{pv}) \cdot L_{OL} + g_s] = 80.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_d := \max(p_{d1}, p_{d2}) = 98.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

murtorajatilan mitoittava kuorma laatalle

$$n_{Ed} := p_d = 98.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

seinän pituusyksiköllä vaikuttava normaalivoiman mitoitusarvo

Onnettomuusrajatila

Kuormayhdistelyt tehdään EC:n onnettomuusrajatilan mukaisesti.

$$p_{d,acc} := (g_{O37} + g_{pv}) \cdot \frac{L_{OL}}{2} + q_k \cdot \frac{L_{OL}}{2} = 32.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

ontelolaatasta tuleva tukireaktio seinän pituusyksikölle

$$V_{Ed,acc} := p_{d,acc} \cdot b_{OL} = 38.9 \cdot \text{kN}$$

yhdeltä ontelolaatalta tuleva tukireaktio



Materiaalit ja lujuudet



Käytetään juotosbetonina C25/30. Laattojen ja seinien betonin oletetaan olevan vähintään samaa lujuusluokkaa kuin juotosbetoni, jolloin juotosbetonin puristuslujuus tulee määrääväksi.

$$f_{ck} := 25\text{MPa}$$

betonin lieriölujuus

$$f_{ctk,0.05} := 1.8\text{MPa}$$

betonin ominaisvetolujuus

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$\alpha_{ct} := 1$$

puristus- ja vetolujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta riippuvat epäedulliset tekijät huomioon ottavat kertoimet

Käytetään raudoitusta A500HW

$$f_{yk} := 500\text{MPa}$$

raudoituksen myötölujuus



Onnettomuusrajatila



$$\gamma_{c,acc} := 1.2$$

betonin osavarmuuskerroin onnettomuusrajatilassa

$$f_{ctd,acc} := \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_{c,acc}} = 1.5 \cdot \text{MPa}$$

betonin vetolujuuden mitoitusarvo onnettomuusrajatilassa

$$\gamma_{s,acc} := 1$$

raudoituksen osavarmuuskerroin onnettomuusrajatilassa

$$f_{yd,acc} := \frac{f_{yk}}{\gamma_{s,acc}} = 500 \cdot \text{MPa}$$

raudoituksen mitoituslujuus onnettomuusrajatilassa



Liitoksen mitoitus

Normaalivoimakestävyys



Liitoksen normaalivoimakestävyys mitoitetaan betoninormikortin 27 (s. 3) mukaan

$$k := 0.5$$

$$\gamma_{c.liitos} := 1.8$$

$$n_{Rd} := k \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_{c.liitos}} \cdot b_s = 1180.6 \cdot \frac{kN}{m}$$

oletetaan juotosbetonin mitoitusleveys samaksi kuin seinän paksuus

$$\frac{n_{Ed} \cdot 8}{n_{Rd}} = 66.9\%$$

kahdeksankerroksinen rakennus



Ontelolaattojen saumateräs

sisältää ontelolaatan putoamisen estämisen ja jatkuvan sortumisen (ontelolaatat kantavat köytenä) estämisen tarkistukset



Valitaan saumateräs ja tarkistetaan mitoitustapaukset

$$\phi := 10\text{mm} \quad n_s := 1$$

$$A_s := n_s \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = 78.5 \cdot \text{mm}^2$$

$$F_{s.acc} := A_s \cdot f_{yd,acc} = 39.3 \cdot \text{kN}$$

saumateräksen vetokestävyys onnettomuusrajatilassa

Elementin putoamisen estäminen

Putoamisen estäminen mitoitetaan tukireaktiosta riippuvan vaakavoiman perusteella

$$k := 0.4$$

tukipintojen kitkavoimien suurin erotus, kun liitoksessa käytetään teräskorokkeita

$$F_{d,acc} := \max(k \cdot V_{Ed,acc}, 30\text{kN}) = 30 \cdot \text{kN}$$

liitoksen putoamisen eston mitoittava ontelolaatan suuntainen voima

$$\frac{F_{d,acc}}{F_{s,acc}} = 76.4\%$$

sideraudoituksen voima riittää helposti estämään elementin putoamisen

Jatkuvan sortumisen estäminen

Saumateräksen tulee kestää seuraamusluokassa 2 seuraavat voimat

$$s_3 := b_{OL} = 1200 \cdot \text{mm}$$

saumaraudoituksen väli on sama kuin ontelolaattojen leveys

$$T_3 := \min\left(20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot s_3, 150\text{kN}\right) = 24 \cdot \text{kN}$$

70kN vähimmäisarvo koskee vain keskitettyjä yli 3,5m sidevälein sijoitettuja saumateräksiä (betoninormikortti 23 s. 27)

$$\frac{T_3}{F_{s,acc}} = 61.1\%$$



Sideraudoituksen ankkurointi ontelolaattojen ontelolaattojen väliseen saumabetoniin

$\eta_1 := 0.7$ $\eta_2 := 1$	huonot tartuntaolosuhteet tangon halkaisijasta riippuva kerroin
Tarkastetaan kumpi teräsännityksen tapaus tuottaa suuremman ankkurointipituuden perusarvon $f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd,acc} = 2.4 \text{ MPa}$	onnettomuusrajatilan mukainen tartuntalujuus
$\sigma_{sd} := \max\left(\frac{F_{d,acc}}{A_s}, \frac{T_3}{A_s}\right) = 382 \text{ MPa}$	raudoituksen suurin jännitys
$l_{b,rqd} := \frac{\phi \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}} = 404 \text{ mm}$	saumabetonin ja teräksen tartunnan edellyttämä ankkurointi
$\alpha_1 := 1$ $\alpha_2 := 1$ $\alpha_3 := 1$ $\alpha_4 := 1$ $\alpha_5 := 1$	suora tanko betonipeitettä ei oteta huomioon ankkurointia parantavana ei poikittaista raudoitusta
$l_{b,min} := \max(0.3 \cdot l_{b,rqd}, 10 \cdot \phi, 100 \text{ mm}) = 121 \text{ mm}$	tarkistetaan ankkurointipituuden vähimmäisarvo
$l_{bd,1} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}, l_{b,min}) = 404 \text{ mm}$	ankkurointipituuden mitoitusarvo
Tarkastetaan saumabetonin tartunta ontelolaattojen välissä $v_{Rdi} := 0.15 \text{ MPa}$	ontelolaatan saumavalun tartuntalujuus betoninormikortin 23 mukaan (sivu 27)
$h_{ol,tart} := 290 \text{ mm}$	ontelolaatan ja saumavalun välisen pinnan arvioitu korkeus
$l_{bd,2} := \frac{F_{s,acc}}{2 \cdot v_{Rdi} \cdot h_{ol,tart}} = 451 \text{ mm}$	saumabetonin ja ontelolaatan välisen tartunnan edellyttämä ankkurointi
$l_{bd,ol} := \max(l_{bd,1}, l_{bd,2}) = 451 \text{ mm}$	valitaan ontelolaattojen väliseen saumabetoniin tarvittava suurin ankkurointipituus

Valinta

$$l_b := 200 \text{ mm} + 2l_{bd,ol} = 1103 \text{ mm}$$

sideraudoituksen vähimmäispituus

saumaraudoitukseksi voidaan siis valita $n_s = 1$ $\phi = 10 \text{ mm}$ $L := 1200 \text{ mm}$

Seinän suuntainen sisäpuolinen sideteräs

$\phi := 16 \text{ mm}$ $n_s := 2$ $A_s := n_s \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = 402 \text{ mm}^2$	saumateräksen suurin vetokapasiteetti onnettomuusrajatilassa
$F_{s,acc} := A_s \cdot f_{yd,acc} = 201.1 \text{ kN}$	
$T_1 := \max\left(\min\left(20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{L_{OL} + L_{OL}}{2}, 70 \text{ kN}\right), 150 \text{ kN}\right) = 150 \text{ kN}$	seinän tapauksessa sisäpuolista sideterästä ei voi mitoittaa tukireaktion suhteen
$\frac{T_1}{F_{s,acc}} = 74.6\%$	

Valinta

riittävä sideraudoitus on

$n_s = 2$ $\phi = 16 \text{ mm}$

Seinäelementin vaakasidonta laattatasoon

Yläpuolisen sauman terästapit mitoitetaan leikkaukselle sauman suunnassa ja seinää vastaan kohtisuorassa suunnassa

$$\gamma_{c,acc} := 1.2$$

$$\phi := 25\text{mm}$$

Onnettomuusrajatilassa tappiliitokselle sallitaan murtorajatilaa suurempia muutoksia. Tappiliitokselle voidaan käyttää alla olevaa kaavaa (betoninormikortti 23 s. 42).

$$V_{Rd} := \frac{1.2 \cdot \phi^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot f_{yk}}}{\gamma_{c,acc}} = 69.9 \cdot \text{kN}$$

yhden tapin leikkauskestävyys

Sauman suunnassa tapeilla ankkuroidaan sisäpuolisen terässiteen voima

$$L_{11} := L_s$$

oletetaan seinän olevan kahden kohtisuoran seinän välissä

$$T_{1,s} := T_1 \cdot \frac{L_s}{L_{11}} = 150 \cdot \text{kN}$$

seinän suuntainen sisäpuolisen sideteräksen vaakavoima

$$n_{sT} := \frac{T_1}{V_{Rd}} = 2.1$$

Seinää vastaan kohtisuora mitoittava vaakavoima, kun koko voima otetaan vastaan vain seinän yläreunassa

$$H := \min\left(20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_s, 150 \text{kN}\right) = 140 \cdot \text{kN}$$

seinäelementin yläpäässä hallittava vaakavoima

$$n_{sH} := \frac{H}{V_{Rd}} = 2$$

$$n_s := \max(n_{sT}, n_{sH}) = 2.1$$

Valinta

tarvittava tappimäärä

$$n_s := \text{ceil}(n_s) = 3$$

$$\phi = 25 \cdot \text{mm}$$

