



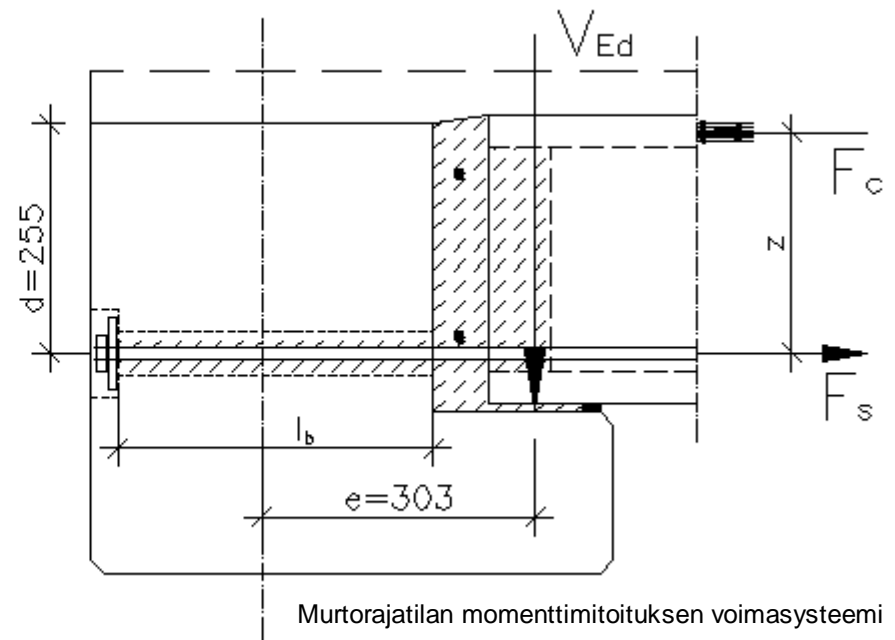
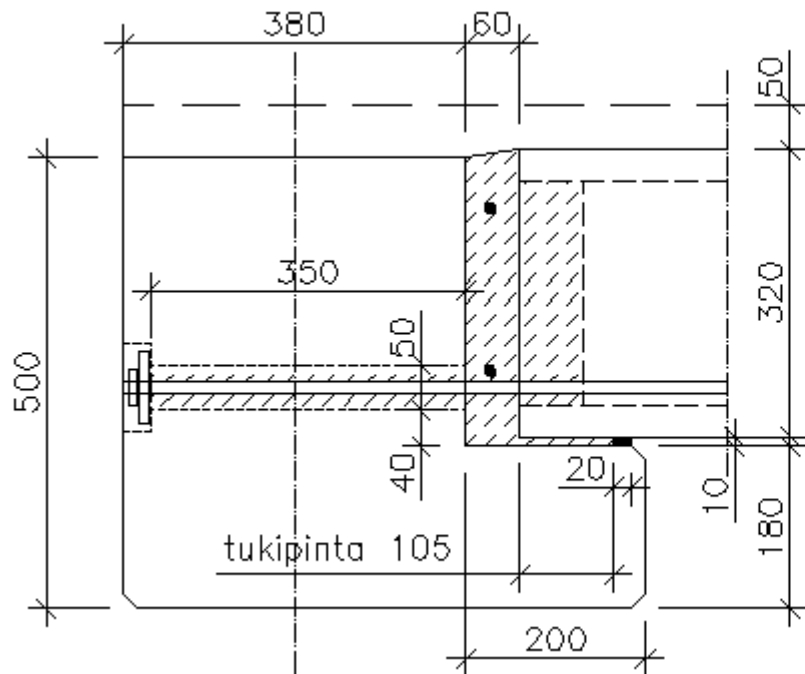
Liitoksen DO306 laskentaesimerkki

Esimerkissä käsitellään tyypillisten elementtien mittojen mukaista liitosta. Alkuperäisen kuvan mukaisen koukkuraidoituksen sijaan käytetään suoraa tankoa. Mitoitustarkasteluissa käsitellään liitoksen sideraudoitusta seuraavissa tapauksissa:

- 1) palkille aiheutuva vääntömomentti ei saa ylittää murtorajatilassa liitoksen taivutuskestävyyttä, ja
- 2) jatkuvan sortuman estämiseksi liitoksen kestävyys varmistetaan rakennuksessa paikallisen vaurion laajenemisen estämisen periaatteella.

Paikallisen vaurion laajeneminen estetään suunnittelemalla elementtien välinen liitos SFS-EN 1991-1-7 liitteen A korvaavan Ympäristöministeriön ohjeen "Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta" mukaisesti.

Liitos ja mitat



$b := 1200\text{mm}$

$L := 8000\text{mm}$

$e := 303\text{mm}$

$d := 255\text{mm}$

laattakaistan leveys

laatan jänneväli

vääntömomentin varreksi oletetaan pystytukireaktion epäkeskisyyden keskeltä

poikkileikkauksen tehollinen korkeus



Kuormat ja kuormien vaikutukset



$$g_{O32} := 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot g = 4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

O32 ontelolaatan paino saumattuna

$$g_{pv} := 50\text{mm} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 1.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

50 mm pintavalu ontelolaatan päällä

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

hyötykuorma

Murtorajatila

Kuormayhdistelyt tehdään EC:n mukaisesti.

$$p_{d1} := 1.15 \cdot (g_{O32} + g_{pv}) + 1.5 \cdot q_k = 9.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

kuormitusyhdistelyt seuraamusluokassa 2

$$p_{d2} := 1.35 \cdot (g_{O32} + g_{pv}) = 7.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_d := \max(p_{d1}, p_{d2}) = 9.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

laatan mitoituskuorma murtorajatilassa

$$V_{Ed} := \frac{p_d \cdot b \cdot L}{2} = 47 \cdot \text{kN}$$

tukireaktion mitoitusarvo

$$T_{Ed} := e \cdot V_{Ed} = 14.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

vääntömomentin mitoitusarvo

Onnettomuusrajatila

Kuormayhdistelyt tehdään EC:n mukaisesti.

$$p_{d,acc} := (g_{O32} + g_{pv}) + q_k = 7.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

viivakuorman mitoitusarvo yhdelle ontelolaatalle onnettomuusrajatilassa

$$V_{Ed,acc} := \frac{p_{d,acc} \cdot b \cdot L}{2} = 37.2 \cdot \text{kN}$$



Materiaalit ja lujuudet



Käytetään juotosbetonina C25/30. Palkin betonin oletetaan olevan vähintään samaa lujuusluokkaa, jolloin juotosbetonin puristuslujuus tulee määrääväksi.

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

betonin lieriölujuus

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

betonin ominaisvetolujuus

Käytetään raudoitusta A500HW

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

raudoituksen myötölujuus



Murtorajatila



Käytetään EC:n ja Suomen NA:n mukaisia murtorajatilan materiaaliosavarmuuskertoimia

$$\gamma_c := 1.5$$

materiaaliosavarmuuskerroin murtorajatilassa

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

puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta riippuvat epäedulliset tekijät huomioon ottava kerroin

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 14.2 \cdot \text{MPa}$$

juotosbetonin mitoituspuristuslujuus

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

vetolujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta riippuvat epäedulliset tekijät huomioon ottava kerroin

$$f_{ctd} := \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 1.2 \cdot \text{MPa}$$

vetolujuuden mitoitusarvo murtorajatilassa

$$\gamma_s := 1.15$$

tangon osavarmuuskerroin murtorajatilassa

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \cdot \text{MPa}$$

raudoituksen mitoituslujuus



Onnettomuusrajatila

$\gamma_{c,acc} := 1.2$	betonin osavarmuuskerroin onnettomuusrajatilassa
$f_{cd,acc} := \frac{f_{ck}}{\gamma_{c,acc}} = 20.8 \cdot \text{MPa}$	betonin puristuslujuuden mitoitusarvo onnettomuusrajatilassa
$f_{ctd,acc} := \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_{c,acc}} = 1.5 \cdot \text{MPa}$	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

Mitoitus**Murtorajatila: väännön tasapainotus liitoksen momenttikestävyydellä**

$\mu := \frac{T_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0.013$	suhteellinen momentti
$\beta := 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 0.013$	tehollisen puristuspuunnan suhteellinen korkeus
$y := \beta \cdot d = 3.3 \cdot \text{mm}$	betonin puristuspuunnan korkeus (näin pieni luku tuskin täysin istuu mitoitusmenetelmän oletuksiin mutta suuren leveyden ansiosta puristuspuuntaa ainakin helposti riittää)
$z := d \cdot \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) = 253 \cdot \text{mm}$	voimaparin momenttivarsi
$F_s := \frac{T_{Ed}}{z} = 56.2 \cdot \text{kN}$	raudoituksessa vähintään vaikuttava voima
$A_{s,min} := \frac{F_s}{f_{yd}} = 129 \cdot \text{mm}^2$	tangon vaadittu poikkileikkausala ja vähimmäishalkaisija
$\phi_{min} := \sqrt{\frac{4 \cdot A_{s,min}}{\pi}} = 13 \cdot \text{mm}$	
valittava $\phi := 16 \text{mm}$	
$A_s := \frac{\pi \phi^2}{4} = 201 \cdot \text{mm}^2$	
$F_s := A_s \cdot f_{yd} = 87.4 \cdot \text{kN}$	valitun raudoituksen mitoituskestävyys

Onnettomuusrajatila: elementin putoaminen ja jatkuvan sortuman estäminen

Elementin putoamisen estäminen	
Ontelolaatta on tuettu leukapalkkien väliin, joten putoaminen voidaan katsoa rakenteellisesti estetyksi. Jos kuitenkin jostain syystä toisen pään liitos mahdollistaisi putoamisen leukapalkilta, voidaan putoamisen estäminen varmistaa seuraavasti.	
$k := 0.5$	tukipintojen kitkavoimien suurin erotus, kun tukipinnalla on kuminen tasauslevy
$F_{d,acc} := \max(k \cdot V_{Ed,acc}, 30 \text{kN}) = 30 \cdot \text{kN}$	liitoksen putoamisen estävä ontelolaatan suuntainen voima
$F_{s,acc} := A_s \cdot f_{yd,acc} = 100.5 \cdot \text{kN}$	
$\frac{F_{d,acc}}{F_{s,acc}} = 29.8 \cdot \%$	sideraudoituksen voima riittää helposti estämään elementin putoamisen
Jatkuvan sortumisen estäminen	
Laatan pituussuuntaisen saumaraudoituksen tulee kestää seuraamusluokassa CC2 seuraavat voimat	
$s_3 := 1200 \text{mm}$	saumaraudoituksen jakoväli on sama kuin ontelolaattojen leveys
$T_3 := \min\left(\max\left(20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot s_3, 70 \text{kN}\right), 150 \text{kN}\right) = 70 \cdot \text{kN}$	
$\frac{T_3}{F_{s,acc}} = 69.6 \cdot \%$	
Murtorajatilatarkastelun mukainen saumaraudoitus on riittävä jatkuvan sortumisen estämiseen.	

Sideteräksen ankkurointi palkin sisään

☐ Oletetaan, että palkin kolon täyttämä juotosbetoni kiilautuu hyvin palkin sisään kolon muodon ansiosta. Tarkastetaan ankkurointipituus sekä murto- että onnettomuusrajatilassa.

$$\eta_1 := 1$$

hyvät tartuntaolosuhteet

$$\eta_2 := 1$$

tangon halkaisijasta riippuva kerroin

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.7 \cdot \text{MPa}$$

murto- ja onnettomuusrajatilan mukaiset tartuntalujuuden mitoitusarvot

$$f_{bd,acc} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd,acc} = 3.4 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{sd} := f_{yd} = 434.8 \cdot \text{MPa}$$

suurin mahdollinen teräsännitys murto- ja onnettomuusrajatiloissa

$$\sigma_{sd,acc} := \frac{T_3}{A_s} = 348.2 \cdot \text{MPa}$$

$$l_{b,rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 644 \cdot \text{mm}$$

murto- ja onnettomuusrajatiloja vastaavat ankkurointipituuden perusarvot

$$l_{b,rqd,acc} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd,acc}}{f_{bd,acc}} = 413 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_1 := 1$$

suora tanko

$$\alpha_2 := 0.7$$

betonipeitettä on runsaasti

$$\alpha_3 := 1$$

ei poikittaista raudoitusta

$$\alpha_4 := 1$$

poikittaispaineen vaikutus ei pienennä ankkurointipituutta betonipeitteen avulla jo saatua hyötyä enempää

$$\alpha_5 := 1$$

$$l_{b,min} := \max(0.3 \cdot l_{b,rqd}, 10 \cdot \phi, 100 \text{mm}) = 193.2 \cdot \text{mm}$$

tarkistetaan ankkurointipituuden vähimmäisarvot

$$l_{b,min,acc} := \max(0.3 \cdot l_{b,rqd,acc}, 10 \cdot \phi, 100 \text{mm}) = 160 \cdot \text{mm}$$

$$l_{bd} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}, l_{b,min}) = 451 \cdot \text{mm}$$

murtorajatilaa vastaava ankkurointipituuden mitoitusarvo on suurempi kuin palkin kolon pituus joten käytetään ankkurikappaletta

$$l_{bd,acc} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd,acc}, l_{b,min,acc}) = 289 \cdot \text{mm}$$

$$l_{bd,tart} := 350 \text{mm}$$

suurin tartuntapituus

$$l_{b,rqd,tart} := \frac{l_{bd,tart}}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5} = 500 \cdot \text{mm}$$

vastaava ankkurointipituuden perusarvo

$$\sigma_{sd,tart} := \frac{l_{b,rqd,tart} \cdot 4 \cdot f_{bd}}{\phi} = 337.5 \cdot \text{MPa}$$

tartuntaa vastaava teräsännitys

$$F_{bd,ankkuri} := (\sigma_{sd} - \sigma_{sd,tart}) \cdot A_s = 19.6 \cdot \text{kN}$$

ankkuroinnilla välitettävä voima

☐

Sideteräksen ankkurointi ontelolaattojen väliseen saumaan



Tarkastetaan ankkurointipituus jälleen sekä murto- että onnettomuusrajatilassa.

Lasketaan tangon vaatima ankkurointipituus saumabetonissa

$$\eta_1 := 0.7$$

huonot tartuntaolosuhteet

$$\eta_2 := 1$$

tangon halkaisijasta riippuva kerroin

Tarkastetaan kumpi teräsjännityksen tapaus tuottaa suuremman ankkurointipituuden perusarvon

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 1.9 \cdot \text{MPa}$$

murto- ja onnettomuusrajatilan mukaiset tartuntalujuudet

$$f_{bd,acc} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd,acc} = 2.4 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{sd} := f_{yd} = 434.8 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{sd,acc} := \frac{T_3}{A_s} = 348.2 \cdot \text{MPa}$$

suurin mahdollinen teräsjännitys murto- ja onnettomuusrajatiloissa

$$l_{b,rqd} := \frac{\phi \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}} = 920 \cdot \text{mm}$$

murto- ja onnettomuusrajatiloja vastaavat ankkurointipituuden perusarvot

$$l_{b,rqd,acc} := \frac{\phi \cdot \sigma_{sd,acc}}{4 \cdot f_{bd,acc}} = 589 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_1 := 1$$

suora tanko

$$\alpha_2 := 1$$

ei oteta huomioon tangon ankkurointia parantavana

$$\alpha_3 := 1$$

ei poikittaista raudoitusta

$$\alpha_4 := 1$$

$$\alpha_5 := 1$$

poikittaispaineen vaikutus ei pienennä ankkurointipituutta

$$l_{b,min} := \max(0.3 \cdot l_{b,rqd}, 10 \cdot \phi, 100 \text{mm}) = 276 \cdot \text{mm}$$

tarkistetaan ankkurointipituuden vähimmäisarvo

$$l_{b,min,acc} := \max(0.3 \cdot l_{b,rqd,acc}, 10 \cdot \phi, 100 \text{mm}) = 177 \cdot \text{mm}$$

$$l_{bd,1} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}, l_{b,min}) = 920 \cdot \text{mm}$$

ankkurointipituuden mitoitusarvo

$$l_{bd,1,acc} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd,acc}, l_{b,min,acc}) = 589 \cdot \text{mm}$$

Tarkastetaan saumabetonin tartunta ontelolaattojen välissä

$$v_{Rdi} := 0.15 \text{MPa}$$

ontelolaatan saumavalun tartuntalujuus

$$h_{ol,tart} := 290 \text{mm}$$

ontelolaatan ja saumavalun välisen pinnan korkeus

$$l_{bd,2} := \frac{F_s}{2v_{Rdi} \cdot h_{ol,tart}} = 1.005 \text{ m}$$

saumabetonin ja ontelolaatan välisen tartunnan edellyttämä ankkurointi

$$l_{bd,2,acc} := \frac{T_3}{2v_{Rdi} \cdot h_{ol,tart}} = 0.805 \text{ m}$$

$$l_{bd,ol} := \max(l_{bd,1}, l_{bd,2}, l_{bd,1,acc}, l_{bd,2,acc}) = 1.005 \text{ m}$$

valitaan ontelolaattojen väliin tarvittava suurin ankkurointipituus



Valinta

$$l_b := 380 \text{mm} + 60 \text{mm} + l_{bd,ol} = 1.445 \text{ m}$$

raudoituksen vähimmäispituus

valitaan T16 L1500, tangon palkkiin tulevassa päässä mutteri ja aluslevy, jotka välittävät voiman

$$F_{bd,ankkuri} = 19.6 \cdot \text{kN}$$