



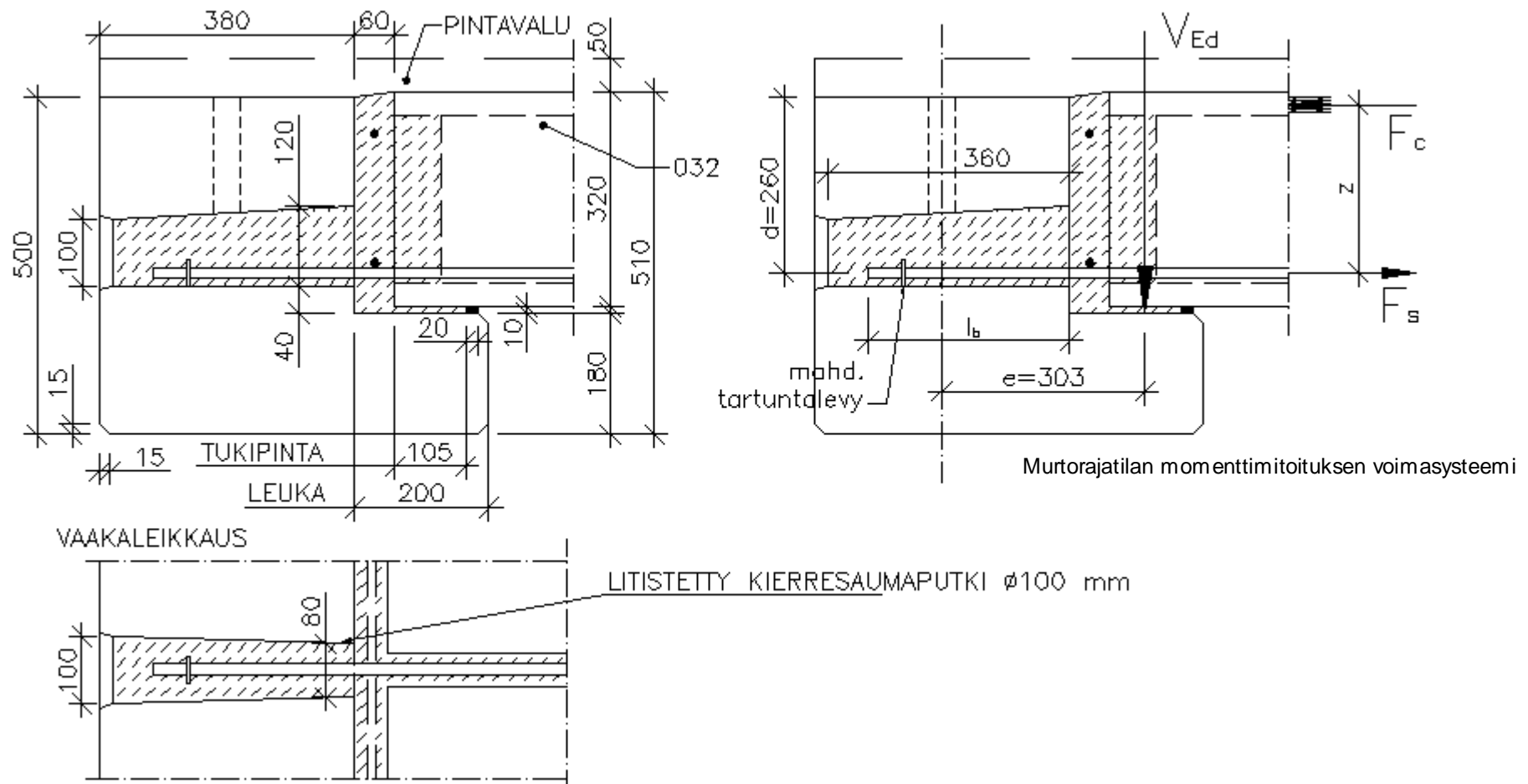
Liitoksen DO305 laskentaesimerkki

Esimerkissä käsitellään tyypillisten elementtien mittojen mukaista liitosta. Alkuperäisen kuvan mukaisen koukkuraidoituksen sijaan käytetään suoraa tankoa. Mitoitustarkastelut koskevat liitoksen sideraidoitusta 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 laajenemisen estetään suunnittelemalla elementtien välinen liitos SFS-EN 1991-1-7 liitteen A korvaavan Ym päristöministeriön ohjeen "Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta" mukaisesti.

Liitos ja mitat



$b := 1200\text{mm}$

laattakaistan leveys

$L := 8000\text{mm}$

laatan jänneväli

$e := 303\text{mm}$

vääntömomentin varreksi oletetaan pystytukireaktion epäkeskisyyden palkkipoikkileikkauksen suorakaideosuuden keskeltä

$d := 260\text{mm}$

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 seuraamuluokassa 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 materiaaliosavarmuuskerroimia

$$\gamma_c := 1.5$$

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: vääntömomentin mitoitusarvo ei saa ylittää liitoksen taivutuskestävyyttä**

$\mu := \frac{T_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0.012$	suhteellinen momentti
$\beta := 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 0.012$	tehollisen puristuspuunnan suhteellinen korkeus
$y := \beta \cdot d = 3.2 \cdot \text{mm}$	betonin puristuspuunnan korkeus (näin pieni luku tuskin täysin istuu mitoitusmenetelmän oletuksiin mutta suuren leveyden ansiosta puristuspuuntaa ainakin helposti riittää)
$z := d \cdot \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) = 258 \cdot \text{mm}$	voimapuunnan momenttivarsi
$F_s := \frac{T_{Ed}}{z} = 55.1 \cdot \text{kN}$	raudoituksessa vähintään vaikuttava voima
$A_{s,min} := \frac{F_s}{f_{yd}} = 127 \cdot \text{mm}^2$	valittava
$\phi_{min} := \sqrt{\frac{4 \cdot A_{s,min}}{\pi}} = 13 \cdot \text{mm}$	tangon vaadittu poikkileikkausala ja vähimmäishalkaisija
$\phi := 16 \text{mm}$	
$A_s := \frac{\pi \phi^2}{4} = 201 \cdot \text{mm}^2$	
$F_s := A_s \cdot f_{yd} = 87.4 \cdot \text{kN}$	valitun raudoituksen mitoituskestävyys

Onnettomuusrajatila: elementin putoamisen ja jatkuvan sortuman estäminen

Elementin putoamisen estäminen	
Ontelolaatta on tuettu leukapalkkien väliin, joten putoaminen voidaan katsoa rakenteellisesti estetyksi. Jos kuitenkin jostain syystä toisen puun 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 seuraamuluokassa 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. Tarkistetaan ankkurointipituus sekä murtorajatilassa 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

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

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

mitoitavien rajatilojen mukaisten kuormitusten mukaiset suurimmat mahdolliset teräsännitykset

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

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

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

$$\alpha_5 := 1$$

ankkurointipituuden vähimmäisarvo

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

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

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

murtorajatilaa vastaava ankkurointipituuden mitoitusarvo on suurempi kuin palkin kolon pituus joten on käytettävä ankkurointia parantavaa tartuntalevyä

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

Lisätään tankoon pyöreä tartuntalevy ja vähennetään tartunnalla siirrettävästä voimasta tästä aiheutuvan paikallisen puristuksen kestävyden mukainen osuus.

$$d_{tl} := 40 \text{mm}$$

tartuntalevyn halkaisija

$$A_{c0} := \frac{\pi}{4} (d_{tl}^2 - \phi^2) = 1056 \cdot \text{mm}^2$$

raudoituksen suuntaa vastaan kohtisuora tartuntalevyn pinta-ala juotosbetonissa

$$A_{c1} := \frac{1}{2} \frac{\pi}{4} [(3d_{tl})^2 - \phi^2] = 5554 \cdot \text{mm}^2$$

suurin pinta-ala jolle puristus voi juotosbetonissa jakaantua (puolikas koska raudoitus on kolon alareunassa)

$$h := (3d_{tl} - d_{tl}) = 80 \cdot \text{mm}$$

paikallisen puristuksen mitoitusalueen minimikorkeus, mahtuu palkin kolon

$$F_{Rdu,tl} := \min \left(A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}}, 3 \cdot A_{c0} \cdot f_{cd} \right) = 34.3 \cdot \text{kN}$$

SFS-EN 1992 mukainen maksimi paikallisen puristuksen kestävä voima murto- ja onnettomuusrajatilassa

$$F_{Rdu,tl,acc} := \min \left(A_{c0} \cdot f_{cd,acc} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}}, 3 \cdot A_{c0} \cdot f_{cd,acc} \right) = 50.4 \cdot \text{kN}$$

$$F_b := F_s - F_{Rdu,tl} = 53.1 \cdot \text{kN}$$

raudoituksen ja betonin välisellä tartunnalla välitettävät voimat

$$F_{b,acc} := T_3 - F_{Rdu,tl,acc} = 19.6 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{sd} := \frac{F_b}{A_s} = 264.2 \cdot \text{MPa}$$

tartuntavoimaa vastaavat teräsännitykset

$$\sigma_{sd,acc} := \frac{F_{b,acc}}{A_s} = 97.3 \cdot \text{MPa}$$

$$l_{b,rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 391 \cdot \text{mm}$$

ankkurointipituuden perusarvot

$$l_{b,rqd,acc} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd,acc}}{f_{bd,acc}} = 115 \cdot \text{mm}$$

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

tarkistetaan ankkurointipituuden vähimmäisarvot

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

$$l_{bd} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}, l_{b,min}) = 274 \cdot \text{mm}$$

ankkurointipituuden mitoitusarvot

$$l_{bd,acc} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd,acc}, l_{b,min,acc}) = 160 \cdot \text{mm}$$

$$l_{bd,p} := \max(l_{bd}, l_{bd,acc}) = 274 \cdot \text{mm}$$

vaadittu ankkurointipituus, kun käytetään ankkurointia parantavaa teräslevyä



Sideteräksen ankkurointi ontelolaattojen väliseen saumaan

<input type="checkbox"/> 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
$f_{bd,acc} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd,acc} = 2.4 \cdot \text{MPa}$	
$\sigma_{sd} := f_{yd} = 434.8 \cdot \text{MPa}$	mitoitettavien rajatilojen mukaisen kuormituksen mukaiset suurimmat mahdolliset teräsjännitykset
$\sigma_{sd,acc} := \frac{T_3}{A_s} = 348.2 \cdot \text{MPa}$	
$l_{b,rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 920 \cdot \text{mm}$	murto- ja onnettomuusrajatiloja vastaavat ankkurointipituuden perusarvot
$l_{b,rqd,acc} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd,acc}}{f_{bd,acc}} = 589 \cdot \text{mm}$	
$\alpha_1 := 1$	suora tanko
$\alpha_2 := 1$	betonipeitettä ei oteta huomioon tangon ankkurointia parantavana
$\alpha_3 := 1$	ei poikittaista raudoitusta
$\alpha_4 := 1$	poikittaispaineen vaikutus ei pienennä ankkurointipituutta
$\alpha_5 := 1$	
$l_{b,min} := \max(0.3 \cdot l_{b,rqd}, 10 \cdot \phi, 100 \text{mm}) = 276 \cdot \text{mm}$	tarkistetaan ankkurointipituuden vähimmäisarvot
$l_{b,min,acc} := \max(0.3 \cdot l_{b,rqd,acc}, 10 \cdot \phi, 100 \text{mm}) = 176.8 \cdot \text{mm}$	
$l_{bd,1} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}, l_{b,min}) = 920 \cdot \text{mm}$	ankkurointipituuden mitoitusarvot
$l_{bd,1,acc} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd,acc}, l_{b,min,acc}) = 589 \cdot \text{mm}$	
Tarkastetaan saumabetonin tartunta ontelolaattojen välissä	
$v_{Rdi} := 0.15 \text{MPa}$	ontelolaatan saumavalun tartuntalujuus ontelolaatan reunoihin
$h_{ol,tart} := 290 \text{mm}$	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 edellyttämät ankkurointipituudet
$l_{bd,2,acc} := \frac{T_3}{2v_{Rdi} \cdot h_{ol,tart}} = 0.805 \text{m}$	
$l_{bd,ol} := \max(l_{bd,1}, l_{bd,2}, l_{bd,1,acc}, l_{bd,2,acc}) = 1.005 \text{m}$	valitaan ontelolaattojen väliin tarvittava suurin ankkurointipituus

<input type="checkbox"/>	
Valinta	
$l_b := l_{bd,p} + 60 \text{mm} + l_{bd,ol} = 1.339 \text{m}$	raudoituksen vähimmäispituus
	valitaan T16 L1400, tangon palkkiin tulevaan päähän hitsataan 40 mm halkaisijaltaan (6 mm paksu riittänee) oleva tartuntalevy ensimmäisen sivun kuvien mukaisesti
	teräs pujotetaan vähintään 220 mm palkin sisään