

ONTELOLAATTA - SEINÄLIITOS

Eurokoodi 1992-1-1

1. Normikortin soveltamisalue

Tämä normikortti käsittelee raskaasti kuormitettujen (tyypillisesti yli 8-kerroksisten rakennusten) kantavien seinien ja ontelolaattojen muodostamaa liitosta, kuva 1. Normikortti käsittelee pelkästään liitoksen kantavuutta eikä ota kantaa esimerkiksi ääneneristävyyteen. Normikortin mukainen laskentamenetelmä soveltuu tapauksiin, joissa ontelolaatan paksuus on välillä 200 ... 400 mm. Laatan pään ylänurkka voi olla kuvan 3 mukaisesti lovettu.

EN 1992-1-1:n kansallisen liitteen kohdan A.2.1 mukaisia materiaalin osavarmuusluvun vähennyksiä ei saa tehdä liitoksen mitoituksessa. Liitoksen kestävyys on herkkä pienillekin tukipituuden muutoksille, tukipinnan (seinän) valmistusvirheille ja saumavalujen onnistumiselle.

Ontelolaatat suunnitellaan, valmistetaan ja asennetaan voimassaolevien standardien SFS-EN 1168, SFS 7016 ja SFS-EN 13670 mukaan.

Tämän ohjeen mukaisissa liitoksissa voidaan raudoituksena käyttää harjatankoja, jotka täyttävät standardien SFS 1215 tai SFS 1268 vaatimukset. Näitä ovat esim. harjatangot A500HW ja B500B.

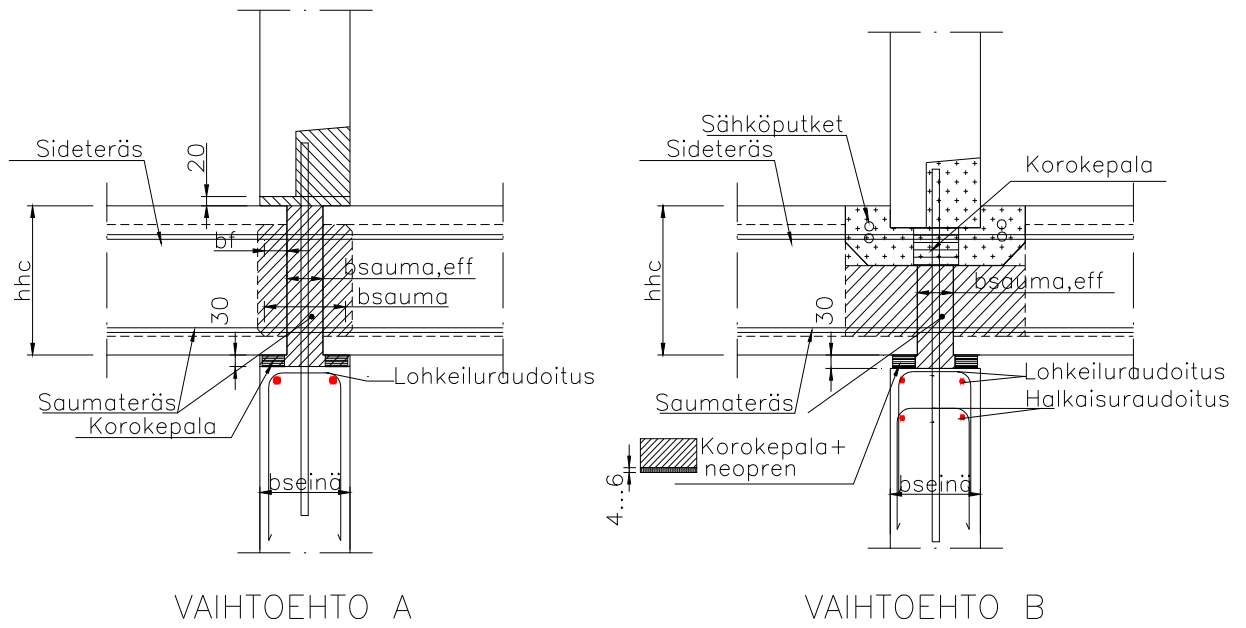
2. Rakenne

Liitos muodostuu ylä- ja alapuolisesta kantavasta betoniseinästä, joiden väliin ontelolaatat tukeutuvat. Laattojen päiden väli on valettu umpeen siten, että juotosbetoni tunkeutuu onteloihin vähintään 50... 60 mm:n matkalta.

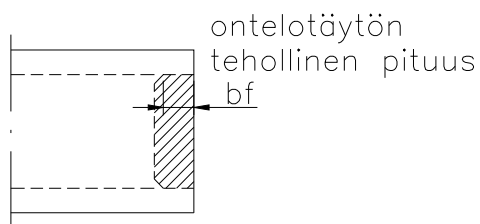
Ontelolaatta asennetaan alemman seinän päälle korokepalojen varaan, kts. kuva 1. Vaihtoehdossa A ylempi seinäelementti asennetaan ontelolaatan varaan. Vaihtoehdossa B, laatan pään ollessa lovettu, ylempi seinäelementti asennetaan laattojen välisen saumavalun päälle asennettujen korokepalojen varaan.

Saumateräkset tulevat liitoksen läpi seinän suunnassa sekä kohtisuoraan seinään nähden ontelolaattojen välisestä saumasta.

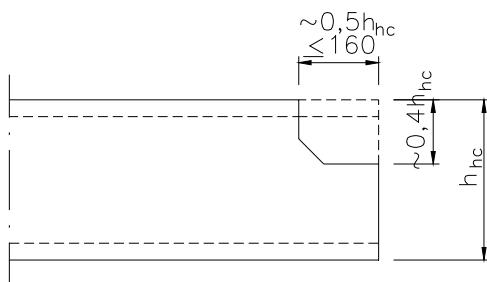
Saumavalun viisteetön eli tehollinen pituus b_f mitataan kuvan 2 mukaisesti.



Kuva 1. Liitoksen rakenne



Kuva 2. Ontelotäytön tehollinen pituus



Kuva 3. Ontelolaatan pään loveus vaihtoehdossa B

3. Liitoksen mitoitus

Luvussa 3 esitetyt mitoituskaavat on varmennettu 1,2 m leveille ristiliitoksille tehdyillä täyden mittakaavan kokeilla [11, 12].

3.1 Normaalivoimakapasiteetti

Liitoksen kantokyky pystykuormalle lasketaan kaavasta:

$$N_{Rd} = k \cdot \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_{c,liitos}} \cdot b_j \cdot L_j \quad (1)$$

missä

$$f_{ck} = \min \{ f_{ck,sauma}; f_{ck,seinä} \}$$

α_{cc} on kerroin, jonka avulla otetaan huomioon puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta aiheutuvat epäedulliset tekijät

$$\alpha_{cc} = 0,85$$

$\gamma_{c,liitos}$ ottaa huomioon murtotavan haurauden, liitoksen toimintatapaan liittyvän epävarmuuden sekä sen, että liitos on kriittinen koko rakennuksen sortumisen kannalta

$$\gamma_{c,liitos} = 1,6 \text{ kun toteutusluokka on 3 ja toleranssiluokka on 2}$$

$$\gamma_{c,liitos} = 1,8 \text{ muulloin}$$

L_j on sauman pituus seinän suunnassa

b_j on sauman tehollinen leveys, joka riippuu ontelolaatan pää muodosta

Vaihtoehto A, ontelolaatan pää pystysuora ja loveamaton:

$$k = 0,5$$

$$b_j = \min \{ b_{sauma}, b_{seinä} \}$$

Vaihtoehto B, ontelolaatan päässä kuvan 3 mukainen loveus:

$$k = 0,6$$

$$b_j = b_{seinä}$$

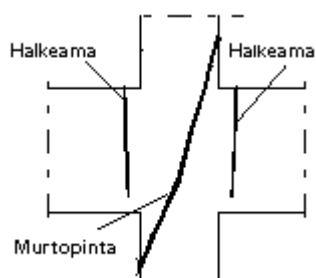
b_{sauma} on laattojen välisen saumavalun sekä onteloihin tunkeutuneen saumavalun kokonaisleveys, kuva 1, vaihtoehto A

$b_{seinä}$ on alapuolisen seinän leveys

3.2 Ontelolaatan leikkauskestävyys

Liitoksessa ontelolaatan pään kiertymä on osittain estetty, jolloin laatan päähän syntyy negatiivista momenttia, joka voi aiheuttaa laatan päähän kuvan 4 mukaisia halkeamia. Erityisesti liitoksen ulkopuolella laatan alareunaan ulottuva

pystyhalkeama pienentää laatan leikkauskestävyyttä. Ontelolaatan leikkauskestävyys on kriittinen erityisesti liitoksen pystykuorman ollessa suuri. Liitoksen pystykuorman ollessa pieni ei liitoksen leikkauskestävyys yleensä ole kriittinen.



Kuva 4. Liitoksen murtokuvio

Ontelolaatan tukireaktio ei saa ylittää sen leikkauskestävyyttä seinän viereen ajatellussa pystyhalkeamassa. Ontelolaatan leikkauskestävyys V_{Rd} yhtä laatan leveyttä kohden tässä kohdassa lasketaan kaavasta:

$$V_{Rd1} = 0,3 \cdot k \cdot (1 + 50 \cdot \rho) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d + \beta_1 \cdot A_p \cdot \frac{F_{bpd}}{F_{pd}} \cdot f_{pd} \quad (2)$$

tai kaavasta

$$V_{Rd2} = \mu \cdot \left(A_s \cdot f_{yd} + \frac{x_1}{\ell_{pt2}} \cdot P_\infty \right) \quad (3)$$

sen mukaan kumpi antaa pienemmän tuloksen.. Näissä kaavoissa

$$k = 1,6 - d/(1 \text{ m})$$

d on rakenteen tehollinen korkeus, tässä tapauksessa laattojen suuntaisten, saumavaluun sijoitettujen, täydelle myötövoimalle ankkuroitujen harjatankojen (sideraudoitus) etäisyys laatan alapinnasta

ρ on suhteellinen teräsmäärä

$$\rho = \min \left\{ \frac{A_s}{b_w d}; 0,02 \right\}$$

b_w on ontelolaatan uumakannasten kapeimmalta kohdalta mitattujen leveyksien summa

A_s on em. sideraudoituksen poikkileikkausala yhtä laatan leveyttä kohti

f_{ctd} on ontelolaatan betonin vetolujuuden mitoitusarvo $= f_{ctk,0,05}/1,5$ (varmuuslukua 1,5 käytetään liitoksen valmistukseen liittyvien epävarmuustekijöiden takia)

$$\beta_1 = 0,9$$

A_p on laatan alareunan punosten yhteenlaskettu poikkileikkausala

F_{bpd} on alareunan punosten ankkurointivoima etäisyydellä x_1 laatan päästä

x_1 on matka laatan päästä seinän ulkopintaan vähennettynä mahdollisen viiستن vaakamitalla

F_{pd}	on punosten myötövoiman mitoitusarvo $F_{pd} = A_p \cdot f_{pd}$
f_{pd}	on punosten lujuuden mitoitusarvo
μ	on kitkakerroin $\mu = 0,8$
f_{yd}	on betoniteräksen myötölujuuden mitoitusarvo
l_{pt2}	on jännevoiman kehittymismatka, lasketaan EN 1992-1-1 kohdan 8.10.2.2 mukaan.
P_{∞}	on laatan alareunan punosten esijännitysvoima jännityshäviöiden jälkeen jännevoiman varmuuskertoimella $\gamma_p = 0,9$ kerrottuna

Kaavoissa (2) ja (3) A_s :n arvoon laskettavan sideraudoituksen tulee olla laatan korkeuden puolivälissä tai sen yläpuolella. Sen määrä ei saa ylittää arvoa A_{smax} , joka lasketaan kaavasta

$$A_{smax} = \left[\frac{f_{ctk,0,05} - (\sigma_{cp} + \sigma_{cg})}{d \cdot f_{yk}} \right] \cdot W_y \quad (4)$$

missä

$f_{ctk,0,05}$	on saumabetonin vetolujuuden ominaisarvo
σ_{cp}	on täysin kehittyneen esijännitysvoiman ominaisarvosta n. 6 kk:n iässä laatan yläpintaan aiheutuva jännitys
σ_{cg}	on saumatun laatan oman painon ominaisarvosta etäisyydellä $0,5 l_{pt2}$ laatan päästä aiheutuva jännitys (<0)
W_y	on ontelolaatan taivutusvastus yläreunan suhteen
f_{yk}	on betoniteräksen myötölujuuden ominaisarvo

A_{smax} :n määrästä riippumatta jokaisessa saumassa laatan korkeuden puolivälissä tai sen yläpuolella on oltava vähintään harjatanko $1 \phi 8$.

Jos EN 1992-1-1 kohdan 9.10.2.3 tai EN 1991-1-7 kansallisen liitteen liitteen ”Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta” mukaan vaadittava saumaraudoituksen määrä on suurempi kuin kaavan (4) mukainen A_{smax} , sijoitetaan osa vaadittavasta sauma-raudoituksesta lähelle laatan alapintaa.

Jos ontelolaatan pää lovetaan, lovi saa ulottua enintään 60 mm ja tehokas onteloiden täyttövalu enintään 80 mm seinän ulkopuolelle. Loveamattomassa laatussa tehokas täyttövalu ei saa ulottua seinän ulkopuolelle.

3.3 Alapuolisen seinän halkaisuraudoitus

Alapuolisen elementin yläreunassa tulee olla liitoksessa vaikuttavalle pystykuormalle N_{Ed} mitoitettu halkaisuraudoitus. Halkaisuraudoituksen ottaman voiman tulee olla vähintään:

$$F_{Rd} = 0,25 \cdot N_{Ed} \cdot \left(1 - \frac{b_o}{b_{seinä}} \right) \quad (5)$$

missä

$$\begin{aligned} b_o &= b_{sauma} \text{ vaihtoehdossa A, kun ontelolaatan pää on loveamaton} \\ &= b_{sauma,eff} \text{ vaihtoehdossa B, kun ontelolaatan pää on lovettu ja} \\ &\quad \text{laatan tukipinnan ja seinän välissä on neopreeninauha} \\ b_{sauma,eff} &= \text{ontelolaattojen päiden väliin jäävä saumavalun leveys, vrt.} \\ &\quad \text{kuva 1} \end{aligned}$$

Alapuolisen seinän ylänurkan lohkeamisen estämiseksi on seinän yläreunassa oltava lenkki- tai hakaraudoitus, jonka kestävyys on vähintään

$$F_{Rd} = \max \{k_s \cdot N_{Ed}; 100 \text{ kN}\} \quad (6)$$

missä

$$\begin{aligned} k_s &= 0,07 \text{ vaihtoehdossa A, kun ontelolaatan pää on loveamaton} \\ &= 0,14 \text{ vaihtoehdossa B, kun ontelolaatan pää on lovettu} \end{aligned}$$

4. Rakenteelliset ohjeet

4.1 Minimimitat

Liitoksen ylä- ja alapuolisen seinän paksuuden $b_{seinä}$ tulee olla vähintään 180 mm. Ontelolaattojen päiden väliin jäävän saumavalun leveyden $b_{sauma,eff}$ tulee olla vähintään 50 mm.

Ontelolaatan tukipinnan pituuden tulee olla asentamisen jälkeen vähintään 40 mm (laatan korkeus ≤ 370 mm) tai 60 mm (laatan korkeus 400 mm).

Saumavalun viisteettömän eli tehollisen pituuden ontelossa laatan päästä lukien on oltava vähintään 50 mm (kuva 2).

Ontelolaatan alapuolisen sauman paksuuden tulee asennuksen jälkeen olla vähintään 20 mm korkea sauman kunnollisen täyttymisen varmistamiseksi.

Vaihtoehdossa A ontelolaatan yläpuolisen saumavalun tulee olla vähintään 20 mm korkea.

4.2 Saumaraudoitus

Ontelolaattojen pituussuuntaisissa saumoissa tulee olla EN 1992-1-1:n kohdan 9.10.2.3 ja EN 1992-1-1:n kansallisen liitteen sekä EN 1991-1-7:n kansallisen liitteen ”Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta” mukainen raudoitus, kuitenkin vähintään tukireaktion ominaisarvoa vastaava raudoitus. EN 1992-1-1 kohdan 9.10.2.3 mukaista raudoitusta voidaan käyttää kohdassa 3.2 vaadittuna sideraudoituksena, koska määrittelemättömän paikallisen vaurion ei odoteta esiintyvän samanaikaisesti koko rakennusta tai koko välipohjaa mitoittavan kuormitusyhdistelmän kanssa.

Saumaan sijoitettavan seinän pituussuuntaisen raudoituksen tulee täyttää EN 1992-1-1 kohdan 9.10.2.3 vaatimukset.

4.3 Liitoksen ylä- ja alapuolisen seinän raudoitus

Alapuolisen seinän yläreunassa on oltava molemmissa nurkissa vaakasuuntainen harjatanko, jonka pinta-ala on vähintään 200 mm^2 (esim. 1 ϕ 16) sekä nurkkaterästen ympäri kiertävät lenkit, joiden määrä on vähintään $250 \text{ mm}^2/\text{m}$ (esim. harjatanko ϕ 8 k 200).

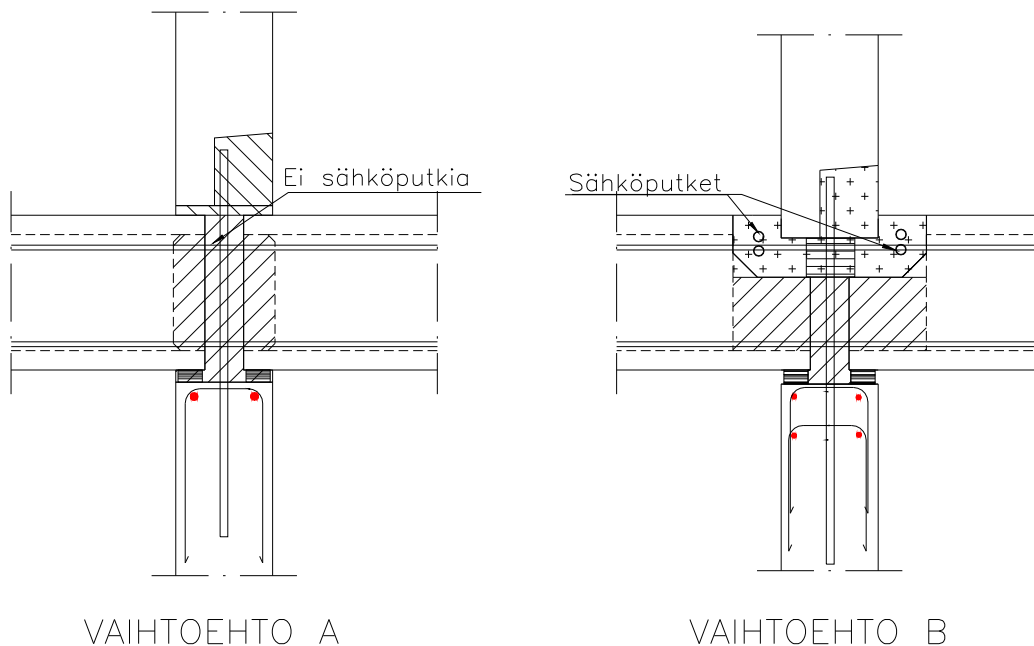
Kuvassa 1 on esitetty alapuolisen seinän yläreunan raudoitus.

Alapuolisen seinän ja ontelolaataston välisen liitoksen tulee täyttää EN 1992-1-1 kohtien 9.10.2.4 ja 9.10.2.5 sekä EN 1991-1-7 kansallisen liitteen liitteen ”Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta” vaatimukset.

Yläpuolisen seinän alareunassa on oltava lohkeiluraudoitus EN 1992-1-1 kohdan 10.9.2. mukaisesti.

4.4 Sähköputket

Vaihtoehdossa A liitoksen alueelle ei saa sijoittaa sähköputkia. Vaihtoehdossa B (laatan pää lovettu) sähköputkia saa olla korkeintaan 2 ϕ 20 laatan molemmissa loveuksissa. Sähköputkia ei saa asentaa yläpuolisen seinän alle.



Kuva 5. Sähköputkien sijoittelu liitoksessa

4.5 Betonin lujuus

Ylä- ja alapuolisen seinän vähimmäislujuuden on oltava vähintään C25/30. Saumabetonin vähimmäislujuus on C25/30.

Saumabetonin lujuuden on oltava vähintään 85 % alemman seinän betonin lujuudesta.

4.6 Neopreeni

Vaihtoehdossa B käytettävän neopreeninauhan paksuus on oltava 4...6 mm, kovuus 60 shore.

5. Työnsuoritus

Ontelolaatan päähän tuleva loveus ei saa olla terävänurkkainen, vrt. kuva 3. Loveuksen syvyys ei saa olla suurempi kuin puolet laatan korkeudesta. Loveusta tehtäessä on varmistuttava siitä, että mahdollinen sahaus ei ulotu suunnitellun loveuksen ulkopuolelle.

Ontelolaatan nimellisen tukipituuden 200...370 mm korkeille laatoille on oltava vähintään 60 mm ja 400 mm korkeille laatoille vähintään 100 mm. Laattojen asennuksen jälkeen tukipintojen tulee olla vähintään kohdassa 4.1 esitettyjen minimiarvojen mukaiset.

Vaihtoehdossa B (ontelolaatan päässä loveus, kuva 3) saumavalu tehdään kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen valu tehdään ontelolaattojen asennuksen yhteydessä ja jätetään noin 50 mm vajaaksi. Ylemmän seinän asennuspalat asennetaan tämän valun päälle ja loppuosa saumasta täytetään seinien asennuksen jälkeen.

Saumavalut, ontelotäytöt sekä muut jälkivalut ja niiden tiivistys on tehtävä huolella. Ennen valutyötä on varmistuttava siitä, että betonipinnat ovat puhtaita roskista, lumesta ja jäästä sekä muista epäpuhtauksista. Vaihtoehdossa A (kuva 3) liitoksen valu on suoritettava painelaatikon avulla raskaasti kuormitetuissa saumoissa, joissa pystykuorman käyttöaste N_{Ed}/N_{Rd} on $\geq 0,75$. Muissa tapauksissa sauman täyttymisestä voidaan varmistua myös muulla tavoin. Juotoksen tulee täyttää myös laatan ja alapuolisen seinän väli.

Talviolosuhteissa valettaessa on huolehdittava, että sekä liitosmassalla että elementeillä on riittävä lämpötila saumavalun ja sen kovettumisen aikana. Saumaustyön lämmitys tulee esittää betonityösuunnitelmassa.

Saumabetonin suositeltava maksimiraekoko on 8 mm.

6. Esimerkki

Tarkastellaan 12-kerroksisen asuinrakennuksen alimmassa kerroksessa olevaa seinäliitosta.

Liitoksen yläpuolisen seinän kuormituksena on yläpohjalta ja 10:ltä välipohjalta tuleva kuormitus. Liitoksen alapuoliselle seinälle tulee lisäksi 1. kerroksen katolta tuleva kuormitus.

LÄHTÖTIEDOT

Geometria

Seinien keskeltä keskelle väli	k/k	8,4 m
Ontelolaatan pituus seinän molemmin puolin	$L_{laatta} =$	8,32 m
Ontelolaatan korkeus	$h_{laatta} =$	320 mm
Seinäelementtien paksuus kaikissa kerroksissa	$b_{seinä} =$	200 mm
Kerroskorkeus	$h =$	3,0 m
Ontelolaatan tukipinta	$l_{tukipinta}$	60 mm
Tehollinen sauman leveys	$b_{sauma,eff} =$	80 mm
Liitoksen pituus	$L_j =$	1,0 m
Saumavalu tunkeutuu onteloon	$b_f =$	50 mm

Ontelolaatta

Punosmäärä	5 ϕ	12,5 mm
Punoksen poikkipinta-ala	$A_{p1} =$	93 mm ²
Punosten alkujännitys	$\sigma_{p0} =$	1000 MPa
Jännevoima häviöiden jälkeen	$\sigma_{p4} =$	800 MPa
Palonkestovaatimus REI 120		
→ punosten etäisyys laatan alapinnasta	$a =$	55 mm
Ontelolaatan poikkileikkausala	$A =$	0,186676 m ²
Taivutusvastus yläreunan suhteen	$W_y =$	0,014959 m ³
Painopisteen etäisyys alareunasta	$p =$	158,7 mm
Uumakannasten yhteenlaskettu leveys ilman saumavalua	$b_w =$	278 mm

Materiaalitiedot

Seinäelementin lujuus C30/37, raudoitettu rakenne	$f_{ck,seinä} =$	30 MPa
Saumabetonin lujuus C25/30	$f_{ck,sauma} =$	25 MPa
Ontelolaatan betonin lujuus C50/60	$f_{ck,laatta} =$	50 MPa
Ontelolaatan betonin vetolujuuden keskiarvo	$f_{ctm,laatta} =$	4,1 MPa
Ontelolaatan betonin vetolujuuden ominaisarvo	$f_{ctk,0,05;laatta} =$	2,9 MPa
Betonin osavarmuusluku	$\gamma_C =$	1,5
	$\alpha_{cc} =$	0,85
Ontelolaatan betonin vetolujuuden mitoitusarvo	$f_{ctd,laatta} =$	1,9 MPa
Betonin kimmomoduuli	$E_{cm} =$	37000 MPa
Teräksen myötörajan ominaisarvo	$f_{yk} =$	500 MPa
Teräksen osavarmuusluku	$\gamma_S =$	1,15
Teräksen myötörajan mitoitusarvo	$f_{yd} =$	435 MPa
Jänneteräs 1630/1860	$f_{pk} =$	1630 MPa
Punoksen osavarmuusluku	$\gamma_S =$	1,15
Punoksen myötörajan mitoitusarvo	$f_{pb} =$	1417 MPa
Punoksen kimmomoduuli	$E_s =$	190000 MPa
Kerroin jännevoiman siirtonopeudesta	$\alpha_1 =$	1,25
Kerroin punoksen poikkileikkauksen muodosta	$\alpha_2 =$	0,19
Kerroin punoksen pinnan muodosta	$\eta_{p1} =$	3,2
Kerroin punoksen pinnan muodosta	$\eta_{p2} =$	1,2
Kerroin tartuntaolosuhteista	$\eta_1 =$	1,0

Kuormat

Ontelolaatan paino saumattuna	$g_{k,laatta} =$	4,0 kN/m ²
Yläpohjan kuormitus, eristeet	$g_{k,eristeet} =$	1,5 kN/m ²
Lumikuorma	$q_{k,lumi} =$	2,0 kN/m ²
Väliseinäelementin paino	$N_{gk,väliseinä} =$	13,4 kN/m
Liitoksen saumavalujen paino	$N_{gk,sauma} =$	1,3 kN/m
Pintarakenteet	$g_{k,pintarakenteet} =$	1,0 kN/m ²
Kiinteät, ei-siirrettävät väliseinät	$g_{k,kiinteätväliseinät} =$	0,5 kN/m ²
Hyötykuorma	$q_k =$	2,0 kN/m ²

KUORMAT**Kertoimet**

Pysyvien kuormien osavarmuusluku	$\gamma_G =$	1,15
Pysyvien kuormien osavarmuusluku	$\gamma_G =$	1,35
Hyötykuormien osavarmuusluku	$\gamma_Q =$	1,5
Kerroin Ψ	$\Psi_0 =$	0,7
Kuormakerroin	$K_{FI} =$	1,1
Liitoksen yläpuolella olevien kantavien kerrosten lukumäärä	$n =$	12
Kokonaishyötykuorman pienennyskerroin	$\alpha_n =$	0,75

EN 1990 kansallisen liitteen taulukosta A1.2(B) (FI) valitaan määräävä kuormitusyhdistelmä:

OMAPAINO + HYÖTYKUORMAT

$$1,15 K_{FI} G_{k,j,sup} + 1,5 K_{FI} Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} \sum \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Liitoksen kohdistuvat kuormat	$N_{d,liitos}$	1070,3	kN/m
Yläpohjalta	$N_{d,yläpohja} =$	77,4	kN/m
Ontelolaatan paino saumattuna	$G_{d,laatta} =$	42,1	kN/m
Yläpohjan kuormitus, eristeet	$G_{d,eristeet} =$	15,9	kN/m
Lumikuorma	$Q_{d,lumi} =$	19,4	kN/m
Yhdeltä välitasolta, yht. 10 kpl	$N_{d,välitaso+kuormat} =$	97,4	kN/m
Ontelolaatan paino saumattuna	$G_{d,laatta} =$	42,1	kN/m
Väliseinäelementin paino	$G_{d,väliseinä} =$	17,0	kN/m
Liitoksen saumavalujen paino	$G_{d,sauma} =$	1,6	kN/m
Pintarakenteet	$G_{d,pintarakenteet} =$	10,6	kN/m
Kiinteät, ei-siirrettävät väliseinät	$G_{d,väliseinät} =$	5,3	kN/m
Hyötykuorma	$Q_{d,hyöty} =$	20,8	kN/m
Yhdeltä välitasolta, 1 kpl	$N_{d,välitaso} =$	18,6	kN/m
Väliseinäelementin paino	$G_{d,väliseinä} =$	17,0	kN/m
Liitoksen saumavalujen paino	$G_{d,sauma} =$	1,6	kN/m
Liitoksen alapuoliseen seinään kohdistuvat kuormat	$N_{d,alap.seinä} =$	1149,1	kN/m
Ontelolaatan paino saumattuna	$G_{d,laatta} =$	42,1	kN/m
Pintarakenteet	$G_{d,pintarakenteet} =$	10,6	kN/m
Kiinteät, ei-siirrettävät väliseinät	$G_{d,väliseinät} =$	5,3	kN/m
Hyötykuorma	$Q_{d,hyöty} =$	20,8	kN/m

PELKÄSTÄÄN OMAPAINO

$$1,35 K_{FI} G_{kj,sup}$$

Liitoksen kohdistuvat kuormat**Yläpohjalta**

Ontelolaatan paino saumattuna

Yläpohjan kuormitus, eristeet

Yhdeltä välitasolta, yht. 10 kpl

Ontelolaatan paino saumattuna

Väliseinäelementin paino

Liitoksen saumavalujen paino

Pintarakenteet

Kiinteät, ei-siirrettävät väliseinät

Yhdeltä välitasolta, 1 kpl

Väliseinäelementin paino

Liitoksen saumavalujen paino

Liitoksen alapuoliseen seinään kohdistuvat kuormat

Ontelolaatan paino saumattuna

Pintarakenteet

Kiinteät, ei-siirrettävät väliseinät

VALITAAN

$N_{d,liitos}$	=	989,6	kN/m
$N_{d,yläpohja}$	=	68,1	kN/m
$G_{d,laatta}$	=	49,4	kN/m
$G_{d,eristeet}$	=	18,7	kN/m
$N_{d,välitaso+kuormat}$	=	90,0	kN/m
$G_{d,laatta}$	=	49,4	kN/m
$G_{d,väliseinä}$	=	19,9	kN/m
$G_{d,sauma}$	=	1,9	kN/m
$G_{d,pintarakenteet}$	=	12,5	kN/m
$G_{d,väliseinät}$	=	6,2	kN/m
$N_{d,välitaso}$	=	21,8	kN/m
$G_{d,väliseinä}$	=	19,9	kN/m
$G_{d,sauma}$	=	1,9	kN/m
$N_{d,alap.seinä}$	=	1057,7	kN/m
$G_{d,laatta}$	=	49,4	kN/m
$G_{d,pintarakenteet}$	=	12,5	kN/m
$G_{d,väliseinät}$	=	6,2	kN/m
$N_{Ed,alap.seinä}$	=	1149,1	kN/m

LIITOKSEN MITOITUS (A)**Liitoksen kestävyys**

Sauman laskentaleveys

$$b_j = b_{\text{sauma}} = b_{\text{sauma,eff}} + 2 * b_f = 180 \text{ mm}$$

$$k = 0,5$$

Liitoksen varmuusluku

$$\gamma_{c,\text{liitos}} = 1,6$$

Liitoksen kestävyys pystykuormalle, kaava (1)

$$N_{Rd} = 1195 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} > N_{Ed,\text{alap.seinä}}$$

Halkaisuraudoitus liitoksen alapuolisen seinäelementin yläosassa

$$b_0 = b_{\text{sauma}} = 180 \text{ mm}$$

Halkaisuraudoituksen on kestävä voima, kaava (5)

$$F_d = 28,7 \text{ kN}$$

Halkaisuraudoitus

$$A_{s,\text{halkaisu}} = 66,1 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Alapuolisen seinän lohkeilua estävä raudoitus

$$k_s = 0,07$$

Lohkeilua estävä raudoitus, kaava (6)

$$N_{Rd1} = 80,4 \text{ kN}$$

$$N_{Rd1} < 100 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 100 \text{ kN}$$

$$A_{s,\text{lohkeilu1}} = N_{Rd} / f_{yd} = 230 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\text{lohkeilu1}} < 250 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Valitaan ϕ 8 k 200

$$A_{s,\text{lohkeilu}} = 251 \text{ mm}^2/\text{m}$$

LIITOKSEN MITOITUS (B)**Liitoksen kestävyys**

Sauman laskentaleveys	$b_j = b_{\text{seinä}}$	=	200	mm
	k	=	0,6	
Liitoksen varmuusluku	$\gamma_{c,\text{liitos}}$	=	1,8	
Liitoksen kestävyys pystykuormalle, kaava (1)	N_{Rd}	=	1667	kN
	N_{Rd}	>	$N_{Ed,\text{alap.seinä}}$	

Halkaisuraudoitus liitoksen alapuolisen seinäelementin yläosassa

	$b_0 = b_{\text{sauma,eff}}$	=	80	mm
Halkaisuraudoituksen on kestävä voima, kaava (5)	F_d	=	172,4	kN
Halkaisuraudoitus				

$$A_{s,\text{halkaisu1}} = F_d / f_{yd} = 396 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Valitaan ϕ 10 k 200

$$A_{s,\text{halkaisu}} = 393 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Alapuolisen seinän lohkeilua estävä raudoitus

	k_s	=	0,14	
Lohkeilua estävä raudoitus, kaava (6)	N_{Rd}	=	160,9	kN

$$A_{s,\text{lohkeilu1}} = N_{Rd} / f_{yd} = 370 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Valitaan ϕ 10 k 200

$$A_{s,\text{lohkeilu}} = 393 \text{ mm}^2/\text{m}$$

SAUMARAUDOITUS

Lähtötietoja

Punosten yhteispinta-ala	$A_p = n \cdot A_{p1} =$	465 mm ²
Jännevoima	$P_0 = \sigma_{p0} \cdot A_p =$	465 kN
Jännevoima häviöiden jälkeen	$P_4 = \sigma_{p4} \cdot A_p =$	372 kN

Saumaraudoitus

Ontelolaatan tukireaktion ominaisarvo seinän vieressä	$V_{Ek} =$	36,9 kN
Oletetaan 6 kk:n aikana tapahtuvaksi häviöksi 10 %	$P_{6kk} =$	419 kN
Jännevoiman epäkeskeisyys	$e_p =$	104 mm
Jännevoiman aiheuttama jännitys laatan yläreunassa		

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{6kk}}{A} + \frac{P_{6kk} \cdot e_p}{W_y} = 0,66 \text{ MPa}$$

Tartuntajännitys siirrettäessä tartuntavoimaa	$f_{bpt} =$	6,08 MPa
---	-------------	----------

Jänneteräksen jännitys välittömästi jännevoiman siirron jälkeen

$$\sigma_{pm0} = \frac{E_s}{E_c} \cdot \left[\frac{-\sigma_{p0} \cdot A_p}{A} + \frac{-\sigma_{p0} \cdot A_p \cdot e_p^2}{W_y \cdot (h_{laatta} - p)} \right] + \sigma_{p0} = 985,1 \text{ MPa}$$

Siirtymäpituuden perusarvo	$l_{pt} =$	0,481 m
----------------------------	------------	---------

Siirtymäpituuden mitoitusarvo	$l_{pt2} =$	0,577 m
-------------------------------	-------------	---------

Taivutusmomentti laatan omasta painosta etäisyydellä $0,5 \cdot l_{pt2}$ laatan päästä

$$M_{omap;0,5l_{pt2}} = 9,7 \text{ kNm}$$

Em. momentista syntyvä jännitys laatan yläpintaan

$$\sigma_{cg} = M_{omap;0,5l_{pt2}} / W_y = -0,6 \text{ MPa}$$

Saumaraudoituksen arvioitu etäisyys laatan alapinnasta

$$d = 0,2 \text{ m}$$

Saumaraudoituksen maksimimäärä, kaava (4)

$$A_{s,sauma,max} = 425 \text{ mm}^2$$

Vaadittava saumateräksen määrä

$$A_s = V_k / f_{yk} = 74 \text{ mm}^2$$

Valitaan saumaraudoitus 1 ϕ 12 / sauma

$$A_{s,sauma} = 113 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,sauma} < A_{s,sauma,max}$$

Saumaraudoituksen etäisyys alapinnasta 200 mm

ONTELOLAATAN LEIKKAUSKESTÄVYYS

Ontelolaatan tukireaktion mitoitusarvo seinän vieressä	$V_{Ed} =$	45,9 kN
Suhteellinen teräsmäärä	$\rho =$	0,002
	$k = 1,6 \cdot d[m] =$	1,4
Etäisyys laatan päästä seinän ulkopintaan	$x_1 =$	60 mm
Ankkuroinnin tartuntalujuus murtorajatilassa	$f_{bpd} =$	2,3 MPa
Ankkuroinnin tartuntakestävyys, kun tarkastelukohta on maksimissaan l_{pt2} etäisyydellä laatan päästä		
	$F_{bpd} = f_{bpd} \cdot \pi \cdot \phi \cdot n \cdot l_{pt2} =$	51,7 kN
Jänneterästen myötövoima	$F_{pd} = f_{bp} \cdot A_p =$	659,1 kN
Ontelolaatan leikkauskestävyys, kaava (2)	$V_{Rd1} =$	95,3 kN
Ontelolaatan leikkauskestävyys, kaava (3)	$V_{Rd2} =$	69,9 kN
Ontelolaatan leikkauskestävyys on pienempi edellisistä	$V_{Rd} =$	69,9 kN
	$V_{Rd} >$	V_{Ed}

7. Viitteet

- 1 SFS-EN 1992-1-1. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 30.5.2005.
- 2 SFS-EN 1991-1-7. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-7. Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat. 22.10.2007.
- 3 SFS-EN 1168+A2. Betonivalmisosat. Ontelolaatat. 11.5.2009.
- 4 SFS 7016. Jännitetyiltä ontelolaatoilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. 24.11.2008.
- 5 SFS 7016. Jännitetyiltä ontelolaatoilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. 24.11.2008.
- 6 SFS 7016. Jännitetyiltä ontelolaatoilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. 24.11.2008.
- 7 SFS-EN 13670. Betonirakenteiden toteutus. 24.5.2010.
- 8 SFS 1215. Betoniteräkset. Hitsattava kuumavalssattu harjatanko A500HW. 26.8.1996
- 9 SFS 1268. Betoniteräkset. Hitsattava kuumavalssattu harjatanko B500B. 24.5.2010.
- 10 VTT:n lausunto nro RTE2037/99. Lausunto ontelolaattojen tuennasta. 3.9.1999.
- 11 VTT Building and Transport. Research Report No. RTE77/02. *Experimental research on wall-slab connections*. Espoo, 1.2.2002.
- 12 VTT Building and Transport. Research Report No. RTE3960/03. *Experimental research on wall-slab connections*. Espoo, 28.11.2003.