

BETONINORMIKORTISTO

Eurokoodi
EN 1992-1-1

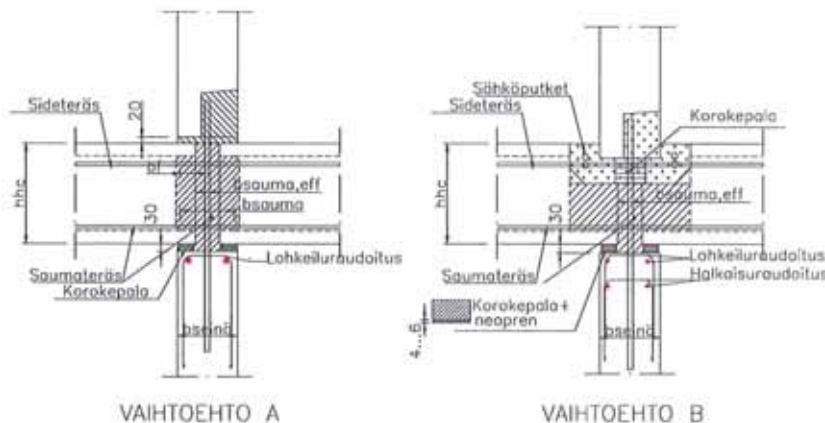
Hakijan yhteystiedot Rakennusteollisuus RT ry, PL 381, Unioninkatu 14, 00381 Helsinki

Hakijan allekirjoitus Arto Suikka

Arto Suikka

Lyhyt selostus menetelmästä, käyttöalue ja mahdollinen kuva

Raskaasti kuormitettujen kantavien seinien ja ontelolaattojen muodostama liitos (yleensä yli 8-kerroksisten rakennusten alemmat kerrokset). Ontelolaatan paksuus on välillä 200...400mm. Ontelolaatan pään ylänurkka voi olla joko suora tai lovettu.



Menetelmän rajoitukset

Ontelolaatan paksuus on välillä 200...400 mm. Liitoksen ala- ja yläpuolisten seinien lujuus on vähintään C25/30. Saumabetonin lujuus on vähintään C25/30 ja vähintään 85% alemman seinän lujuudesta. Ontelolaatan loveus ei saa olla terävänurkainen. Saumavalut ja muut jälkivalut on tehtävä huolella.

Betoni yhdistyksen toimikunta on käynyt läpi ehdotuksen ja todennut sen täyttävän EN 1992-1-1 betonirakenteita koskevien määräysten vaatimukset. Kortiston käyttäjällä on vastuu kortiston ohjeiden käytöstä sekä siitä että eurokoodien betonirakenteita koskevia määräyksiä noudatetaan.

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

Helsingissä heinäkuun 31 p:nä 2012

SUOMEN BETONIYHDISTYS - FINSKA BETONGFÖRENINGEN r.y.

Kalervo Matikainen
Kalervo Matikainen
puheenjohtaja

Juha Valjus
Juha Valjus
Toimitusjohtaja

Copyright: Suomen Betoni yhdistys r.y.

PL 11 (Unioninkatu 14)
00131 Helsinki

puhelin(09) 696 2360
telekopio (09) 1299 291

BY on riippumaton, betonin oikeaa käyttöä edistävä teknistieteellinen yhdistys. Sen lähes 800 asiantuntijajäsentä edustavat laajasti betonirakentamisen eri osapuolia. Yhdistys järjestää jäsentilaisuuksia, julkaisee teknisiä ohjeita, ylläpitää betonialan pätevyysjärjestelmiä FISE:n osakkaana, järjestää koulutusta, käynnistää ja ohjaa kehitysprojekteja sekä konsultoi mm. ympäristöministeriötä.

BY nimittää Betoninormikortteja käsittelevään toimikuntaan puolueettomia asiantuntijoita. Betoninormikortit on tarkoitettu päteville henkilöille, jotka pystyvät soveltamaan niissä annettuja ohjeita ja ymmärtämään kortteihin liittyvät rajoitukset sekä ottamaan vastuun niiden soveltamisesta omassa työssään. Vaikka normikortteja käsittelevään toimikuntaan on nimitetty maamme paras puolueeton asiantuntemus, ei BY, eivätkä sen jäsenet tai valmistelutyöhön osallistuneet henkilöt ota vastuuta tässä normikortissa annetuista ohjeista.

ONTELOLAATTA - SEINÄLIITOS

Eurokoodi 1992-1-1

1. Normikortin soveltamisalue

Tämä normikortti käsittelee kantavien seinien ja ontelolaattojen muodostamaa liitosta, kuva 1. 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 materiaaliosavarmuuskertoimen vähennyksiä ei saa tehdä liitoksen mitoituksessa. Liitoksen kestävyys on herkkä pienillekin tukipituuden muutoksille, tukipinnan (seinän) valmistusvirheille ja saumavalujen onnistumiselle.

Ontelolaatat suunnitellaan, valmistetaan ja asennetaan standardien SFS-EN 1168+A2, 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.

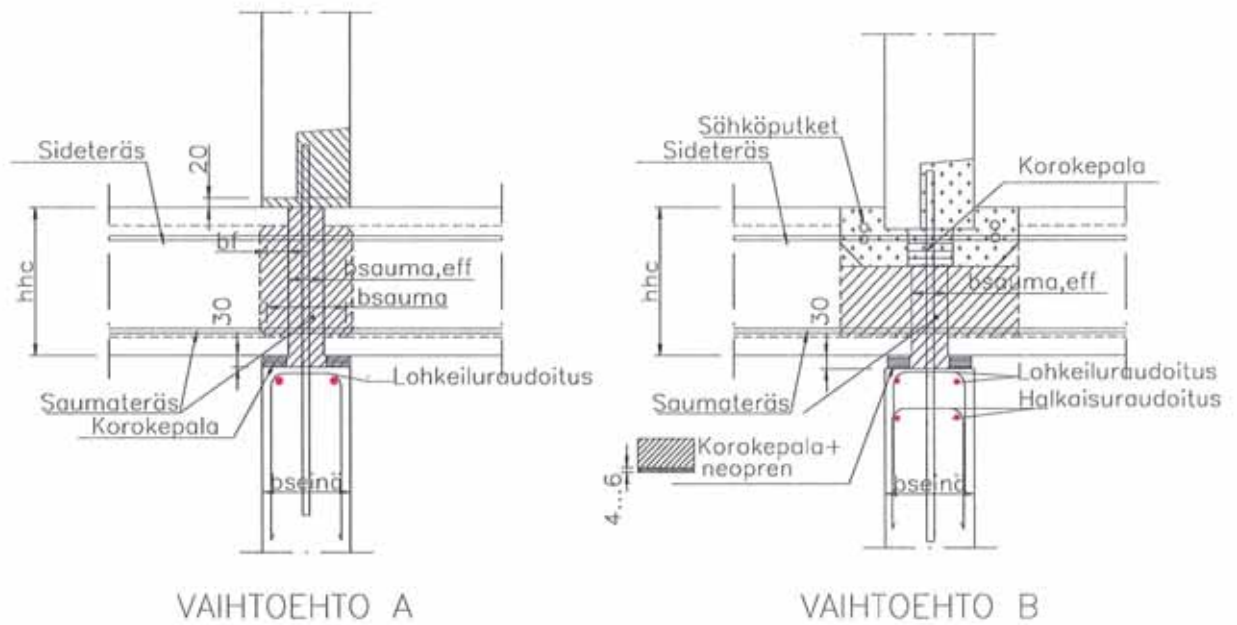
2. Rakenne

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.

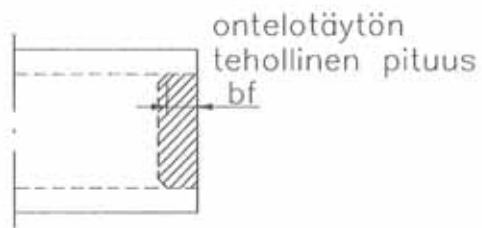
Ontelolaatta asennetaan alemman seinän päälle korokepalojen varaan, kts. kuva 1. Vaihtoehdossa A ylempi seinäelementti asennetaan ontelolaatan varaan. Vaihtoehdossa B, laatan pään ollessa lovettu, ylempi seinäelementti asennetaan laattojen välisen saumavalun päälle asennettujen korokepalojen varaan.

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

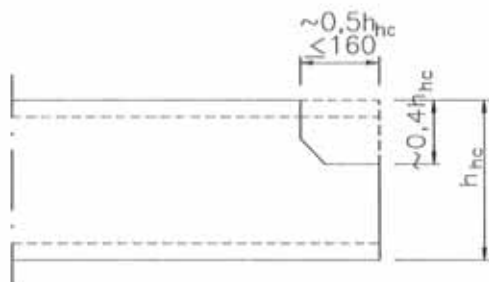
Saumavalun viisteetön eli tehollinen pituus b_f mitataan kuvan 2 mukaisesti.



Kuva 1. Liitoksen rakenne



Kuva 2. Ontelotäytön tehollinen pituus



Kuva 3. Ontelolaatan pään loveus vaihtoehdossa B

3. Liitoksen mitoitus

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

$$\gamma_{c,liitos} = 1,6 \text{ kun seuraamusluokka CC3 ja toteutusluokka 3}$$

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

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:

$$k = 0,6$$

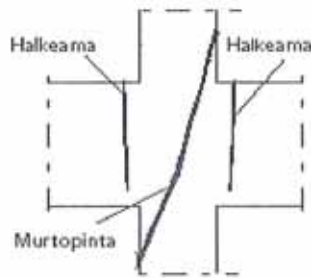
$$b_j = b_{seinä}$$

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:

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

tai kaavasta

$$V_{Rd2} = \mu \cdot \left(A_s \cdot f_{yd} + \frac{x_1}{\ell_{pl2}} \cdot P_{\infty} \right) \quad (3)$$

sen mukaan kumpi antaa pienemmän tuloksen. Kaavat perustuvat koetuloksiin [11,12]. Näissä kaavoissa

$$k = 1,6 - d$$

d on rakenteen tehollinen korkeus metreissä, 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 on ontelolaatan betonin vetolujuuden mitoitusarvo $= f_{ctk,0,05}/1,5$

f_{ctd} (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 viisteen 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

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

missä

$f_{ctk;0,05}$	on saumabetonin vetolujuuden ominaisarvo
σ_{ep}	on täysin kehittyneen esijännitysvoiman ominaisarvosta n. 6 kk:n iässä laatan yläpintaan aiheutuva jännitys
σ_{eg}	on saumatun laatan oman painon ominaisarvosta etäisyydellä $0,5 \ell_{pt2}$ 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 laatassa tehokas täyttövalu ei saa ulottua seinän ulkopuolelle.

3.3 Alapuolisen seinän halkaisuraudoitus

Alapuolisen elementin yläreunassa tulee olla liitoksessa vaikuttavalle pystykuormalle N_{Ed} kaavan (5) mukaan mitoitettu halkaisuraudoitus. Halkaisuraudoituksen ottaman voiman tulee olla vähintään:

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

missä

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

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

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

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 kohdan 9.10.2.3 ja EN 1991-1-7 kansallisen liitteen "Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta" mukainen rauditus, kuitenkin vähintään tukireaktion ominaisarvoa vastaava rauditus. EN 1992-1-1 kohdan 9.10.2.3 mukaista rauditusta voidaan hyödyntää 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 ja sitä koskevan kansallisen liitteen 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. $1 \phi 16$) sekä nurkkaterästen ympäri kiertävät lenkit, joiden määrä on vähintään $250 \text{ mm}^2/\text{m}$ (esim. harjatanko $\phi 8$ k 200).

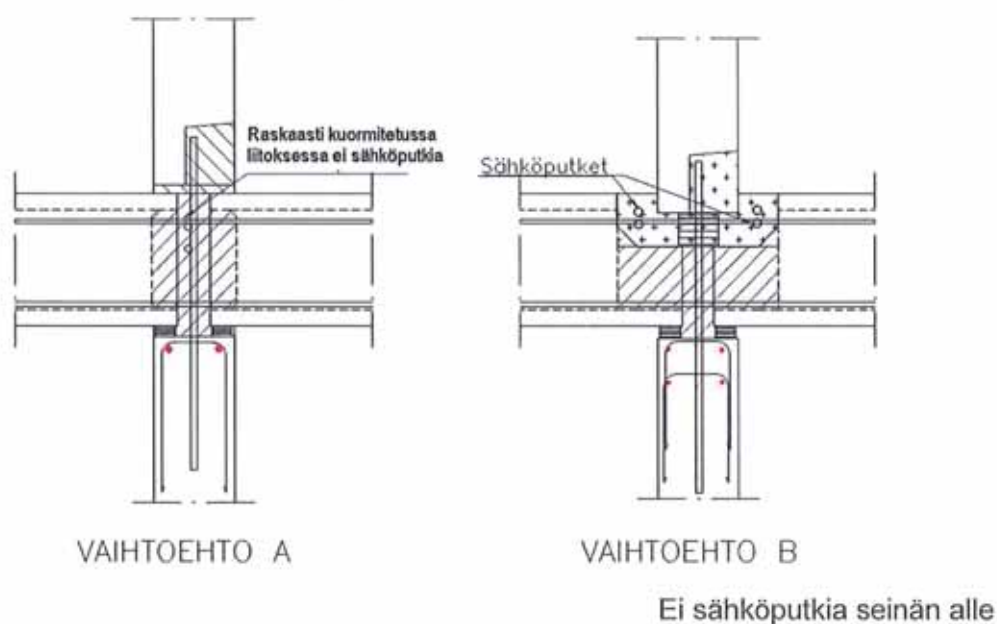
Kuvassa 1 on esitetty alapuolisen seinän yläreunan raudoitus.

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 saa sijoittaa sähköputkia enintään $2 \phi 20$ päällekkäin. Yli kahdeksankerroksisessa rakennuksessa ei alemmissa kerroksissa vaihtoehdossa A sallita sähköputkia. Vaihtoehdossa B (laatan pää lovettu) sähköputkia saa olla korkeintaan $2 \phi 20$ laatan molemmissa loveuksissa. Vaihtoehdossa B 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) saumavalu tehdään kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen valu tehdään ontelolaattojen asennuksen yhteydessä ja jätetään noin 50 mm vajaan. 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 tai yli 8-kerroksisissa rakennuksissa. 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
Kerrokorkeus	$h =$	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	$A_{pt} =$	93 mm ²
Punosten alkujännitys	$\sigma_{p0} =$	1000 MPa
Jännevoima häviöiden jälkeen	$\sigma_{pt} =$	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	γ_C	=	1,5	
	α_{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	γ_S	=	1,15	
Teräksen myötörajan mitoitusarvo	f_{yd}	=	435	MPa
Jänneteräs 1630/1860	f_{pk}	=	1630	MPa
Punoksen osavarmuusluku	γ_S	=	1,15	
Punoksen myötörajan mitoitusarvo	f_{pb}	=	1417	MPa
Punoksen kimmomoduuli	E_s	=	190000	MPa
Kerroin jännevoiman siirtonopeudesta	α_1	=	1,25	
Kerroin punoksen poikkileikkauksen muodosta	α_2	=	0,19	
Kerroin punoksen pinnan muodosta	η_{p1}	=	3,2	
Kerroin punoksen pinnan muodosta	η_{p2}	=	1,2	
Kerroin tartuntaolosuhteista	η_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 (Siirrettävät väliseinät katsotaan hyötykuormiksi)	$q_{k,kiinteätväliseinät}$	=	0,5	kN/m ²
Hyötykuorma	q_k	=	2,0	kN/m ²

KUORMAT**Kertoimet**

Pysyvien kuormien osavarmuusluku	γ_G	=	1,15
Pysyvien kuormien osavarmuusluku	γ_G	=	1,35
Hyötykuormien osavarmuusluku	γ_Q	=	1,5
Kerroin Ψ	Ψ_0	=	0,7
Kuormakerroin	K_{FI}	=	1,1
Liitoksen yläpuolella olevien kantavien kerrosten lukumäärä	n	=	12
Kokonaishyötykuorman pienennyskerroin, nk. kerrosvähennys	α_n	=	0,75
Pinta-alavähennystä ei käytetä			

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

OMAPAINO + HYÖTYKUORMAT

$$1,15 K_{FI} G_{kj,sup} + 0,9 G_{kj,inf} + 1,5 K_{FI} Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} \sum \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Liitoksen kohdistuvat kuormat**Yläpohjalta**

Ontelolaatan paino saumattuna

Yläpohjan kuormitus, eristeet

Lumikuorma

Yhdeltä välitasolta, yht. 10 kpl

Ontelolaatan paino saumattuna

Väliseinäelementin paino

Liitoksen saumavalujen paino

Pintarakenteet

Kiinteät, ei-siirrettävät väliseinät

Hyötykuorma

Yhdeltä välitasolta, 1 kpl

Väliseinäelementin paino

Liitoksen saumavalujen paino

Liitoksen alapuoliseen seinään kohdistuvat kuormat

Ontelolaatan paino saumattuna

Pintarakenteet

Kiinteät, ei-siirrettävät väliseinät

Hyötykuorma

$$G_{kj,inf} = 0$$

$$N_{d,liitos} = 1086,4 \text{ kN/m}$$

$$N_{d,yläpohja} = 77,4 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,laatta} = 42,1 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,eristeet} = 15,9 \text{ kN/m}$$

$$Q_{d,lumi} = 19,4 \text{ kN/m}$$

$$N_{d,välitaso+kuormat} = 99,0 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,laatta} = 42,1 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,väliseinä} = 17,0 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,sauma} = 1,6 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,pintarakenteet} = 10,6 \text{ kN/m}$$

$$Q_{d,väliseinät} = 6,9 \text{ kN/m}$$

$$Q_{d,hyöty} = 27,7 \text{ kN/m}$$

$$N_{d,välitaso} = 18,6 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,väliseinä} = 17,0 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,sauma} = 1,6 \text{ kN/m}$$

$$N_{d,alap.seinä} = 1166,9 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,laatta} = 42,1 \text{ kN/m}$$

$$G_{d,pintarakenteet} = 10,6 \text{ kN/m}$$

$$Q_{d,väliseinät} = 6,9 \text{ kN/m}$$

$$Q_{d,hyöty} = 27,7 \text{ kN/m}$$

PELKÄSTÄÄN OMAPAINO

$$1,35 K_{FI} G_{kj,sup} + 0,9 G_{kj,inf}$$

Liitoksen kohdistuvat kuormat**Yläpohjalta**

Ontelolaatan paino saumattuna

Yläpohjan kuormitus, eristeet

Yhdeltä välitasolta, yht. 10 kpl

Ontelolaatan paino saumattuna

Väliseinäelementin paino

Liitoksen saumavalujen paino

Pintarakenteet

Yhdeltä välitasolta, 1 kpl

Väliseinäelementin paino

Liitoksen saumavalujen paino

Liitoksen alapuoliseen seinään kohdistuvat kuormat

Ontelolaatan paino saumattuna

Pintarakenteet

VALITAAN

$N_{d,liitos}$	=	927,2	kN/m
$N_{d,yläpohja}$	=	68,1	kN/m
$G_{d,laatta}$	=	49,4	kN/m
$G_{d,eristeet}$	=	18,7	kN/m
$N_{d,välitaso+kuormat}$	=	83,7	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
$N_{d,välitaso}$	=	21,8	kN/m
$G_{d,väliseinä}$	=	19,9	kN/m
$G_{d,sauma}$	=	1,9	kN/m
$N_{d,alap.seinä}$	=	989,1	kN/m
$G_{d,laatta}$	=	49,4	kN/m
$G_{d,pintarakenteet}$	=	12,5	kN/m
$N_{Ed,alap.seinä}$	=	1166,9	kN/m

LIITOKSEN MITOITUS (A)**Liitoksen kestävyys**

Sauman laskentaleveys

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

$$k = 0,5$$

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 $\phi 8$ 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	$\gamma_{\text{e,liitos}}$	=	1,8	
Liitoksen kestävyys pystykuormalle, kaava (1)	N_{Rd}	=	1667	kN
	N_{Rd}	>	$N_{\text{Ed,alap,seinä}}$	

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	$A_{\text{s,halkaisuI}} = F_d / f_{\text{yd}}$	=	396	mm ² /m
Valitaan ϕ 10 k 200	$A_{\text{s,halkaisu}}$	=	393	mm ² /m

Alapuolisen seinän lohkeilua estävä raudoitus

	k_s	=	0,14	
Lohkeilua estävä raudoitus, kaava (6)	N_{Rd}	=	160,9	kN
	$A_{\text{s,lohkeiluI}} = N_{\text{Rd}} / f_{\text{yd}} = (160,9 \text{ kN/m}) / 435 \text{ MPa}$	=	370	mm ² /m
Valitaan ϕ 10 k 200	$A_{\text{s,lohkeilu}}$	=	393	mm ² /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

$M_{omap,0,5l_{pt2}} =$

$$\gamma_G \cdot g_{k,laatta} \cdot \left[\frac{(L_{laatta} - l_{tukip \text{ int } a})^2}{2} \right] \left[\frac{l_{pt2} - l_{tukip \text{ int } a}}{L_{laatta} - l_{tukip \text{ int } a}} - \left(\frac{l_{pt2} - l_{tukip \text{ int } a}}{L_{laatta} - l_{tukip \text{ int } a}} \right)^2 \right] = 9,7 \text{ kNm}$$

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

$$V_d = ((g_{k,laatta} + g_{k,pintarakenteet}) \cdot \gamma_G + (q_k + q_{k,kiinteitäväliseinät}) \cdot \gamma_Q) \cdot 1,2 \cdot (L_{k/2} - b_{seinä}) / 2 = 45,9 \text{ kN}$$

$$\text{Suhteellinen teräsmäärä} \quad \rho = A_{s,sauma} / (d \cdot b_w) = 0,002$$

$$k = 1,6 - d = 1,4$$

$$\text{Etäisyys laatan päästä seinän ulkopintaan} \quad x_1 = l_{tukupinta} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Ankkuroinnin tartuntalujuus murtorajatilassa} \quad f_{bpd} = \eta_{p2} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd} = 2,3 \text{ MPa}$$

Ankkuroinnin tartuntakestävyys, kun tarkastelukohta on maksimissaan l_{pt2} etäisyydellä laatan päästä

$$F_{bpd} = f_{bpd} \cdot \pi \cdot \phi \cdot n \cdot l_{pt2} = 51,7 \text{ kN}$$

$$\text{Jänneterästen myötövoima} \quad P_{yd} = f_{bp} \cdot A_p = 659,1 \text{ kN}$$

$$\text{Ontelolaatan leikkauskestävyys, kaava (2)} \quad V_{Rd1} = 95,3 \text{ kN}$$

$$\text{Ontelolaatan leikkauskestävyys, kaava (3)} \quad V_{Rd2} = 69,9 \text{ kN}$$

$$\text{Ontelolaatan leikkauskestävyys on pienempi edellisistä} \quad V_{Rd} = 69,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

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. Betoniteräksiset. Hitsattava kuumavalssattu harjatanko A500HW. 26.8.1996
- 9 SFS 1268. Betoniteräksiset. 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.