

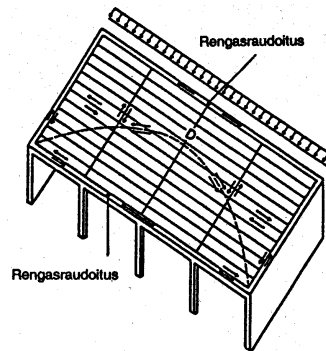
Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012

Pekka Häyrinen

- Laatastton levytoiminta
- Suunnittelu onnettomuuskuormille BNK 23
- Ontelolaatat taipuisalla tuella BNK 18
- Ontelolaatta - seinäliitos BNK 27

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

LAATASTON LEVYTOIMINTA



Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Rakennuksen runkoon kohdistuvat vaakavoimat siirretään jäykistysosille jäykkien välipohjalevyjen välityksellä.

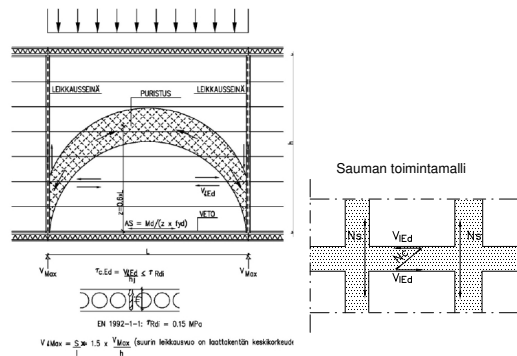
Elementeistä tehdyt laatastot yhdistetään **rengas- ja saumarauoituksella** sekä saumavaluilla jäykiksi levyiksi.

Levyä tarkastellaan vaakasuorassa tasossa olevana seinämäisenä kannattajana, jonka sisään muodostuu puristuskaari ja vetotanko.

Kannattajan tukina toimivat leikkausseinät ja jäykistystornit (esim. porrashuoneet ja hissikuilut).

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Sauman leikkauskestävyys



Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Momenttivarsi z vektorauoituksen laskemista varten, L=tukien keskiöväli, h=palkin korkeus, d=palkin tehollinen korkeus		
Tapaus	Mittaehto	z
Staatteisesti määrätty rakenne	$1 < L/h < 2$ $L/h \leq 1$	$z = 0.15h(3+L/h)$ $z = 0.6L$
Jatkuvan palkin reunakenttä ja reunimmainen keskikuti	$1 < L/h < 2.5$ $L/h \leq 1$	$z = 0.1h(2.5+2L/h)$ $z = 0.45L$
Jatkuvan palkin keskikentät ja reunimmaisaiset tuet	$1 < L/h < 3$ $L/h \leq 1$	$z = 0.15h(2+L/h)$ $z = 0.46L$
Ulokkeet, $L_n$ =ulokkeen vapaa mitta	$0.5 < L_n/h < 1$ $h > 2L_n$	$z = 0.8d$ $z = 1.2L_n$

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

SFS-EN-1992-1-1:

Laatastton levytoiminnan tarkastelussa on otettava huomioon, että

- levy muodostaa osan realistista rakennemallia, jossa otetaan huomioon siirtymätilan yhteensopivuus jäykistävien rakenteiden kanssa
- vaakasiirtymien vaikutukset otetaan huomioon rakenteen kaikissa osissa, jotka osallistuvat vaakakuormien siirtoon
- jäykistyslevy raudoitetaan rakennemalliin oletettujen vetovoimien mukaan

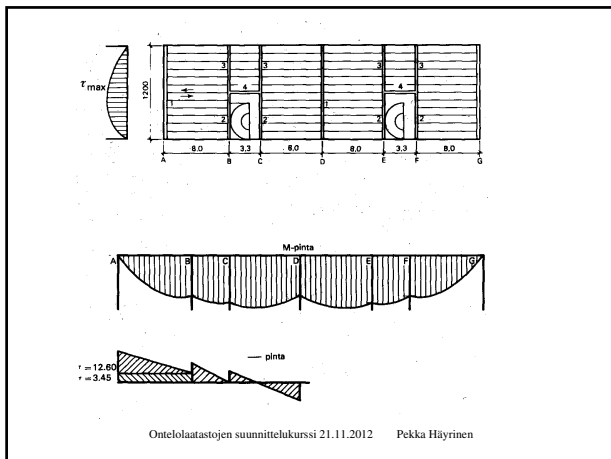
Jäykistävän levyn tukeutuessa useampaan saman jäykkyyden omaavaan jäykistävään seinään, levyä on tarkasteltava painuvilla tuilla olevana korkeana palkkina => vaikutus momenttijakautumaan

Korkeassa levyssä raudoituksen vetovoima tuella on sama kuin maksimimomentin kohdalla => rauditus ankkuroitava täydelle voimalle

Päätöseiniillä ei oleteta olevan sivujäykkyyttä, joten vektoraudotus on ankkuroitava taipuudella levyn korkeussuuntaan

Levyn puristuspuolella tulee olla sama rengasraudoitus kuin vetopuolella.

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Väliopohjan mitoitus vaakavoimille:

- kuormien on voitava siirtyä väliopohjalle (pystyrakenteiden vaakasidonta)
- levyvaikutuksesta syntyvät rasitukset otettava huomioon (saumavalut, rengas- ja saumateräkset)
- kuormien siirto väliopohjilta jäykistäville seinille (kitka, saumateräkset, betonivaarnat)
- teräkset siirtävät vaadittavat minimivoimat (onnettomuuskuormat)

Vaakavoimat:

- Tuulikuorma
- Vinoudesta aiheutuva lisävaakavoima

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Pystyrakenteiden vinoudesta aiheutuva lisävaakavoima**  
SFS-EN-1992-1-1: 5.2

Rakenteen ja kuorman sijaintiin liittyvät mittaepätarkkuudet esitetään rakenteen/rakennuksen vinouden  $\theta_i$  avulla:

Rakenteen vinous  $\theta_i = \theta_0 \cdot \alpha_n \cdot \alpha_m$

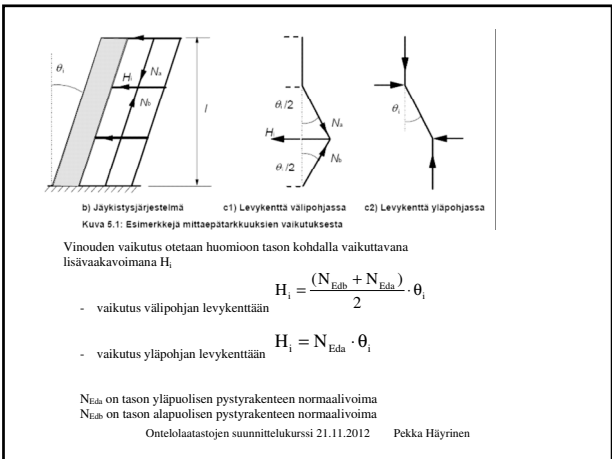
Vinouden perusarvo  $\theta_0 = 1/200$

Rakennuksen korkeuteen perustuva vinouden pienennyskerroin  $\alpha_n = \frac{2}{\sqrt{L}} : \frac{2}{3} \leq \alpha_n \leq 1$   
L on rakenneosan korkeus (m)

Pystysuuntaisten rakenneosien lukumäärään perustuva vinouden pienennyskerroin  $\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot (1 + \frac{1}{m})}$

m on kokonaisvaikutuksen aiheuttavien (asennettävien) pystysuuntaisten rakenneosien lukumäärä (estim. pilarien lukumäärä)

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Vaihtoehtoisesti voidaan lisävaakavoima määrittää RIL 201-1-2008 tai RIL 144-2002 mukaan:

Rakennuksen lyhyemmässä suunnassa  $H_{dti} = \frac{N_{dti}}{150}$

Rakennuksen pidemmässä suunnassa  $H_{dti} = \frac{b \cdot N_{dti}}{L \cdot 150} \leq \frac{N_{dti}}{250}$

missä  
 $N_{dti}$  on tason kokonaiskuorma  
 b on rakennuksen leveys  
 L on rakennuksen pituus (L>b)

Vinous  $\theta_i = 1/150 \dots 1/250$

Suhde b/L ottaa huomioon sen, että pituussuunnassa on useampia pystyrakenteita

RIL:n ohje tarkastelee lisävaakavoimaa pystyrakenteiden kannalta. Laataston kannalta määrävin tilanne on kuvan 5.1 tapaukset c1 ja c2

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Betoninormikortti 23\_EC:**

**LIITOSTEN SUUNNITTELU JA MITOITUS ONNETTOMUUSKUORMILLE**

**STANDARDIN SFS-EN-1991-1-7 YLEISET KUORMAT, ONNETTOMUUSKUORMAT MUKAAN**

Liitosten suunnittelu ennalta arvaamattomien onnettomuustilanteiden varalta.

**SFS-EN-1991-1-7 liitteen A korvaava kansallisen liitteen perässä oleva ristiriidaton asiakirja:**

**Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta**

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Liitosten tulee kestää myös poikkeukselliset kuormitus- ja onnettomuustilanteet.

Poikkeuksellisista kuormitus tilanteista mahdollisesti aiheutuva paikallinen vaurio voi laajentua ja johtaa jopa koko rakennuksen sortumiseen.

Sortuman syinä voivat olla mm.

- elementin putoaminen esim. epäsymmetrisesti tapahtuvista lämpö- ja kosteusliikkeistä
- räjähdys
- törmäystilanteet
- perustusten painumat
- seurauksiltaan poikkeuksellisen ankara tulipalo
- paikallisen vaurion seurauksena elementin putoaminen alempana olevien rakenteiden päälle
- poikkeuksellinen ylikuorma

Elementtien väliset liitokset suunnitellaan niin, että paikallisesta vauriosta ei seuraa koko rakennuksen sortumista.

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrynen

#### Onnettomuuskuormitus tilanteen seuraamusluokat

Seuraamusluokka	Rakennuksen tyyppiin ja käyttötarkoituksen mukainen luokitus
1	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti ohikäyviä ihmisiä kuten esim. varastot
2a	Rakennukset, joissa on korkeintaan neljä maanpäällistä kerrosta <sup>1)</sup> tai joiden korkeus maanpinnasta on enintään 16 m
2b	Kaikki muut rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu seuraamusluokkiin 1, 2a tai 3
3a	9-15 kerroksiset <sup>2)</sup> asuin-, toimisto- ja liikorakennukset ja muut 9-15 kerroksiset käytötarkoitukseltaan ja rungoiltaan samantyyppiset rakennukset
3b	Muut yli 8-kerroksiset <sup>2)</sup> rakennukset Konserttisalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot (yli 1000 henkeä) Raskaasti kuormittat tai suuria jäljenvälejä sisältävät rakennukset Erikoisrakenteet tapauskohtaisen harkinnan mukaan

<sup>1)</sup> Asuinrakennukset, joissa on korkeintaan kaksi maanpäällistä kerrosta, voidaan suunnitella kuitenkin onnettomuusluokassa seuraamusluokan 1 mukaisesti.

<sup>2)</sup> Kellarikerrokset mukaan luettuina.

**SFS-EN 1991-1-7 vaatimus ennalta arvaamattomista onnettomuustilanteesta aiheutuvien riskien pienentämiseksi voidaan toteuttaa kahdella tavalla:**

#### 1. Paikallisen vaurion estäminen

- a) sortumavaaran poistaminen tai vähentäminen rakenteellisin toimenpitein
- b) mitoitus avainasemassa olevana rakenneosana SFS-EN 1991-1-7+ kansallisen liitteen mukaisille onnettomuuskuormille

#### 2. Rajoitetaan paikallisen vaurion laajeneminen

- a) korvaavan rakennesysteemin käyttö
- b) elementtien on välillä jatkuvan sortuman estävä kansallisen liitteen A mukainen sidejärjestelmä

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrynen

#### 1. Paikallisen vaurion estäminen

- a) Sortumavaaran poistaminen tai vähentäminen rakenteellisin toimenpitein

Suojarakenteet törmäystä vastaan

Räjähdyksestä aiheutuvan ylipaineen purkautumisaukot:

- ikkunat
- ei-kantavien elementit irtoavat ensin

SFS-EN-1992-1-1 (EC2) mukaiset siteet

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrynen

#### 1 b) Mitoitus onnettomuuskuormille

avainasemassa olevana rakenneosana

##### A. Ennalta määriteltävissä oleva onnettomuustilanne

esim. törmäykselle tai räjähdykselle alttiit rakenteet  
mitoitus SFS-EN-1997-1-1 + kansallisen liitteen mukaiselle onnettomuuskuormalle (törmäyskuorma, painekuorma)

##### B. Ennalta määrittelemätön onnettomuustilanne

Mitoitus onnettomuuskuormalle  $A_d = 50$  kN

SFS-EN-1992-1-1 (EC2) mukaiset siteet

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrynen

#### 2. Rajoitetaan paikallisen vaurion laajeneminen jatkuvaksi sortumaksi

Hyväksytään tietyn suuruisella alueella onnettomuuskuormien aiheuttama **alkusortuma**, mutta estetään sortuman laajeneminen jatkuvaksi sortumaksi.

Jäljelle jääneiden vaurioitumattomien rakenneosien muodostama korvaava rakennesysteemi kantaa vaurioituneen alueen kuormat.

Elementtien välisillä liitoksilla tulee olla riittävä kestävyys ja sitkeys, jotta korvaava rakennesysteemi voi muodostua ja kuormien siirtyminen vauriotuneelta alueelta on mahdollista.

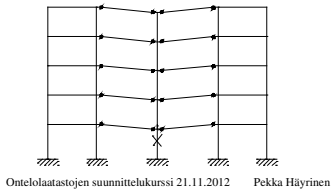
- a) korvaavan rakennesysteemin käyttö

- b) elementtien on välillä jatkuvan sortuman estävä kansallisen liitteen A mukainen sidejärjestelmä

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrynen

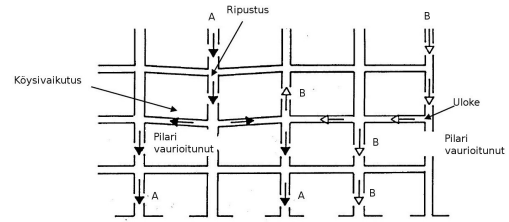
## 2 a) Korvaava rakennesysteemi

Toimintamalli poikkeaa alkuperäisestä tavasta  
 Rakenteet toimivat **vetoa** kestävinä köysi- tai kalvorakenteina  
 Sallitaan suuria muodonmuutoksia  
 Rakenteisiin ja liitoksiin muodostuu plastisia niveliä  
 Tasapainotila suurten siirtymien avulla

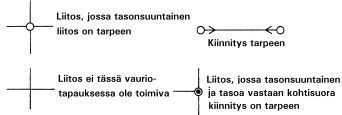
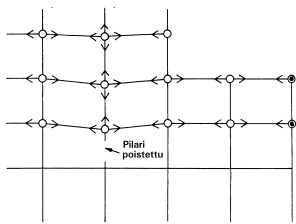


it

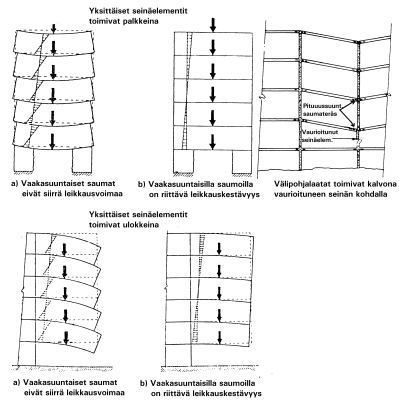
Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



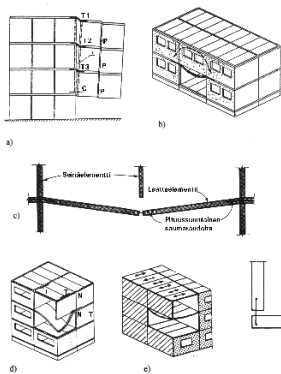
Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



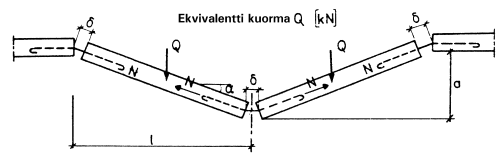
Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



$$N = \frac{Q \cdot l}{2 \cdot a} = \frac{q \cdot l^2}{2 \cdot a} = 2 \dots 2,5 \cdot q \cdot l$$

$$a \sim L/5 \dots L/4$$

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Korvaavan rakennesysteemin tarkastelu

Kussakin kerroksessa jokainen pystyrakenne tai pystyrakennetta tukeva palkki ajatellaan yksi kerrallaan poistetuksi

Selvitetään miten rakennus vaurioituu kyseisen rakenneosan poistamisen seurauksena

Kuinka suuri on mahdollisen vaurioituneen alueen laajuus

Miten kuormat saadaan siirrettyä vaurioituneen alueen yli eli korvaavan rakennesysteemin valinta.

Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Onnettomuusmitoitustilanteen kuormitusyhdistelmä korvaavaa rakennesysteemiä mitoitettaessa:

$$\Sigma G_k + P + \psi_A \cdot Q_{k1} + \Sigma \psi_2 \cdot Q_k$$

$\psi_A = \psi_1$  kun pääasiallinen hyötykuorma lumi- jää- tai tuulikuorma

$\psi_A = \psi_2$  kun pääasiallinen hyötykuorma on muu hyötykuorma

$\psi_2$  on hyötykuorman pitkäaikaisuus

Kuorman osavarmuusluvut  $\gamma_g = 1$   $\gamma_q = 1$

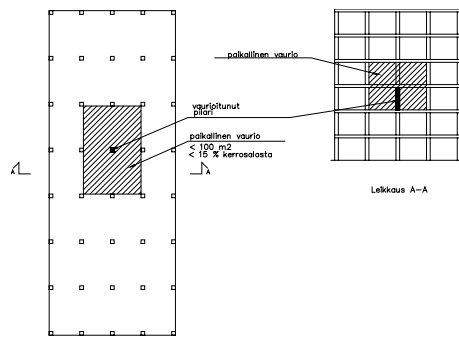
Materiaalien osavarmuusluvut onnettomuus tilanteessa

Betoni  $\gamma_{c,acc} = 1,2$

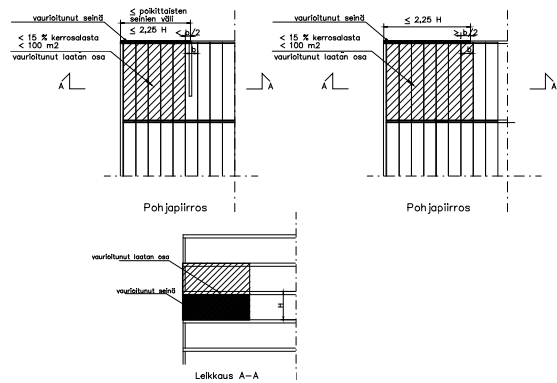
Teräs  $\gamma_{s,acc} = 1,0$

Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

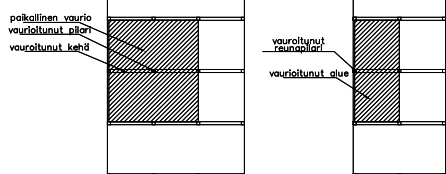
### Alkusortuma-alueen koko



Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Alkusortuma-alueen hyväksyty laajuus

Monikerroksisessa rakennuksessa enintään 15 % vaurioituneen kerroksen lattiapinta-alasta, kuitenkin enintään 100 m<sup>2</sup> /kerros.

Paikallinen vaurio saa tapahtua kahdessa päällekkäisessä kerroksessa.

Jos pystyrakenteen poistamisen seurauksena sortuma-alue ei ylitä hyväksyttyä laajuutta => korvaavan rakennesysteemin mitoitus

Varmistetaan, että rakennuksen kokonaisvakavuus säilyy myös pystyrakenteen poistamisen jälkeen

Vähintään SFS-EN-1992-1-1 (EC2) mukaiset siteet

Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Jos pystyrakenteen poistamisen seurauksena sortuma-alue ylittää hyväksytyä laajuuden =>

- kyseinen rakenneosaa mitoitetaan avainasemassa olevana rakenneosana onnettomuuskuormalle (vaihtoehto 1b):
- ennalta määriteltävissä oleva onnettomuustilanne: SFS-EN-1997-1-1 mukainen onnettomuuskuorma
- määrittelemättömästä syystä aiheutuva onnettomuus: onnettomuuskuorma  $A_d = 50 \text{ kN}$  sekä SFS-EN-1992-1-1 (EC2) mukaiset siteet

TAI

Vaihtoehto 2 b) Kansallisen liitteen A mukainen sidejärjestelmä

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Onnettomuusmitoitustilanteen kuormitusyhdistelmä avainasemassa olevan rakenneosan mitoituksessa:

$$\Sigma G_k + P + A_d + \Psi_A \cdot Q_{k1} + \Sigma \Psi_2 \cdot Q_k$$

$A_d$  on onnettomuuskuorma (vain yksi onnettomuuskuorma kerrallaan);

Ennalta määriteltävissä oleva onnettomuustilanne:

SFS-EN-1997-1 mukainen onnettomuuskuorma

Ennalta määrittelemättömästä syystä aiheutuva onnettomuustilanne:  $A_d = 50 \text{ kN}$

$\Psi_A = \Psi_1$  kun pääasiallinen hyötykuorma lumi- jää- tai tuulikuorma

$\Psi_A = \Psi_2$  kun pääasiallinen hyötykuorma on muu hyötykuorma

$\Psi_2$  on hyötykuorman pitkäaikaisuus

Kuorman osavarmuusluvut  $\gamma_g = 1$   $\gamma_q = 1$

Materiaalien osavarmuusluvut onnettomuustilanteessa

Betoni  $\gamma_{c,acc} = 1,2$

Teräs  $\gamma_{s,acc} = 1,0$

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

## 2 b) Kansallisen liitteen A mukainen sidejärjestelmä

Rakennus varustetaan seuraavilla siteillä:

1. laataston ympäri kiertävät siteet (rengasraudoitus)
2. laataston pituussuuntaiset sisäiset siteet (saumaraudoitus)
3. laataston poikisuuntaiset (palkin/seinän suuntaiset) sisäiset siteet (saumaraudoitus).
4. vaaka-suuntaiset pilari- tai seinäsiteet
5. pystysiteet yli 4-kerroksisissa rakennuksissa

Siteitä suunniteltaessa raudoituksen lujuuksena voidaan käyttää ominaisarvoa.

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Kansallisen liitteen A mukaiset siteet:

• Seuraamusluokka 1:

SFS-EN-1992-1-1 kohdan 9.10 mukaiset siteet

• Seuraamusluokka 2a:

SFS-EN-1992-1-1 kohdan 9.10 mukaiset siteet

- vaakasiteet (rengasraudoitus, sisäiset siteet)

- pystyrakenteiden sidonta väli- ja yläpohjaan

• Seuraamusluokka 2b:

Kuten 2a + pystysiteet

• Seuraamusluokka 3a:

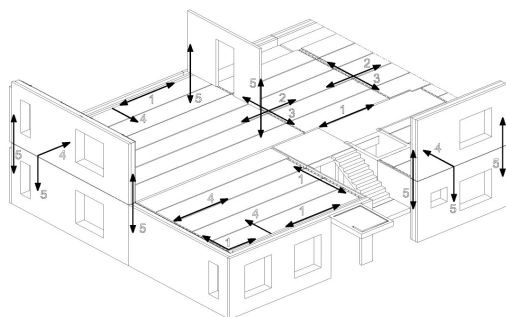
Kuten 2b, mutta sidevoimat suurempia, riippuvat hyötykuormasta

• Seuraamusluokka 3b:

Vaihtoehto 2a: Pystyrakenteen poisto ja korvaava rakennesysteemi

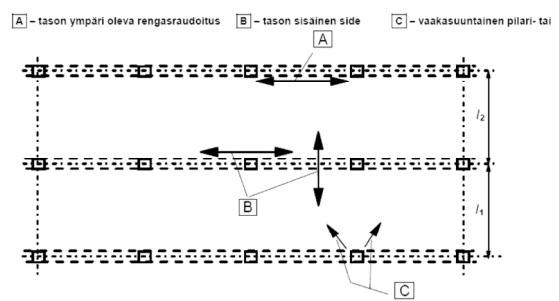
Vaihtoehto 1b: Mitoitus avainasemassa olevana rakenneosana

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Sidejärjestelmät

Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

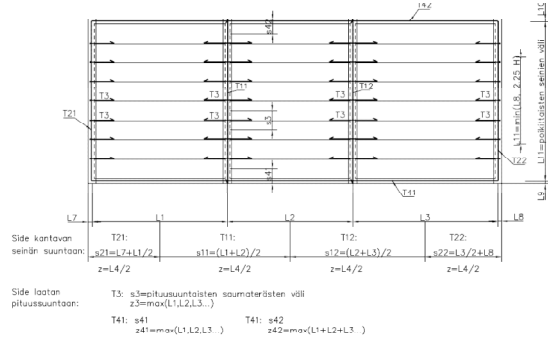


seinäside

Kuva 9.15: Siderauditus onnettomuuskuormien varalta

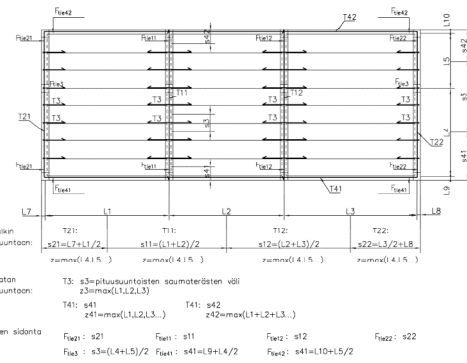
Ontelolaatastojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Sidevoimien määrittäminen ja kertymäalueet



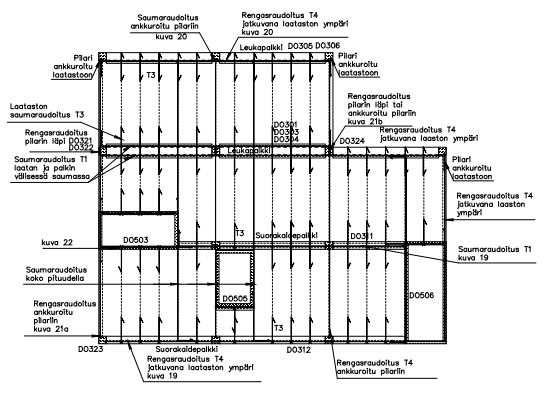
#### Kantavat seinät- laattarunko

Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



#### Pilari-palkkirunko

Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Elementtirakenteissa tulee olla jatkuvan sortumisen estävä sideraudoitus.

Tämä rauditus suunnitellaan siten, että kuormat voivat siirtyä toista kautta jos rakenteessa tapahtuu esim. onnettomuuden johdosta paikallinen vaurio.

Rengasraudoitus on osa elementtirakenteiden sideraudoitusta.

Seuraavien yksinkertaisten sääntöjen katsotaan täyttävän yo. vaatimuksen:

- laatasteissa pitää olla rengasraudoitus
- laatasteissa pitää olla sisäiset siteet
- rakenteissa pitää olla vaakasuuntaiset pilari- tai seinäsiteet
- tarvittaessa käytetään pystysiteitä, erityisesti kun rakenne muodostuu levyistä.

Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Rengasraudoitus (SFS-EN-1991-1-1)

- Rengasraudoitus tulee olla jokaisessa välipohjan ja yläpohjan ontelolaatasteissa
- Rengasraudoitus sijaitsee enintään 1,2 m:n etäisyydellä tason reunasta
- Rengasraudoituksen tulee kestää vetovoima

$$F_{tie,per} = \frac{A_{tie,per}}{l_{yk}} \geq \begin{cases} L_1 \cdot 10 \frac{kN}{m} \\ 70 \text{ kN} \end{cases}$$

$L_1$  on reunimmaisen laatan jänneväli (m)

2 T 10 ( $A_{tie,per} \cdot f_{yk} = 78,5 \text{ kN}$ ) riittää minimiarvoon 70 kN, kun  $L_1 \leq 7,85 \text{ m}$

2 T 12  $F_{tie,per} = 113 \text{ kN}$ , kun  $L_1 \leq 11,3 \text{ m}$

- Yllä oleva arvo on vähimmäisvaatimus rengasraudoitukselle.
- Normaalin käyttötilanteen vaakakuormat (tuulikuorma, lisävaakavoima ja muut vaakakuormat) voivat vaatia enemmän rengasraudoitusta, jos vaakakuormat ovat suuria tai jäykistävien rakenteiden välimatka on suuri.
- Rengasraudoitukseen voi sisällyä rauditus, jota käytetään myös sisäpuolisen siteen osana.
- Sisärukkissa on oltava rengasraudoitus samalla tavalla kuin ulkoruukissa. Sisärukkien siteet ankkuroidaan täydelle voimalle.

Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Laatasteiden rengasraudoituksen tulee kestää paitsi normaalin murtotilan kuormitusyhdistelmien mukaiset voimat niin myös seuraavat voimat:

Seuraamusluokka 1, 2a, 2b:

$$T_1, T_2 = \begin{cases} \geq 20 \frac{kN}{m} \cdot (s+a) \\ \geq 70 \text{ kN} \\ \leq 150 \text{ kN} \end{cases}$$

Seuraamusluokka 3a:

$$T_1, T_2 = \begin{cases} \geq F_{tie} \cdot (s+a) \cdot \frac{(g_k + \sum W_{i,q_i}) \cdot z}{37,5 \frac{kN}{m}} \\ \geq 70 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\text{missä } F_{tie} \leq \begin{cases} 48 \frac{kN}{m} \text{ yli 15 kerroksissa rakennuksissa} \\ (16 + 2,1 \cdot n) \frac{kN}{m} \end{cases}$$

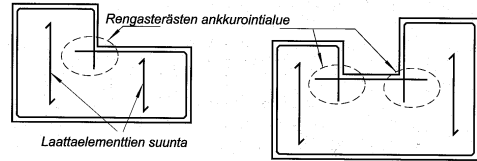
Kaavoissa on

- s on puolet rengasiteen etäisyydestä lähimmästä sisäpuolisesta siteestä ( $s_2 ; s_4$ )
- a on rengasiteen etäisyys rakennuksen reunasta
- z on suurin kantavien pystyrakenteiden (pilareiden ja seinien) keskiliinjien etäisyys siteen suuntaan tai siteen ollessa kantavan seinän suuntaan puolet poistettavaksi ajatellun seinälohkon pituudesta
- $g_k$  on laatasteiden pysyvän kuorman ominaisarvo
- $q_k$  on laatasteiden muuttuvan kuorman ominaisarvo
- $W_i$  on muuttuvan kuorman yhdistelykerroin onnettomuusmitoitustilanteessa
- $n_k$  on kerrosten lukumäärä

Ontelolaatasteiden suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

- Yllä oleva arvo on vähimmäisvaatimus rengasraudoitukselle.
- Normaalin käyttötilanteen vaakakuormat (tuulikuorma, lisävaakavoima ja muut vaakakuormat) voivat vaatia enemmän rengasraudoitusta, jos vaakakuormat ovat suuria tai jäykistävien rakenteiden välimatka on suuri.
- Rengasraudoitukseen voi sisältyä rauditus, jota käytetään myös sisäpuolisen siteen osana.
- Sisänurkissa on oltava rengasraudoitus samalla tavalla kuin ulkonurkissa. Sisänurkkien siteet ankkuroidaan täydelle voimalle.

Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Laataston reunoja kiertävä sideraudoitus (rengasraudoitus), joka varmistaa levyvaikutuksen.

Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Rengasraudoitus voidaan sijoittaa myös kokonaan pintabetonin valuun. Tällöin pintabetonin paksuuden tulee olla riittävä sekä pintabetonin ja elementin välisen sauman lujuus on riittävä.

Jos rauditus ei ole samassa tasossa, otetaan epäkeskisyyksistä aiheutuvat voimat huomioon.

Rengasraudoitusta ei saa normaalisti jatkaa limijatkoksien elementtien välisissä kapeissa saumoissa. Näissä tapauksissa käytetään mekaanista ankkurointia.

Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

#### Sisäiset siteet

- Jokaisessa välipohjan ja yläpohjan ontelolaattatasossa on oltava kahdessa likimain kohtisuorassa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa sisäisiä siteitä.
- Sisäiset siteet ovat jatkuvia ja ankkuroidaan rengasraudoitukseen kummassakin päässä elleivät ne jatku vaakasiteinä pilareihin tai seiniin.
- Ontelolaatan punokset toimivat laatan pituudella sisäisenä siteinä, jotka jatketaan laattojen välisiin saumoihin sijoitettavilla saumateräksillä viereiseen laattakenttään.
- Sisäpuoliset siteet voidaan jakaa tasaisesti laattoihin tai ne voidaan ryhmittää palkkien tai seinien kohdalle tai sisään.
- Seinissä olevat siteet enintään 0,5 m:n etäisyydellä laatan ylä- tai alareunasta
- Sisäpuoliset siteet yhdistetään rengasraudoituksen siteen, että voimien siirtyminen tapahtuu luotettavasti.

Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

#### SFS-EN-1992-1-1:

- Laatan pituussuuntaiset sisäisten siteiden (laatan pituussuuntaisten saumojen saumarauoituksen) tulee kestää laatan leveysmetriä kohden voima

$$F_{tie,int} = A_{s,tie,int} \cdot f_{yk} \geq 20 \frac{kN}{m} \Rightarrow 24 \text{ kN/sauma}$$

- Laatan poikkisuuntaisten sisäisten siteiden tulee kestää laatan pituusmetriä kohden voima

$$F_{tie,int} = A_{s,tie,int} \cdot f_{yk} \geq 20 \frac{kN}{m}$$

- Poikkisuuntaiset siteet keskitetään yleensä laattojen tuella oleviin päätysaumoihin, jossa siteiden vähimmäisvoima on

$$F_{tie,int} = A_{s,tie,int} \cdot f_{yk} \begin{cases} \geq 20 \frac{kN}{m} \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \\ \geq 70 \text{ kN} \\ \leq 150 \text{ kN} \end{cases}$$

missä  $L_1$  ja  $L_2$  ovat tuen molemmiin puoliin olevien laattakenttien jännevälit

Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Laatan pituussuuntaisen saumarauoituksen tulee kestää seuraamuluokasta riippuen seuraavat voimat:

Seuraamuluokka 1, 2a, 2b:

$$T_s = \begin{cases} \geq 20 \frac{kN}{m} \cdot s_3 \\ \geq 70 \text{ kN} \\ \leq 150 \text{ kN} \end{cases}$$

Seuraamuluokka 3a:

$$T_s = \begin{cases} \geq F_s \cdot s_3 \cdot \frac{(g_k + \sum w_k \cdot q_k) \cdot z_3}{37,5 \frac{kN}{m}} \\ \geq F_s \cdot s_3 \\ \geq 70 \text{ kN} \end{cases}$$

missä  $F_s \leq \begin{cases} 48 \frac{kN}{m} & \text{yli 15 kerroksissa rakennuksissa} \\ (16 + 2,1 \cdot n_s) \cdot \frac{kN}{m} \end{cases}$

Kaavoissa on

- $s_3$  on saumarauoituksen väli, esim. 1,2 m
- $z_3$  on suurempi perättäisistä kantavien pystyrakenteiden (pilareiden ja seinien) keskilinjien etäisyyksistä siteen suunnassa
- $g_k$  on laataston pysyvän kuorman ominaisarvo
- $q_k$  on laataston muuttuvan kuorman ominaisarvo
- $w_k$  on muuttuvan kuorman yhdistelykerroin onnettomuusilmoitusilanteessa?
- $n_s$  on kerrosten lukumäärä

Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



### Laataston poikkisuuntaiset siteet -- palkkien sidonta

Seuraamusluokka 1, 2a, 2b:

$$T_1 = \begin{cases} \geq k \cdot V_k \\ \geq 20 \frac{kN}{m} \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \\ \geq 70 kN \\ \leq 150 kN \end{cases}$$

Seuraamusluokka 3a:

$$T_1 = \begin{cases} \geq k \cdot V_k \\ \geq F_1 \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \cdot \frac{(g_k + \Sigma \psi_i \cdot q_{k,i}) \cdot \max(L_1, L_2)}{37,5 \frac{kN}{m}} \\ \geq F_1 \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \\ \geq 70 kN \end{cases}$$

missä  $F_1 \leq \begin{cases} 48 \frac{kN}{m} & \text{yli 15 kerroksissa rakennuksissa} \\ (16 + 2,1 \cdot n_i) \cdot \frac{kN}{m} \end{cases}$

Kaavoissa on

$V_k$  on suurempi pilarin molemmilla puolilla olevien palkkien tukireaktion ominaisarvosta

$k$  on liitospintojen kitkavoimien erotus kohdan 4.5 mukaan

$L_1$  ja  $L_2$  ovat palkkivälejä (välipohjalaattojen jännevälejä) palkin molemmin puolin

$L_4$  ja  $L_5$  ovat pilarivälejä palkin suunnassa poistettavaksi otaksutun pilarin linjalla

$s_1 = \frac{L_1 + L_2}{2}$

$z_1 = \max(L_1, L_2)$  on suurin pilariväli palkin suunnassa poistettavaksi otaksutun pilarin linjalla

$g_k$  on laataston pysyvän kuorman ominaisarvo

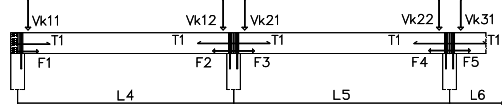
$q_k$  on laataston muuttuvan kuorman ominaisarvo

$\psi_i$  on muuttuvan kuorman yhdistelykertoimen onnettomuusmitoitustilanteessa?

$n_i$  on kerrosten lukumäärä

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

T<sub>1</sub>:n ankkurointi päädyssä



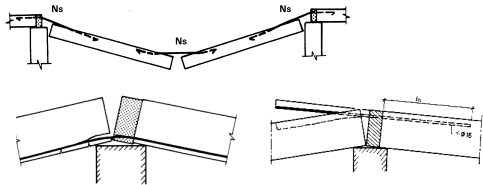
JATKUVA SORTUMA, sidevoima T<sub>1</sub>:  $z_1 = \max(L_4, L_5, L_6 \dots)$

ELEMENTIN PUTOAMISEN ESTÄMINEN:

$$\begin{array}{lllll} T_1 + F_1 = k \cdot V_k11 & T_1 + F_2 = k \cdot V_k12 & T_1 + F_3 = k \cdot V_k21 & T_1 + F_4 = k \cdot V_k22 & T_1 + F_5 = k \cdot V_k31 \\ \geq 30 \text{ kN} & \geq 30 \text{ kN} & \geq 30 \text{ kN} & \geq 30 \text{ kN} & \geq 30 \text{ kN} \\ \leq 150 \text{ kN} & \leq 150 \text{ kN} & \leq 150 \text{ kN} & \leq 150 \text{ kN} & \leq 150 \text{ kN} \end{array}$$

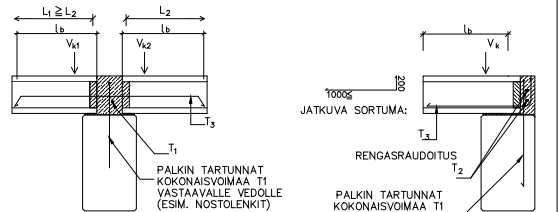
$V_k =$  palkin tukireaktio

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Kuva 18. Laataston saumateräksen virheellinen sijoitus /FIP1982, Engström/

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



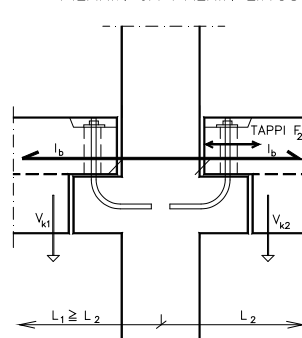
JATKUVA SORTUMA:

RENGASRAUDOITUS

PALKIN TARTUNNAT KOKONAISVOIMAA T<sub>1</sub> VASTAAVALLE VEDOLLE

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### PILARIN JA PALKIN LIITOS



PUTOAMISEN ESTÄMINEN

$$T_1 + F_2 = \begin{cases} k \cdot V_k2 \\ \geq 30 \text{ kN} \\ \leq 150 \text{ kN} \end{cases}$$

JATKUVA SORTUMA

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Pilareiden ja seinien vaakasiteet SFS-EN-992-1-1

- Reunapilarit ja seinät sidotaan jokaiseen väli- ja yläpohjatasoon
- Nurkkapilarit sidotaan kahdessa suunnassa
- Rengasraudoituksena käytettävää terästä voidaan käyttää myös vaakasiteenä nurkkapilarin kohdalla
- Siteiden tulee kestää reunan pituusmetriä kohden voima  $F_{lie, fac} = 20 \text{ kN/m}$
- Yksittäisen pilarin kohdalla vaakasiteen voiman ei tarvitse olla suurempi kuin  $F_{lie, col} = 150 \text{ kN}$

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Kantava- tai jäykistävä reunaseinäelementti ja reunapilari kiinnitetään välipohjaan voimalle**

Seuraamusluokat 1 ja 2:

$$F_{tie} = \begin{cases} \geq 20 \cdot \frac{kN}{m} \cdot s \\ \leq 150kN \end{cases}$$

Seuraamusluokka 3a:

$$F_{tie} = \begin{cases} \geq F_i \cdot \frac{h}{2,5m} \cdot s \\ \leq 2 \cdot F_i \cdot s \end{cases}$$

missä

$$F_i \leq \begin{cases} 48 \frac{kN}{m} \text{ yli 15 kerroksissa rakennuksissa} \\ (16 + 2,1 \cdot n_i) \frac{kN}{m} \end{cases}$$

$n_i$  on kerrosten lukumäärä

$h$  on kerroskorkeus

$s$  on seinäelementin pituus lisätyn mahdollisesti seinän molemmilla puolilla olevilla vapaiden välien puolikkailla tai pilariväli reunan suunnassa

Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Pystysiteet**

**Onnettomuusmitoitustilanteen seuraamusluokan 2b ja 3a rakennuksissa kantava- tai jäykistävä seinäelementti ja pilari** kiinnitetään yläpuoliseen kantavaan rakenteeseen pystysuuntaiselle voimalle, jonka suuruus on

$$F_v = G_s + G_k + Q_k$$

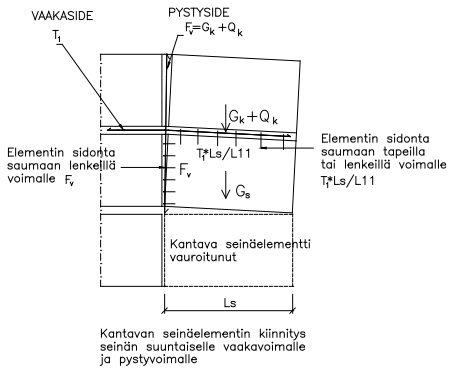
missä

$G_s$  on seinäelementin/pilariementin paino

$G_k$  on seinäelementille/pilariementille **yhdelta** kerrokselta tulevan pysyvän kuorman ominaisarvo

$Q_k$  on seinäelementille/pilariementille **yhdelta** kerrokselta tulevan muuttuvien kuormien ominaisarvo

Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



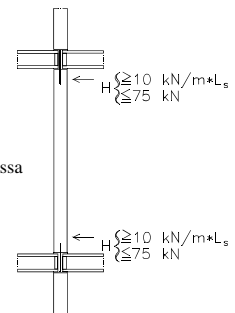
Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Kantava- tai jäykistävä seinäelementti kiinnitetään sekä ylä- että alareunastaan myös **seinän tasoa vastaan kohtisuoralle vaakavoimalle**

$$H = \begin{cases} \geq 20 \cdot \frac{kN}{m} \cdot L_s \\ \leq 150kN \end{cases}$$

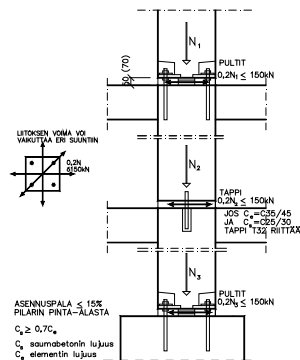
missä

$L_s$  on seinäelementin pituus vaakasuunnassa



Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Pilari-pilarijatkos - leikkauskestävyys vaakavoimalle**



Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Betoninormikortti n:o 18 /EC 1.5.2012**

Betoninormikortti on päivitetty yhteensopivaksi Eurokoodien kanssa:

SFS-EN-1990 Suunnitteluperusteet

SFS-EN-1991 Kuormat

SFS-EN-1992-1 Betonirakenteiden suunnittelu

SFS-EN-1168+A2 Betonivalmisosat. Ontelolaatat

SFS-7016 Esijännitetyiltä ontelolaatoilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

Flexibl-ohjelma on myös päivitetty yhteensopivaksi Eurokoodien ja Betoninormikortin viimeisimmän version kanssa

Ohjelman viimeisin versio Flexibl 8.35 23.11.2010

Ontelolaatojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Betoninormikortti n:o 18 /EC2 /01.06.2010**

Betoninormikorttiin n:o 18 /EC2 01.06.2010 on tehty seuraavat muutokset:

Normikortti on muutettu Eurocode 2:n SFS-EN-1992-1-1 sekä ontelolaatastandardin SFS-EN-1168+A3 sekä standardin SFS 7016 kanssa yhteensopivaksi materiaaliarvojen ja mitoituskaavojen osalta.

Normikortissa on otettu huomioon ontelolaatastandardin SFS-EN 1168+A3 tehdyt muutokset erityisesti laatan leikkauskestävyyden osalta.

Mitoituslevyden kertoimien  $k_{cd}$  arvot on muutettu soveltavaksi Eurocode:n mukaisessa mitoituksessa.

Normikortista on poistettu Superpalkki (palkkityyppi i).

Taulukoiden arvot mm. jännevoiman aiheuttaman jännityksen osalta on muutettu vastaamaan Eurocode 2:n mukaista jännevoiman kehitysmatkaa laatan päässä ja vastaamaan ontelolaatastandardin mukaista periaatetta.

Laskentamerkeissä palkkityyppi on muutettu sileäumaiseksi leukapalkiksi.

Laskentamerkki on muutettu Eurocode 2:n mukaiseksi.

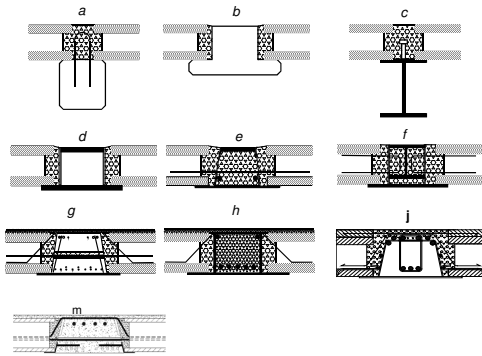
Betoninormikorttia n:o 18/EC2 /01.06.2010 saa käyttää vain mitoittaessa ontelolaattoja Eurocode-järjestelmän mukaan. Täten normikortin versiota ei saa käyttää mitoittaessa ontelolaattoja RakMk-järjestelmän mukaan. RakMk-järjestelmän mukaan mitoittaessa käytetään edelleen normikortin aikaisempaa versiota 01.08.2007.

**Muutokset ontelolaattojen leikkauskestävyyden laskennassa**

- Leikkauskestävyydessä otetaan huomioon esijännityksestä aiheutuva halkaisujännitys laatan päässä SFS-EN 1168 mukaan
- Kriittinen leikkaus 45 °:een kulmassa kulkevalla linjalla
- Puristuslaipan mitoituslevyden kertoimet  $k_{cd}$  muuttuneet
- Materiaalien lujuusarvot Eurokoodien mukaisia
- Varmuuskertoimet Eurokoodien mukaisia;
- Betonin vetolujuuden lisävarmuuskerrointa ei ole
- Kuormat Eurokoodien mukaan
- Poistettu markkinoilta poistuneet matalapalkkityypit
- Lisätty BM-palkki
- Ontelolaattojen suunnitteluparametrit tarkistettu Eurokoodien mukaisiksi (jännevoiman kehittyminen)
- Esimerkki muutettu Eurokoodien mukaiseksi

Ontelolaattojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Betoninormikortin n:o 18 soveltamisalaan kuuluvat rakennetyypit**



Ontelolaattojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Taulukko 1/2** Normikortin soveltamisalueeseen kuuluvat palkkityypit

Tuotenumero	Palkin kuvaus
Betonipalkki	a Laatta suorakaidepalkin päällä, lisäehdot, ks. kuva 5/3
Betonileukapalkki	b Jännitety tai teräsbetoninen leukapalkki **) ks. uuman määrittely
Teräspalkki	c Laatta teräksisen levypalkin päällä, lisäehdot, ks. kuva 5/3
WHQ-palkki	d Sileäumainen teräsleukapalkki
Delta-palkki	e Patentoitu vinoumainen teräsluottopalkki
MEK-palkki	f Patentoitu teräsluottopalkki
LBL ja LB-palkki	g Patentoitu vinoumainen jännitety luottopalkki
Kvatropalkki	h Patentoitu teräsluottopalkki
A-palkki	j Patentoitu vinoumainen teräsluottopalkki
Betonileukapalkki	k Jännitety leukapalkki2 *) ks. uuman määrittely
BM-palkki	m Vinoumainen teräsleukainen jännebetonipalkki

\*) Betonileukapalkki2 = täysin sileä betonuuma tai vaarnat uuman yläosassa, enintään  $h_{hc}/2$  korkeat, missä  $h_{hc}$  on ontelolaatan korkeus  
 \*\*) Betonileukapalkki1 = vaarnattu uuma, muut kuin leukapalkin 2 mukaiset vaarnat

Ontelolaattojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Ontelolaataston tuenta palkin varaan**

Ontelolaataston yhteydessä on aina tarkistettava laataston kantokyky yhdessä matalan palkin kanssa, koska taipuisalla tuella olevan ontelolaatan leikkauskestävyys on pienempi verrattuna taipumattomaan tuentaan.

Mitoitus tehdään betoninormikortin 18 mukaisesti.

Leikkauskestävyyden pienemiseen vaikuttaa palkin jäykkyys, liitovaikutusaste ja kuormitustapa.

Erityisesti leikkauskestävyys on heikompi suurilla hyötykuorman arvoilla.

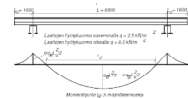
Ontelolaattojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

**Puristuslaipan mitoituslevyden kertoimet  $k_{cd}$  Eurokoodimitoituksessa**

Puristuslaipan mitoitusleveys yhdellä puolella palkkia:

$$b_{cd, left/right} = k_{cd, left/right} \cdot L_0$$

$L_0$  on palkin momentin nollakohtien välimatka



**Taulukko 1/A** Yhdellä puolen palkkia olevan puristuslaipan mitoituslevyden kerroin  $k_{cd}$  palkkityypin (kuva 1/2 ja taulukko 1/2) ja laattatyyppin (kuvat 1/1 ja 2/1) mukaisesti

Laatta	$h_{hc}$ mm	Palkki a-c	Palkki d	Palkki e	Palkki f	Palkki g	Palkki h	Palkki j	Palkki k	Palkki m
O15	150	0.0261	0.0101	0.0208	0.0172	0.0138	0.0210	0.0128	0.0146	0.0167
O20	200	0.0281	0.0101	0.0208	0.0172	0.0138	0.0210	0.0128	0.0146	0.0167
O27	265	0.0289	0.0114	0.0231	0.0192	0.0155	0.0233	0.0144	0.0164	0.0186
O32	320	0.0313	0.0125	0.0214	0.0208	0.0169	0.0253	0.0157	0.0178	0.0202
O37	370	0.0335	0.0134	0.0198	0.0223	0.0181	0.0271	0.0169	0.0191	0.0216
O40	400	0.0348	0.0140	0.0188	0.0232	0.0189	0.0281	0.0176	0.0199	0.0225
O50	500	0.0635	0.0324	0.0281	0.0438	0.0364	0.0522	0.0341	0.0335	0.0426

a) betonisuorakaidepalkki, b) betonileukapalkki1, c) teräspalkki, d) WHQ, e) Delta, f) MEK, g) LBL ja LB, h) Kvatro, j) A-palkki, k) betonileukapalkki2, m) BM-palkki

Ontelolaattojen suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

- Liittorakenteena toimivan palkin leikkauvuosta aiheutuu laatan uumakannaksiin vaakasuora poikittainen leikkauvoima, jota ei esiinny jäykille tuillo tuetuissa laatoissa. Sen aiheuttamat laatan uuman poikittaiset leikkaujännitykset ovat  $\tau_{vl}$ .
- Laatan päässä esiintyvät muut jännityskomponentit ovat laatan suuntaisia ja ne ovat samat kuin jäykille tuille tuetuissa laatoissa: jännevoiman aiheuttama puristusjännitys  $\sigma_{cp}$  ja laatan leikkauvoimasta aiheutuvat laatan pituussuuntaiset leikkaujännitykset  $\tau_{vc}$ .

(2) Laatan leikkauksurtuminen tapahtuu, kun laatan uuman murtoehto toteutuu. Murtoehto on uuman päävetojännitysehto ja laatan murtuessa päävetojännitys on uuman mitoitusvetolujuuden suuruinen.

(3) Päävetojännitys  $\sigma_1$  lasketaan tasojännitystilasta muunnettuna jännityksenä:

$$\sigma_1 \approx \frac{\sigma_{cp} + \sigma_{cM}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{cp} + \sigma_{cM}}{4}\right)^2 + (\tau_{hc} + \tau_{cp})^2 + (\beta_f \tau_{vl})^2}$$

ja uuman murtoehto on  $\sigma_1 = f_{ctd,hc}$

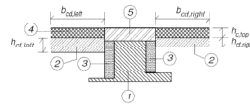
Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Leikkauvuon mitoitusarvo

$$v_{fw} = \beta_b \cdot (v^1_{\ell 1} \cdot V_{B,1,Ed} + \beta_t \cdot v^1_{\ell 2} \cdot V_{B,2,Ed})$$

Yksikköleikkauvuon

$$v_{\ell i}^{1 \text{ left/right}} = \frac{(EA)_{cf,d,i}^{left/right} e_{o,cf,i}^{left/right}}{(EI)_{com,d,i}}$$

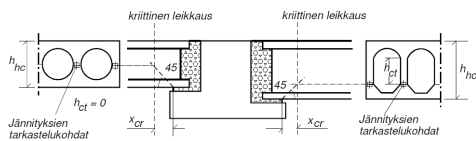


Ontelolaatasten ja niissä kannattavan palkin muodostaman liittorakenteen leikkauksen teholliset osat

Vaaka-suuntainen leikkaujännitys

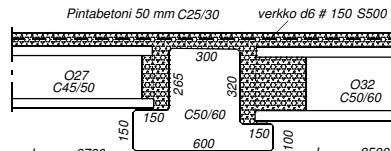
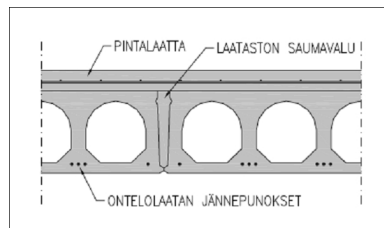
$$\tau_{vl} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_{fw} \cdot b_{hc}}{(h_{hc} - h_{ct}) \cdot \Sigma b_{wi}} \cdot \beta_f$$

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Kuva 2/3 Kriittisen leikkauksen ja jännityksien tarkastelukohtan sijainti ontelolaatan päässä,  $x_{cr} = (h_{hc} - h_{ct})/2$

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



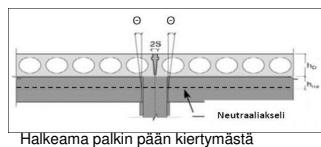
Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Pintakerrosten halkeamien syntymismekanismi

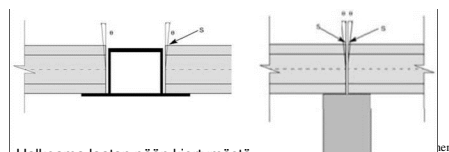
Halkeamat syntyvät yleisesti kantavan rakenteen taipuessa, joko palkin taipuessa tai laatasten taipuessa ja kiertymässä

Halkeamien leveyttä voidaan likimäärin arvioida seuraavasti:  
 $S = \Theta(h_D + h_{na})$

missä:  
 $\Theta = 16d/5L$   
 $d$  = rakenteen taipuma  
 $L$  = rakenteen jännemitta



Halkeama palkin pään kiertymästä



Halkeama laatan pään kiertymästä

### Matalapalkin mitoitus

Palkkia ei kannata mitoittaa liian tiukalle ainakaan alustavassa mitoituksessa eikä optimoida ottamatta huomioon eri kuormitustilanteita ja laatasten kantokykyä.

Palkin alustavassa mitoituksessa pyritään välttämään maksimipunostettuja laattoja.

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

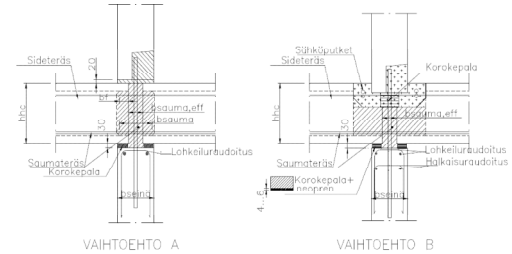
### Vastaava rakennesuunnittelija

- Vastaa rakenteen kokonaistoiminnasta ja siitä, että eri osapuolten, kuten palkkisuunnittelijan ja laattasuunnittelijan, laatimat rakennesuunnitelmat muodostavat keskenään toimivan kokonaisuuden.
- Tulee huolehtia siitä, että palkin ja laatan yhteistoiminta on otettu asianmukaisesti huomioon sekä palkin että ontelolaatan suunnitelmissa.
- On huolehdittava siitä, että laattasuunnittelija saa tiedot palkin poikkileikkauksesta.

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Ontelolaatta-seinäliitos Betoninormikortti n:o 27

#### Uusittu Eurokoodien kanssa yhteensopivaksi



Kuva 1. Liitoksen rakenne

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Liitoksen kestävyys pystykuormalle

$$N_{Rd} = k \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_{c,liitos}} \cdot b_j \cdot L_j$$

Vaihtoehto A:                      Vaihtoehto B:

$$k=0,5$$

$$k=0,6$$

$$b_j = \min(b_{sauma}; b_{seinä}) \quad b_j = b_{seinä}$$

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

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

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Ontelolaatan leikkaukestävyys

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

tai kaavasta

$$V_{Rd2} = \mu \cdot \left( A_s \cdot f_{yd} + \frac{x_1}{l_{pd2}} \cdot P_- \right)$$

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

$\rho = A_s / (b_w \cdot d)$ ;  $A_s$  on saumaterästen määrä yhtä laatan leveyttä kohden

$$\beta = 0,9$$

$A_p$  on yhden laatan alapinnan punosten poikkileikkauksala

$F_{pzd}$  on alareunan punosten ankkurointivoima etäisyydellä  $x_1$  laatan päästä

$$F_{pd} = A_p \cdot f_{pd}$$

$x_1$  on laatan tukipituus (etäisyys laatan päästä seinän ruunaan- viiste)

$$\mu = 0,8 \text{ on kiitakerroin}$$

$l_{pd}$  on jännevoiman kehittymismatkan yläarvo

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Saumaraidoitus (sideraidoitus)

Sijainti laatan korkeuden puolivälissä

Maksimimäärä:

$$A_{s,max} = \left[ \frac{f_{ctk,0,05} - (\sigma_{sp} + \sigma_{cg})}{d \cdot f_{yk}} \right] \cdot W_y$$

$\sigma_{sp}$  on jännevoiman aiheuttama puristusjännitys kehityy, ismatkan päässä 6 kk:n kuluttua laatan valmistuksesta

$\sigma_{cg}$  on laatan oman painon aiheuttama jännitys kohdassa  $x_1$

Jos muusta syystä tarvitaan suurempi määrä saumaraidoitusta, sijoitetaan loppuosa sauman alaosaan.

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

### Alapuolisen seinän yläosan halkaisuraudoitus

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

$$b_o = b_{sauma} \quad \text{vaihtoehto A}$$

$$b_{sauma,eff} \quad \text{vaihtoehto B}$$

Seinän ylänurkan lohkeamisen estämiseksi seinän yläreunassa on oltava lenkki- tai hakaraudoitus, joka on mitoitettu voimalle

$$N_{Rd} = \max \{ k_s \cdot N_{Ed}; 100 \text{ kN} \}$$

missä

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

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

#### Rakenteelliset ohjeet

Seinän vähimmäispaksuus 180 mm

- Sauman tehollinen leveys vähintään 50 mm
- Ontelolaatan tukipituus asennuksen jälkeen:  
vähintään 40 mm (laatan korkeus  $\leq$  370 mm)  
60 mm (laatan korkeus 400...500 mm)
- Saumavalun pituus ontelossa vähintään 50 mm
- Laatan alapuolisen sauman korkeus vähintään 20 mm
- Yläpuolisen saumavalun paksuus vähintään 20 mm (vaihtoehto A)

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

#### Ala- ja yläpuolisen seinän rauditus

- Alapuolisen seinän yläreunassa nurkissa vaakasuuntainen harjateräs  $\phi$  16 (200 mm<sup>2</sup>)
- Nurkkaterästen ympäri kiertävät lenkit, määrä 250 mm<sup>2</sup>/m => harjateräs  $\phi$ 8 k 200
- Yläpuolisen seinän alareunassa lohkeilurauditus

#### Betonin lujuus

- seinät vähintään C30/37
- saumavalu vähintään C25/30, kuitenkin vähintään 85 % alemman seinän lujuudesta
- saumavalun max. raekoko 8 mm

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen

Vaihtoehdossa B neopren-nauha 4...6 mm, 60 shore

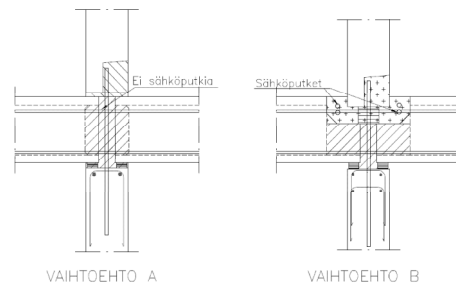
#### Saumavalut:

Vaihtoehdossa A valu painelaatikon avulla

Vaihtoehdossa B valu kahdessa osassa:

- ensimmäinen valu laattojen asennuksen yhteydessä 50 mm vajaaksi
- toinen valu ylemmän seinän asennuksen jälkeen.

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen



Kuva 5. Sähköputkien sijoittelu liitoksessa

Vaihtoehdossa B 2  $\phi$  20 mm sähköputkea molemmissa loveuksissa

Ontelolaatasten suunnittelukurssi 21.11.2012 Pekka Häyrinen