

CLT levyjen väliset ruuviliitokset ja tärinäneristimien vaikutus

Ari Kevarinmäki
Eurofins Expert Services Oy

CLT-Elementtien liitokset

Yleistä

- Päätehtävä kantavuus ja tiiveys
- Liitokset tavanomaisia, puurakenteille tyypillisiä
- CLT-liitokset ei kuulu Eurokoodi 5 sovellusalueeseen!
- Poikkeavuus sisäisestä kerros- ja ristirakenteesta ja lamellien raoista
- Liittimet pääosin ruuvi- ja teräsmuotolevy- tai –teräsosakiinnittimiä
- Runkoääneneristävyysvaatimukset!



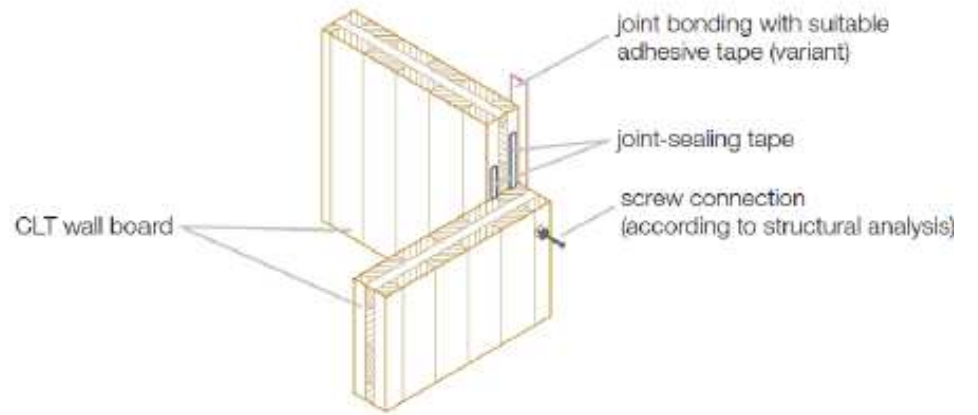
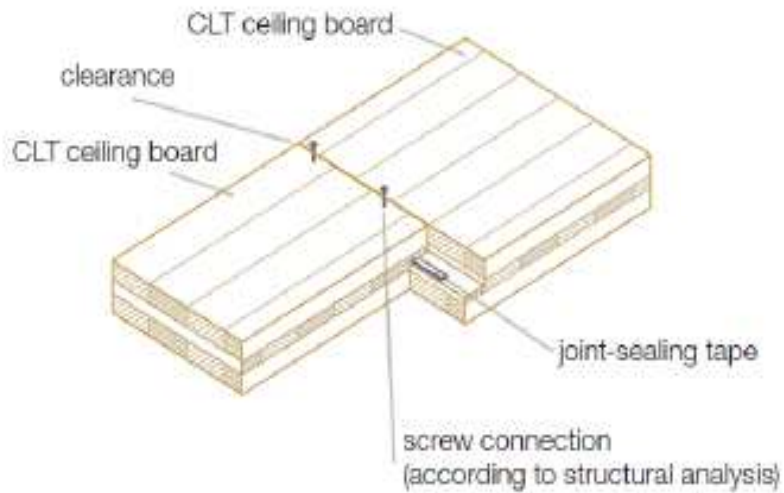
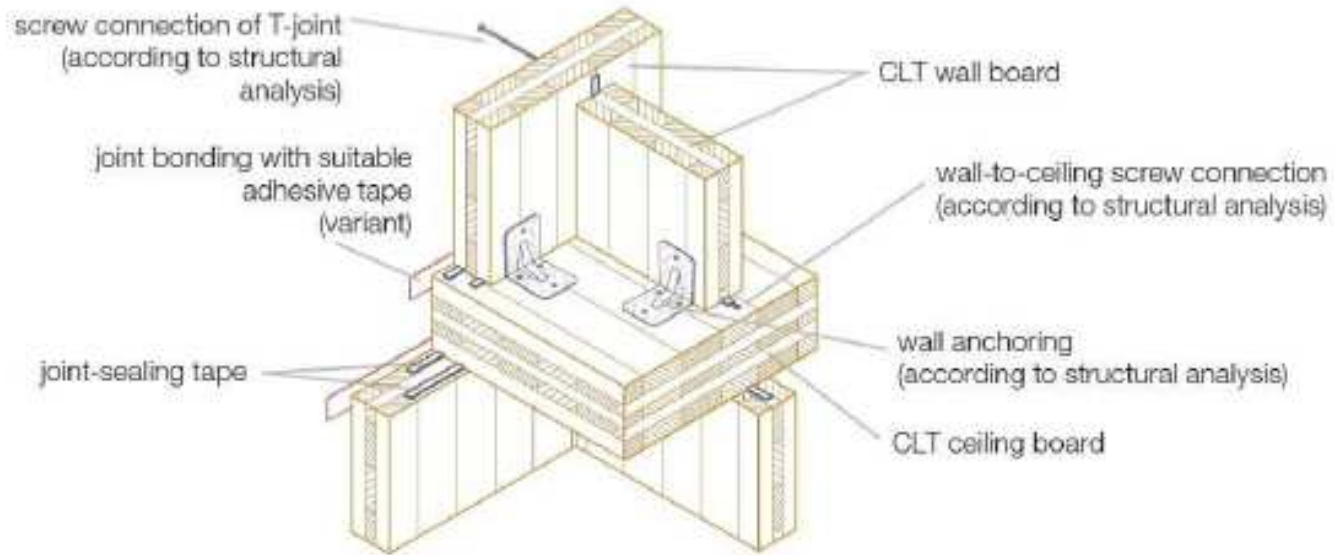
Kuvat:



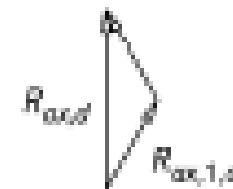
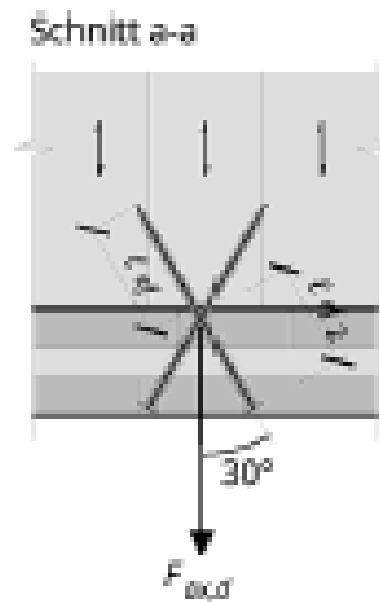
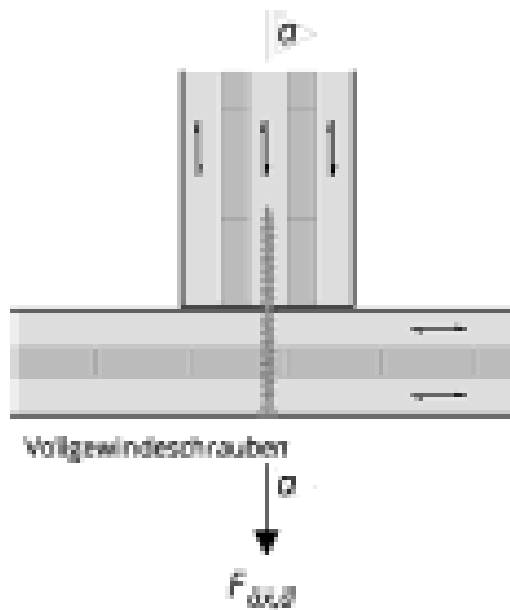
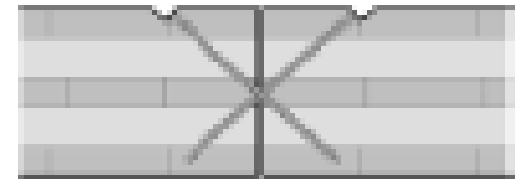
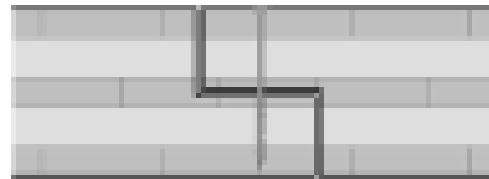
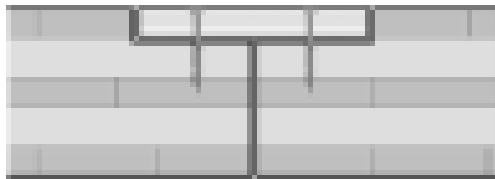
17.1.2019



2



Tyypillisiä CLT:n ruuviliitoksia

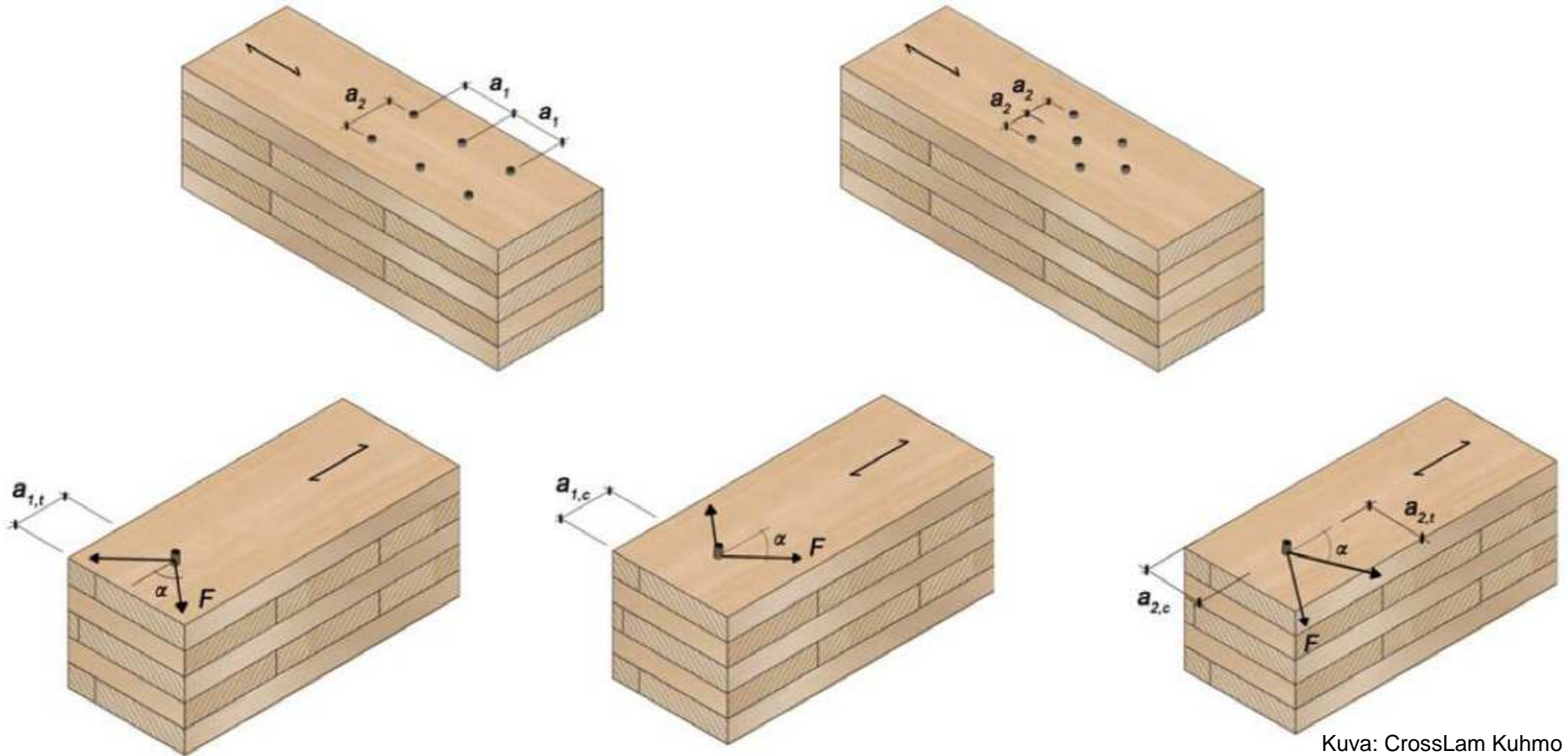


Kuvat: [storaenso](https://www.storaenso.com)

CLT liitosmitoitus:

RIL 205-1-2017 + valmistajakohhtaiset lisäohjeet

- Lohkeamismurtomitoitus: $k_{bt} = 1,5$; t_1 = pituussuunnan lamellikerrosten mukaan
- Palalohkeamisessa käytetään tasoleikkauslujuutta $f_{R,k}$
- Naulan paksuuden on oltava vähintään 4 mm
- CLT-levyn syrjänaulaus ei välitä voimia
- CLT-levyn lappeen naulaliitoksille sovelletaan puutavaraliitosten ohjeita
- CrossLam Kuhmo CLT-levyn lappeen naulaliitoksissa:
 - Leikkauskestävyys C24 sahatavaraliitoksena
 - Peräkkäisiä nauvoja ei tarvitse limittää syysuunnassa, kun pintalamellin paksuus ≤ 40 mm
 - Naulaväleille, reuna- ja päätyetäisyyksille omat taulukoidut arvot
 - Pituussuuntaan kuormitettujen naulojen tulee olla profiloituja ja $t_{pen} \geq 8d$
 - Naulan ulosvetokestävyys kaavalla: $R_k = 14d^{0,6}t_{pen}$ (N)



Kuva: CrossLam Kuhmo

Taulukko 8.xS. Liitinvälien sekä reuna- ja päätyetäisyyksien minimiarvot CrossLam Kuhmo CLT:n leikkauskuormitetuille lapeliitoksille.

| Liitin | a_1 | $a_{1,t}$ | $a_{1,c}$ | a_2 | $a_{2,t}$ | $a_{2,c}$ |
|--------------|---|----------------------|---|---------|----------------------|-----------|
| Naulat | $(3+3 \cos \alpha)d$ | $(7+3 \cos \alpha)d$ | $6 d$ | $3 d$ | $(3+4 \sin \alpha)d$ | $3 d$ |
| Ruuvit | $4 d$ | $6 d$ | $6 d$ | $2,5 d$ | $6 d$ | $2,5 d$ |
| Tappivaarnat | $(3+2 \cos \alpha) d$ | $5 d$ | $\max \begin{cases} 4d \cdot \sin \alpha \\ 3d \end{cases}$ | $3 d$ | $3 d$ | $3 d$ |
| Pultit | $\max \begin{cases} (3+2 \cos \alpha)d \\ 4d \end{cases}$ | $5 d$ | $4 d$ | $3 d$ | $3 d$ | $3 d$ |

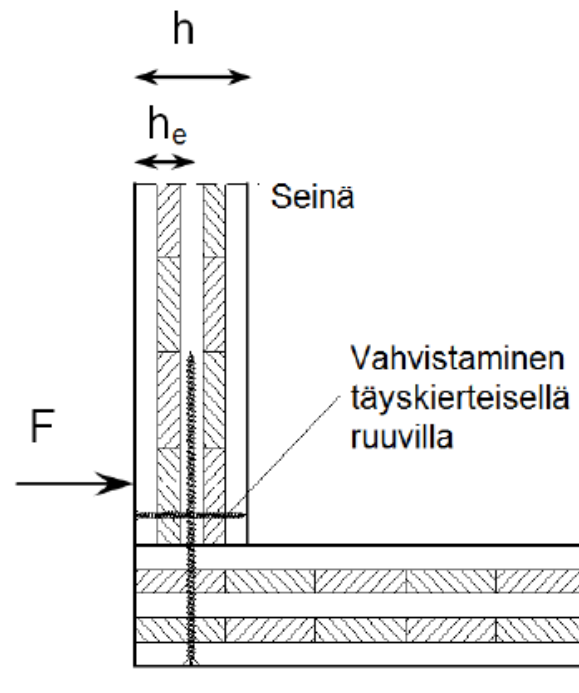
- Stora Enso CLT:llä pituussuuntaan kuormitettujen naulojen oltava profiloituja
- Syrjäpintaan asennettavat pultit ei välitä voimia
- Stora Enso CLT:n reunapuristuslujuus pulttiliitoksille:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{k_{CLT}(1 - 0,015d)}{1,1 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \text{N/mm}^2 \quad k_{CLT} = \begin{cases} 32 & \text{kuusi tai pihta CLT} \\ 44 & \text{mänty CLT} \end{cases}$$

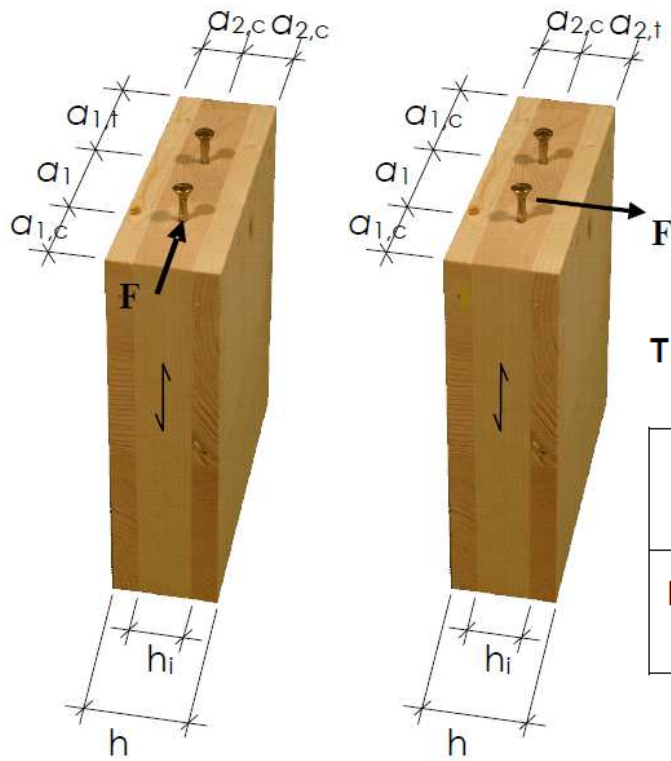
- Stora Enso CLT:llä pulttien reuna- ja päätyetäisyydet vedetystä reunasta $5d$ ja kuormittamattomasta reunasta $3d$. Pulttien minimiväli on $5d$ kaikkiin suuntiin.
- CrossLam Kuhmon CLT-levyillä käytetään lujuusluokan C24 reunapuristuslujuutta ja $n_{ef} = n$, kun pintalamellin paksuus ≤ 40 mm
- Ruuvien halkaisija lapeliitoksissa vähintään 6 mm ja syrjäliitoksissa 8 mm
- Stora Enso CLT:n syrjään päätylautoihin ruuvatuissa liitoksissa:
 - Vain esiporaamattomia ruuveja, joiden halkaisija $d = 8 \dots 12$ mm ja tunkeumasyyvyys $\geq 12 d$
 - Mitoitus pulttiliitoksena pienentäen leikkauskestävyyttä 50 %
 - Ruuvien laskennollista ulosvetolujuutta pienennetään 25 %

- CrossLam Kuhmo CLT-levyjen ruuviliitoksissa

- Taulukoidut minimietäisyydet lape- ja syrjäruuvaukseen
- Syrjäliitoksille taulukoidut minimipaksuudet, lamellipaksuudet ja tunkeumasyvyydet
- Syrjäpinnan päätylautojen kohdalla leikkausvoimaa välittävänä vain esiporaamattomia ruuveja, joiden $d = 8 \dots 10 \text{ mm}$ ja tunkeumasyvyyden vähintään $12d$
- Reunapuristuslujuus syrjäliitoksessa: $f_{h,k} = 20d^{0,5} \text{ (N/mm}^2\text{)}$
- Syrjäliitokset vahvistettava, jos poikittaista kuormitusta ja $h_e < 0,7h$



Kuva: CrossLam Kuhmo



Kuva: CrossLam Kuhmo

Taulukko 8.zS. CrossLam Kuhmo CLT syrjäliitoksien paksuusvaatimukset ja ruuvien vähimmäistunkeuma.

| Liitin | Lamellin minimipaksuus h_i (mm) | CLT:n minimipaksuus h (mm) | Liitimen vähimmäistunkeuma t_{pen} (mm) |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------|---|
| Itseporautuvat ruuvit | $d > 8$ mm: $3d$ $d = 8$ mm: 20 | $10d$ | $10d$ |

Taulukko 8.yS. Liitinvälien sekä reuna- ja päätyetäisyyksien minimiarvot leikkauskuormitetuille CrossLam Kuhmo CLT syrjäliitoksille.

| Liitin | a_1 | $a_{1,t}$ | $a_{1,c}$ | $a_{2,t}$ | $a_{2,t}$ | $a_{2,c}$ |
|-----------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Itseporautuvat ruuvit | $10d$ | $12d$ | $7d$ | $3d$ | $6d$ | $3d$ |

- CrossLam Kuhmo CLT:n pituussuunnassa kuormitettujen ruuvien lisäohjeet:

- ruuvien tartuntapituus lamellikerroksessa i : $l_{ef,i} \geq 4d$
- ruuvien pituussuunnan ja puun syysuunnan välinen kulma $\alpha \geq 30^\circ$
- syrjäliitoksissa ruuvi aina kokonaan yhteen lamellikerrokseen
- ulosvetokestävyys (sekä lape- että syrjäliitokset):

$$R_{ax,k} = \sum_{i=1}^n f_{ax,i,k} \cdot l_{ef,i} \cdot d \quad [N]$$

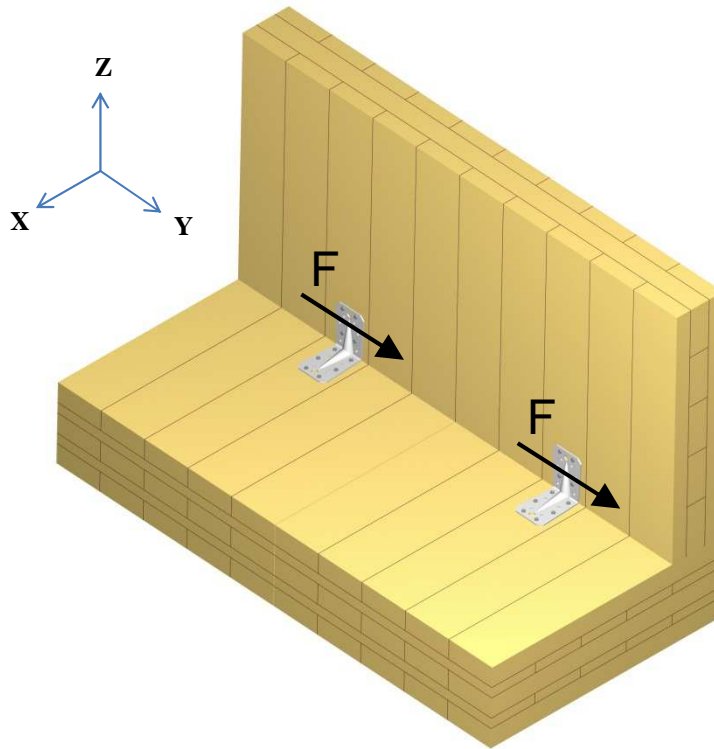
kun $f_{ax,i,k}$ on ulosvetolujuus C24 sahatavaralla kuormitussuunnassa α

- kannan läpivetolujuus sahatavaran lujuusluokan C24 mukaan

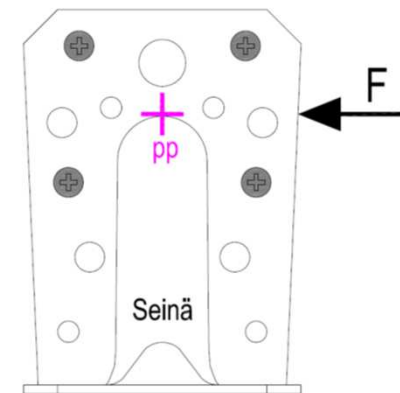
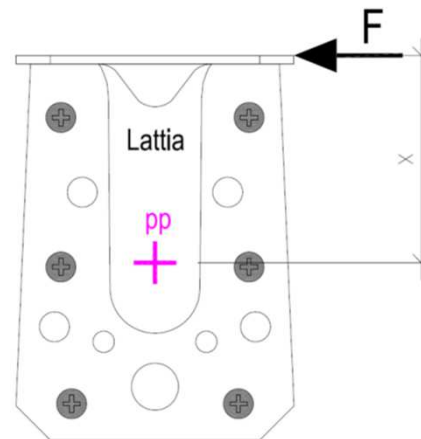
Kulmalevyyliitoksen mitoitusperiaate

Voimien jakautumisen periaate kulmalevyyssä

- Seinää vasten olevassa laipassa voiman F oletetaan vaikuttavan liitinryhmän painopisteessä, jolloin liitinryhmään ei synny momenttia voimasta F
- Lattiaa vasten olevassa laipassa voiman F oletetaan vaikuttavan kulmalevyn taitoksessa, joten liitinryhmään syntyy momenttia voimasta F



$$M = x \cdot F$$



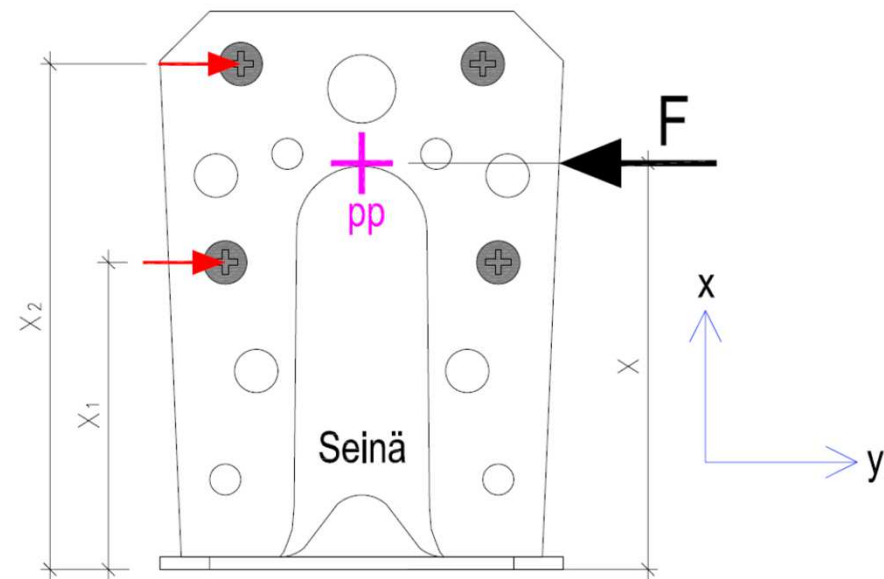
Liitinvoiman määrittäminen / keskeinen kuormitus

Voima F vaikuttaa liitinryhmän painopisteessä

Liitinvoima F_{\max} eniten rasitetussa liittimessä

$$F_{\max} = \frac{F}{n}$$

n = liittimien kokonaismäärä kulmalevyn laipassa



Liitinvoiman määrittäminen / kimmoteoria

Liitinryhmän painopiste (pp),
kun liittimillä sama jäykkyys

$$x = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_i}{n_{x,i}}$$

x = ks. viereinen kuva

$n_{x,i}$ = voimavarsien määrä

Liitinvoima F_{\max} eniten
rasitetussa liittimessä

$$I_p = \sum_{i=1}^n (x_i^2 + y_i^2)$$

$$F_x = \frac{M}{I_p} \cdot y_{\max}$$

$$F_y = \frac{F}{n} + \frac{M}{I_p} \cdot x_{\max}$$

$$F_{\max} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

x_i = liittimen etäisyys painopisteestä suunnassa x

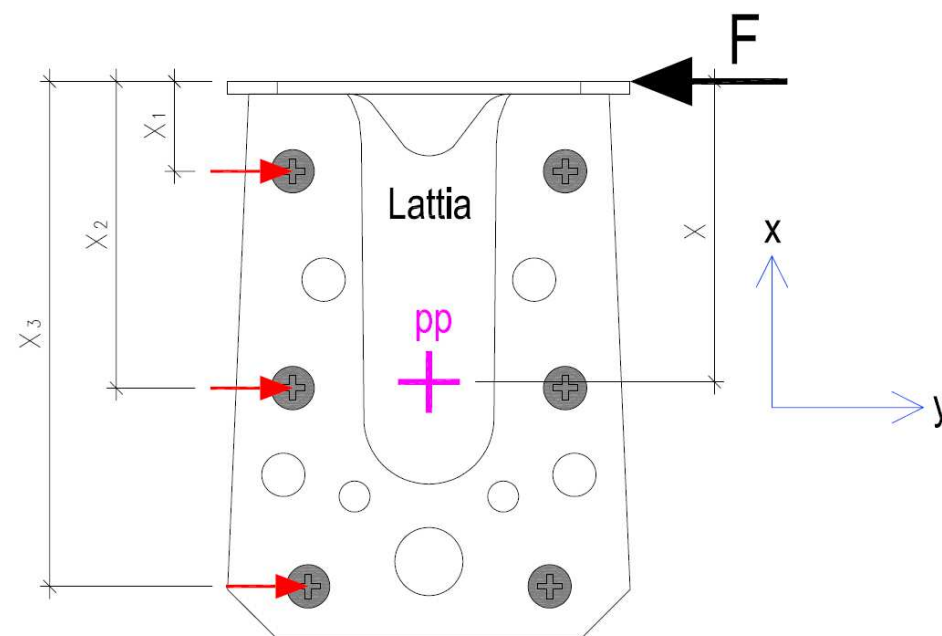
y_i = liittimen etäisyys painopisteestä suunnassa y

x_{\max} = liittimen max etäisyys painopisteestä suunnassa x

y_{\max} = liittimen max etäisyys painopisteestä suunnassa y

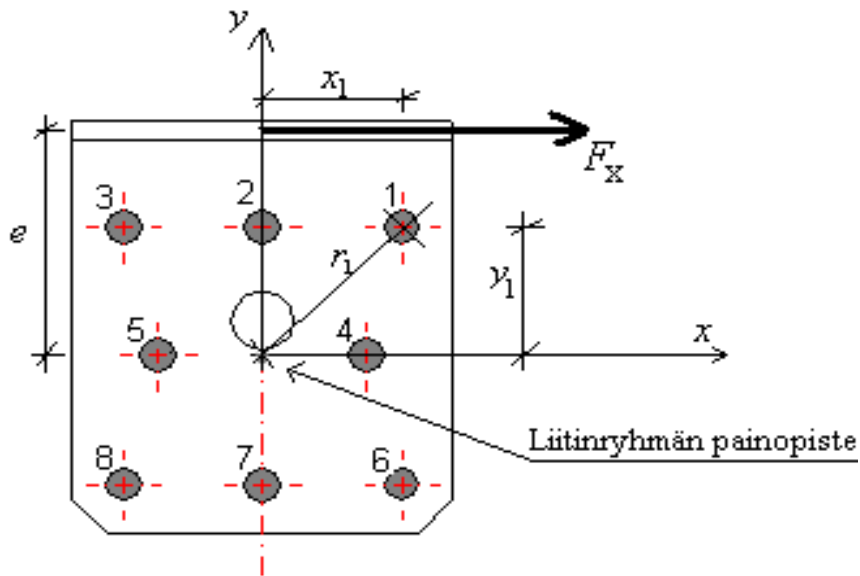
n = liittimien kokonaismäärä kulmalevyn laipassa

I_p = liitinryhmän polaarinen jäyhyysmomentti



Liitinvoiman määrittäminen / plastisuusteoria

Useilla ETA-kulmilla käytetään plastisuusteoriaa. Mahdollinen, kun liittimet riittävän etäällä painopisteestä ja eikä puustamurtovaaraa (sopii CLT:lle)



$$M = F_x e$$

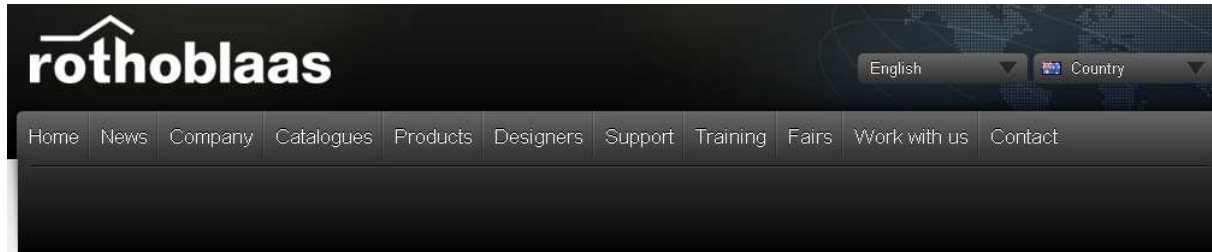
$$q_{ix} = \frac{F_x}{n_B} + \frac{M}{\sum r_i} \cdot \frac{y_i}{r_i}$$

$$q_{iy} = \frac{M}{\sum r_i} \cdot \frac{x_i}{r_i}$$

$$q_i = \sqrt{q_{ix}^2 + q_{iy}^2}$$

$$q_i = F_x \cdot \sqrt{\frac{1}{n_B^2} + \frac{e}{\sum r_i \cdot r_i} \cdot \left(\frac{2y_i}{n_B} + \frac{e \cdot y_i^2}{\sum r_i \cdot r_i} + \frac{e \cdot x_i^2}{\sum r_i \cdot r_i} \right)} \leq R_{d, fastener}$$

Järeitä kulmalevyjä



TITAN - Angle wood-concrete



TITAN - Angle wood-wood

Angle bracket made of special steel with an ideal geometrical shape for high shear stress transmission. The available versions allow wood-wood or wood-concrete wall connections using either X-Lam or Frame Panels technologies.

[Technical documentation](#)

Kuvat: Rotho Blaas

Application



Panel House



Panel House



Frame House

[ETA-11/0496:](#)

Taulukoidut leikkausvoimakapasiteetit täyteen nau-lauksille ja ruuvauksille. Betonipulttien rasituksille valmiiksi lasketut momenttivaikutuskertoimet

$$\Rightarrow F_{pultti,d} = k_{red} F_d / n_{pultti}$$

Tärinäeristeen vaikutus

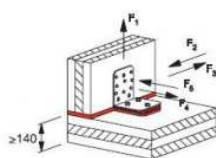
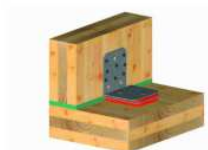
- Sylomeer / Sylodyn -eristeet runkoäänelle kerrostalon elementtien / liitososien välissä
- Väliaineellinen / raollinen liitos (eriste 6...10 mm)
- Rakennusta jäykistävät leikkaus- ja ankkurointivoimat vietävä eristeen läpi liittimillä
- Ankkurointivoimat aksiaalisesti kuormitetuilla ruuveilla tai pulteilla
- Ristiruuviliitos toimii ongelmitta leikkausvoimalle (vetoruuviliitos ei toimi!)

Väliaineellinen / raollinen puikkoliitos

- Ei kuulu Eurokoodi 5 liitosmitoitushjeiseiin
- EN 1995-1-1 kohta 8.1.1 (1)P: ”*Mikäli tässä luvussa ei anneta muita sääntöjä, määritetään kestävyuden ominaisarvo ja liitoksen jäykkyys kokeellisesti standardin EN 1075, EN 1380, EN 1381, EN 26891 tai EN 28970 mukaan*”.
- Raollisen puikkoliitoksen leikkauskestävyydelle voidaan johtaa puikkoliitos-teoreettiset mitoituskaavat. => Arvio raon vaikutuksesta. Toimivuus varmennettava kokeellisesti!
 - jäykkyys?
 - vaihtuvan kuormitussuunnan vaikutus?
 - köysivoimaefektin riippuvuus väliaineen jäykkyydestä ja kitkasta?
- Raon vaikutus korostuu hoikilla liittimillä ja ohuilla liitoslevyillä (ohut teräslevy).

Tärinäeristimet kulmalevyissä

<http://www.strongtie.de/products/detail/winkelverbinder/177>



Kuvat: Simpson Strongtie

| References | Abmessungen [mm] | | | | | | Löcher | | | |
|------------|------------------|-----|----|-----|---|---|---------------------|--------|---------------------|----------------------|
| | A | B | C | D | E | t | Schenkel A | | Schenkel B | |
| | | | | | | | Nägel/ Schrauben | Bolzen | Nägel/ Schrauben | Holzschrauben (*) |
| ABAI105 | 103 | 103 | 90 | 106 | 8 | 3 | 8 Ø5 | 3 Ø11 | - | 3 Ø7 |

*) Holzschrauben: SDS25600MB

Tragfähigkeiten und Verschiebungsmodule: Einseitiger Anschluss mit einem Sylodyn-Dämmstreifen d=12 mm zwischen Wand und Decke

| References | Befestigung | | Charakteristische Werte der Tragfähigkeit $R_{i,k}$ und die Verschiebungsmodule k_s / 1 Winkel pro Anschluss | | | | | | | |
|------------|------------------------------------|-----------------------------|--|---|------------------|---|----------------|---|----------------|---|
| | Schenkel A | Schenkel B | $R_{1,k}$ [kN] | k_s (in Richtung F1) [kN/mm] | $R_{2/3,k}$ [kN] | k_s (in Richtung F2/3) [kN/mm] | $F_{4,k}$ [kN] | k_s (in Richtung F4) [kN/mm] | $R_{5,k}$ [kN] | k_s (in Richtung F5) [kN/mm] |
| ABAI105 | 8 CNA4,0x60 / 8 CSA5,0x50 | 3 SDS25600 (Ø6,4x152) | 1.4 | 0.8 | 1.4 | 0.68 | 3.3 | 1.16 | 1.6 | 0.8 |

Bemessung

Für die Überlagerung der Einwirkungen ist nachzuweisen:

$$\sqrt{\left(\frac{F_{1,d}}{R_{1,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{2/3,d}}{R_{2/3,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{4/5,d}}{R_{4/5,d}}\right)^2} \leq 1$$

ETA-06/00106:2014
Vain tämä yksi kulma,
kun Sylomer SR220
8 mm alapuolella ja
5 mm välissä.
Lattialevy ≥ 140 mm.

Esimerkkilaskelmat:

Ruuviliitos CLT:n lappeessa

Ruuviliitos CLT:n syrjässä

Kulmalevyliitos CLT:n lappeessa