

RIL 205-1-2017 lisäohjeet: Stora Enso CLT

Tämä lisäohje koskee Stora Enson valmistamaa ETA-14/0349 mukaista ristiinliimattua massiivipuulevyä CLT – Cross Laminated Timber. Ohjeessa esitetyt Stora Enso CLT:n materiaaliarvot ja suunnittelusäännöt ovat ETA:n ja tuotteen Suomen käyttöä varten soveltamisohjeeksi annetun asiantuntijalausannon VTT-S-00450-17 mukaisia.

Tämä lisäohje täydentää Puurakenteiden suunnitteluohjeissa RIL 205-1-2017 esitettyjä CLT-tuotteiden yleisiä suunnitteluohjeita. Kappaleiden numeroinnit viittaavat täydennettäviin RIL 205-1-2017 ohjeen kohtiin.

3.8S CLT

3.8.1S Yleistä

Tämä ohje koskee Stora Enso CLT:n käyttöä tavanomaisissa mekaanisin liittimin koottavissa käyttöluokan 1 ja 2 puurakenteissa, kuten käyttöä kantavana ja/tai jäykistävänä massiivipuuisena seinäelementtinä, välipohjalaattana tai yläpohjalevynä.

3.8.2S Massiivipuulevyn rakenne

Stora Enso CLT valmistetaan lujuusluokan C16, C24 tai C30 sormijatketuista kuusi- tai mäntylamelleista. Tuotteen lujuusluokaksi ilmoitetaan käytettävien lamellien mukaan C16, C24 tai C30.

Ympärihöylätyn lamellin paksuus on 14...45 mm ja leveys enintään 300mm. Laudan leveys on vähintään 4 kertaa paksuus. Risteävät lautakerrokset liimataan 90° kulmassa toisiinsa nähden.

Stora Enso CLT:ssä on vähintään 3 ja enintään 20 lamellikerrosta. CLT-levyn paksuus on 42...350 mm, suurin leveys on 3,0 m ja pituus enintään 16,5 m. Poikkileikkaus on symmetrinen. Enintään kolme päällekkäistä lautakerrosta voi olla samansuuntaisia edellyttäen, että niiden yhteispaksuus on enintään 90 mm.

Yksittäiset lautakerrokset, mutta kuitenkin enintään 50 % koko poikkileikkauksesta, voidaan korvata yksi- tai monikerroksisella rakennekäyttöön tarkoitetulla liimalevyllä.

Pääosa vierekkäistä laudoista syrjäliimataan toisiinsa ei-rakenteellisesti. Vierekkäisten lautojen välinen rako voi olla enintään 3 mm.

3.8.3S Kantavuus ja jäykkyys laatan tasoon nähden kohtisuoraan kohdistuvien kuormien suhteen

Taivutus lappeellaan

Stora Enso CLT laatan jännitys jakauma voidaan laskea RIL 205-1-2017 kohdan 9.1.3.2S mukaisella joustavasti kootun kerrospalkin teorialla seuraavin oletuksin:

$$- s/K_i = d_{ij}/(G_{R,mean} \cdot b) \quad (3.8.1S)$$

missä d_{ij} poikittaislamellin paksuus

b laatan leveys

$G_{R,mean}$ tasoleikkauksen liukumoduuli, jolle käytetään arvoa

$$G_{R,mean} = 50 \text{ N/mm}^2 \quad (3.8.2S)$$

- poikittaislamellien taivutusjäykkyyttä ei huomioida

- määritettäessä etäisyyttä a , pituussuuntaisten lamellien välinen etäisyys otetaan huomioon.

Tällöin enintään viisikerroksisen laatan tehollinen jäyhyysmomentti lasketaan kaavalla

$$I_{ef} = \sum_1^3 (I_i + g_i \times A_i \times a_i^2) \quad \text{jossa} \quad A_i = b \times h_i ; \quad I_i = \frac{b \times h_i^3}{12}$$

$$g_1 = \frac{1}{1 + \frac{\rho^2 \times E_{0,mean} \times A_1 \times d_{12}}{G_{R,mean} \times b \times l^2}} ; \quad g_2 = 1 ; \quad g_3 = \frac{1}{1 + \frac{\rho^2 \times E_{0,mean} \times A_3 \times d_{23}}{G_{R,mean} \times b \times l^2}}$$

$$a_1 = \frac{\alpha h_1}{e} + d_{12} + \frac{h_2 \ddot{o}}{2 \varnothing} \cdot a_2 ; \quad a_3 = \frac{\alpha h_3}{e} + d_{23} + \frac{h_3 \ddot{o}}{2 \varnothing} \cdot a_2$$

$$a_2 = \frac{g_1 \times A_1 \times \frac{\alpha h_1}{e} + d_{12} + \frac{h_2 \ddot{o}}{2 \varnothing} \cdot g_3 \times A_3 \times \frac{\alpha h_3}{e} + d_{23} + \frac{h_3 \ddot{o}}{2 \varnothing}}{\sum_1^3 (g_i \times A_i)} \quad (3.8.3S)$$

missä

h_i kuormitusta ottavan pituussuuntaisen kerroksen i paksuus

d_{ij} pituussuuntaisten kerrosten i ja j välissä olevan poikittaisen kerroksen paksuus

l jänneväli

$E_{0,mean}$ pituussuuntaisten lamellikerrosten keskimääräinen kimmomoduuli, jolle käytetään arvoa

$$E_{0,mean} = \begin{cases} 8000 \text{ N/mm}^2 & \text{lujuusluokassa C16} \\ 12500 \text{ N/mm}^2 & \text{lujuusluokassa C24} \\ 12500 \text{ N/mm}^2 & \text{lujuusluokassa C30} \end{cases} \quad (3.8.4.S)$$

Symmetrisessä 5-kerroslevyssä kaavassa (3.8.3S) $a_2 = 0$ ja $g_1 = g_3$. Kolmikerroslevyssä vastaavasti $h_2 = 0$, $d_{12} = d_{23} = d/2$ (puolet keskellä olevan poikittaislamellin paksuudesta d).

Taivutuskestävyys mitoitetaan laskemalla taivutusjännitys pituussuuntaisten lautojen reunoilla kaavalla

$$s_{m,flat,i,d} = \frac{M_d}{I_{ef}} \times \frac{\alpha}{e} \times g_i \times a_i + \frac{h_i \ddot{o}}{2 \varnothing} \quad (3.8.5S)$$

Massiivipuu-elementin taivutuskestävyyden mitoituksessa ulommaisten pituussuuntaisten lamellien reunajännitystä vastaavana ominaistaivutuslujuutena käytetään arvoa:

$$f_{m,flat,k} = \begin{cases} 17,6 \text{ N/mm}^2 & \text{lujuusluokassa C16} \\ 26,4 \text{ N/mm}^2 & \text{lujuusluokassa C24} \\ 33,0 \text{ N/mm}^2 & \text{lujuusluokassa C30} \end{cases} \quad (3.8.6S)$$

Mikäli rinnakkaisten pituussuuntaisten lamellien lukumäärä $n < 4$, taivutuslujuutta $f_{m,flat,k}$ pienennetään jakamalla se luvulla

$$k_{sys} = 1,1 - 0,025n \quad (3.8.7S)$$

Leikkaus lappeellaan

Lappeellaan kuormitetun CLT laatan liimasauman kohdalla vaikuttavan tasoleikkausjännityksen tulee toteuttaa seuraava ehto:

$$f_{R,d} = \frac{V_d \times g_i \times S_i}{I_{ef} \times b} \leq f_{R,d} \quad (3.8.8S)$$

missä

V_d leikkausvoiman mitoitusarvo

S_i liimasauman erottaman poikkileikkausosan staattinen momentti neutraaliakselin suhteen

g_i ja I_{ef} lasketaan kaavan (3.8.3S) mukaan

$f_{R,d}$ poikittaislamellin syysuuntaa vastaan kohtisuoran tasoleikkauslujuuden mitoitusarvo.

Lappeellaan kuormitetun Stora Enso CLT laatan poikittaislamellin tasoleikkauslujuuden ominaisarvo

$$f_{R,k} = \begin{cases} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,45 - \frac{d_{max}}{100} \\ 1,25 \end{array} \right\} & \text{N/mm}^2 \text{ kuusilamellit} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,90 - \frac{d_{max}}{100} \\ 1,70 \end{array} \right\} & \text{N/mm}^2 \text{ mäntylamellit} \end{cases} \quad (3.8.9S)$$

missä d_{max} on paksuimman poikittaislamellikerroksen paksuus millimetreinä.

Kun kolmikerroslevyn keskilamelli kantaa kuormituksen (ainoa pituussuuntainen lamelli), keskilamellin leikkauslujuutena käytetään laatan lujuusluokan mukaista sahatavaran leikkauslujuutta $f_{v,k}$.

Lamellin syyn suuntaisena liukumoduulina käytetään laatan lujuusluokan mukaista sahatavaran liukumoduulia G_{mean} .

Veto- ja puristuskestävyydet

Laatan veto- ja puristuskestävyydet voidaan mitoittaa RIL 205-1-2016 mukaan käyttäen puun syitä vastaan kohtisuoralle vetolujuudelle ominaisarvoa

$$f_{t,90,k} = 0,12 \text{ N/mm}^2 \quad (3.8.10S)$$

ja puristuslujuudelle laatan lujuusluokan mukaista sahatavaran puristuslujuutta $f_{c,90,k}$.

Paikallisen syitä vastaan kohtisuoran puristuksen mitoituksessa tukipainekertoimen $k_{c,\wedge}$ arvo lasketaan havupuisen sahatavaran säännöillä. Tehollisen kosketuspituuden määrittämisessä puun syysuuntana käytetään CLT-laatan pintalamellin suuntaa.

3.8.4S Kantavuus ja jäykkyys levyn tason suuntaisten kuormien suhteen

Taivutus syrjällään

Massiivipuelementin syrjätaivutuskestävyyden ja -jäykkyyden laskennassa huomioidaan vain pituussuuntaiset lamellikerrokset. Taivutuslujuutena käytetään laatan lujuusluokan mukaista sahatavaran taivutuslujuutta $f_{m,k}$. Pituussuuntaisten lamellikerrosten keskimääräisenä kimmomoduulina $E_{0,mean}$ käytetään lausekkeessa (3.8.4S) esitettyä arvoa.

Leikkaus syrjällään

Syrjällään kuormitetun Stora Enso CLT levyn leikkauskestävyys mitoitetaan nettopoikkileikkaukselle, jonka paksuus on pienempi pituus- ja poikittaissuuntaisten lamellikerrosten kokonaispaksuuksista. Nettopoikkileikkauksen ominaisleikkauslujuutena käytetään arvoa:

$$f_{v,net,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2 \quad (3.8.11S)$$

Nettopoikkileikkauksen liukumoduulina käytetään arvoa

$$G_{\text{net,mean}} = 460 \text{ N/mm}^2 \quad (3.8.12S)$$

Veto ja puristus

Ristiinliimatun massiivipuulevyn veto- ja puristuskestävyyksien ja –jäykkyyksien laskennassa huomioidaan vain kuorman suuntaiset lamellikerrokset käyttäen lamelleille CLT-laatan lujuusluokan mukaisia sahatavaran lujuus- ja jäykkyysominaisuuksia.

6.1.7 Leikkaus

Leikkausvoimaa laskettaessa tuen lähellä vaikuttava kuormitus on huomioitava kokonaan (Stora Enso CLT:llä ei saa tehdä leikkausvoiman pienennystä).

6.3.3 Taivutetun sauvan kiepahduskestävyys

Syrjällään taivutetun Stora Enso CLT:n kriittinen taivutusjännitys lasketaan RIL 205-1-2017 kaavalla (6.31). Taivutusvastus W_y lasketaan huomioimalla vain pituussuuntaiset lamellit. Poikittaissuunnan jäyhyysmomentti I_z lasketaan kohdan 3.8.3S *Taivutus lappeellaan* mukaan käyttäen jännevälinä tehollista kiepahduspituutta l_{ef} . Vääntöjäyhyysmomentti I_{tor} lasketaan reunimaisten pituussuuntaisten lamellien rajoittamalle poikkileikkaukselle.

8. MEKAANISET LIITOKSET

8.1 Yleistä

Liittiminä voidaan käyttää sahatavara- tai liimapuurakenteiden liitoksiin tarkoitettuja CE-merkittyjä nauloja, ruuveja, pultteja, tappivaarvoja, rengasvaarvoja tai hammasvaarvoja. Stora Enso CLT:n syrjäpintojen liittiminä voidaan käyttää vain itseporautuvia ruuveja.

Naulojen paksuuden d on oltava vähintään 4 mm. CLT:n lapeliitoksissa ruuvien halkaisijan d on oltava vähintään 6 mm ja syrjäliitoksissa vähintään 8 mm. Lapeliitoksissa voidaan kuitenkin käyttää $d = 5$ mm ruuveja, kun liitinryhmässä on vähintään neljä ruuvia.

Naulojen ja ruuvien liitinväleinä sekä reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvoina käytetään RIL 205-1-2017:ssä sahatavaralle annettuja arvoja, kun kuormitussuunta a on voiman ja CLT:n pintalamellin syysuunnan välinen kulma.

Pulttien ja tappivaarvojen reuna- ja päätyetäisyyksien tulee olla $5d$ kuormitetusta reunasta ja $3d$ kuormittamattomasta reunasta. Pulttien ja tappivaarvojen liitinvälin vähimmäisarvo on $5d$. Nämä arvot eivät riipu voiman ja puun syysuunnan välisestä kulmasta.

8.3.1 Leikkauskuormitetut naulaliitokset

Naulan leikkauskestävyys lasketaan RIL 205-1-2017 mukaan puutavaraliitosten ohjeilla. CLT:n lapepintaan kohtisuorasti asennettavan esiporaamattoman naulan leikkauskestävyyden korotuskertoimenä k_r voidaan kuitenkin käyttää ominaistiheydestä riippumatonta arvoa

$$k_p = \begin{cases} 1,20 & \text{kuusilamellit} \\ 1,35 & \text{mäntylamellit} \end{cases} \quad (8.5.4aS)$$

8.3.2 Pituussuunnassa kuormitetut naulat

Stora Enso CLT:ssä voidaan käyttää pituussuuntaisesti kuormitettuna vain profiloituja nauvoja, joiden ulosvetolujuuden ominaisarvo $f_{ax,k} \geq 6,125 \text{ N/mm}^2$ ja kannan läpivetojuuuden ominaisarvo $f_{head,k} \geq 12,25 \text{ N/mm}^2$, kun puun ominaistiheys $r_k = 350 \text{ kg/m}^3$.

8.5.1 Leikkauskuormitetut pulttiliitokset

Stora Enso CLT:n lapepintaan kohtisuorasti asennettavien pulttien reunapuristuslujuuden ominaisarvo lasketaan kaavalla

$$f_{h,k} = \begin{cases} \frac{32 \times (1 - 0,015d)}{1,1 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} & \text{N/mm}^2 & \text{kuusilamellit} \\ \frac{42 \times (1 - 0,015d)}{1,1 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} & \text{N/mm}^2 & \text{mäntylamellit} \end{cases} \quad (8.31aS)$$

missä d on pultin halkaisija millimetreinä ja α on voiman ja CLT:n pintakerroksen syysuunnan välinen kulma.

8.7.1 Leikkauskuormitetut ruuvit

CLT:n syrjäliitoksissa ruuvit mitoitetaan pulttiliitosten säännöillä käyttäen itseporautuvan ruuvin reunapuristuslujuudelle ominaisarvoa:

$$f_{h,k} = \begin{cases} \frac{32 \times d^{-0,3}}{2,5 \cos^2 \beta + \sin^2 \beta} & \text{N/mm}^2 & \text{kuusilamellit} \\ \frac{42 \times d^{-0,3}}{2,5 \cos^2 \beta + \sin^2 \beta} & \text{N/mm}^2 & \text{mäntylamellit} \end{cases} \quad (8.31bS)$$

missä d on ruuvin kierteisen osan ulkohalkaisija millimetreinä ja β on lamellin syysuunnan ja ruuvin akselin välinen kulma.

8.7.2 Pituussuunnassa kuormitetut ruuvit

CLT:n syrjäpinnan päätylautojen kohtaan tulevien ruuvien laskennollista ulosvetolujuutta pienennetään 25 %.

9.1.2 Liimatut laattapalkit

Laattapalkeissa CLT-laipan tehollinen leveys voidaan määrittää RIL 205-1-2017 taulukossa 9.1 vanerille esitettyjen sääntöjen mukaan pintaviilun syysuunnan vastatessa ulkolamellin syysuuntaa.