

Esimerkkilaskelma

Mastopilarin perustusliitos liimaruuveilla

01.12.2018

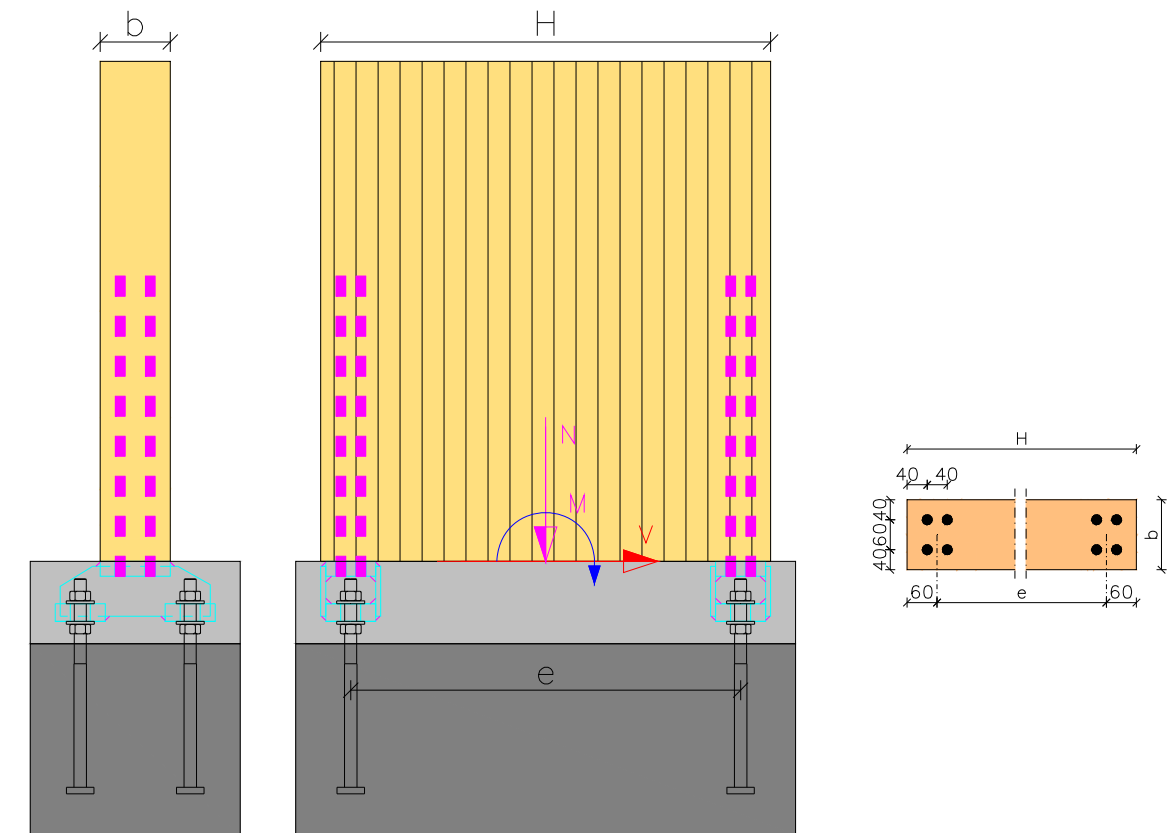
Sisällysluettelo

1	LÄHTÖTIEDOT	- 3 -
2	KUORMAT	- 3 -
3	MATERIAALI	- 4 -
4	MITOITUS	- 5 -
4.1	ULOSVETOKESTÄVYYS (VTT-S-07607-12)	- 5 -
4.2	LEIKKAUSKESTÄVYYS (OTETAAN PURISTETUILLA RUUVEILLA)	- 6 -
4.3	LOHKEAMISMURTOKESTÄVYYS (VTT-S-07607-12)	- 6 -
4.4	LIIMARUUVIEN REUNAETÄISYYDET JA LIITINVÄLIT (VTT-S-07607-12)	- 7 -
4.5	PILARIKENGÄN KESTÄVYYS	- 7 -

1 LÄHTÖTIEDOT

Rakennuspaikka:	Helsinki
Rakenne:	Liimapuu mastopilari
Seuraamusluokka:	CC2
Normit:	Puurakenteet: RIL 205-1-2017, SFS EN 1995-1-1, LAUSUNTO NRO VTT-S-07607-12 Teräsrakenteet: SFS-EN 1993-1-1 Kuormat: RIL 201-1-2017, SFS EN 1990, SFS EN 1991-1-1, SFS EN 1991-1-3 ja SFS EN 1991-1-4

2 KUORMAT



VOIMASUUREET:

Voimasuureet mitoitusarvoja ja aikaluokassa hetkellinen (Tarkasteltava kuormitustapaus: omapaino 100 % + tuuli 100 % + hyötykuorma 70 % + lumi 70 %):

Leikkausvoima, $V_d = 21,3$ kN
 Momentti, $M_d = 183,2$ kNm
 Normaalivoima, $N_d = 57,2$ kN

$H = 900$ mm, $b = 140$ mm
 $e = H - (2 \times (40 + 20) \text{ mm}) = 780$ mm, jolloin momentti saadaan muutettua vedoksi ja puristukseksi:

Puristetun puolen liimaruuvit (n = 4 kpl):

$$B_d = \frac{M_d}{e} + \frac{N_d}{2} \Rightarrow B_d = \frac{183,2 \text{ kNm}}{0,78 \text{ m}} + \frac{57,2 \text{ kN}}{2} = 263,5 \text{ kN}$$

Vedetyn puolen liimaruuvit (n = 4 kpl):

$$A_d = \frac{M_d}{e} - \frac{N_d}{2} \Rightarrow A_d = \frac{183,2 \text{ kNm}}{0,78 \text{ m}} - \frac{57,2 \text{ kN}}{2} = 206,3 \text{ kN}$$

3 MATERIAALI

Liimapuupalkki GL30c 140x900

$$k_h = \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} \leq 1,1$$

pilarin korkeus H = 900 mm

⇒ taivutuslujuuden ominaisarvon korotuskerroin $k_h = 1,0$

aikaluokka: hetkellinen

Käyttöluokka: 1

⇒ $k_{mod} = 1,1$

Lujuus- ja jäykkyysominaisuudet

⇒ $\gamma_M = 1,25$

⇒ syiden suuntaisen vetolujuuden ominaisarvo $f_{t,0,k} = 19,5 \text{ N/mm}^2$

⇒ syiden suuntaisen vetolujuuden mitoitusarvo $f_{t,0,d} = k_h \times k_{mod} / \gamma_M \times f_{c,0,k} \Rightarrow 1,1 / 1,25 \times 19,5 \text{ N/mm}^2 = 17,2 \text{ N/mm}^2$

⇒ syiden suuntaisen puristuslujuuden ominaisarvo $f_{t,0,k} = 24,5 \text{ N/mm}^2$

⇒ syiden suuntaisen puristuslujuuden mitoitusarvo $f_{t,0,d} = k_{mod} / \gamma_M \times f_{c,0,k} \Rightarrow 1,1 / 1,25 \times 24,5 \text{ N/mm}^2 = 21,6 \text{ N/mm}^2$

Liimaruuvit ovat kansiruuveja, joiden pää 100 mm:n kierteistetty (VTT-S-07607-12)

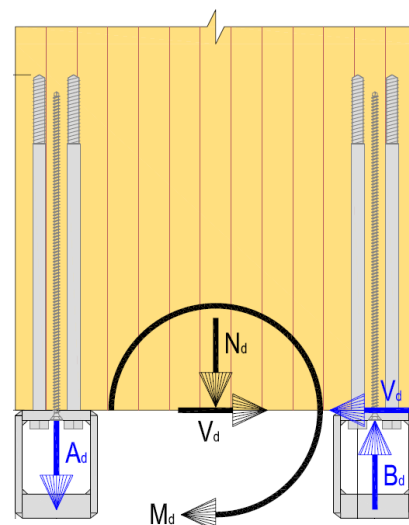
halkaisija, D = 19 mm (sileä osa)

tartuntapituus liimapuussa, $L_{ef} = 490 \text{ mm}$

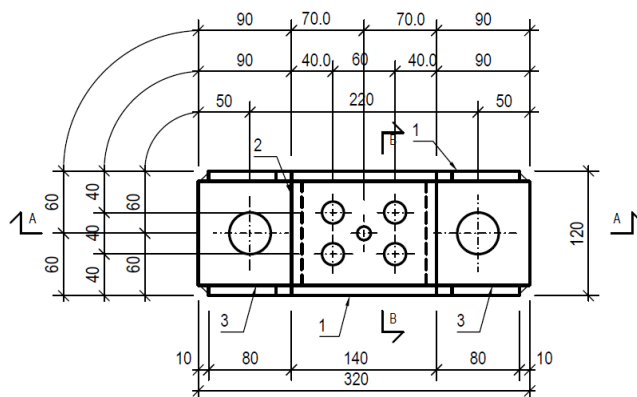
lujuusluokka 5.8

Liimana käytetään epoksiliimaa

Pilarikenkänä käytetään 140 ja liimatankoja 4 kpl



Kuva: Puuinfo



4 MITOITUS

4.1 ULOSVETOKESTÄVYYS (VTT-S-07607-12)

Liimaruuvien ulosvetokestävyyden mitoitusarvo lasketaan seuraavasti:

$$R_{ax,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{R_{y,k}}{\gamma_{M,y}} \\ k_{\text{mod}} \times \frac{R_{a,k}}{\gamma_M} \end{array} \right.$$

, jossa

$R_{y,k}$ on ruuvien myötäämisestä riippuva vetokestävyyden ominaisarvo

$$R_{y,k} = \begin{cases} 62 \text{ kN, lujusluokassa S235} \\ 101 \text{ kN, lujusluokassa 5.8} \end{cases}$$

$\gamma_{M,y}$ on ruuvien myötäämiselle käytettävä osavarmuusluku, Suomessa 1,1

$R_{a,k}$ on tartuntakestävyyden ominaisarvo

$$R_{a,k} = \begin{cases} 72 \text{ kN, lujusluokassa S235 (käyttöluokassa 1)} \\ 84 \text{ kN, lujusluokassa 5.8 (käyttöluokassa 1)} \end{cases}$$

Jos halutaan tehdä laskelmat käyttöluokassa 2 on $R_{a,k}$ kerrottava 0,8

k_{mod} on liimapuun kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin

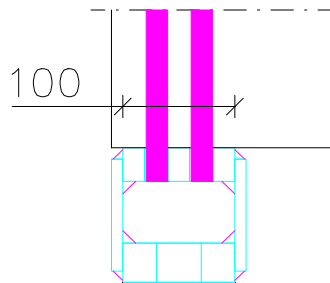
γ_M on liitoksen osavarmuusluku

$$R_{ax,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{101 \text{ kN}}{1,1} = 91,8 \text{ kN} \\ k_{\text{mod}} \times \frac{84 \text{ kN}}{1,30} = 71,1 \text{ kN} \end{array} \right. \Rightarrow R_{ax,d} = 71,1 \text{ kN}$$

Liitoksen vedetylle puolelle on laitettu 4 kpl liimaruuveja:

$$F_{t,d} \leq n_t^{0,9} \times R_{a,d} \Rightarrow F_{t,d} = A_d = 206,3 \text{ kN} \leq 4^{0,9} \times 71,1 \text{ kN} \\ \Rightarrow 206,3 \text{ kN} \leq 247,5 \text{ kN} (83 \%)$$

Puristuspuoli voidaan mitoittaa Pilarikengän leveyden mukaan eli puristettu pinta-ala, $A = 100 \text{ mm} \times 140 \text{ mm} = 14\,000 \text{ mm}^2$



$$\frac{B_d}{A} = \frac{263,5 \times 10^3 \text{ N}}{100 \times 140 \text{ mm}^2} \leq f_{c,0,d} = 22,5 \text{ N/mm}^2 \\ \Rightarrow 18,8 \text{ N/mm}^2 \leq 21,6 \text{ N/mm}^2 (87 \%)$$

4.2 LEIKKAUSKESTÄVYYS (OTETAAN PURISTETUILLA RUUVEILLA)

Yhden puristetun ruuvien kapasiteetti saadaan alla ole olevasta taulukosta (VTT:n lausunto NRO VTT-S-07607-12):

Taulukko 1. Puristetun liimaruuviliitoksen leikkauskestävyyden **mitoitussarvo** $R_{v,d}$ (kN) yhtä ruuvia kohden käyttöluokissa 1 ja 2, kun ruuvien etäisyys poikkileikkauksen leikkauskuormitettusta reunasta on $\geq 0,5h$ ja ruuvien keskiöetäisyys $a_h \geq a_{h,s}$.

Ruuvi \ Aikaluokka	pysyvä	keskipitkä	hetkellinen
S235JRG2	5,2	6,0	7,0
Lujuusluokka 5.8	6,1	7,1	8,3

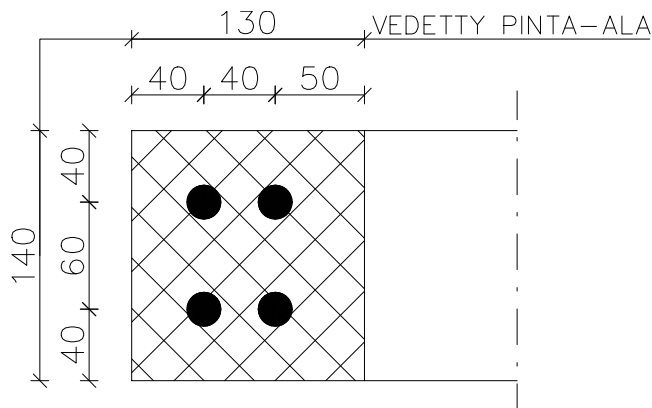
Tarkistetaan leikkauskuormitettujen ruuvien reunaetäisyys ehto kuormitettusta reunasta eli etäisyys pitää olla väh. $0,5 \times h$.

$$0,5 \times 900 \text{ mm} = 450 \text{ mm} < 780 \text{ mm}, \text{ ok}$$

Koska liimaruuvien lujuusluokka on 5,8 ja aikaluokka hetkellinen saadaan liimaruuvien leikkauskestävyydeksi $R_{v,d} = 8,3 \text{ kN}$, joten koko liitoksen leikkauskestävyys on $4 \times R_{v,d} = 33,2 \text{ kN} > V_d = 21,3 \text{ kN}$ (käyttöaste 64 %).

4.3 LOHKEAMISMURTOKESTÄVYYS (VTT-S-07607-12)

Lasketaan tehollinen pinta-ala A_{ef} , jossa huomioidaan liimaruuveja varten poratut reiät $D = 16 \text{ mm}$. Tehollinen pinta-ala ulottuu maksimissaan 50 mm :n päähän ruuvista. Jos pinta-alat menevät päällekkäin, samaan alaa ei huomioida kahteen kertaan.



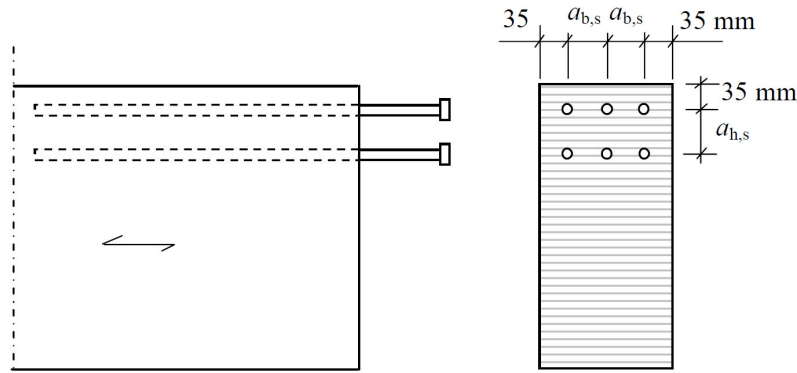
$$A_{ef} = 140 \text{ mm} \times 130 \text{ mm} - 4 \times \pi \times \frac{16^2}{4} \Rightarrow A_{ef} = 17396 \text{ mm}^2$$

Tarkistetaan vetokestävyyden ehto:

$$f_{t,0,d} \times A_{ef} \geq N_d = A_d \Rightarrow 17,2 \text{ N/mm}^2 \times 17396 \text{ mm}^2 \geq 206,3 \text{ kN} \Rightarrow 299,2 \text{ kN} \geq 206,3 \text{ kN} (69 \%)$$

4.4 LIIMARUUVIEN REUNAETÄISYYDET JA LIITINVÄLIT (VTT-S-07607-12)

Pienimmät sallittavat liimaruuvien reunaetäisyydet ja keskinäiset etäisyydet on esitetty alla olevassa kuvassa. Esitetyt arvot edellyttävät, että liimaruuvien valmistuksessa reiän kohdistustarkkuus on ± 2 mm ja että poratun reiän vinous on enintään L/100.



$a_{b,s} = 50$ mm ja $a_{h,s} = 65$ mm, kun S235 ruuvi ja hetkellinen aikaluokka on mitoittava;
 $a_{b,s} = 60$ mm ja $a_{h,s} = 75$ mm muussa tapauksessa.

4.5 PILARIKENGÄN KESTÄVYYS

Pilarikengän kestävyys voidaan tarkistaa A-Insinöörien tekemästä ohjeesta: Liimapuupilarikengä - Tekninen käyttöohje ja kapasiteettitaulukot

Vetokapasiteetti lopputilanteessa N_{Rd} [kN]				
Pilarikengä	Liimaruuvien lukumäärä / pilarikengä			
	10	8	6	4
265	575	475	375	-
240	575	475	375	-
215	-	475	375	-
190	-	475	375	-
165	-	-	375	260
140	-	-	-	260
115	-	-	-	260

Taulukko 3, Pilarikengien vetokapasiteetit lopputilanteessa.

Tarkistetaan vetokestävyden ehto:

$$N_{Rd} \geq N_d = A_d \Rightarrow 260 \text{ kN} \geq 206,3 \text{ kN} \text{ (79 \%)}$$

Lisäksi pitäisi tarkistaa asennusaikainen kestävyys ja peruspulttien kapasiteetti.