

Figur 19.1 Innhengt last i limtrebjelke

EKSEMPEL 19

Innhengt last i limtrebjelke

19.1 Oppgaven

Figur 19.1 viser en del av en limtrebjelke med gitte dimensjoner som bærer en innhengt konsentrert last (fra f.eks. en kranbane). Den konsentrerte lasten er festet til bjelken ved hjelp av bolter og to utvendige stållasker.

Oppgaven er kun å dimensjonere og kontrollere selve forbindelsen mellom last og bjelke.

19.2 Forutsetninger og antakelser

Limtre GL30c / $\rho_m = 430 \text{ kg/m}^3$

Bolter: Ø16 mm av kvalitet 8.8, dvs. $f_{uk} = 800 \text{ N/mm}^2$

Klimaklasse: 1

Lastvarighetsklasse for den konsentrerte lasten: Korttidslast

Partialfaktor for limtre: $\gamma_M = 1,15$

For kombinasjonen klimaklasse 1 og korttidslast gir tabell 7: $k_{mod} = 0,9$

19.3 Laster

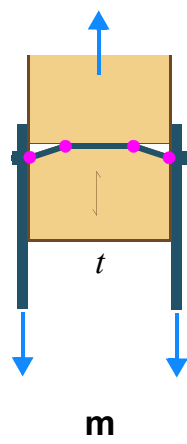
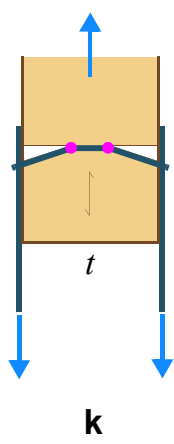
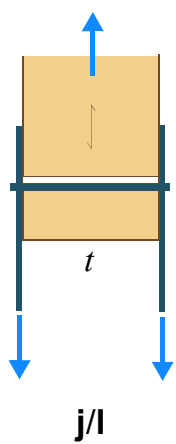
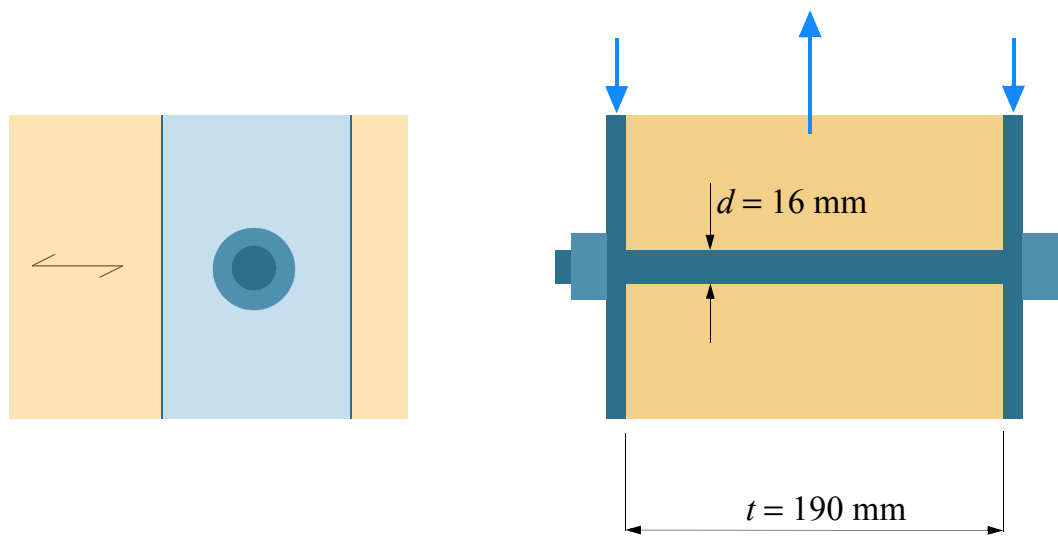
Opphengslasten, inklusive lastfaktor, er 65 kN.

19.4 Dimensjonering/kontroll av forbindelsen

Hullkantfasthet

For en bolt med diameter $d = 16 \text{ mm}$ er karakteristisk hullkantfasthet i fiberretningen gitt ved (lign. 8.32 i EK5-1):

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot 0,84 \cdot 390 = 27 \text{ N/mm}^2$$



j er for tynn stålplate
l er for tykk stålplate

Karakteristisk hullkantfasthet i en retning som danner vinkelen α med fiberretningen er gitt ved (lign. 8.31 i **EK5-1**):

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90}\sin^2\alpha + \cos^2\alpha} \quad \text{hvor} \quad k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,59$$

I vårt problem er $\alpha = 90^\circ$; det gir

$$f_{h,90,k} = \frac{27}{1,59} = 17 \text{ N/mm}^2$$

Boltens flytemoment

Boltens karakteristiske flytemoment er definert ved lign. 8.30 i **EK5-1**, dvs.

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 16^{2,6} = 324300 \text{ Nmm}$$

Kapasitet til en bolt

Bolteforbindelsen er vist skjematisk på motstående side. Karakteristisk kapasitet, $F_{v,Rk}$, per bolt per snitt finner vi ved å benytte formlene 8.12 og 8.13 i **EK5-1** for de tre bruddformene vist på motstående side. Resultatet, uten å ta med tau-effekten ($F_{ax,Rk}$), er:

$$\text{Bruddform j og l: } F_{v,Rk} = 25700 \text{ N}$$

$$\text{Bruddform k : } F_{v,Rk} = 15300 \text{ N}$$

$$\text{Bruddform m : } F_{v,Rk} = 21500 \text{ N}$$

Vi antar at stålplaten er *tynn*, og dermed er det bruddform **k** som blir gjeldende. Her må vi imidlertid kunne ta med tau-effekten. For en bolt kan ikke denne effekten vær mer enn 25% av den verdien vi har bestemt ovenfor, men her bør vi absolutt kunne bruke maks. verdien, dvs.

$$F_{v,Rk} = 1,25 \cdot 15300 = 19100 \text{ N}$$

Det gir:

$$F_{v,bolt,Rk} = 2 \cdot 19100 = 38200 \text{ N} = 38,2 \text{ kN}$$

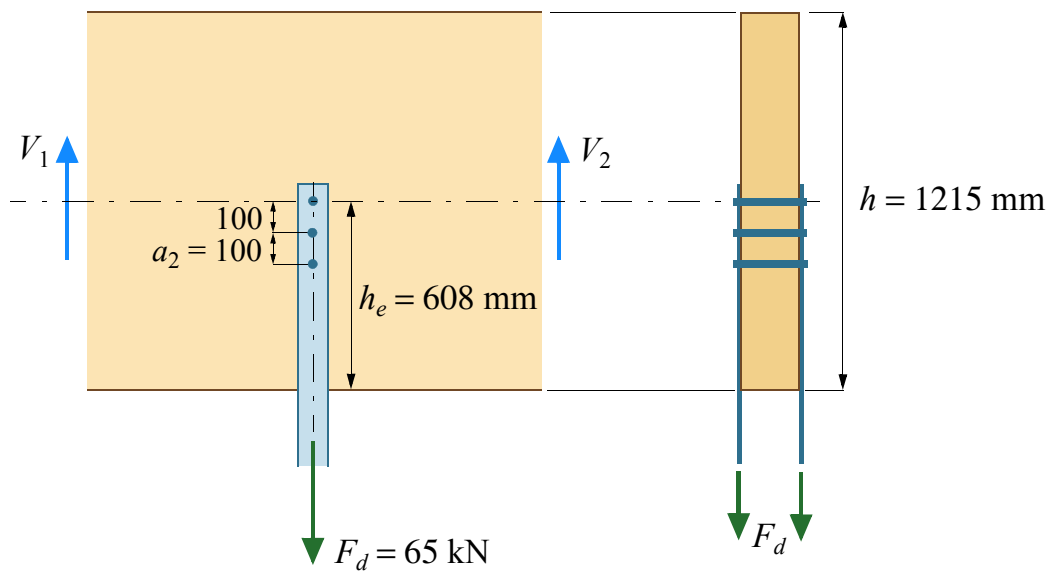
Dimensjonerende kapasitet er definert ved:

$$F_{v,bolt,d} = F_{v,bolt,Rk} \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 38,2 \frac{0,9}{1,3} = 26 \text{ kN} \quad (\gamma_M = 1,3 \text{ for forbindelser})$$

Nødvendig antall bolter

Når boltene står i en rekke normalt på fiberretningen, som her, er alle boltene effektive. Benytter tre bolter, dvs.

$$F_{bolter,d} = 3 \cdot 26 = 78 \text{ kN} > F_d = 65 \text{ kN} \quad \text{OK}$$



Den alternative metoden i det tyske NA angir at dersom $h_e/h > 0,7$ er det ikke nødvendig å kontrollere splitting.

Plassering og kontroll

De tre boltene plasseres som vist på motstående side. Boltene lengst fra belastet kant er plassert i bjelken senterlinje, dvs. $h_e = 608$ mm, mens innbyrdes avstand mellom boltene, a_2 , er 100 mm (minste tillatte verdi for a_2 er $4d = 64$ mm, se tabell 8.4 i **EK5-1**).

En forbindelse som dette må kontrolleres for splitting eller “utriving”, dvs. tverrestrekkbrudd. Denne kontrollen krever at

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{90,Rd}} \leq 1 \quad \text{hvor}$$

$F_{v,Ed}$ er den største av skjærkreftene V_1 og V_2 (se motstående side). Disse skjærkreftene varierer (teoretisk) mellom 0 og F_d , avhengig av hvor på bjelken (i relasjon til nærmeste opplegg) lasten angriper. Her antar vi at den største skjærkraften er $0,9F_d$, dvs. $F_{v,Ed} = 0,9 \cdot 65 = 59$ kN.

Karakteristisk splittingskapasitet $F_{90,R}$ er definert ved

$$F_{90,Rk} = 14bw \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} \quad (\text{lign. 8.4 i EK5-1}); \quad w \neq 1,0 \text{ bare for spikerplater.}$$

Formelen gir her:

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot 190 \cdot 1,0 \sqrt{\frac{608}{0,5}} = 92760 \text{ N} = 93 \text{ kN}$$

Dimensjonerende splittingskapasitet blir dermed

$$F_{90,Rd} = F_{90,Rk} \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 93 \frac{0,9}{1,15} = 73 \quad \Rightarrow \quad \frac{F_{v,Ed}}{F_{90,Rd}} = \frac{59}{73} = 0,81 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Materialfaktoren γ_M er 1,3 for forbindelser - som vi har benyttet tidligere i dette eksemplet - mens den er 1,15 (i Norge) for limtre. Ved splitting mener vi det er brudd i limtreet vi undersøker og at vi derfor kan benytte 1,15. Akkurat her ville det holde selv om vi benyttet 1,3.

Kommentarer

I tillegg til den metoden vi har benyttet her, som ikke tar hensyn til at en kan ha flere forbindere i fiberretningen, beskriver Limtreboka [1] en alternativ metode, hentet fra det tyske NA som gjør nettopp det. Om vi hadde benyttet den her ville vår forbindelse hatt vesentlig større kapasitet enn det metoden i **EK5-1** gir.

Vi merker oss at den vesentlige parameter her er h_e . Vi vil sterkt fraråde oppheng med $h_e < h/2$, og vi vil fraråde å forsterke denne type forbindelse med f.eks. selv-borende skruer.

Hvis mulig bør opphengskraften tas som flatetrykk mot bjelkens oversiden.