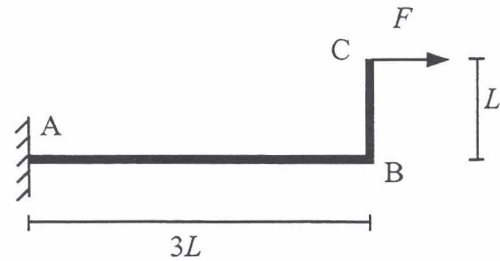


- Kirjoita jokaiseen palauttamaasi paperiin nimesi ja opiskelijanumerosi selvästi näkyviin.

Mukana saa olla itse tehty yhdelle A4-paperille mahtuva kaavakokoelma. Lisäksi saa olla MAOLin taulukkokirja, muttei muunlaista taulukkokirjaa.

- Taskulaskimen muistissa ei saa olla talletettuna kaavoja tai muuta muistin tueksi tarkoitettua.



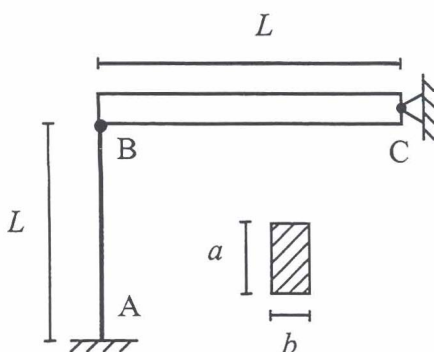
- Kuvan mukaisessa rakenteessa palkkien poikkileikkaus on ympyrä (halkaisija  $d = 30$  mm), materiaali alumiinia (kimmomoduli  $E = 60$  GPa),  $L = 0,5$  m ja  $F = 100$  N.

- Piirrä erikseen palkkien AB ja BC vapaakappalekuvat sekä rakenteen taipunut muoto pääpiirteissään.
- Laske pisteen B vaaka- ja pystysiirtymät.
- Laske pisteen C vaaka- ja pystysiirtymät.

Palkkien normaalivoimien vaikutusta niiden pituuteen ei tarvitse huomioida.

Pyöreää onttoa metrin pituista tehonsiirtoakselia rasittaa vääntömomentti 100 Nm. Akselin ulkohalkaisija  $D = 30$  mm ja se on tehty teräksestä S355, jolle  $E = 210$  GPa ja  $G = 80$  GPa. Mikä pitäisi olla akselin sisähalkaisijan  $d$ , jos

- varmuusluvun myödyn suhteen tulee olla 1,5? (Oletetaan, että  $\tau_s = 0,6 \cdot R_e$ .)
- akselin päät eivät saa kiertyä toisiinsa nähden enempää kuin  $0,5^\circ$ ?

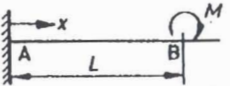
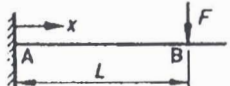
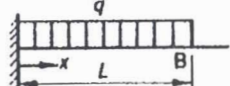
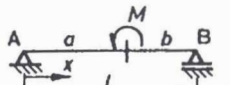
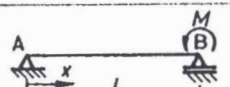
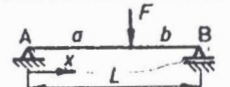
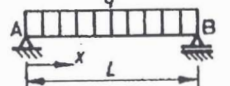


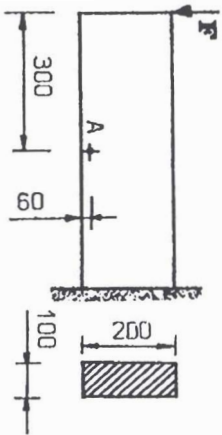
- Homogeeninen, tasapaksu ja hyvin jäykkä betoni-palkki (massa 1000 kg) on tuettu nivelellä C ja teräs-sauvalla AB. Sauvassa on pisteessä A jäykkä kiinnitys ja pisteessä B pallonivel. Mitta  $L = 2$  m ja sauvan poikkileikkauksen mitat  $a = 2b = 40$  mm sekä teräksen kimmomoduli 210 GPa ja rajajoikkuusluku  $\lambda_{nr} = 82$ .

- Laske sauvan AB nurjahdusvoima.
- Laske sauvan AB varmuusluku nurjahduksen suhteen.
- Osoita, että sauvan AB nurjahdus on kimmoinen ja suhteellinen.

Taulukko 1 Ulokkeen ja kaksitukisen palkin eräiden kuormitustapausten kimmoviivoja.

$$\langle x-a \rangle^n \equiv (x-a)^n, \text{ jos } x-a \geq 0, \text{ mutta } \langle x-a \rangle^n \equiv 0, \text{ jos } x-a < 0$$

1		$v = \frac{M}{2EI} [x^2 - \langle x-L \rangle^2]$	$v_B = \frac{ML^2}{2EI}$	$v'_B = \frac{ML}{EI}$
2		$v = \frac{F}{6EI} [3Lx^2 - x^3 + \langle x-L \rangle^3]$	$v_B = \frac{FL^3}{3EI}$	$v'_B = \frac{FL^2}{2EI}$
3		$v = \frac{q}{24EI} [6L^2x^2 - 4Lx^3 + x^4 - \langle x-L \rangle^4]$	$v_B = \frac{qL^4}{8EI}$	$v'_B = \frac{qL^3}{6EI}$
4		$v = \frac{M}{6LEI} [(L^2 - 3b^2)x - x^3 + 3L\langle x-a \rangle^2]$	$v_M = M ab(a-b)/3LEI$ $v'_M = -M(a^3 + b^3)/3L^2EI$ $v'_A = M(L^2 - 3b^2)/6LEI$	
5		$v = \frac{M}{6LEI} (L^2x - x^3)$	$v_{\max} = ML^2/9\sqrt{3}EI \quad x = L/\sqrt{3}$ $v'_A = ML/6EI \quad v'_B = -ML/3EI$	
6		$v = \frac{F}{6LEI} [ab(L+b)x - bx^3 + L\langle x-a \rangle^3]$	$v_F = \frac{Fa^2b^2}{3LEI}$ $v'_A = \frac{Fab}{6LEI} (L+b)$	
7		$v = \frac{q}{24EI} (L^3x - 2Lx^3 + x^4)$	$v_{\max} = \frac{5qL^4}{384EI}$ $v'_A = -v'_B = \frac{qL^3}{24EI}$	



4. Kuvan mitat ovat millimetrejä ja  $F = 250 \text{ kN}$ .

a) Piirrä pisteen A jännitysellementti ja laske sen jännitysten suuruudet. Leikkausjännitys voidaan olettaa tasan jakaantuneeksi poikkileikkauksessa.

b) Laske pisteen A kaikki pääjännitykset.

c) Laske vakiovääritysmisenergiayhteyteen mukainen varmuusluku myöskin suhteen pisteessä A, kun materiaalina on S235.