

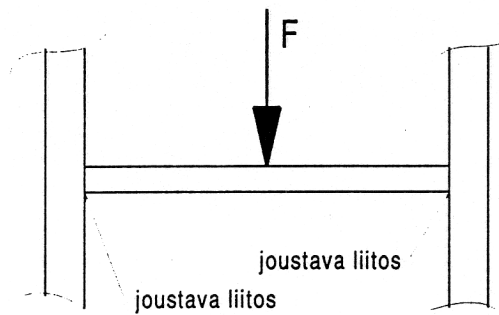
Tentti 18.12.1997

Kirjallisuuden käyttö kielletty. Hyvää Joulua!

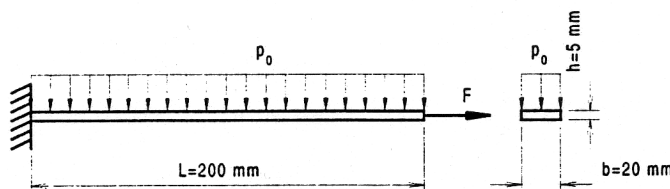


1. a) Miksi mittaajan on tunnettava mitattavan ilmiön teoriaa?
- b) Miksi mittaajan on tunnettava mittalaitteiden teoriaa?
- c) Mitä muita asioita mittaajan on tunnettava?

2. Mitä mittausjärjestelmästä aiheutuvia virheitä esiintyy dynaamisissa mittauksissa mutta ei staattisissa?



3. Varastohyllyn vaakapalkki liittyy kantaviin pystypalkkeihin liitoksella, joka ei ole kuvattavissa nivellä eikä myöskään jäykkänä liitoksena, vaan rotaatiojousella. Jos kuvan mukaisessa koetilanteessa, missä kuormittava voima on vaakapalkin keskellä, tunnetaan vaakapalkin taivutusmomenttikuvio, liitosta kuvaavan rotaatiojousen jousivakio voidaan määrittää. Esitä venymäliuskojen käyttöön perustuva mittausjärjestelmä, jolla taivutusmomenttikuvio voidaan mitata.



4. Lattarauta, poikkileikkaus 5 mm x 20 mm, on tuettu toisesta päästään jäykästi. Lattarautaa kuormitetaan päässä vaikuttavalla voimalla F ja tasaisella painekuormituksella p_0 kuvan mukaisesti. Lattaraudan keskikohdalle sijoitettavilla venymäliuskoilla halutaan

Wheatstonen siltaa käyttäen mitata painekuormitus p_0 . Käytettävien venymäliuskojen poikittaisherkkyyserroin $K_t = 0$. Mittaustilanteessa lämpötila ei muutu. Venymäliuskojen resistanssin muutos on tässä tilanteessa

$$\frac{\Delta R}{R} = k\varepsilon + k_p \Delta p$$

missä tuntematon kerroin k_p kuvaa venymäliuskan herkkyyttä paineen muutoksille ja Δp on paineen muutos asennustilanteesta.

- a) Esitä venymäliuskojen sijoittelu ja käytettävä Wheatstonen sillan kytkentä.
- b) Mikä on mittausjärjestelmän herkkyyys, kun mittausjärjestelmän ulostulosuurena pidetään Wheatstonen sillan ulostulojännitettä ja mitattavana suurena painetta p_0 ?
- c) Mikä on suurin mitattava paineen arvo, kun $F = 0$ ja lattaraudan sallittu jännitys $\sigma_{sall} = 210 \text{ MPa}$?

Oletetaan, että palkkiteoria on riittävän tarkkaan voimassa jolloin lattaraudan ylä- ja alapinnoilla on yksiakσιαalinen jännitystilä. $E = 210 \text{ GPa}$, $\nu = 0,3$, $k = 2,00$, $U_0 = 5,00 \text{ V}$.

23571 Lujuusopilliset mittaukset

Kaavakokoelma tenttiin

Mittausjärjestelmän herkkyys S

$$S = \frac{\partial x}{\partial y}$$

$x \hat{=}$ mittausjärjestelmän antama tulos

$y \hat{=}$ mitattava suure

$$\frac{\Delta R}{R} = k\varepsilon' \quad \varepsilon' = \frac{1}{1 - \nu_0 K_t} (\varepsilon_a + K_t \varepsilon_t)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k\varepsilon' + f(T)$$

$$U_1 = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} U_0$$

$$\Delta U_1 = \frac{r}{(1+r)^2} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) U_0, \quad r = \frac{R_2}{R_1}$$

rinnan kytketyt vastukset R_1 ja R_2 : $R_{kok} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

sarjaan kytketyt vastukset R_1 ja R_2 : $R_{kok} = R_1 + R_2$

Tasojännitystilakentän materiaaliyhtälöt

$$\begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 1 & 1 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} 1 & -\nu & 0 \\ -\nu & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 2(1+\nu) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix}$$

$$\sigma_x = \sigma_x \cos^2 \alpha + \sigma_y \sin^2 \alpha + \tau_{xy} 2 \cos \alpha \sin \alpha$$

$$\tau_{xy} = -(\sigma_x - \sigma_y) \cos \alpha \sin \alpha + \tau_{xy} (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha)$$

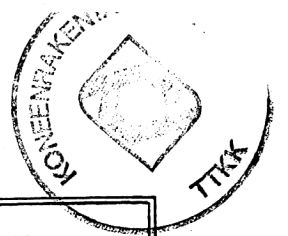
$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_{tz}}{I_z} y$$

$$\nu'' = -\frac{M_t}{EI}$$

$$\varepsilon_{\perp} = -\nu \varepsilon$$



Taulukko 175.1. Ulokkeen ja kaksitukisen palkin eräiden kuormitustapausten kimmoviivoja.
 Huom! $\langle x - L \rangle^n \equiv (x - L)^n$, jos $x - L \geq 0$, mutta $\langle x - L \rangle^n \equiv 0$, jos $x - L < 0$.



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

4		$A = b^2$ $x_O = b/2$ $y_O = b/2$	$I_x = I_y = b^4/3$ $I_\xi = I_\eta = b^4/12$ $I_O = b^4/6$	$i_x^2 = i_y^2 = b^2/3$ $i_\xi^2 = i_\eta^2 = b^2/12$ $i_O^2 = b^2/6$	$I_{xy} = b^4/4$ $I_{\xi\eta} = 0$
5		$A = bh$ $x_O = b/2$ $y_O = h/2$	$I_x = bh^3/3$ $I_y = b^3h/3$ $I_\xi = bh^3/12$ $I_\eta = b^3h/12$ $I_O = \frac{bh}{12}(b^2 + h^2)$	$i_x^2 = h^2/3$ $i_y^2 = b^2/3$ $i_\xi^2 = h^2/12$ $i_\eta^2 = b^2/12$ $i_O^2 = (b^2 + h^2)/12$	$I_{xy} = b^2h^2/4$ $I_{\xi\eta} = 0$
8		$A = \pi r^2$ $x_O = y_O = r$	$I_x = I_y = \frac{5\pi}{4} r^4$ $I_\xi = I_\eta = \frac{\pi}{4} r^4$ $I_O = \frac{\pi}{2} r^4$	$i_x^2 = i_y^2 = \frac{5}{4} r^2$ $i_\xi^2 = i_\eta^2 = (r/2)^2$ $i_O^2 = r^2/2$	$I_{xy} = \pi r^4$ $I_{\xi\eta} = 0$