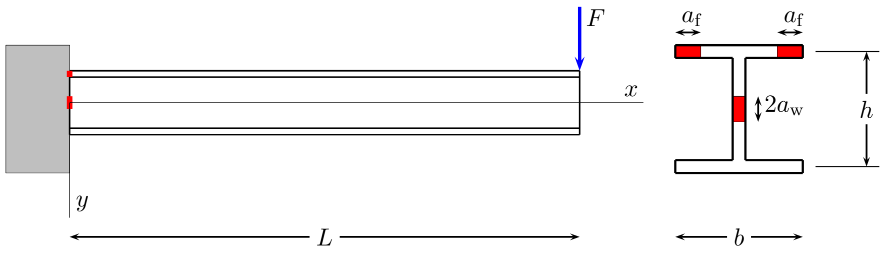
MEI-32010 Murtumismekaniikka

Tentti 16.12.2015 / Reijo Kouhia

1. Oheisessa ulokepalkissa, jonka poikkileikkaus on I-profiili, on kaksi säröä. Uumassa on tuella symmetrisesti neutraaliakselin molemmin puolin sijoittuva särö, jonka pituus on $2a_{\mathrm{w}} = 2t$. Kuinka pitkiä on ylälaipan kärjissä olevien laipan läpi ulottuvien säröjen oltava, mitta a_{f}, jotta ne olisivat vaarallisemmat kuin uuman särö. Uuman paksuus on t ja laipan vastaavasti $3t/2$ja rakenteella on mittasuhteet $L/h = 10$, $h/t = 50$ ja $b = h/2$. Liukumuodon II murtumissitkeys on $K_{\mathrm{IIc}} = (\sqrt{3}/2)K_{\mathrm{Ic}}$. Leikkausvoiman voi olettaa jakautuvan tasan uuman korkeudelle. Uuman osuus taivutusjännityksiin voi olettaa merkityksettömäksi. Taivutusjännitykset voi olettaa myös vakioksi laipoissa.

   Tenttipaperin loppupuolella on taulukoituna jännitysintensiteettikertoimia.

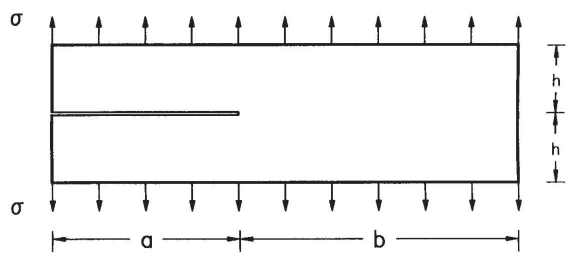


2. Määritä oheisen särötapauksen säröä ajavan voiman $\mathcal{G}$ lauseke. Voimaohjatulle kuormitustapaukselle säröä ajava voima voidaan ilmaista

$$\mathcal{G} = -\frac{\mathrm{d}\Pi}{\mathrm{d}A} = \frac{\mathrm{d}\Pi^{\mathrm{int}}}{\mathrm{d}A},$$

   jossa Π^{int} on muodonmuutosenergia ja A on särön pinta-ala. Palkin leveys on t. Eulerin-Bernoullin palkkimallissa muodonmuutosenergian lauseke on

$$\Pi^{\mathrm{int}} = \frac{1}{2}\int \frac{M^2}{EI}\mathrm{d}x.$$

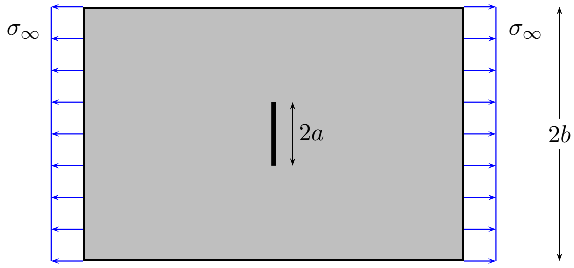


3. (a) Kerro lyhyesti ja selkeästi mihin oletuksiin Irwinin ja Dugdalen plastisuuskorjaukset perustuvat.

   (b) Määritä Irwinin menetelmällä oheisen keskisen $2a$ mittaisen särön kriittinen pituus a_{c} suhteessa levyn korkeuteen b kun materiaalin murtumissitkeys on $K_{\mathrm{Ic}} = \frac{1}{5}\sigma_0\sqrt{b}$, jossa σ_0 on materiaalin myötölujuus. Kuormitus on $\sigma_\infty = \xi\sigma_0$. Piirrä a_{c}/b kuormituksen $\xi = \sigma_\infty/\sigma_0$ funktiona välillä $\xi \in (0, 1)$. Mitä voit sanoa tuloksesta?

   Särön tehollinen pituus Irwinin mallin mukaan on

$$a_{\mathrm{eff}} = a + \frac{1}{2\pi}\left(\frac{K_{\mathrm{I}}}{\sigma_0}\right)^2.$$



4. Findleyn väsymismallissa väsymismurto tapahtuu mikäli

$$\max(\tau_{\mathrm{a},n} + k\sigma_n) \geq f,$$

jossa $\tau_{\mathrm{a},n}$ on leikkausjännitysamplitudi tasossa, jonka normaali on $\boldsymbol{n}$ ja σ_n on normaalijännitys samassa tasossa.

(a) Kerro lyhyesti ja selkeästi miten materiaaliparametrit k ja f määritetään.

(b) Tarkastellaan suhteista kuormitustapausta

$$\sigma_x = \sigma_\mathrm{a}(1 - \cos\omega t), \qquad \sigma_y = -\sigma_\mathrm{a}(1 - \cos\omega t),$$

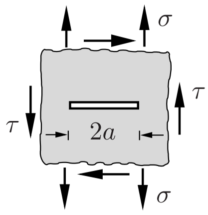
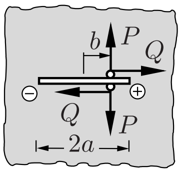
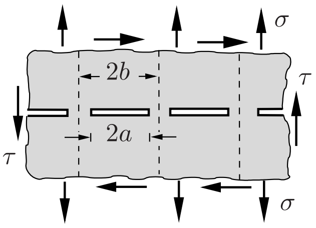
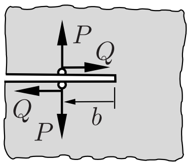
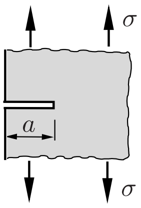
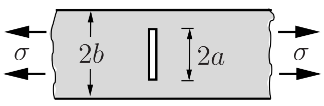
eli x-suuntainen jännityskomponentti on vetävä tykyttävä ja vastaavasti y-suuntainen komponentti tykyttävä puristava. Oletetaan, että tunnetaan k ja vaihtuva leikkausväsymislujuusamplitudi τ_af, jolloin $f = \sqrt{1+k^2}\,\tau_\mathrm{af}$, määritä tehtävän tapauksen väsymislujuusamplitudi σ_a lausuttuna k:n ja τ_af:n avulla.

Tason, jonka normaali muodostaa x-akselin suhteen kulman θ, yksikkönormaali- ja tangenttivektorit ovat $\boldsymbol{n} = (\cos\theta, \sin\theta)^T$ ja $\boldsymbol{s} = (\sin\theta, -\cos\theta)^T$.

Joitain kaavoja, joista voi olla hyötyä.

$$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha \qquad \cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha$$

$$\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\alpha}}$$

1		$\begin{Bmatrix} K_I \\ K_{II} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sigma \\ \tau \end{Bmatrix} \sqrt{\pi a}$
2		$\begin{Bmatrix} K_I^{\pm} \\ K_{II}^{\pm} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P \\ Q \end{Bmatrix} \frac{1}{\sqrt{\pi a}} \sqrt{\frac{a \pm b}{a \mp b}}$
3		$\begin{Bmatrix} K_I \\ K_{II} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sigma \\ \tau \end{Bmatrix} \sqrt{2b \tan \frac{\pi a}{2b}}$
4		$\begin{Bmatrix} K_I \\ K_{II} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P \\ Q \end{Bmatrix} \frac{2}{\sqrt{2\pi b}}$
5		$K_I = 1.1215\, \sigma \sqrt{\pi a}$
6		$K_I = \sigma \sqrt{\pi a}\, F_I(a/b)$ $F_I = \frac{1 - 0.025(a/b)^2 + 0.06(a/b)^4}{\sqrt{\cos(\pi a/2b)}}$

Tentissä ei sallita kaavakokoelmaa eikä muutakaan kirjallista materiaalia. Laskin (funktio tai ohjelmoitava) saa olla mukana.