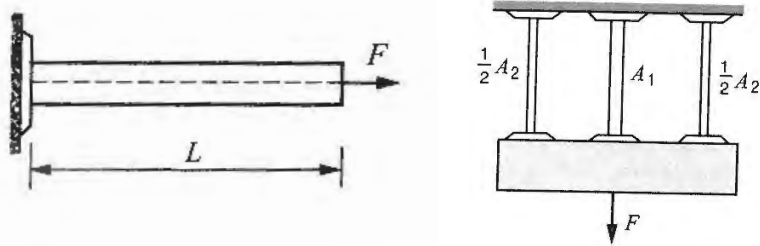


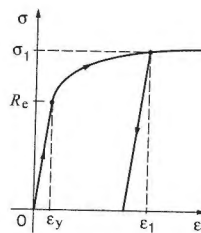
## Johdatus materiaalimalleihin

### 8. harjoitus – kimmoplastinen materiaalimalli

1. Sauvaa venytetään voimalla  $F$ , kunnes sen pituus kasvaa 7 mm, jolloin kuormitus poistetaan. Kunka suuri pysyvä pituuden muutos sauvan jää? Materiaali on lineaarisesti kimmoista ja ideaalisesti plastista.  $E = 200$  GPa,  $L = 500$  mm,  $R_e = 275$  MPa,  $A = 60$  mm<sup>2</sup>.



2. Jäykän kappaleen kannatintankojen kimmokerroin on  $E$ . Tankojen myötörajat ovat  $R_{e1}$  ja  $R_{e2} > R_{e1}$ . Määritellään keskimääräinen jännitys  $\bar{\sigma} = F/(A_1 + A_2)$ .
  - (a) Laske  $\bar{\sigma}$ , kun kaikki sauvat myötävät.
  - (b) Kun kuormitus poistetaan, niin määritä tankojen pysyvä venymä ja jäännösjännitykset.
  - (c) Kuormitusta jatketaan puristuspuolelle niin, että keskimääräinen sauva myötää. Mikä on tällöin  $\bar{\sigma}$ ?
3. Materiaalin jännitys-venymäyhteys on kimmoplastisella alueella muotoa  $\sigma = k\varepsilon^n$  (siis kun  $\sigma > R_e$ ). Määritä materiaaliparametrit  $k$  ja  $n$  sekä pysyvä venymä, kun jännitys palautetaan noltaan jännitystasolta  $\sigma = \sigma_1 = 320$  MPa, materiaalin myötölujuus on  $R_e = 266$  MPa,  $\varepsilon_y = 5800$   $\mu$ ,  $\varepsilon_1 = 12000$   $\mu$ .



4. Ohutseinämäistä ympyräputkea käytetään usein plastisten ainemallin parametrien määrittämiseksi tehtävissä kokeissa. Oletetaan, että putken seinämän paksuus  $t$  on hyvin paljon pienempi kuin putken poikkileikkauksen säde  $R$ , eli  $t/R \ll 1$ . Putkea kuormitetaan vääntömomentilla  $T$  ja normaalivoimalla  $N$ .
  - (a) Mikäli materiaali noudattaa von Misesin myötöehtoa  $\sqrt{3J_2} = \sigma_y$ , jossa  $\sigma_y$  on materiaalin myötöraja. Kirjoita myötöehto vääntömomentin  $T$  ja normaalivoiman  $N$  avulla.  $J_2$  on jännitysmatriisin deviaattorin toinen invariantti  $J_2 = \frac{1}{2}\text{tr}(\mathbf{s}^2)$ .
  - (b) Mikä on Loden kulman  $\theta$  arvo kun kuormituksena on pelkkä (i) vääntömomentti tai (ii) normaalivoima (huom: normaalivoiman merkki)?
  - (c) Mikäli putkea rasittaa normaalivoima  $N$ , joka yksistään aiheuttaa jännitystilän, joka on puolet myötörajasta. Kuinka suuren putken sisäisen ylipaineen se kestää?