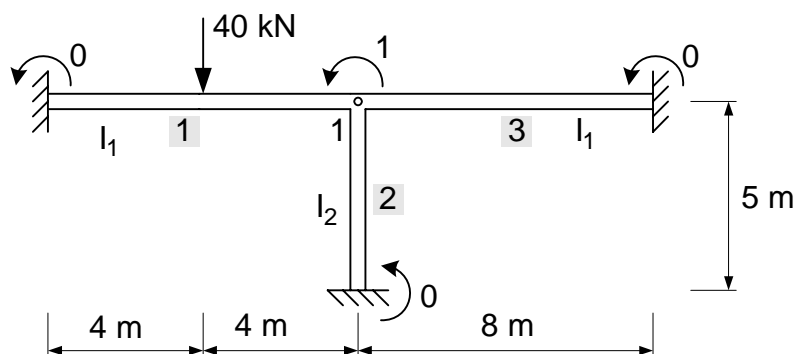


1. Kuvan rakenne koostuu sauvoista BC ja CD. Sauvan BC poikkipinta-ala on puolitoistakertainen sauvan CD poikkipinta-alaan $A = 500 \text{ mm}^2$ verrattuna. Kuormituksina ovat kohdassa C pistevoima $F = 40 \text{ kN}$ ja tuen D siirtymä $\delta = 0,1 \text{ mm}$ oikealle. Määritä aksiaalista sauvaelementtiä käyttäen kohdan C vaakasiirtymä, tukireaktiot kohdissa B ja D sekä sauvojen normaalijännitykset. $E = 200 \text{ GPa}$ ja $L = 0,4 \text{ m}$. **6 p.**

2. Kuvan tasokehän palkit ovat venymättömiä ja tuet siirtymättömiä. Palkkien neliömomentit ovat $I_1 = 200 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ ja $I_2 = 50 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ sekä materiaalin $E = 200 \text{ GPa}$. Laske kuvaan merkittyä elementtiverkkoa ja solmumittausta käyttäen solmun 1 kiertymä. Määritä vielä elementin 1 leikkausvoima- ja taivutusmomenttikuva. **6 p.**



3. 8 p (1 p / kohta)

- a)** Selitä, mitä elementtimenetelmässä tarkoitetaan käsitteillä keskiviivamalli, keskipintamalli ja 3D-malli. Mitä geometrista tietoa näistä malleista on laskentaohjelmalle annettava rakenteen mittojen lisäksi?
- b)** Mitä tarkoittaa käsite solmun vapausaste? Millaisia vapausasteita solmuilla voi olla? Miten vapausasteet liittyvät laskentamallin tuentaan?
- c)** Mikä on elementin jäykkyyismatriisi ja mihin sitä tarvitaan elementtimenetelmässä? Luettele kolme kaikille jäykkyyismatriiseille yhteistä ominaisuutta.
- d)** Selitä, mitä tarkoitetaan elementtikuormituksilla ja esitä kaksi esimerkkiä niistä. Miten elementtikuormitukset käsitellään FEM-laskennassa?
- e)** Selitä, mitä tarkoittavat kontragradienttilaki ja kongruenssimuunnos. Miten näitä voidaan hyödyntää elementtimenetelmässä?
- f)** Mitä tietoja tarvitaan globaalimittauksella varustetun avaruusristikon sauvaelementin jäykkyyismatriisin laskentaan?
- g)** Luettele voima- ja siirtymäsuureet, jotka elementtimenetelmällä saadaan ratkaistua tasokehän elementtiverkon solmuissa, kun käytetään globaalimittauksella varustettua kuuden vapausasteen palkkielementtiä.
- h)** Minkä elementin yhteydessä käytetään suuntasolmua? Mihin tarkoitukseen suuntasolmua käytetään?