Tampereen teknillinen yliopisto
Teknillinen mekaniikka ja optimointi

Petri Kere/Olli Norja

TME-3200 Komposiittirakenteiden mekaniikka

Välikoe 1

1. Erään lasikuitu-epoksikomposiitin (kuitupitoisuus V_f = 60 %) kimmomoduli kuitusuunnassa on E_1 = 38 GPa ja kuitusuuntaa vastaan kohtisuoraan E_2 = 9.2 GPa, liukumoduli G_{12} = 3 GPa ja Poissonin vakio ν_{12} = 0.3.
   a) Missä suunnassa esiintyy Poissonin vakion suurin arvo (likimäärin)?
   b) Kuinka suuri liukuma aiheutuu puhtaassa vetojännityksessä 50 MPa, joka vaikuttaa 90° kuitusuunnasta? Entä jos vetojännitys vaikuttaa 45° kuitusuunnasta?

2. Muovikomposiitin tiheys voidaan laskennallisesti määrittää sekoitussäännön avulla eri komponenttien tilavuusosuuksien funktiona $\rho^c = \sum_i V^i \rho^i$.

   Johda lauseke huokosellisen laminaatin tiheydelle paino-osuuksien W^i funktiona, kun matriisiaineen m, kuitujen f sekä huokosten sisältämän kaasun v tiheys tunnetaan.

3. 23-tasossa poikittaisisotrooppisen yhdensuuntaishiilikuitu-epoksikomposiitin pisteissä vaikuttaa jännitystila σ_1=100 MPa, σ_2= –50 MPa ja τ_{31}= 40 MPa. Miten suuri on materiaalin suhteellinen tilavuudenmuutos ja miten suuria liukumia esiintyy? Jos materiaalia vielä lämmitetään määrällä ΔT= 30 °C, kuinka paljon suhteellinen tilavuudenmuutos kasvaa? Kappale on tukematon ja pääsee vapaasti laajenemaan.
   E_1 = 155 GPa, E_2 = 12.1 GPa, E_3 = 12.1 GPa, ν_{12} = 0.248, ν_{13}= 0.248, ν_{23} = 0.458,
   G_{23} = 3.20 GPa, G_{31} = 4.40 GPa, G_{12}=4.40 GPa, α_1= –0.0180 10^{-6}/°C, α_2= 24.3 10^{-6}/°C,
   α_3= 24.3 10^{-6}/°C

4. a) Näytä, että lausekkeen $Q_{66} - Q_{12}$ arvo on riippumaton rotaatiosta z-akselin ympäri.
   b) Määritä edellisen tehtävän materiaalille kvasi-isotrooppiset insinöörivakiot E^{iso}, G^{iso} sekä ν^{iso}.

TME-3200 Komposiittirakenteiden mekaniikka

Kaavakokoelma

$$\overline{Q}_{11} = U_1 + U_2\cos 2\theta + U_3\cos 4\theta$$
$$\overline{Q}_{12} = U_4 - U_3\cos 4\theta$$
$$\overline{Q}_{22} = U_1 - U_2\cos 2\theta + U_3\cos 4\theta$$
$$\overline{Q}_{16} = -\tfrac{1}{2}U_2\sin 2\theta - U_3\sin 4\theta$$
$$\overline{Q}_{26} = -\tfrac{1}{2}U_2\sin 2\theta + U_3\sin 4\theta$$
$$\overline{Q}_{66} = U_5 - U_3\cos 4\theta$$

$$Q_{11} = \frac{E_1}{1-\nu_{12}\nu_{21}} \qquad Q_{22} = \frac{E_2}{1-\nu_{12}\nu_{21}}$$
$$Q_{12} = \frac{\nu_{12}E_2}{1-\nu_{12}\nu_{21}} \qquad Q_{66} = G_{12}$$

$$U_1 = \frac{3Q_{11}+3Q_{22}+2Q_{12}+4Q_{66}}{8}$$
$$U_2 = \frac{Q_{11}-Q_{22}}{2}$$
$$U_3 = \frac{Q_{11}+Q_{22}-2Q_{12}-4Q_{66}}{8}$$
$$U_4 = \frac{Q_{11}+Q_{22}+6Q_{12}-4Q_{66}}{8}$$
$$U_5 = \frac{Q_{11}+Q_{22}-2Q_{12}+4Q_{66}}{8}$$

$$\mathbf{S}^{\mathrm{iso}} = \begin{bmatrix} \dfrac{U_1}{U_1^2-U_4^2} & -\dfrac{U_4}{U_1^2-U_4^2} & 0 \\ -\dfrac{U_4}{U_1^2-U_4^2} & \dfrac{U_1}{U_1^2-U_4^2} & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{1}{U_5} \end{bmatrix}$$

$$\overline{S}_{11} = S_{11}\cos^4\theta + (2S_{12}+S_{66})\sin^2\theta\cos^2\theta + S_{22}\sin^4\theta$$
$$\overline{S}_{12} = S_{12}(\sin^4\theta+\cos^4\theta) + (S_{11}+S_{22}-S_{66})\sin^2\theta\cos^2\theta$$
$$\overline{S}_{22} = S_{11}\sin^4\theta + (2S_{12}+S_{66})\sin^2\theta\cos^2\theta + S_{22}\cos^4\theta$$
$$\overline{S}_{16} = (2S_{11}-2S_{12}-S_{66})\sin\theta\cos^3\theta - (2S_{22}-2S_{12}-S_{66})\sin^3\theta\cos\theta$$
$$\overline{S}_{26} = (2S_{11}-2S_{12}-S_{66})\sin^3\theta\cos\theta - (2S_{22}-2S_{12}-S_{66})\sin\theta\cos^3\theta$$
$$\overline{S}_{66} = 2(2S_{11}+2S_{22}-4S_{12}-S_{66})\sin^2\theta\cos^2\theta + S_{66}(\sin^4\theta+\cos^4\theta)$$

$$S_{11} = \frac{1}{E_1} \qquad S_{12} = -\frac{\nu_{12}}{E_1} \qquad S_{22} = \frac{1}{E_2} \qquad S_{23} = -\frac{\nu_{23}}{E_2}$$
$$S_{44} = \frac{1}{G_{23}} \qquad S_{55} = \frac{1}{G_{31}} \qquad S_{66} = \frac{1}{G_{12}}$$

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos^2\theta & \sin^2\theta & 2\cos\theta\sin\theta \\ \sin^2\theta & \cos^2\theta & -2\cos\theta\sin\theta \\ -\cos\theta\sin\theta & \cos\theta\sin\theta & \cos^2\theta-\sin^2\theta \end{bmatrix}$$