

Tentti 10.9.2026

Sallittu varustus: Laskin (ei mallirajoituksia), kirjoitusvälineet, kurssin kaavakokoelma. Ei kirjallista materiaalia kaavakokoelman lisäksi. Kaavakokoelmaan ei ole sallittua tehdä omia lisäyksiä/muutoksia.

Tentti on kaksiosainen:

- Osa A, joka sisältää 10 helppoa ja lyhyttä kysymystä (jokainen arvoltaan 1p)
- Osa B, joka sisältää hieman laajempia kysymyksiä yhteensä 40p arvosta (jokaisen kysymyksen pistearvo mainittu suluissa)

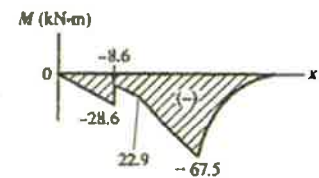
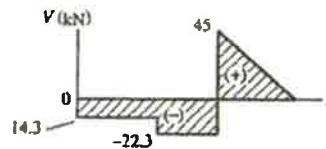
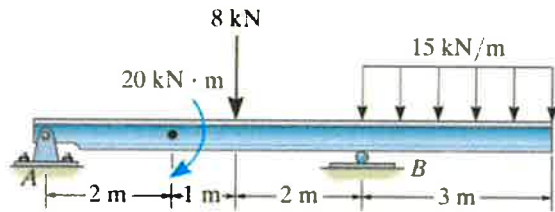
Opiskelijan on saatava osasta A vähintään 6 pistettä, tai osaa B ei arvostella.

Yleisohjeet:

- Kirjoita kaikki vastauksesi vastauspaperille – ei kysymyspaperiin!!
- Vastaa osan A kysymyksiin vastauspaperin etusivulle
 - Osan A vastauksia ei TARVITSE perustella selityksin tai laskuilla – pelkät vastaukset riittävät pisteiden myöntämiseen (paitsi jos kysymys on mielestäsi tulkinnanvarainen; tässä tapauksessa ole hyvä ja selitä, kuinka asian ajattelit)
 - Laskutkin ovat toki tervetulleita
 - Kirjoita osan A vastauksesi käyttäen TIKKUKIRJAIMIA selkeyden vuoksi
- Osan B vastauksissa muista dokumentoida ratkaisusi – mukaan lukien välivaiheet sekä lukuarvojen sijoitukset!
- Tehtäviä ei tarvitse ratkaista järjestyksessä; merkitse kuitenkin selkeästi tehtävänumerot

OSA A

1. Palkkia kuormitetaan vasemmanpuoleisen kuvan mukaisesti. Tuloksena palkkiin aiheutuvat leikkausvoima- ja momenttijakaumat ovat oikeanpuoleisen kuvan mukaiset. Jos palkki on valmistettu S420 teräksestä ja varmuuskertoimen halutaan olevan 1.5, mikä on kevein IPE-profiili joka on kuormituskestoltaan riittävä? (Taivutusjännityksen suhteen; leikkaukskapasiteettia ei nyt huomioida.)



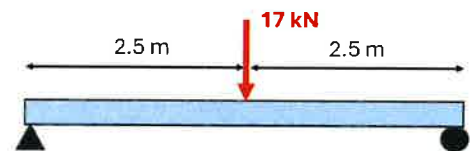
A) IPE 140

B) IPE 180

C) IPE 220

D) IPE 270

2. Teräksistä ulokepalkkia (HEA 180, $E = 210 \text{ GPa}$) kuormitetaan oheisen kuvan mukaisesti. Mikä on palkin keskikohdan taipuma? (Yhden desimaalin tarkkuudella; positiivinen suunta alaspäin, palkin omaa painoa ei huomioida.)



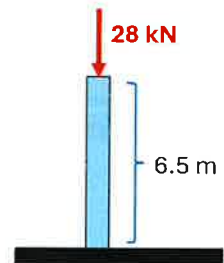
A) 1.0 mm

B) 8.4 mm

C) 22.8 mm

D) 89.6 mm

3. Oikeanpuoleisen kuvan pilari on HEA 140 (S355, $E = 210 \text{ GPa}$). Sitä kuormitetaan kuvan mukaisesti. Mikä on pilarin varmuuskerroin? (Kahden desimaalin tarkkuudella.)



A) 1.70

B) 2.17

C) 4.51

D) 18.05

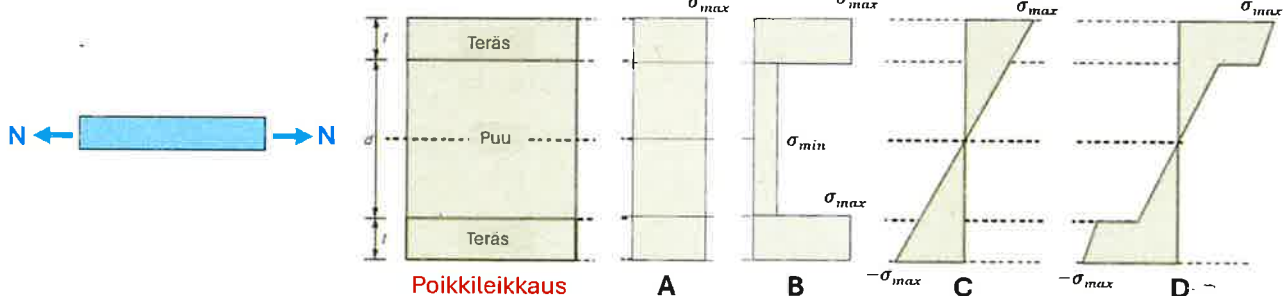
4. Komposiittipalkkia, joka koostuu kahdesta teräslevystä sekä niiden väliin asennetusta puupalkista, kuormitetaan **normaalivoimalla** N . $E_{\text{teräs}} = 210 \text{ GPa}$, $E_{\text{puu}} = 15 \text{ GPa}$. Mikä alla olevista vaihtoehtoista kuvaa palkin poikkileikkauksessa vaikuttavaa **jännitysjakautumaa**?

A) Vaihtoehto A

B) Vaihtoehto B

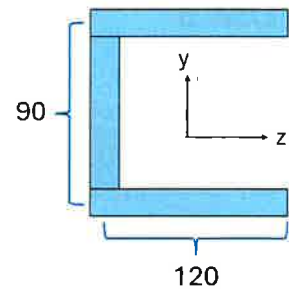
C) Vaihtoehto C

D) Vaihtoehto D



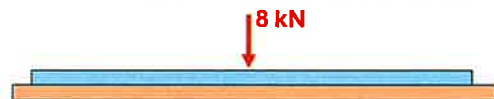
5. Kuvan C-profiilin materiaalipaksuus on vakio $t = 5 \text{ mm}$. Mitat on annettu keskilinjamittoina millimetreinä. Kuvan koordinaatistoa käyttäen, mikä on tämän profiilin tulomomentti (product of inertia)? (Kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.)

- A) $I_{yz} \approx -0.76 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ B) $I_{yz} = 0 \text{ mm}^4$
 C) $I_{yz} \approx 1.6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ D) $I_{yz} \approx 3.2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$



6. IPE 160-palkki (sininen; $E = 210 \text{ GPa}$) lepää betonilattialla (oranssi), jonka $k = 5 \text{ MPa}$. Palkin keskipisteeseen kohdistuu 8 kN pistevoima. Mikä on palkin suurin taipuma? (Kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.)

- A) 0.73 mm B) 1.4 mm C) 1.6 mm D) 6.6 mm



7. Olemme ratkaisseet jännityskomponenttimatriisin (yksiköt MPa) ominaisarvoiksi -90 , 130 ja 200 . Mikä on tätä jännitystilaa vastaava Von Mises-jännitys? (Pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun.)

- A) 221 MPa B) 255 MPa C) 262 MPa D) 290 MPa

8. Palkki on valmistettu rakenneteräksestä, jonka myötölujuus on 590 MPa ja murtolujuus 800 MPa . Palkin redusoitu väsymislujuus (reduced endurance limit) on 285 MPa . Palkkiin kohdistuu väsyttävä taivutuskuormitus. Mikä on palkin S-N-käyrän kaltevuus (slope)? (Yhden desimaalin tarkkuudella.)

- A) 7.5 B) 11.1 C) 11.8 D) 34.7

9. Laminaatti on valmistettu ortotrooppisista laminoista liimaamalla n kappaletta laminoita $+50^\circ$ suuntaan ja n kappaletta laminoita -50° suuntaan. Mitä tästä seuraa?

- A) Transformaatiomatriisit ovat yksikkömatrisseja B) Laminaatti on isotrooppinen
 C) Globaali kimmomatriisi Q on yksikkömatrisi D) Globaali kimmomatriisi Q on symmetrinen

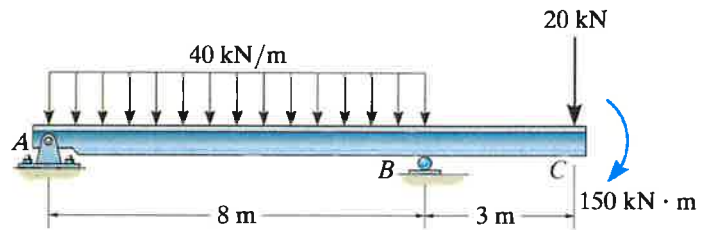
10. Prosessisäiliön ulkohalkaisija on 80 mm ja sen seinämäpaksuus on 15 mm . Tankin sisällä oleva hydraulineste paineistetaan 350 bar paineeseen. Mikä on tankin seinämässä vaikuttava pitkittäissuuntainen jännitys? (Kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella.)

- A) 22.4 MPa B) 29.2 MPa
 C) 46.7 MPa D) 58.3 MPa



OSA B

1. Oikealla puolella esitettyä palkkia ABC kuormitetaan kuvan mukaisesti. Valitse kevyin mahdollinen IPE-profiili siten että palkki kestää kuormituksen varmuuskertoimella 1.5. Materiaalina on S420, palkin omaa painoa ei tarvitse huomioida. (7p)

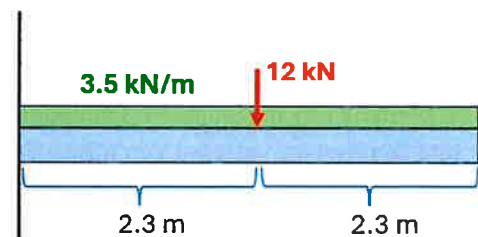


2. Oikeanpuoleisen kuvan ulokepalkki on IPE 300, joka on valmistettu S235 teräksestä ($E = 210 \text{ GPa}$). Palkkia kuormitetaan kuvan mukaisesti.

a) Laske suurin palkissa vaikuttava normaaliännitys. (2p)

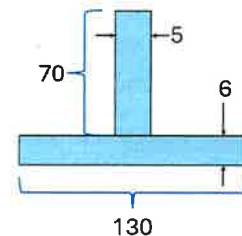
b) Laske suurin palkissa vaikuttava leikkausännitys. (1p)

c) Laske palkin suurin taipuma. Jätä huomiotta palkin omapaino sekä leikkausvoiman vaikutus taipumaan. (4p)



3. a) HEA 200 pilari, jonka pituus on 7 m (S420, $E = 210 \text{ GPa}$), on tuettu jäykkä-nivel-tyyliin (fixed-pinned) x-x-suunnassa ja molemmista päistä jäykästi (fixed-fixed) y-y-suunnassa. Laske pilarin puristuskapasiteetti yksikössä kN. (4p)

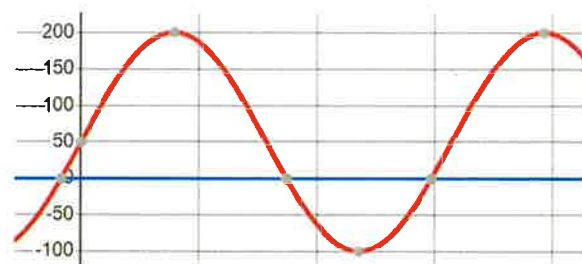
b) T-profiilia, jonka poikkileikkaus on esitetty oikealla (kaikki mitat millimetrejä), kuormitetaan 350 Nm suuruisella vääntömomentilla. Laske tästä profiiliin aiheutuva suurin leikkausännitys. (4p)



4. Rakenteemme jännitysvaihtelu on kuvan mukainen (yksiköt MPa). Materiaalina on S390, murtolujuus 520 MPa. Redusoiduksi väsymislujuudeksi (reduced endurance limit) on määritetty 190 MPa.

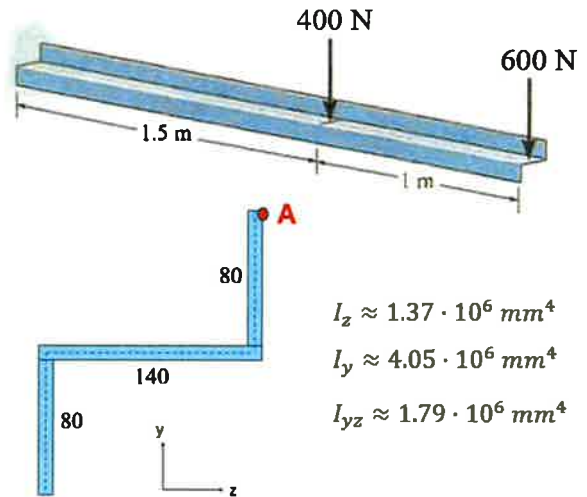
a) Määritä rakenteen keskijännitys ja jännitysamplitudi. Kestääkö rakenne ikuisesti vai väsykö se jossain kohtaa? (3p)

b) Jos vastaus on että ei väsy, määritä kestämissen varmuusluku käyttäen Haigh-Goodman-diagrammia. Jos väsy, sovita S-N-käyrä ja laske rakenteen kestoikä sykleinä. (4p)



5. Z-profiilinen ulokepalkki, jonka materiaalipaksuus on 4 mm (kuva oikealla; profiilin poikkileikkauskuva millimetreinä annetuin keskilinjamitoin kuvan alla), on kuormitettu kuvan mukaisesti. Laske kuormituksesta aiheutuva normaalijännitys oikeassa ylänurkassa A. (6p)

Huom: Jäyhyysarvot (moments of inertia) on valmiiksi laskettu.



6. Poikkileikkaukseltaan 100 mm x 150 mm puupalkki (oranssi) on vahvistettu kiinnittämällä sen molemmille puolille metallilevyt (sininen; paksuus 8 mm/kpl). Näin saatua palkkia kuormitetaan taivutusmomentilla $M_z = 2.4 \text{ kNm}$. Laske suurin normaalijännitys sekä puussa että teräksessä. Käytä materiaaliparametreina arvoja $E_{st} = 210 \text{ GPa}$ ja $E_w = 14 \text{ GPa}$. (5p)

