UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i:	MEK4540/9540 – Komposittmaterialer og -konstruksjoner.
Eksamensdag:	Torsdag 05-06-2008.
Tid for eksamen:	14.30 – 17.30.
Oppgavesettet er på 3 sider	
Vedlegg:	Formelark (1 side).
Tillatte hjelpemidler:	Rottmanns formelsamling + godkjent kalkulator.

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

Oppgave 1 (20%)

a) Nevn en vanlig termoplast, herdeplast og armeringsfiber og gi typiske verdier for stivhet og styrke

b) Forklar hva som menes med *glassovergangstemperaturen* og skisser E-modulen som funksjon av temperatur for en amorf termoplast, semikrystallinsk termoplast og en herdeplast.

c) Gjør rede for hvordan RTM og pultrudering foregår og nevn kort fordeler og ulemper. Illustrer med enkle skisser.

d) Hva menes med *lastoverføringslengden* (l_t) og *kritisk fiberlengde* (l_c) for kortfiber-kompositter? Bruk gjerne skisser.

Oppgave 2 (40%)

Et laminat består av lag med ensrettet fiber i en herdeplastmatrise og har følgende elastiske egenskaper:

$$E_L = 130\ 000\ \text{MPa}$$
$$E_T = 9000\ \text{MPa}$$
$$G_{LT} = 5000\ \text{MPa}$$
$$\nu_{LT} = 0.25$$

a) Bestem kompliansmatrisen S og stivhetsmatrisen Q i LT-systemet for lagene ovenfor.

b) Beregn stivhetsmatrisen for et lag som er orientert 90° i forhold til den globale *x*-aksen.

c) Et laminat med konfigurasjonen [0/90/90/0] i forhold til en global *x*-akse er påført en belastning i planet og tøyningene blir målt med strekklapper som er orientert i akseretningene til det globale koordinatsystemet *x-y*. Tøyningene som måles er:

$$\varepsilon_x = 2000 \times 10^{-6}$$
$$\varepsilon_y = 500 \times 10^{-6}$$
$$\gamma_{xy} = 1000 \times 10^{-6}$$

Beregn belastningen laminatet er utsatt for (N_x, N_y, N_{xy}) når alle lagene har tykkelse 1 mm.

d) Beregn E-modulen til laminatet i den globale *x*-retningen

e) Fra strekkforsøk har man målt følgende bruddtøyninger for lagene:

$$\varepsilon_{LU} = 0.01$$
$$\varepsilon_{TU} = 0.005$$
$$\gamma_{LTU} = 0.05$$

I hvilke(t) lag får man først brudd-feil for en en-akset belastning i den globale *x*-retningen og hva slags brudd er dette?

f) Beregn lasten som gir første brudd-feil i deloppgave e) ovenfor.

Oppgave 3 (40%)

DEL A

a) Hvilke fordeler har en sandwichkonstruksjon over en konvensjonell bjelke- eller platekonstruksjon?

b) Hvilke feilmekanismer bør det tas hensyn til når en sandwichbjelke skal dimensjoneres for å tåle en gitt påført belastning? Det skal tas hensyn til både tverrlast og aksiallast.

DEL B

a) Definer uttrykkene *bøyestivhet, D,* og *skjærstivhet, S*, begge per breddeenhet, for en sandwichbjelke.

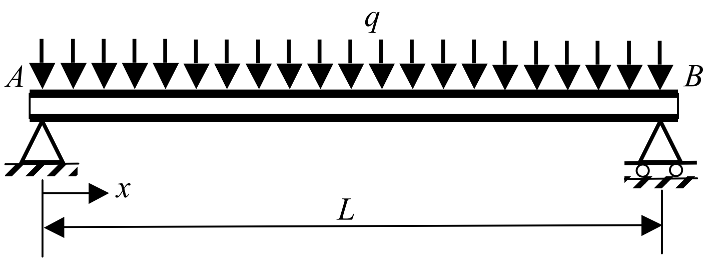
b) Figur 1 viser en fritt opplagt, horisontal sandwichbjelke, *AB*, med lengde *L*. En vertikal, jevnt fordelt last *q* per arealenhet er påført i hele bjelkens lengde. Begge skall ("face sheets") kan betraktes som tynne og kjernen som svak (fleksibel).

Ved å bruke partielle forskyvninger, eller en annen metode, finn et uttrykk for den vertikale forskyvningen $w(x)$ og vis at forskyvningen δ i bjelkens midtpunkt er gitt ved

$$\delta = \frac{5qL^4}{384D}\left(1 + \frac{48D}{5SL^2}\right)$$

c) Undersøk og diskuter hvordan løsningen i deloppgave b) ovenfor, endrer seg når forholdet D/SL^2 økes fra null til en stor verdi.

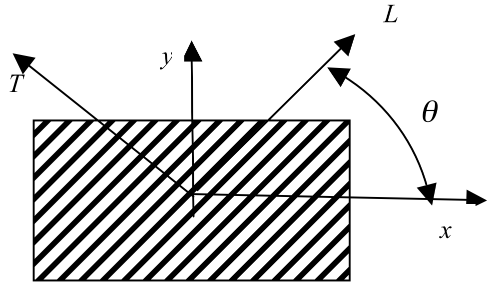
d) Beskriv kort hvordan analysen må endres dersom ende *A* blir fast innspent mens *B* forblir fritt opplagt.



Figur 1: Fritt opplagt sandwichbjelke med jevnt fordelt last

NYTTIGE FORMLER

$$[T_1] = \begin{bmatrix} c^2 & s^2 & 2sc \\ s^2 & c^2 & -2sc \\ -sc & sc & c^2 - s^2 \end{bmatrix}$$



$$[T_2] = \begin{bmatrix} c^2 & s^2 & sc \\ s^2 & c^2 & -sc \\ -2sc & 2sc & c^2 - s^2 \end{bmatrix}$$

$c = \cos\theta$

$s = \sin\theta$

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_L \\ \varepsilon_T \\ \gamma_{LT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_L} & -\frac{\nu_{TL}}{E_T} & 0 \\ -\frac{\nu_{LT}}{E_L} & \frac{1}{E_T} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G_{LT}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_L \\ \sigma_T \\ \tau_{LT} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_L \\ \varepsilon_T \\ \frac{1}{2}\gamma_{LT} \end{bmatrix} = [T_1] \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \frac{1}{2}\gamma_{xy} \end{bmatrix}$$ (tensorielle tøyninger) eller $$\begin{bmatrix} \varepsilon_L \\ \varepsilon_T \\ \gamma_{LT} \end{bmatrix} = [T_2] \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}$$ ("ingeniørtøyninger")

$$\begin{bmatrix} \sigma_L \\ \sigma_T \\ \tau_{LT} \end{bmatrix} = [T_1] \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix}$$

$[\overline{Q}] = [T_1]^{-1}[Q][T_1]$ (tensorielle tøyninger) eller $[\overline{Q}] = [T_1]^{-1}[Q][T_2]$ ("ingeniørtøyninger")

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^{n} \left(\overline{Q}_{ij}\right)_k \left(h_k - h_{k-1}\right)$$

$$B_{ij} = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{n} \left(\overline{Q}_{ij}\right)_k \left(h_k^2 - h_{k-1}^2\right)$$

$$D_{ij} = \frac{1}{3}\sum_{k=1}^{n} \left(\overline{Q}_{ij}\right)_k \left(h_k^3 - h_{k-1}^3\right)$$