

Øving T5

Innleveres torsdag 16.2.06.

HØGSKOLEN I ØSTFOLD
Avdeling for ingeniør- og realfag.
Maskinlinjen.

Side 1 av 4
Side 4 er vedlegg

EKSAMEN

I

Fag: ELEMENTMETODEN

Fagnr.: MA 305

Klasse: M3A

Dato: Tirsdag 16. Desember 1997

Tid: 9⁰⁰ - 12⁰⁰

Faglærer: Egil Berg

Fil: E-97_t.doc

Hjelpemidler: Ingen, bortsett fra egen medbragt:
Tekniske regnetabeller av Smeby og Kobberstad,
Tabeller med formelsamling av Dalen med flere,
godkjent kalkulator og skrivesaker.
Blyant tillates benyttet, dog ikke rød fargeblyant.

Endelig karakter i faget blir regnet ut fra både denne eksamen, som utgjør 50%, og en praktisk prøve i STAAD III, utført ved hjelp av PC, som utgjør 50%.

KANDIDATEN MÅ SELV KONTROLLERE AT OPPGAVESETTET ER FULLSTENDIG!

Figuren til høyre viser et fagverk som skal analyseres ved hjelp av elementmetoden.

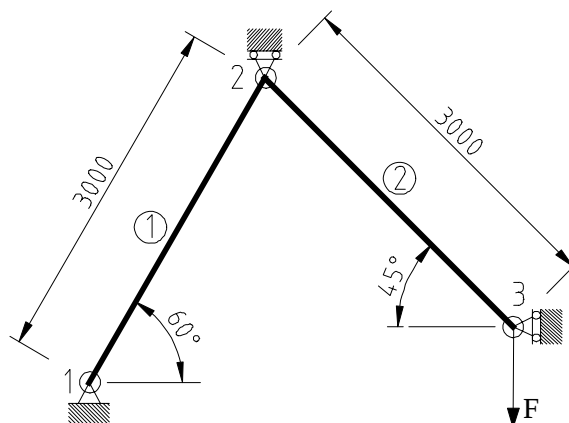
Vi benytter fagverksstaver som har fire frihetsgrader, to i hver ende. Stavene er leddlagret som tilsier at kun aksialforskyvninger medfører spenninger.

Begge stavene har lengde $L_1 = L_2 = L$ og er plassert i vinkler slik som figuren til høyre viser.

Stav 1 går fra knutepunkt 1 til 2 og stav 2 går fra knutepunkt 2 til 3.

Konstruksjonen er belastet med en vertikal kraft F i knutepunkt 3 slik som figuren viser.

Konstruksjonen er festet til et fundamentet med bolter i knutepunktene 1, 2 og 3. Oppplagringene i knutepunktene 2 og 3 kan fritt bevege seg i henholdsvis horisontal og vertikal retning.



Begge stavene har samme E-modul og samme tverrsnittsareal, $A_1 = A_2 = A$.

- Sett opp systemets IEG-matrise.
- Bestem den lokale stivhetsmatrisen $\mathbf{k}_L$ for en fagverksstav.
- Bestem de globale stivhetsmatrisene for de to stavene.

Transformasjonsmatrisen:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} c & -s & 0 & 0 \\ s & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & -s \\ 0 & 0 & s & c \end{bmatrix}$$

Hvor $c = \cos \theta$ og $s = \sin \theta$

Gitt matriselikning: $\mathbf{k} = \mathbf{C} \mathbf{k}_L \mathbf{C}^T$

Sett inn verdiene for c og s men ikke for E , A og L .

$$\begin{aligned} (\cos 45 &= \frac{1}{2} \cdot 2^{0,5}, \cos -45 = \frac{1}{2} \cdot 2^{0,5}, \\ \sin 45 &= \frac{1}{2} \cdot 2^{0,5}, \sin -45 = -\frac{1}{2} \cdot 2^{0,5}, \\ \cos 60 &= \frac{1}{2}, \cos -60 = \frac{1}{2}, \\ \sin 60 &= \frac{1}{2} \cdot 3^{0,5}, \sin -60 = -\frac{1}{2} \cdot 3^{0,5}) \end{aligned}$$

- Bestem fagverkets (systemets) stivhetsmatrise ved direkte innadddering ut fra IEG-matrisen. Innfør samtidig grensebetingelsene slik at du får den modifisere stivhetsmatrisen for fagverket.

Hvor mange frihetsgrader har fagverket?

- e) Sett opp matriselikningen for systemet og løs likningssettet og vis at $r_3 = 4FL/(EA)$ og $r_6 = -3r_3/2$.

Sett inn verdiene som er gitt nedenfor og bestem forskyvningene av knutepunktene.
 $F = 10 \text{ kN}$, $A = 300 \text{ mm}^2$, $L = 3 \text{ m}$, og
 $E = 200\,000 \text{ MPa}$.

Invertert og modifisert stivhetsmatrise når vi har benyttet enhetene millimeter og Newton:

$$\mathbf{K}^{-1}_{\mathbf{M}} = 10^{-3} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,2 & 0 & 0 & -0,2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -0,2 & 0 & 0 & 0,3 \end{vmatrix}$$

- f) Regn ut og vis at de lokale forskyvningsvektorene blir:

For stav 1: $\mathbf{v}^T_L = [0 \ 0 \ 1 \ -3^{0,5}]$

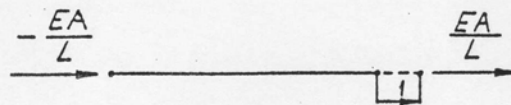
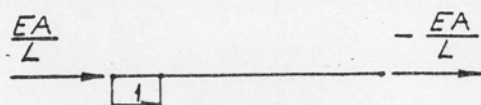
For stav 2: $\mathbf{v}^T_L = [2^{0,5} \ 2^{0,5} \ 3 \cdot 2^{0,5}/2 \ -3 \cdot 2^{0,5}/2]$

- g) Regn ut stavenes lokale krefter ut fra elementenes matriselikning.
 Finn strekkspenningene i de to stavene.

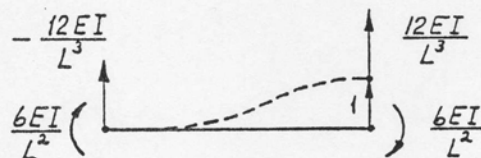
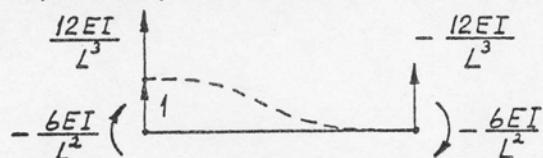
VEDLEGG

STAVENDEKREFTER VED ENHETSFORSKYVNINGER.

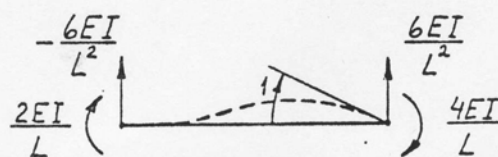
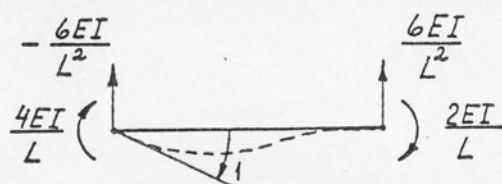
1. STREKK - TRYKK.



2. BØYNING VED FORSKYVNING.



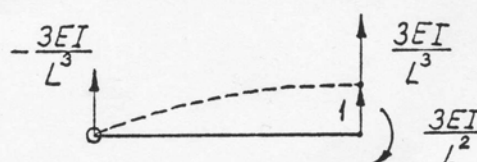
3. BØYNING VED VINKELENDRING.



4. BØYNING VED FORSKYVNING.

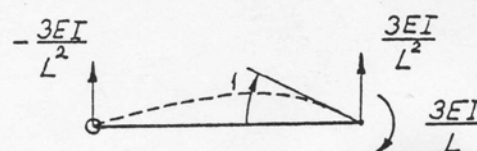


LEDD I VENSTRE KN. PKT.



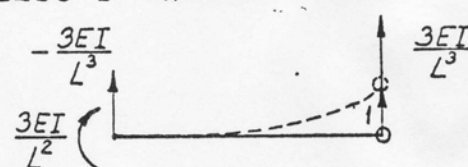
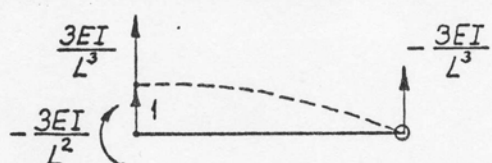
5. BØYNING VED VINKELENDRING.

LEDD I VENSTRE KN. PKT.



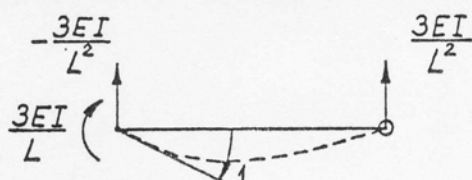
6. BØYNING VED FORSKYVNING.

LEDD I HØYRE KN. PKT.



7. BØYNING VED VINKELENDRING.

LEDD I HØYRE KN. PKT.



8. TORSJON.

