

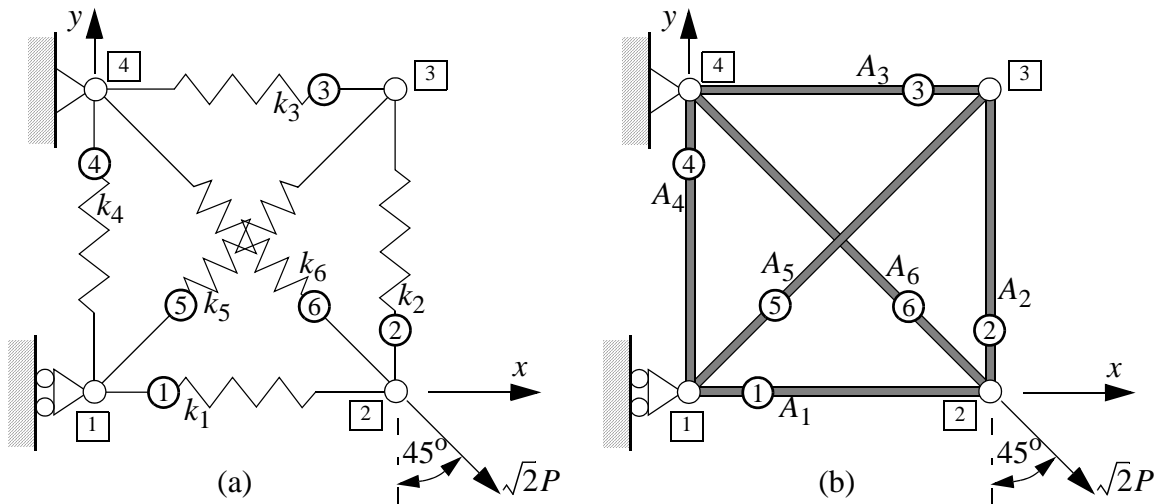
Laboration 1, FEM för ingenjörstillämpningar 2013

Allmän information

Laborationen genomföres i grupper om två eller tre teknologer vardera. Resultaten skall redovisas för övningsledaren/övningsledarna vid laborationstillfället. Under laborationen skall tre problem analyseras med hjälp av finita elementprogrammet ANSYS.

Uppgifter

Problem 1. I hemuppgift 1 analyserades fackverket bestående av fjäderelement visat i Figur 1(a) nedan. Detta problem är helt ekvivalent med problemet visat i Figur 1(b) där fjäderelementen är utbytta mot stångelement, förutsatt att stängernas dragstyvhet EA (E är elasticitetsmodulen och A är tvärsnittsarea) bestäms så att de motsvarar fjäderkonstanterna i Figur 1(a). Analysera fackverket i Figur 1(b) m.h.a. ANSYS, där stängerna lämpligen modelleras med elementet "LINK1". Innan analysen påbörjas måste E och A väljas på lämpligt sätt. Den yttre kraften, P , kan sättas till 1 N. Skriv upp de resulterande nodförskjutningarna i Tabell 3 nedan. Stämmer de med resultaten från din hemuppgift?



Figur 1. (a) fackverk av fjäderelement och (b) fackverk av stångelement

Node	x/m	y/m
1	0.0	0.0
2	1.0	0.0
3	1.0	1.0
4	0.0	1.0

Tabell 1. Nodkoordinater i enheten meter.

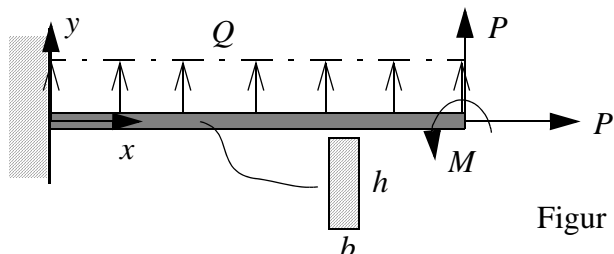
dd	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
	[N/m]	[N/m]	[N/m]	[N/m]	[N/m]	[N/m]
01–10	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
11–20	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
21–31	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0

Tabell 2. Fjäderkonstanter i enheten N/m. dd i kolumn ett anger dagen i det personnummer som används vid bestämning av modellparametrarna.

Nod	1	2	3	4
u_x/m				
u_y/m				

Tabell 3. Resultat från analys med ANSYS

Problem 2. Analysera konsolbalken visad i Figur 2 nedan. Balken har längden $L = 1$ meter och är gjord av aluminium (elasticitetsmodul $E = 70$ GPa). Balkens laster, tvärsnitt och övriga mått framgår av Figur 2. Genomför analysen i ANSYS och använd balkelementet "BEAM188", vilket är avsett för analys av ramverk i planet (2D). Elementet har två noder med tre frihetsgrader i varje nod. Elementet använder en ansats för balkens utböjning som är av polynomgrad tre, samt en linjär ansats för balkens axiella förskjutning. Utför totalt tre analyser med (i) 1 element, (ii) 2 element och (iii) 4 element. Skriv upp resultaten i Tabell 4 nedan, där u_y och θ_z skall utvärderas i balkens nodpunkter och där M_R avser reaktionsmomentet i balkens vänstra ände. Avviker FEM-lösningen från den exakta lösningen?



Tvärsnitt:
 $h = 6$ cm, $b = 2$ cm
 Laster:
 $P = 1$ kN, $M = 1$ kNm, $Q = 1$ kN

Figur 2

		1 Element	2 Element	4 Element	Exakt
$x = \frac{L}{4}$	u_y / mm				2.900
	θ_z / rad				0.02242
$x = \frac{L}{2}$	u_y / mm				10.851
	θ_z / rad				0.04051
$x = \frac{3L}{4}$	u_y / mm				22.846
	θ_z / rad				0.05487
$x = L$	u_y / mm				38.029
	θ_z / rad				0.06614
$x = 0$	M_R / Nm				-2500

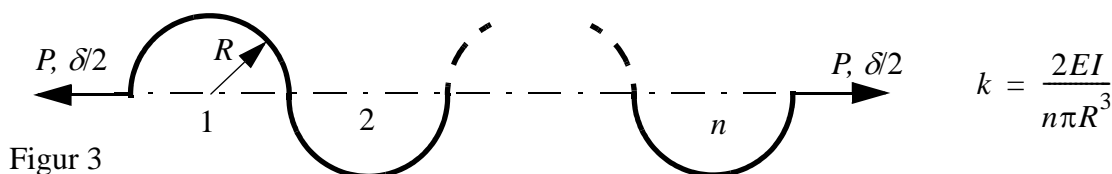
Tabell 4. Resultat från analys med ANSYS

Exakt lösning:

$$u_y(x) = \frac{QL^3}{24EI} \left(6\left(\frac{x}{L}\right)^2 - 4\left(\frac{x}{L}\right)^3 + \left(\frac{x}{L}\right)^4 \right) + \frac{PL^3}{6EI} \left(3\left(\frac{x}{L}\right)^2 - \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right) + \frac{ML^2}{2EI} \left(\frac{x}{L}\right)^2$$

$$\theta(x) = \frac{QL^2}{6EI} \left(3\frac{x}{L} - 3\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right) + \frac{PL^3}{2EI} \left(2\frac{x}{L} - \left(\frac{x}{L}\right)^2 \right) + \frac{ML^2}{EI} \frac{x}{L}$$

Problem 3. Bestäm fjäderkonstanten $k (=P/\delta)$ för den linjärelastiska strukturen i Figur 3. Strukturen består av n stycken enkelkröpta balkar i form av halvcirkelbågar, där varje halvcirkelbåge har medelradien R och en cirkulär tvärsnittsytta med radien r . Deformationen i strukturen beror främst på böjning. Utför analysen med ANSYS och modellera geometrin m.h.a. balkelement av typen "BEAM3". Låt speciellt $r/R = 0.1$. Notera att om symmetrin i systemet utnyttjas kan k beräknas för ett godtyckligt antal halvcirkelbågar n . En grov skattning kan faktiskt erhållas med ett enda finita element. Hur? Genomför sedan analysen med successivt ökande antal element. Jämför med den analytiska lösningen given i Figur 3. Hur många element behövs för att avvikelserna från den analytiska lösningen skall vara mindre än 2%? => Redovisa svar och val av randvillkor för övningsledaren!



Figur 3