

Delprojekt 1 – Hållfasthetslära

MTM026, 23/24

Denna första del behandlar finita elementanalyser av plana balkstrukturer med hjälp av ANSYS. Avklarad projekt (alla fyra delprojekten) ger 1,5 högskolepoäng.

Finita Elementmetoden (FEM) är en metod för att lösa partiella differentialekvationer i teknik och fysik. Metoden används framförallt för beräkningar inom hållfasthetslära, strömning, värmeöverföring och elektromagnetism. I allt konstruktionsarbete ingår normalt FEM. Den matematiska bakgrunden till FEM är ett huvudtema i den parallella kursen Flervariabelanalys och partiella differentialekvationer. Inom hållfasthetsproblem är det centralt för FEM att kroppen/strukturen delas in i ett antal element. Hörn- eller ändpunkterna på elementen kallas noder. I dessa kan laster och förskjutningar föreskrivas. I varje element ansätts ett förskjutningsfält som skall uppfylla vissa villkor. Att dela in kroppen i element kallas mesh/meshing i FEM-program. Förskjutningsfältet som bäst approximerar differentialekvationen bestäms. Metoden konvergerar generellt, dvs ju fler (och därmed mindre) element desto noggrannare blir lösningen.

Här kommer vi att använda ANSYS som är ett mycket använt industriellt system för FEM-beräkningar och simuleringar. ANSYS finns installerat i alla datorsalar i bl.a. M- och E-husen. En studentversion av ANSYS kan laddas ner till egen dator (PC-version) via ANSYS websidor (<https://www.ansys.com/academic/students>). Tanken är att ANSYS skall användas som ett verktyg i kommande produkt-utvecklingsprojekt (för mer info om ANSYS se: www.ansys.com).

Syfte

Delprojektet ger en introduktion till ANSYS och FEM-beräkningar i industriell programvara. Syftet är att studenter skall bekanta sig med ANSYS och balkmodellering. Målet är att efter genomgången uppgift skall man kunna analysera generella plana balkstrukturer i ANSYS.

Examination

Uppgiften får utföras i grupper om två studenter. När uppgiften är löst redovisas den vid dator för en lärare. Vid redovisningen skall det finnas en kort rapport (se avsnitt Redovisning). Uppgiften bör hinna med på 4 - 5 timmar inklusive utformning av rapporten. *Se Canvas för sista dag för godkänd deluppgift.*

Uppgift 1

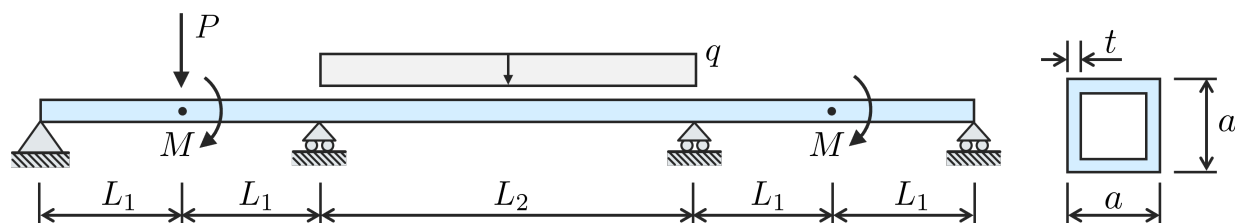
Detta är en introducerande uppgift som inte skall redovisas. Den kan med fördel gås igenom innan datorövningen.

- Beräkna deformationer, moment- och tvärkraftsfördelning samt böjspänningar i en konsolbalk utsatt för en punktlast genom att följa ett övningsexempel från Cornell University (där en konsolbalk analyseras). Exemplet hittas på [Cantilever Beam](#). Pre-analysis-videoerna och teori kan hoppas över.

I exemplet används Ansys version 17.1. Det är inga större skillnader mellan versionerna, åtminstone gällande det viktigaste av programmen som används (ANSYS Mechanical) – skillnaden ligger främst i vilket CAD-verktyg som används. På samma webbsida hittar du fler exempel, om du är intresserad, lös gärna exemplet “Plane Frame” men gör först klart det här delprojektet.

Uppgift 2

Beräkna deformationer, böjspänning-, moment- och tvärkraftsfördelning samt stödreaktioner i balken som visas i figuren nedan.



Figur 1.1: Kontinuerlig balk med yttre laster som ska analyseras i Uppgift 2. Till höger visas tvärsnittet som har en konstant godstjocklek t .

Använd följande parametervärden: $P = 3,0 \text{ kN}$, $q_0 = 1,5 \text{ kN/m}$, $M_0 = 1,5 \text{ kN m}$, $L_1 = 1,00 \text{ m}$,

$L_2 = 3,00$ m, $a = 0,05$ m och $t = 0,002$ m. Materialet är stål som antas vara linjärt elastiskt med Elasticitetsmodul $E = 200$ GPa och Poissons tal $\nu = 0,30$.

Följ upplägget från övningsexemplet, i Uppgift 1 ovan, med följande tillägg och tips 1-4:

Tips 1. Geometry

Linjen behöver delas så att vi har ändpunkter där laster och randvillkor skall föras in. Detta görs genom Sketching/Modify/Split at selected. Måttsätt delbalkarna Dimension/Horizontal osv. Glöm inte Generate. Skapa en Line body av dellinjerna.

Tips 2. Mesh

Gå tillbaka till ANSYS-huvudmeny och välj Modell. Se till att Units är inställt på SI-enhet (m, osv). Välj elementstorlek (tex 0,10 m) så att vi får ett lämpligt antal element och ändpunkter där laster skall läggas på och randvillkor skall föras in.

Tips 3. Set up physics

Den fria uppläggnings i vänster ände modelleras genom att välja punkten (Pick vertex) och sedan Insert Simply Supported. Inre rullstödet modelleras genom Insert Displacement och låsa vertikal deformation. Den fördelade lasten införs genom att välja linjen (Pick edge) som lasten verkar på och sedan Insert Line pressure. Vi behöver inte tilldela material eftersom Structural steel"är default.

Obs! För att kunna lösa problemet med finita elementmetoden behöver balken även låsas så att den inte kan rotera som en stel kropp. Detta görs lämpligen genom att låsa lämplig rotation i en punkt. Tänk efter vad som behöver låsas för att förhindra att balken roterar stelt utan att påverka utböjningen i planet.

Tips 4. Resultat

Vi behöver först göra en Path längs vilken moment och tvärkraft skall beräknas. Highlight Model i trädet och välj Construction Geometry. Högerklicka på Construction Geometry och insert Path. Edge selection filter. Håll in ctrl-knappen och klicka på alla dellinjer för att göra en Path.

Spara figurer och plottar i ett dokument. Smidigast är att göra en skärmdump och lägga den i ett dokument.

- Plotta deformerad balk. Notera största deformationen.
- Rita T- och M-diagram (med tecken).
- Ta fram fördelningen av största böjnormalspänning och bestäm maximal spänning. I ANSYS kan man beräkna resultaten: Direct stress vilket motsvarar $\sigma = N/A$, samt Combined stress vilket motsvarar $\sigma = N/A + Mz/I_y$
- Beräkna stödkrafterna och notera värdena: Solution/Insert/Probe/Force Reaction. Kontrollera dessa med en enkel handräkning.

Gå tillbaka till Mesh och välj ett finare (tätare) nät. Se till att du fortfarande har elementändpunkter där du har laster och stöd. Upprepa beräkningarna och kommentera speciellt T- och M-diagram. Vad betyder det att FEM-metoden konvergerar?

Redovisning

Författa en mycket kortfattad rapport. Rapporten skall innehålla (för båda näten)

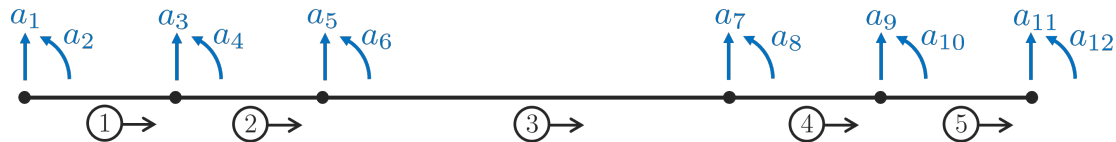
- Bild på deformerad balk och angiven största utböjning.
- Tvärkraft- och momentdiagram.
- Bild över största böjspänningen σ längs med balken (största värdet ska vara markerat).
- Beräknade värden på stödkrafterna.

Innan uppgiften redovisas skall det kontrolleras noggrannt att resultaten är rimliga. Genom att studera balkens deformation kan ni försäkra er om att rätt randvillkor är införda. Studera moment- och tvärkraftsdiagrammen och säkerställ att relationerna mellan tvärkraft och fördelad last samt mellan moment och tvärkraft är uppfyllda.

Uppgiften redovisas därefter för lärare. Vid redovisningen körs ANSYS. Alla i gruppen skall närvara och vara beredda på att svara på frågor.

Uppgift 3

För att träna mer på systematiserad förskjutningsmetod (som är den primära lösningsmetoden vi använder i kursen för statiskt obestämda balkstrukturer) ska vi analysera samma struktur som i Uppgift 2 men mha Python. Uppgiften går ut på att etablera en beräkningsmodell bestående av fem element enligt figuren nedan och sedan lösa denna.



Figur 1.2: Elementindelning och frihetsgrader för balkmodell.

För denna modell, etablera styvhetssambandet $\mathbf{K} \mathbf{a} = \mathbf{f}$ i Python och bestäm förskjutningsvektorn \mathbf{a} samt reaktionskrafterna i \mathbf{f} -vektorn. Använd värdena i \mathbf{a} -vektorn motsvarande utböjning i noderna och jämför mot utböjningarna ni får i ANSYS på samma positioner. Gör motsvarande jämförelse mellan reaktionskrafterna.

Observera att värdena i ANSYS och i Python bör vara lika (annars är det något fel i modellen) men värden kommer inte vara exakt lika. Anledningen till att ni inte får exakt samma värden beror på att ANSYS använder balkelement som är baserade en mer avancerad balkteori (Timoshenko) än den vi går igenom i kursen (Euler-Bernoulli) och som våra balkelement är baserade på. Ni använder också många fler element i ANSYS än vad ni gör i Python.

Redovisning

Presentera en tabell innehållande värden på utböjning i frihetsgrad 3 och 9 samt alla reaktionskrafter. Tabellen ska innehålla värden från ANSYS och från Pythonlösningen (enligt exempeltabellen nedan). Syftet med tabellen är att tydligt visa att de två modellerna ger liknande resultat och att vi därför kan ha större förtroende att vår FE-modell är korrekt uppställd.

Var tydlig med att ange hur många element som använts i ANSYS.

	a_3	a_9	f_1	...
Python				
ANSYS (med # el)				