

Kursusgang 9: Introduktion til elementmetodeprogrammet Abaqus – første del

Kursus: Statik IV

Uddannelse: 5. semester, bachelor/diplomingeniøruddannelsen i konstruktion

Forelæser: Johan Clausen

Institut for Byggeri og Anlæg

Efterår, 2010

Indhold

- Præsentation af elementmetodeprogrammet Abaqus
- Kort oprids af hvorledes instabilitetsproblemer kan beregnes med elementmetoden

Motivation

- Abaqus kan bruges til beregning af ”næsten alt”
- Kan bruges i jeres projekt hvis I vil lave detaljerede undersøgelser af instabilitet, samlingsdetaljer, osv.
- Abaqus bruges en del på konstruktionsretningens overbygning

Form

- Efter en kort forelæsning er det jer der skal arbejde
- I skal arbejde med en tutorial der beregner kipningslasten for en simpelt understøttet bjælke

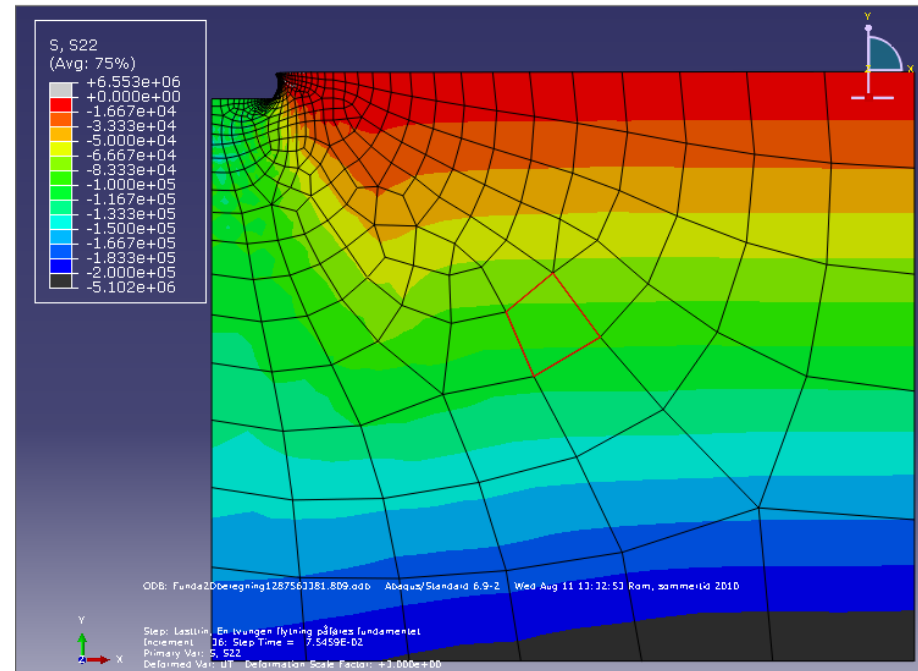
Abaqus

- Et generelt elementmetodeprogram
- Kan, f.eks. regne på statiske, dynamiske, geotekniske, magnetiske, strømningsmæssige, akustiske, varmeledende problemer og kombinationer af disse.
- Er ikke "norm-orienteret" ligesom Robot, men derimod orienteret imod at simulere fysiske processer
- Ovenstående betyder at brugeren skal tænke mere selv i forhold til ved brug af Robot
- Abaqus bruges en del i forskning
- Store rådgivningsfirmaer her i landet har også enkelte licenser til Abaqus (Det er meget dyrt, i størrelsesordenen 100.000 kr. /år /licens.)
- Cowi bruger f.eks. Abaqus til simulering af fundamenter til havvindmøller (geoteknik)
- Programmets store styrke i forhold til Robot er at det er muligt præcist at simulere ikke-lineære fænomener i mekanik, som f.eks.:
 - Store flytninger, herunder kipning og søjlevirkning
 - Materialeikkelineariteter, som f.eks. plasticitet, krybning, osv.
 - Revnedannelse og brudmekanik
 - Kontaktmekanik

Elementtyper i Abaqus - 1

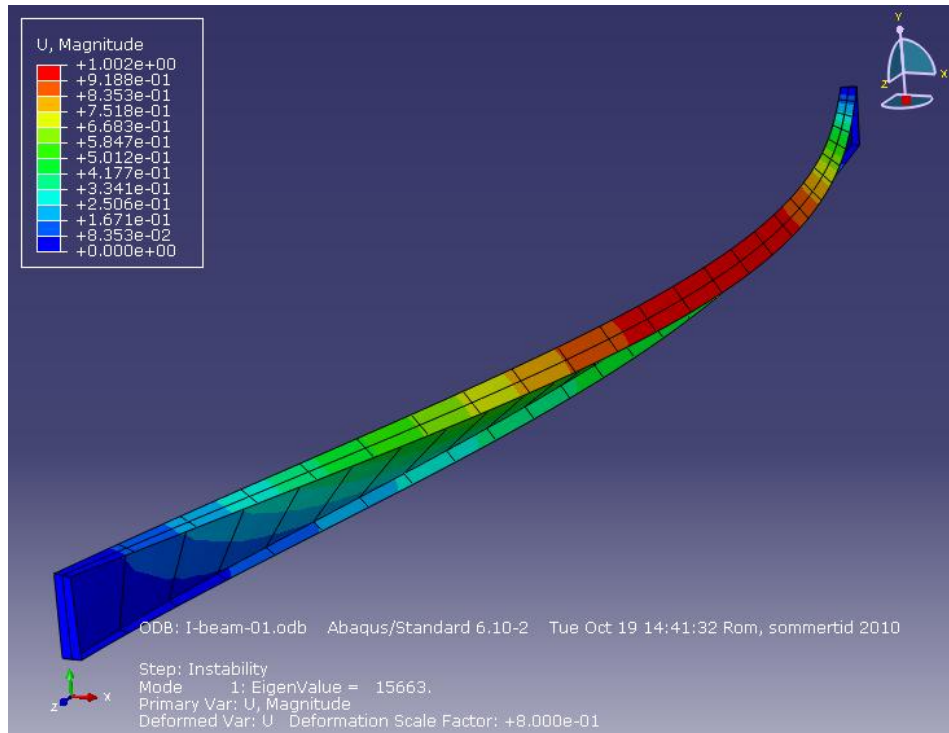
- Bjælker og stænger. 2D og 3D

- Skivelementer
 - Her et eksempel på lodrette spændinger under et fundament u brudsituationen. Modellen er i plan tøjning.
 - Skrivelinjer kan kun optage kræfter i deres eget plan.
 - Bruges mestendels til 2D analyser



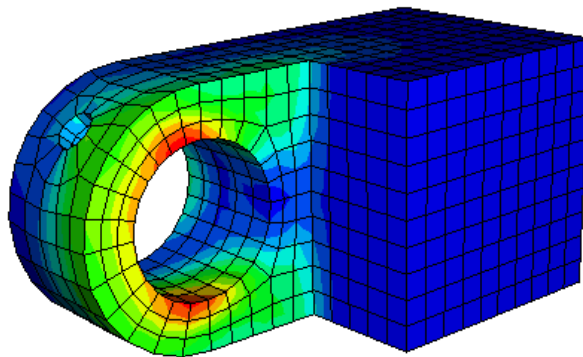
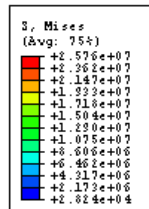
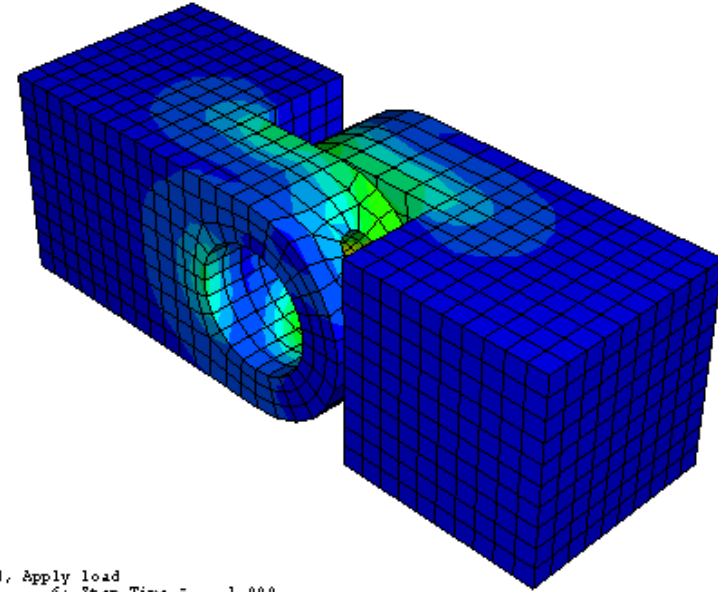
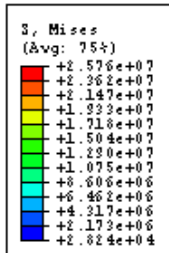
Elementtyper i Abaqus - 2

- Plader og skaller
 - Kipningsanalyse af I-drager fra dagens tutorial. Bjælken er påvirket af moment om x-aksen i enderne.
 - Plader og skaller er flade elementer med udstrækning i to dimensioner. Plader er plane, mens skaller er krumme.
 - De bruges i 3D-analyser



Elementtyper i Abaqus - 3

- Solider
 - Analyse af hængsel. Findes som tutorial i Abaqus-manualen
 - Solider er generelle 3D-elementer, som kan modellere alle former.



2
3 1
Step: Load, Apply load
Increment: 6: Step Time = 1.000
Primary Var: S, Mises
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+02

2
3 1
Step: Load, Apply load
Increment: 6: Step Time = 1.000
Primary Var: S, Mises
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+02

Mulige anvendelser i projektet

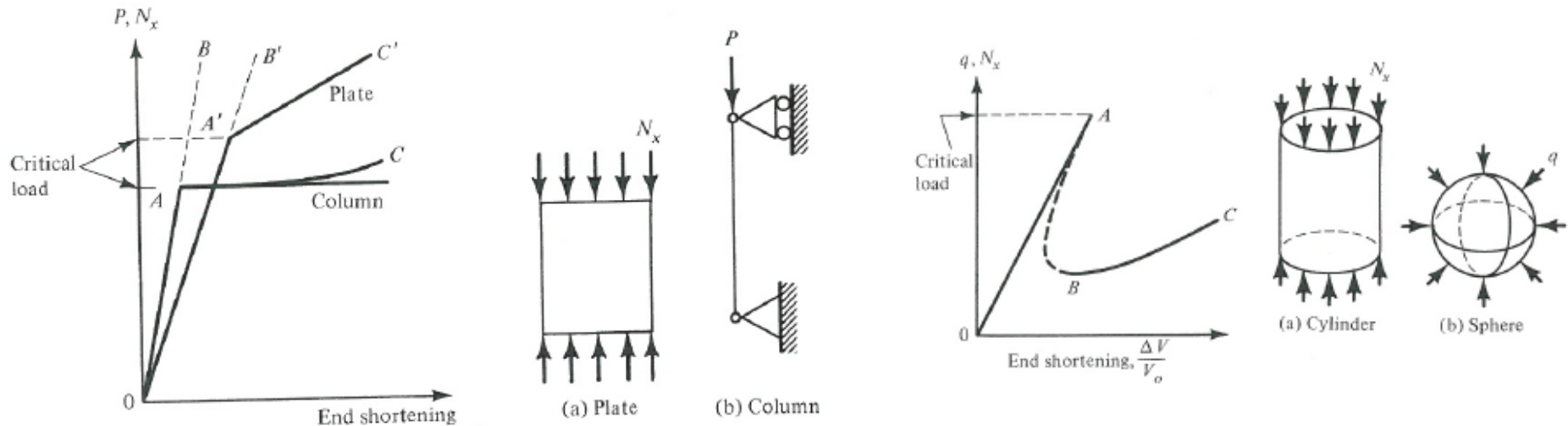
- Detaljeret analyse af enkelte rammer og bjælker. F.eks. med henblik på instabilitet
- Detaljeret analyse af samling eller samlingsdetalje
- ... eller stort set alt andet i projektet, hvor I vil lave en detaljeret analyse

- Hvis I vælger at bruge Abaqus i projektet kan I stille Abaqus-spørgsmål til mig (også Mads' grupper)

Om Instabilitet - 1

- "Instabilitet" betyder at konstruktionens virkemåde og deformation ændres drastisk ved visse lastniveauer (kaldes også "buling" fra det engelske "buckling")
- Søjlevirkning og kipning er to eksempler på instabilitet
- Matematisk set har vi tre typer af instabilitet:

1. Bifurkationsinstabilitet: Der findes to ligevægtstilstande

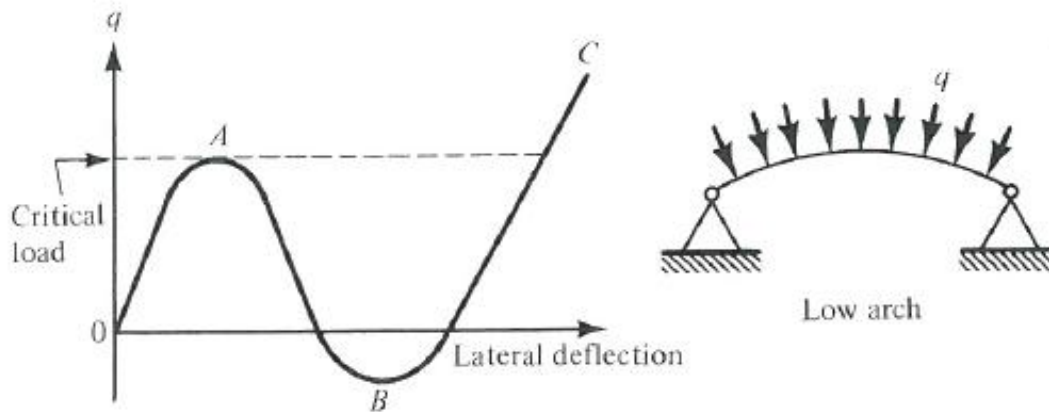


- Klassisk kippingsberegning hører til denne kategori → Dagens tutorial

Om Instabilitet - 2

- "Instabilitet" betyder at konstruktionens virkemåde og deformation ændres drastisk ved visse lastniveauer (kaldes også "buling" fra det engelske "buckling")
- Søjlevirkning og kipning er to eksempler på instabilitet
- Matematisk set har vi tre typer af instabilitet:

2. Gennemslagsinstabilitet (snap-through): Dynamisk hvis problemet er laststyret.



Om Instabilitet - 3

- "Instabilitet" betyder at konstruktionens virkemåde og deformation ændres drastisk ved visse lastniveauer (kaldes også "buling" fra det engelske "buckling")
- Søjlevirkning og kipning er to eksempler på instabilitet
- Matematisk set har vi tre typer af instabilitet:

3. Imperfektion eller excentrisk last: Egentlig blot et "stort flytningsproblem"

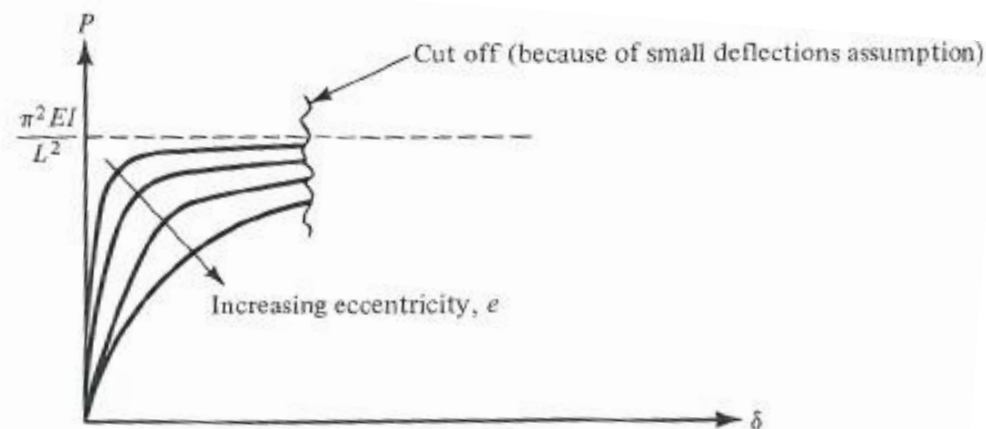
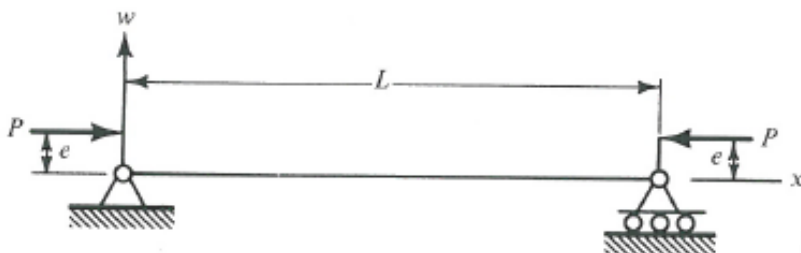


FIGURE 3.5 P- δ diagram with eccentricity effect.

- Næste gang vil vi lave en kipningsberegning i denne kategori med Abaqus.

Lidt mere om bifurkationsinstabilitet

- Generelt er ikke-lineære beregninger sammensat af en masse små lasttrin
- Når man undersøger for bifurkationsinstabilitet kan det gøres i et enkelt trin
- Dette trin er løsning af et egenværdiproblem

$$(\mathbf{K} + \lambda_{cr} \mathbf{K}_\sigma) \mathbf{U} = \mathbf{0}$$

Stivhedsmatrix

Geometrisk stivhedsmatrix

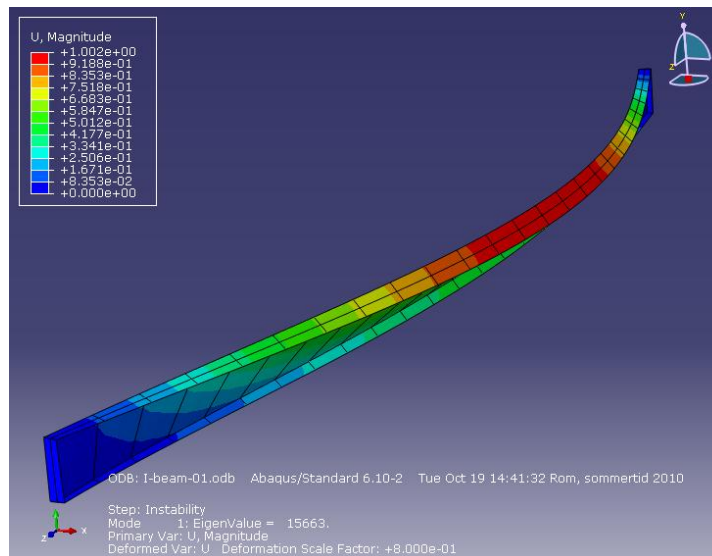
Egenværdi = lastmultiplikator ved kritisk last

Egenvektor = buleform. Vises i Abaqus

- Resultatet er instabilitetslasten i en "perfekt" verden, jævnfør Eulersøjlen
- Dvs. at det er en øvre værdi for bæreevnen
- Denne værdi indgår i flere udtryk i Eurocode, f.eks. N_{cr} i afsnit 6.3.1 og M_{cr} i afsnit 6.3.2 i Eurocode 3
- Giver realistiske resultater hvis flytninger er små og lineære op til instabilitetslasten/bulelasten

Hvorfor bruges der pladeelementer i tutorial'en og ikke bjælkeelementer?

- Lasten kan placeres præcist hvor den virker (f.eks. i øvre eller nedre flange)
- Man kan specifikt fastholde øvre og/eller nedre flange hvis det er ønsket
- Man skal ikke bestemme andre tværsnitskonstanter end pladetykkelsen
- Pladefoldning indgår automatisk i problemet, man behøver ikke at foretage en ekstra analyse for at tjekke om flanger eller kroppen folder
- Pris 1: Modelleringsarbejdet er lidt større end ved brug af bjælkeelementer
- Pris 2: Man skal tænke sig lidt mere om ved påsættelse af understøtninger og laster (under ét: Randbetingelser)



Tak for opmærksomheden

Nu er det modelleringstid