

Kursusgang 10: Introduktion til elementmetodeprogrammet Abaqus – anden del

Kursus: Statik IV

Uddannelse: 5. semester, bachelor/diplomingeniøruddannelsen i konstruktion

Forelæser: Johan Clausen

Institut for Byggeri og Anlæg

Efterår, 2010

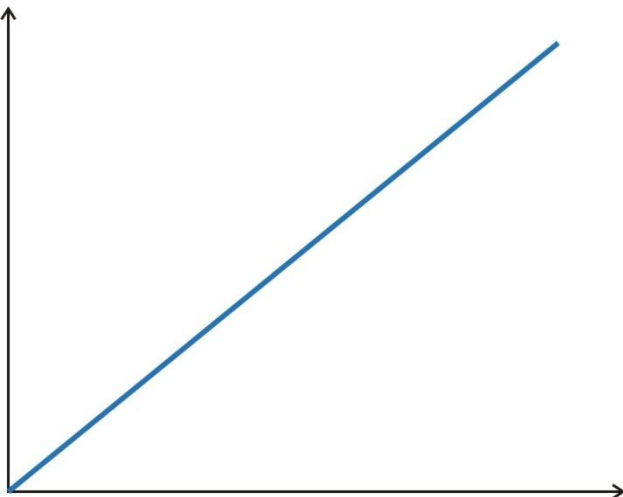
Indhold

- Præsentation af metode til at foretage ikke-lineære analyser med elementmetoden
- Forskelle imellem teorien for små og store flytninger
- Kriterier for hvornår en ikke-lineær analyse kan benyttes til instabilitetsproblemer

Lineære beregninger

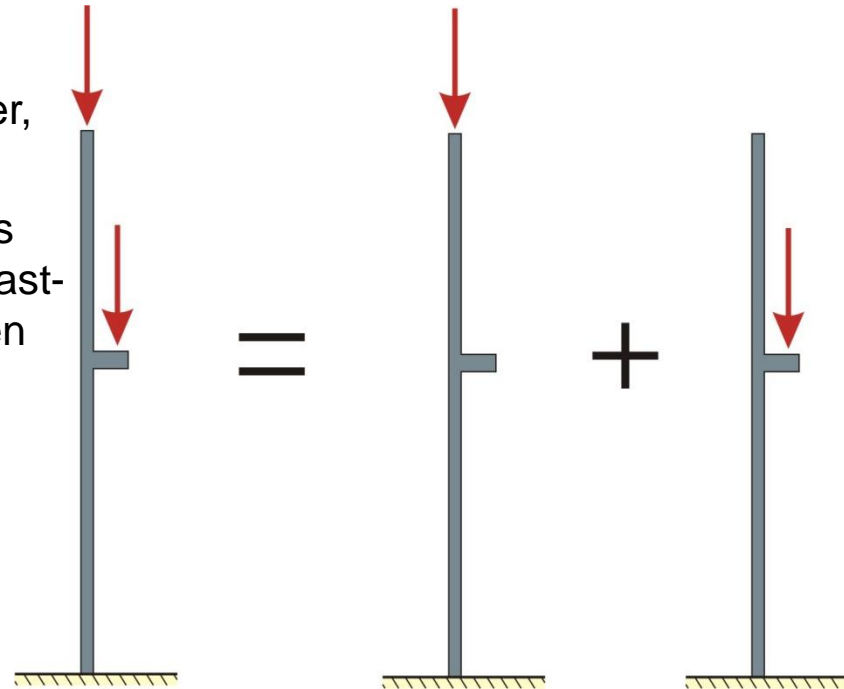
- Superpositionsprincippet er gyldigt.
- Dette gælder for alle variable: Tøjninger, flytninger, spændinger, reaktioner osv.
- Dette betyder at en kombineret last kan beregnes som summen af de individuelle laster og at hver lastvirkning kan skaleres med en faktor, som f.eks. en partialkoefficient.

Spænding, last
(kraft eller moment),
reaktion, osv.



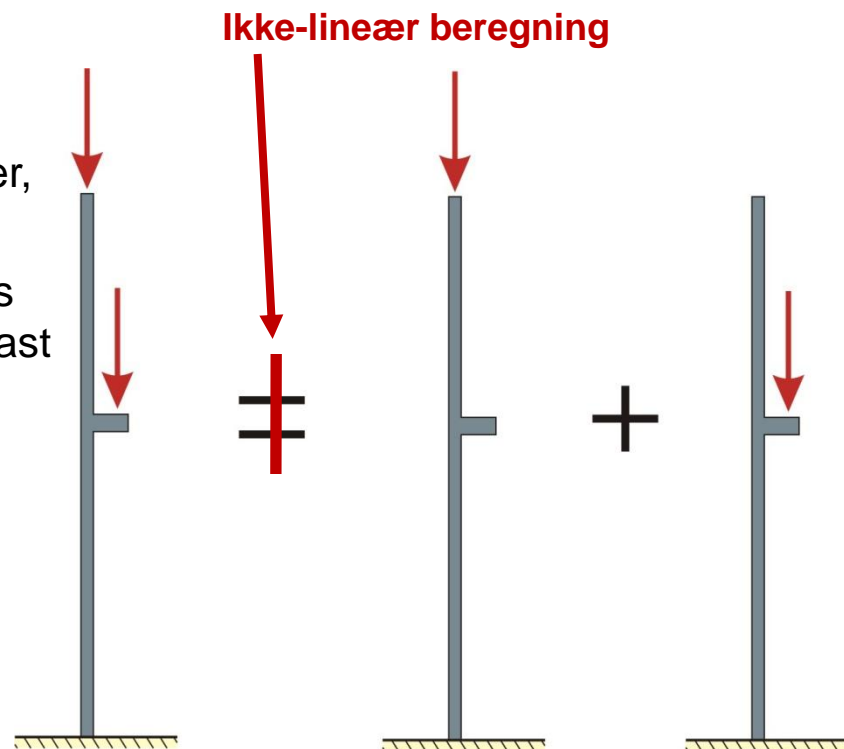
Tøjning, flytning,
vinkeldrejning, osv.

Lineær beregning



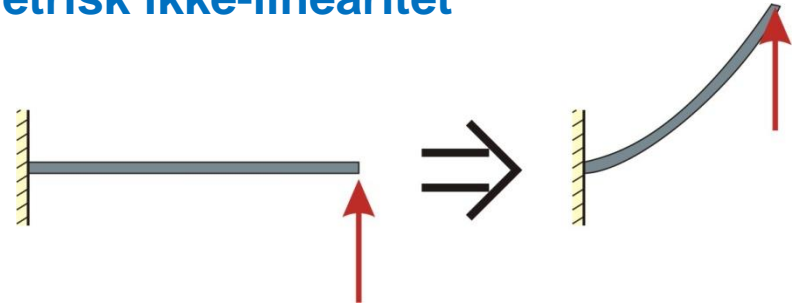
Lineære beregninger

- Superpositionsprincippet er gyldigt.
- Dette gælder for alle variable: Tøjninger, flytninger, spændinger, reaktioner osv.
- Dette betyder at en kombineret last kan beregnes som summen af de individuelle laster og at hver last kan skaleres med en faktor, som f.eks. en partialkoefficient.
- **Alt det ovenfor nævnte er ugyldigt ved ikke-lineære beregninger!**
- Ved ikke-lineære beregninger skal hver lastkombination derfor beregnes for sig

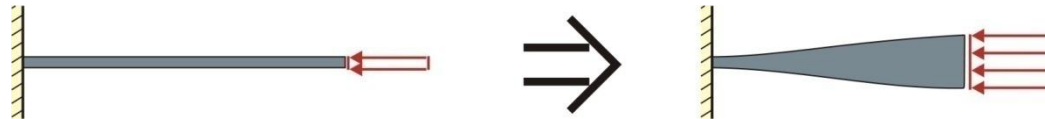


Grunde til ikke-lineær opførsel I – Geometrisk ikke-linearitet

- Store flytninger eller vinkeldrejninger



- Store tøjninger



Ægte tøjninger (lagrange-tøjninger) :

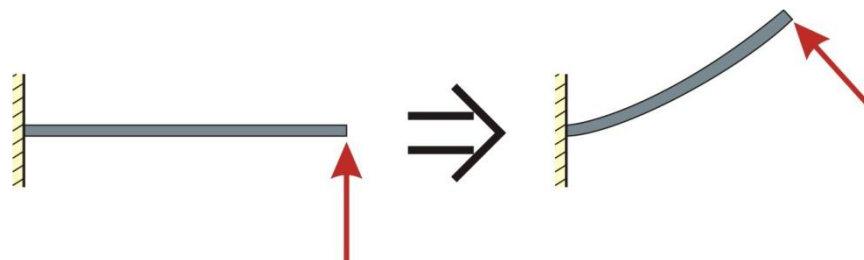
$$\epsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) + \frac{1}{2} \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \frac{\partial u_k}{\partial x_j}$$

Lineære tøjninger :

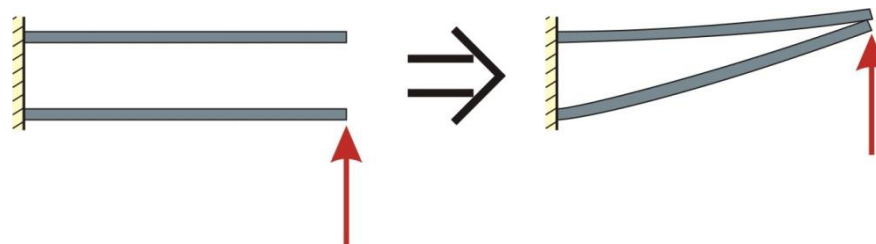
$$\epsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

Grunde til ikke-lineær opførsel II – Ikke-lineære randbetingelser

- Med-roterende laster
 - Kan f.eks. være hydrostatisk tryk

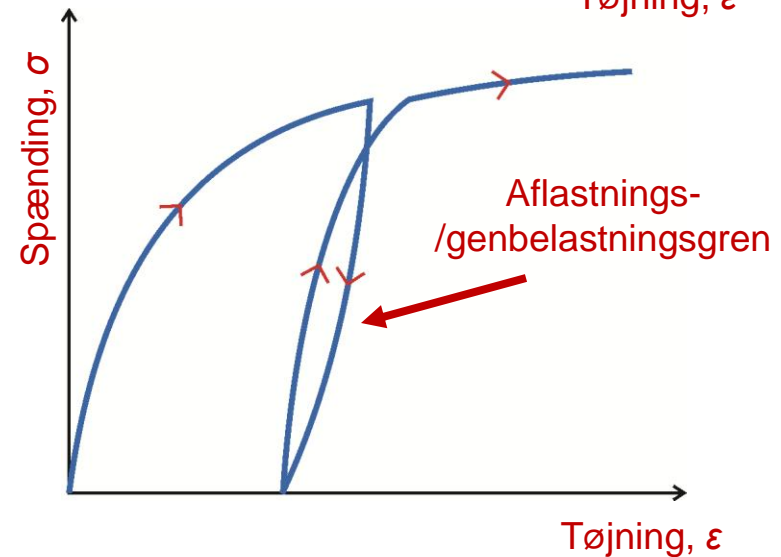
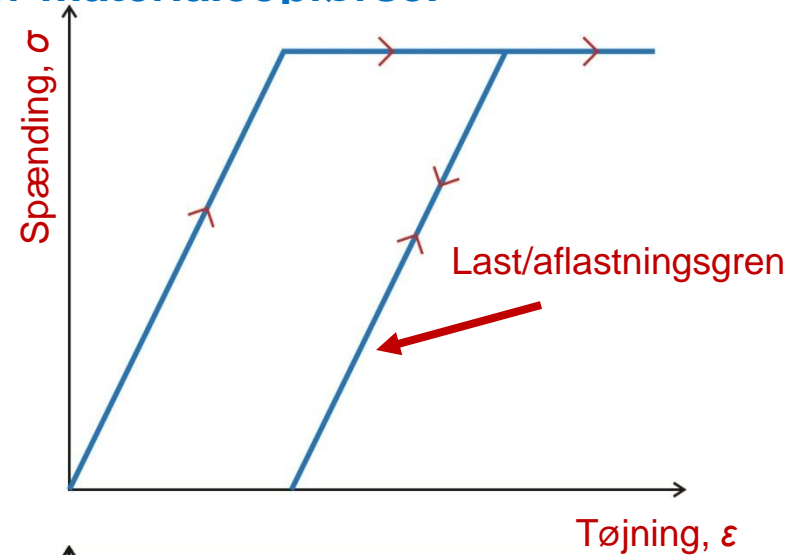
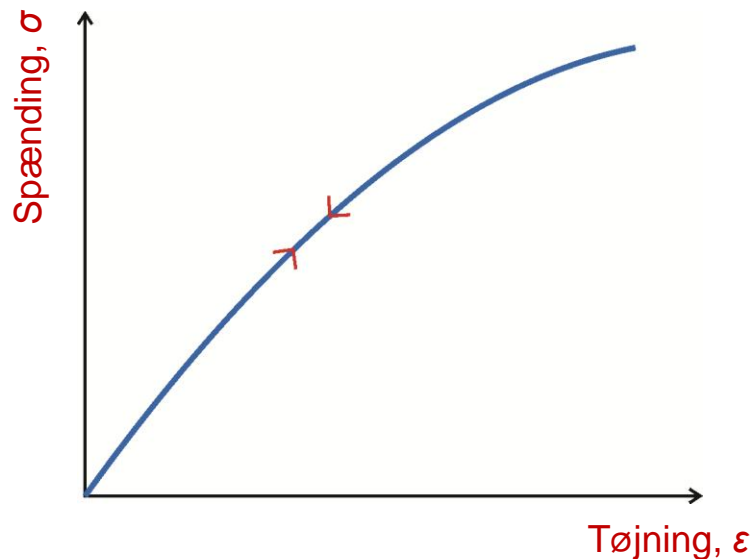


- Kontaktproblemer



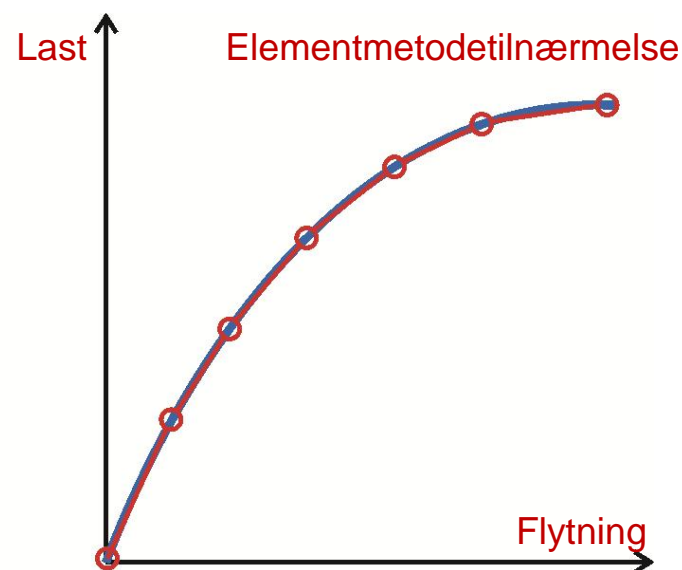
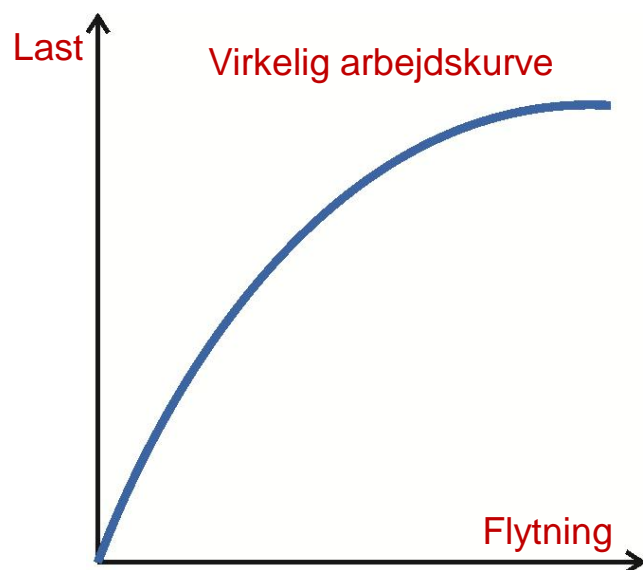
Grunde til ikke-lineær opførelse III – Ikke-lineær materialeopførelse

- Ikke-lineær elasticitet
- Generelt elastoplastisk materiale
- Lineært elastisk – perfekt plastisk
 - Ofte brugt antagelse for konstruktionsstål



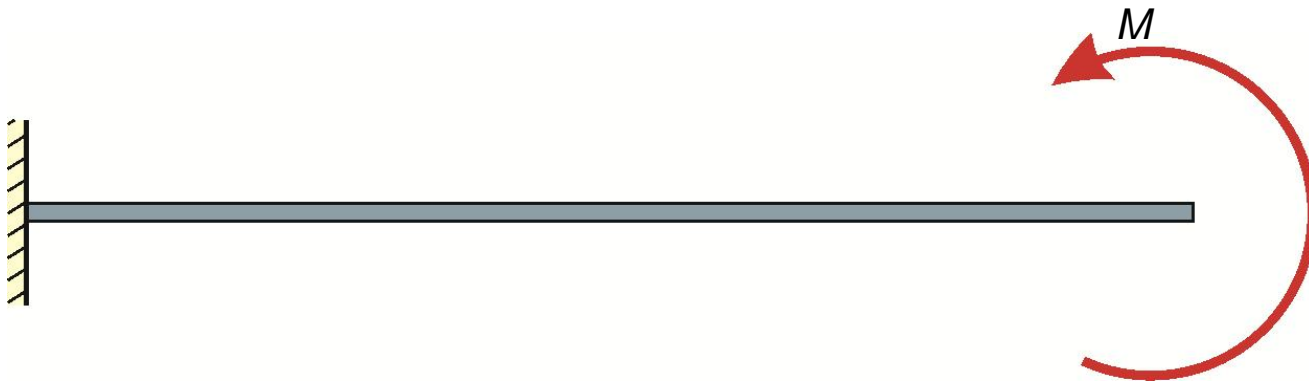
Ikke-lineær elementmetode – meget kort

- Hvis en eller flere af de omtalte ikke-lineære fænomener er til stede bliver arbejdskurven (last-flytningskurven) ikke-lineær
- I ikke-lineær elementmetode påføres laster (eller tvungne flytninger) derfor i en masse små trin
- I hvert trin laves en lineær løsning
- I Abaqus kan man følge med i hvor mange trin der er løst ved hjælp af "Monitor" (bruges i dagens tutorial)
- Generelt: Ikke-lineære problemer er ofte svære at løse, så man vil tit opleve at beregningen/programmet "går ned"



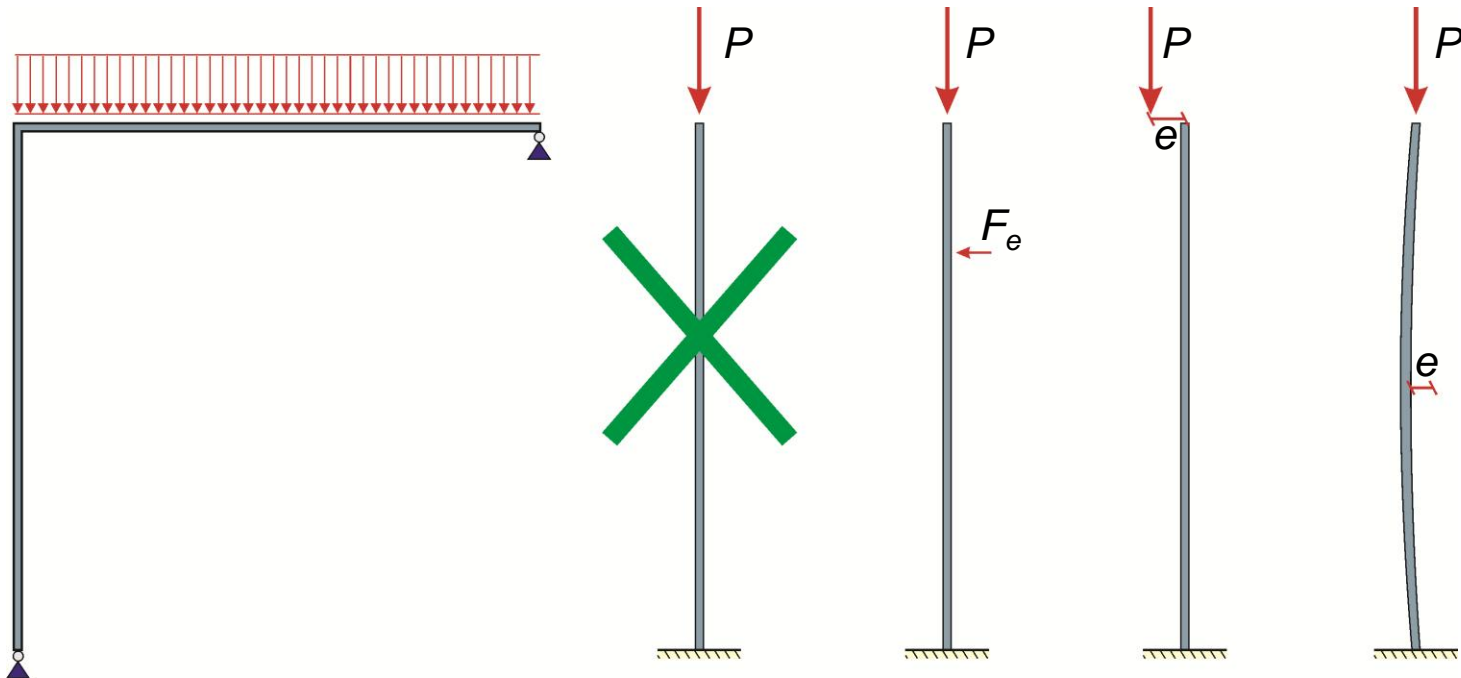
Store flytninger

- At regne med "store flytninger" er en geometrisk ikke-linearitet
- Det benævnes også som en andenordensberegning
- Det betyder at man regner på den deformede geometri i stedet for den udeformede, som der gøres i al den statik I har haft indtil nu
- Eksempel i Abaqus med indspændt bjælke påvirket af enkeltmoment i den frie ende



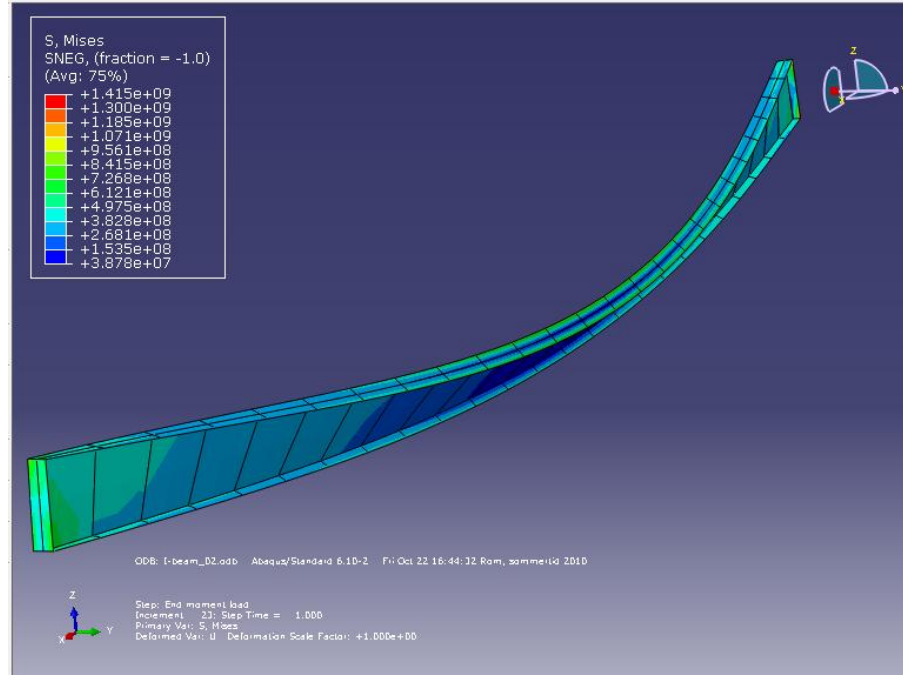
Instabilitetsberegning vha. store flytninger

- Hvis geometri og/eller en last er asymmetrisk kan instabilitetsberegning umiddelbart foretages
- Hvis geometri og laster er fuldstændigt symmetriske vil instabilitet aldrig opstå i beregningen
- I dette tilfælde skal en asymmetri indføres
- Dette kan gøres ved at:
 - indføre en lille asymmetrisk last
 - indføre en lille excentricitet på lasten
 - indføre en lille geometrisk imperfektion



Dagens tutorial

- Minder om tutorialen fra sidste gang
- Forskellen er at I skal løse problemet med ikke-lineær elementmetode
- For at igangsætte instabiliteten (kipningen) er der tilføjet en imperfektion: Bjælken er ikke fuldstændig retlinet.



Tak for opmærksomheden

Nu er det modelleringstid