The background of the slide features a light gray grid pattern. The grid lines are slightly curved, creating a perspective effect. A vertical line is positioned on the left side, and a horizontal line is positioned below the main title, both intersecting at the left edge.

Végeselemes analízisen alapuló méretezési elvek az Eurocode 3 alapján

Dr. Dunai László
egyetemi tanár

BME, Hidak és Szerkezetek Tanszéke

Tartalom

Méretezési alapelvek

Numerikus modellezés

Analízis és méretezés

Ankét program

Méretezési alapok

SZERKEZET

hatás

határállapot

modell

állapotjellemező

korlát

?

$$E \leq R$$

Modell bizonytalanság

E

R

hatás karakterisztikus γ_f
értéke?

anyagjellemzők karakterisztikus γ_m
értéke?

állapotjellemző γ_{sd}
számítási modell?

ellenállás számítási modell? γ_{Rd}



γ_F

$$E_d = \gamma_F \cdot E_k$$



γ_M

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$



Modellek kompatibilitása

analízis modell



méretezési modell



E_d



R_d

Hagyományos méretezés

egyszerű modell és lineáris analízis

„kézi számítás”



állapotjellemző

„számítási segédmennyiség”

állapotjellemző korlátja: kísérletek



szemi-empírikus határgörbék

folyás, törés, kihajlás, fáradás

Pontosított modell és analízis

valós szerkezet viselkedése: imperfekciók + anyag
nemlineáris viselkedés + geometriai nemlinearitás



pontosított modell + nemlineáris analízis



E_d - a szerkezeti viselkedést tükröző állapotjellemzők



R_d - korlát?

A modellezés folyamata

szerkezet ➔ **statikai modell** ➔ **numerikus modell**

statikai viselkedés

numerikus módszer

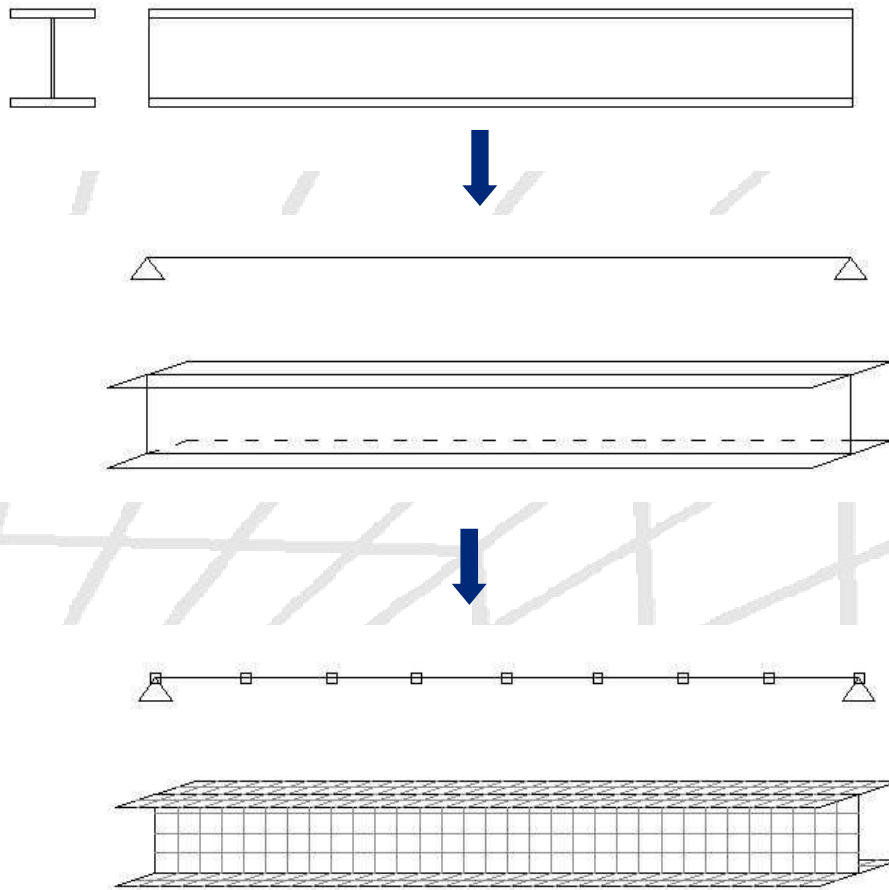
Modell: geometriai ~

megtámasztási ~

anyag ~

teher ~

A modellezés folyamata



szerkezet

statikai modell

rúdszerkezet

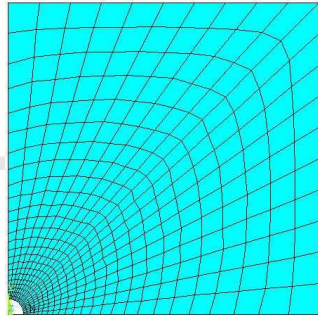
felületszerkezet

numerikus modell

rúdszerkezet

felületszerkezet

Végelem-módszer VEM



alapelv: teljes szerkezet
elmozdulás függvény
diszkrét pontokban

elemekre osztás

csomópontok – elmozdulások, terhek

külső-belső erők egyensúlya → lineáris egyenletrendszer

csomóponti elmozdulások

igénybevételek, feszültségek

VEM pontossága

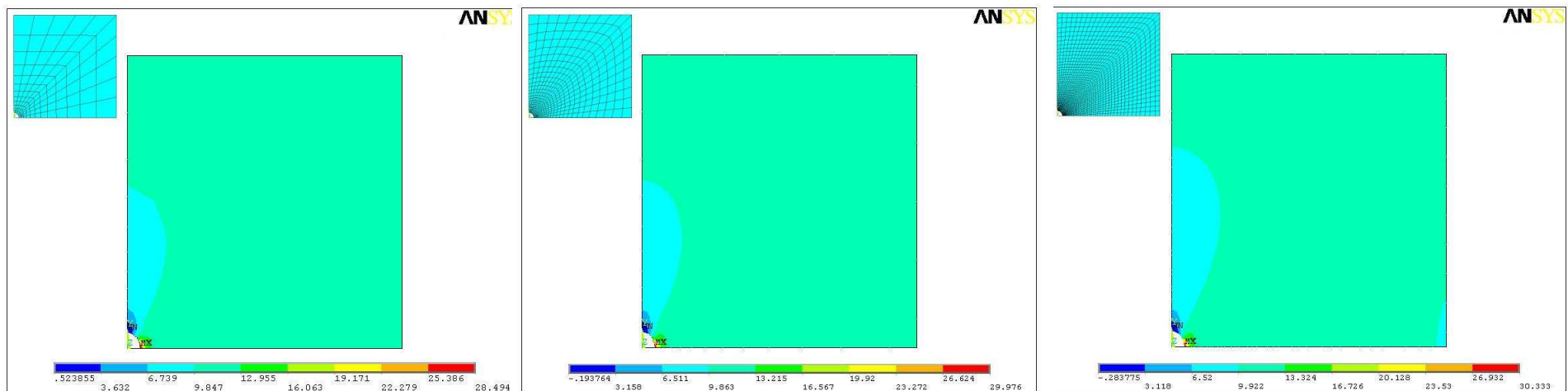
elemméret csökkentése – pontosság – konvergencia!

ismeretlenek száma nő – számítógépi kapacitás



hatékonyság

Matematikai és gyakorlati pontosság!



VEM fejlődése

1950~ intuitív alapon – merev elem, rugós kapcsolat

1960~ Zienkiewicz

funkcionálanalízis, egyetemi programok

1980~ VEM szoftverek elkészültek – csak „nagy” gépeken

1990~ személyi számítógépek: elterjedés és alkalmazás

2000~ VEM „fekete doboz”; interface fejlesztések:

- CAD kapcsolat**
- méretező programok**
- gyakorlati alkalmazás**

VEM szoftverek

**Általános célú programok: ABAQUS, ANSYS, COSMOS,
LUSAS, MARC, NASTRAN,...**

Szerkezetépítő-mérnöki célprogramok: analízis + méretezés

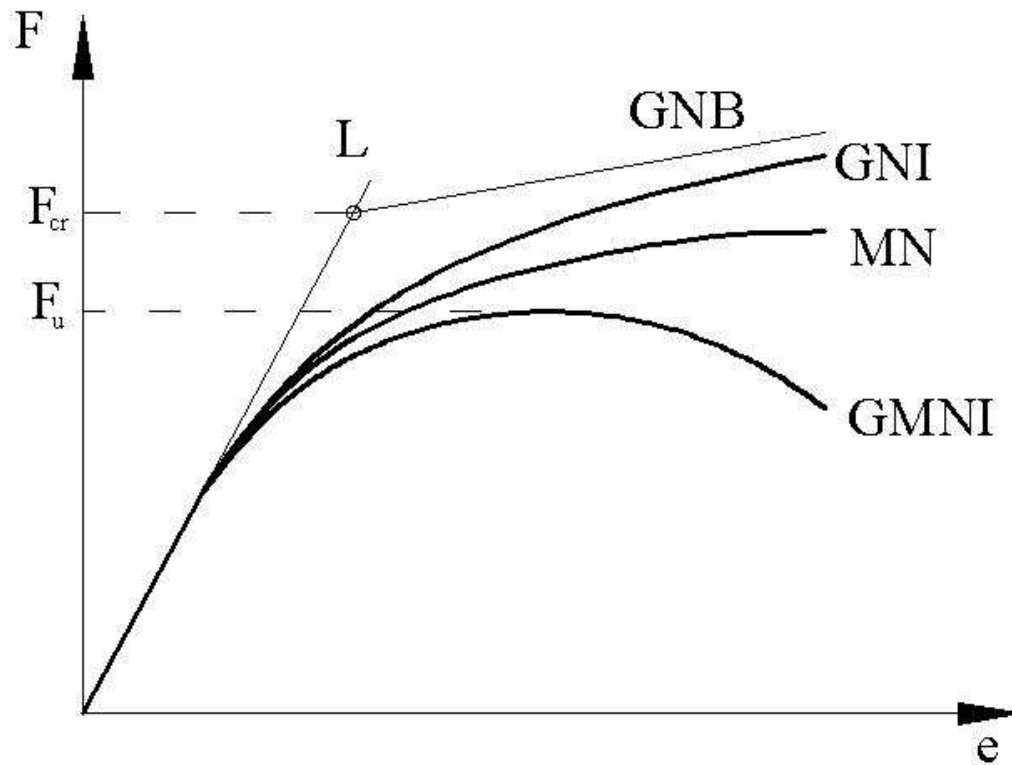
**AXIS, CONSTEEL, FEM-Design,
RSTAB, SOFISTIK, TDV,...**



Kapcsolatok CAD programokkal

AutoCAD, BOCAD, XSTEEL

Numerikus analízis – Eurocode 3



L – lineáris analízis

GNB – geometriailag nemlineáris instabilitási analízis

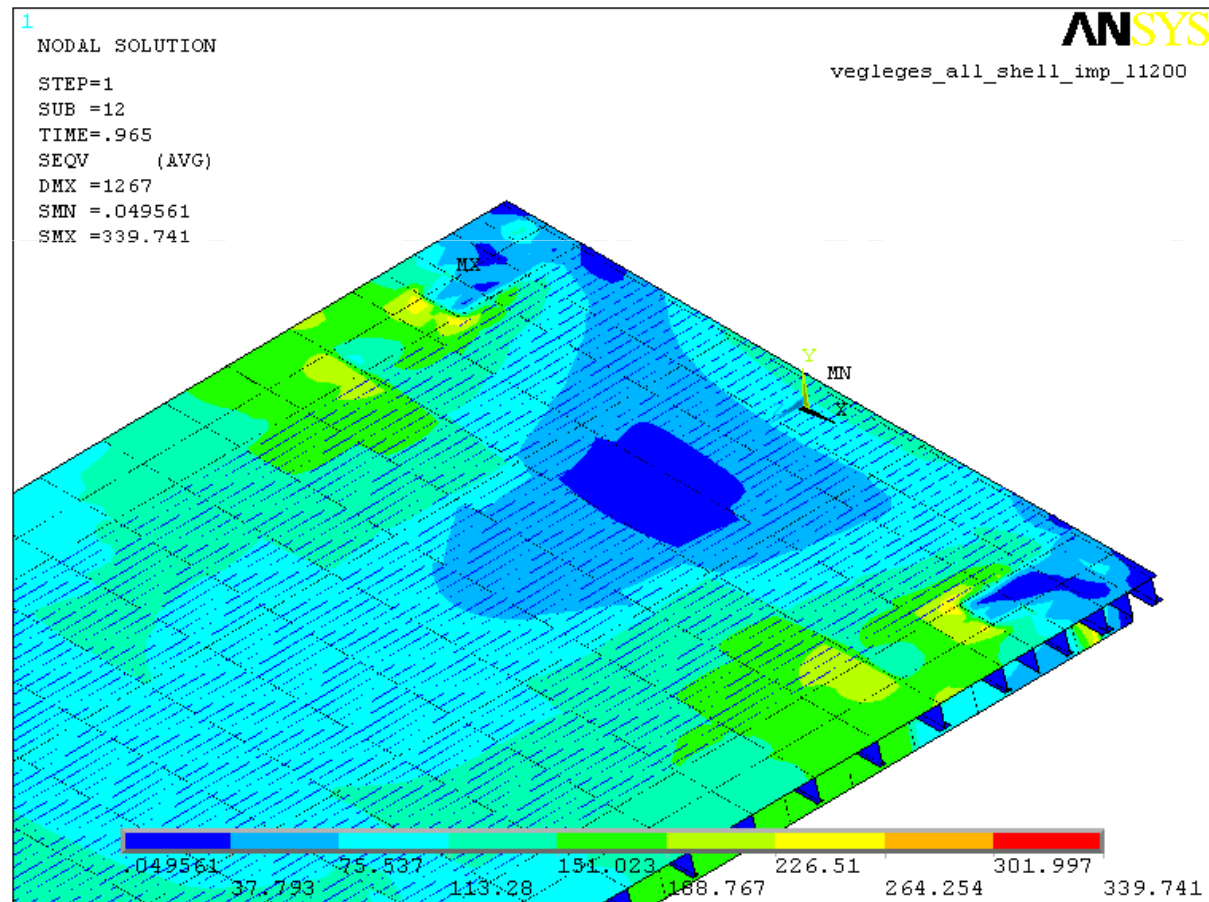
GNI – geometriailag nemlineáris (másodrendű) analízis

MN – anyagi nemlineáris analízis

GMNI – geometriai- és anyagi nemlineáris imperfekt analízis

L analízis ↔ méretezés

héj végeleemes modell: shear-lag



L analízis ↔ méretezés

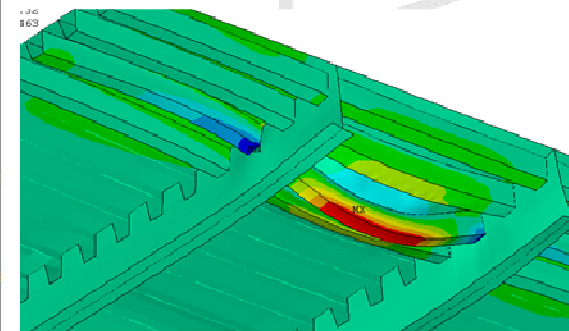
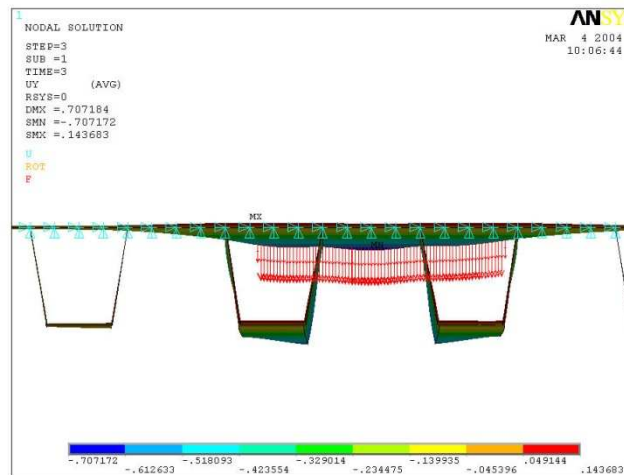
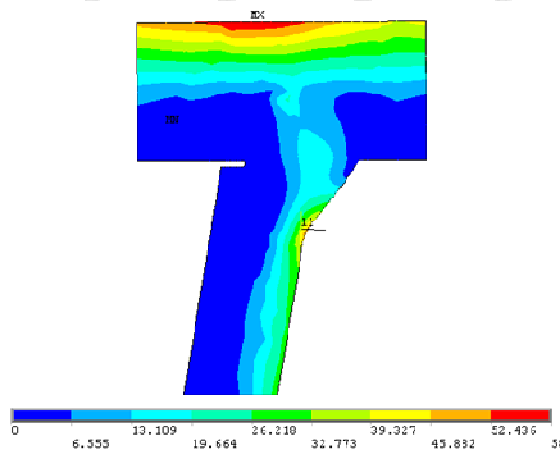
feszültségkoncentráció

szilárdsági határállapot - első folyása határállapota?

- korlátatlan folyás határállapota?

fáradás - nominális feszültségek

- geometriai feszültségek



GNB analízis ↔ méretezés

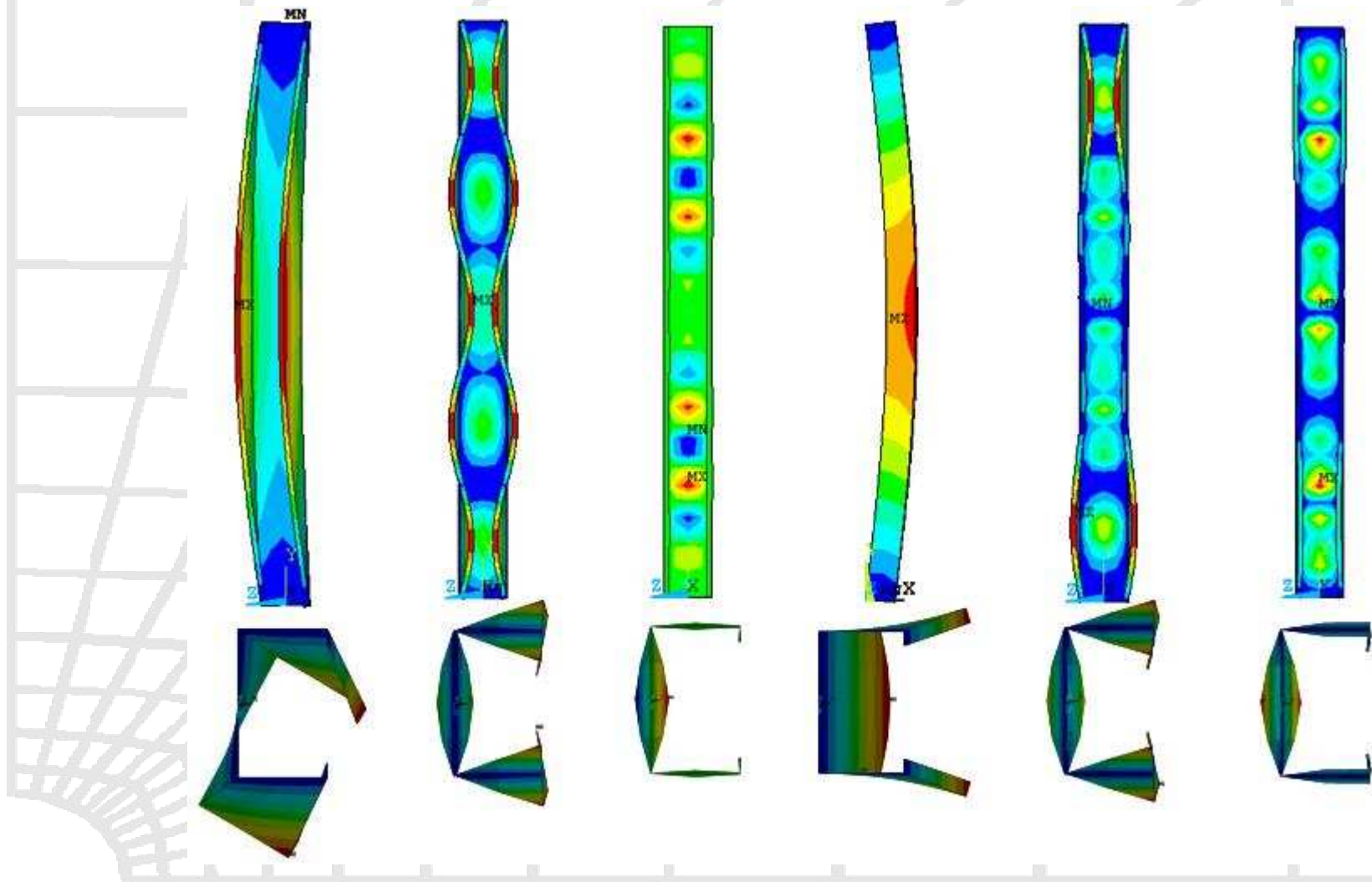
GNB — elágazási stabilitási határállapot

$$\downarrow \sigma_{cr} \rightarrow \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} \rightarrow \chi$$

csökkentőtényezős eljárás

felületszerkezet: σ_{cr} — értelmezés ?

GNB analízis ↔ méretezés



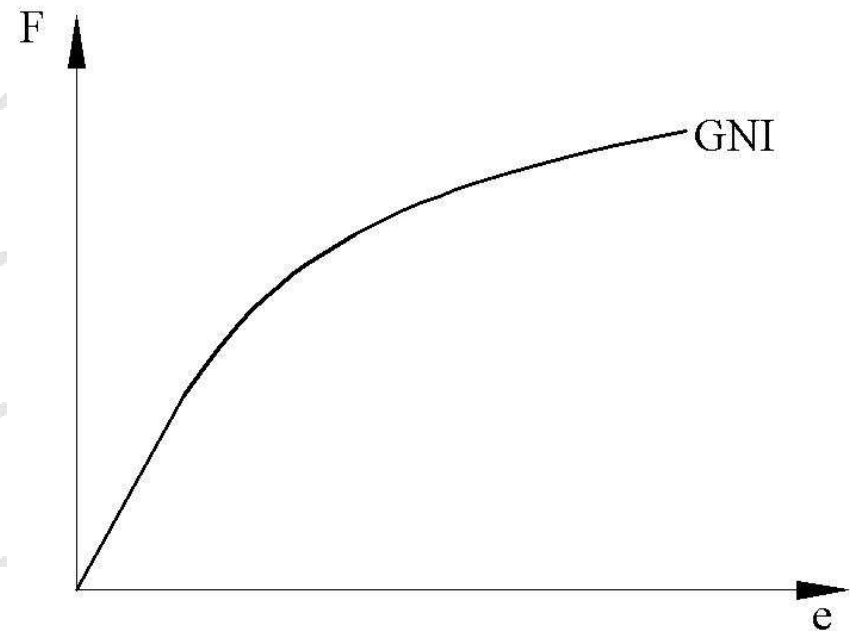
GNI analízis ↔ méretezés

GNI — másodrendű analízis + helyettesítő imperfekciók



másodrendű igénybevételek

**stabilitási ↔ szilárdsági
határállapot**



MN analízis ↔ méretezés

Rúdszerkezet - képlékeny méretezési elv

Felületszerkezet - korlátatlan folyás
határállapotának értelmezése

GMNI analízis ↔ méretezés

GMNI Geometriai modell + geometriai imperfekciók

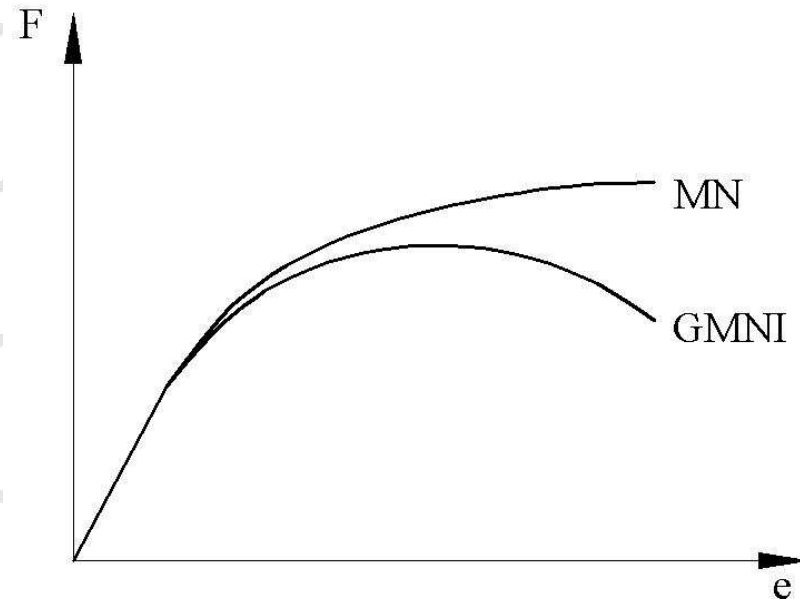


geometriai és anyagi nemlineáris analízis

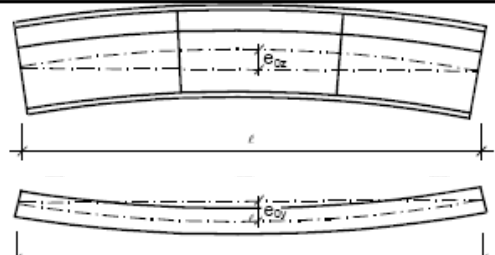
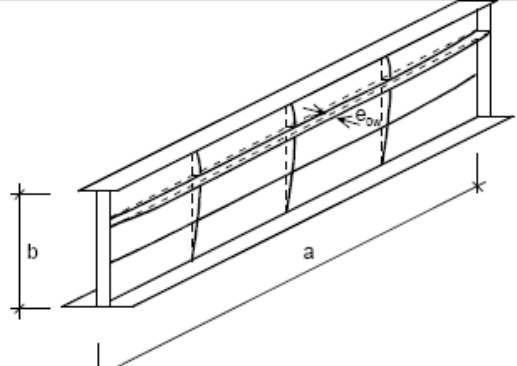


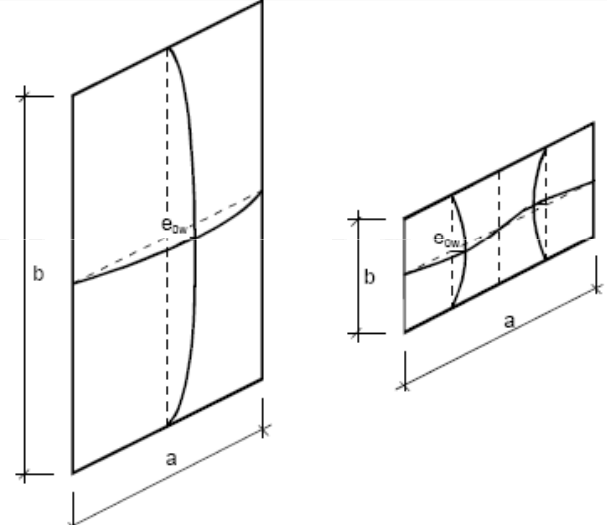
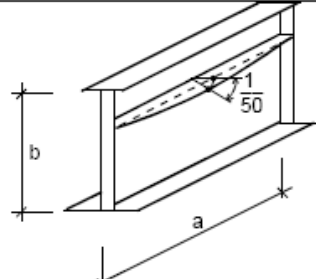
szerkezeti viselkedés

végeleemes szimulációja

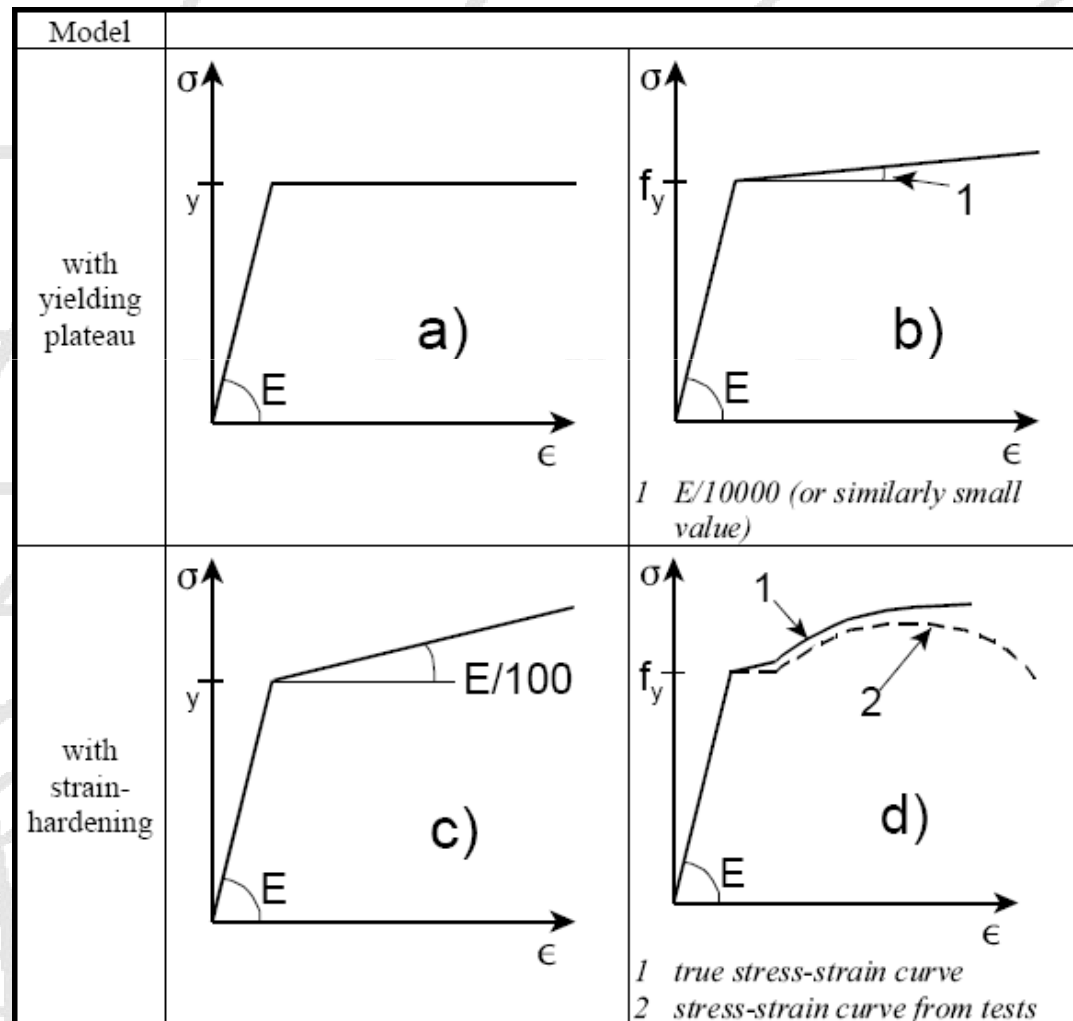


Lemez szerkezet – imperfekció

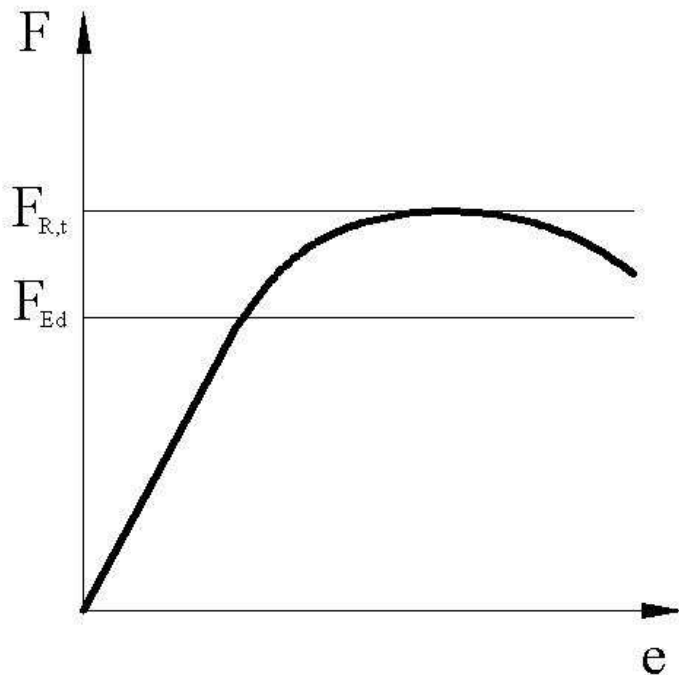
Type of imperfection	Component
global member with length l	
global longitudinal stiffener with length a	

local panel or subpanel	
local stiffener or flange subject to twist	

Szabványos anyagmodell



VEM szimuláció eredménye



Tervezési teher F_{Ed}

szimulációval meghatározott
teherszint $F_{R,t}$

$$\alpha_u = \frac{F_{R,t}}{F_{Ed}}$$

biztonság tönkremenetellel
szemben

megbízhatóság - modell pontossága α_1

- tönkremeneteli mód α_2

$$\alpha_u \geq \alpha_1 \cdot \alpha_2$$

Kísérlet alapú méretezés

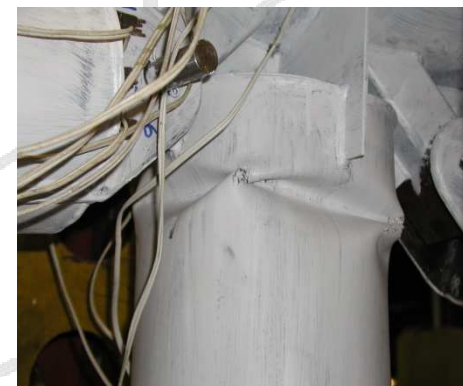
tényleges geometriai imperfekciók
sajátfeszültségek
anyagjellemzők



GMNI analízis – VIRTUÁLIS kísérlet



kísérlet alapú méretezés



Ankét program

Dunai László:

Méretezési elvek

Papp Ferenc:

Rúdszerkezetek

Joó Attila László:

Keretszerkezetek

Vigh László Gergely:

Lemezes szerkezetek

Horváth Adrián:

Hidak

Gál András:

Fáradás

Kollár László:

Földrengés

Köszönöm a figyelmet!

