



# Acéllemezbe sajtolt nyírt kapcsolat kísérleti vizsgálata és numerikus modellezése

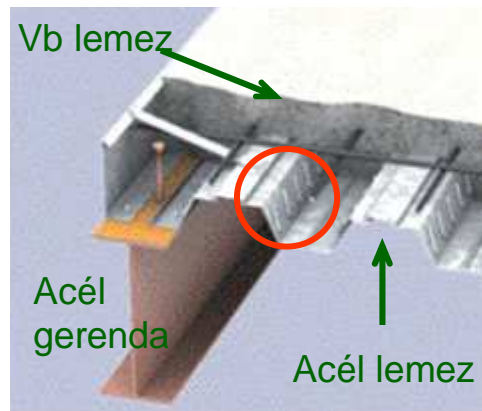


# Tartalom

- Öszvérfödémek
- Kísérleti program és numerikus modellezés
- A numerikus modell kiterjesztése
- Összefoglaló értékelés
- Irodalomkutatás
- A kutatás következő lépései

# Öszvérfödémek

- Szerkezet és méretezési módszer

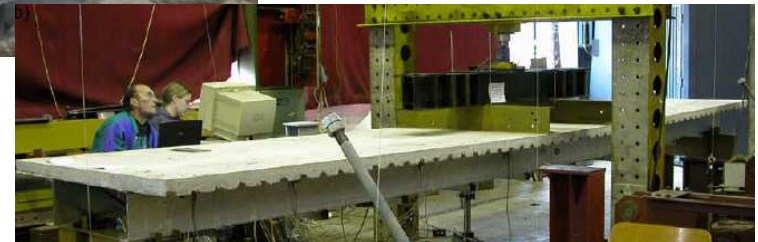


**Súrlódásos kapcsolat +**

**Mechanikus kapcsolat:**

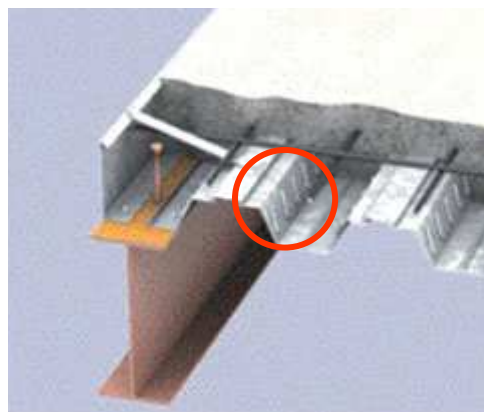
- behengerelt nyírt kapcsolat
- véglehorgonyzás
- nyírási csapok

- Szabványos méretezés
  - Lemezkísérleten alapuló eljárás (full-scale)
  - Legkevesebb 6 próbatest

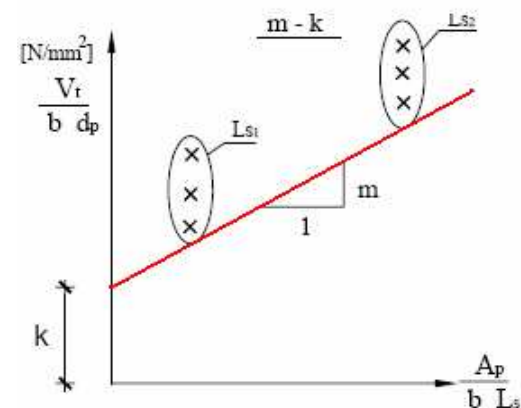
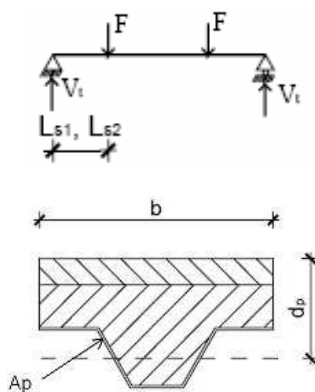


# Öszvérfödémek

- Szerkezet és méretezési módszer



- Szabványos méretezés
  - m-k módszer \*

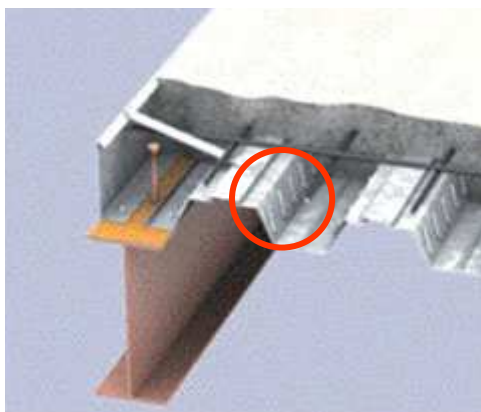


$$V_{1,Rd} = \frac{b \cdot d_p}{\gamma_{vs}} \cdot \left( \frac{m \cdot A_p}{b \cdot L_s} + k \right)$$

\* Porter and Ekberg (1978)

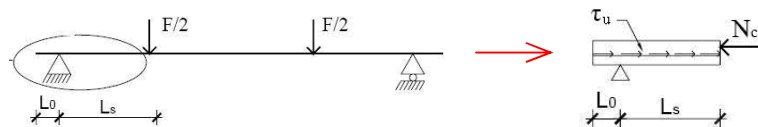
# Öszvérfödémek

- Szerkezet és méretezési módszer



- Szabványos méretezés
  - Részlegesen nyírt kapcsolat

Hosszirányú nyírás → nyomaték

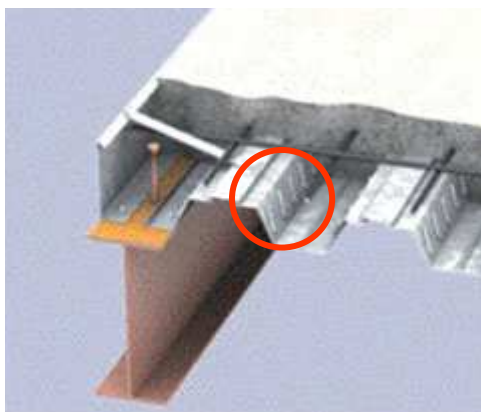


$\eta$   
Nyírt kapcsolat  
hatékonysága

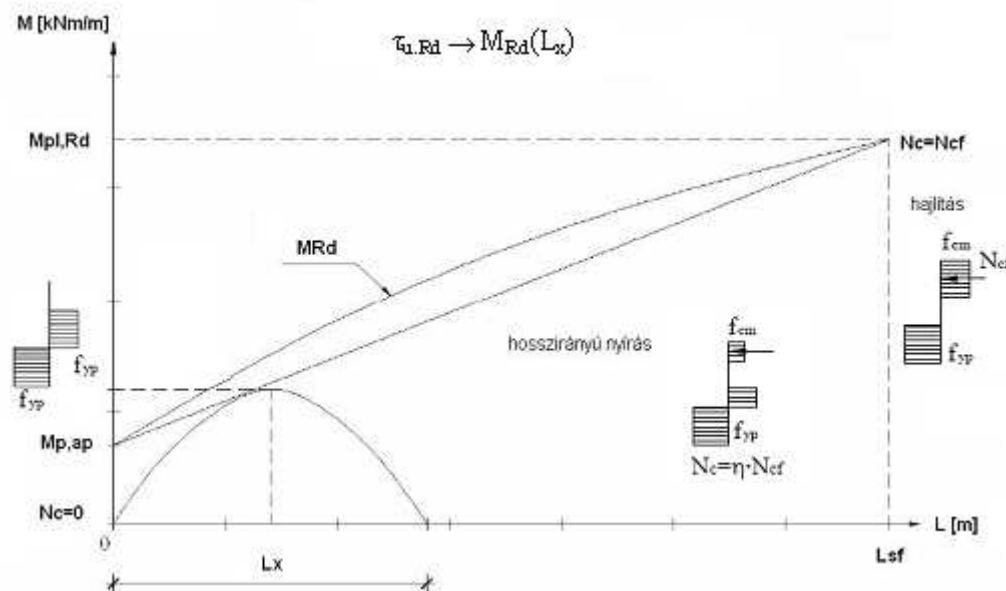
$$\tau_{u,Rk} = \frac{\eta \cdot A_p \cdot f_y}{b \cdot (L_s + L_0)} \longrightarrow \tau_{u,Rd} \longrightarrow M_{Rd}(L_x)$$

# Öszvérfödémek

- Szerkezet és méretezési módszer



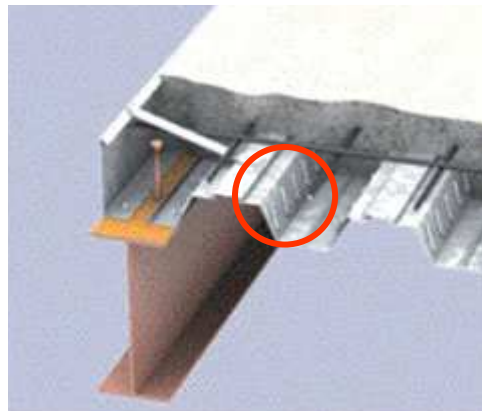
- Szabványos méretezés
  - Részlegesen nyírt kapcsolat



- $L_x \geq L_{sf} \rightarrow$  nyírt kapcsolat teljes  $\rightarrow$  hajlítási tönkremenetel
- $L_x < L_{sf} \rightarrow$  nyírt kapcsolat részleges  $\rightarrow$  nyírás tönkremenetel várható

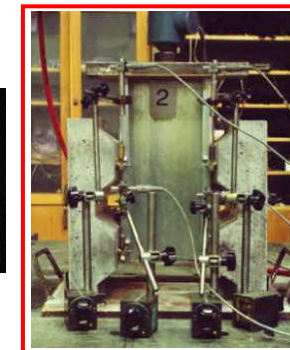
# Öszvérfödémek

- Szerkezet és méretezési módszer



- Numerikus modellek
  - Beton → testelemek
  - Acél → héjelemek
  - Kapcsolat → kontakt felületekkel
  - Anyagtulajdonságok kísérletből
  - Az együttdolgoztató kapcsolat leírása kiselemes kísérletek alapján

Kísérlet háttér elengedhetetlen



Lehetséges-e a kísérletek numerikus szimulációval való helyettesítése?

# Stratégia

- Méretezési eljárások → elkenik a mechanikus kapcsolat hatását (a kapcsolat nyírási ellenállása  $\tau_{u,Rd}$ )
  - Kutatás
    - Globális modell
    - ↓
    - Lokális almodellek
      - Nyírási kapcsolat viselkedésének megértése, követése numerikus modellel
    - ↓
    - A kapcsolat leírása
- 

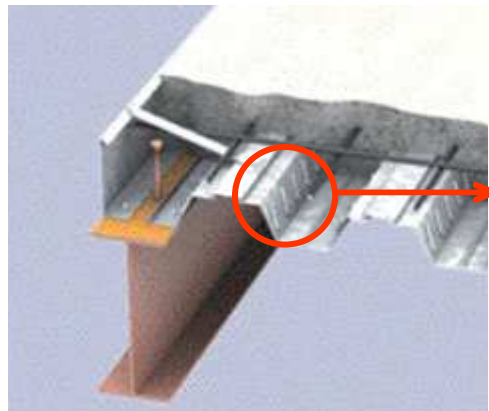
## Összehasonlítás

$$\tau_{u,Rd,kísérlet} \leftrightarrow \tau_{u,Rd,modell}$$



# Kísérlet

- Kísérleti program



Együttdolgozás

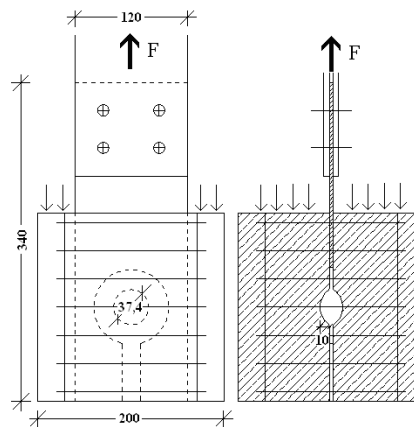


Nyírt kapcsolat a felületen



Egy nyírt kapcsolat viselkedése

**Próbatest:**



↓ Végrehajtás ↓

**Mérés:**

- nyúlások a kapcsolat belső felületén

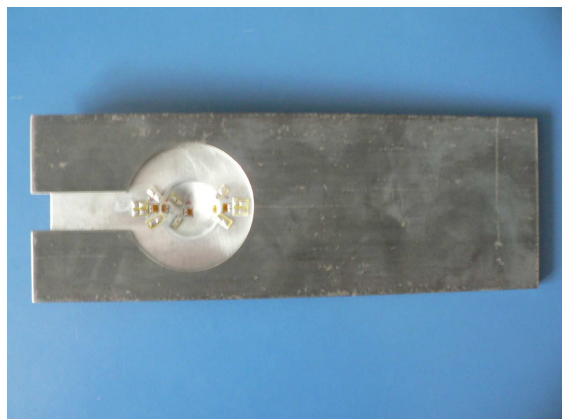
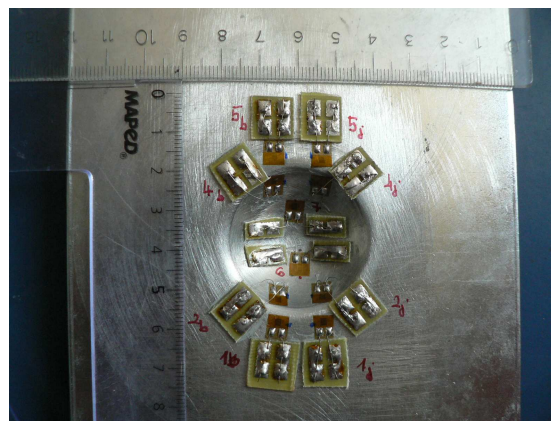


- erő-elmozdulás



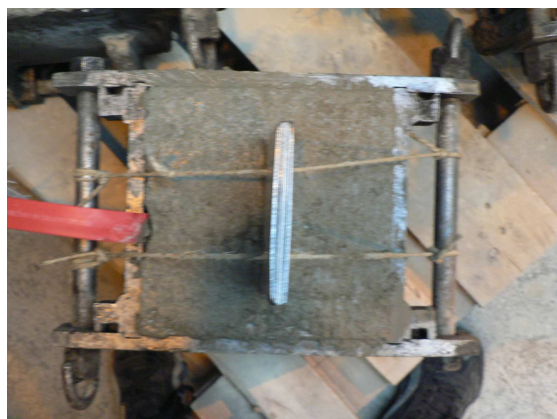
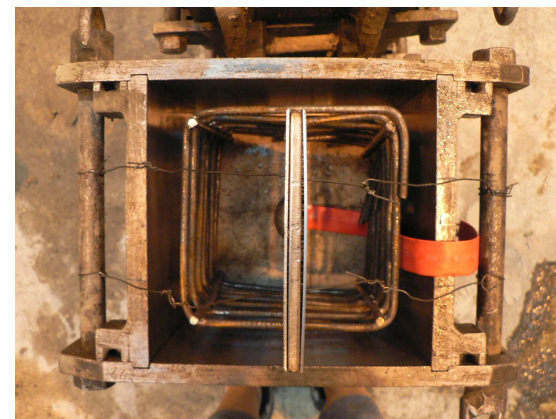
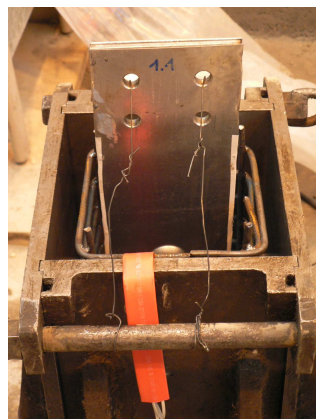
# Kísérlet

- Kísérleti program, nyúlásmérő bélyegek



# Kísérlet

- Kísérleti program, próbatestek

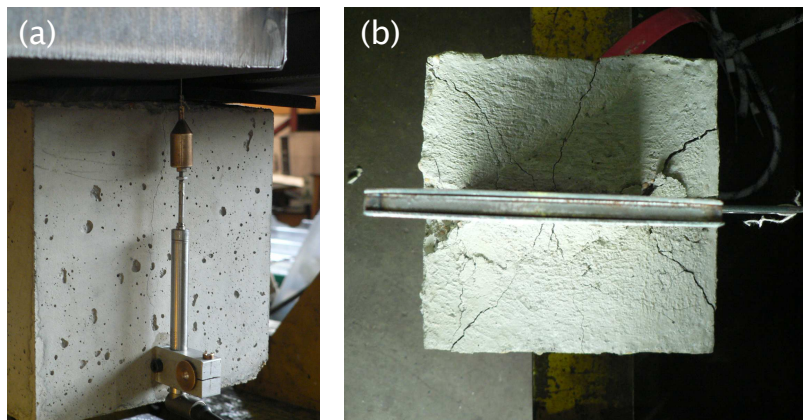




# Kísérlet

- Kísérleti program, eredmények\*

## Tönkremenetel

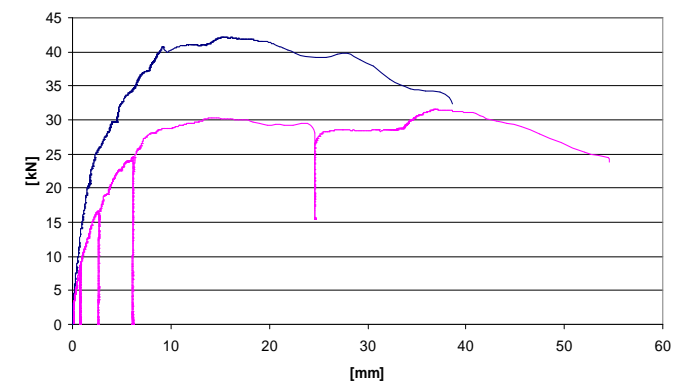


Beton tönkremenetel



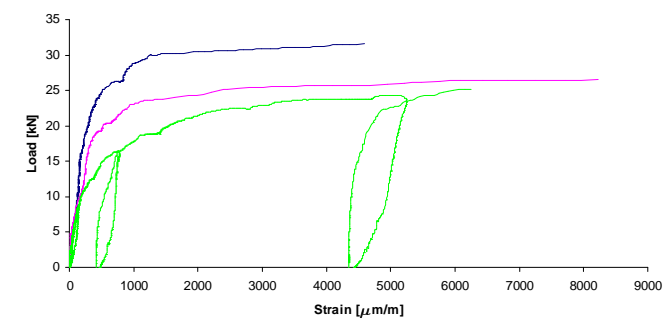
Nyírt kapcsolat tönkremenetele

## Erő - elmozdulás



## Nyúlásmérés

(a kapcsolat közepén)



\*9th International Conference on Steel Concrete Composite and Hybrid Structures, Leeds, UK, 8-10 July 2009

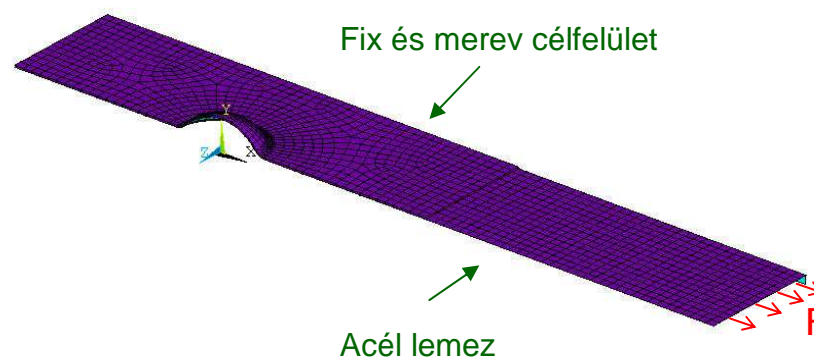
# Modell

- Numerikus modellezés

- Feltétel

- Kísérleti tapasztalat
    - Az acél tönkremenetele a domináns  
↓
    - Beton tönkremenetelt nem vesszük figyelembe

Előzetes modell\*

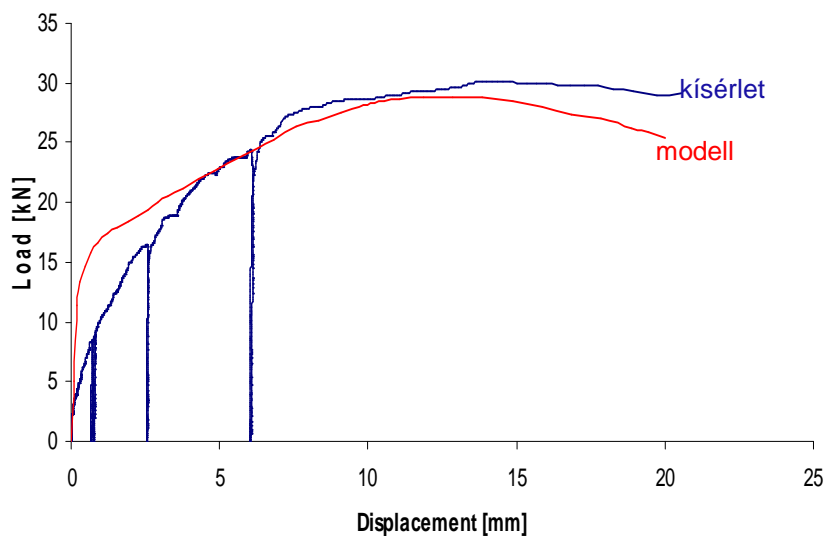


\*N. Seres, L. Dunai: "Numerical and experimental studies on embossed mechanical bond of composite floor", Computers&Structures (benyújtva)

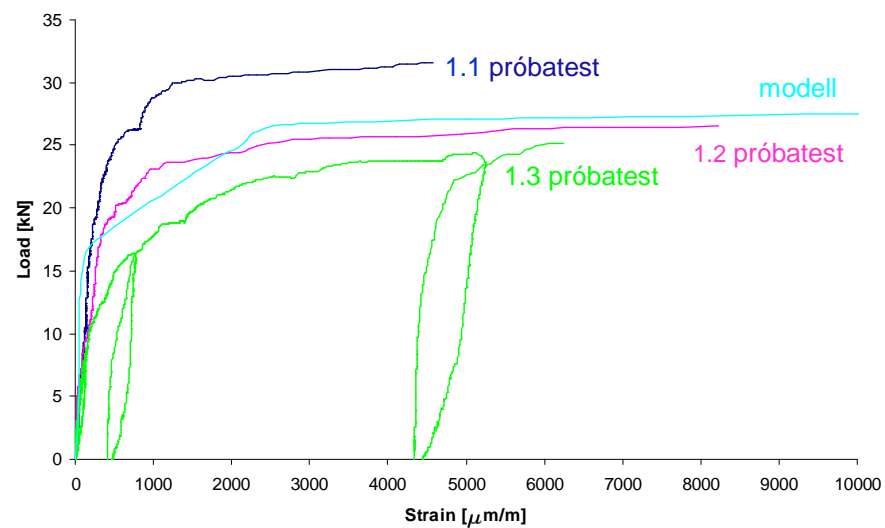
# Modell

- Numerikus modellezés

### Erő-elmozdulás

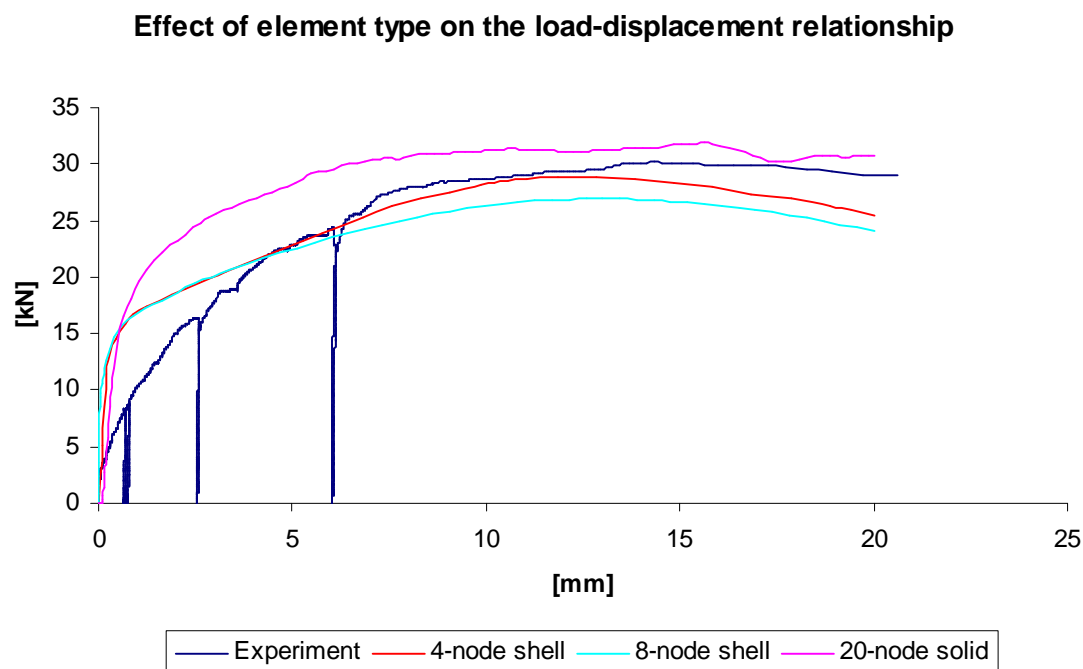


### Nyúlás



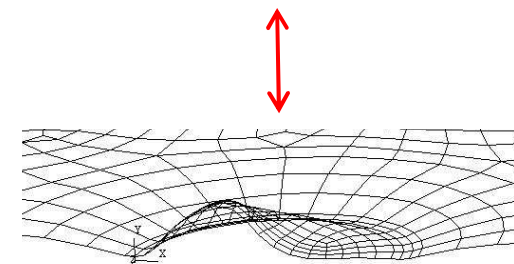
# A numerikus modell kiterjesztése

- **Elemtípus**
  - 4-csomópontú héj } beton = merev felület
  - 8-csomópontú héj }
  - 20-csomópontú test – beton = rugalmas
- **Eredmények**



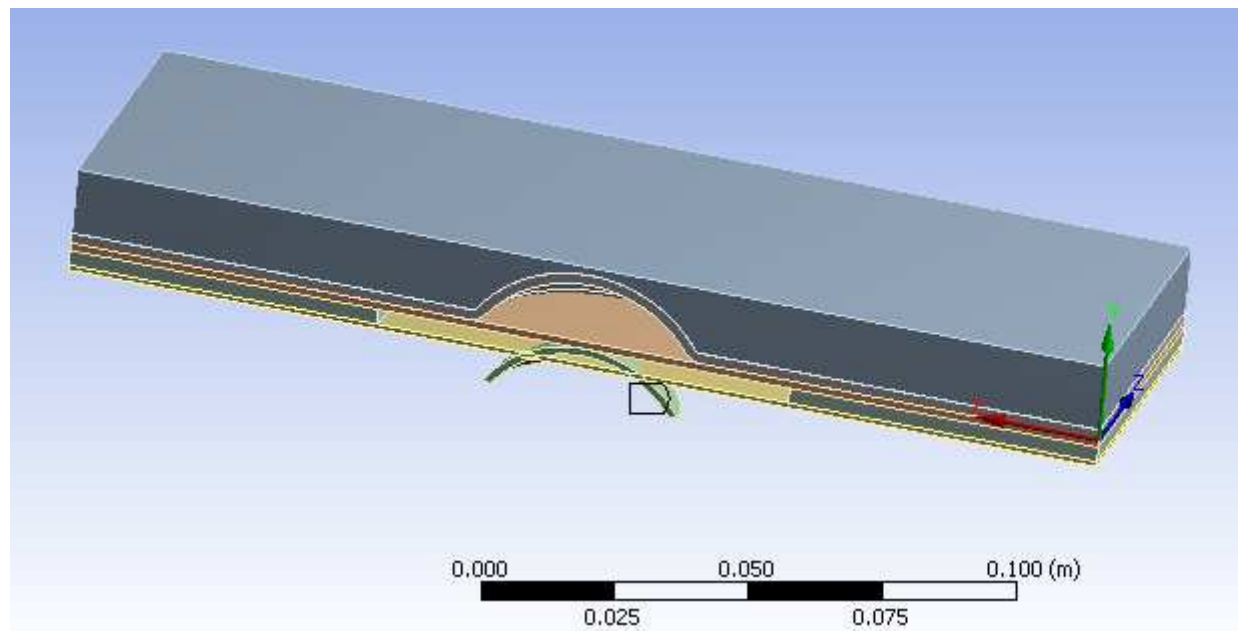
Nagyobb keresztirányú deformáció,  
mint ami a kísérlettel igazolható

↓  
Szimmetria sík a próbatest  
ellendarabjának a helyén (!)



# A numerikus modell kiterjesztése

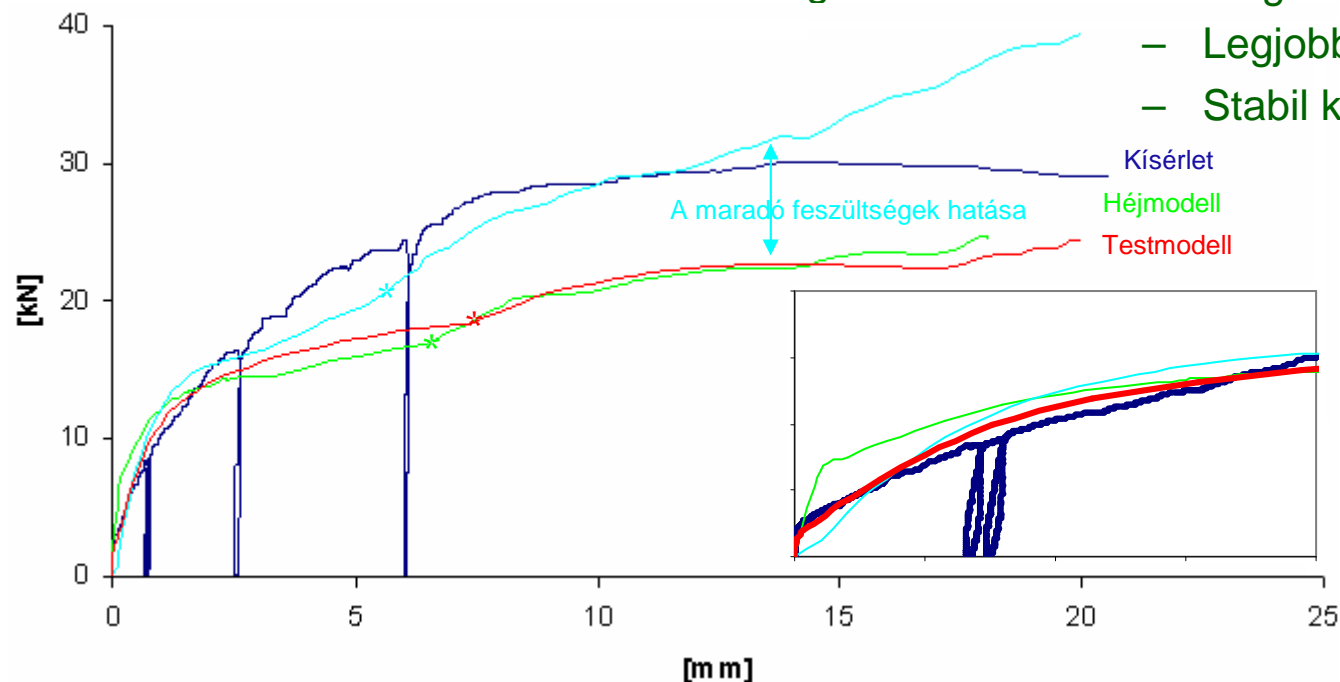
- A nyírt kapcsolat besajtolásának hatása
  - hidegalakítás
    - Besajtolás
    - Az alakító eszköz eltávolítása
    - Kihúzó vizsgálat





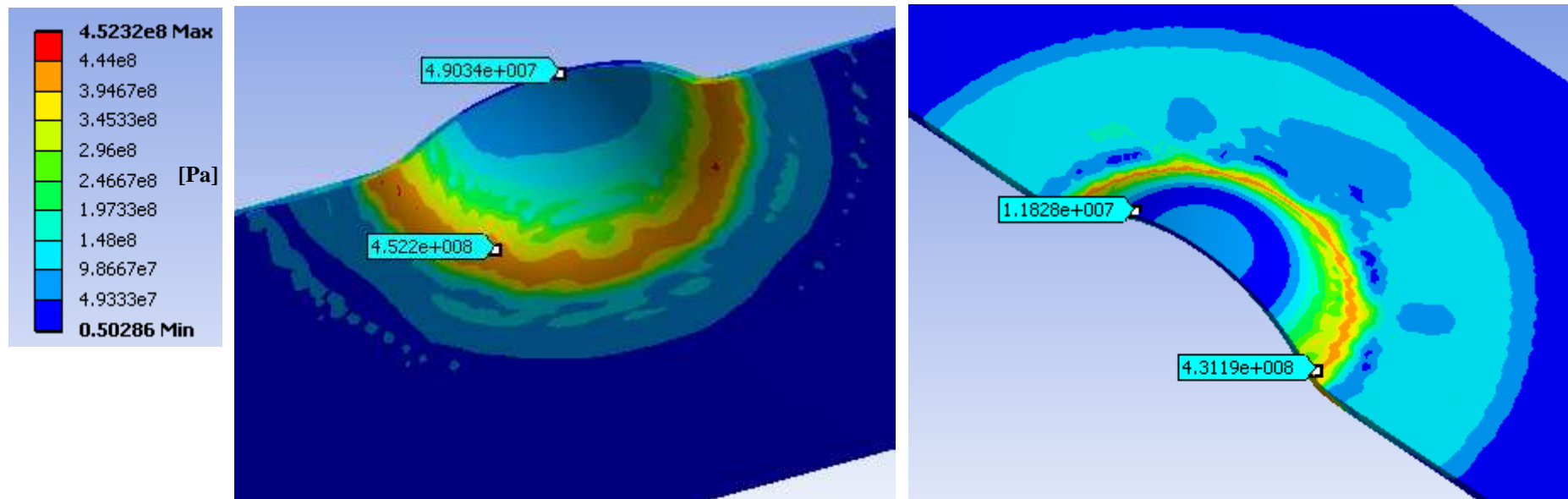
# A numerikus modell kiterjesztése

- A nyírt kapcsolat besajtolásának hatása
  - Kezdeti szakaszt jól közelíti
  - A teherbírás jelentősen visszaesik
  - Jelentős maradó feszültségek
- Héjmodell
  - A kontakt érzékelés érzékeny a végeselemes háló méretére
- Testmodell
  - Magas futási idő
  - Legjobb kezdeti viselkedés
  - Stabil kontakt érzékelés



# A numerikus modell kiterjesztése

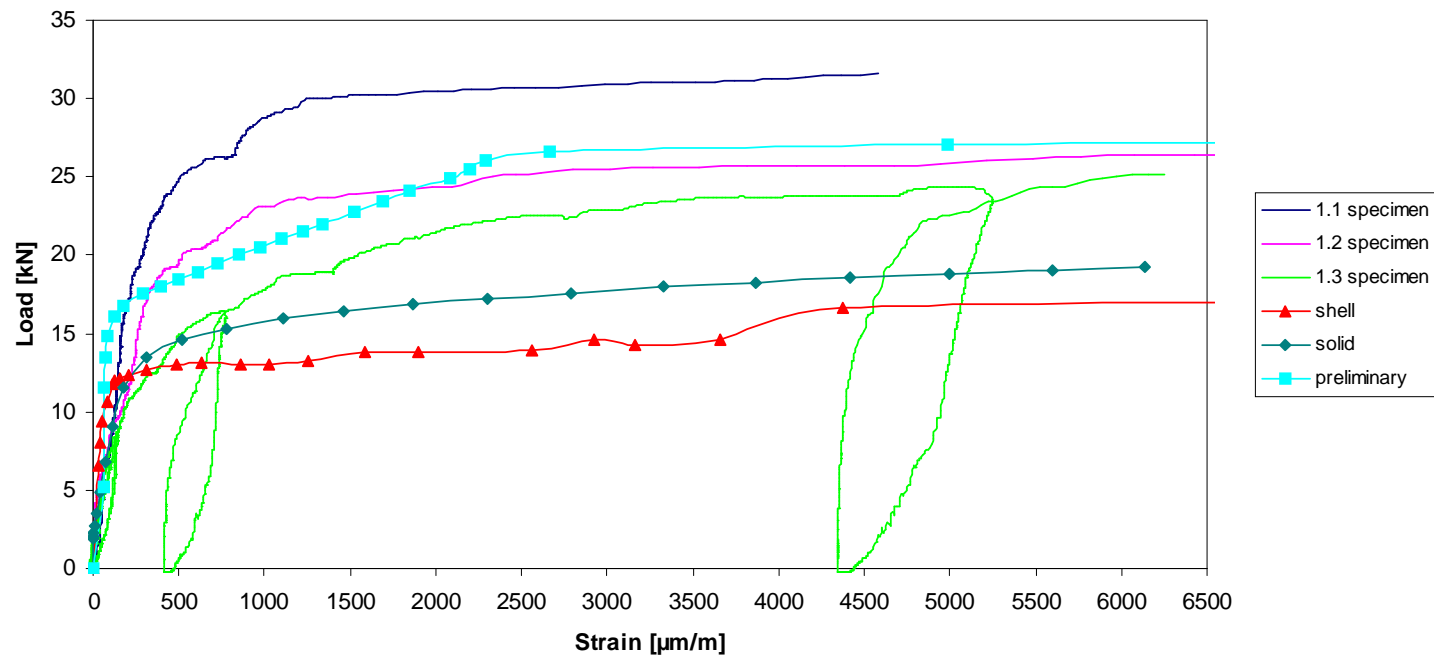
- Maradó feszültségek
  - Helyesség?
    - A besajtolás során keletkező nyúlásokat mérésrel nem követtük
    - Hasonló hidegalakítást nem publikáltak



# A numerikus modell kiterjesztése

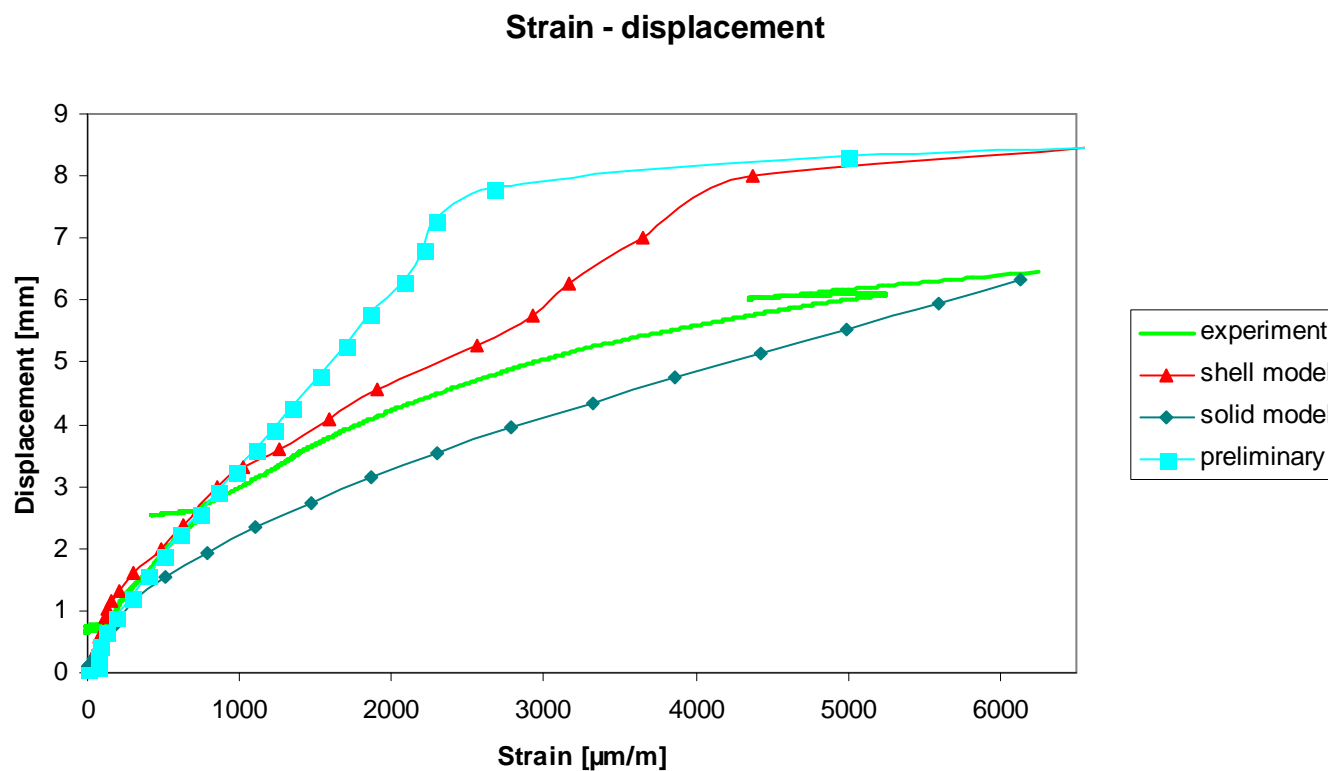
- Nyúlásmérés
  - Teherszint
  - Kezdeti viselkedés

Strains in the middle (gauge #3)



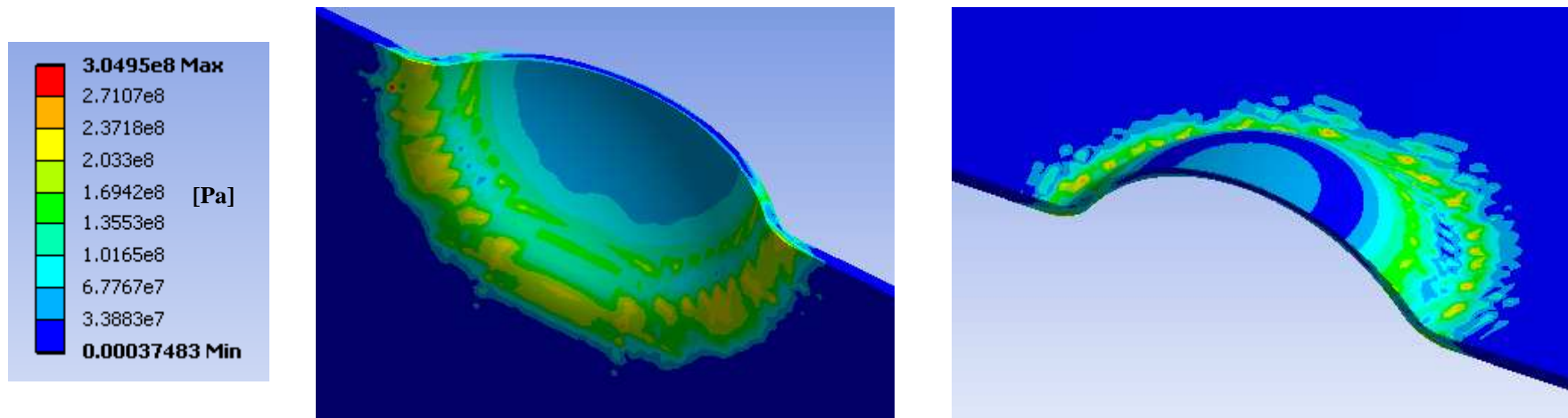
# A numerikus modell kiterjesztése

- Nyúlásmérés



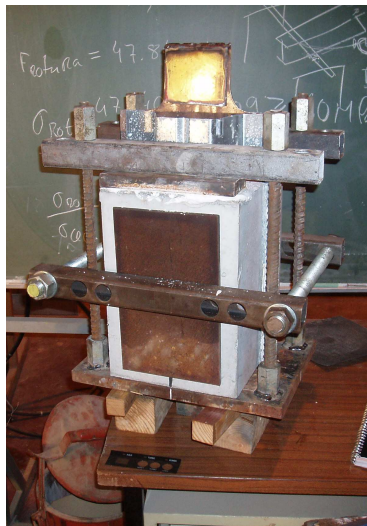
# A numerikus modell kiterjesztése

- A besajtolási eljárás pontos modellje



# A numerikus modell kiterjesztése

- Beton?
  - Kiselemes kihúzó vizsgálat\*
  - $f_y = 464 \text{ N/mm}^2$
  - $f_c = 38,8 \text{ N/mm}^2$



\* João Tiago Freire: Analysis on the behaviour of composite slabs under concentrated loads. Experimental tests and numerical simulations, MSc Thesis, Department of Civil Engineering and Architecture, Higher Technical Institute (IST), TU Lisbon, Portugal, 2009

# Összefoglaló értékelés

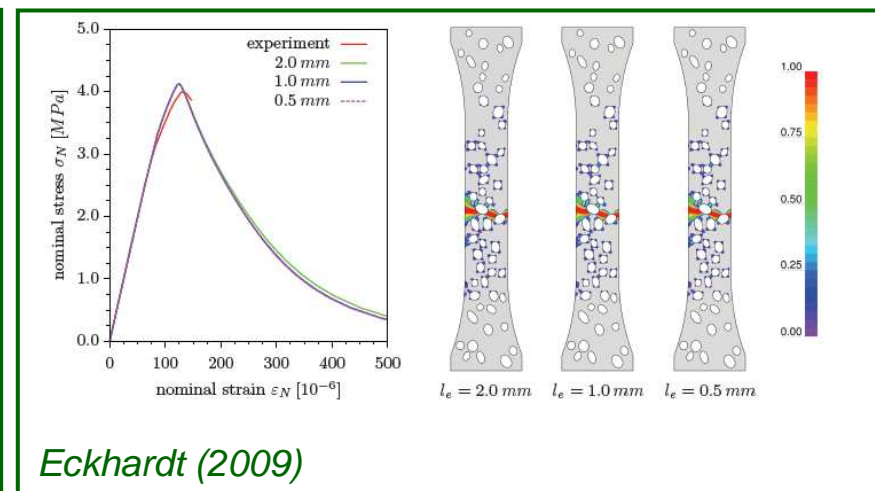
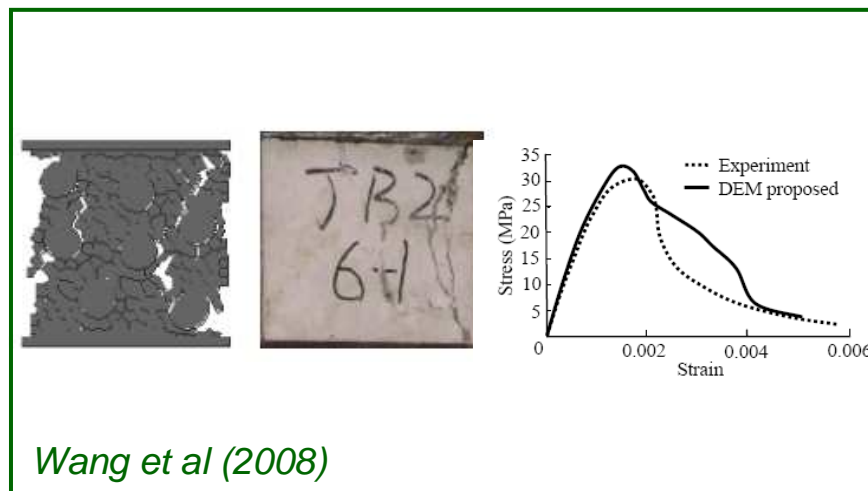
- Előzetes modell
  - Teherbírás ✓
  - Tönkremenetel folyamata ✓
- Modellek a hidegalakítás hatásával
  - Kezdeti viselkedést jól közelíti
  - Jelentős maradó feszültségek – helyes?
  - Teherbírásra nem ad jó eredményt DE a modell még mindig tartalmaz bizonytalanságokat
    - Keresztirányú deformáció?
    - Beton tönkremenetel hiányzik
    - Maradó feszültségek?
  - A testmodell pontosabb eredményt ad, de a futási idő jelentősen magasabb, mint a héjmodellé → lokális információkhoz

↓ Megoldatlan kérdések ↓



# Irodalomkutatás

- Beton
  - Makro-szint (homogén kontinuum)
    - A szerkezet mérete és az anyag jellemző elemi térfogatának (RVE) az aránya fontos
    - Korlátozottan alkalmazható
  - Mezo-szint (az adalékanyag szemcsék explicit modellezésével)
    - Kiselemes próbatetek modellezésénél jelentős és eredményes
    - megközelítés: DEM, FEM, X-FEM, DEM+FEM





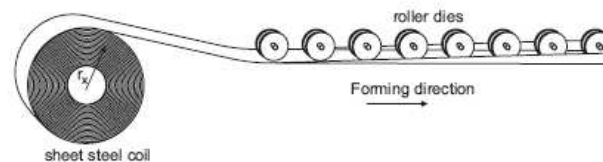
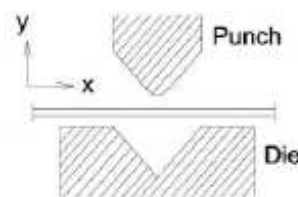
# Irodalomkutatás

- Hidegalakítás

- Típusok

- élhajlítás

- hengerlés



- A maradó feszültségek maximális értéke elérheti a  $\sim 0,6 \cdot f_y$   
→ teherbírás
- A vastagság mentén a maradó feszültségek változása nemlineáris és jelentős
  - Mérése vékony lemez esetén kivitelezhetetlen
  - Csak a felületen

# A kutatás következő lépései

- Beton tönkremenetel figyelembe vétele
  - Mezo-szinten
    - FEM
- Besajtolás kísérleti vizsgálata
  - Ugyanaz a lemez~
  - Ugyanaz az alakító eszköz mint az előző kísérlet sorozatnál



Köszönöm a megtisztelő  
figyelmet