



BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

Magasépítési öszvérfödémek numerikus szimuláció alapú méretezése

Seres Noémi
DEVSOG

Témavezető:
Dr. Dunai László

Bevezetés

- Az előadás témája – öszvérfödémek együttdolgoztató kapcsolatának vizsgálata
- Az előadás felépítése:
 - Könnyűszerkezetes öszvérfödémek bemutatása
 - A feladat összefoglalása
 - Laboratóriumi kísérlet
 - Numerikus vizsgálatok
 - Összefoglalás, továbblépés



Könnyűszerkezetes öszvérfödémek

- Szerkezeti felépítés

- Rendszer komponensek:

- Acél gerenda
 - Trapézlemez
 - Vasbeton lemez

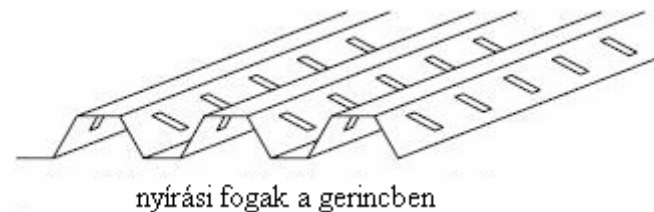
} Együttműködő kapcsolatok



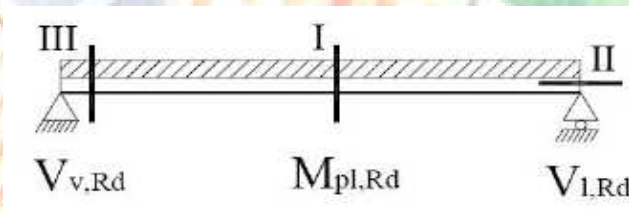
Könnyűszerkezetes öszvérfödémek

- Öszvérfödém együttműködése

- Kémiai kötés
- Mechanikai kötés
 - Nyírási fogak
 - Nyírási csapok
 - Véglehorgonyzás



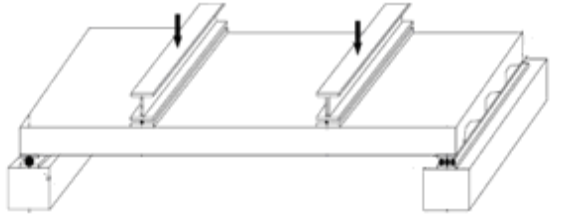
- Tönkremeneteli módok



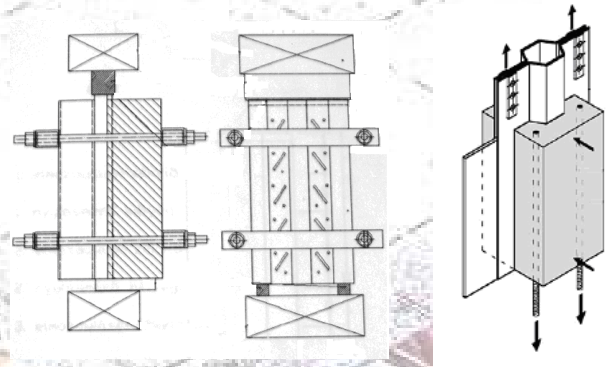
- (I) Hajlítási tönkremenetel
- (II) Hosszirányú nyírási tönkremenetel
- (III) Függőleges nyírási tönkremenetel

Könnyűszerkezetes öszvérfödémek

- Kísérleti vizsgálatok



1:1 méretarányú lemez
(full scale test)



Kiselelemes kihúzó/kinyomó vizsgálat
(small scale push-out/pull-out test)

- A hosszirányú nyírással szembeni ellenállás szabványos számítása

- m-k módszer
- részlegesen nyírt kapcsolat módszere
- kísérleteken alapulnak!!!

CÉL:

- I) Egyszerűbb kísérlet
- II) Végelelemes szimuláció

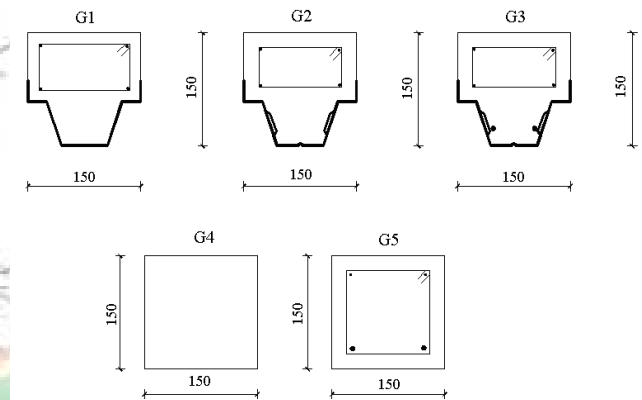
Kísérleti program

- Rövidgerenda próbatestek

Geometria: 150x150x700

Típus:

- Beton gerenda
- Vasbeton gerenda
- Öszvérgerenda
 - trapézlemez a gerenda alsó síkján
 - sima illetve nyírési fogakkal készült lemez
 - ~3mm peremezés



Kísérleti program

- Rövidgerenda próbatestek

- Terhelés → négy pontos hajlítás
- Mért adatok
 - lehajlás mezőközepén → minden gerendán
 - végmegcsúszás
 - nyúlások mezőközepén } öszvérgerendákon



Kísérleti háttér a numerikus vizsgálatokhoz

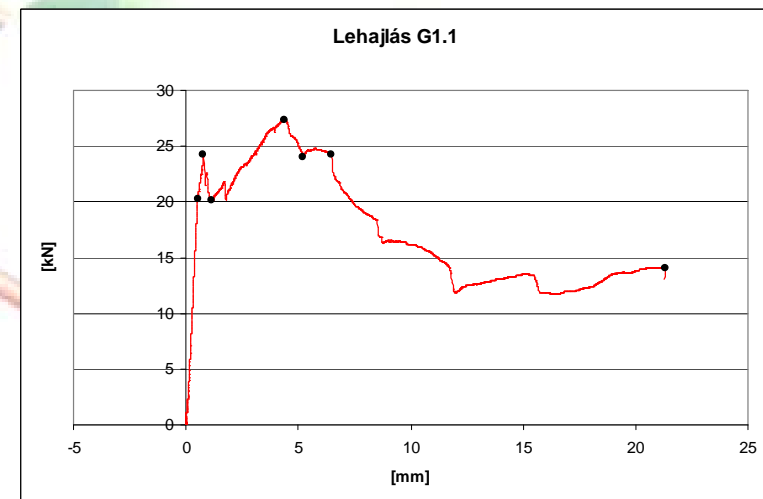
Kísérleti program

- Kísérleti elrendezés



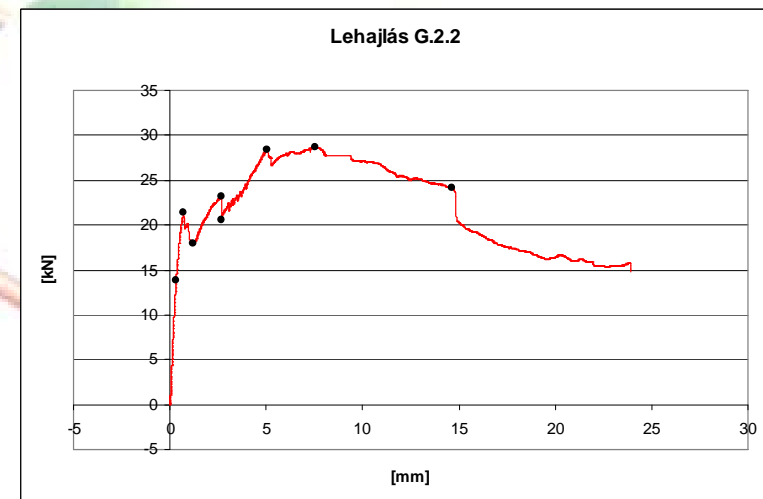
Kísérleti program

- G1 jelű próbatestek – sima lemezes



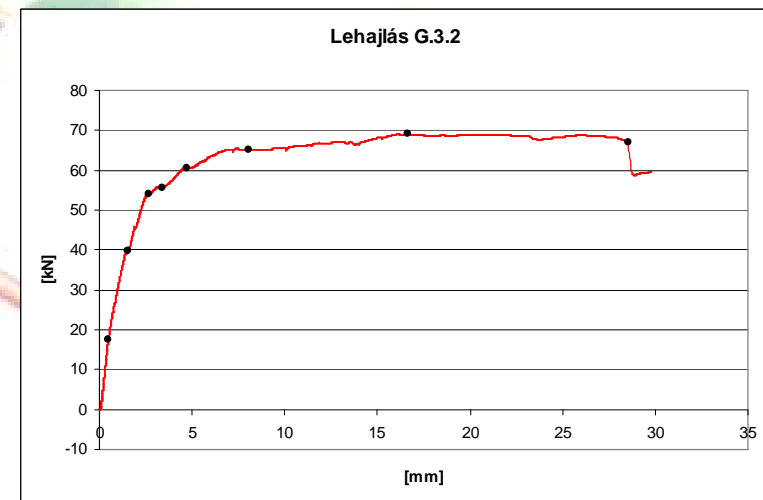
Kísérleti program

- G2 jelű próbatestek - öszvérlemezes



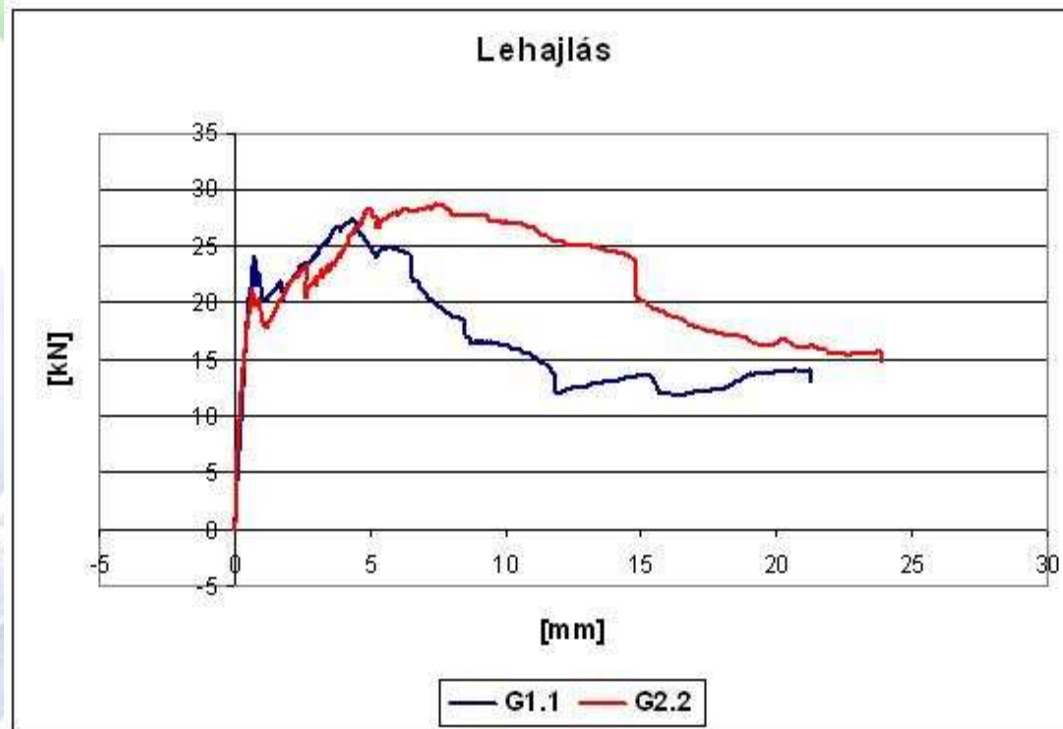
Kísérleti program

- G3 jelű próbatestek – öszvérlemezes, húzott vasalással



Kísérleti program

- Eredmények kvalitatív értékelése



Nyírási fogak duktilitás növelő hatása

Numerikus vizsgálat

- Modell építési szintek → **ANSYS**

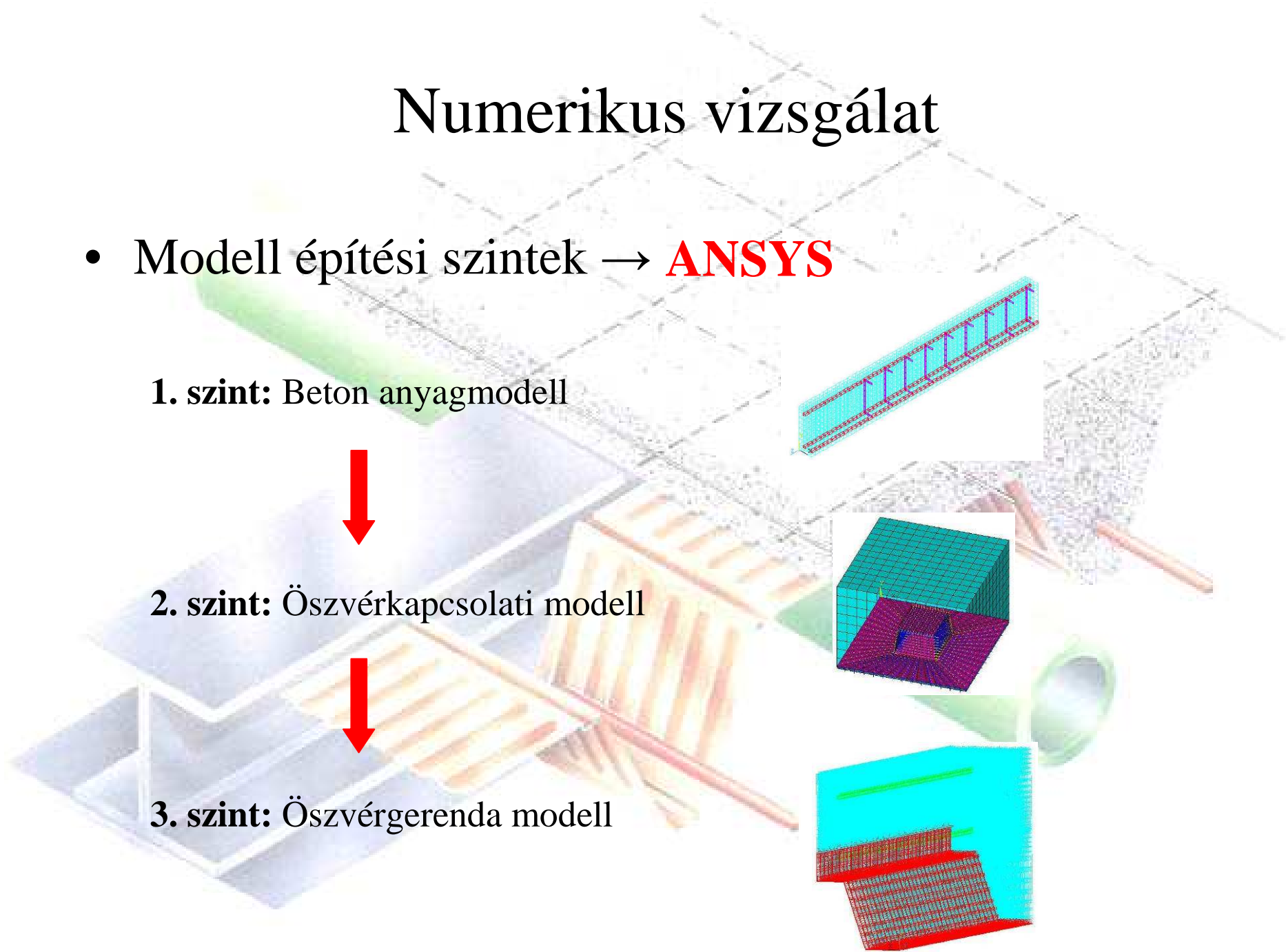
1. szint: Beton anyagmodell



2. szint: Öszvérkapcsolati modell



3. szint: Öszvérgerenda modell



Beton anyagmodell

- Vasbetongerenda modell #1

- Szakirodalmi kísérlet alapján
- 150x250x2800mm
- Modellezési paraméterek

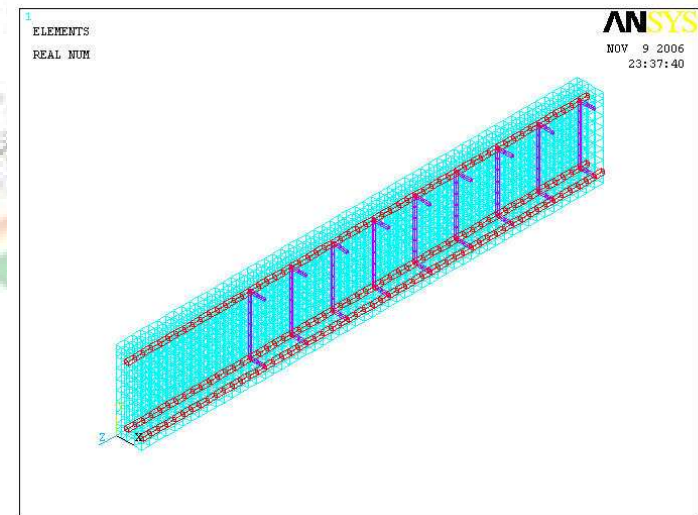
- Beton:

- Solid65 testelem
- 4 szükséges input adat
- kétféle törési felület

- Vasalás:

- Link8 rúdelem
- Solid65 végelem tulajdonsága

Negyed gerenda modell:



Beton anyagmodell

- Vasbetongerenda modell #1

Input adat	1/a	1/b	1/c	1/d	1/e	1/f
Egytengelyű nyomószilárdság	-1	69	69	69	-1	69
Egytengelyű húzószilárdság	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
Nyírásátadódási együttható megnyílt repedésre	-	-	-	0.1	1	1
Nyírásátadódási együttható zárt repedésre	-	-	-	0.9	1	1
Törési felület	2D	2D	3D	2D	2D	2D
Vasalás (d = diszkrét, s = szétkent)	d	d	d	s	d	d

- Terhelés → négyponthas hajlítás
- Kis teherlépcsők → lassú repedésterjedés → numerikus stabilitás

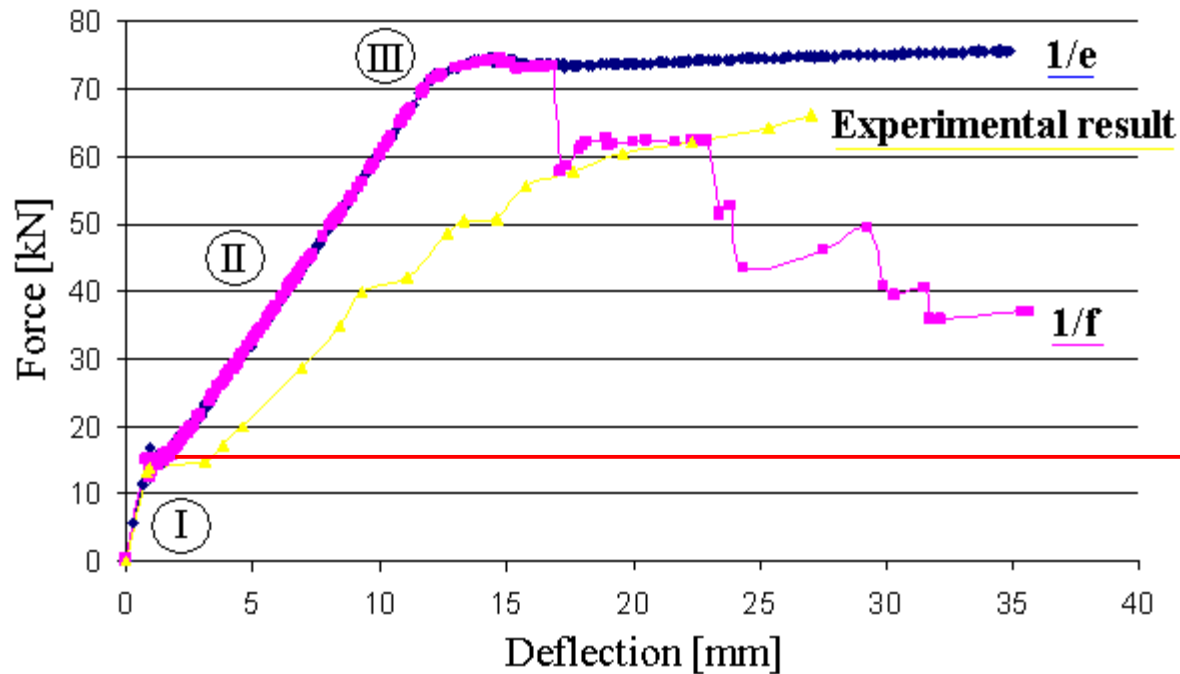
Beton anyagmodell

- Vasbetongerenda modell #1

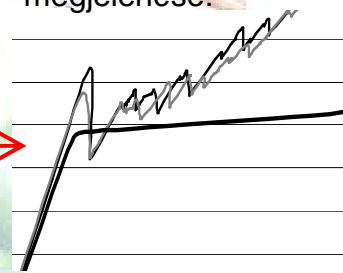
III. fesz. áll.:
Betonacél
folyása

II. fesz. áll.:
Berepedt
keresztmetszet

I. fesz. áll.:
Repedésmentes
keresztmetszet

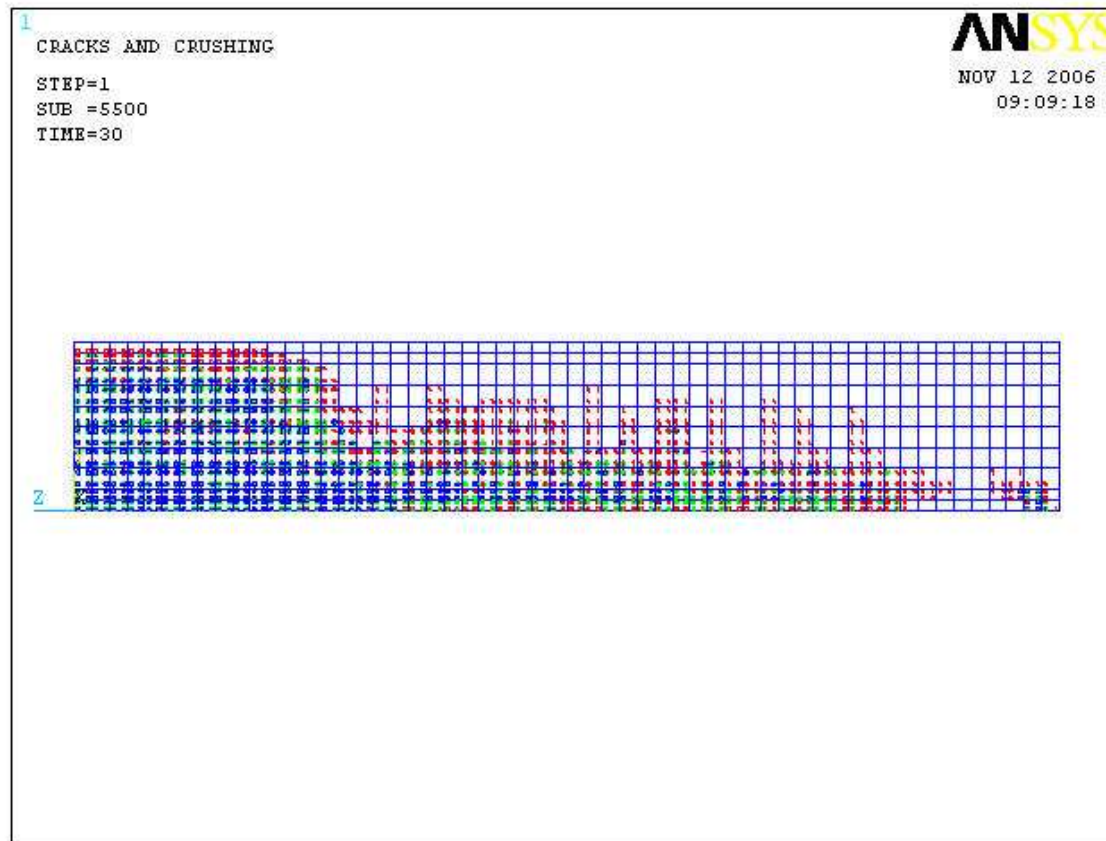


Húzási repedések
megjelenése:



Beton anyagmodell

- Vasbetongerenda modell #1



Beton anyagmodell

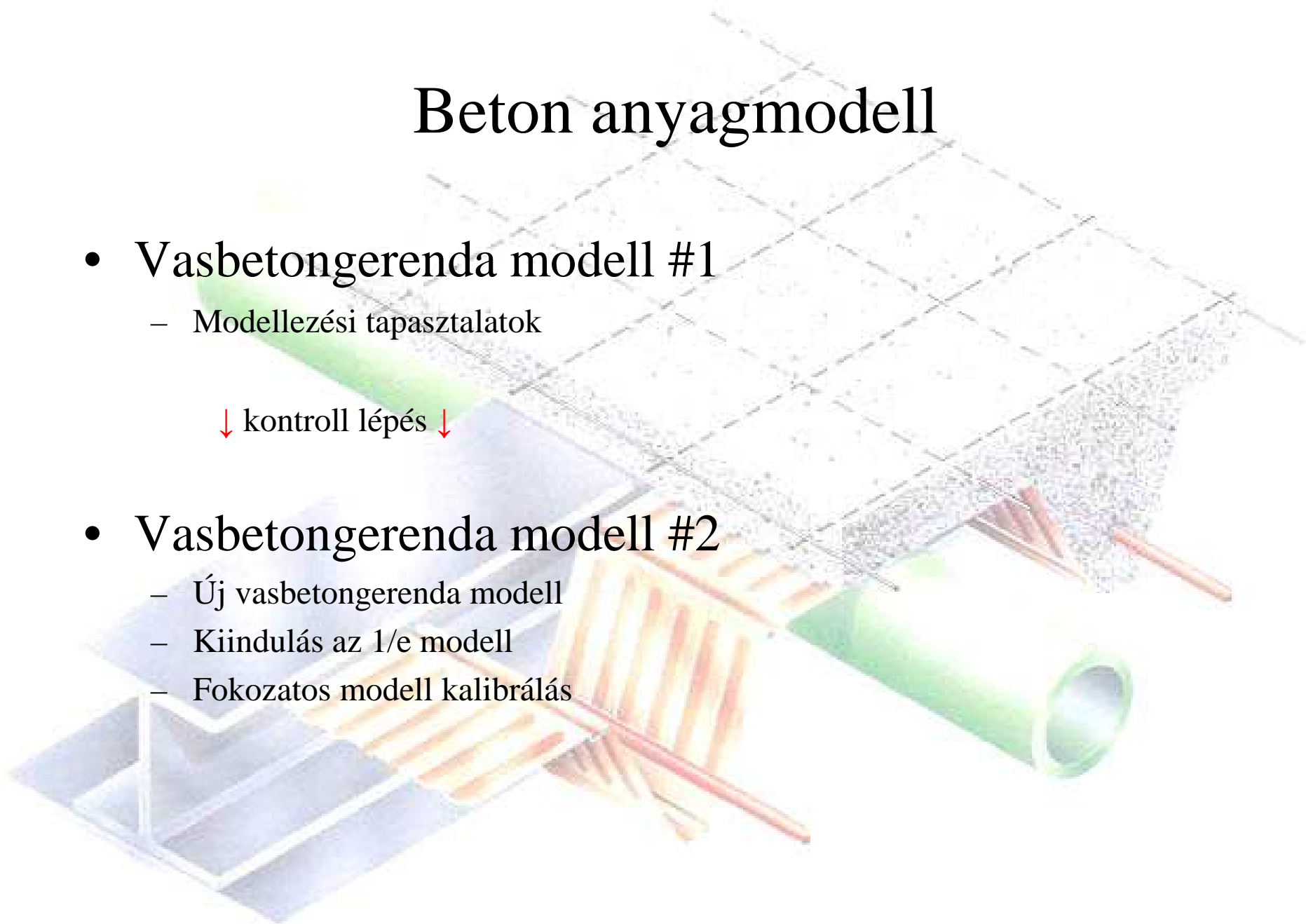
- Vasbetongerenda modell #1

- Modellezési tapasztalatok

↓ kontroll lépés ↓

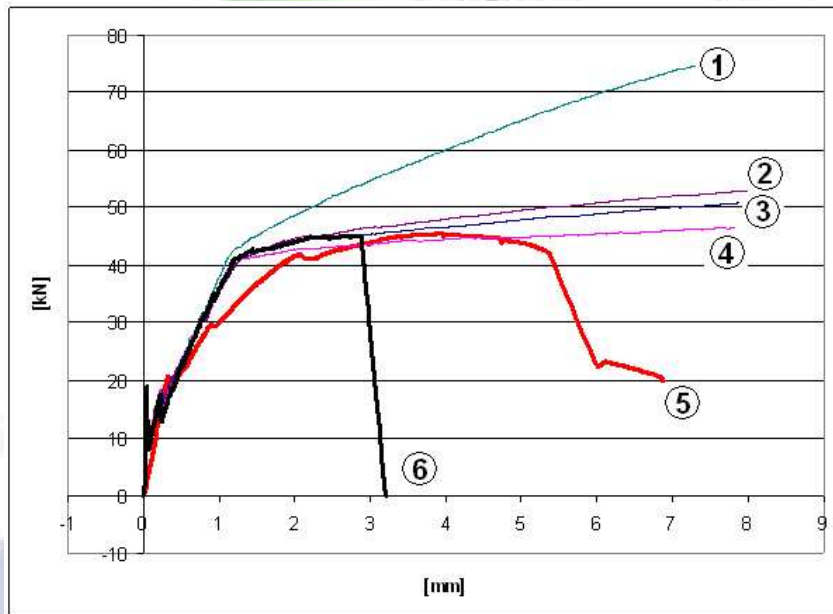
- Vasbetongerenda modell #2

- Új vasbetongerenda modell
- Kiindulás az 1/e modell
- Fokozatos modell kalibrálás

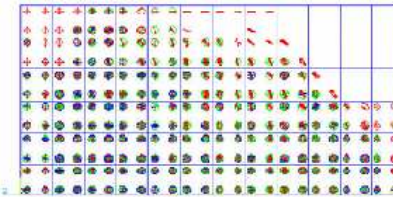
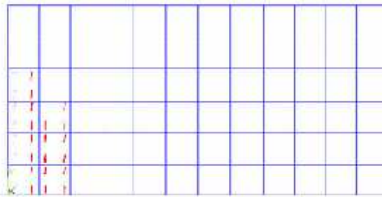


Beton anyagmodell

- Vasbetongerenda modell #2



- 1) teljes vasalás, nem morzsolódó beton, nyírási együttható=1
- 2) kengyel nélkül, nem morzsolódó beton, nyírási együttható=1
- 3) csak húzott vas, nem morzsolódó beton, nyírási együttható=1
- 4) csak húzott vas, nem morzsolódó beton, nyírási együttható=0,3
- 5) kísérleti eredmény
- 6) csak húzott vas, morzsolódó beton, nyírási együttható=0,3

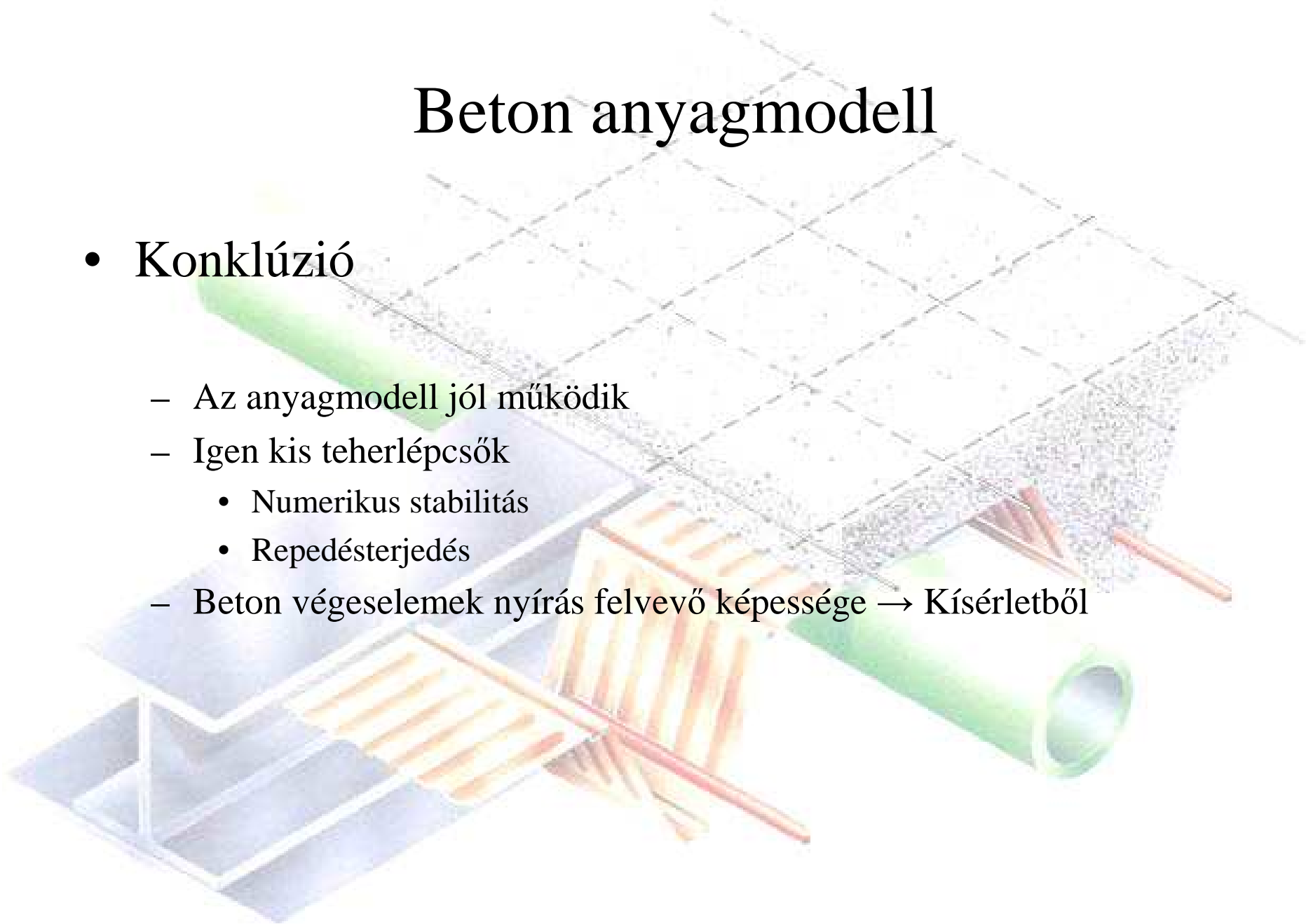


← Repedéskép

Beton anyagmodell

- Konklúzió

- Az anyagmodell jól működik
- Igen kis teherlépcsők
 - Numerikus stabilitás
 - Repedésterjedés
- Beton végelemek nyírás felvevő képessége → Kísérletből



Nyírási fogak lokális modelljei

- „Fiktív” lokális modell

Öszvérgerenda kísérleti megfigyelések



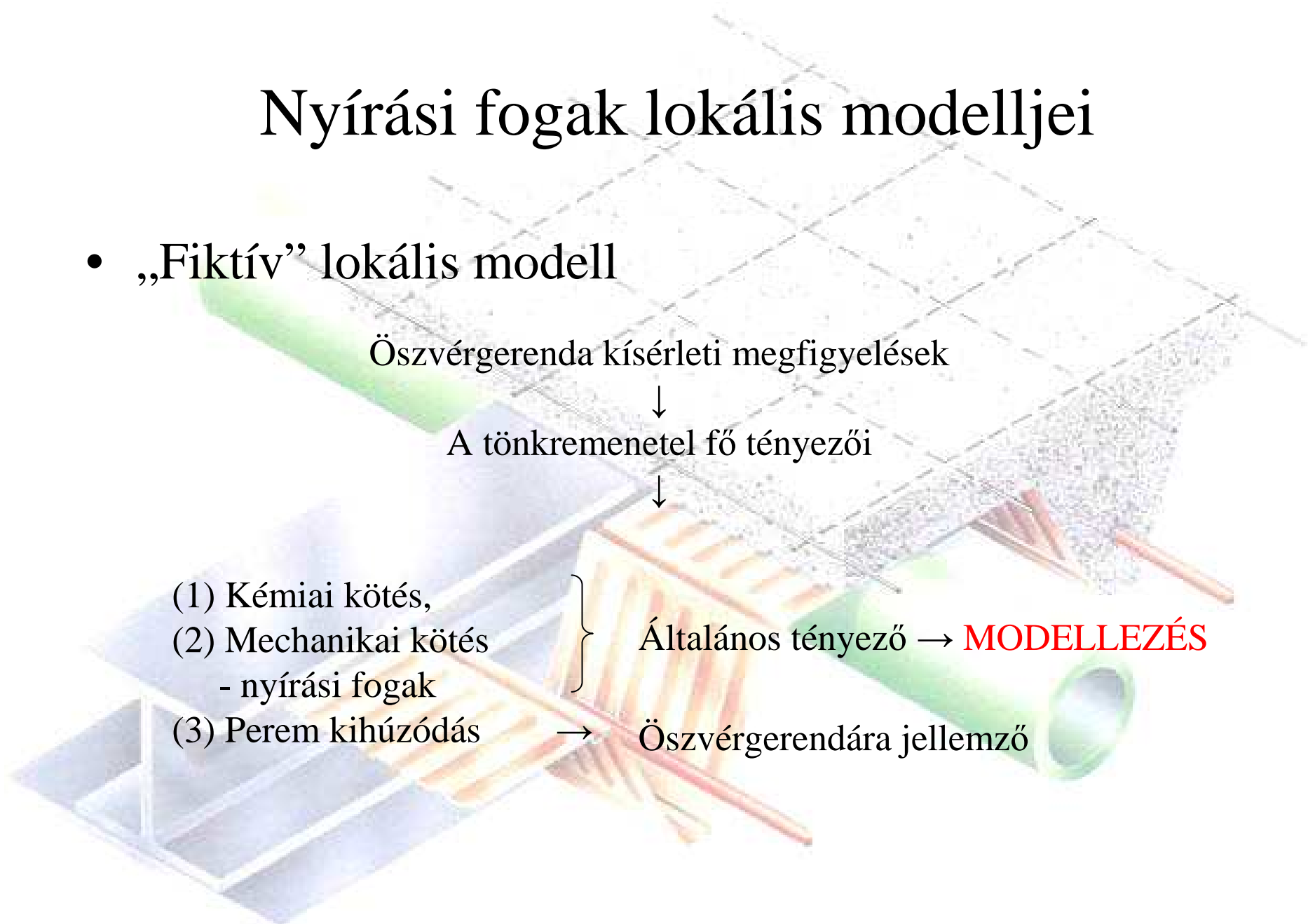
A tönkremenetel fő tényezői



- (1) Kémiai kötés,
- (2) Mechanikai kötés
- nyírási fogak
- (3) Perem kihúzódás

Általános tényező → **MODELLEZÉS**

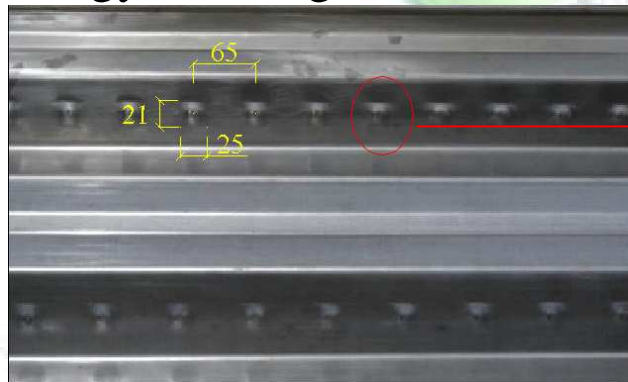
→ Öszvérgerendára jellemző



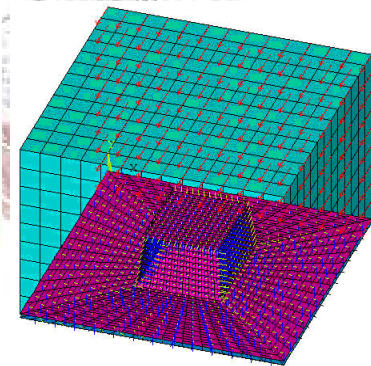
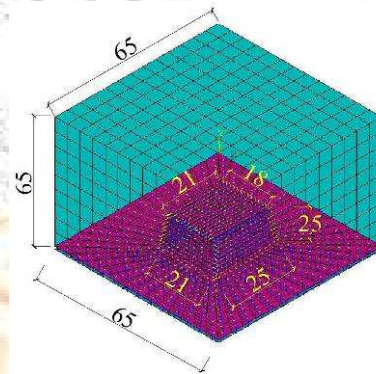
Nyírási fogak lokális modelljei

- „Fiktív” lokális modell

Négyzetes fogazás:



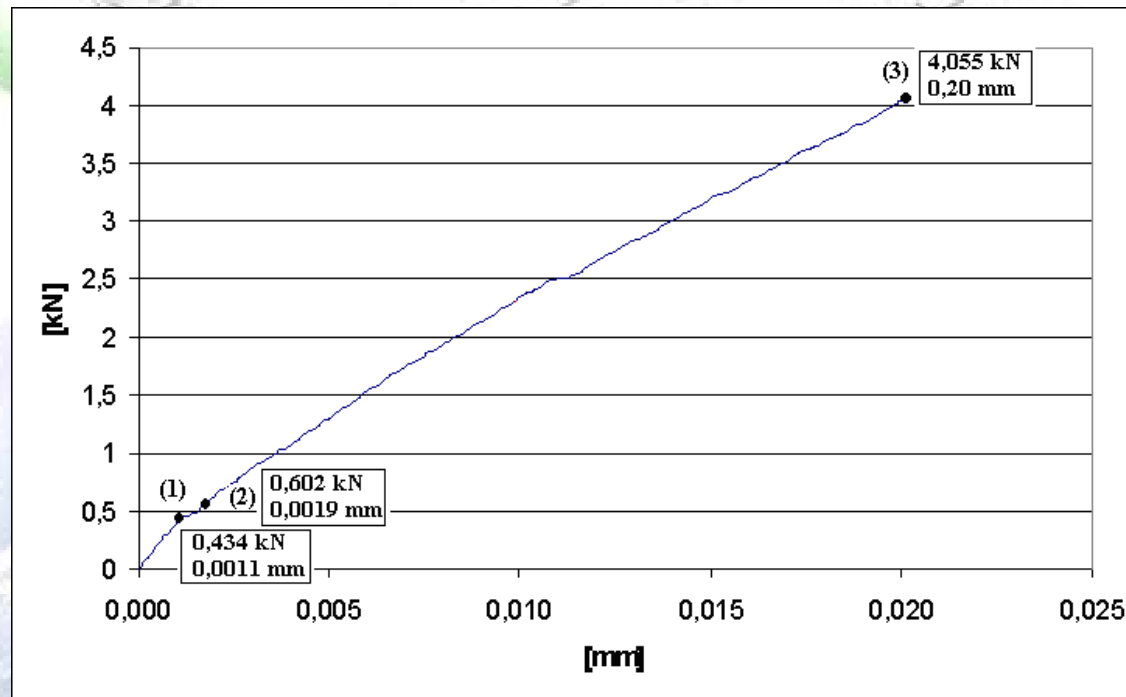
Egyszerűsített geometria



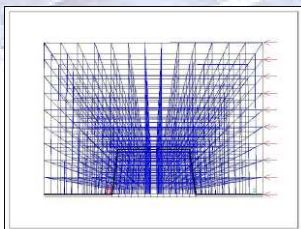
Anyag	Végeselem
Beton	Solid65
Acél	Shell181
Súrlódás	Conta173-Targe170

Nyírási fogak lokális modelljei

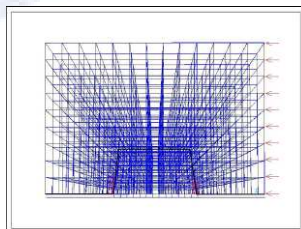
- „Fiktív” lokális modell



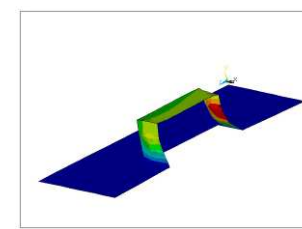
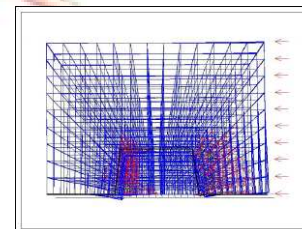
Első repedés



Második repedés



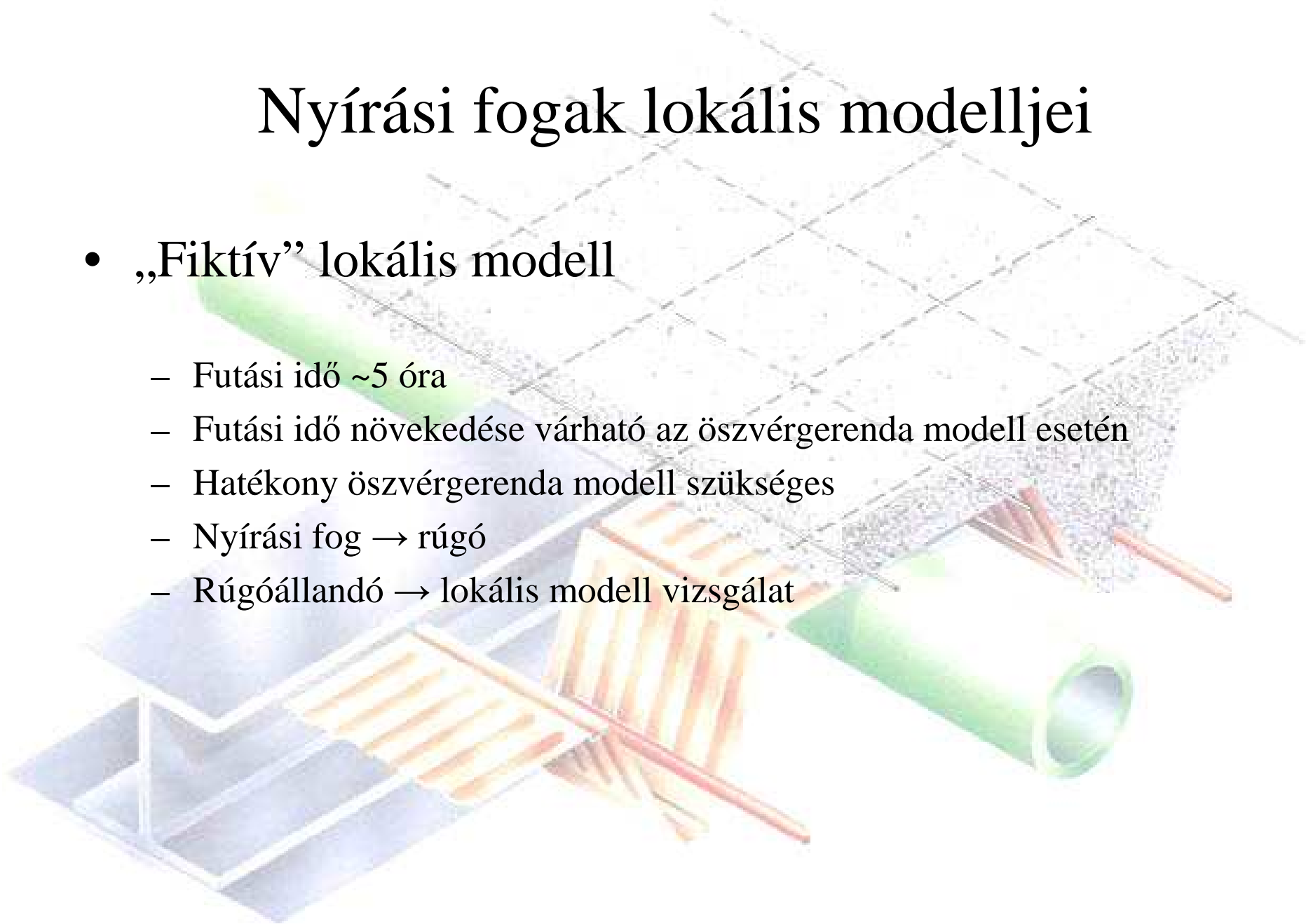
Végállapot: repedéskép és lemez-deformáció



Nyírási fogak lokális modelljei

- „Fiktív” lokális modell

- Futási idő ~5 óra
- Futási idő növekedése várható az öszvérgerenda modell esetén
- Hatékony öszvérgerenda modell szükséges
- Nyírási fog → rúgó
- Rúgóállandó → lokális modell vizsgálat



Nyírási fogak lokális modelljei

- Fiktív modellek paraméteres vizsgálata

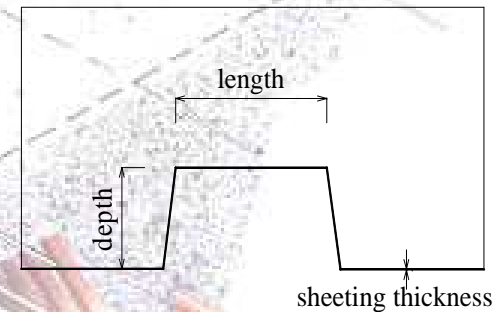
Paraméterek:

- Nyírási fog magassága (depth)
- Nyírási fog hossza (length)
- Lemezvastagság (sheeting thickness)

Kísérleti eredmények [1]:

- Magasabb fog → magasabb nyírási ellenállás (legjelentősebb)
- Hosszabb fog → magasabb nyírási ellenállás (határ!)
- Lemezvastagság → hatás a merevségre

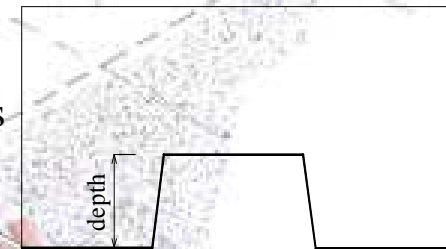
[1] P. Mäkeläinen, Y. Sun: “The longitudinal shear behaviour of a new steel sheeting profile for composite floor slabs”, Journal of Constructional Steel Research, 49, 117-128, 1999



Nyírási fogak lokális modelljei

- Magasság vizsgálat

- Görbék jellege nem változott
- A lineáris szakasz végén ha a magasság növekszik, nő a teher is
- Jelentős eltérés a teherbírásban → a tendencia nem egyértelmű

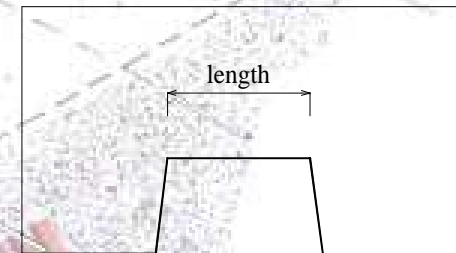


Magasság [mm]	Teher a lineáris szakasz végén [kN]	Teherbírás [kN]
10	0.3345	1.304
12.5	0.3588	3.488
15	0.4054	4.055
17.5	0.4095	3.184
22.5	0.4257	3.857
25	0.4340	4.055

Nyírási fogak lokális modelljei

- Hossz vizsgálat

- A lineáris szakasz végén ha a hossz növekszik, nő a teher is
 - Teherbírás értékeinek eltérése 10%-on belül
- ↓
- A hosszváltoztatásnak nincs jelentős hatása a teherbírásra

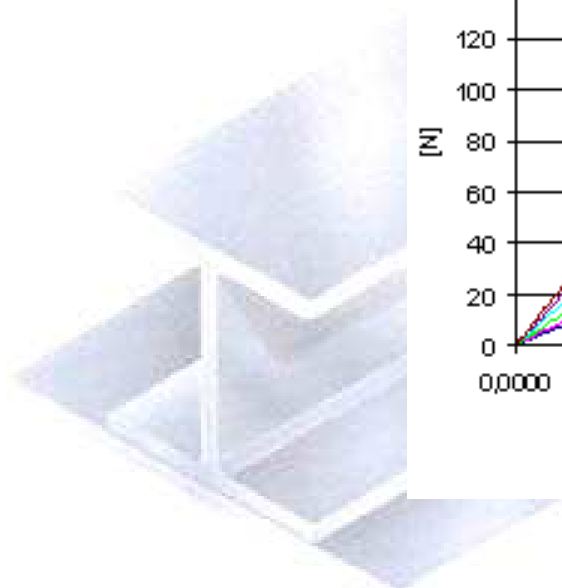
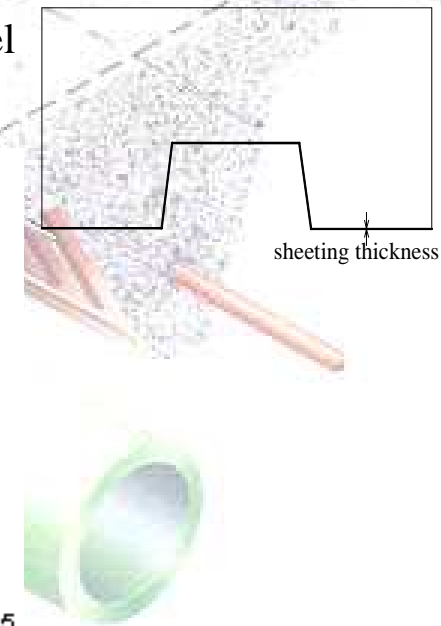
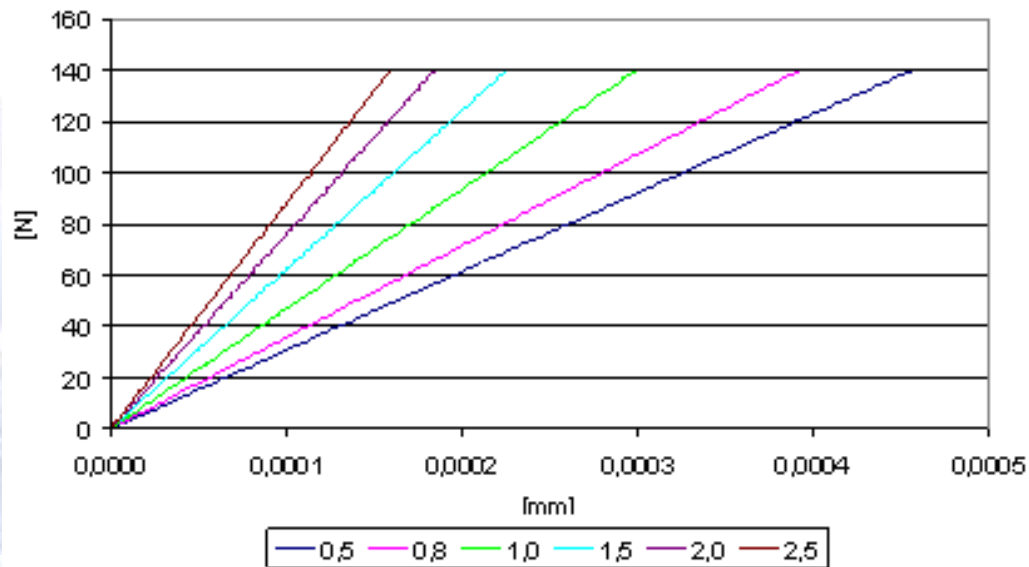


Hossz [mm]	Teher a lineáris szakasz végén [kN]	Teherbírás [kN]
15	0.3649	3.604
17.5	0.4054	4.054
20	0.4257	3.812
21	0.4340	4.055
22.5	0.4440	3.925
30	0.5292	3.936

Nyírási fogak lokális modelljei

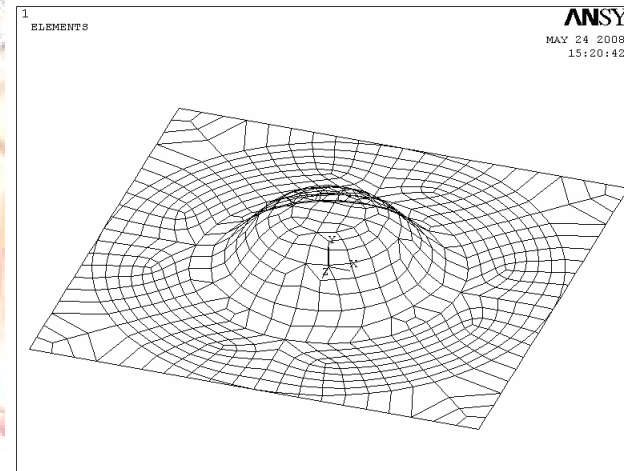
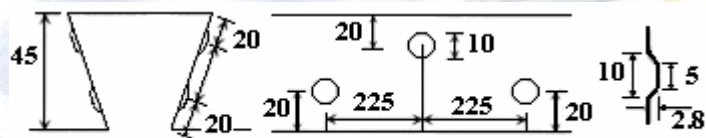
- Lemezvastagság hatása

- Kezdeti merevség növekedés a lemezvastagság növekedésével



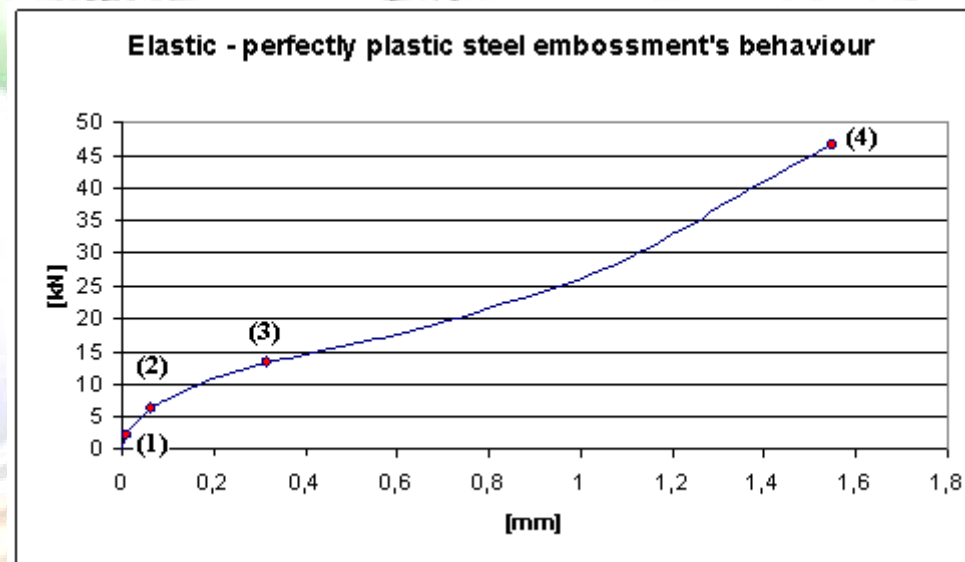
Nyírási fogak lokális modelljei

- Pontosított lokális modell
 - Alap viselkedési módok meghatározása a fiktív modell alapján
 - Pontosítás → új fogazási típus
 - Modell kialakítása ugyanolyan, mint a fiktív modell

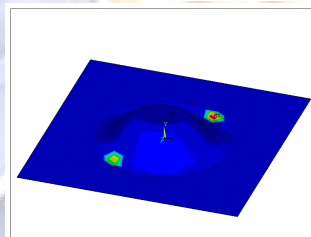


Nyírási fogak lokális modelljei

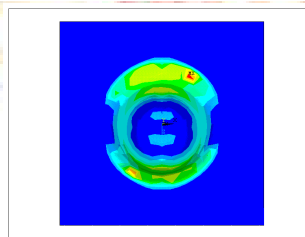
- Acél nyírási fog viselkedése



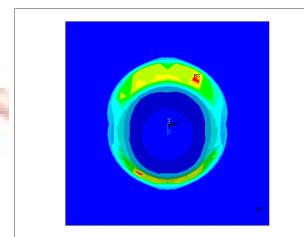
Képlékeny zónák:



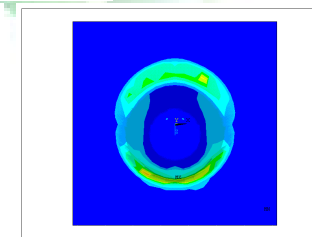
(1) Első folyás



(2) Képlékeny zóna a fog tetején



(3) Átrendeződés
– a fog teteje tehermentesül

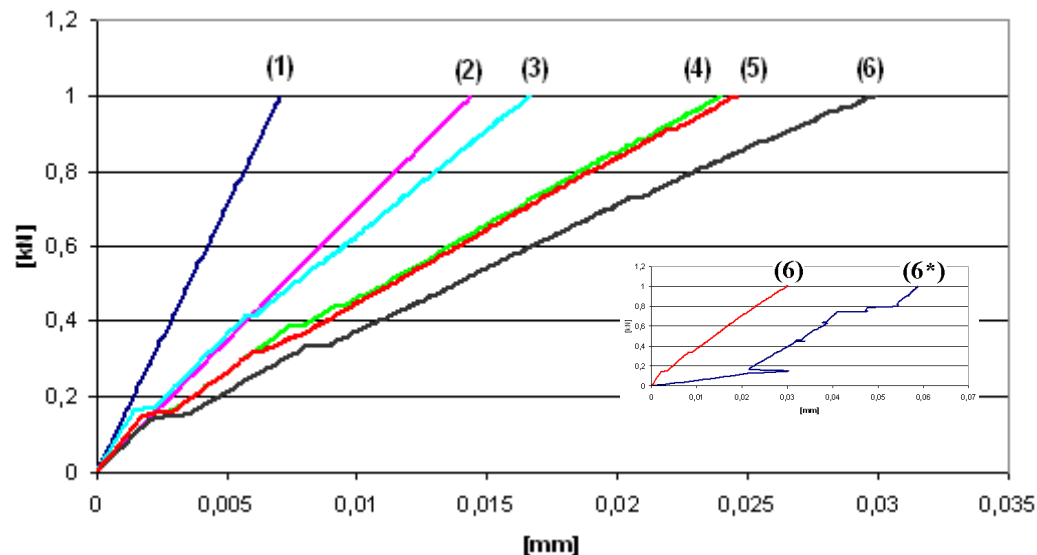


(4) Végállapot

Nyírási fogak lokális modelljei

- „Lépésről lépésre”

- modellezési folyamat, modellezési problémák:



(1) Lin. rugalmas acél tulajdonság az egész modellre

(2) Lin. rugalmas acél és beton

(3) Nem morzsolódó beton, nyírásátadódási együtthető = 1,0

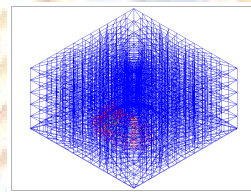
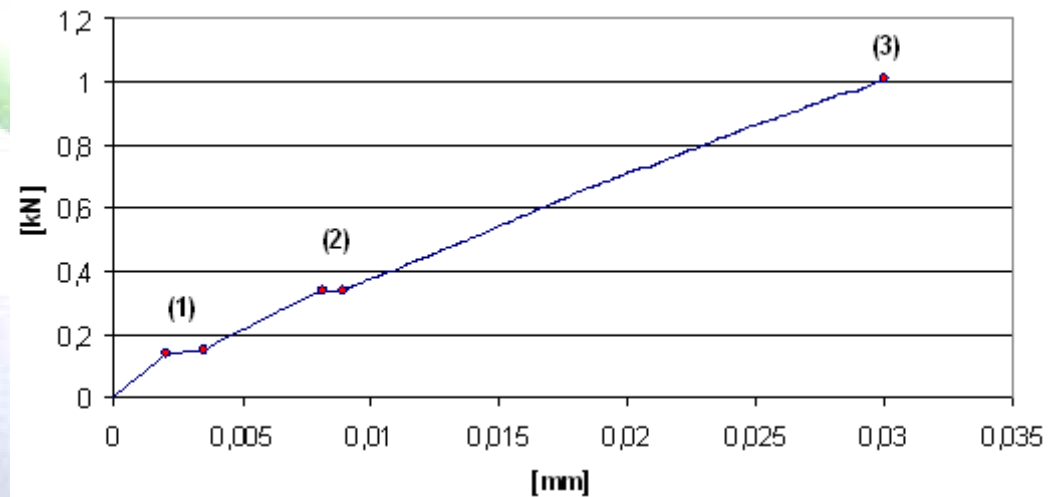
(4) Nem morzsolódó beton, nyírásátadódási együtthető = 0,3

(5) Morzsolódó beton, nyírásátadódási együtthető = 0,3

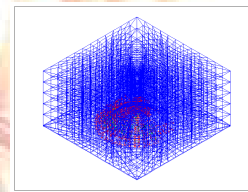
(6) + acél nemlineáris tulajdonsága
→ szimmetrikus kontaktfelület

Nyírási fogak lokális modelljei

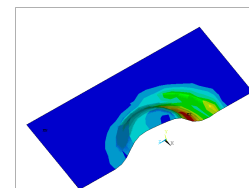
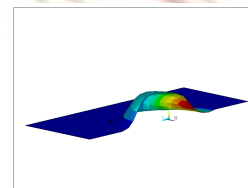
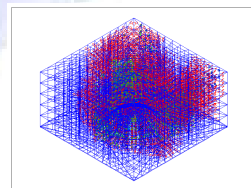
- Pontosított lokális modell



(1) Első repedés



(2) Repedésterjedés

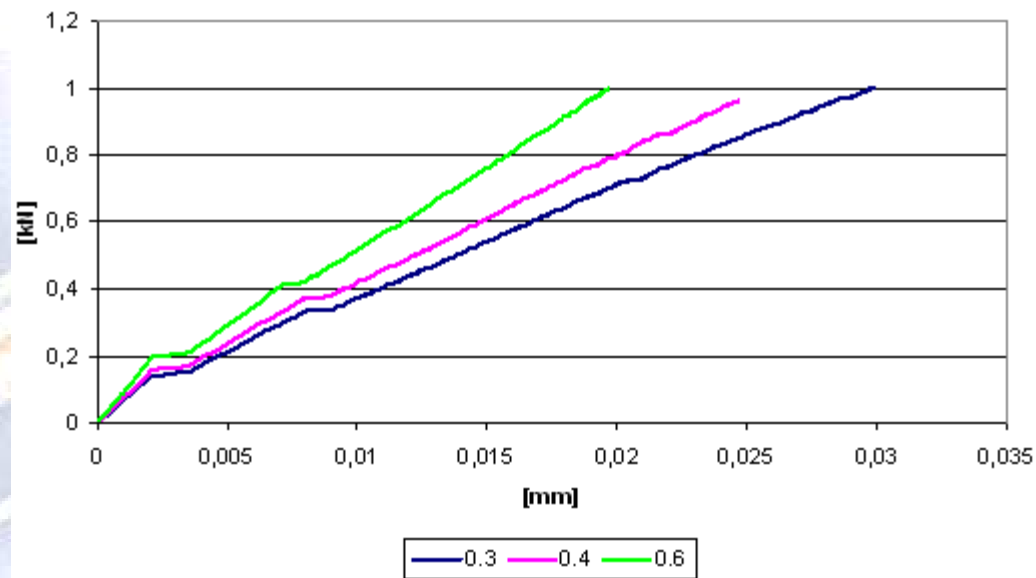


(3) Végállapot: repedéskép, lemez-deformáció és feszültségeloszlás

Nyírási fogak lokális modelljei

- Súrlódási együttható hatása

- A súrlódási együttható növelésével nő a kezdeti merevség



Összegzés

- Új kísérleti kialakítás az együttdolgoztató kapcsolat vizsgálatára
 - Tönkremeneteli módok tendenciái meghatározható → numerikus vizsgálat
- Megfelelő beton és vasbeton modell
- Lokális modell a nyírási fogakra
 - Alap viselkedési módok
 - Paraméteres vizsgálat ↔ szakirodalmi kísérletsorozat

A magasság és hosszvizsgálat eredményeiben ellentmondás

↓
Kísérlet ↔ hagyományos kiselemes kinyomó próbatest

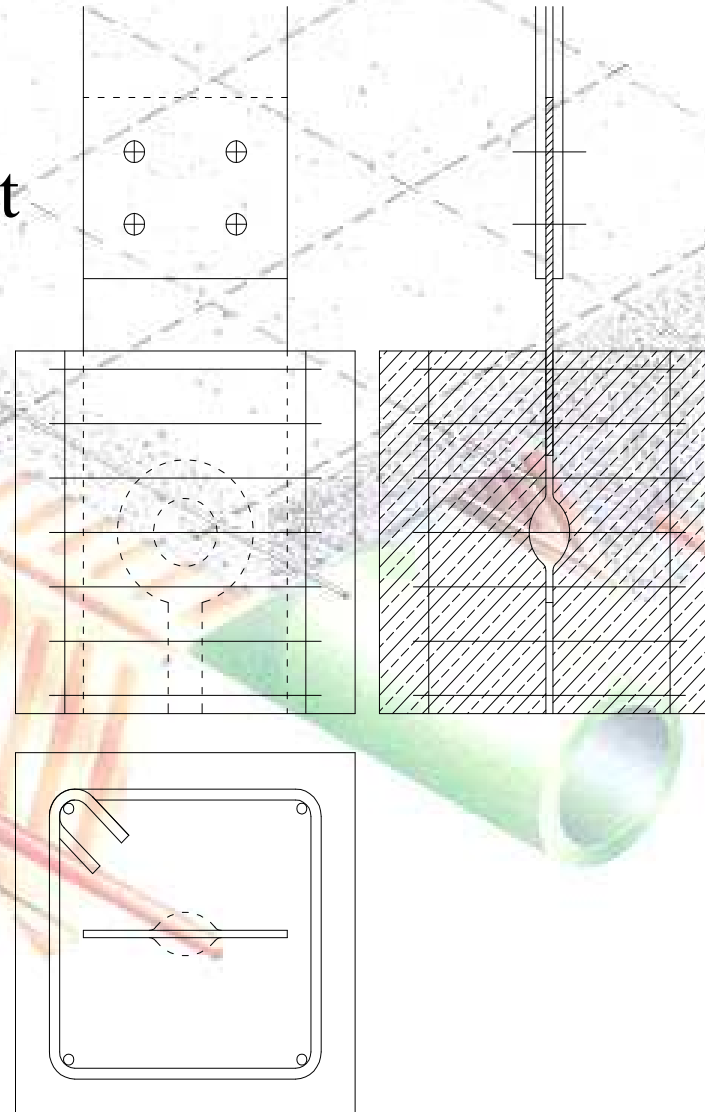
Új laboratóriumi vizsgálat szükségessége az eredmények igazolásához

↓
Kiindulási kísérletsorozat a lokális modellek kalibrálásához

Kiindulási kísérletsorozat

- Speciális kihúzó vizsgálat

- 20x20x20 VB kocka
- Bebetonozott acéllemez



Köszönöm a figyelmet

