



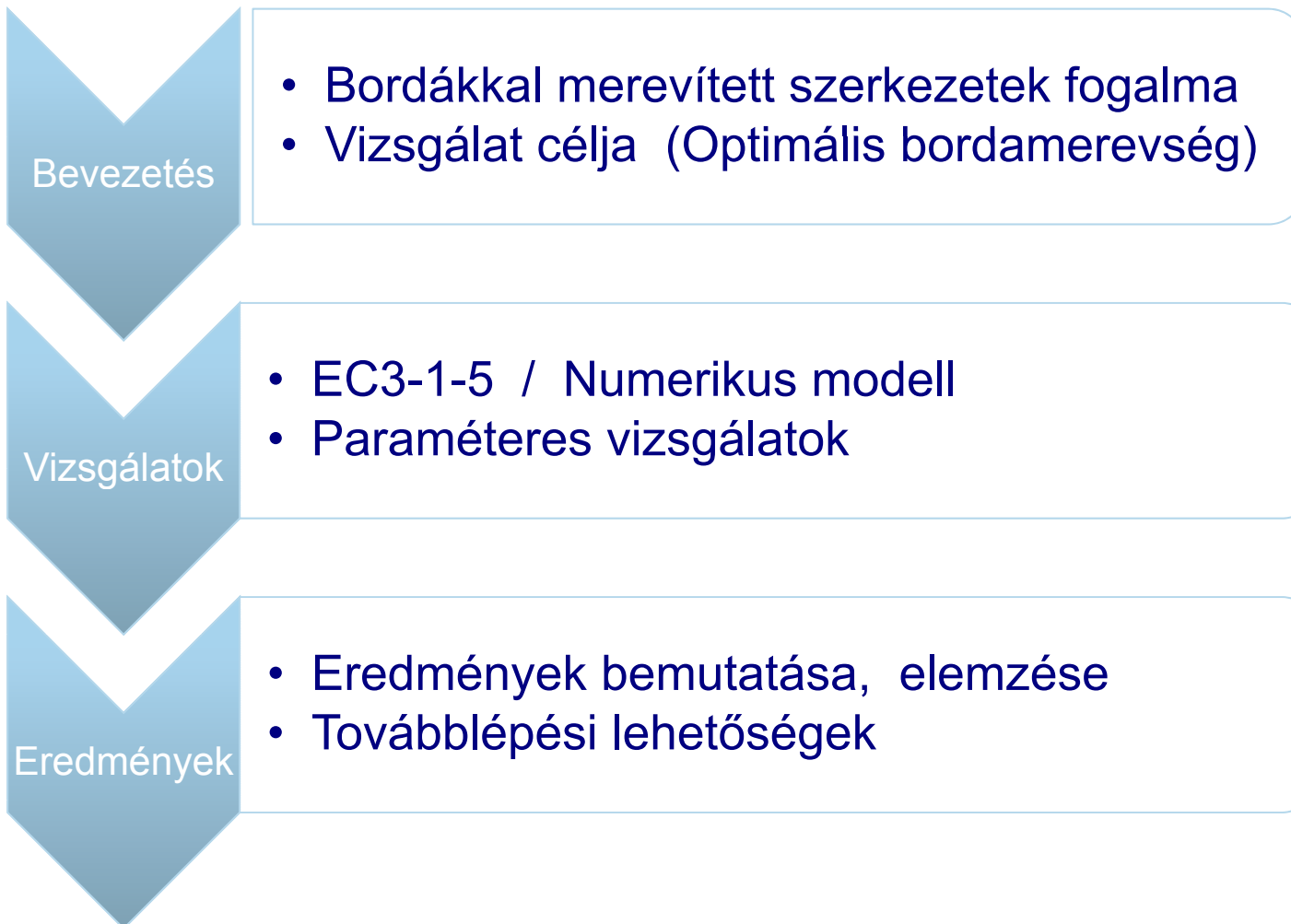
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Hidak és Szerkezetek Tanszék

Bordákkal merevített, nyomott lemezek optimális bordaméretének vizsgálata nemlineáris analízis alapján

Simon József
Kemenczés András
Dr. Vigh László Gergely

XI. ANSYS Konferencia – Sósút - 2012.04.19.

Tartalom



Bevezető

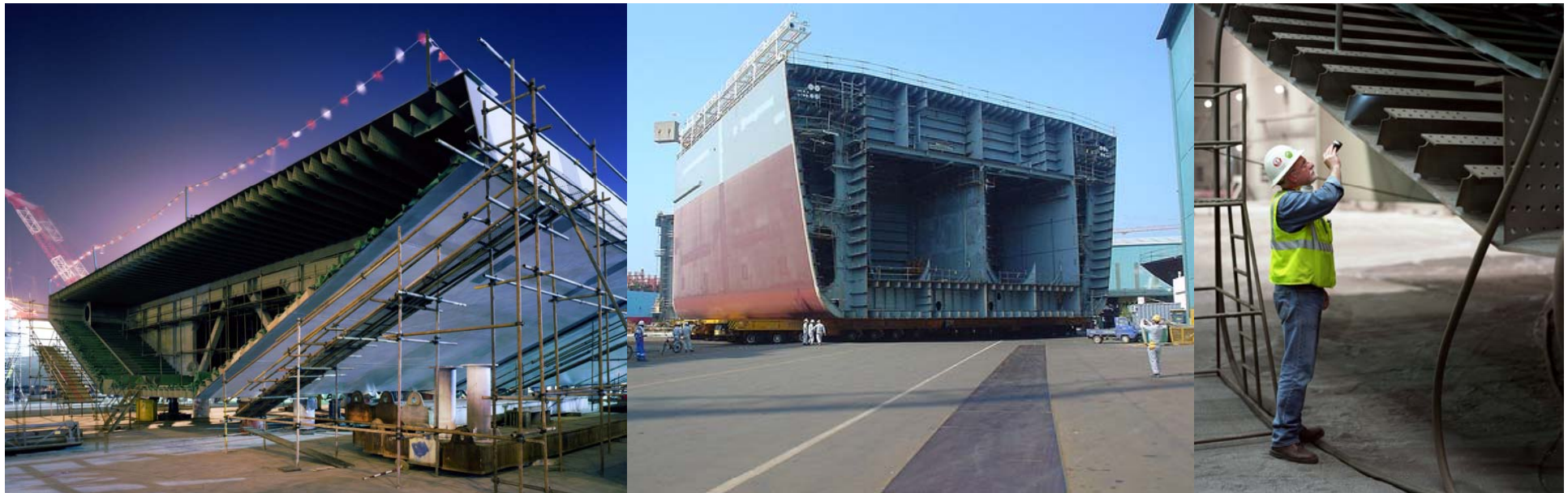
Merevített lemezek

Vékonyfalú szerkezetek

Teherbírási/Anyagfelhasználás (+)
Stabilitási probléma (-)

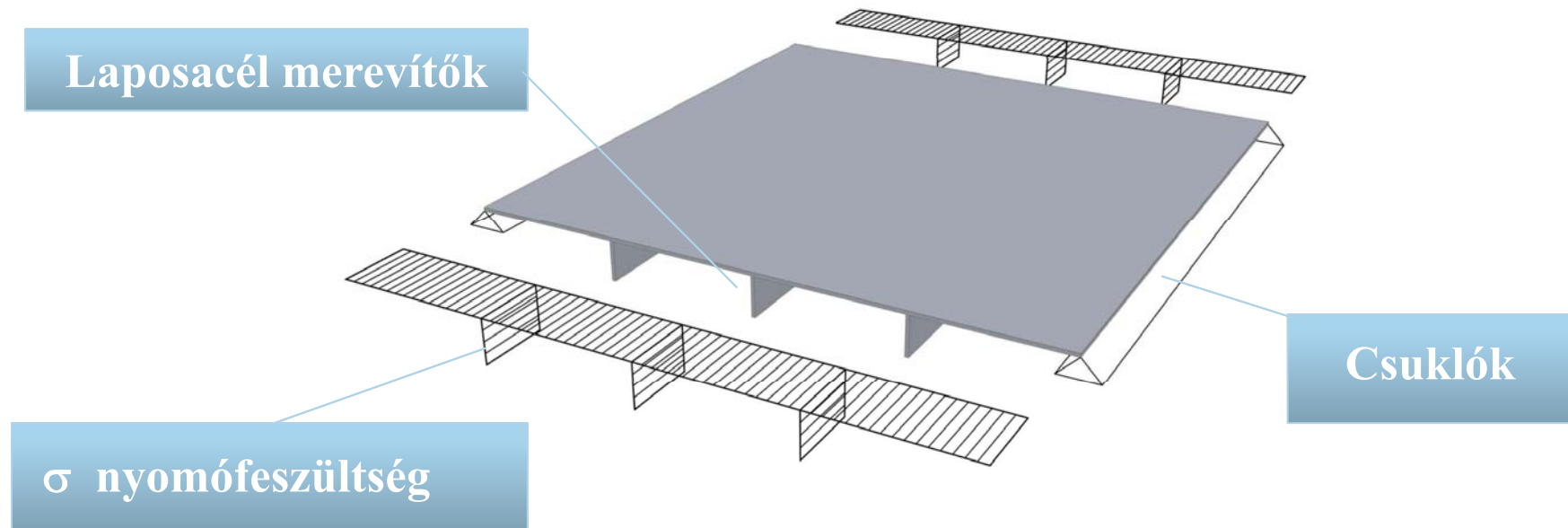
Teherbírási, tönkremenetel

Merevségi viszonyok



Vizsgálatok célja

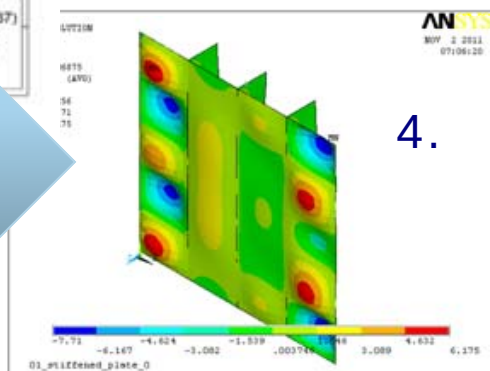
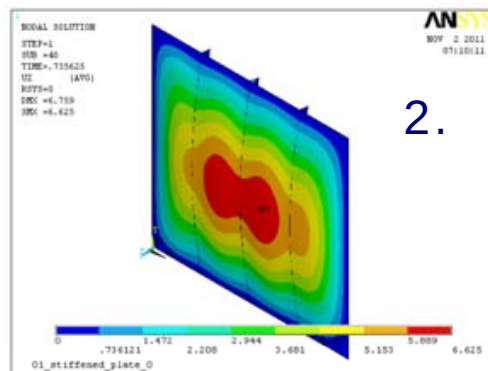
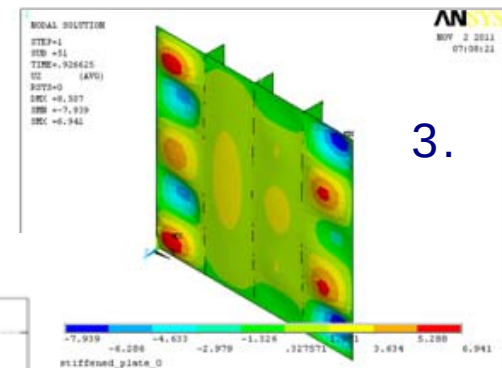
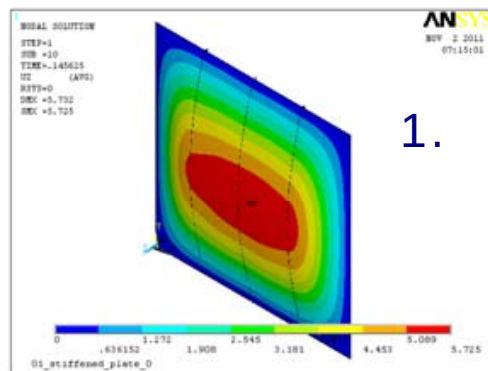
Hosszbordákkal merevített lemez, tiszta nyomás.



Merevségi paraméterek:

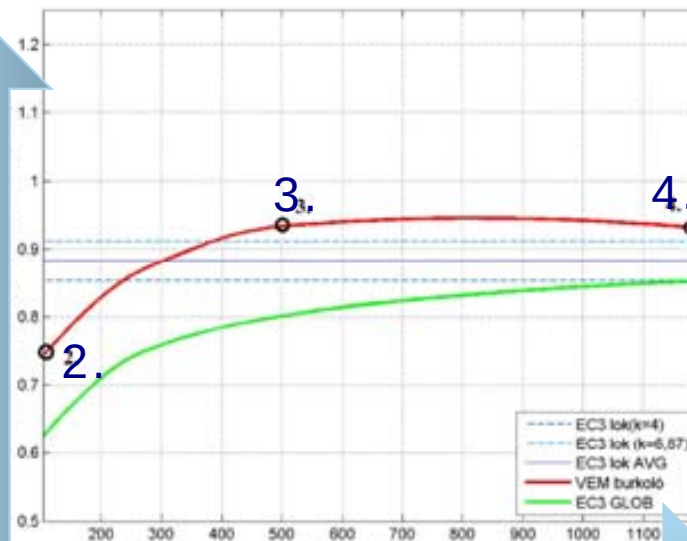
$$\gamma = \frac{EI_y}{D_p b}; \quad \delta = \frac{A_x}{bt_p}; \quad D_p = \frac{Et_p^3}{12(1 - \nu^2)};$$

Optimális borda geometria



Teherbírás

Gamma - Ro, Alfa=1 $N_s=3$ Bsub/t=75 Delta=1.5



Bordamerevség

Optimális bordamerevség számítása

Kritikus feszültségek alapján

- $$\gamma_c^* = \frac{1}{n_s + 1} \left[\frac{\alpha^2}{m_{ov}} \left(4(n_s + 1)^2 (1 + \delta(n_s + 1)) - 2 - \frac{\alpha^2}{m_{ov}} \right) - 1 \right]$$
- Perfekt geometria, lineárisan rugalmas anyagmodell
- Közvetlenül tervezésre nem alkalmazható

Teherbírási alapján

- Posztkritikus viselkedés modellezése
- Imperfekciók, nemlineáris, képlékeny anyagmodell
- Tervezésre közvetlenül alkalmazható

Teherbírási számítása az EC3-1-5 alapján

Effektív keresztmetszet módszer

Figyelembe veszi a lokális és globális horpadást, valamint azok interakcióját.

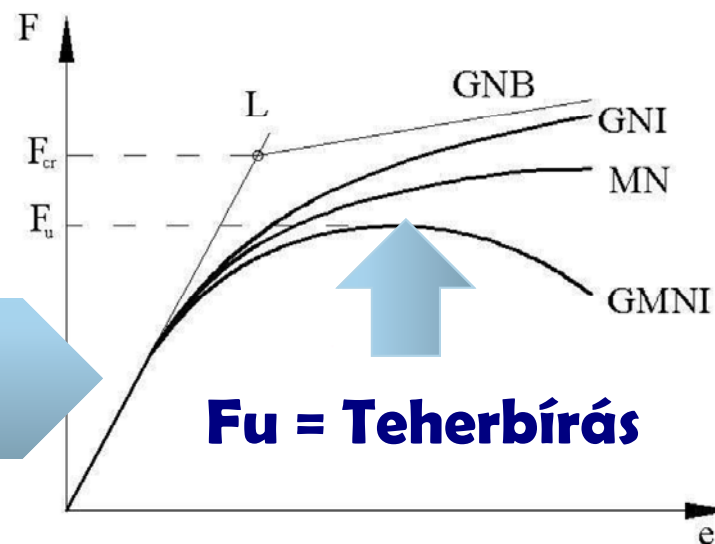
Stabilitási tönkremenetelek az EC3-1-5 szerint

Lokális	Globális	Merevítő
Alpanel horpadása két merevítő között	- Lemezszerű és - Oszlopszerű viselkedés - Interakció	- Torzulásos horpadás - Szerkesztési szabályok - Kerüljük el!

Vizsgálatok

Numerikus modell 1 – Modellezés lehetőségei

Modellszintek az EC3-1-5 Annex C szerint :



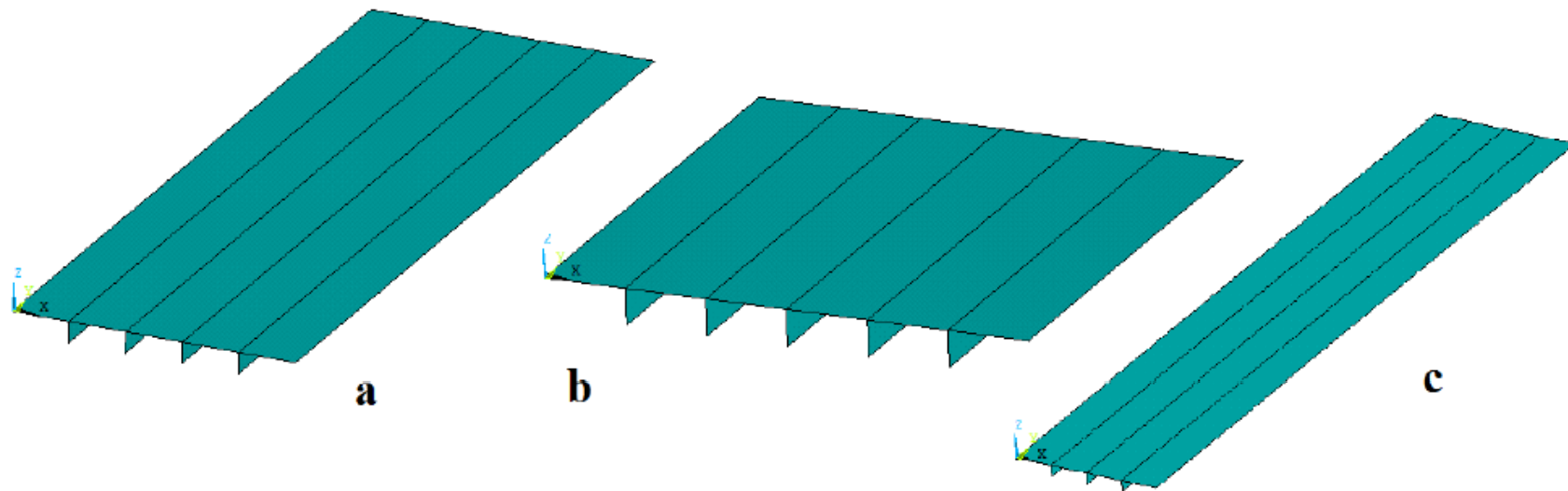
No	Anyagi viselkedés	Geometriai viselkedés	Imperfekciók	Példa az alkalmazásra
1	lineáris	lineáris	nem	rugalmas "shear lag" hatás, rugalmas teherbírás (L)
2	nem lineáris	lineáris	nem	képlékeny teherbírás TBH-ban (MN)
3	lineáris	nem lineáris	nem	kritikus feszültség (GNB)
4	lineáris	nem lineáris	igen	rugalmas lemezhorpadási ellenállás (GNI)
5	nem lineáris	nem lineáris	igen	rugalmas-képlékeny ellenállás TBH-ban (GMNI)

Numerikus modell 2 – Geometriai modell

Egyszerű felületszerkezeti modell.

Teljesen paraméteres :

- a lemez terhelési irányra merőleges mérete (b)
- a lemez terhelési iránnyal párhuzamos mérete (a)
- a lemez vastagsága (t_p)
- a laposacél bordák száma (n_s)
- a laposacél bordák magassága (b_s)
- a laposacél bordák vastagsága (t_s)



a) $\alpha = 3 ; n_s = 4$

b) $\alpha = 1 ; n_s = 5$

c) $\alpha = 5 ; n_s = 3$

Numerikus modell 3 – Imperfekciók felvétele

I. Módszer – helyettesítő terhekkel

- Megfelelő helyettesítő terhek felvétele
- Statikai analízis
- Deformálódott alakok megfelelő nagyítással egymásra halmozva
- Lassú a szükséges statikai analízis miatt
- Nehéz az alakokat tetszőlegesen kombinálni

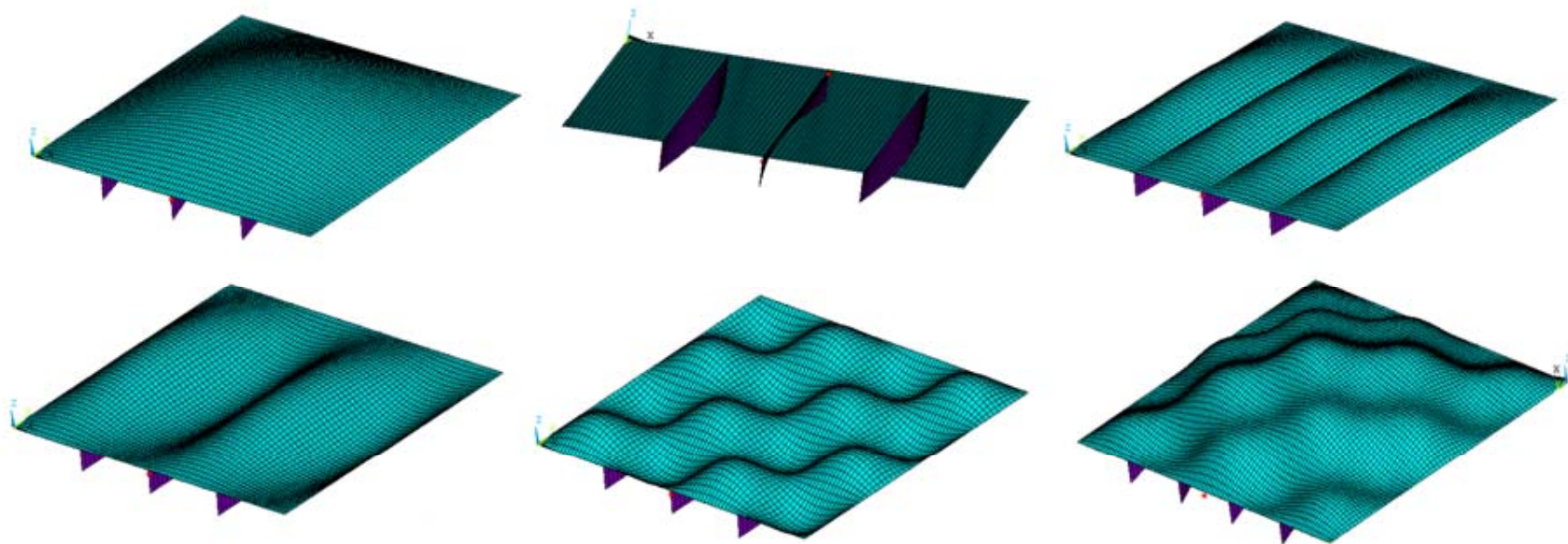
II. Módszer – imperfekt geometria definiálása

- Imperfekciók matematikai felületként definiálva
- Perfekt modellen a csomópontok koordinátájának lekérdezése
- A koordináta függvényében az imperfekt alak felvétele
- Nincs statikai analízis
- Gyorsabb
- Tetszőleges matematikai felületet vehetünk fel egyszerűen

Numerikus modell 3 – Imperfekciók felvétele

$$z(x, y) = W_{lok} \sin\left(\frac{[ns + 1] \pi}{b} x\right) \sin\left(\frac{h \pi}{a} y\right) \quad z(x, y) = W_{glob} \sin\left(\frac{x\pi}{b}\right) \sin\left(\frac{y\pi}{a}\right)$$

$$x(y, z) = W_{borda} \frac{z}{b_s} \sin\left(\frac{\pi}{a} y\right)$$



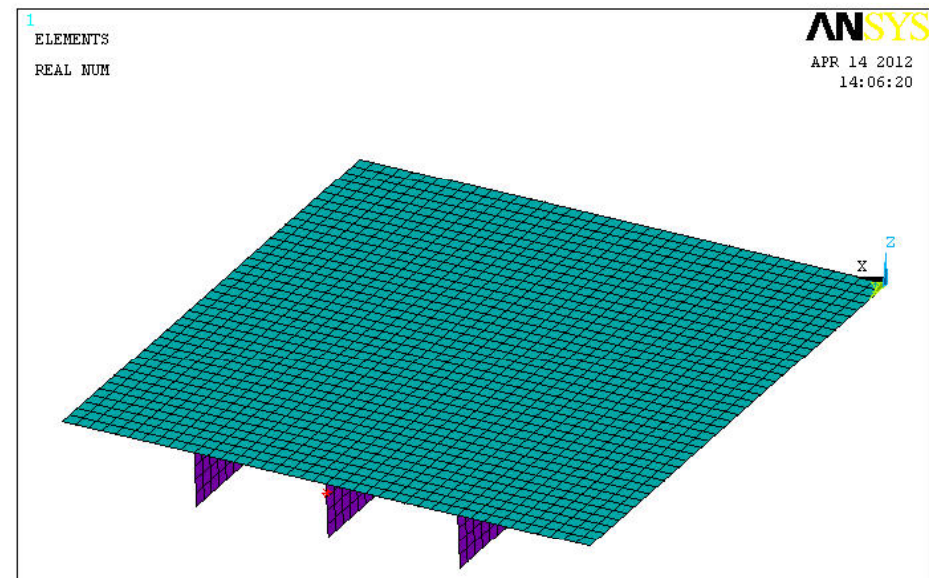
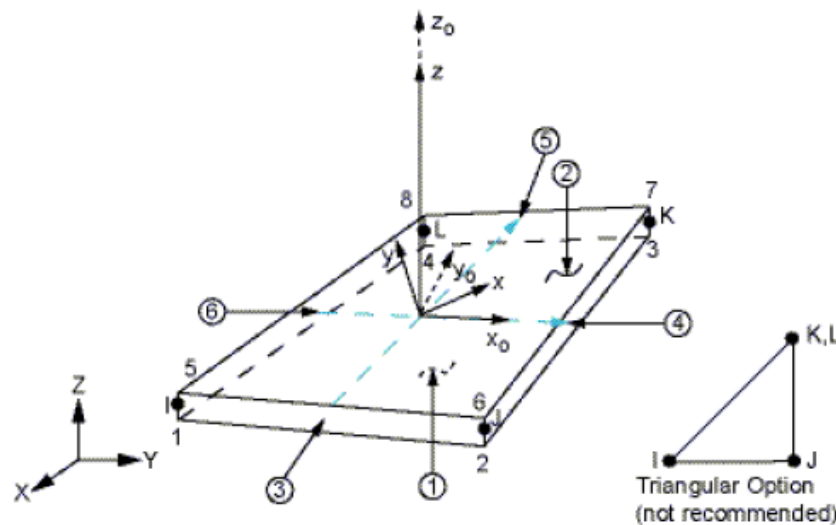
Numerikus modell 4 – Végelem háló

SHELL 181 héj elem

- 4 csp, 6-6 szabadságfok
- Kifejezetten nemlineáris vizsgálatokhoz
- Reissner-Mindlin-féle lineáris nyírési modell

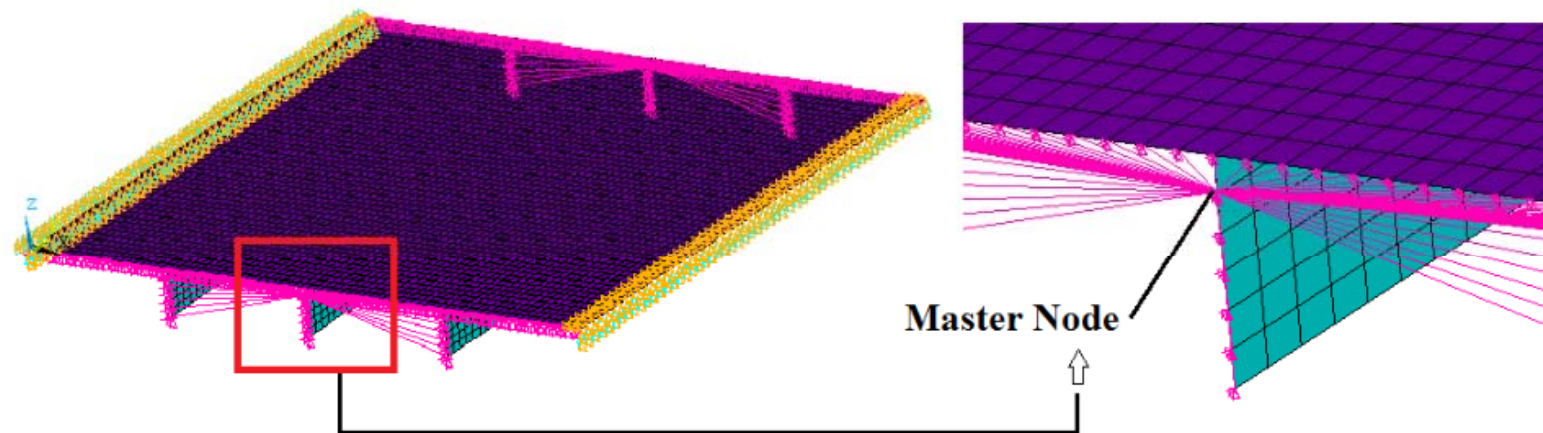
Hálógenerálás

- Szabályos (Mapped) négyszögháló



Numerikus modell 5 – Megtámasztások

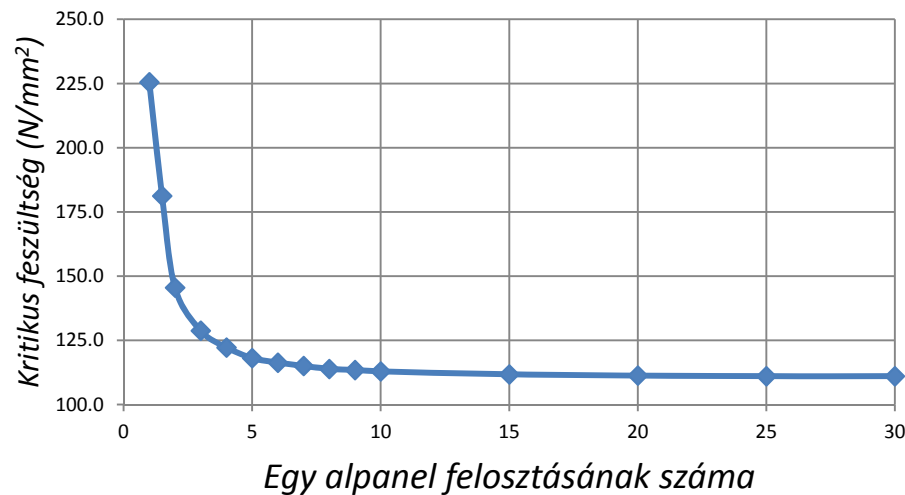
- Körben csuklós megtámasztás
- Kontrakció terhelési irányra merőlegesen megengedett
- Terhelt végeken merev tárcsa (CERIG)
- Iránytartó erő alkalmazása



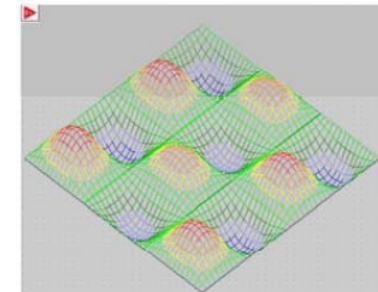
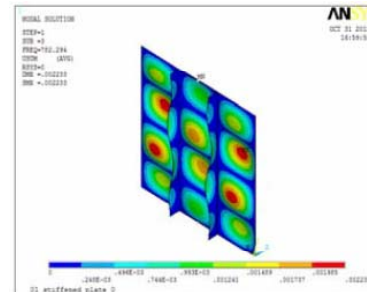
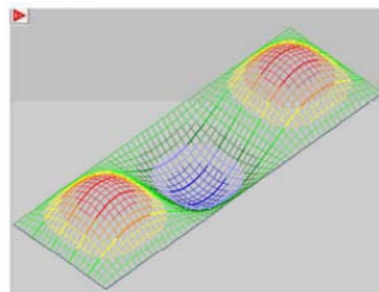
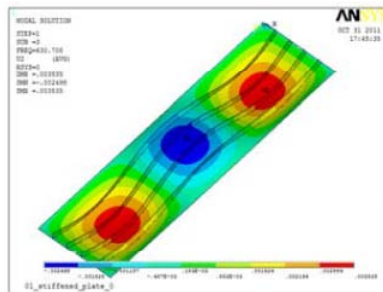
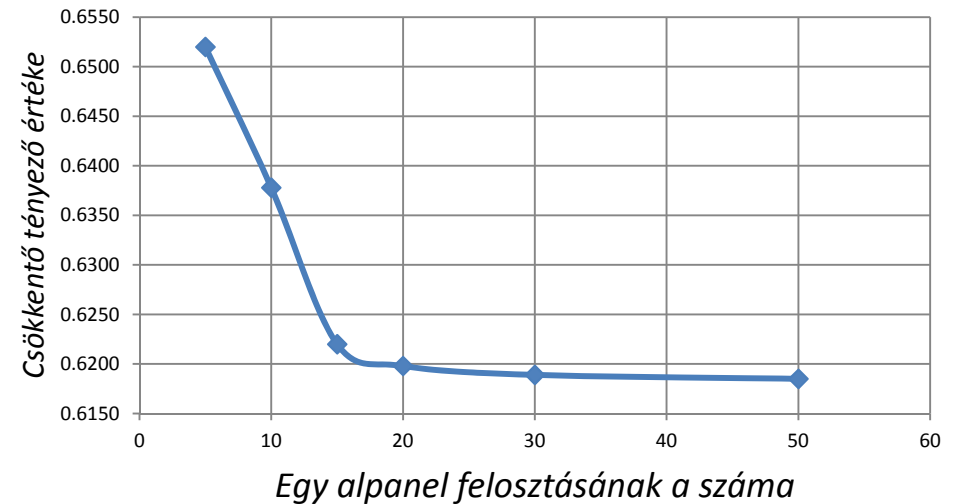
Numerikus modell 7 – Konvergenciavizsgálat

- Kritikus feszültségek alapján (összehasonlítás : analitikus, EBPlate)
- Teherbírási értékek alapján

A kritikus feszültség változása a felosztás függvényében

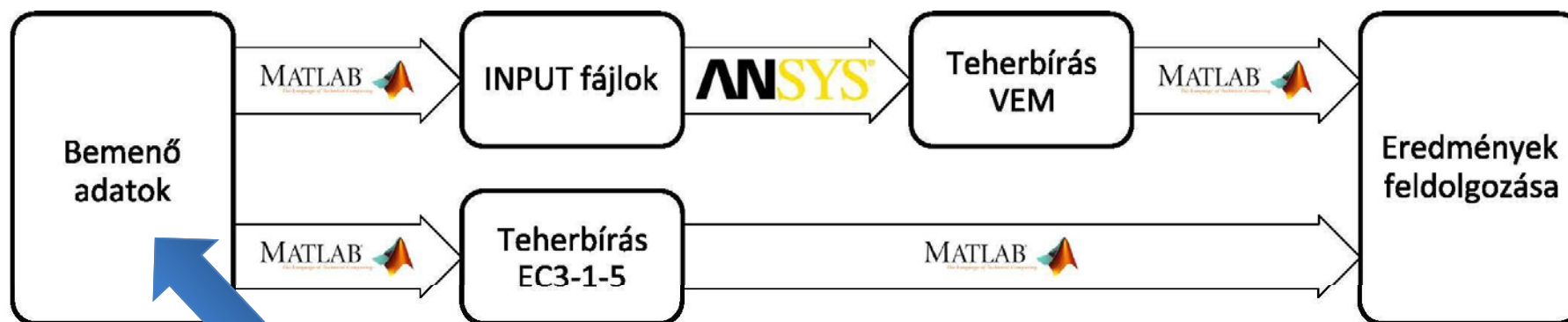


Teherbírási csökkentő tényező változása a felosztás függvényében



Paraméteres vizsgálatok

Automatizált számítás



Paraméterek	
b	4000
α	0.5, 1.0, 1.5, 2.0
ns	3,4,5
tp	10, 15, 20, 40
bs,ts	10 eset

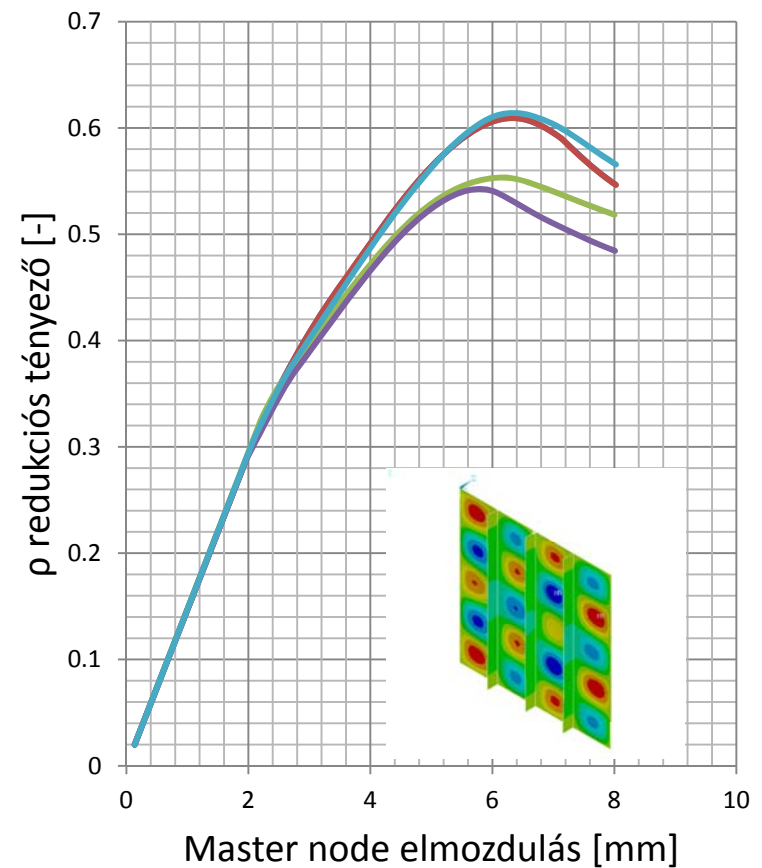
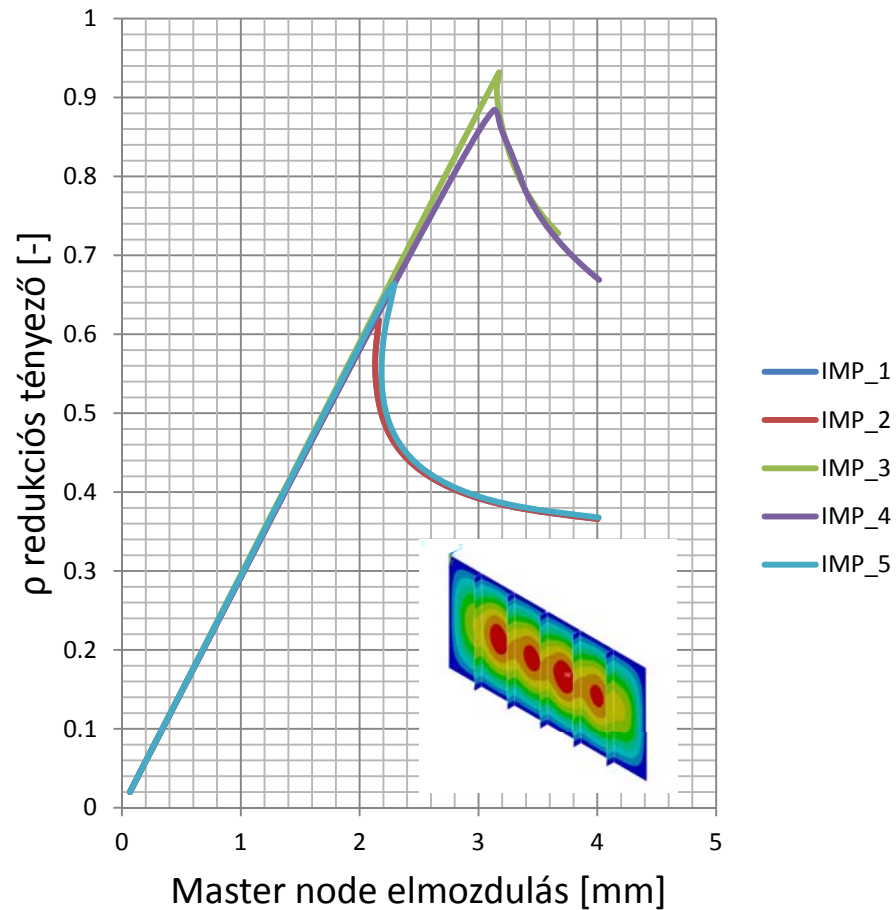


**1440
eset**

Eredmények

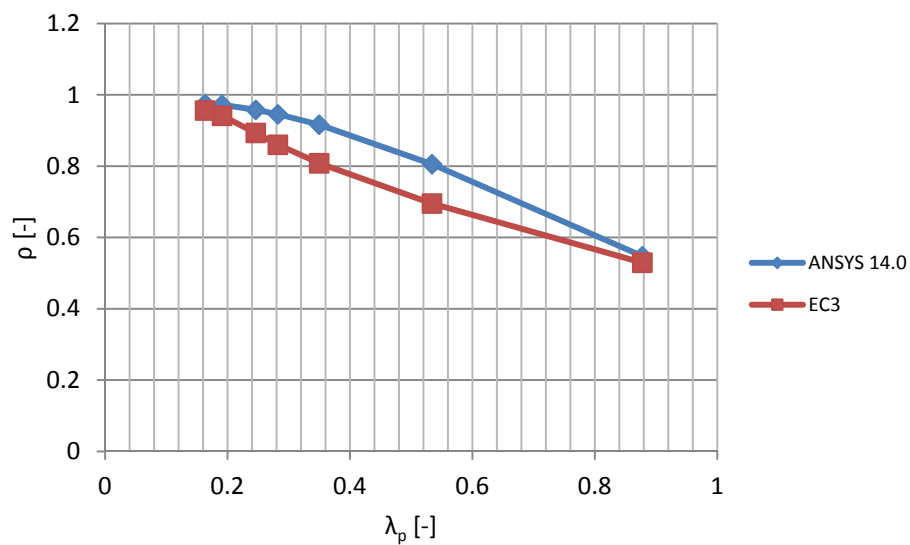
Eredmények 1

- Különböző imperfekciókra való érzékenység
- Rúdszerű és lemezszerű posztkritikus viselkedés

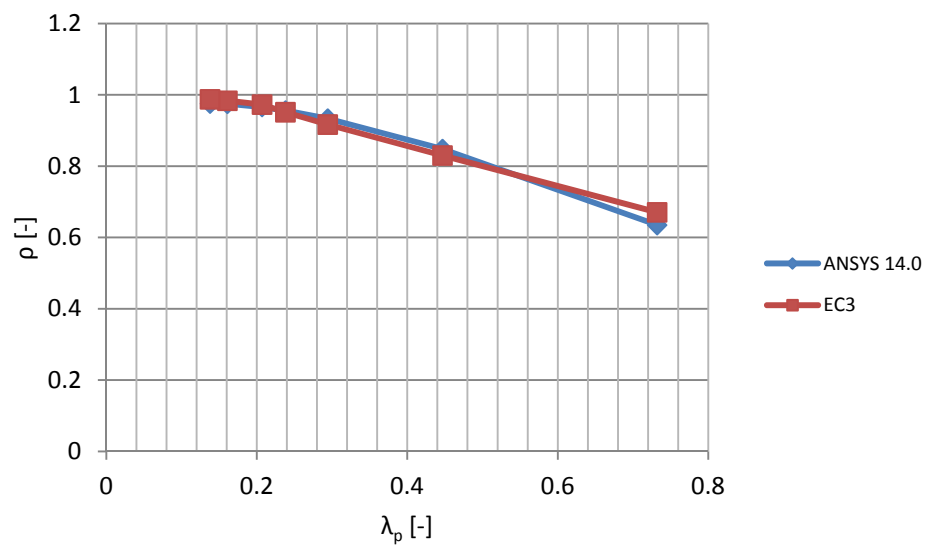


Eredmények 2

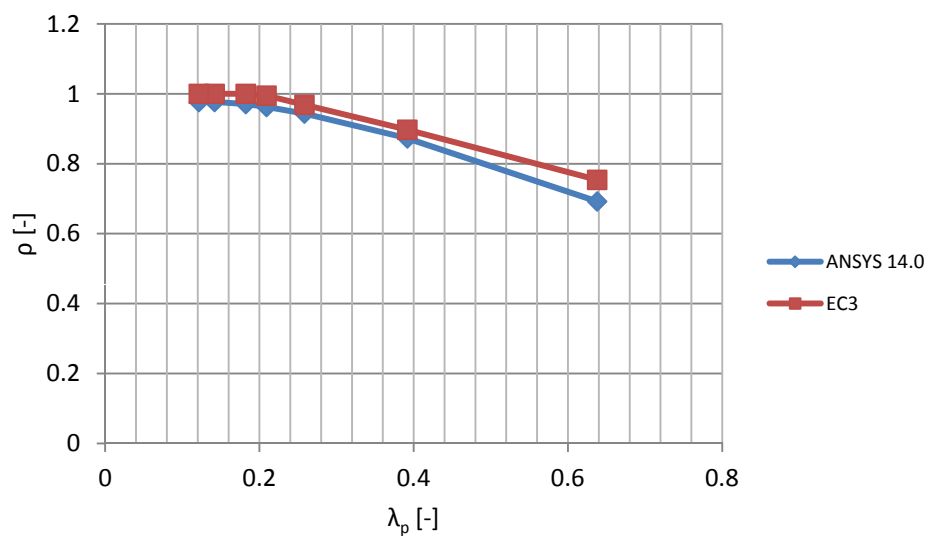
ρ csökkentő tényező – lemezkarcsúság



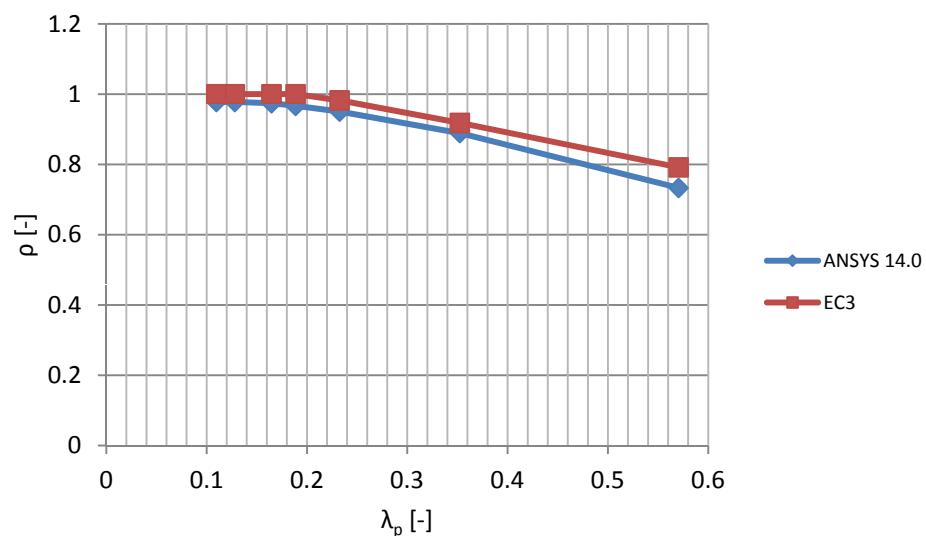
ρ csökkentő tényező – lemezkarcsúság



ρ csökkentő tényező – lemezkarcsúság

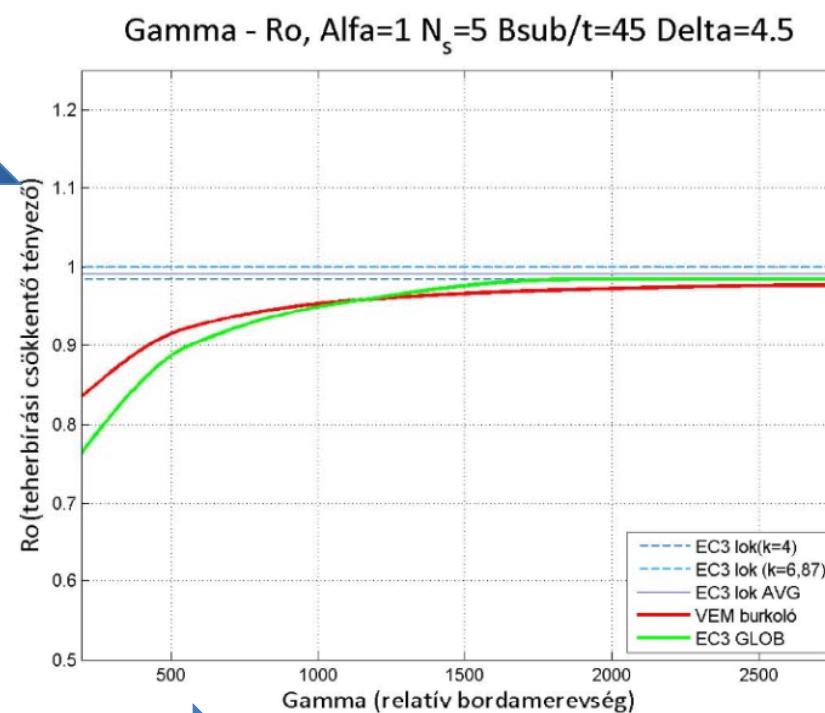
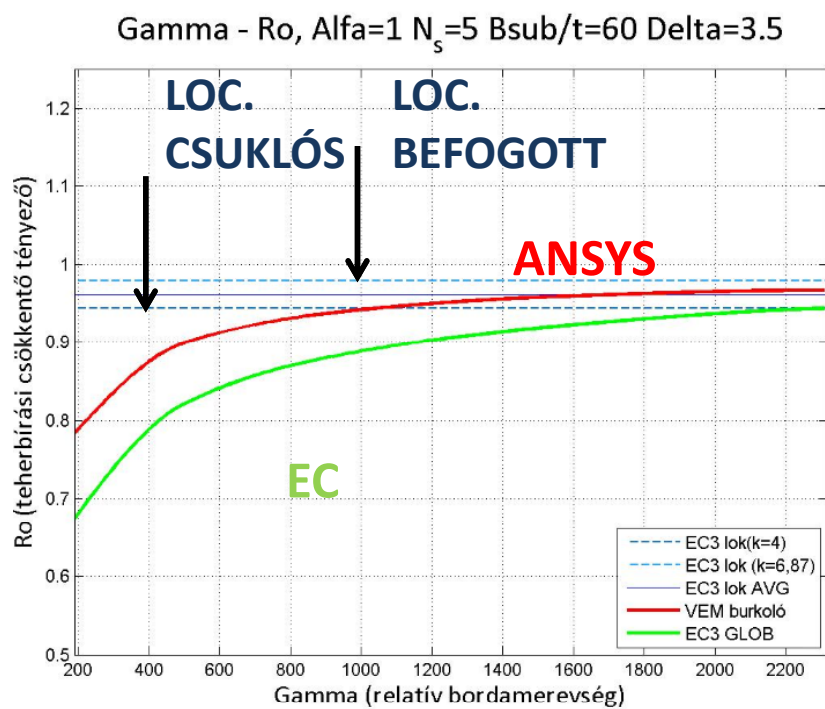


ρ csökkentő tényező – lemezkarcsúság



Eredmények 3

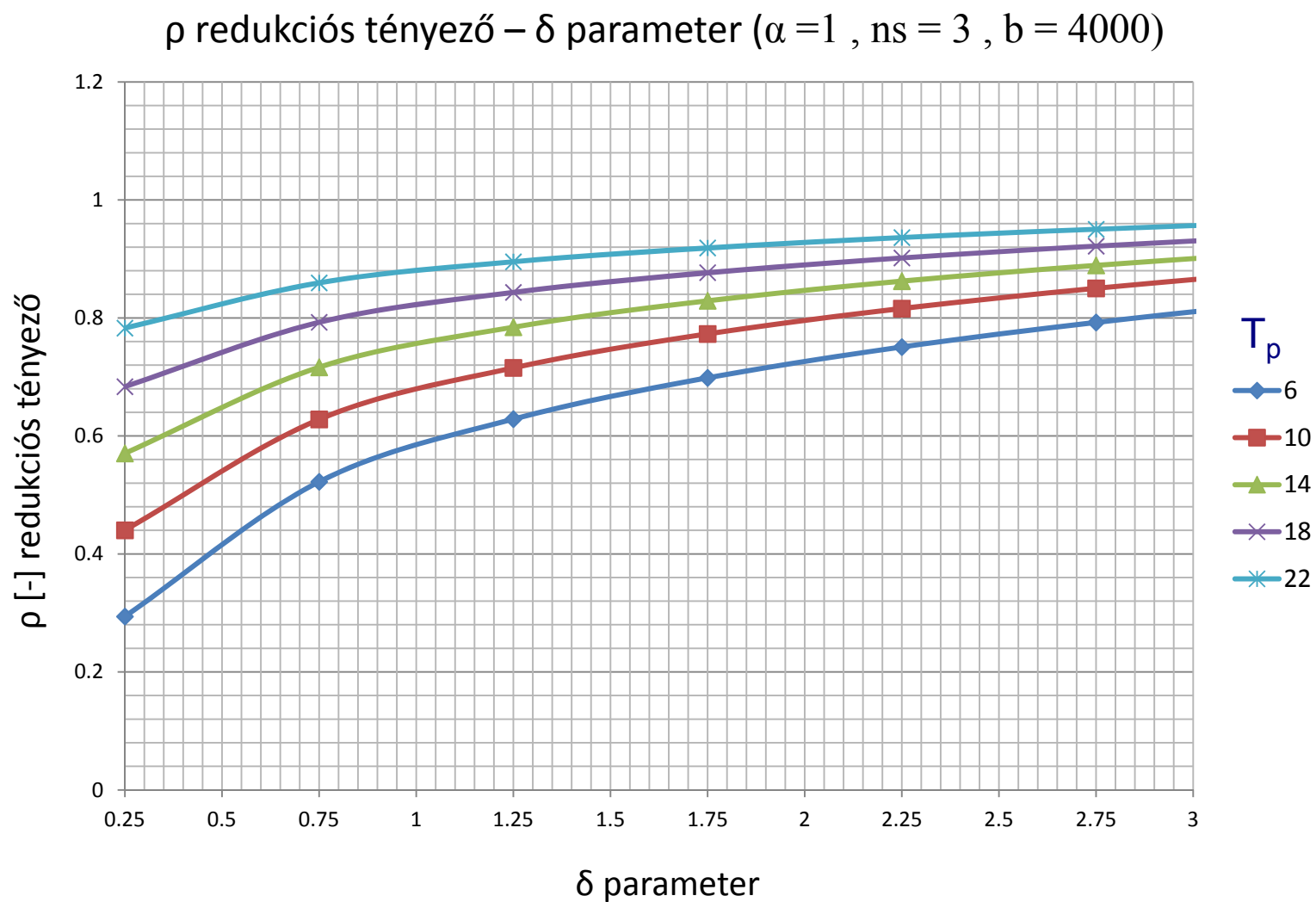
Karcsú és zömökebb lemezek vizsgálata



ρ

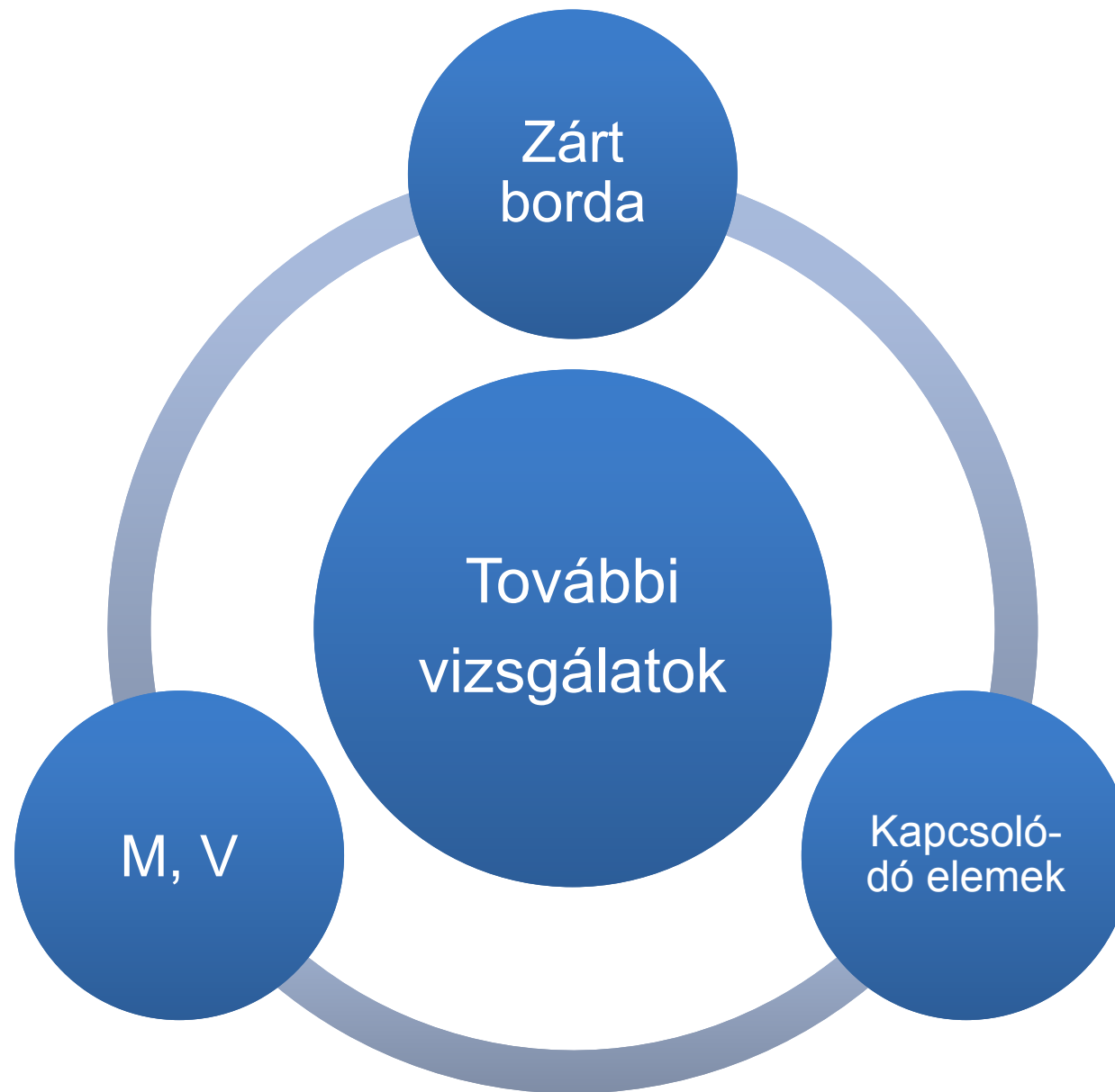
Bordamerevség

Eredmények 4



Összefoglalás

- Tisztán nyomott, hosszbordákkal merevített lemezek vizsgálata
 - Komplex numerikus modell
 - Imperfekciók kezelése
 - Megoldó érzékenysége a GMNI analízisre
 - Teherbírasi értékek meghatározása különböző kialakításokra
-
- Tisztán lokális horpadás gyakorlati esetekben nem megvalósítható
 - Teherbírasi görbék előállítása
 - A görbék közvetlenül tervezésre alkalmazhatóak



Köszönöm a figyelmet!

Köszönetnyilvánítás :

*A kutatás az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002
projekt támogatásával készülhetett el.*