

Trapézlemez gerincű tartók beroppanásvizsgálata



Témavezető: Dr. Dunai László

Készítette: Kövesdi Balázs

Bevezetés

- Korábbi eredmények rövid áttekintése
- Kísérletek bemutatása és értékelése
- Új kutatási irányok megfogalmazása
 - Hajlítás és beroppanás interakciójának vizsgálata
 - Végeselem alapú méretezési eljárás kidolgozása
- Eddigi munka összegzése
- További kutatási irányok

Korábbi eredmények áttekintése

Beroppanásvizsgálat

Szakirodalmi háttér alapján



Numerikus modell kidolgozása



Paramétervizsgálat (teherbírást befolyásoló paraméterek meghatározása)



Analitikus méretezési eljárás kidolgozása

$$R = R_w + R_f =$$

$$\rho \cdot ss \cdot t_w \cdot f_{yw} \cdot k_\alpha + 2 \cdot \sqrt{4 \cdot M_{plf} \cdot \delta \cdot t_w \cdot f_{yw}}$$

Fáradásvizsgálat

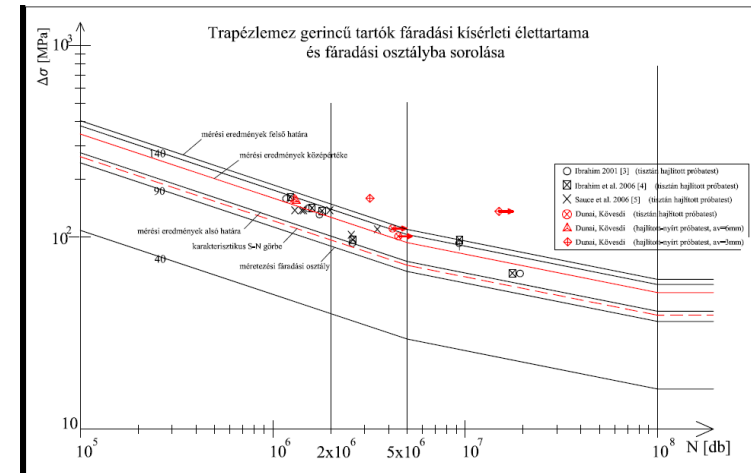
Szakirodalmi háttér alapján



Kísérleti program kidolgozása



1. Kísérletek értékelése
2. Szerkezeti részlet fáradási osztályba sorolása



Kísérletek bemutatása

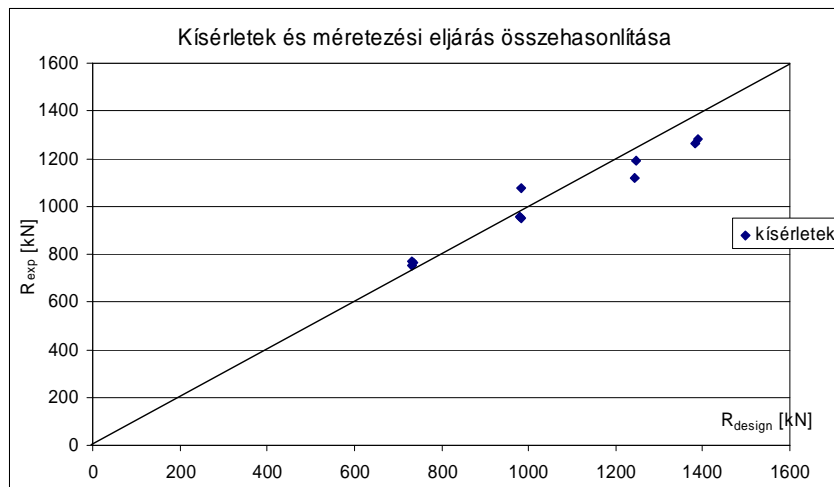
Kísérleti program: 12 próbatest

- Vizsgálati célok:
1. terhelt mező hatása (párhuzamos, ferde, kettő találkozása)
 2. erőbevezetési hossz hatása (90, 200, 380 mm)
 3. fesztáv hatása (1140, 1500, 1875 mm)
 4. övvastagság hatása (20, 30 mm)
 5. excentricitás hatása

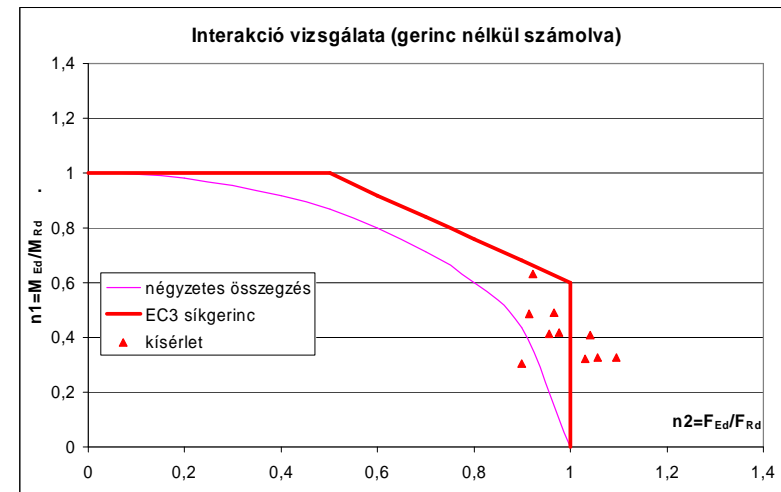


Kísérletek felhasználása, új kutatási irányok

1. Méretezési eljárás módosítása és igazolása



2. Beroppanás és hajlítás interakciója



3. Végeselem alapú méretezési eljárás kidolgozása

Helyettesítő geometriai imperfekció
felvételének kidolgozása

Beroppanás és hajlítás interakciója

EC3 ajánlása síkgerincű tartókra:

$$\eta_2 + 0,8 \cdot \eta_1 \leq 1,4$$

↓
Kísérletek azt mutatták, hogy trapézlemez gerincű tartókra nem, vagy csak korlátozottan használható.

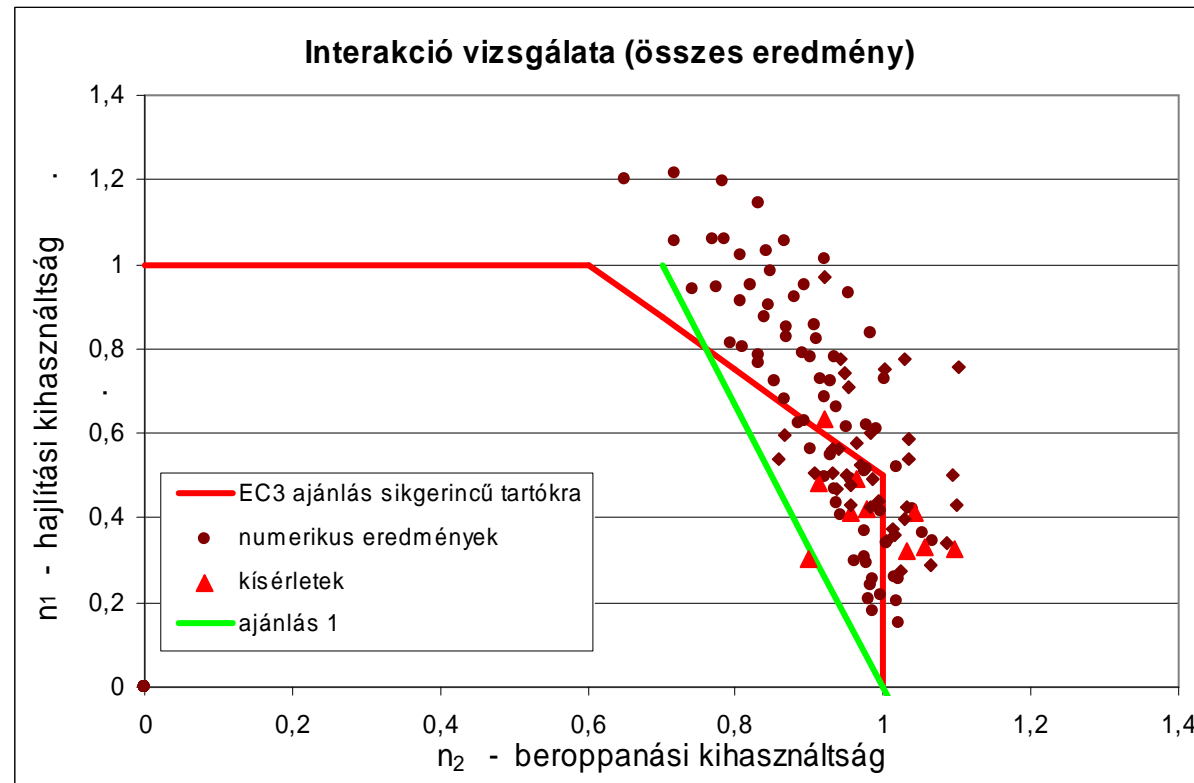
→
Cél: Új interakciós képlet kidolgozása trapézgerincű tartókra.

←
Kutatási stratégia: 1. Kísérletek felhasználásával és
2. nagyszámú numerikus paramétervizsgálattal az interakció vizsgálata

↓
Új görbe meghatározása

Beroppanás és hajlítás interakciója

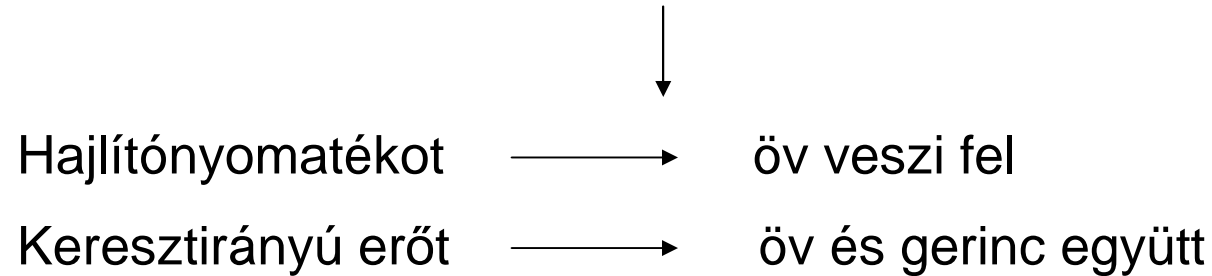
Numerikus eredmények kiértékelése



1. ajánlás új interakciós képletre: $\eta_2 + 0.3 \cdot \eta_1 \leq 1,0$

Beroppanás és hajlítás interakciója

Az 1. ajánlás bizonyos esetekben gazdaságtalan tervezéshez vezethet.



1. Öv ellenállása dominál



Hajlítás és beroppanás interakciója
jelentős teherbírás-csökkenést
eredményez.



1. ajánlás alkalmazható

2. Gerinc ellenállása dominál



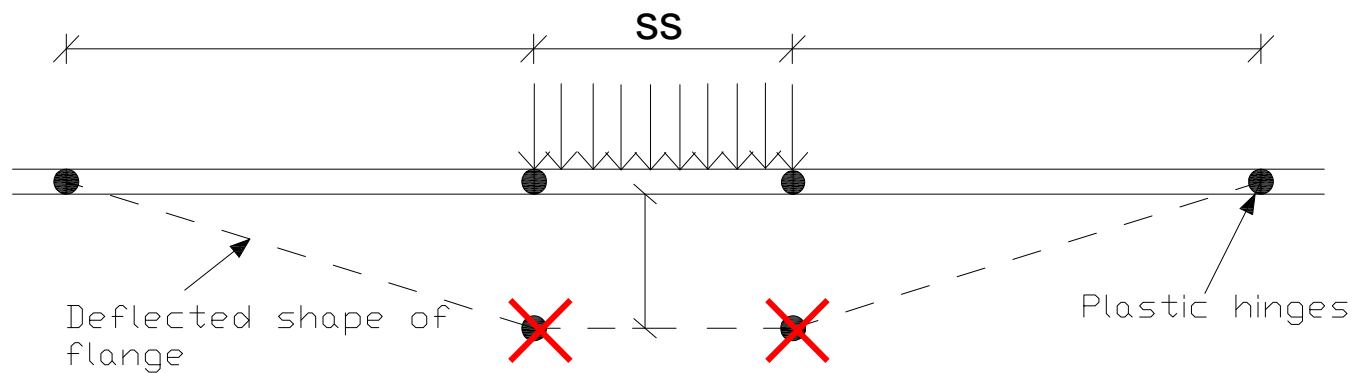
Hajlítás és beroppanás interakciója
nem okoz jelentős teherbírás-
csökkenést.



2. ajánlást dolgoztunk ki

Beroppanás és hajlítás interakciója

Kiindulás: Beroppanási ellenállásban az övek 4 képlékeny csukló kialakulásával vesznek részt.



Feltételezés: Két képlékeny csukló ellenállását elviszi a hajlítónyomaték. Ezek kiesnek a beroppanási ellenállás szempontjából.

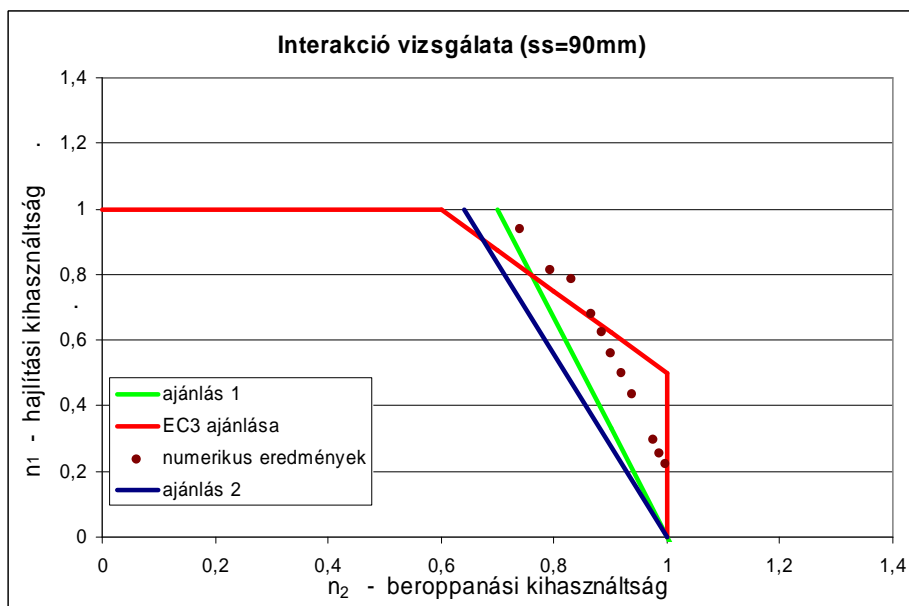
2. ajánlás:
$$\eta_2 + \left(1 - \frac{P_u - P_f / 2}{P_u}\right) \cdot \eta_1 \leq 1,0$$

Beroppanás és hajlítás interakciója

Két ajánlás bemutatása

1. Öv ellenállása dominál

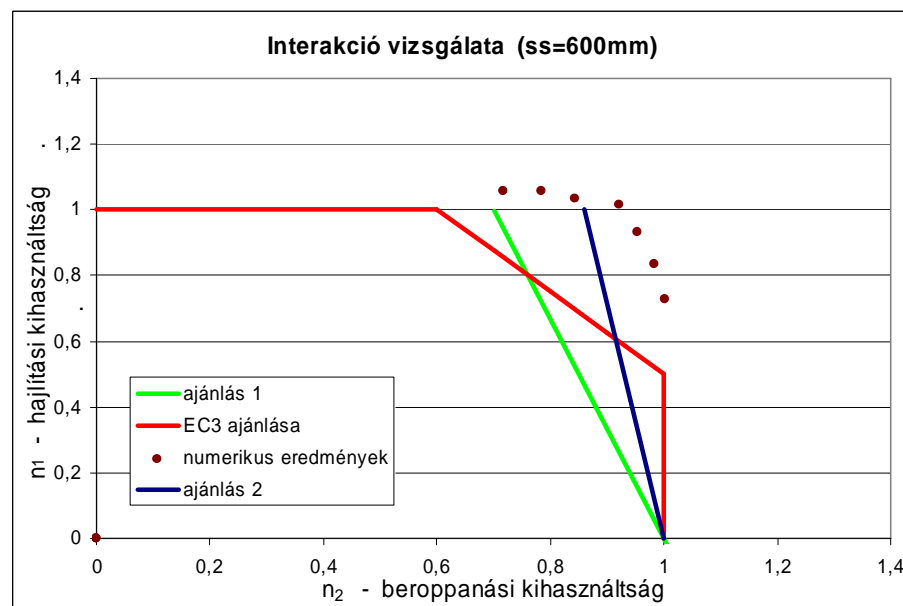
Pl: erőbevezetési hossz kicsi
övvastagság relatív nagy



1. ajánlás alkalmazható

2. Gerinc ellenállása dominál

Pl: erőbevezetési hossz nagy
övvastagság relatív kicsi



2. ajánlás alkalmazható

A két ajánlás közül mindig a kedvezőbb alkalmazható.

Végeselem alapú méretezési eljárás

Kutatási stratégia:

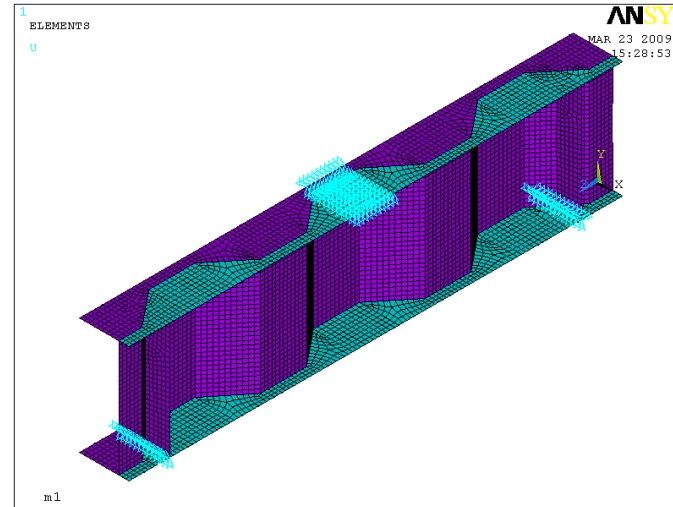
1. Végeselemes modell kidolgozása a kísérleti próbatestekhez
 2. Kísérleti teherbírás \longleftrightarrow numerikus eredmények
 3. Kísérleti tönkremeneteli alak \longleftrightarrow végelelemes modell
 4. Kísérleti erő-elmozdulás diagramm \longleftrightarrow numerikus modell
- ↓
5. Numerikus modell verifikálása
 6. Geometriai helyettesítő imperfekció felvételére ajánlás kidolgozása

Cél: Felületszerkezeti modell segítségével a tervezési ellenállás értékének meghatározása.

Helyettesítő geometriai imperfekció: - geometriai pontatlanságokat
figyelembe vesz
- anyagi inhomogenitást
- sajátfeszültségeket

Végeselem alapú méretezési eljárás

1. Végeselemes modell:

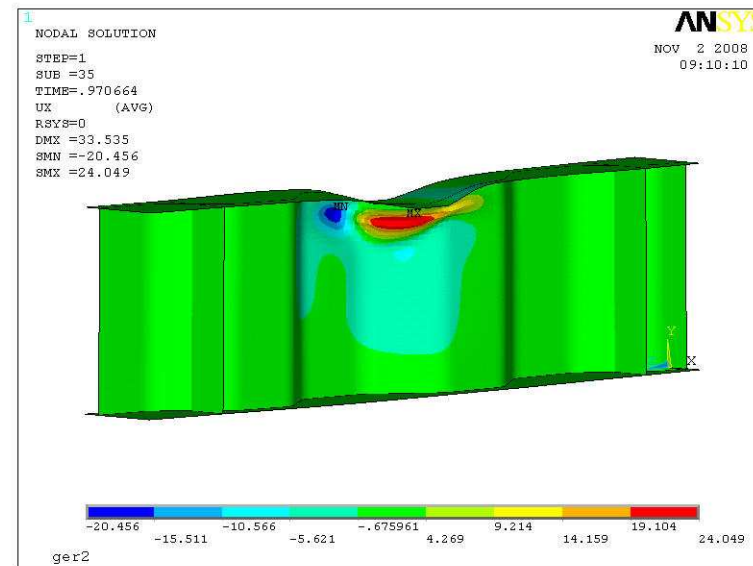
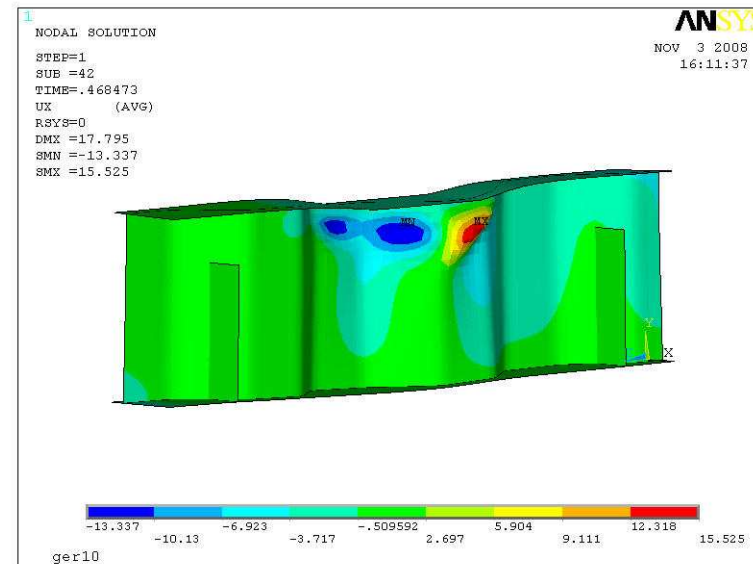


2. Kísérleti teherbírás és a numerikus számítás összehasonlítása:

	R_{Ansys} [kN]	R_{exp} [kN]	$R_{\text{exp}}/$ R_{Ansys}
1. próbatest	731,59	754,20	1,03
2. probatest	979,01	956,48	0,98
3. próbatest	734,26	764,75	1,04
4. próbatest	983,11	949,02	0,97
5. probatest	1248,44	1192,01	0,95
6. próbatest	1243,59	1119,33	0,90
7. próbatest	983,11	1077,72	1,10
8. próbatest	1383,90	1263,94	0,91
9. próbatest	1211,56	1220,48	1,01
10. próbatest	1103,45	1090,00	0,99
11. próbatest	1390,32	1280,99	0,92
12. próbatest	731,59	772,39	1,06

Végeselem alapú méretezési eljárás

3. Kísérleti tönkremeneteli alak ↔ végeselemes modell

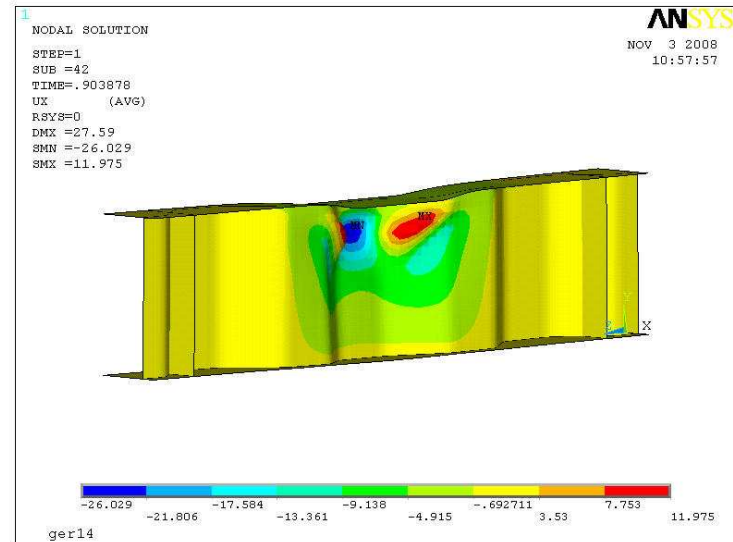
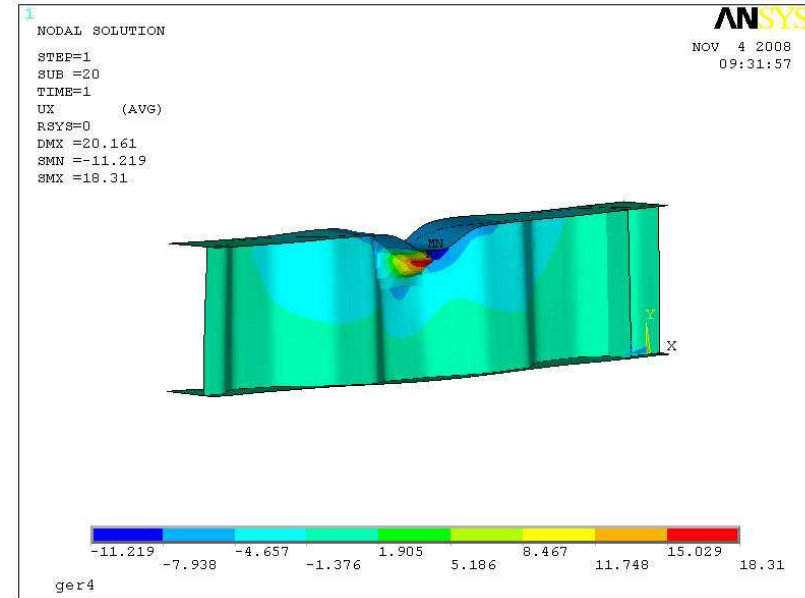


Végeselem alapú méretezési eljárás

3. Kísérleti tönkremeneteli alak

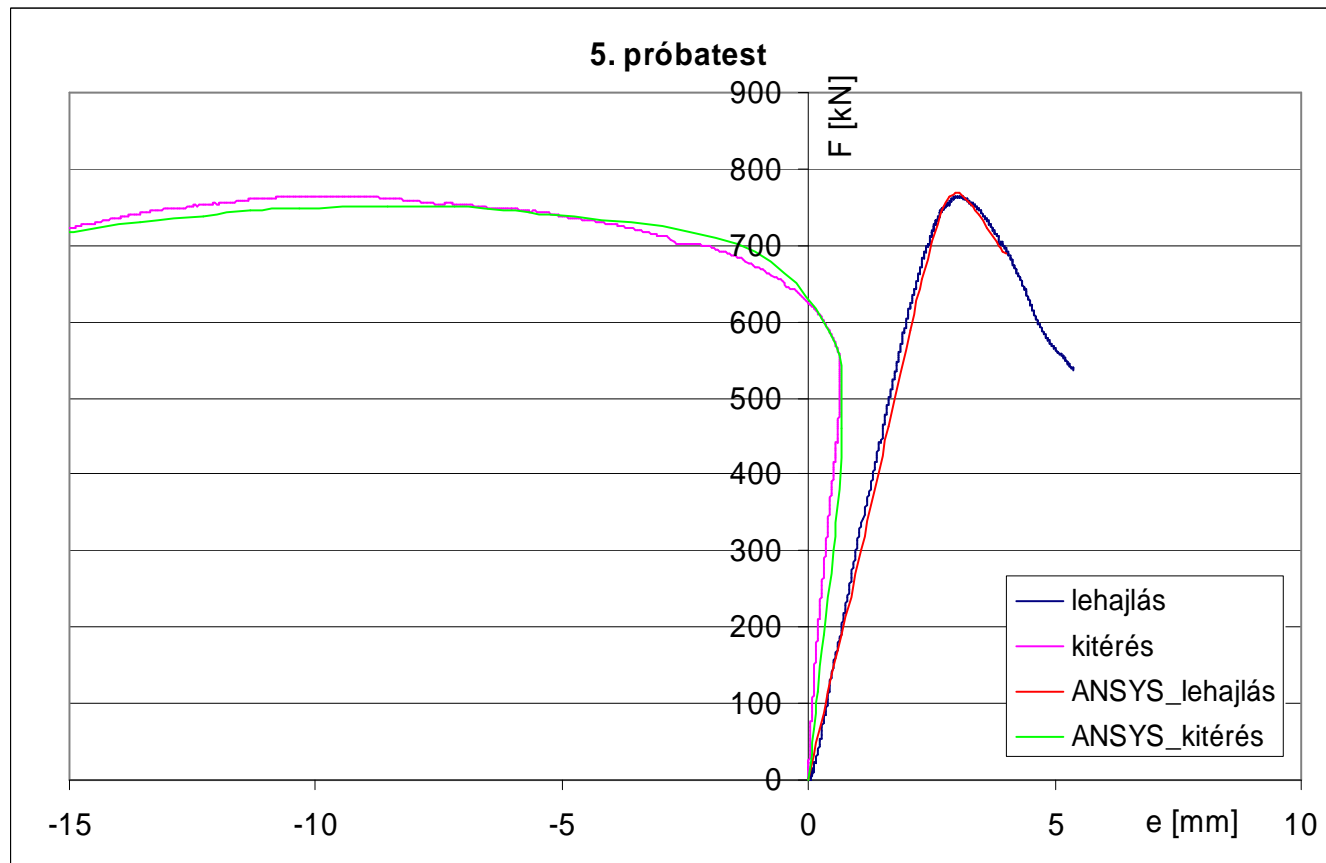


↔ végeselemes modell



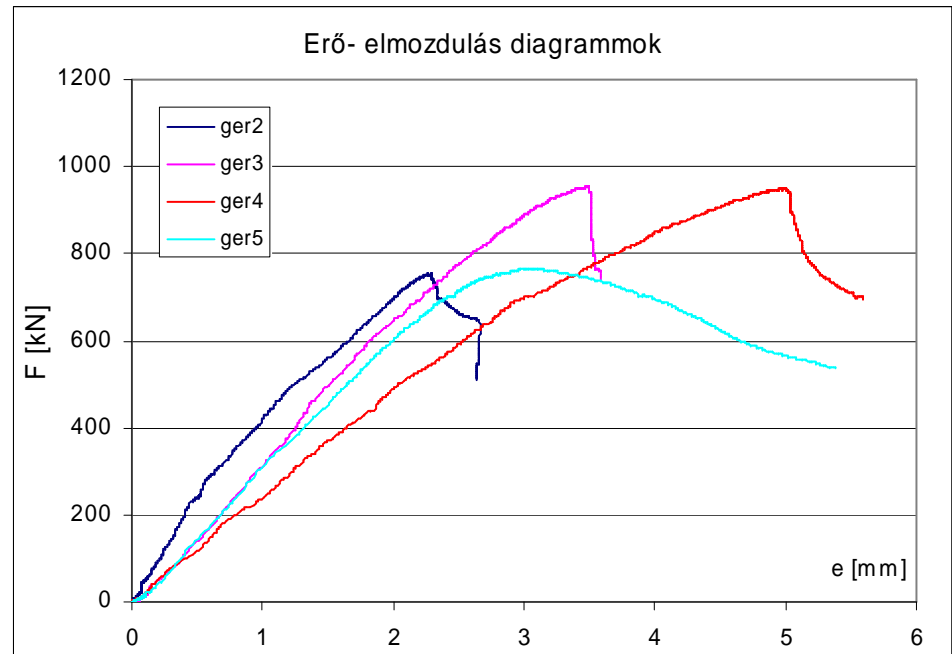
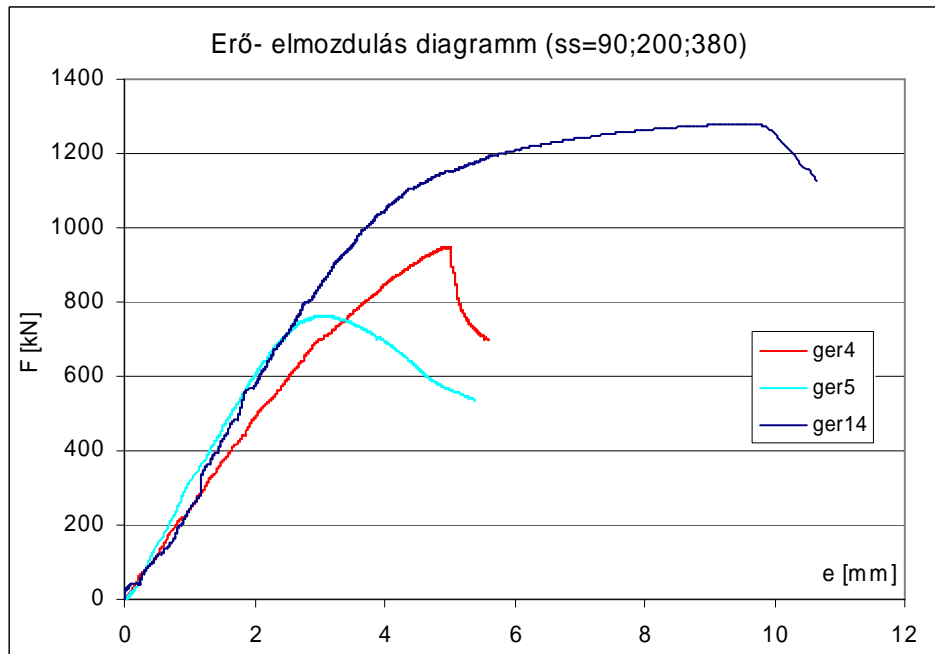
Végeselem alapú méretezési eljárás

4. Kísérleti erő-elmozdulás diagramm ↔ numerikus modell



Végeselem alapú méretezési eljárás

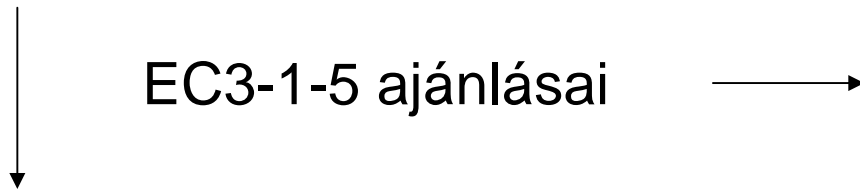
Észrevétel a kísérletből: A leszálló ágban az egyes próbatestek között jelentős különbségek vannak.



OK: Imperfekció

Geometriai helyettesítő imperfekció

Geometriai helyettesítő imperfekcióra
nincs szabványos ajánlás
trapézlemez gerincű tartókra.



Cél: Kísérletek alapján a geometriai
helyettesítő imperfekcióra ajánlás
kidolgozása

alak
amplitúdó

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	

Figure C.1: Modelling of equivalent geometric imperfections

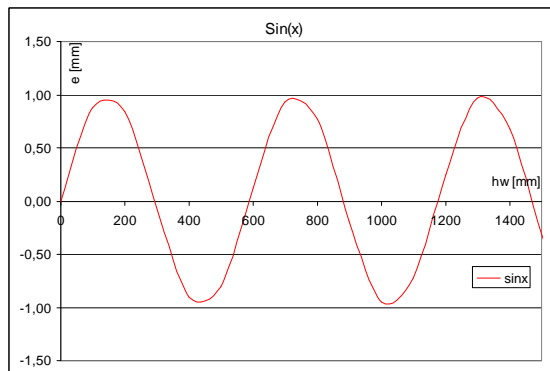
Geometriai helyettesítő imperfekció

Alak meghatározása: \longrightarrow

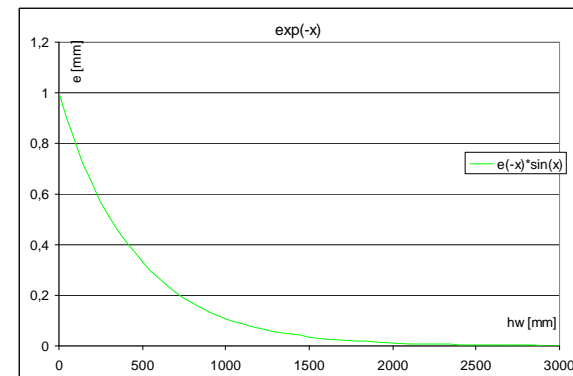
1. Sajátalak
2. Tönkrementeteli alak
3. EC3 szerinti $\sin(x)$

1. Sajátalak \longrightarrow jól leírható:

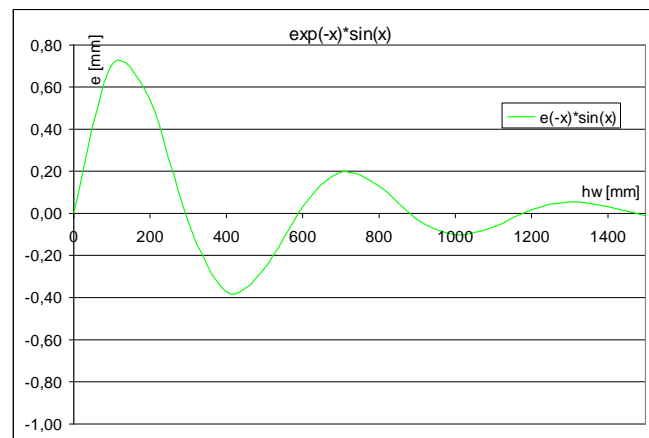
$$f(x) = e^{-\frac{1}{L \cdot m} \cdot x} \cdot \sin\left(\frac{1}{L} \cdot k \cdot \pi \cdot x\right)$$



X



||

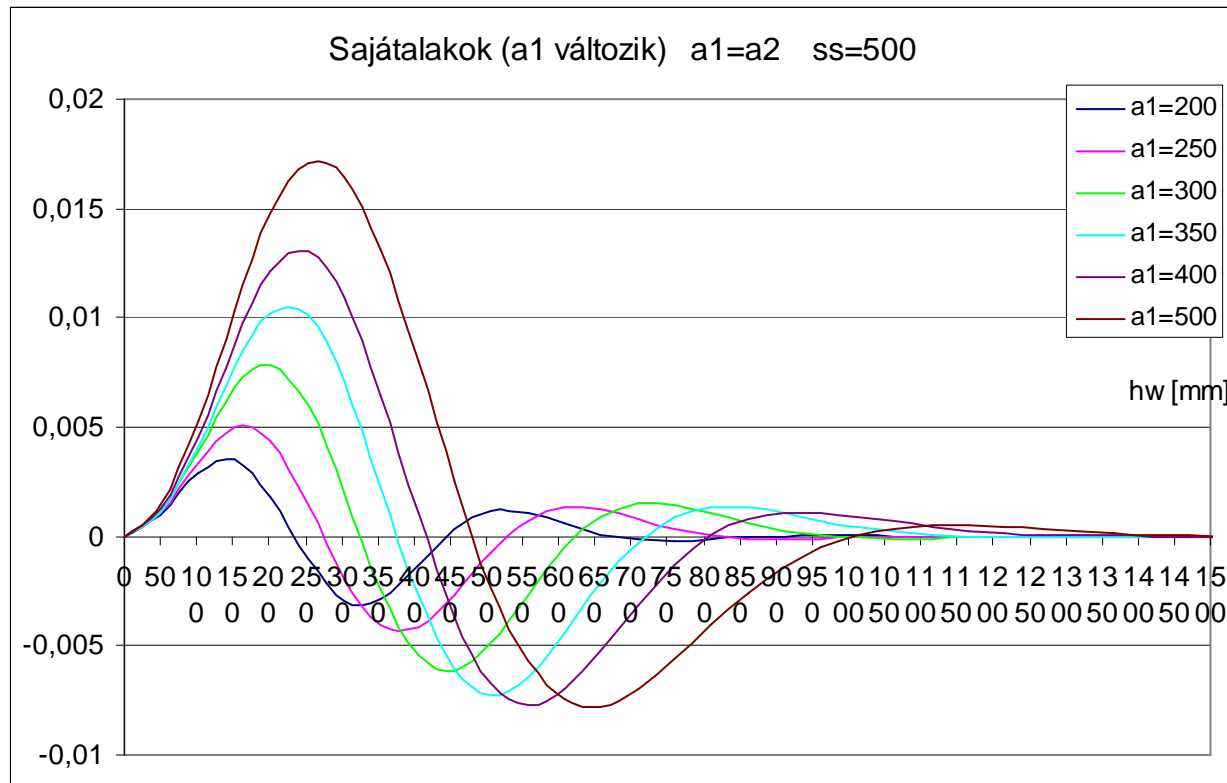


k: nullpontok távolságát

m: lecsengés mértékét szabályozza

Geometriai helyettesítő imperfekció

Sajátalakok alakulása az a_i függvényében



a_i : lecsengést és a hullámhosszat is befolyásolja

Geometriai helyettesítő imperfekció

Megvizsgáltam, hogy m és k milyen paraméterektől függenek:

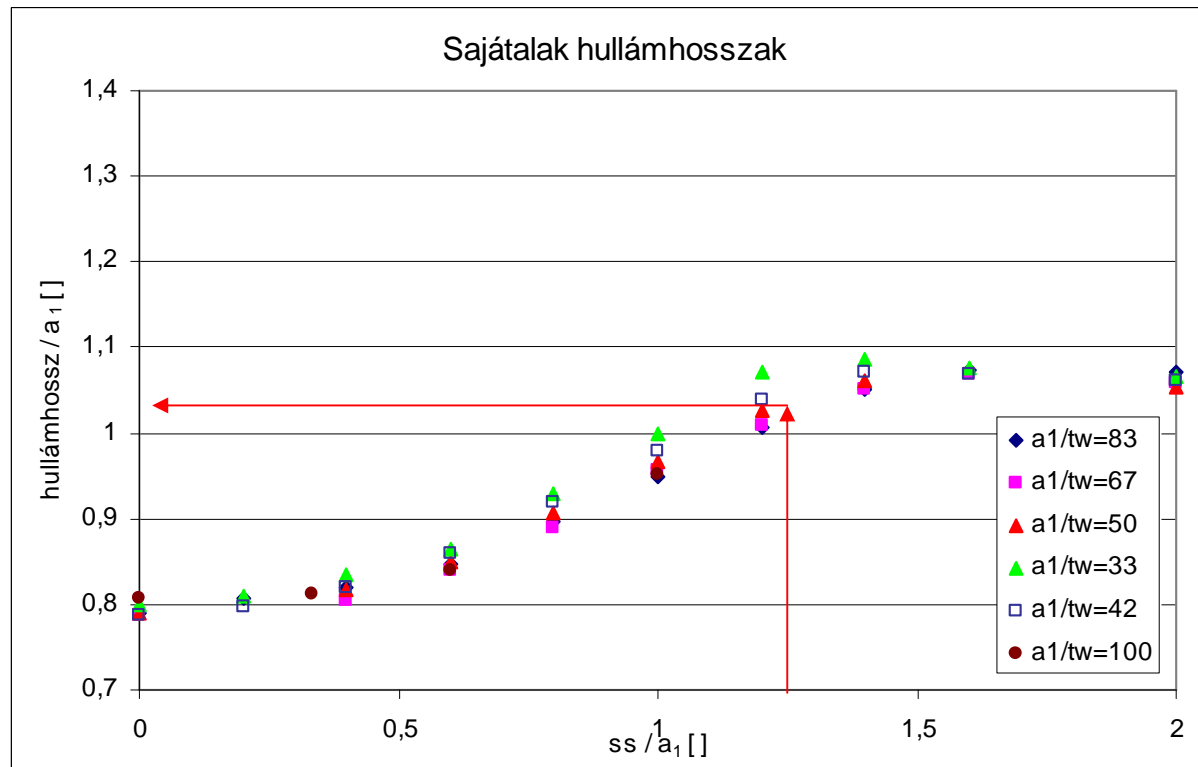
paraméter	m	k
h_w	igen	nem
t_w	nem	nem
b_f	nem	nem
t_f	nem	nem
L	nem	nem
a_i	igen	igen
α	nem	nem
ss	igen	igen

$$k = f(ss/a_i)$$

$$m = f(h_w/a_i, ss)$$

Geometriai helyettesítő imperfekció

k meghatározása:
$$k = \frac{h_w}{a_i} \cdot f\left(\frac{ss}{a_i}\right)$$

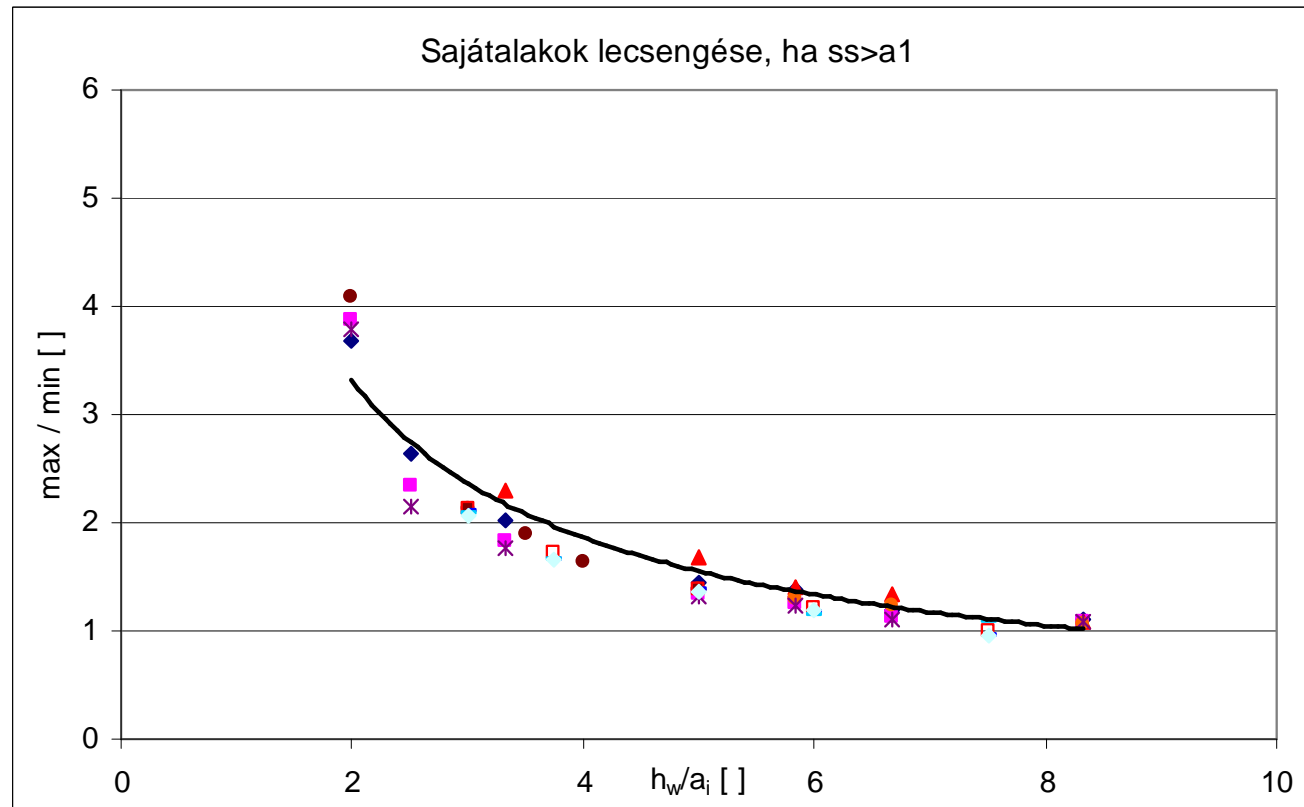


Geometriai helyettesítő imperfekció

m meghatározása: 2 eset van, ha $ss > a_i$

$ss < a_i$

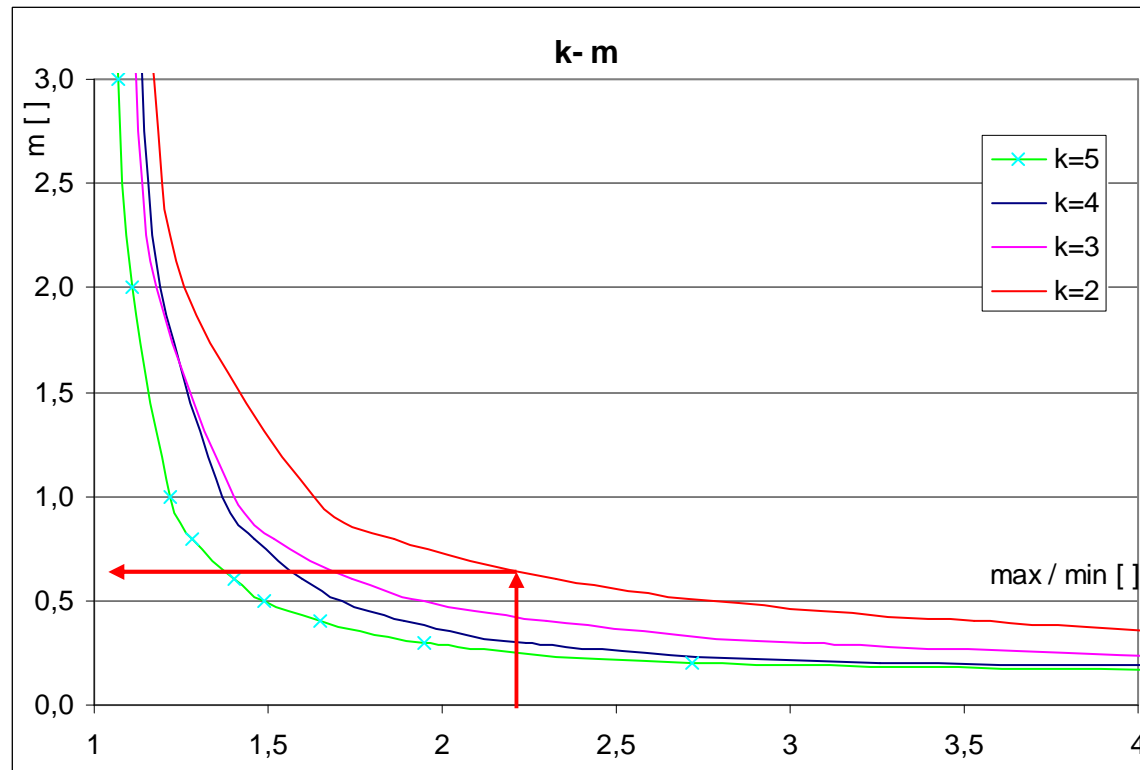
Ha $ss > a_i$



max/min leolvasható erről a diagrammról

Geometriai helyettesítő imperfekció

Max/min és *k* ismeretében az *m* megadható

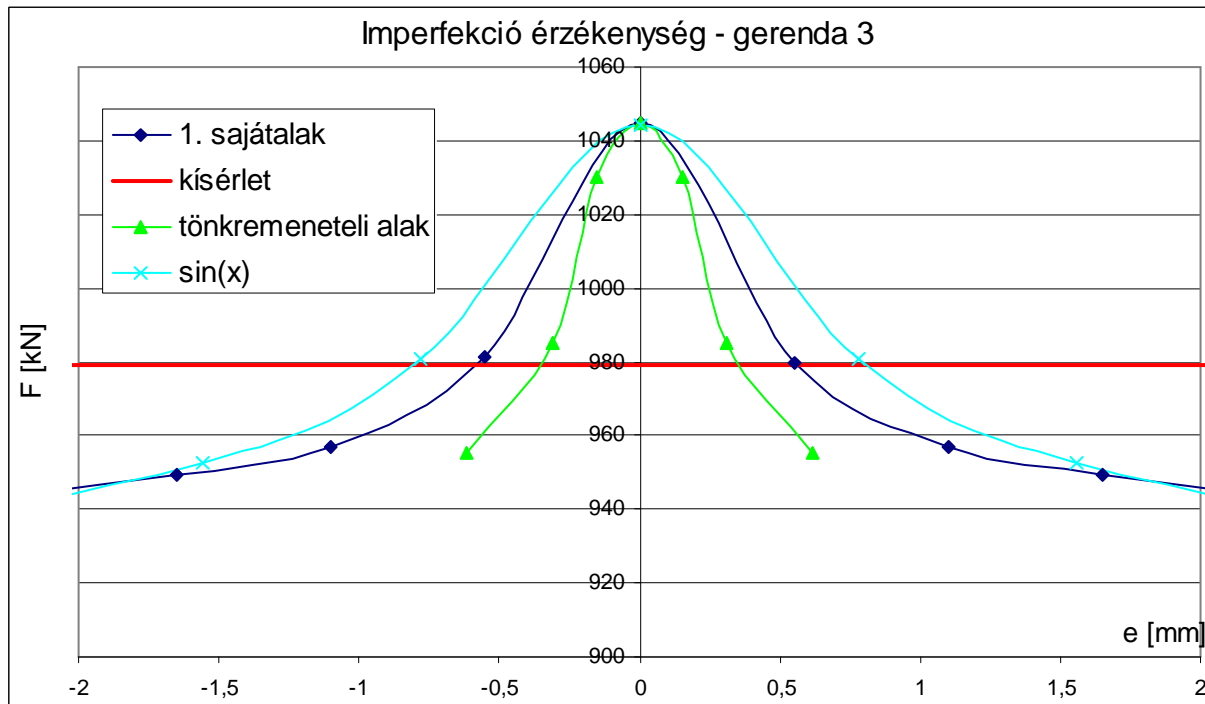


Ha $ss < a_i$ \longrightarrow lecsengés felgyorsul \longrightarrow max/min-t módosítani kell

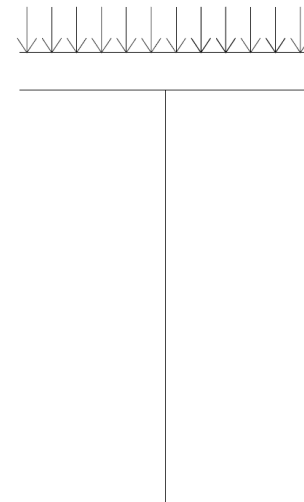
Geometriai helyettesítő imperfekció

- Amplitúdó meghatározása:
1. Sajátalak
 2. Tönkrementeteli alak
 3. EC3 szerinti $\sin(x)$

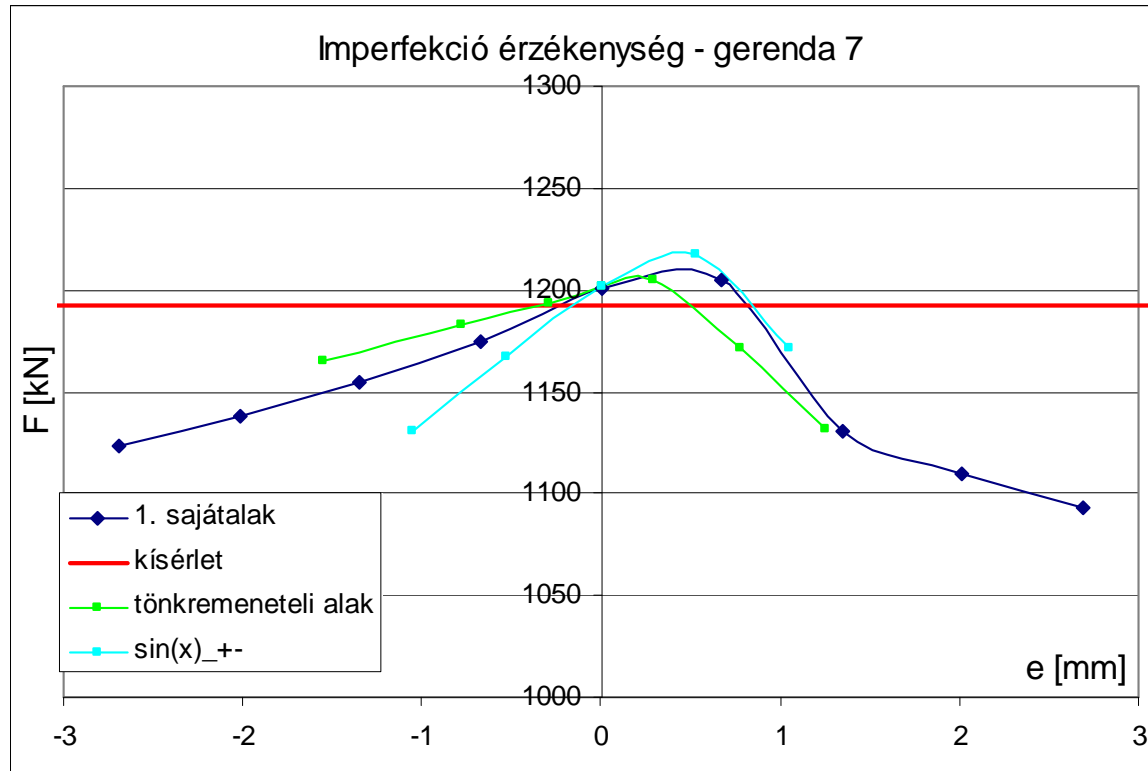
Kísérletekből indultam ki \longrightarrow Imperfekció érzékenységet vizsgáltam mindhárom imperfekciós alak alkalmazásával



Ferde lemezmező terhelt



Geometriai helyettesítő imperfekció

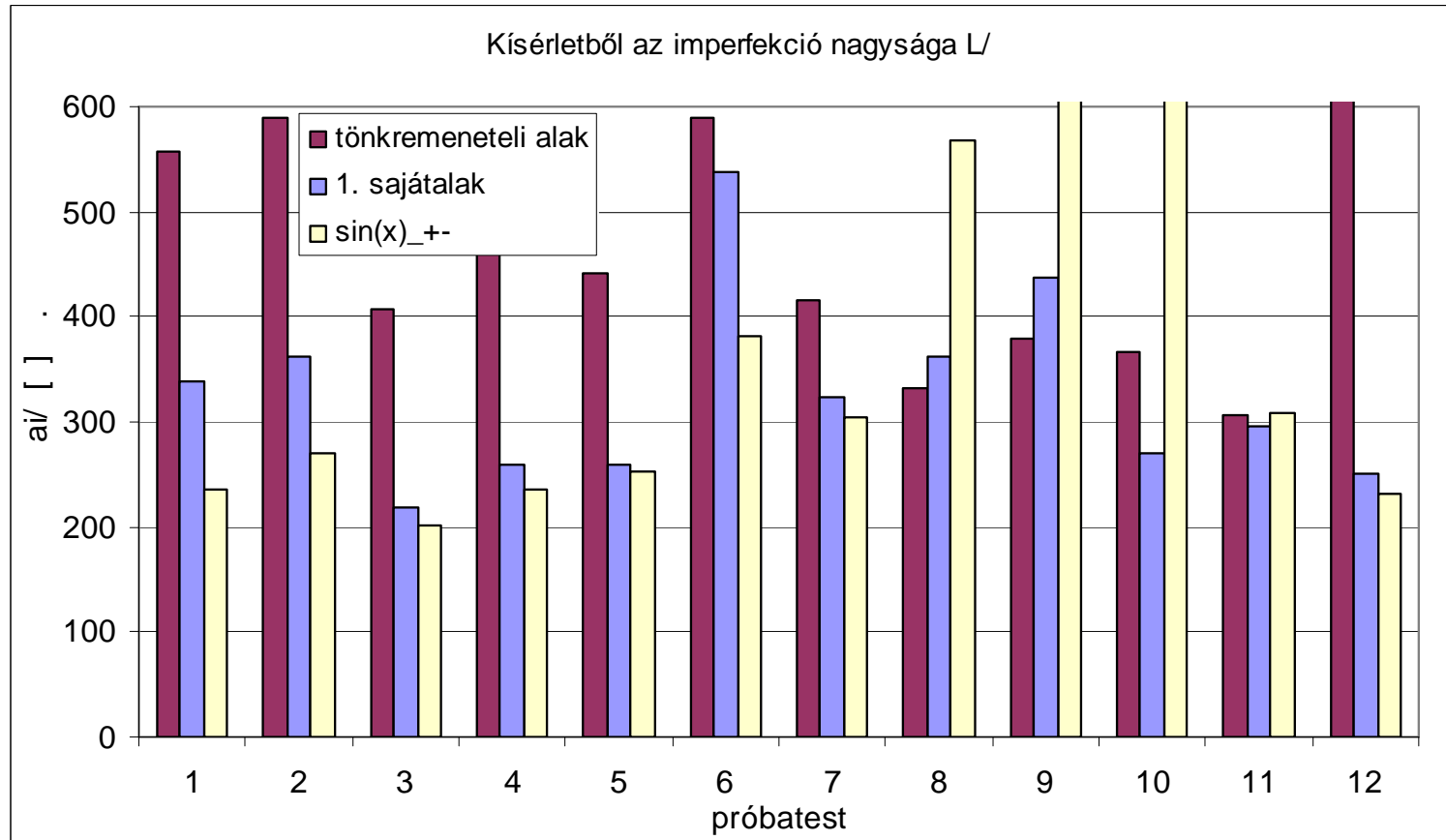


Párhuzamos
lemezmező terhelt



Kísérlettel összehasonlítva a szükséges imperfekció nagysága meghatározható.

Geometriai helyettesítő imperfekció



Alkalmazandó imperfekció nagysága:

sin(x) imperfekció: $a_i/200$

sajátalak imperfekció: $a_i/200$

tönkremeneteli alak: $a_i/300$

Összefoglalás

1. Beroppanásvizsgálat

- 1.1. Kísérleti program kidolgozása, kísérletek végrehajtása
- 1.2. Numerikus modell kidolgozása
- 1.3. Numerikus paramétervizsgálat végrehajtása
- 1.4. Analitikus méretezési módszer kidolgozása
- 1.5. Beroppanás és hajlítás interakciójának figyelembe vétele
- 1.6. Végeselem alapú méretezési eljárás kidolgozása

1.2., 1.3., 1.4. pontok publikálva: 3 konferencia cikkben
folyóiratcikk elkészült

1.1., 1.6. publikálása: konferenciacikk készülőben
(leadás: április 20.)

Összefoglalás

2. Fáradásvizsgálat

2.1. Kísérleti program kidolgozása, kísérletek végrehajtása

2.2. Kísérletek kiértékelése

2.3. Szerkezeti részlet fáradási osztályba sorolása

2.1., 2.2., 2.3. publikálva: MAGÉSZ 2009, IV. évfolyam 1. szám
pp.38-43.

További kutatási irányok

Beroppanás témakörében:

1. Erőbevezetés excentricitásának vizsgálata
2. Használhatósági határállapotban a teherbírás megadása (részben kész)

Fáradás témakörében:

1. Geometriai feszültség alapú fáradási osztályba sorolás
2. Anyagvizsgálatok elvégzése és értékelése
3. Varrathatás élettartamot befolyásoló hatásának vizsgálata
4. Harmonika hatás vizsgálata

Köszönöm megtisztelő figyelmüket!