

Nagyszilárdságú acélhidak – Innovatív méretezési eljárások fejlesztése



Dr. Kövesdi Balázs

egyetemi docens



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA

Bevezetés - célkitűzés

Különösen nagyszilárdságú acélok (S500 – S960)

- *járműiparban, hajógyártásban*
- *építőmérnöki felhasználása csekély*

Széles körű felhasználás korlátja:

- *anyagköltség*
- *hiányos méretezési háttér*



Széleskörű kutatás: - nyugat-európai (Aachen, Tampere, Lulea, Stuttgart, Coimbra),
- amerikai és ázsiai egyetemeken
+ BME Hidak és Szerkezetek Tanszék (2012 - ...)

Célkitűzés: Olyan hiánypótló méretezési eljárások fejlesztése, melyek elősegítik a nagyszilárdságú acélszerkezetek gazdaságos hídépítési alkalmazását.



Nagyszilárdságú acél jelenlegi felhasználása

1. Nagy fesztávú hídszerkezetek



2. Rácsos felületszerkezetek



önsúlycsökkenés



szelvénycsökkenés

Kutatási fókuszterületek:

- Fáradásvizsgálat
- Lemezes szerkezet lokális horpadása
- Lokális + globális horpadás interakciója

- Rúdelemek kihajlásvizsgálata

- Innovatív, numerikus modell alapú méretezési módszerek fejlesztése

Kutatási program, vizsgálati stratégia

1. HSS lemezek/szelvények lokális horpadási ellenállás
 - zárt szelvények vizsgálata
 - I-szelvényre való kiterjesztése
 - ortotróp lemezek horpadásvizsgálata

Somodi Balázs PhD
Hornyák Tamás TDK + MSc diploma
Illés Zsombor MSc diploma
2. Globális kihajlási ellenállás meghatározása *Somodi Balázs PhD*
 - megbízhatósági analízis módszerek összehasonlító elemzése
 - korábbi zárt szelvényre kidolgozott eljárás kiterjesztése téglalap és I-szelvényre
3. Fáradásvizsgálat tipikus hídépítési szerkezetekre *Mecséri Balázs PhD*
 - NSS – HSS fáradási jellemzők összehasonlítása *Simon Norbert MSc diploma*
 - VEM alapú eljárások alkalmazhatósága HSS-re (hot-spot; notch stress módszer)
4. Numerikus modell alapú méretezési eljárások (hegesztés-szimuláció)
 - gyártási sajátosságok figyelembe vétele, sajátfeszültségmodell meghatározása zárt szelvényre, trapézlemez gerincű tartóra *Kollár Dénes PhD*
 - trapézlemez gerincű tartók nyírási horpadási ellenállása
5. Innovatív, numerikus módszer alapú méretezési eljárások fejlesztése, szabványosítása
 - M-V-F interakció vizsgálata *Jáger Bence PhD*
 - trapézlemez gerincű tartók innovatív kapcsolatai *Németh Gábor TDK + MSc diploma*
 - EN 1993-1-14 fejlesztése



Kutatócsoport felépítése

Kutató csoport vezetője: Dr. Kövesdi Balázs

Doktoranduszok: Somodi Balázs (doktorjelölt)
Kollár Dénes
Mecséri Balázs
Jáger Bence (doktorjelölt)

MSc hallgatók / TDK-zó hallgatók

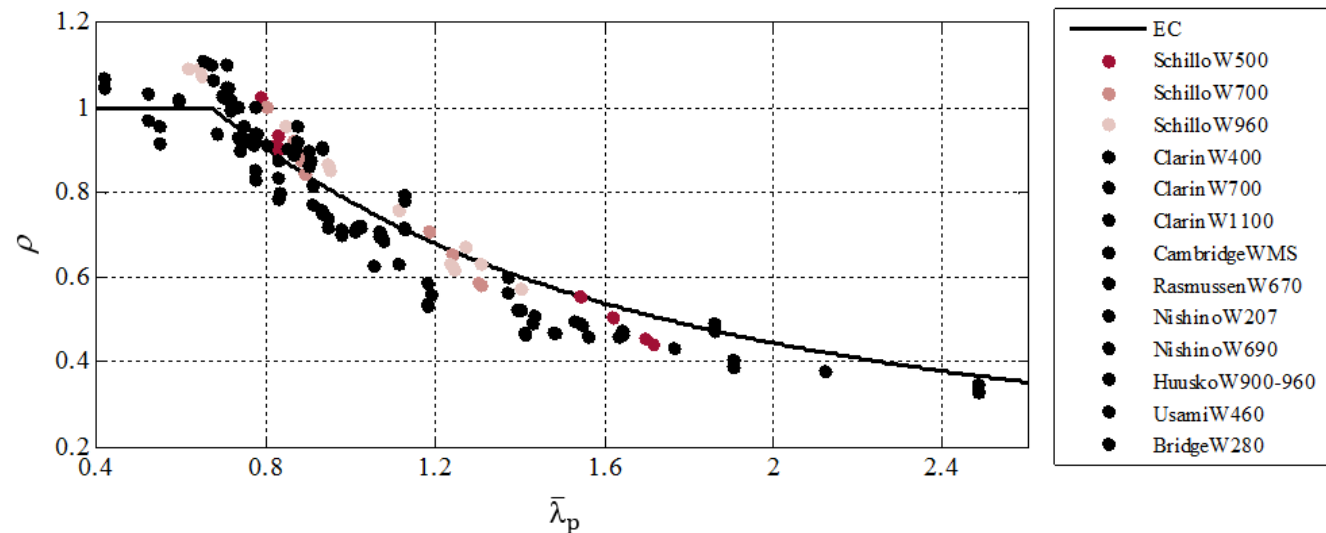
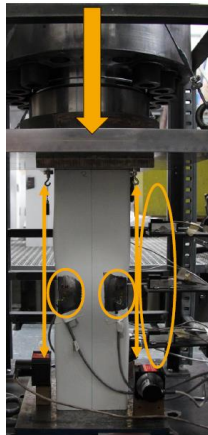
Évente 4-5 hallgató

2017/18-ban: Hornyák Tamás, Illés Zsombor, Németh Gábor
Simon Norbert, Kaferné Rác Annamária

TDK Konferencia 2017: Hornyák Tamás I. díj + dékáni különdíj + OTDK
Németh Gábor III. díj + OTDK

Lokális horpadási ellenállás

Somodi Balázs PhD
Hornyák Tamás TDK



Problémafelvetés:

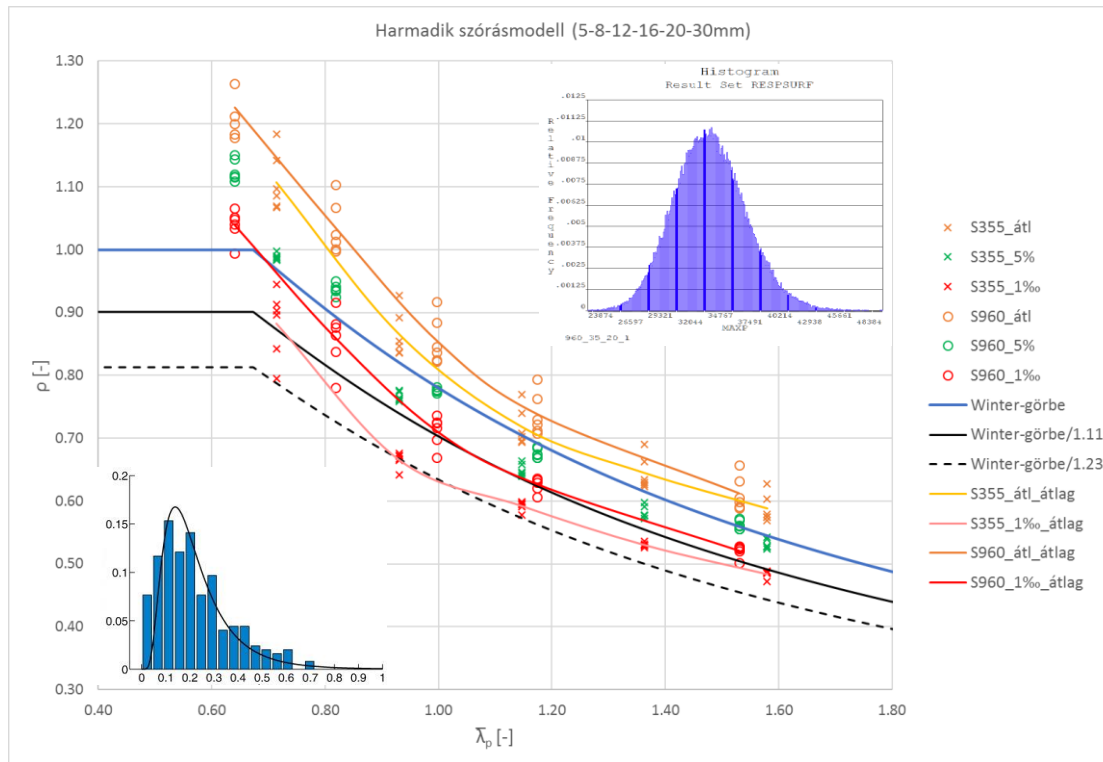
- Négyzetes zártszelvényeknél nincs kellő tervezési biztonság,
- Szabványos méretezési görbe átlag teherbírást ad meg, nem kompatibilis a parciális tényező!!!

Kutatási célok:

- Milyen módon garantálható a kellő biztonság ($\gamma_{M1} = ???$),
- Mennyivel nagyobb a HSS anyagok teherbírása, mint a NSS anyagoké?

Lokális horpadási ellenállás

Somodi Balázs PhD
Hornyák Tamás TDK



Nemzetközi együttműködés:

- Universität Stuttgart
- Bundeswehr Universität München
- RWTH Aachen
- BME

S355-S960: $\gamma_{M^*,\text{átlag}} = 1.11$; $\gamma_{M^*,\text{max}} = 1.23$

S960: $\gamma_{M^*,\text{átlag}} = 1.06$; $\gamma_{M^*,\text{max}} = 1.10$

Javasolt új érték EN 1993-1-5 számára

CEN/TC250/SC3 WG5

CEN WG5 meeting: 2018.02.06, Párizs

ECCS TC8 meeting: 2018.05.08, München

Zárt szelvényre (négyzetes és téglalap) elkészültünk.

I-szelvényre való kiterjesztés 50%-os készülségű.

Globális kihajlási ellenállás

Somodi Balázs PhD

Problémafelvetés:

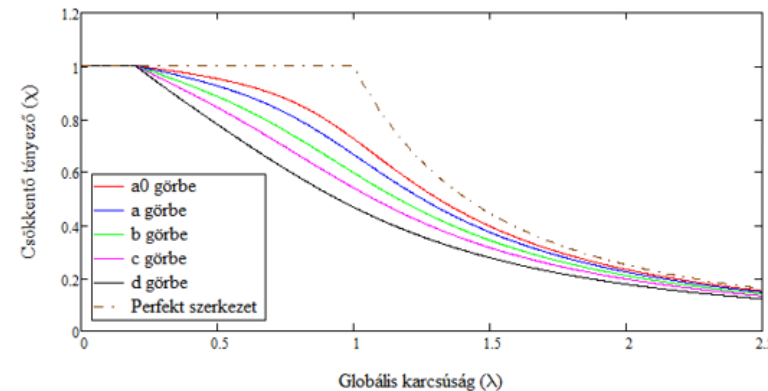
kedvezőbb saját feszültség eloszlás (HSS-re)



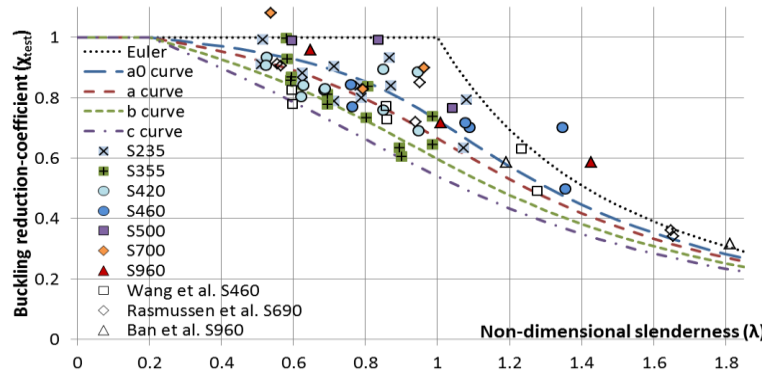
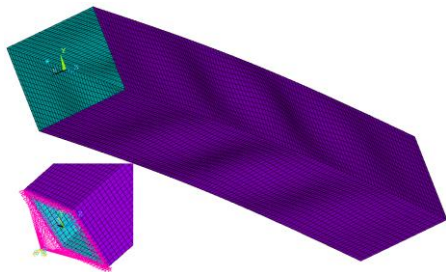
nagyobb kihajlási ellenállás



szabványos méretezés anyagfüggetlen → gazdaságtalan



Kutatási célkitűzés: Kihajlási görbék kalibrációja (S235 – S960 tartományra)



Globális kihajlási ellenállás

Somodi Balázs PhD

Tervezési eljárás kiegészítése HSS-re

Analitikus megoldás S235 – S960

Cross section	Limits	Buckling about axis	Buckling curve		S500-S700	S960	
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460			
Rolled sections 	h/b > 1,2	t _f ≤ 40 mm	y-y z-z	a b	a ₀ a ₀		
		40 mm < t _f ≤ 100	y-y z-z	b c	a a		
	h/b ≤ 1,2	t _f ≤ 100 mm	y-y z-z	b c	a a		
		t _f > 100 mm	y-y z-z	d d	c c		
Welded I-sections 	t _f ≤ 40 mm	y-y z-z	b c	b c			
	t _f > 40 mm	y-y z-z	c d	c d			
Hollow sections 	hot finished	any	a	a ₀			
	cold formed	any	c	c	b	b	
Welded box sections 	generally (except as below)	any	b	b			
	thick welds: a > 0,5t _f b/t _f < 30 h/t _w < 30	any	c	b	b	a	

$$f_y = \sigma_{max} = \frac{N}{A} + \frac{M_{max}}{W} + \sigma_{RS} \rightarrow f_{y,red}$$

$$= \frac{N}{A} + \frac{M_{max}}{W} = f_y - \sigma_{RS}$$

HSS sajátosságainak figyelembe vétele:

- *növelt folyáshatár*
- *imperfekciónak f_y-tól független*
- *kisebbségi sajátfeszültségek*

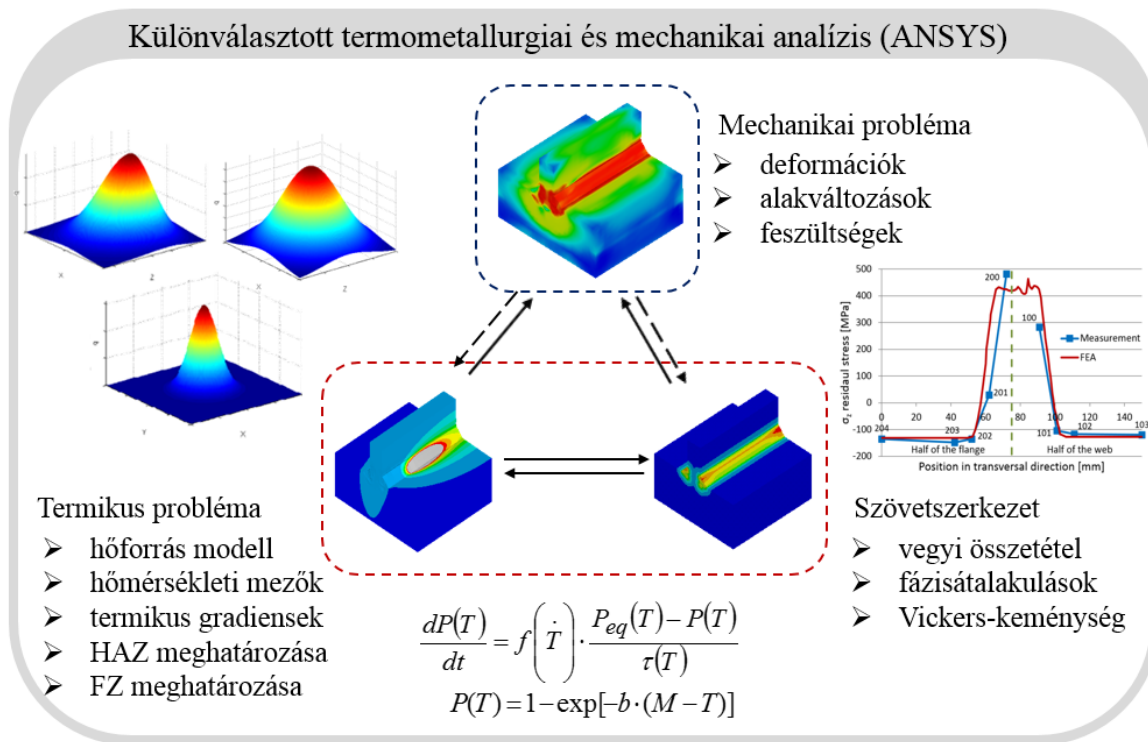


tervezésben, szabványosításban közvetlenül alkalmazható

Tovább lépés: Más szelvények esetére is megadni hasonló értékeket.

Hegesztés-szimuláció alkalmazása

Kollár Dénes PhD

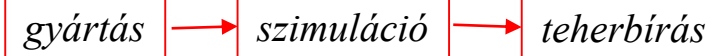


gyártási folyamat modellezése

gyártási sajátosságok meghatározása (deformációk, sajátfeszültségek)

Célkitűzések:

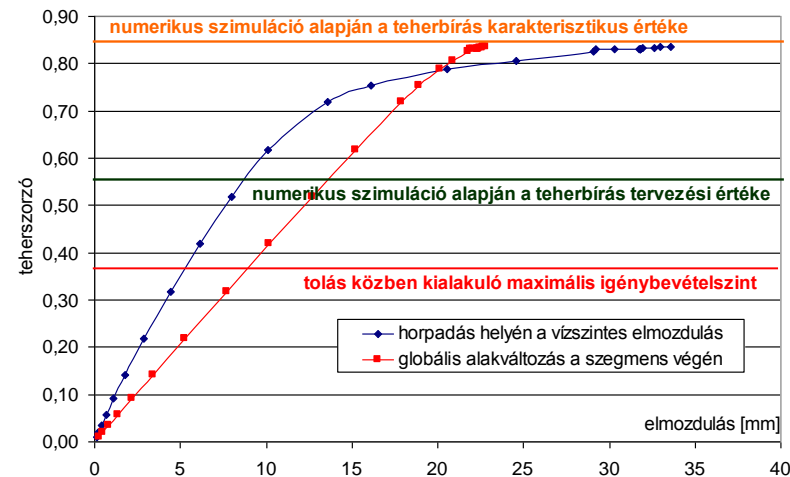
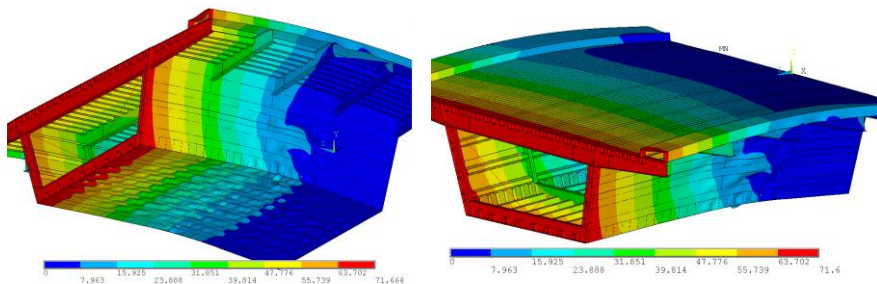
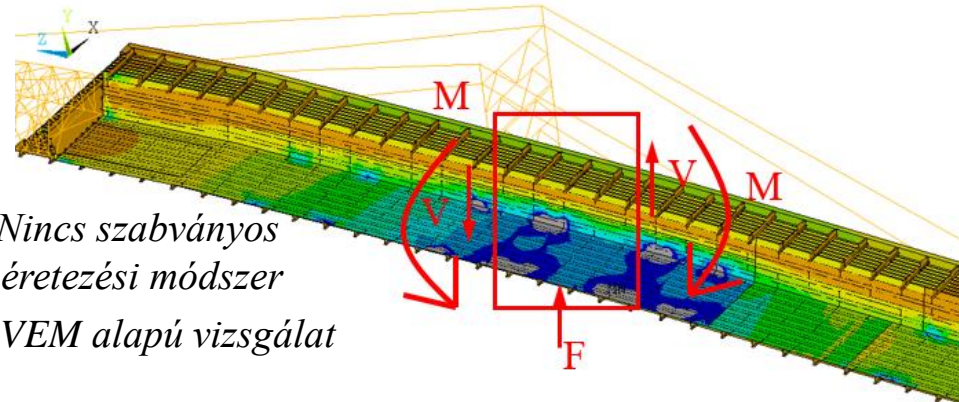
- 1. Fejlett hőforrásmodell fejlesztés*
- 2. Építőmérnöki gyártmányokra sajátfeszültség modellek*
- 3. Numerikus modell alapú tervezés kiterjesztése*



Numerikus modell alapú méretezés *Jáger Bence PhD*



- Nincs szabványos méretezési módszer
- VEM alapú vizsgálat



- Kutatási irány:*
1. Méretezési képlet kidolgozása
 2. VEM alapú vizsgálatok szabványosítása

M-V-F interakció ellenőrzése

Nemzetközi együttműködés:

BME

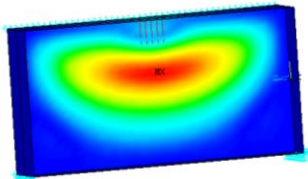
Stuttgarteri Egyetem

UPC Barcelona

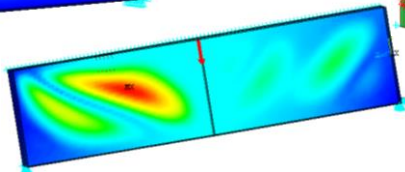
Javasolt interakciós felület:

$$\frac{F}{F_R} + \left(\frac{M}{M_{pl,R}} \right)^{3.6} + \left(\frac{V_{avg}}{V_R} \right)^{1.6} \leq 1.0$$

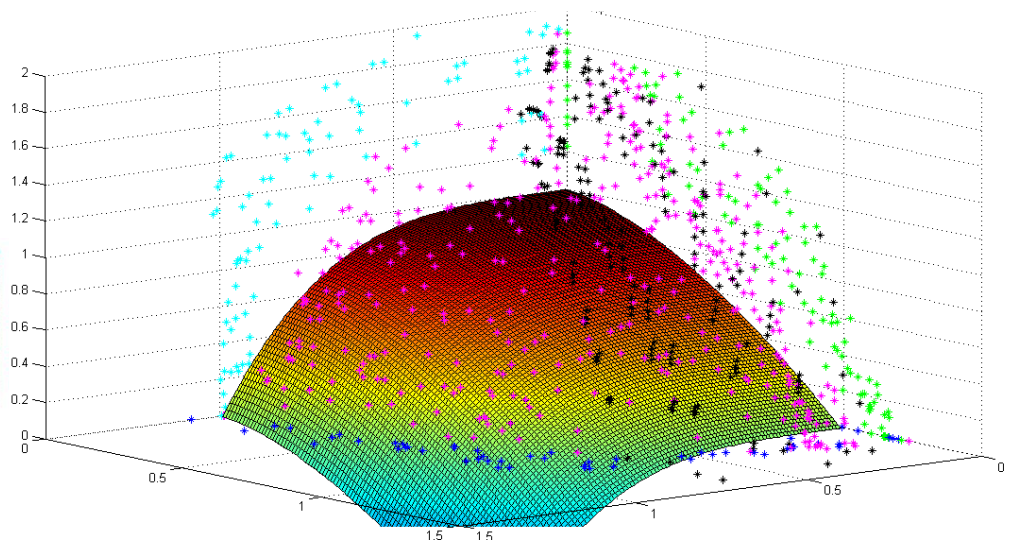
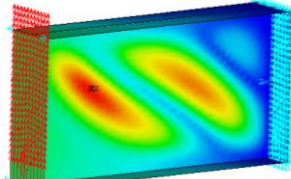
beroppanás



interakció



nyírási horpadás



CEN / TC250 / SC3 / WG5 elfogadta



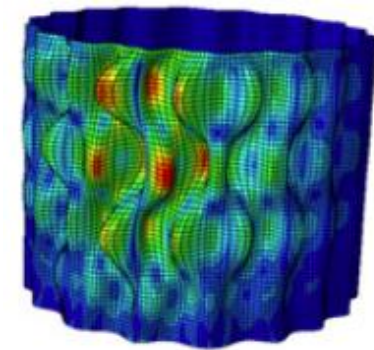
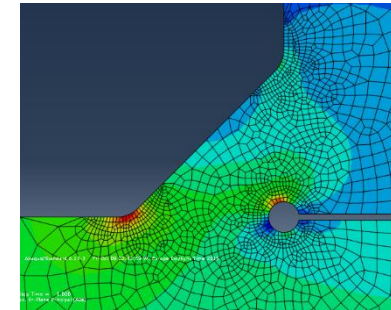
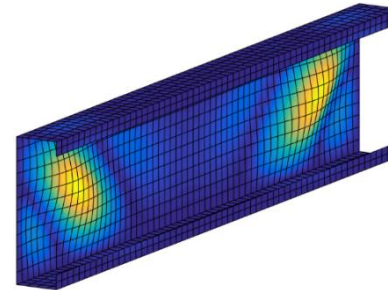
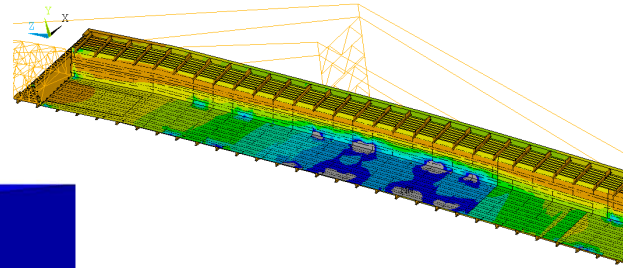
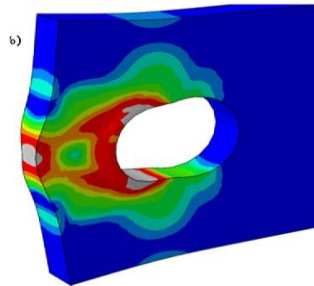
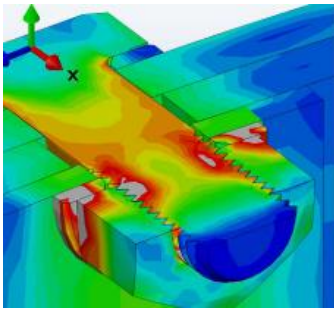
Új generációs EN 1993-1-5-ben (2020) ez a képlet jelenik meg



Tervezési gyakorlatban alkalmazható

Új EN 1993-1-14

VEM alapú acélszerkezeti méretezési szabvány



Európai bizottság (TC250/CEN/SC3/AHGFE)

Nemzetközi bizottság (20 taggal) magyar vezetéssel

Elnök: **Dunai László**

Titkár: **Kövesdi Balázs**

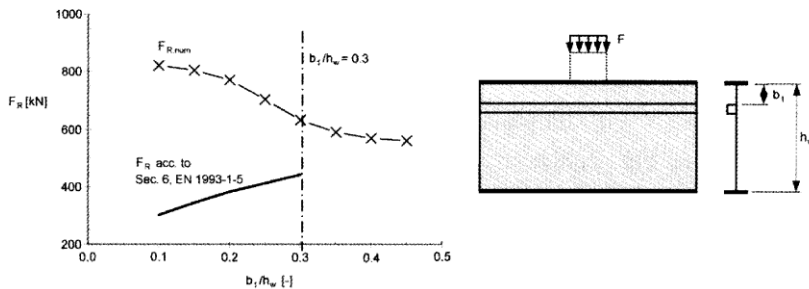
Cél: Acélszerkezetek numerikus modell alapú méretezéséhez szükséges előírások és javaslatok összegyűjtése, rendszerbe szervezése.

Beroppanási ellenállás

Hazai hídépítési gyakorlat: lokális erőbevezetés → kis merevítőbordák a teljes hídon → - költséges
- fáradás?

Problémafelvetés:

Méretezési eljárás - valós teherbírás viszonya



Új méretezési eljárás

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Felső lemezmező</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;"> $k_{F1} = 4 + 2,3 \cdot \frac{s_{s1}}{b_1}$ </div> <div style="text-align: center;">⇓</div> $F_{cr1} = 0,9 \cdot k_{F1} \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{b_1}$ $l_y = s_z + 2 \cdot t_f \cdot (1 + \sqrt{m_1})$ $F_y = f_{yw} \cdot t_w \cdot l_y \leq f_{yw} \cdot t_w \cdot a$	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Alsó lemezmező</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;"> $k_{F2} = \left(6 + 9 \cdot \frac{s_{s2}}{b_2} \right) \cdot \sqrt{\frac{h_w}{a}}$ </div> <div style="text-align: center;">⇓</div> $F_{cr2} = 0,9 \cdot k_{F2} \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{b_2}$ $l_y = s_{z2} + 2 \cdot t_f \cdot (1 + \sqrt{m_2})$ $F_y = f_{yw} \cdot t_w \cdot l_y \leq f_{yw} \cdot t_w \cdot a$
<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $F_{Rd} = \min(F_{Rd.1}, F_{Rd.2})$ </div>	

→ Szabványosítás EN1993-1-5
CEN/TC250 / SC3 / WG5

↓
WG5 meeting: 2018.02.06, Párizs

↓
Közvetlen ipari alkalmazás
M44 Körös-híd 2018

Eredményeink bemutatása – hasznosulása

1. Folyóirat cikkek / konferencia cikkek **7(+3) db Q1-es cikk IF:~12,8;**
6 db konferencia cikk

2. Nemzetközi szabványosítási bizottságok

ECCS-TWG8.3 Plated Structures (bizottság titkára)

CEN / TC250 / SC3 / WG5 Plated Structures

CEN / TC250 / SC3 / WG13 Steel bridges

CEN / TC250 / SC3 / AHGFE Design assisted by FE analysis

→ *eredmények ipari alkalmazhatósága*

Kutatási eredmények
bemutatása évente 2x

3. Hazai szakmai konferenciákon

Hidász Napok 2018

IDEA2018

X. Vasúti Hidász Találkozó 2018



Köszönöm a figyelmet !



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA

A KUTATÁSI PROGRAM AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA ÚNKP-17-4-III KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI
KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.

