

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.



Kutatási program, vizsgálati stratégia

1. HSS lemezek/szelvények lokális horpadási ellenállás
 - zárt szelvények vizsgálata
 - ortotróp lemezek horpadásvizsgálata

*Somodi Balázs PhD; Hornyák Tamás TDK/OTDK
Illés Zsombor MSc diploma*
2. Fáradásvizsgálat tipikus hídépítési szerkezetekre *Mecséri Balázs PhD*
 - NSS – HSS fáradási jellemzők összehasonlítása
 - VEM alapú eljárások alkalmazhatósága HSS-re (hot-spot; notch stress módszer)
3. Numerikus modell alapú méretezési eljárások (hegesztés-szimuláció) *Kollár Dénes PhD*
 - gyártási sajátosságok figyelembe vétele, sajátfeszültségmodell meghatározása zárt szelvényre, trapézlemez gerincű tartóra
 - trapézlemez gerincű tartók nyírási horpadási ellenállása
4. Innovatív, numerikus módszer alapú méretezési eljárások fejlesztése, szabványosítása *Jáger Bence PhD*
 - M-V-F interakció vizsgálata
 - EN 1993-1-14 fejlesztése
5. Közvetlen erővel nem terhelt szerkezeti elemek (merevítés) méretezése - *UT Austin, USA*
 - sűrűbordás hidak függőleges és vízszintes merevítőrendszerének méretezése



Kutatócsoport felépítése

Kutató csoport vezetője: Dr. Kövesdi Balázs (Prof. Dunai László, BME
Prof. Todd A. Helwig, UT Austin)

Doktoranduszok/kutatók: Somodi Balázs (posztdoktor)
Kollár Dénes (doktorjelölt)
Mecséri Balázs (doktorjelölt)
Jáger Bence (doktorjelölt)
Yangqing Liu (Tongji University, Kína)
Matthew C. Reichenbach (UT Austin, USA)

MSc hallgatók / TDK-zó hallgatók

évente 4-5 hallgató

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

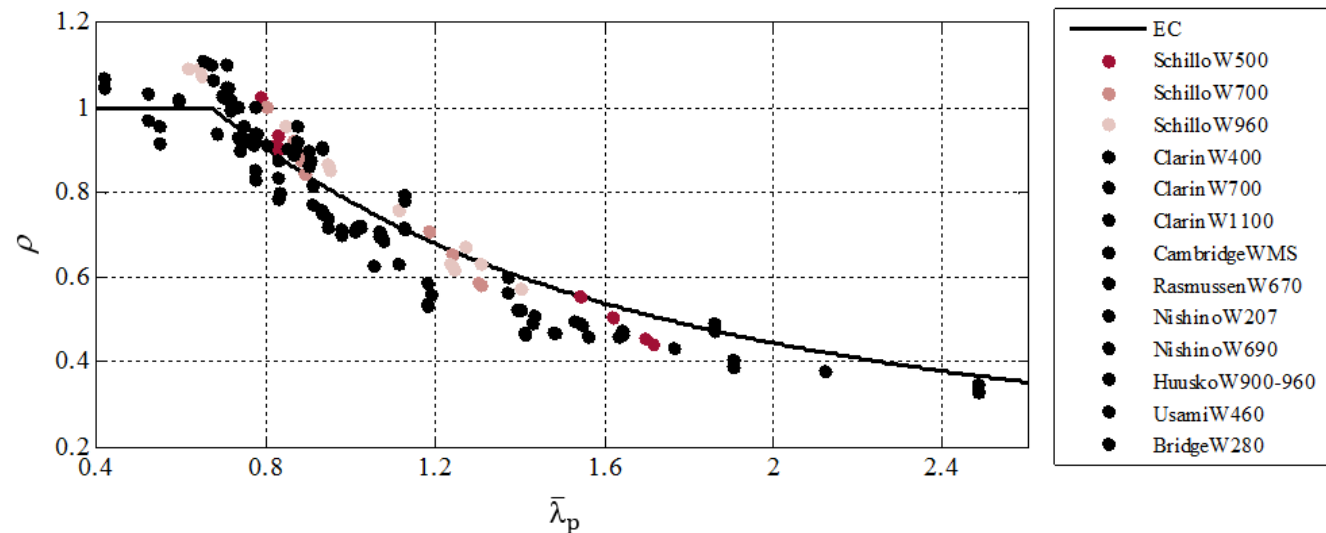
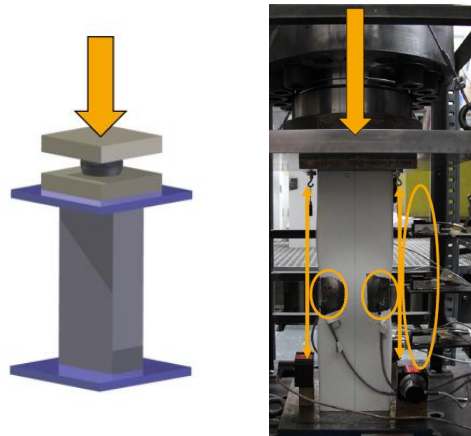
2018/19-ben: Török Viktória

TDK Konferencia 2019: Török Viktória II. díj

OTDK Konferencia 2019: Németh Gábor II. díj, Hornyák Tamás III. díj,

Lokális horpadási ellenállás

Somodi Balázs PhD
Hornyák Tamás TDK



Problémafelvetés:

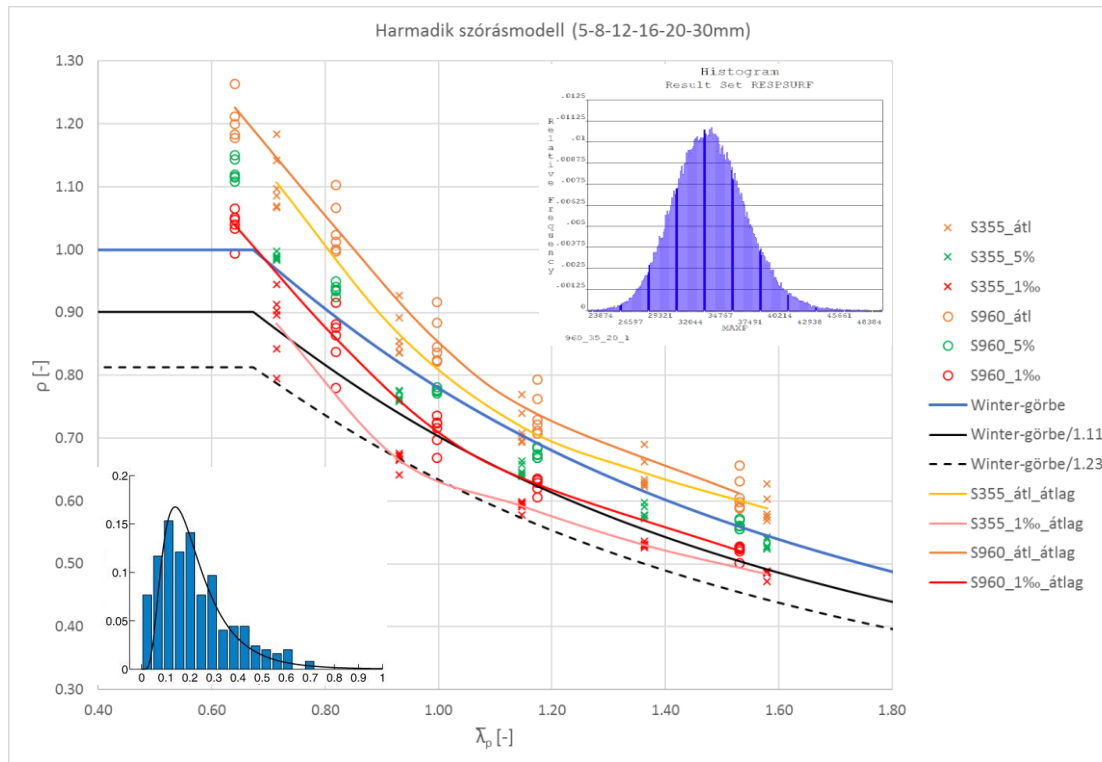
- Négyzetes zártszelvényeknél nincs kellő tervezési biztonság,
- Szabványos méretezési görbe átlag teherbírást ad meg, nem kompatibilis a parciális tényező!!!

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



Zárt szelvényre (négyzetes és téglalap) elkészültünk.

I-szelvényre való kiterjesztés folyamatban van.

Nemzetközi együttműködés 2015-2018:

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

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

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

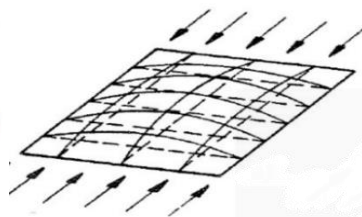
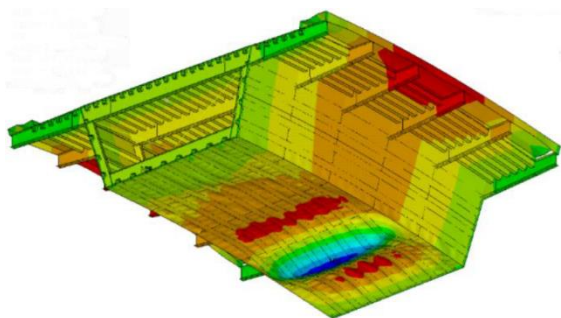
Javasolt új érték EN 1993-1-5 számára

CEN/TC250/SC3 WG5

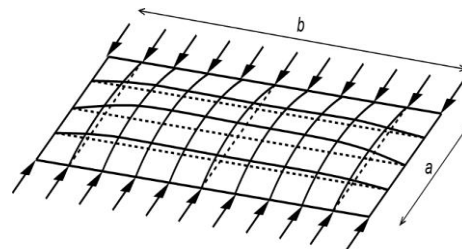
CEN WG5 meeting: 2018.02.06, Párizs
2019.02.15, Innsbruck

EN 1993-1-5 second generation

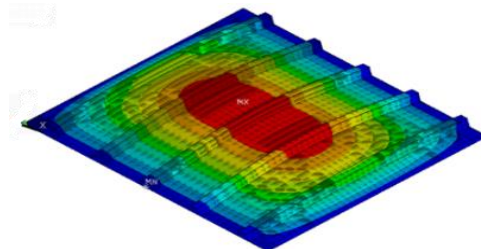
Ortotróp lemez horpadási ellenállása



lemezszerű viselkedés



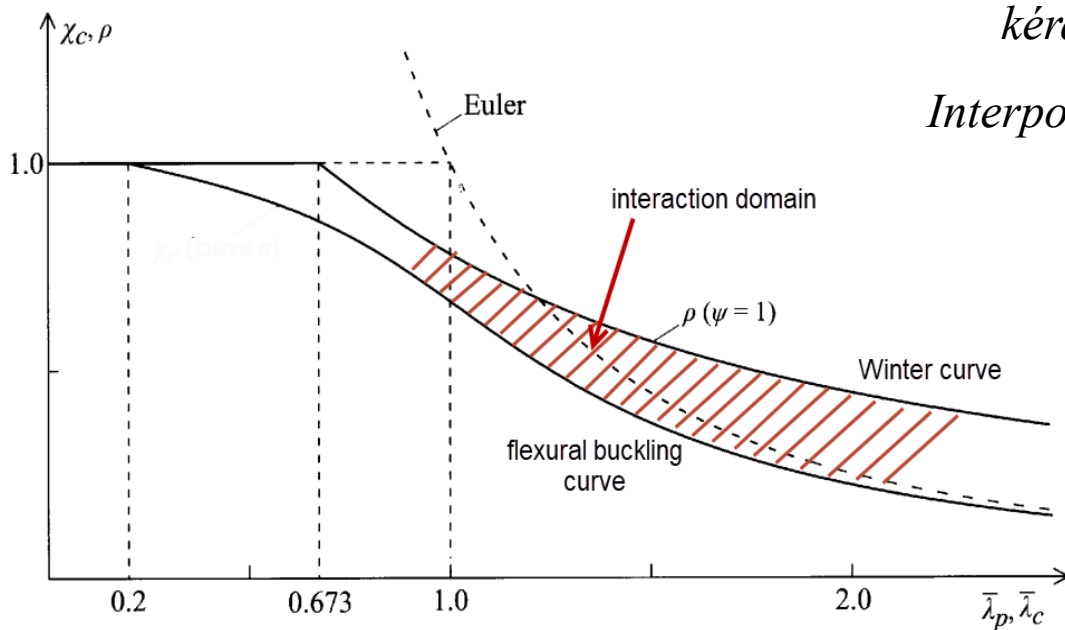
oszlopszerű viselkedés



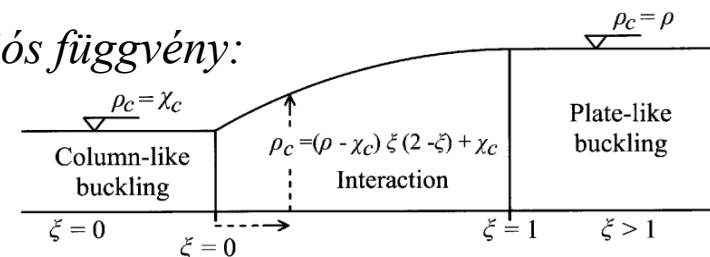
interakciós viselkedés

Valós szerkezeti viselkedés a lemez és oszlopszerű viselkedés között van

kérdés: hogyan méretezzük a hidakat?



Interpolációs függvény:



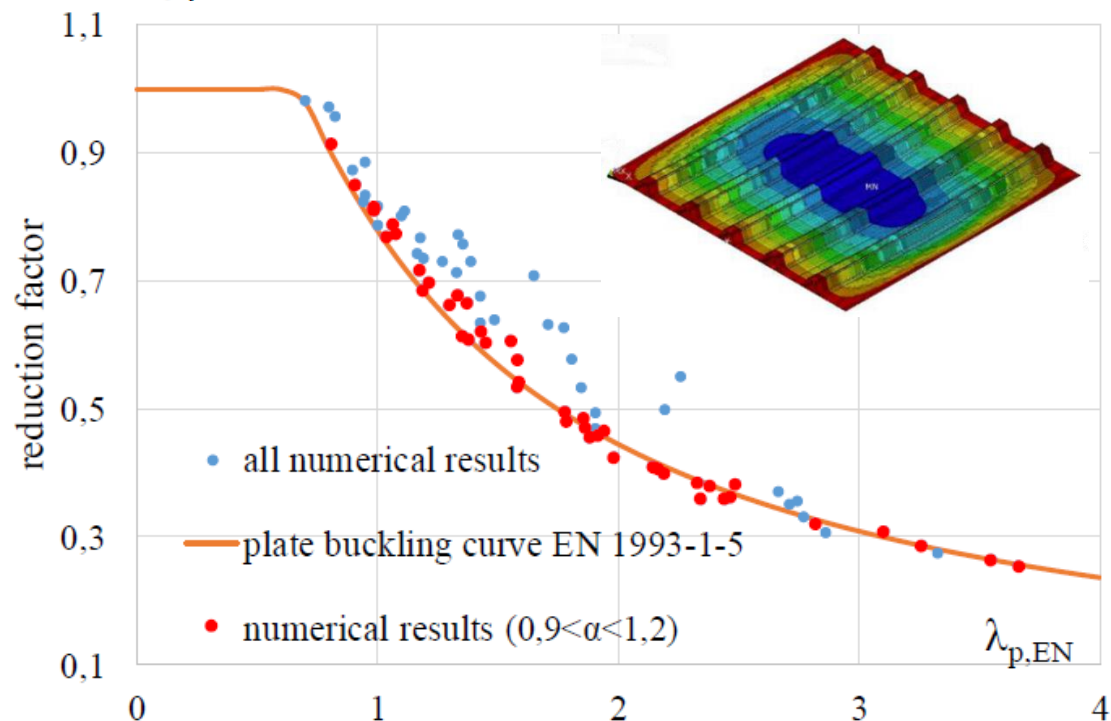
$$\rho_c = (\rho - \chi_c) \cdot \xi \cdot (2 - \xi) + \chi_c$$

Kutatási célok:

1. Interpolációs függvény vizsgálata
2. Lemezhorpadási görbe megbízhatósági vizsgálata

Ortotróp lemez horpadási ellenállása

$$\rho_{p,num} = \frac{N_{ult,p}}{A \cdot f_v}$$



Következtetések:

1. *Jelenlegi interpolációs függvény és horpadási görbe* a szabványos méretezési eljárások alkalmazásával megfelelő, *biztonság oldalán van.*

2. Numerikus modellel kombinálva azonban a biztonság kárára téved

mindkettő felülvizsgálatra szorul

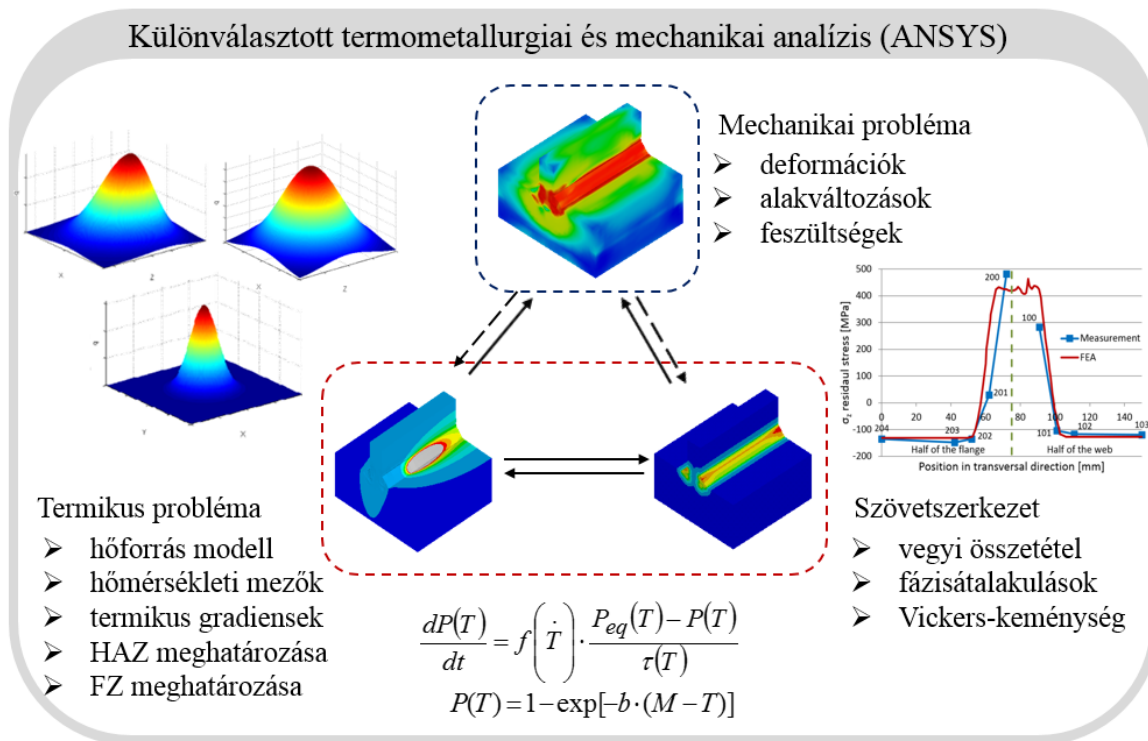
VEM alapú modellek elterjedésével ez kulcsfontosságú a szerkelettervezésben

nemzetközi együttműködésben vizsgáljuk tovább a kérdést

BME Hidak és Szerkezetek Tanszék (Dunai László, Kövesdi Balázs)
 BME Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék (Ádány Sándor)
 CTICM France (Pierre-Olivier Martin)
 Universität Stuttgart (Ulrike Kuhlmann)
 TNO Hollandia (Henri Steenbergen)

Hegesztés-szimuláció alkalmazása

Kollár Dénes PhD



gyártási folyamat modellezése



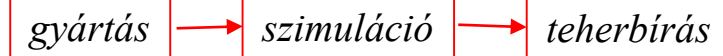
gyártási sajátosságok meghatározása (deformációk, sajátfeszültségek)

Célok:

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

2018 fejlesztés, kutatás éve

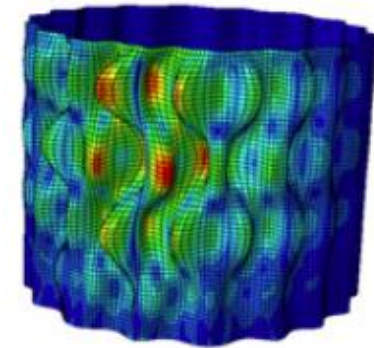
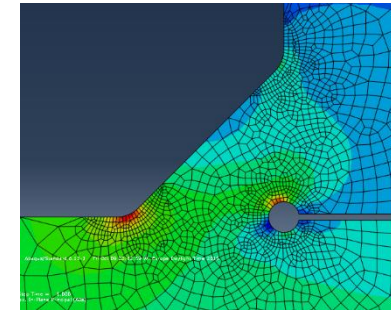
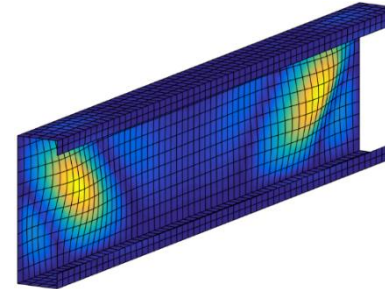
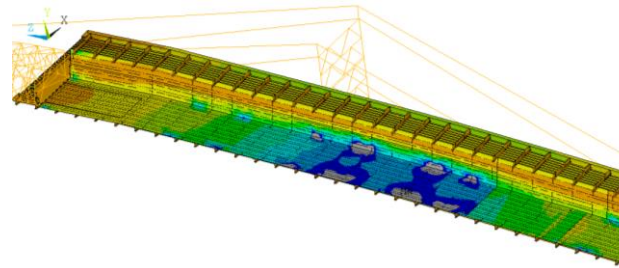
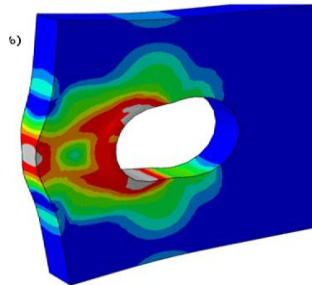
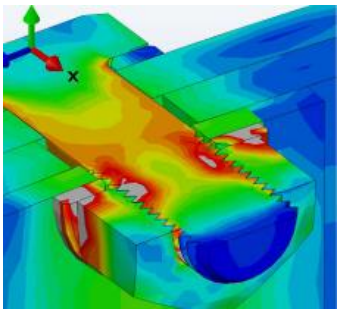
2019 publikációk és PhD disszertáció összeállítás éve



Kollár Dénes PhD védés - várható időpont: 2019. vége

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.

2019: EN 1993-1-14 2nd Draft elkészült – 2019.május 30. → **CEN/TC250/SC3 – WG22**

Merevítőrendszerek méretezése



Problémafelvetés:

1. Olyan szerkezeti elemek, melyek stabilizálnak közvetlen erővel nem, vagy csak részben terheltek
2. Alulméretezésük szerkezeti tönkremenetelhez vezet

2002 – 2019 között 4 híd szakadt le az USA-ban.

Widening híd - 2008



Rio Puerco River híd - 2011



Merevítőrendszer méretezése



Problémafelvetés:

1. Olyan szerkezeti elemek, melyek stabilizálnak közvetlen erővel nem, vagy csak részben terheltek
2. Alulméretezésük szerkezeti tönkremenetelhez vezet

2002 – 2019 között 4 híd szakadt le emiatt

Marcy híd - 2002

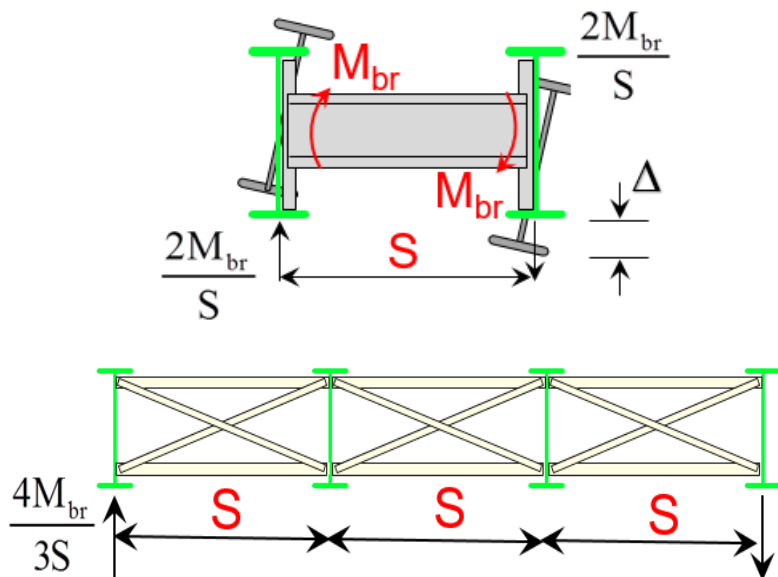


102 Avenue bridge - 2015

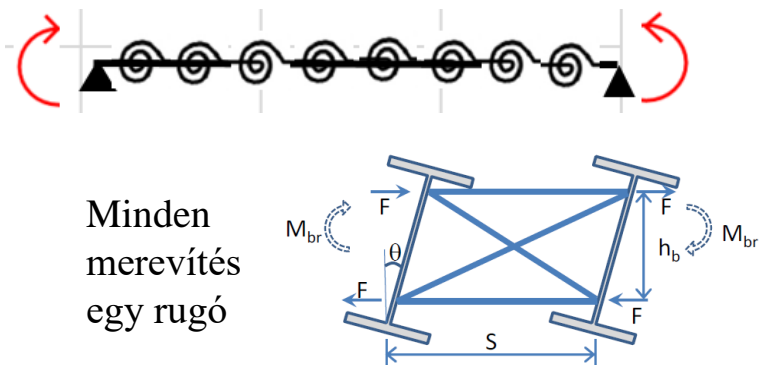


Merevítőrendszer méretezése – függőleges merevítés

Szerkezeti viselkedés

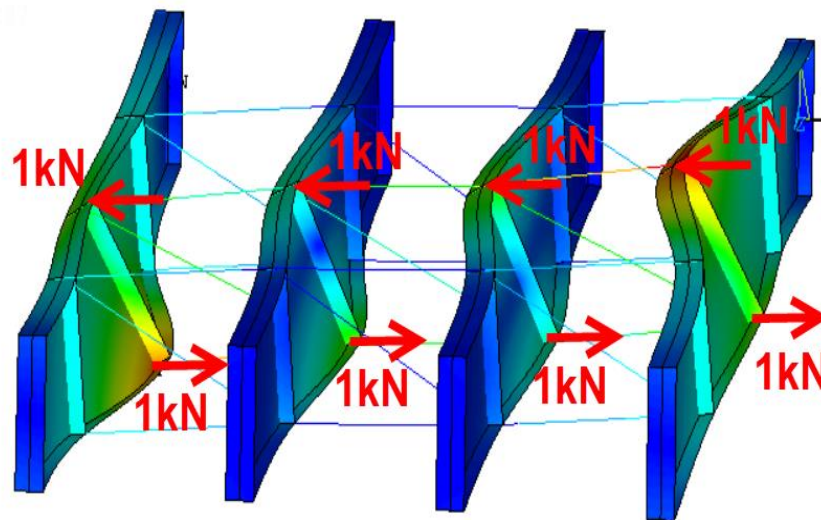


Mechanikai modell



Minden merevítés egy rugó

Numerikus modell



Új méretezési eljárás (Kövesdi, Helwig - 2019)

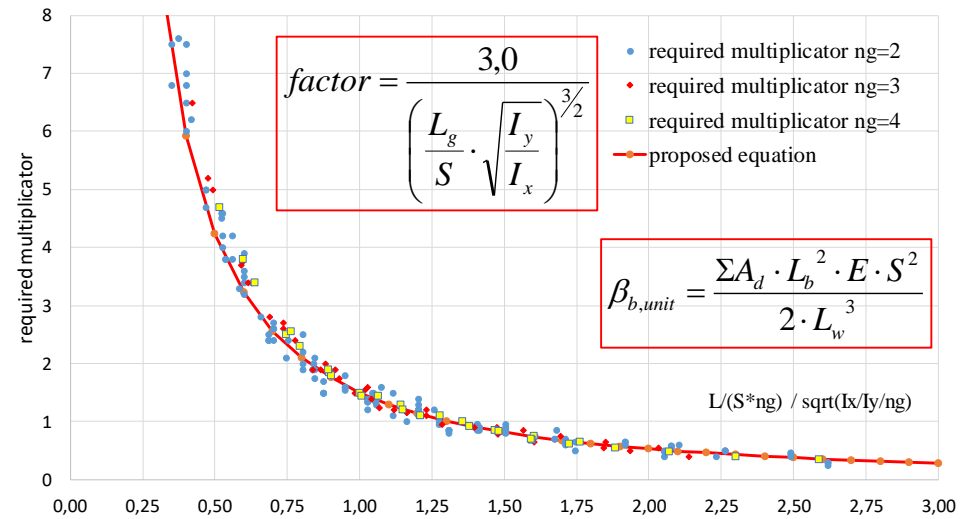
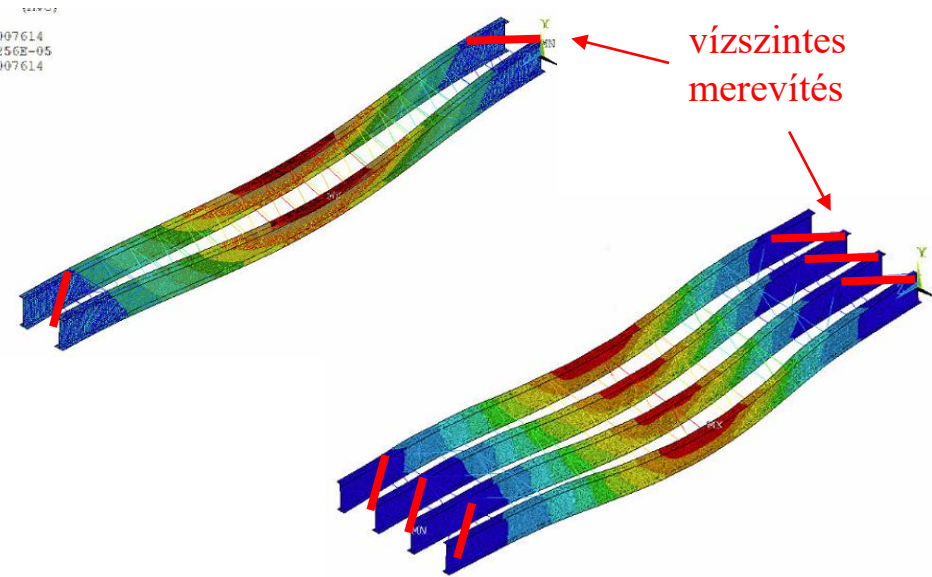
szükséges rugómerevség

$$\beta_{T,ideal} = \frac{M_{cr,n+1}^2}{E \cdot I_y} \cdot \frac{L}{n+1} \cdot 2 \cdot N_{mod,twin} \cdot N_{mod,g}$$

$$N_{mod,twin} = 0.9 - 0.15 \cdot W$$

$$N_{mod,g} = \frac{1}{n_g} + 0.45$$

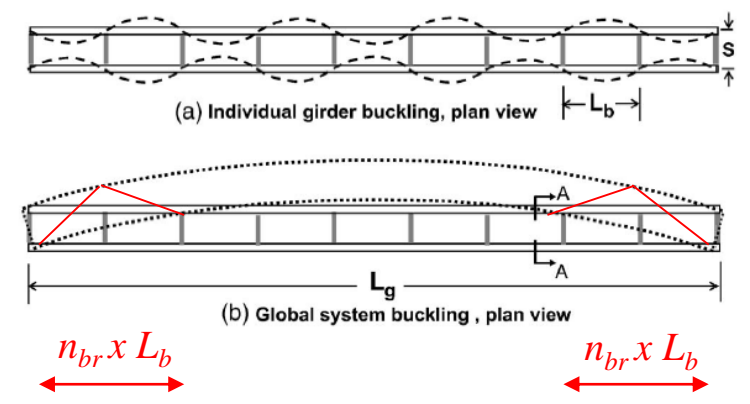
Merevítőrendszer méretezése – vízszintes merevítés



Új méretezési eljárás (Kövesdi, Helwig - 2019)

$$M_{cr} = \sqrt{M_{gs,0}^2 + factor \cdot \frac{2 \cdot n_{br} \cdot L_b}{L_g} \cdot \frac{\beta_{b,unit}}{L_b} \cdot E \cdot I_y}$$

$M_{gs,0}^2$: Merevítés nélküli eset
 $factor$: módosító tényező – kalibráció alapján
 $\frac{2 \cdot n_{br} \cdot L_b}{L_g}$: merevítés hossza
 $\frac{\beta_{b,unit}}{L_b}$: merevítés merevsége
 $E \cdot I_y$: gerenda merevsége



Eredményeink bemutatása – hasznosulása

1. Folyóirat cikkek / konferencia cikkek **6 (+3 +3) db Q1-es cikk IF: >20;**
5 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/nemzetközi szakmai konferenciák:

SSRC Annual Stability Conference 2019. április

BEI Bridge Engineering Conference 2019. július

SDSS Conference 2019. szeptember

MAMEK 2019. augusztus



Köszönöm a figyelmet !



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA

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

