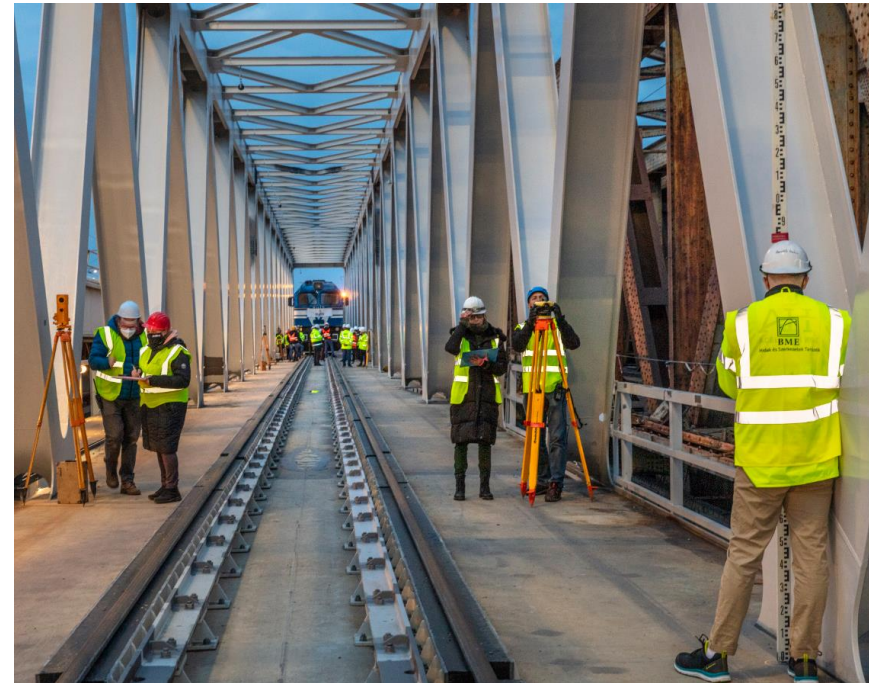


# Hidak próbaterhelése

## geodéziai mérések és szerkezetvizsgálat kapcsolata



**Dr. Kövesdi Balázs**

egyetemi docens

BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

# Próbaterhelés célja

1. Egy újonnan megépült szerkezet **statikai viselkedésének** elemzése.
2. A szerkezet tervezéséhez használt **számítási modell pontosságának** ellenőrzése
  - mechanikai jellemzők mérés és számításának összehasonlítása révén

**statikus jellemzők mérése**

(lehajlások, nyúlások, hídvégi elmozdulások,  
piloncsúcs elmozdulás, kábelerők, stb...)



statikus  
próbaterhelés

**dinamikai jellemzők mérése**

(sajátfrekvencia, dinamikus többletterhelés mérése)



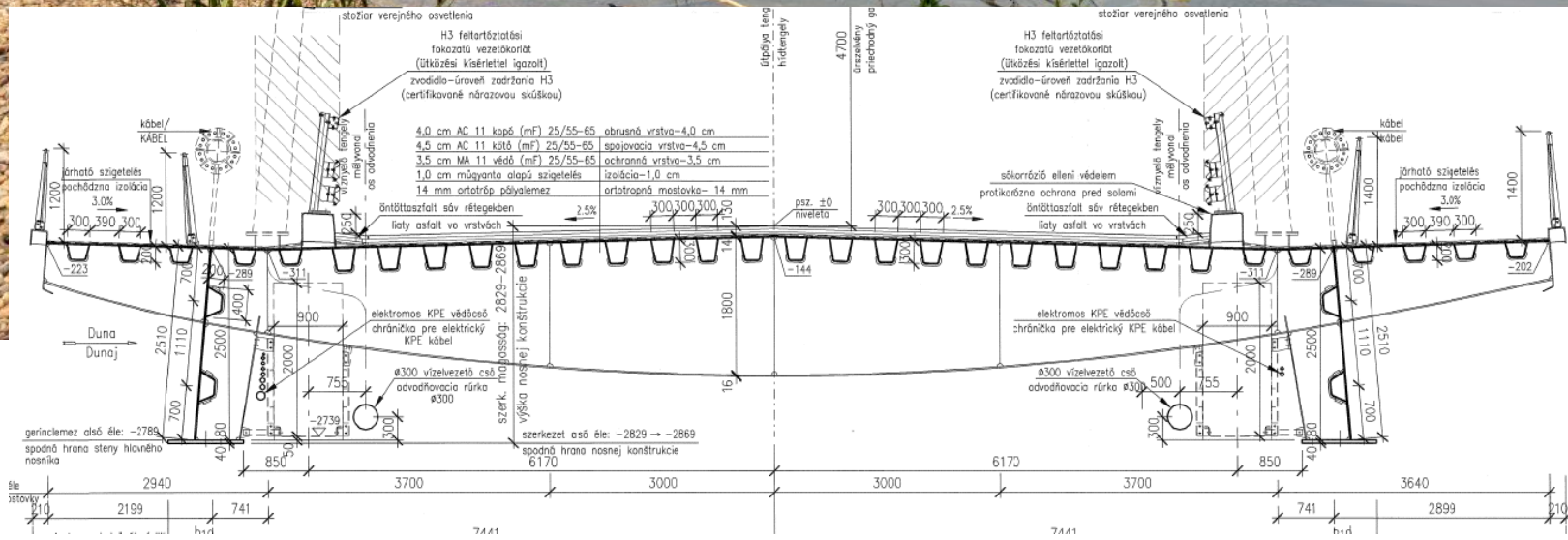
dinamikus  
próbaterhelés

3. A próbaterhelésnek nem célja a szerkezet kellő teherbírásának vizsgálata



**Előadás apropója:** statikai jellemzők meghatározásában az elmúlt években sok esetben együttműködött a **BME Hidak és Szerkezetek Tanszék** és a **BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék**

# Új komáromi Duna-híd (Monostori híd)



# Terhelő járművek – statikus próbaterhelés

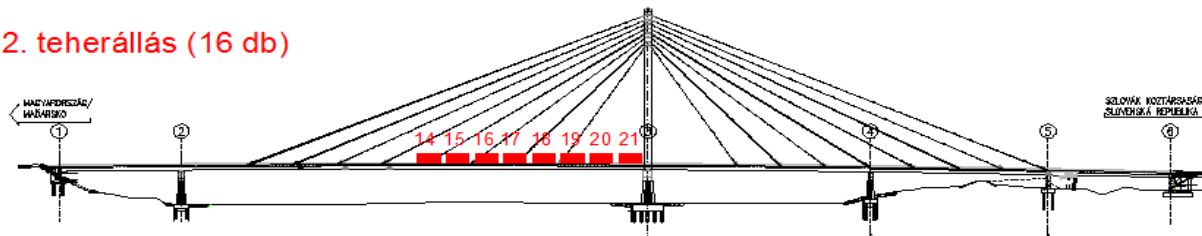


32 darab, átlagosan 310 kN súlyú,  
ötgengelyes jármű

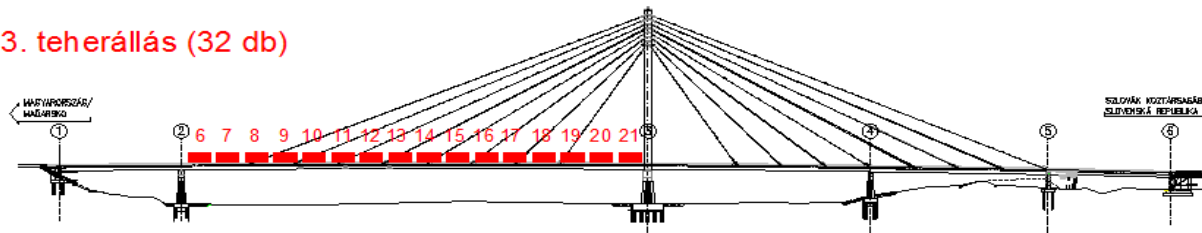


# Statikus mérések programja

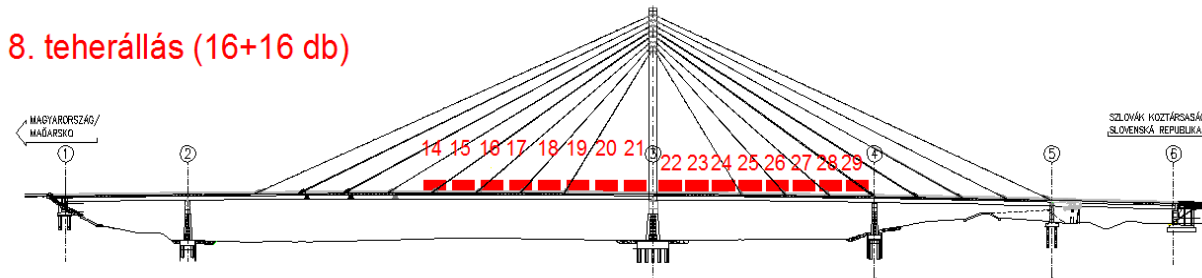
2. teherállás (16 db)



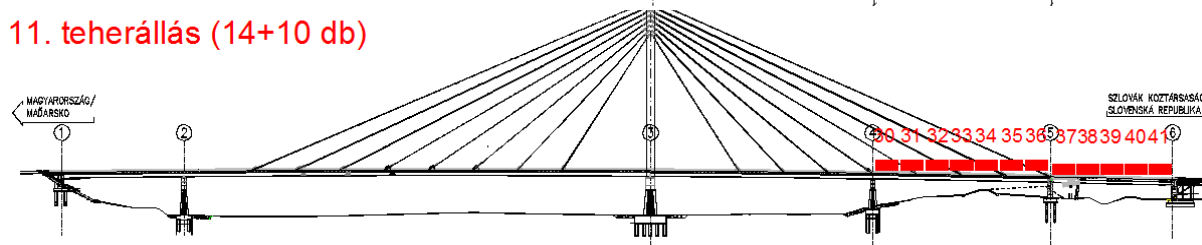
3. teherállás (32 db)



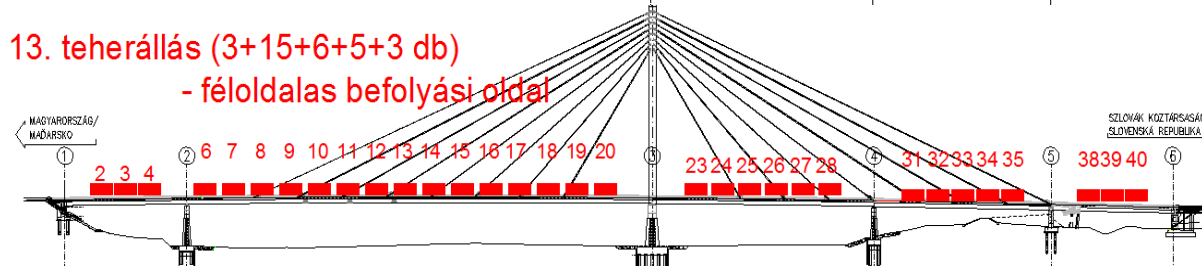
8. teherállás (16+16 db)



11. teherállás (14+10 db)

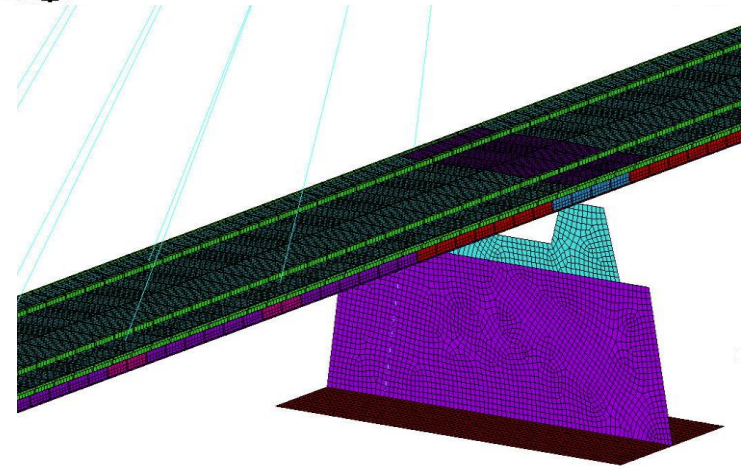
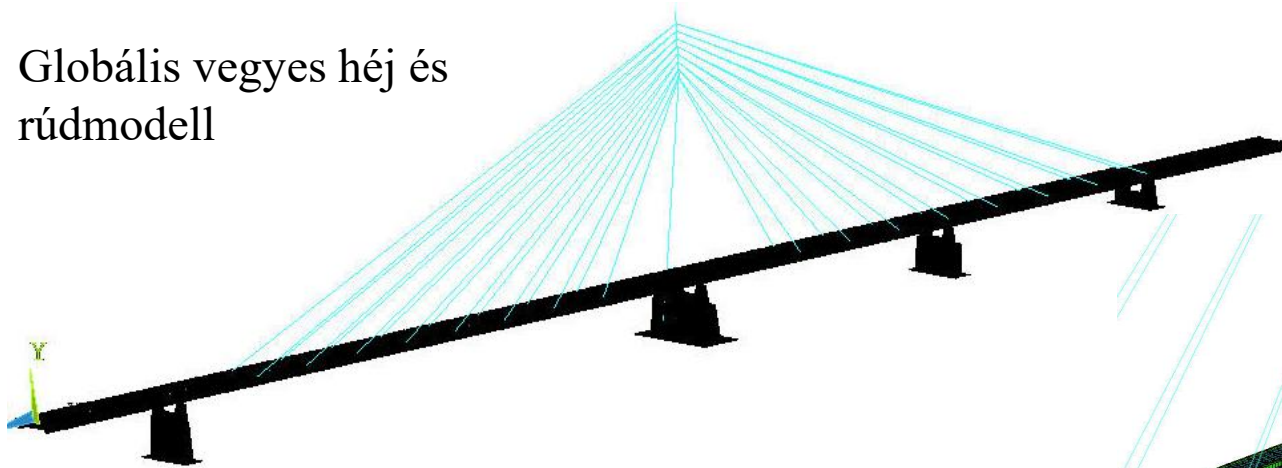


13. teherállás (3+15+6+5+3 db)  
- féoldalás befolyási oldal

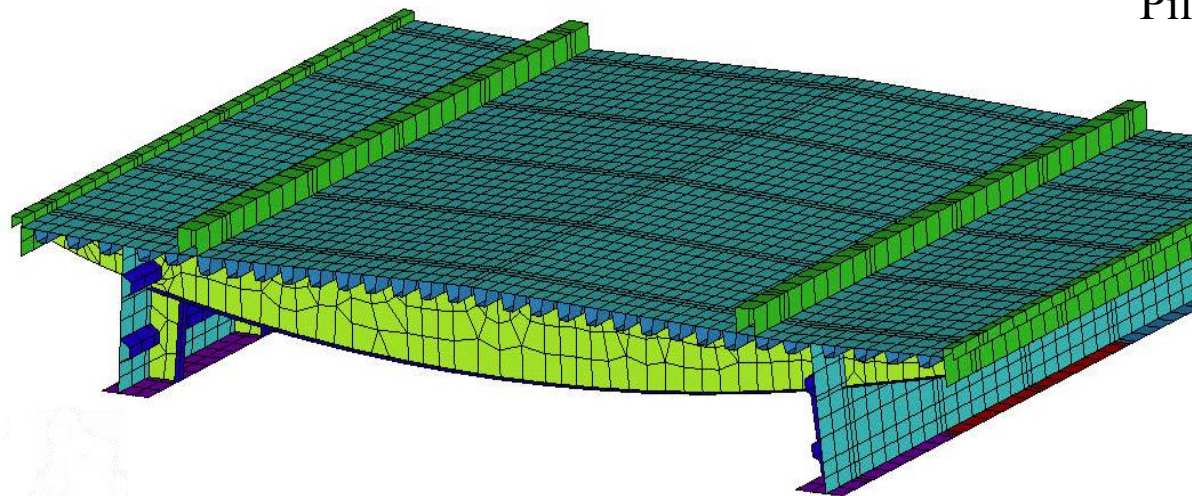


# Kidolgozott numerikus modell

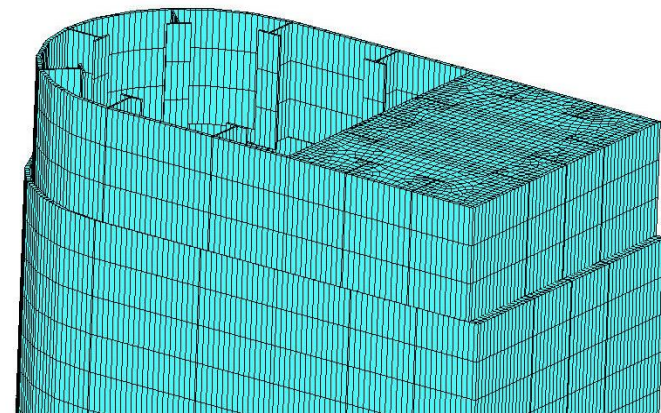
Globális vegyes héj és rúdmodell



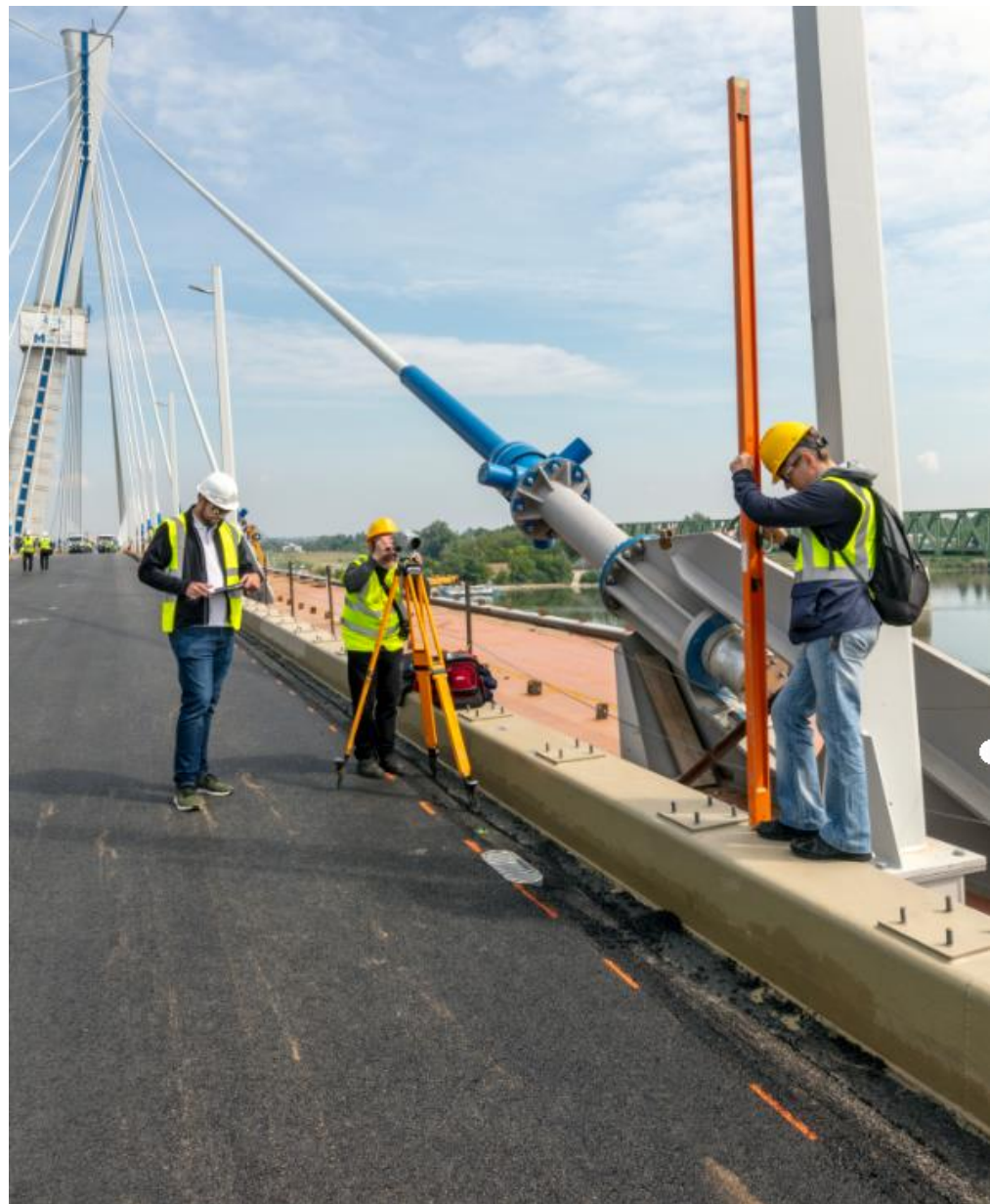
Pályaszerkezet: teljes héjmodell

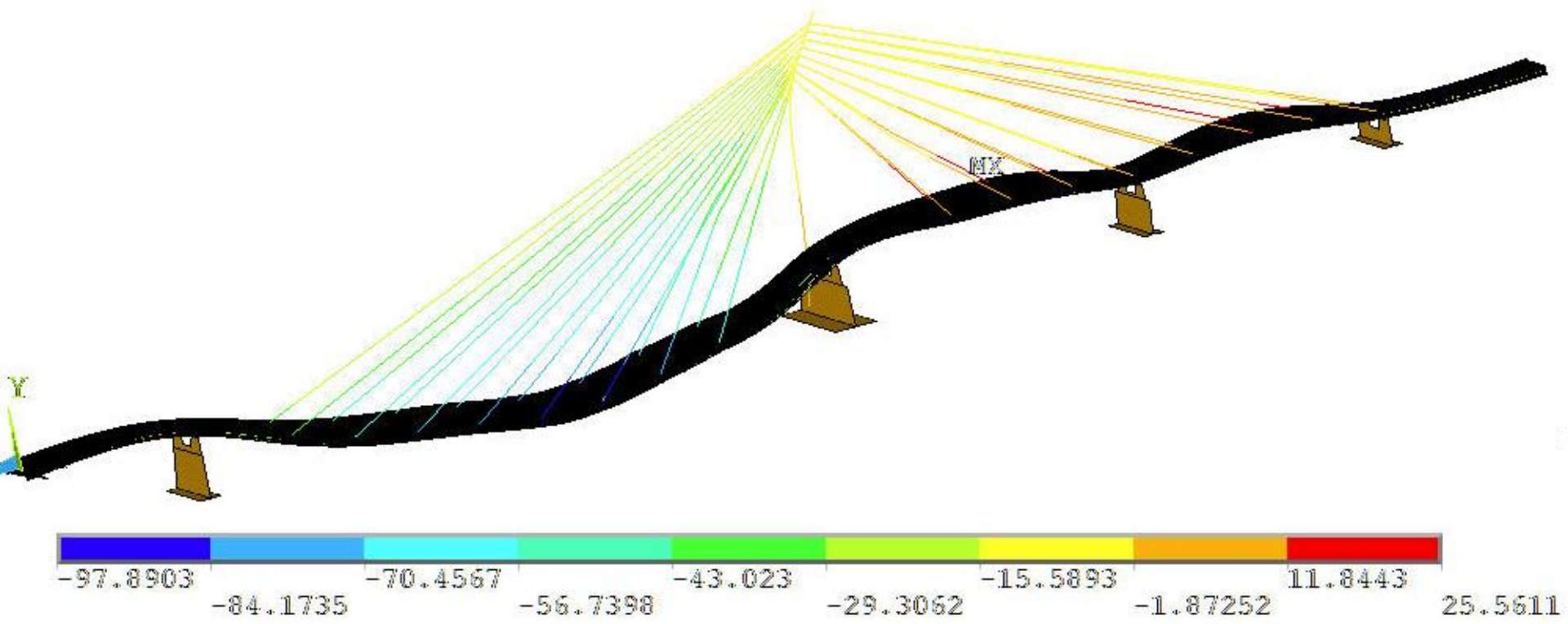


Pilon: rúdmodell / testmodell  
(pontosított vizsgálatokhoz)



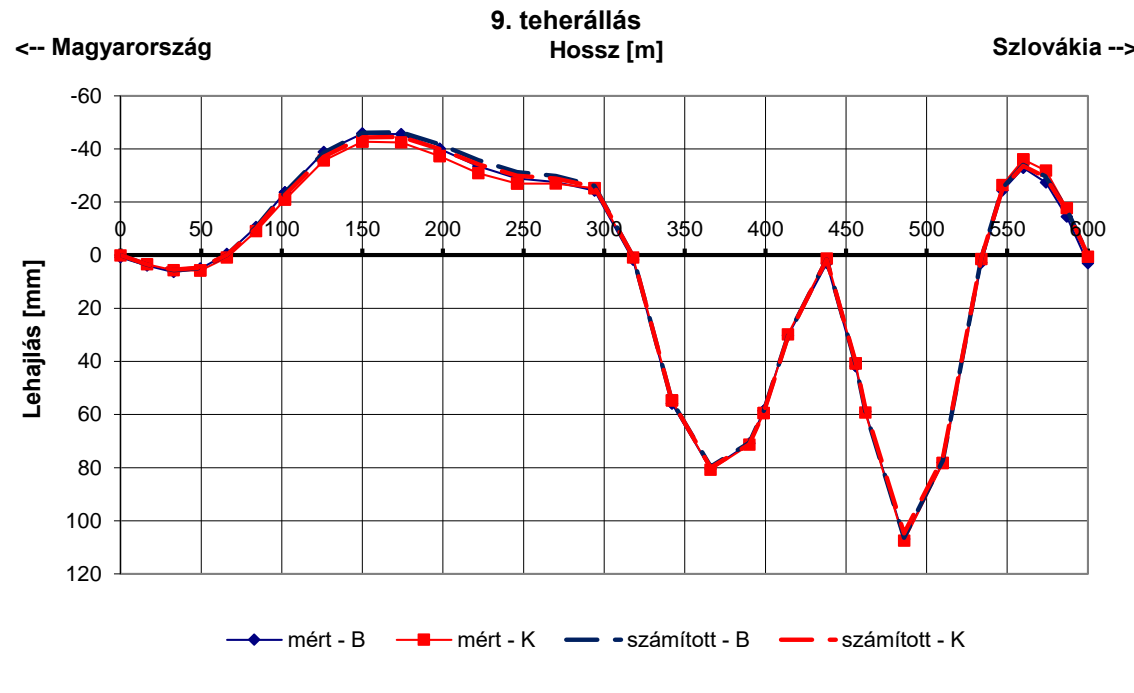
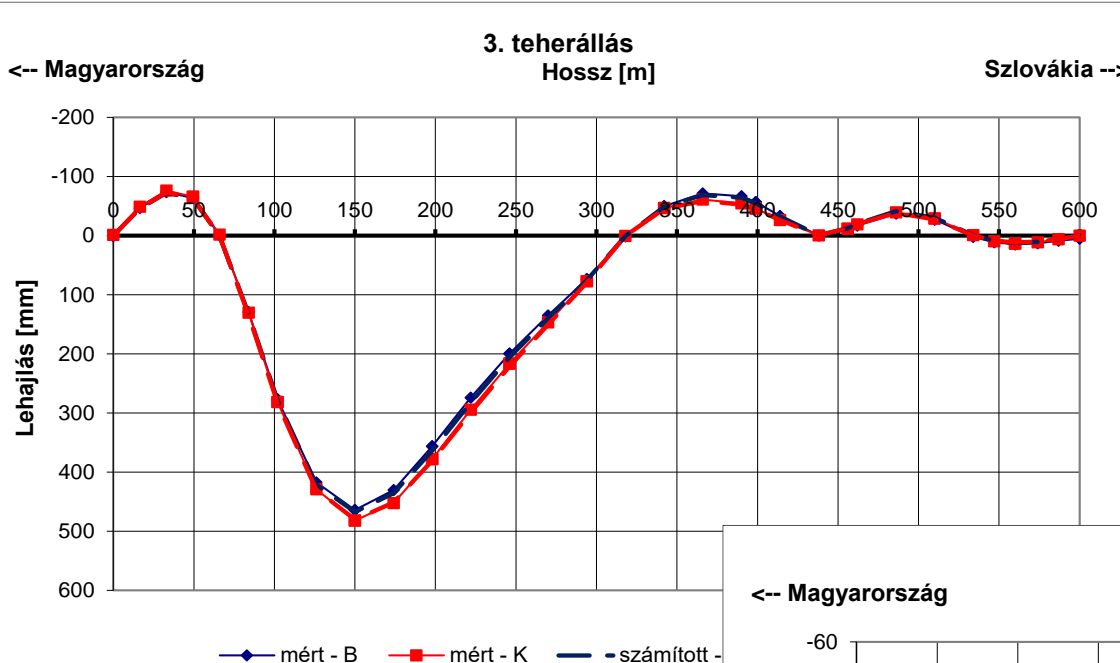
# Statikus vizsgálatok - lehajlásmérés







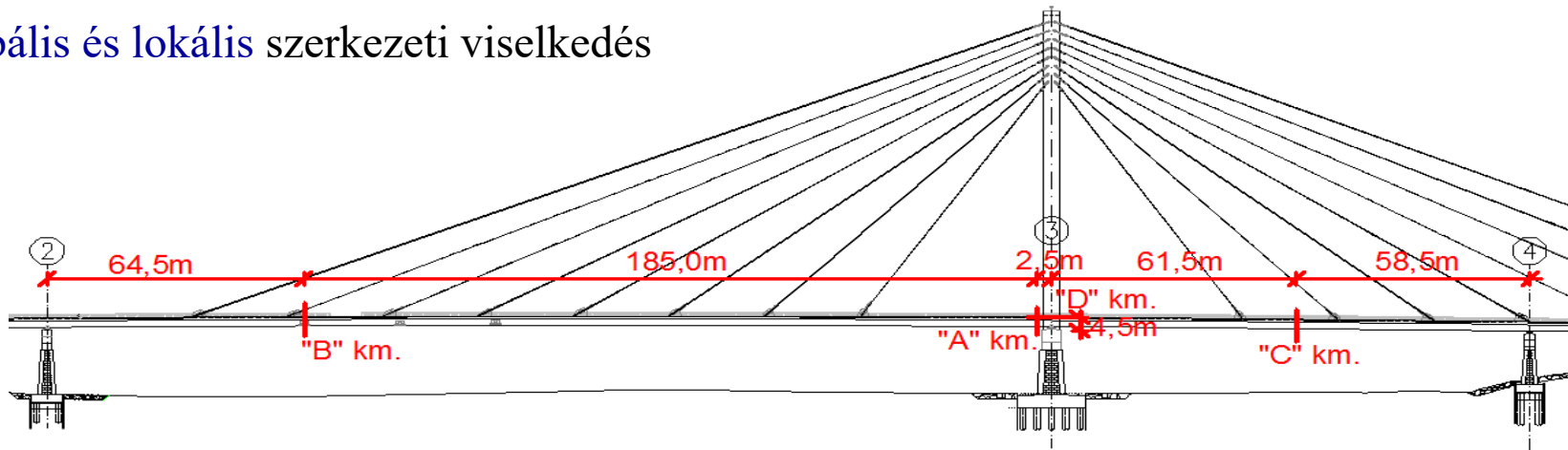
# Mért és számított lehajlások összehasonlítása



	maximális lehajlás	
	mért	számított
1 - 2 nyílás	60.8	61.6
2 - 3 nyílás	482	482.2
3 - 4 nyílás	89.6	90.0
4 - 5 nyílás	107.5	108
5 - 6 nyílás	57.3	59.6

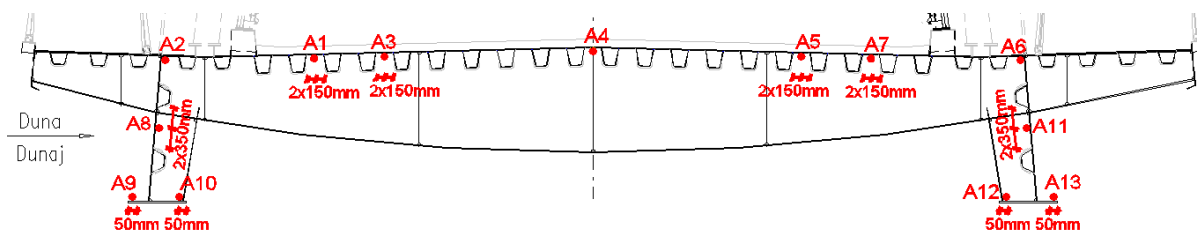
# Statikus mérési eredmények - nyúlásmérés

## Globális és lokális szerkezeti viselkedés

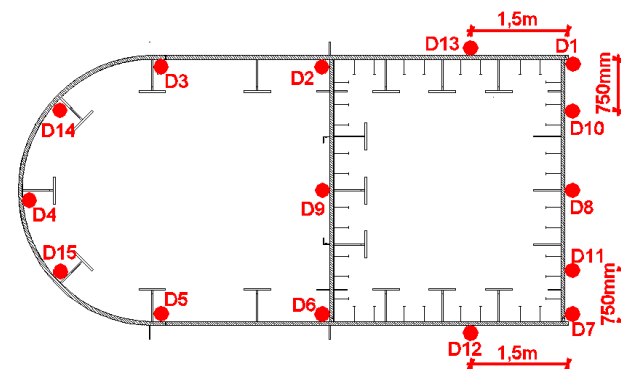


- 3 globális keresztmetszet
- pilon
- 45 db mérési pont
- keresztartó
- hosszbordák / pályalemez
- 28 db mérési pont

## Nyúlásmérő bélyegek a merevítőtartón és pályalemezen

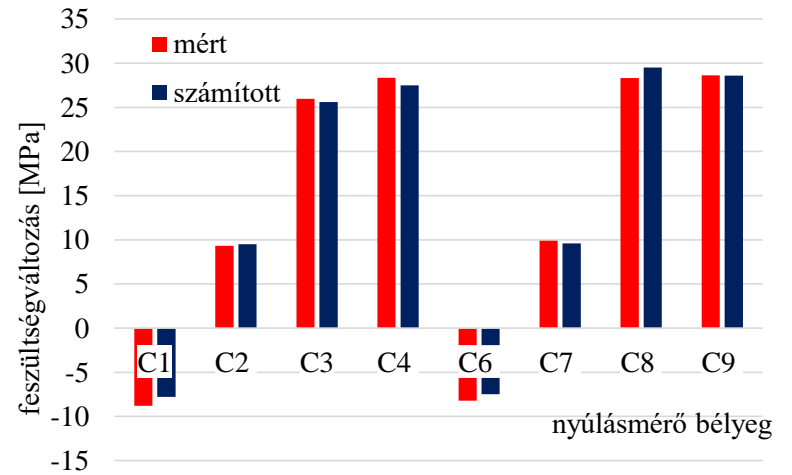
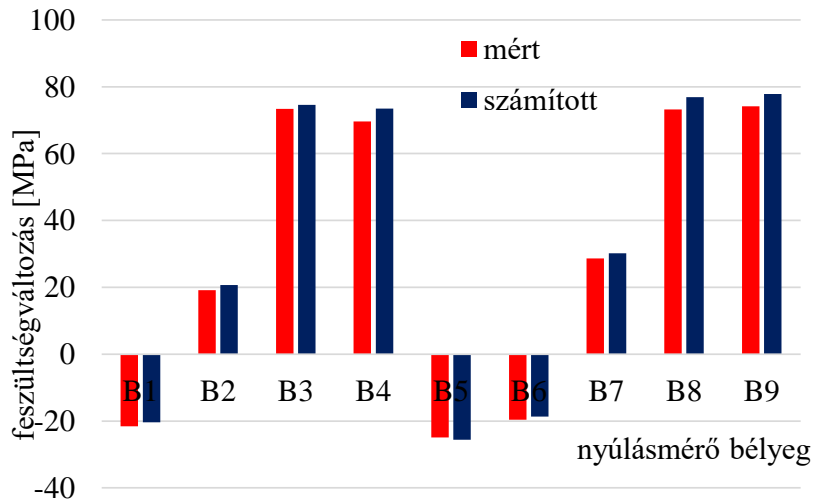
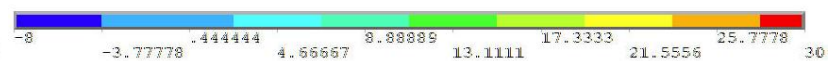
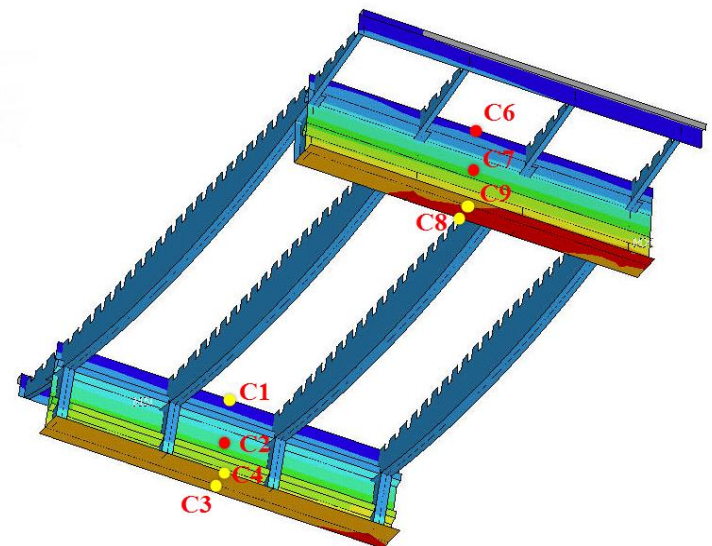
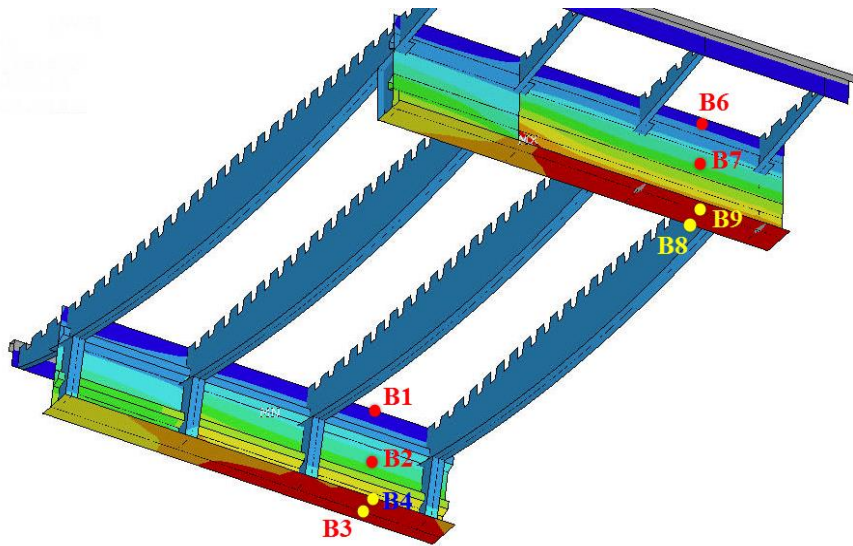


## Nyúlásmérő bélyegek a pilonon



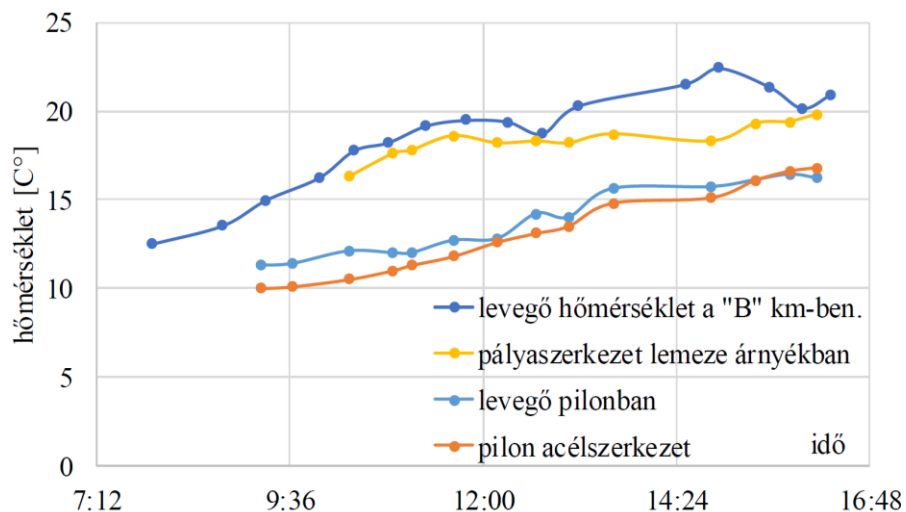
Összesen 73 db nyúlásmérő bélyeg

# Statikus mérési eredmények - nyúlásmérés

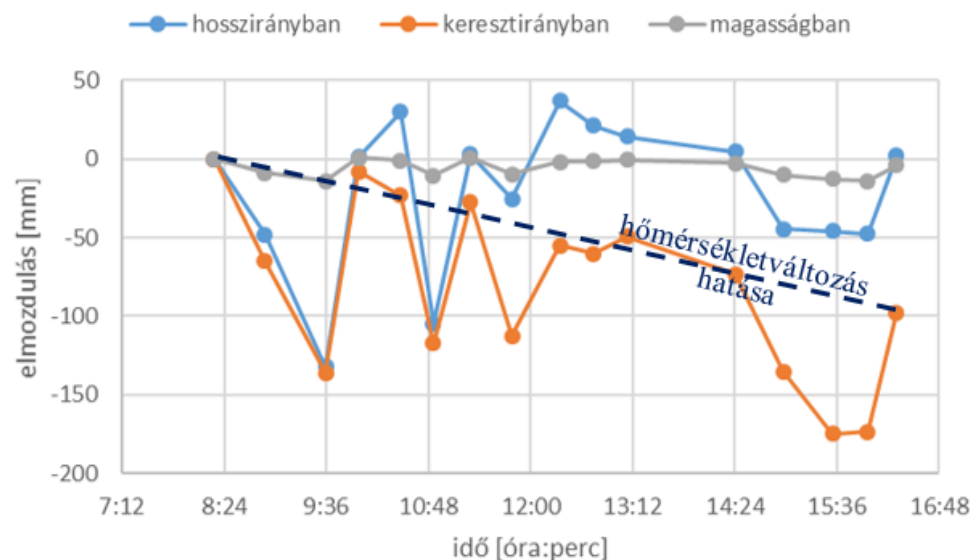


# Pilon elmozdulásmérés

## Hőmérsékletváltozás mérés alatt



## Mért elmozdulás



3. teherállásban hasznos teherből jó egyezés:

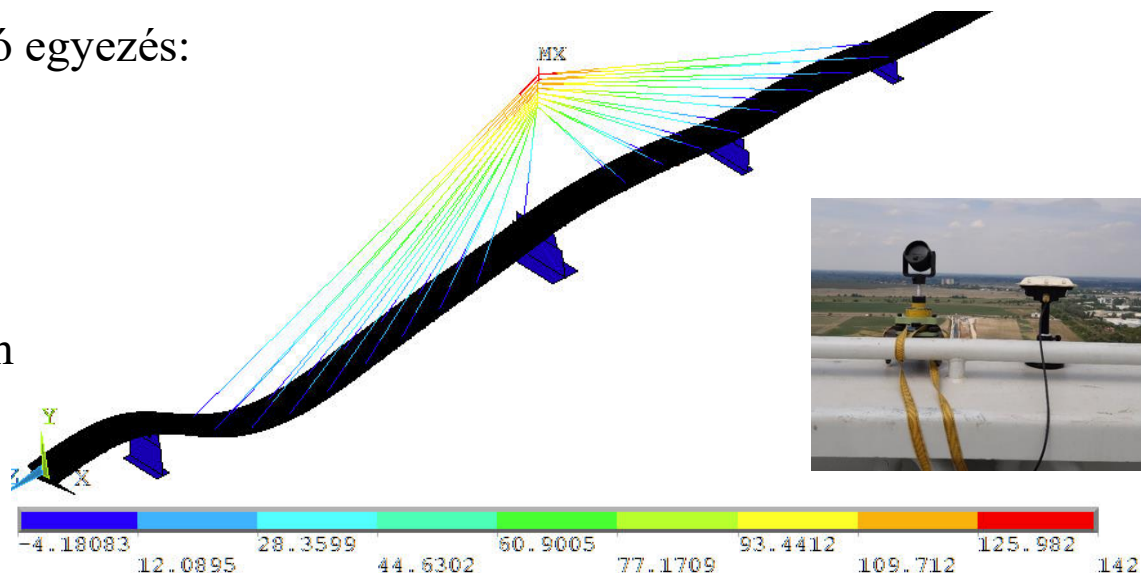
számított érték: 142 mm

mért érték: 136 mm

hőmérséklet hatásból mérés alatt:

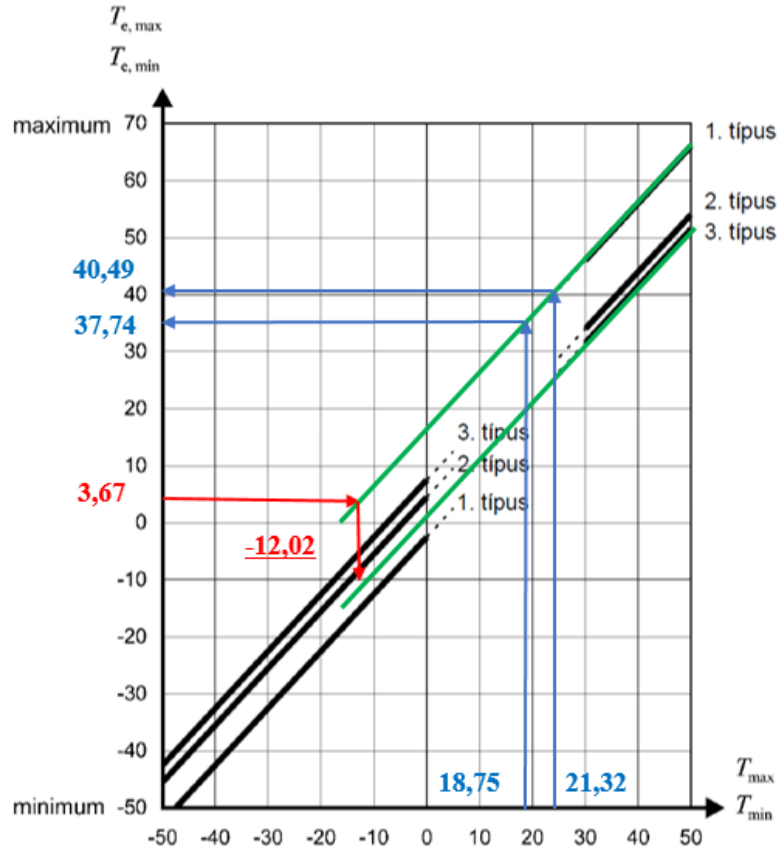
keresztirányú elmozdulás: 100 mm

hosszirányú elmozdulás: alternáló



# Hőmérsékleti hatás pontosított vizsgálata

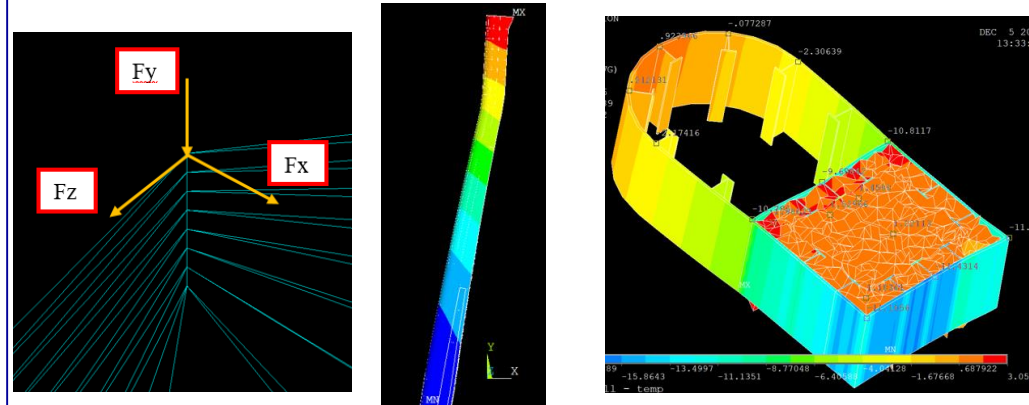
## Szabványos eljárás



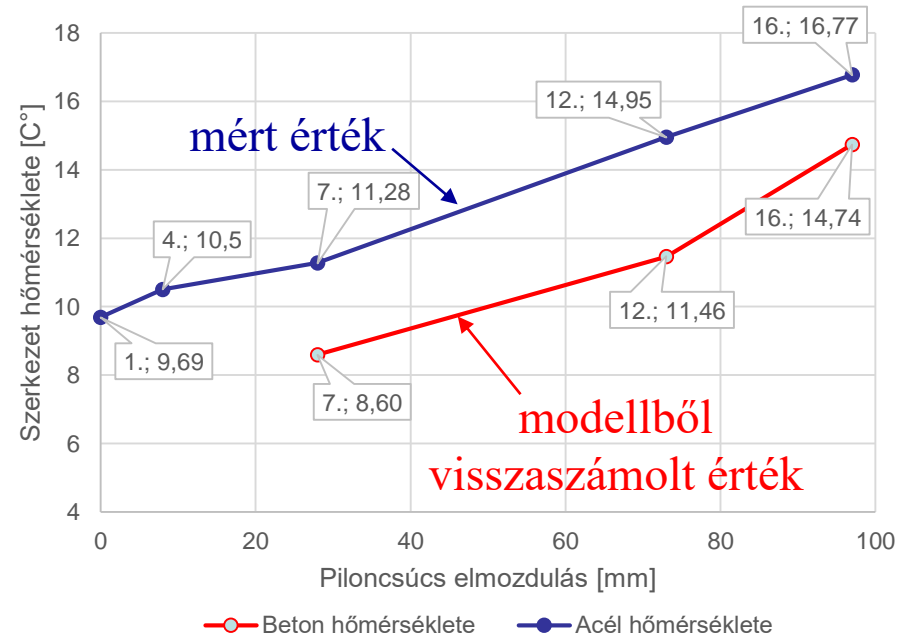
Kibetonozott acélcsőre, pilonra korlátozottan alkalmazható.

Egyenlőtlen hőmérsékletváltozás hatása?

## Pontosított modellen hőmérsékleti tehermodell pontosítása



## Acél és beton pontosított hőmérséklete

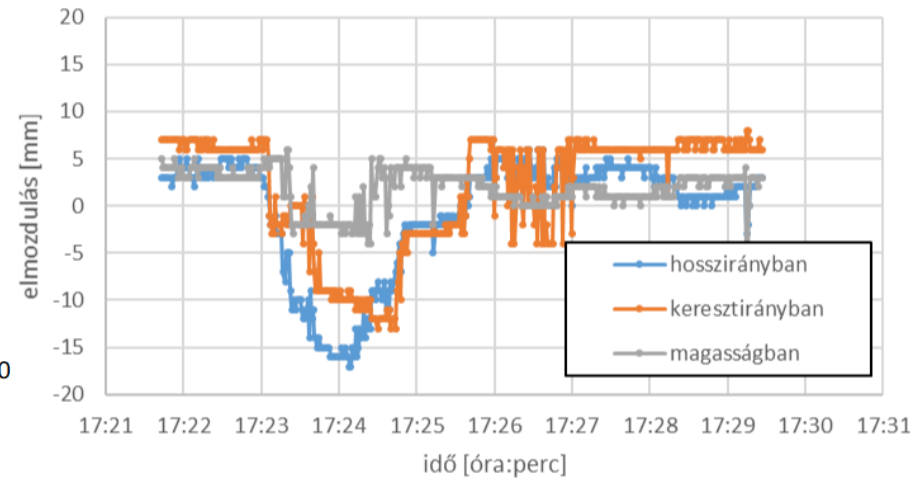
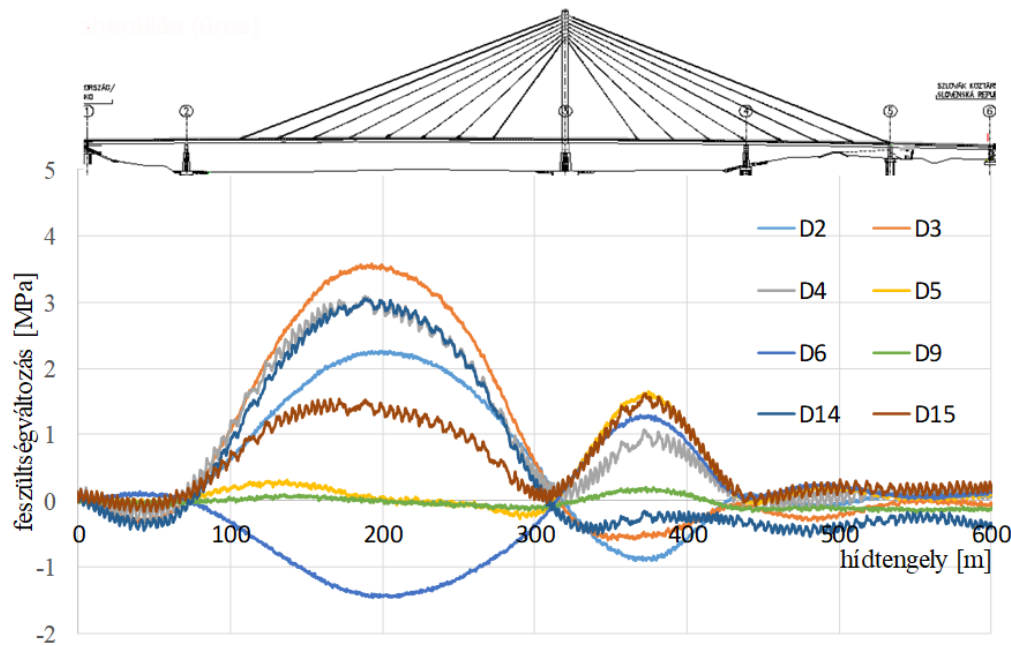


# Dinamikus mérés – pilon viselkedése

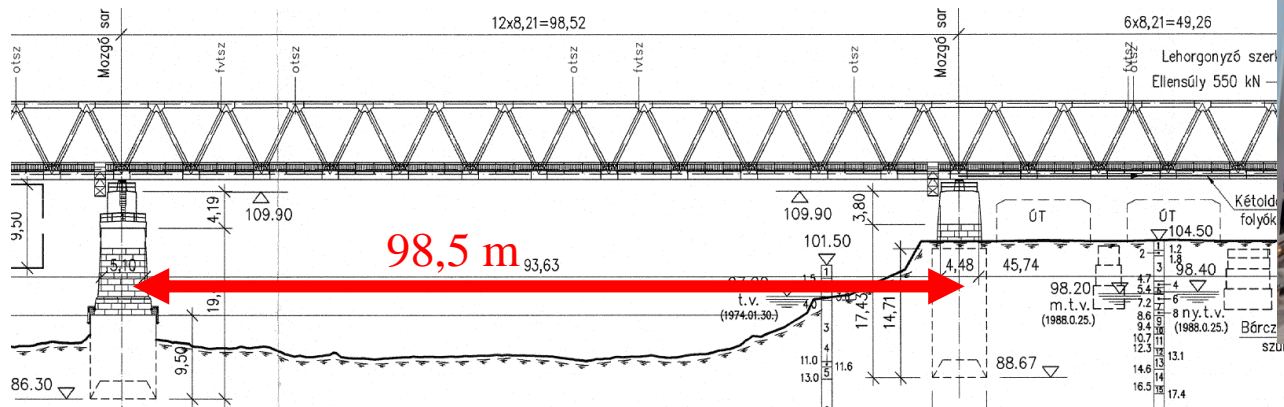
2 db tehergépkocsi egymással párhuzamosan		
1. futam	5 km/h	Magyarország felől
2. futam	20 km/h	Szlovákia felől
3. futam	40 km/h	Magyarország felől
4. futam	50 km/h	Szlovákia felől
5. futam	60 km/h	Szlovákia felől
6. futam	80 km/h	Magyarország felől
7. futam	90 km/h	Magyarország felől

Mért dinamikus tényezők értékei:

pilon:  $\mu=1,10$



# Déli Összekötő Vasúti híd



*Fotó: Oravec I.*

# Terhelő járművek

Statikus vizsgálathoz:

1 db M62-es mozdony és 14 db  
Faccs zúzottkővel megrakott vagon

54,4 kN/m megoszló erőnek felel meg,  
mely ~68 %-a az LM71 jelű járműteher  
megoszló rész alapértékének.



Dinamikus vizsgálathoz:

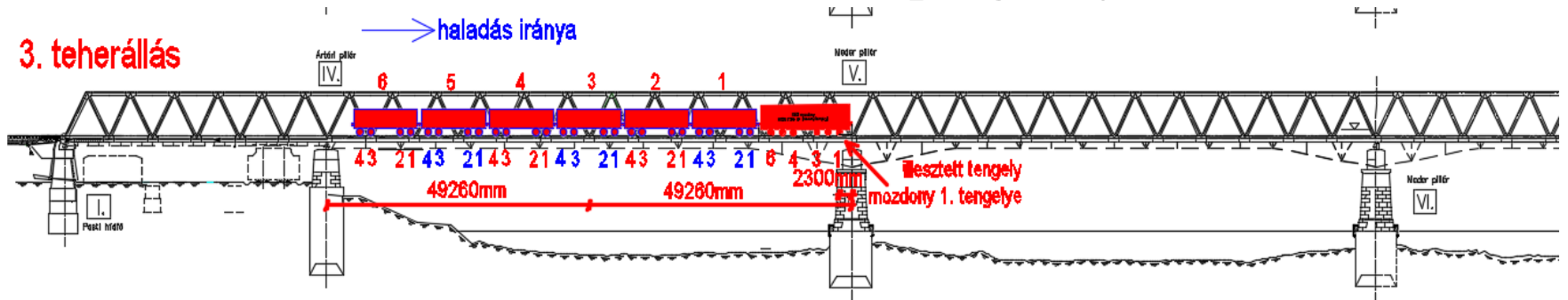
2 db M62-es mozdony



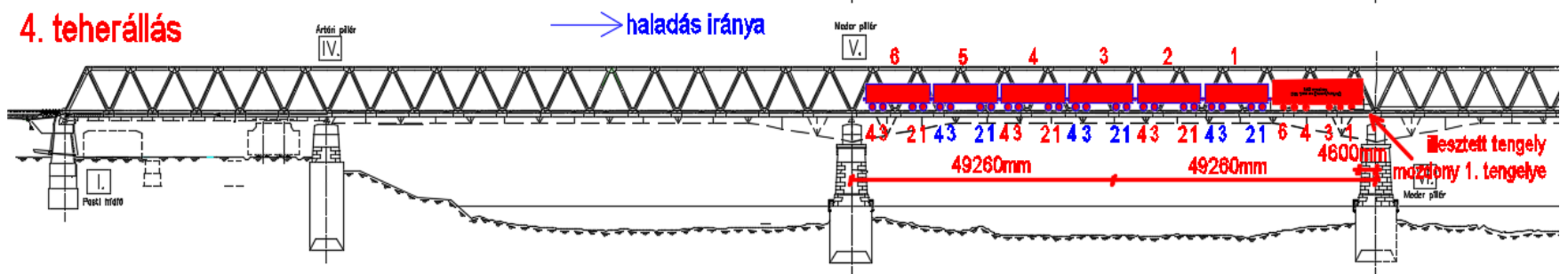


# Statikus mérések programja

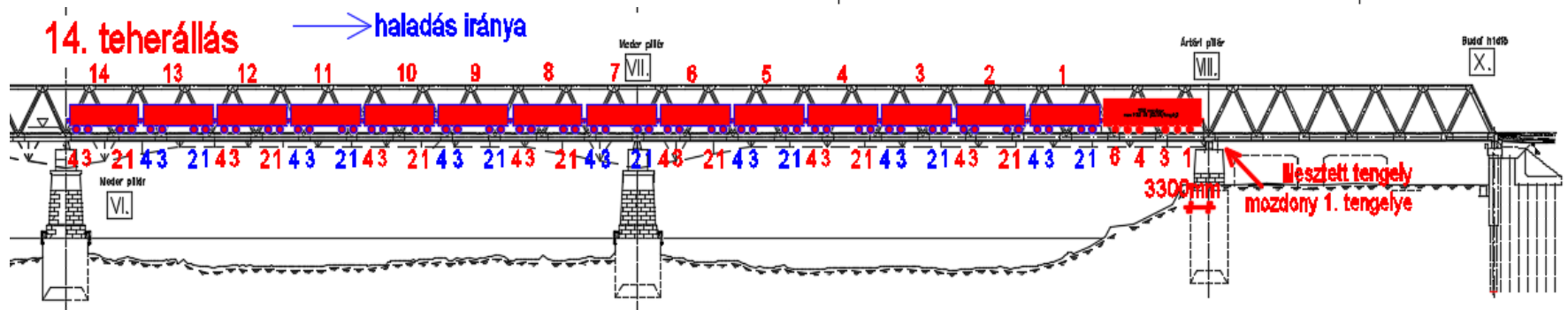
## 3. teherállás



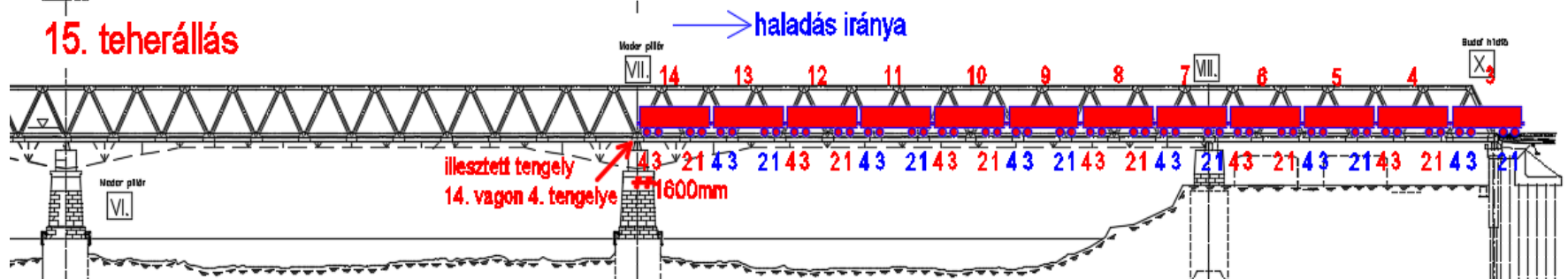
## 4. teherállás



## 14. teherállás

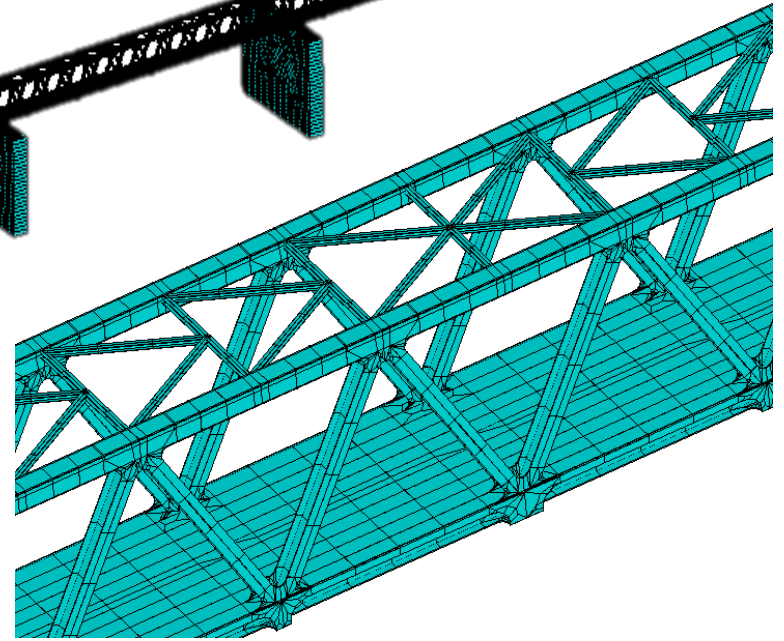
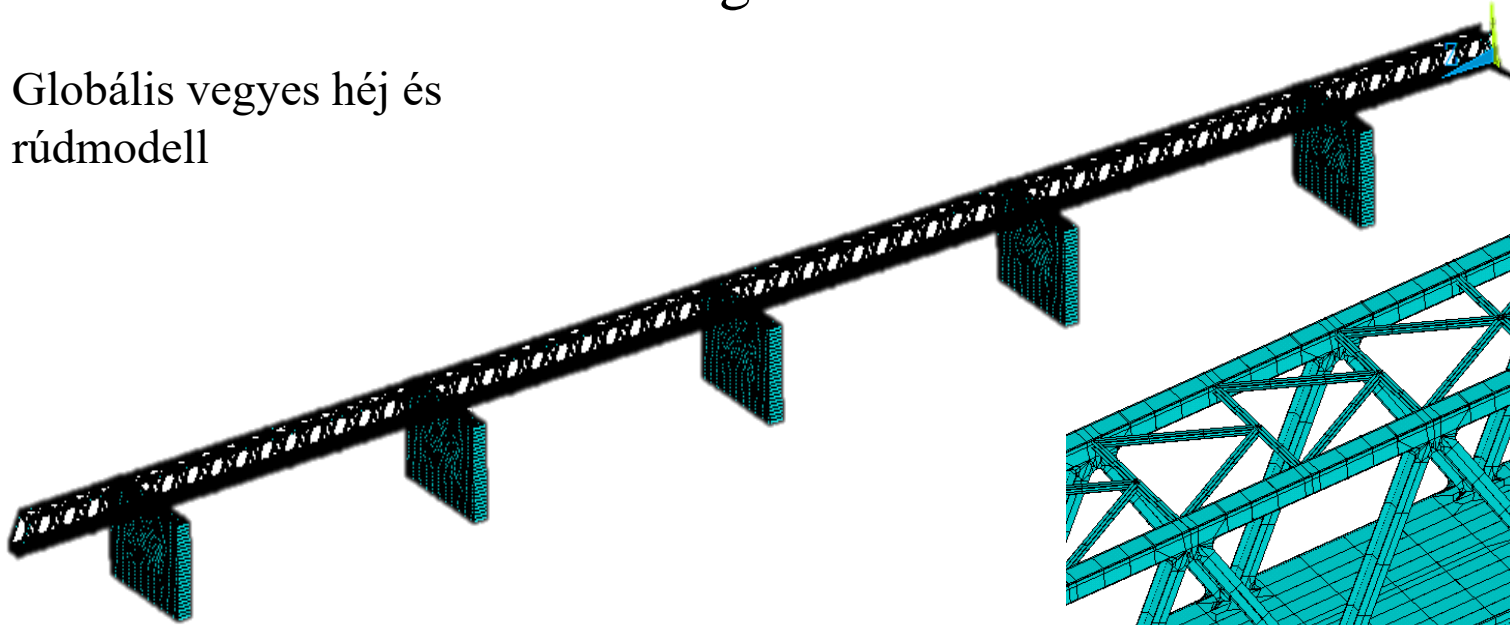


## 15. teherállás

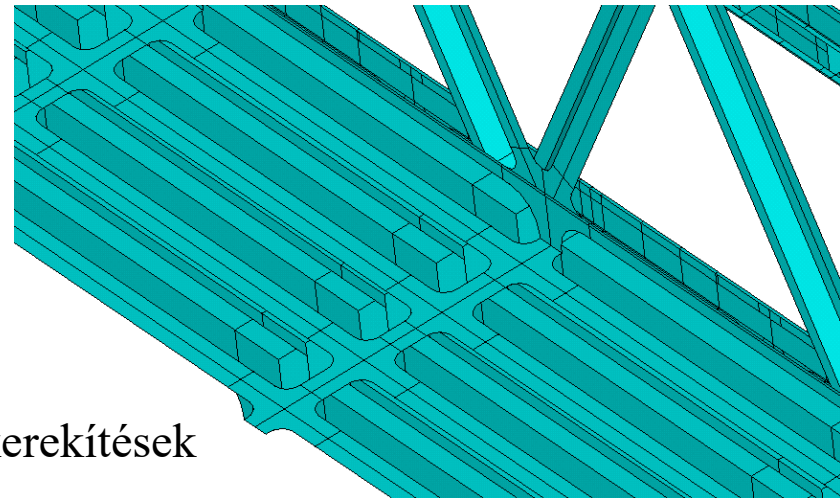
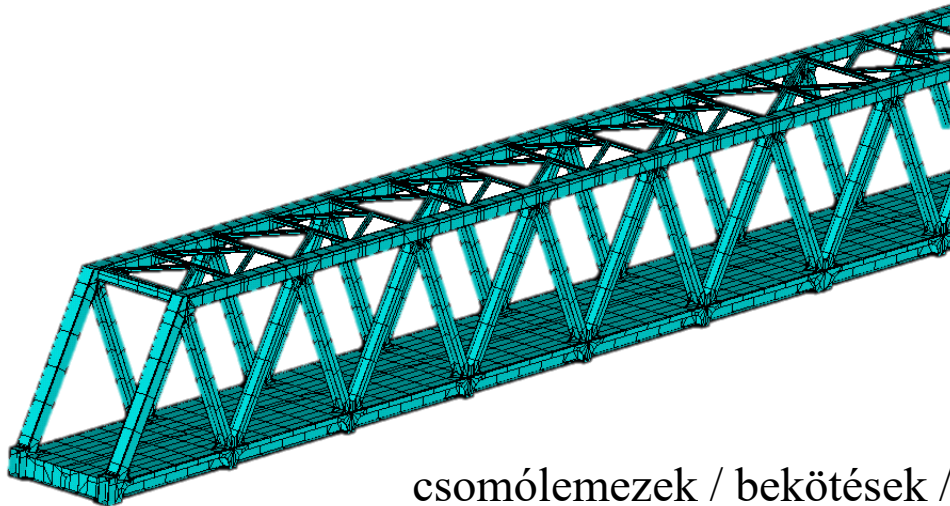


# Kidolgozott numerikus modell

Globális vegyes héj és rúdmodell

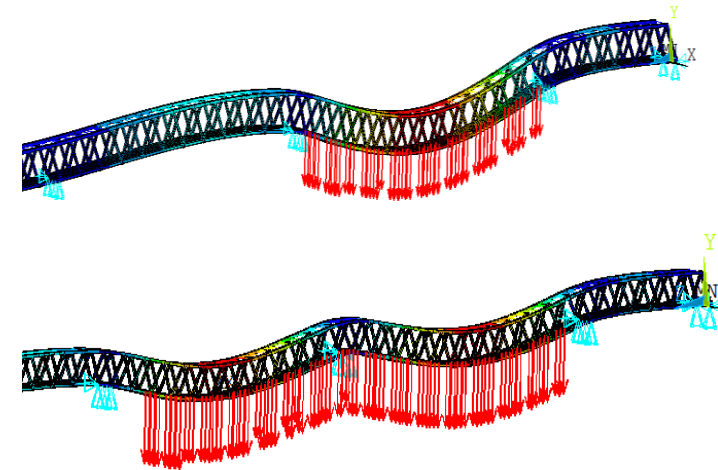
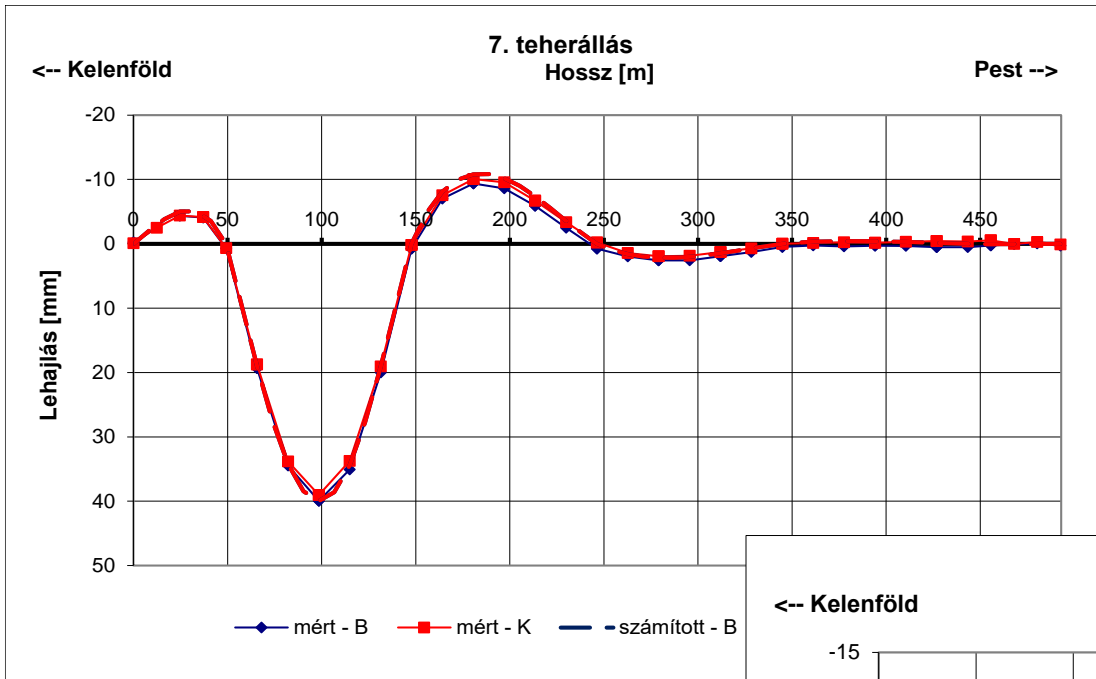


Pályaszerkezet és rácsos tartó: teljes héjmodell

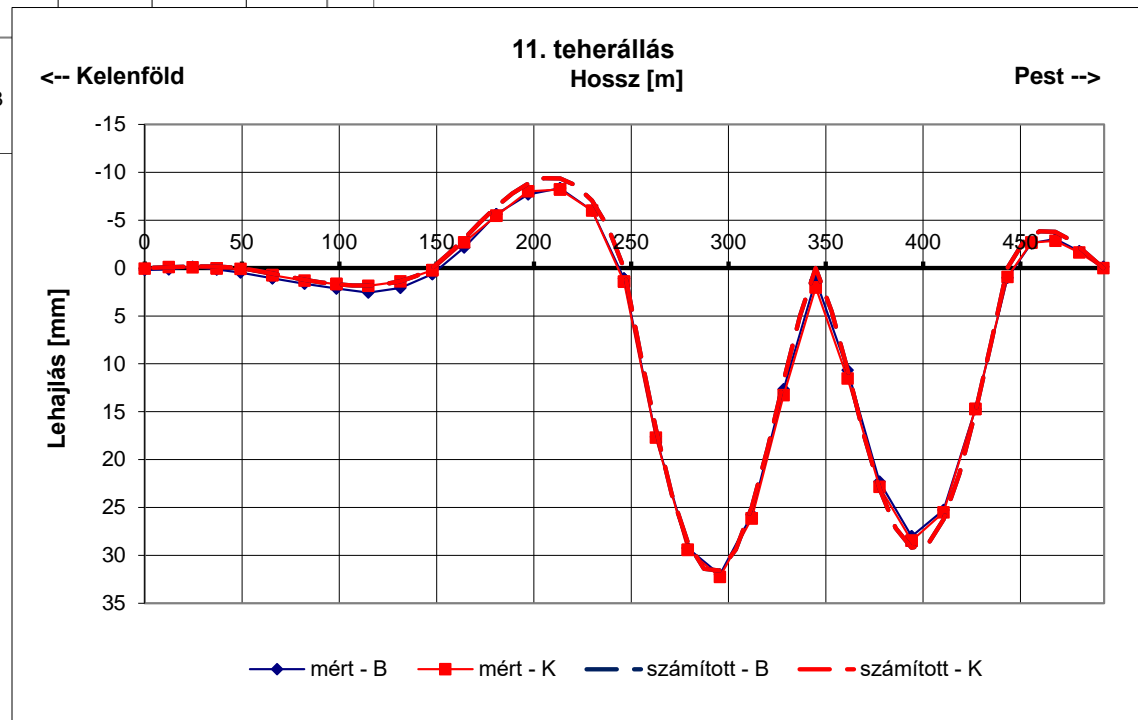


csomólemezek / bekötések / lekerekítések

# Mért és számított lehajlások összehasonlítása



	maximális lehajlás	
	mért	számított
I - IV. támaszköz	7.1	7.2
IV - V. támaszköz	38.8	39.1
V - VI. támaszköz	41.3	41.5
VI - VII. támaszköz	41.2	41.5
VII - VIII. támaszköz	39.9	40.1
VIII - X. támaszköz	6.6	6.6



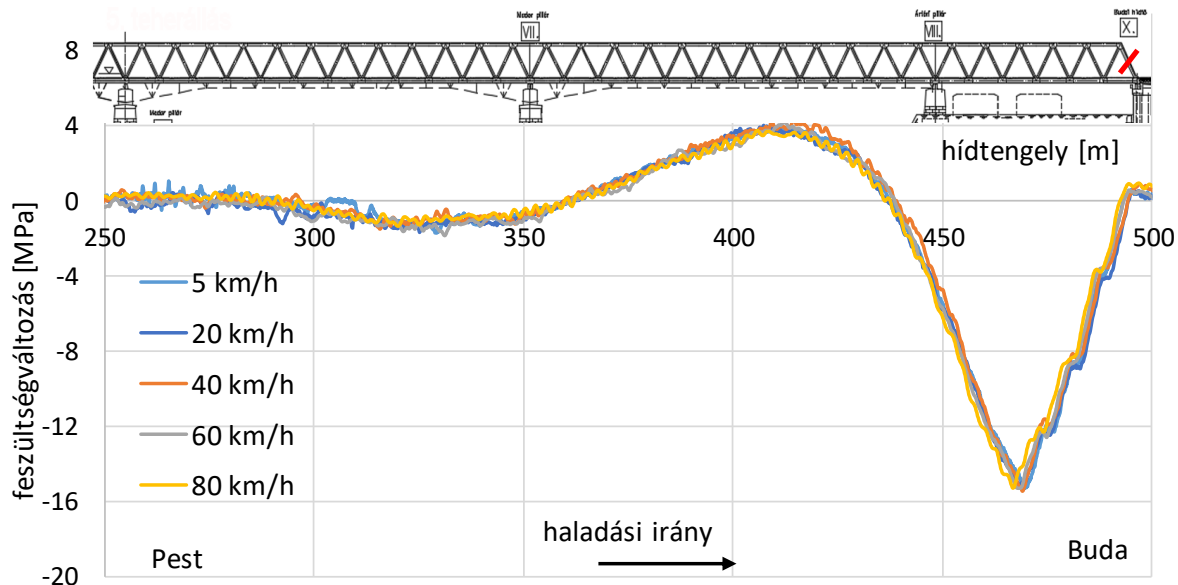
# Dinamikus mérések programja

futam száma	sebesség	irány
1. futam	5 km/h	Pestről indulva Buda irányába
2. futam	5 km/h	Budáról indulva Pest irányába
3. futam	20 km/h	Pestről indulva Buda irányába
4. futam	20 km/h	Budáról indulva Pest irányába
5. futam	40 km/h	Pestről indulva Buda irányába
6. futam	40 km/h	Budáról indulva Pest irányába
7. futam	60 km/h	Pestről indulva Buda irányába
8. futam	60 km/h	Budáról indulva Pest irányába
9. futam	80 km/h	Pestről indulva Buda irányába
10. futam	80 km/h	Budáról indulva Pest irányába
11. futam	80 km/h + fékezés 85 h. szelvényben (VI – VII támaszköz)	Pestről indulva Buda irányába
12. futam	80 km/h + fékezés 86 h. szelvényben (VII – VIII támaszköz)	Budáról indulva Pest irányába
13. futam	indulás teljes sebességgel, gyorsítás 80 km/h-ra	Budáról indulva Pest irányába
14. futam	80 km/h + fékezés 86 h. szelvényben (VII – VIII támaszköz)	Pestről indulva Buda irányába
15. futam	80 km/h + fékezés 86 h. szelvényben (VII – VIII támaszköz)	Budáról indulva Pest irányába



# Dinamikus mérések - főtartó

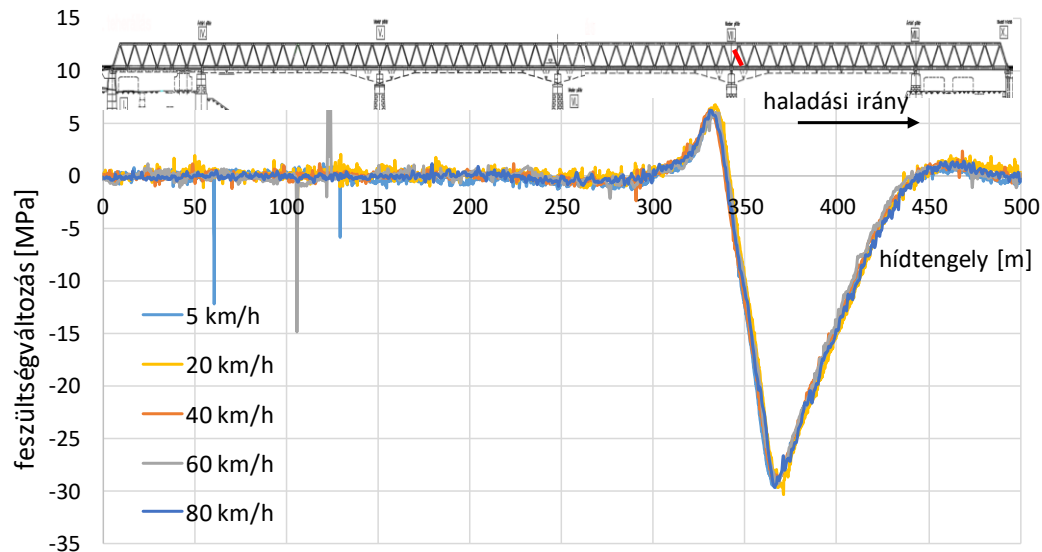
## Első ferde rácsrúd



- F1 jelű övrúd:  $\mu_{max}=1.025$
- R1 jelű rácsrúd:  $\mu_{max}=1.028$
- R2 jelű rácsrúd:  $\mu_{max}=1.021$
- R3 jelű rácsrúd:  $\mu_{max}=1.024$
- Ö1 jelű övrúd:  $\mu_{max}=1.028$
- Ö2 jelű övrúd:  $\mu_{max}=1.025$

maximális dinamikus tényező  
értéke a rácsos főtartón  
 $\mu_{max}=1.028$

## Rácsrúd közbenső támasznál



# Dinamikus mérések – mezőközépi lehajlás



Mérés:

- robot mérőállomásokkal
- egyedi fejlesztésű digitális kamerarendszerrel (BME Geodézia Tanszék)

középső keresztartókon prizma

79 mm méretű, 4x4-es ArUco kód

prizmák elmozdulását 1 másodperces szögfelbontású robot mérőállomásokkal

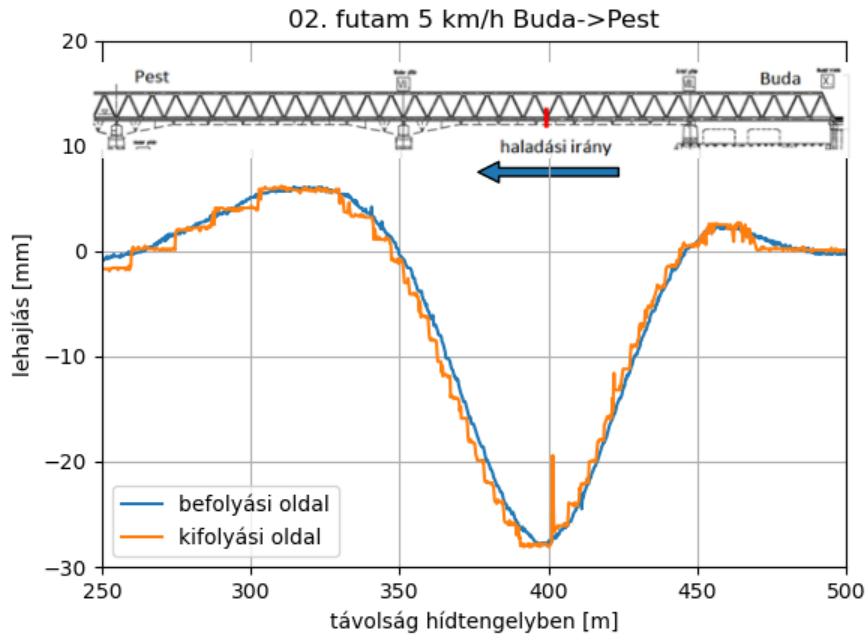
5 Hz adatsűrűséggel

automata prizmakövetés (Lock) üzemmódban



# Dinamikus mérések – mezőközépi lehajlás

robot mérőállomásokkal végzett  
mérések eredménye



legnagyobb lehajlás értéke 28 mm

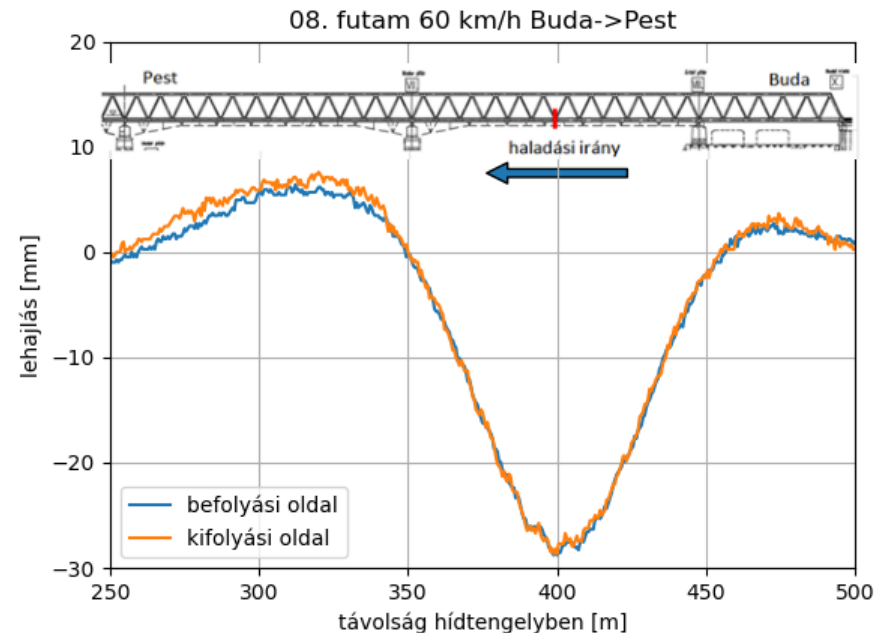
A két mérés nagyon hasonló eredményeket  
adott és szépen összhangban volt a  
feszültségmérési eredményekkel

digitális kamera mérőrendszerrel

A távcső látómezőről a dinamikus futamok  
során másodpercenként 30 kép lett rögzítve

a képek felbontása 1632x1216 pixel

*Lehajlás a VI – VII. támaszközben ( $v=60\text{km/h}$ ),  
kamerarendszerrel mérve*



# Osztószigeti ferdekábeles híd próbaterhelése

**SPECIÁLTERV**

Forrás: issuu.com



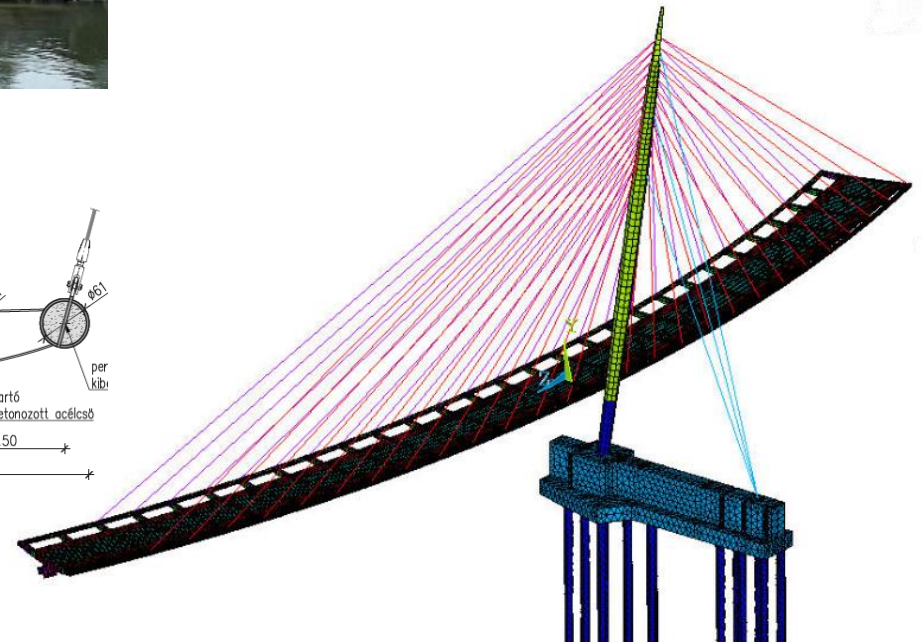
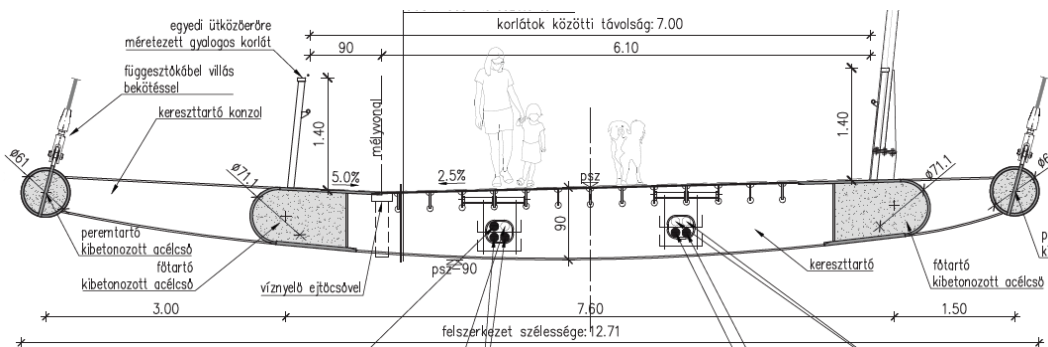
nagyon karcsú gyalogoshíd

nagy elmozdulások terhelés hatására

kibetonozott csövek a merevítőtartók

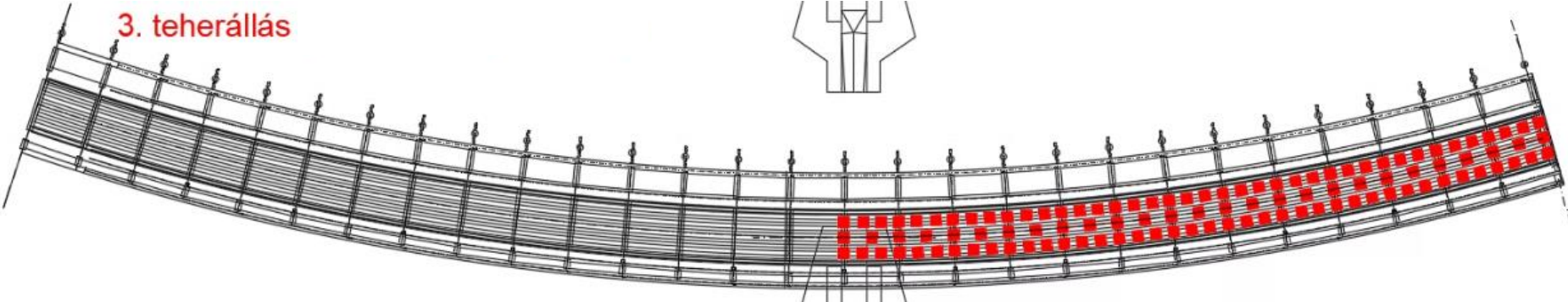
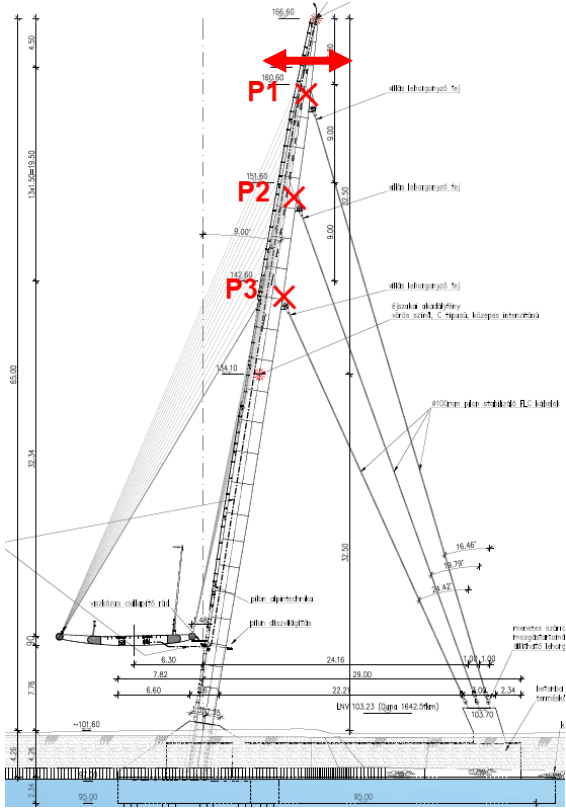
pilon is kibetonozott cső

pilonmozgás terhelés és hőmérséklet hatására?

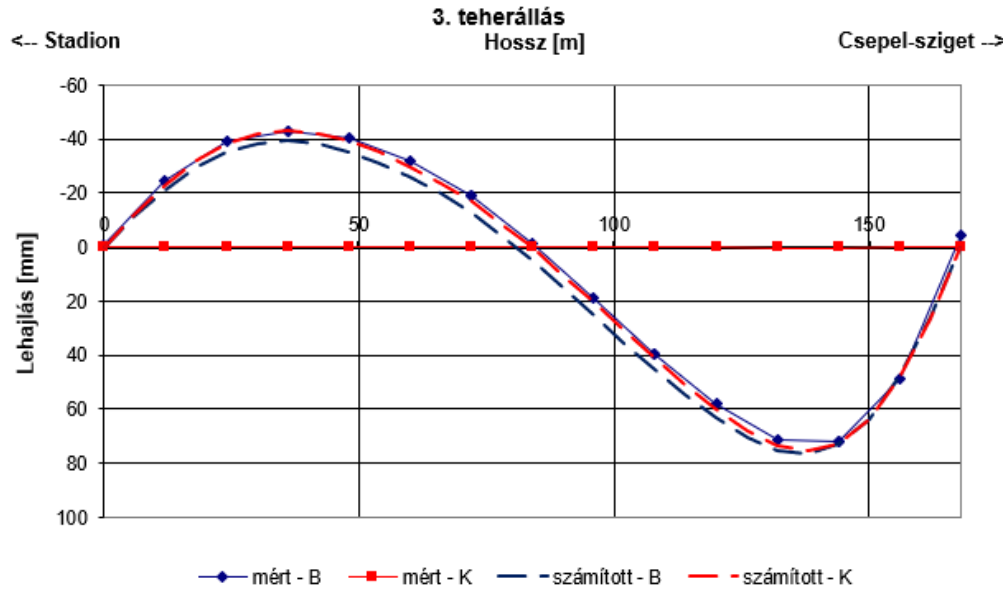




# Osztószigeti híd – statikus próbaterhelés

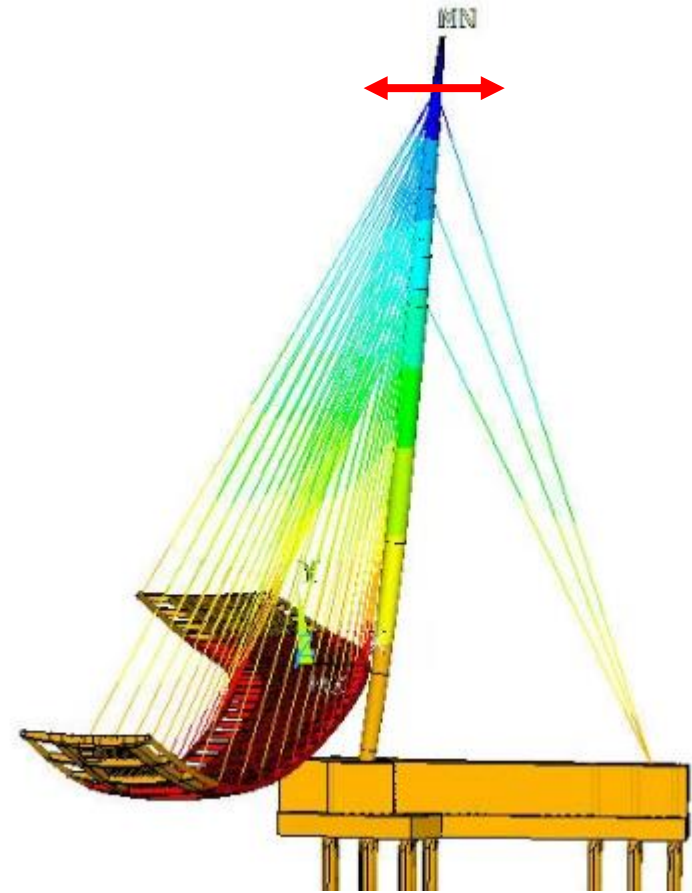
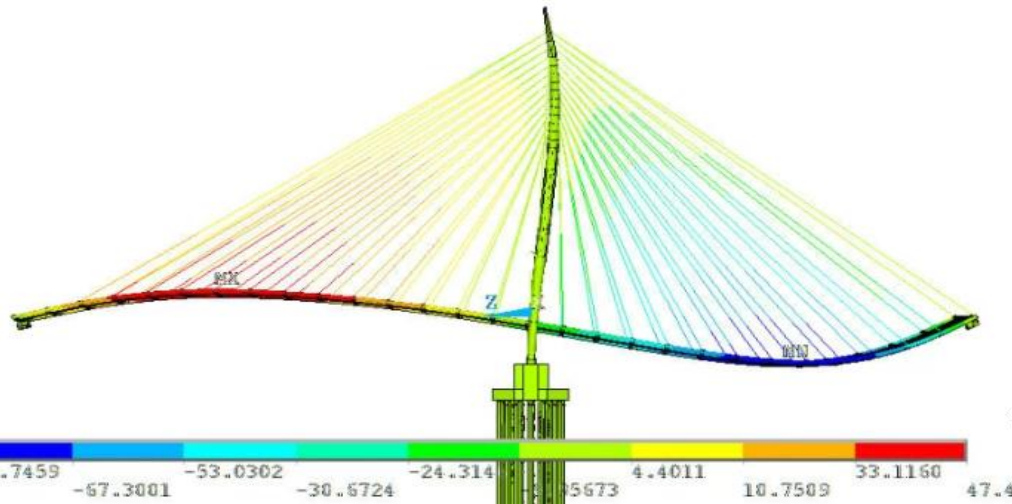


# Osztószigeti ferdekábeles híd – piloncsúcs elmozdulások



mért érték: 38 mm

számított érték: 42 mm



Mérés tudományos hozzádoka:  
Kibetonozott csövek erőjátéka és  
modellezési módszere pontosítódott.



Köszönöm a figyelmet!

*fotó: Oravecz I.*