

INTEGRÁLT HÍDSZERKEZET HÍDFŐJÉNEK TERVEZÉSE

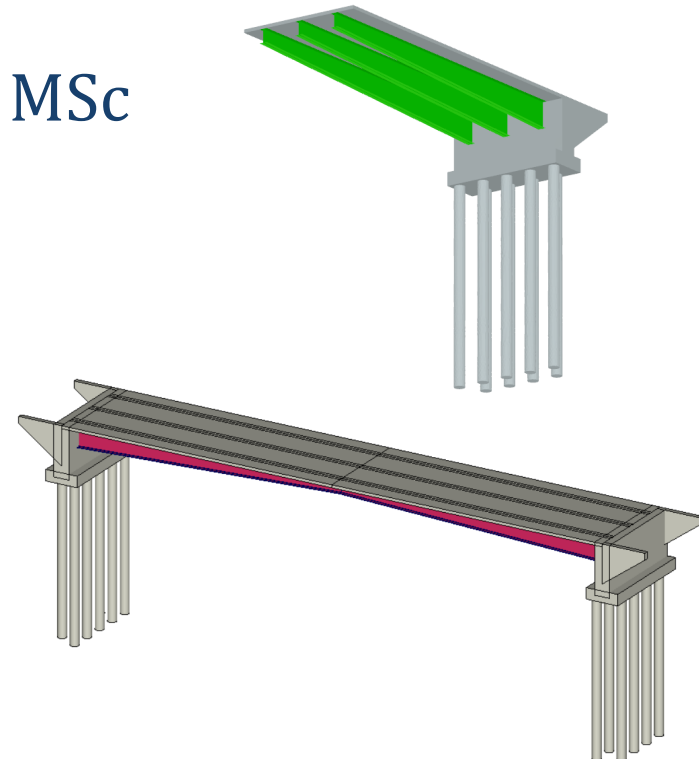
Varga Olivér, Szerkezet-építőmérnöki MSc

Konzulens: dr. Szép János

dr. Szilvágyi Zsolt



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR



Bevezetés

2

- A dolgozat témája egy integrált hídszerkezet alépítményének tervezése
- M1-es autópálya vonalán, annak 2 x 3 sávós bővítése kapcsán
- Hazánkban még kevés a tapasztalat az integrált hidakkal kapcsolatban
 - Egyetemi kutatások
 - Szakdolgozat
- Az integrált hidak alépítmény tervezése nagy jártasságot igényel a szerkezetépítési és a geotechnikai szakterületen egyaránt
- Dolgozat célja: gazdaságos és egyszerűen megvalósítható szerkezet

Integrált hidak

3

Fogalmak meghatározása:

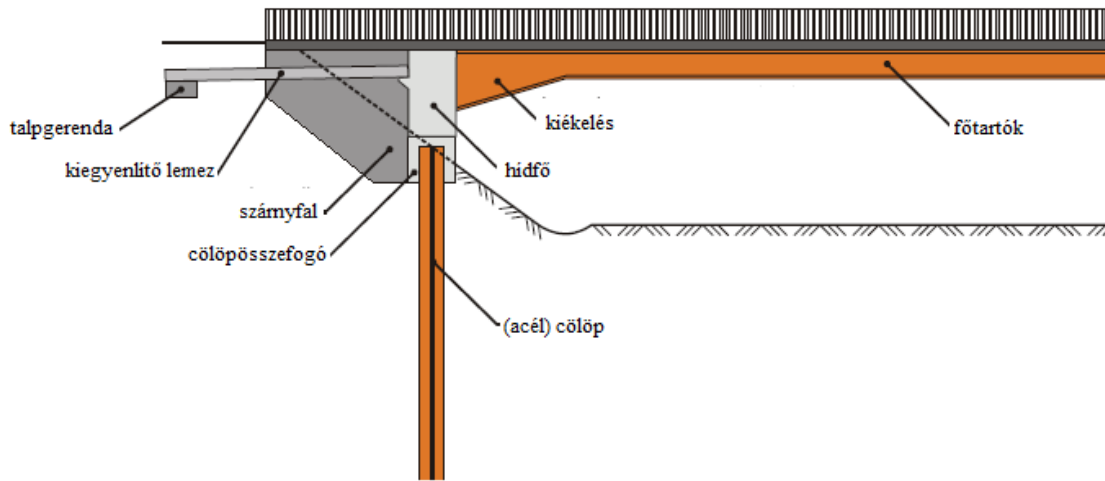
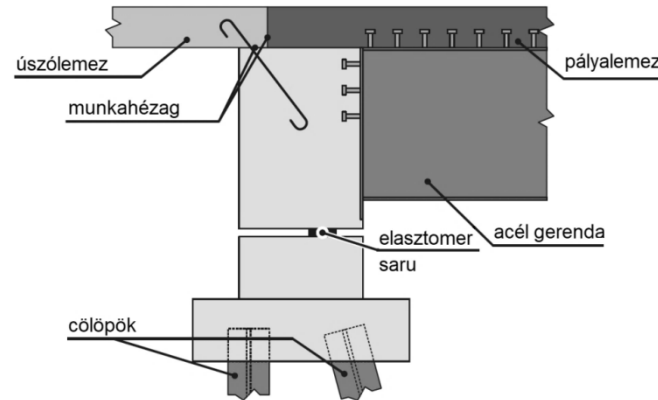
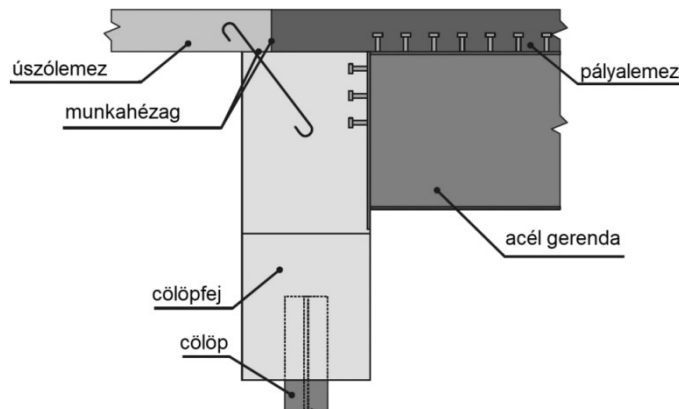
- *Hagyományos híd*, amely saruval és dilatációs szerkezettel rendelkezik
- *Félig-integrált híd*, amelynél valamilyen igénybevétel komponens nem adódik át
- *Integrált híd*, ahol teljes a folytonosság a felszerkezet és az alépítmény között

Integrált hidak előnyei és hátrányai

Integrált hidak

4

Kialakítási változatok, konstrukciók



Befogott öszvértartós híd
 $L < 45 \text{ m}$

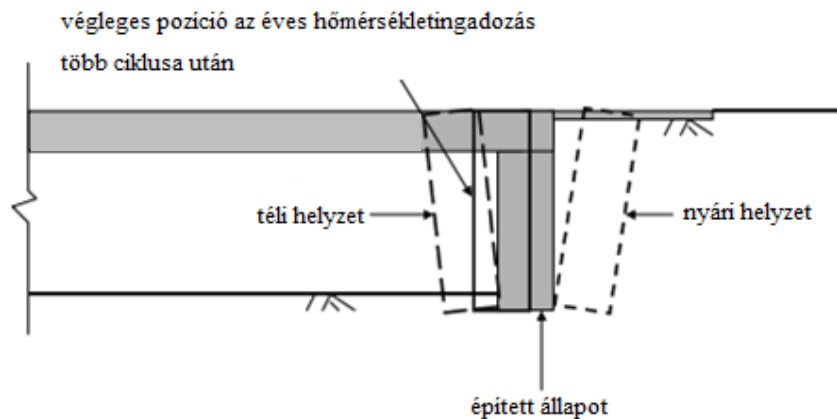


Befogott öszvértartós híd
 $L < 60 \text{ m}$



Integrált hidak jellegzetességei, talaj-szerkezet kölcsönhatás

- A dilatációs mozgások átkerülnek a háttöltésbe
 - Felszerkezet összehúzódása → aktív földék lecsúszik
 - Felszerkezet hőtágulása → töltés nem tud visszarendeződni



25 ciklus után



55 ciklus után



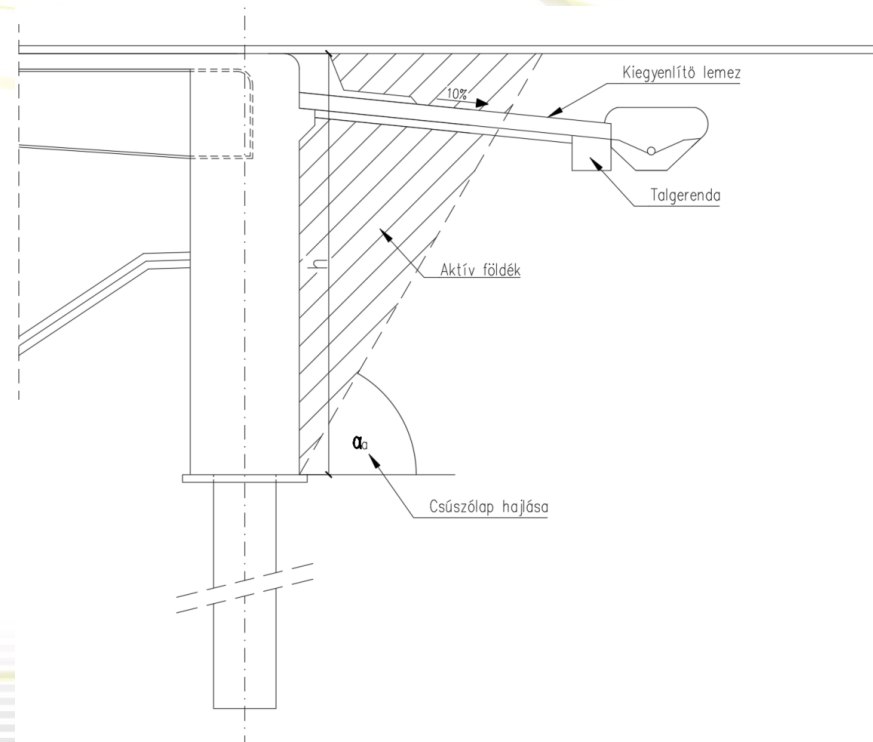
Kiegészítő lemez kérdésköre

- A fő feladata folytonos átmenet biztosítása a nagyon merev hídszerkezet és a viszonylag lágy, rugalmas úttöltés között.

- Saját ajánlás kidolgozása:

$$l \geq \frac{\sqrt{3}}{3} * h + 0.5m$$

- vasbeton esetén: $L/h \geq 1.45$
- acél esetén: $L/h \geq 1.20$



Nyílásméret vizsgálat

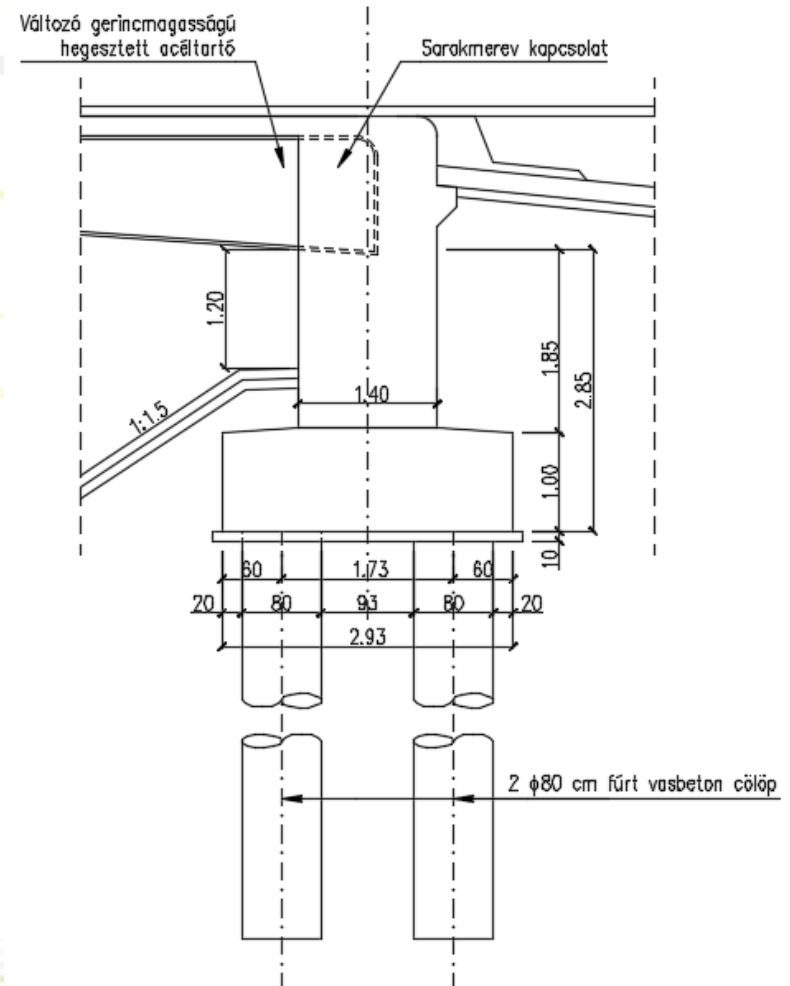
- Előtöltéssel rendelkező hídfő
- Előtöltés nélküli hídfő

Hídfőkonstrukció vizsgálat

- Különböző típusok elemzése



Optimális kialakítás



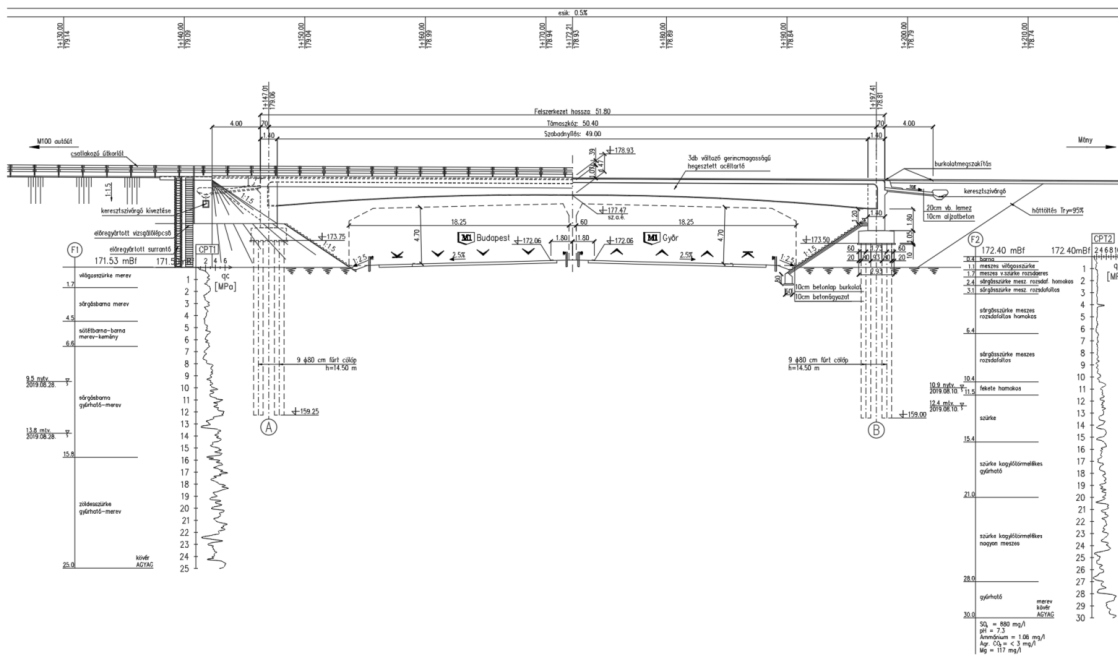
Alépítmény tervezés

8

Szerkezet ismertetése

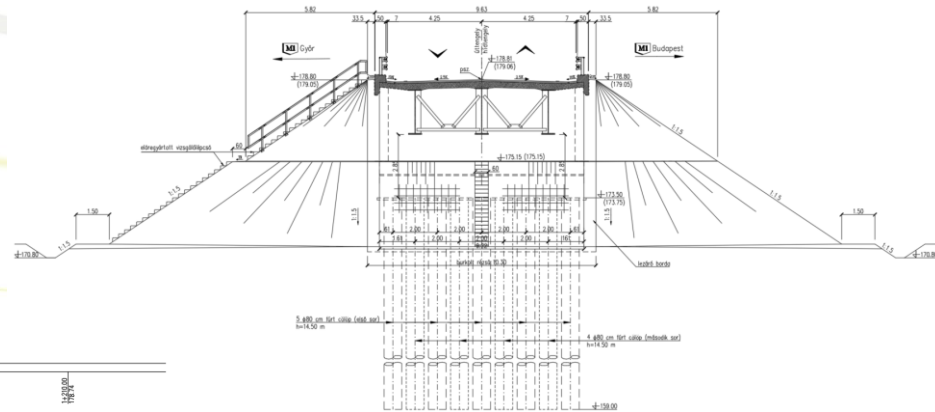
- Típus: befogott öszvér szerkezet
- Támaszköz: $L=50.4$ m

A-A OLDALNÉZET M=1:200 B-B HOSSZMETSZET



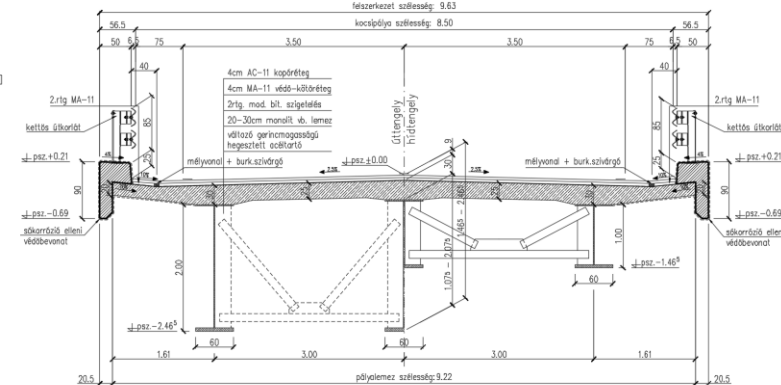
C-C METSZET M=1:100

a ()-be tett szintek az "A" hídfele vonatkoznak



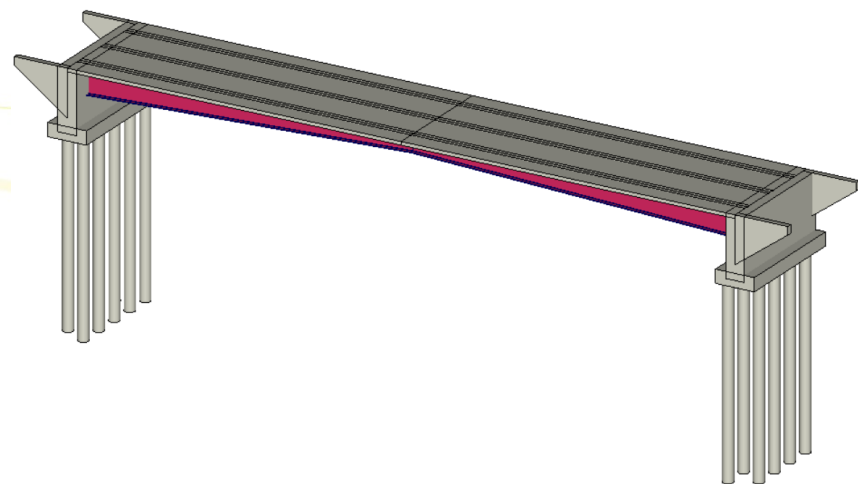
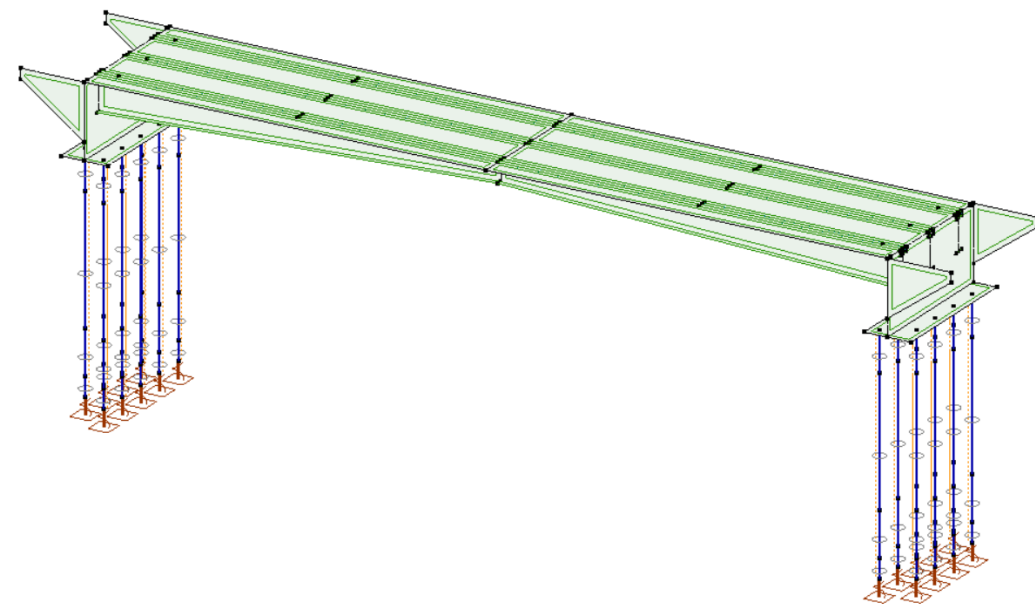
KERESZTMETSZET M 1:50

támasznál középén



Statikai számítás

- Alkalmazott előírás: Útügyi Műszaki Előírás (KHT)
- Gépi számítások: AxisVM X5
- Statikai modell:



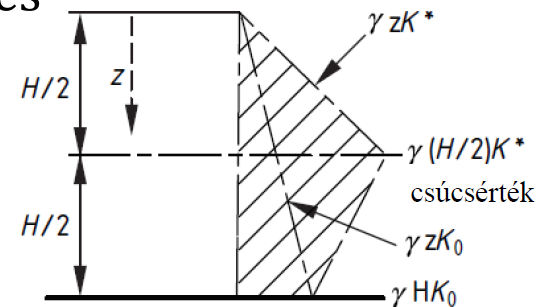
Megtámasztási viszonyok

- Talajvizsgálatok és ajánlások alapján

Megnevezés	Vízszintes rugóállandó határértéke $q_{h,max}$ [kN/m]	Vízszintes rugóállandó k_h [kN/m/m]	Függőleges rugóállandó határértéke $q_{s,max}$ [kN/m]	Függőleges rugóállandó k_s [kN/m/m]
Háttöltés	240	48 000	300	18 850
Kövér agyag	390	7 350	140	8 640
Kövér agyag	680	9 100	150	9 580
Kövér agyag	940	14 700	195	12 250

Teherfelvétel

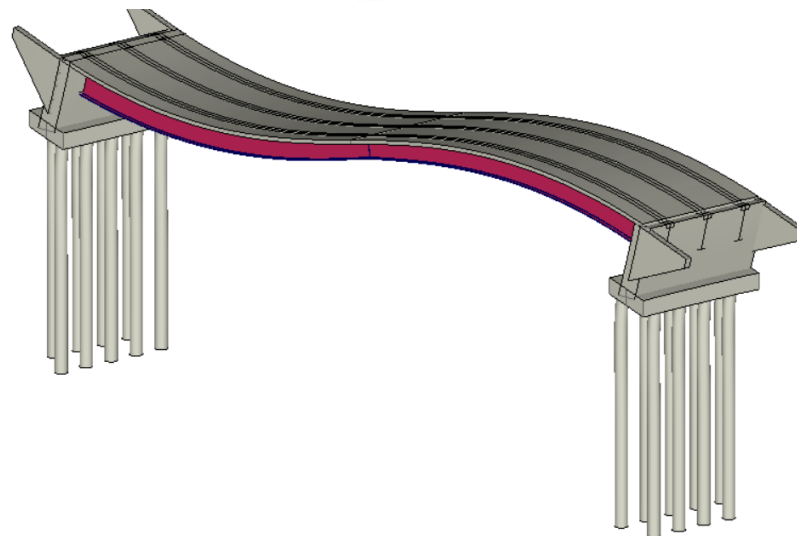
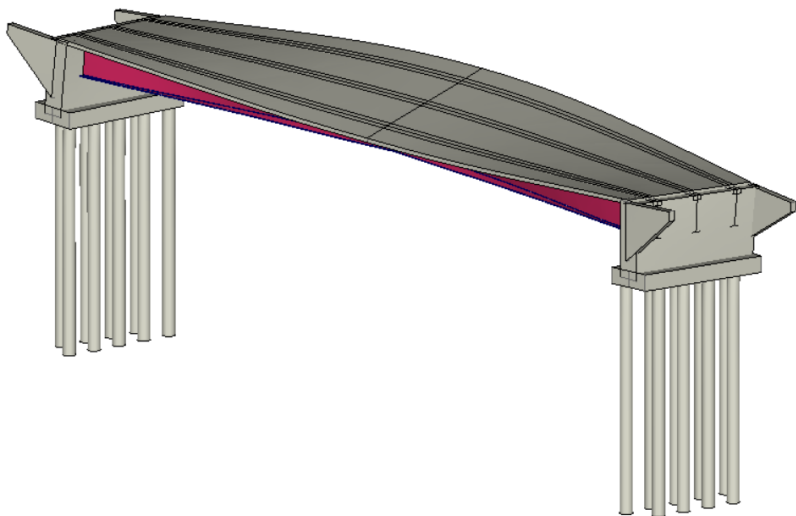
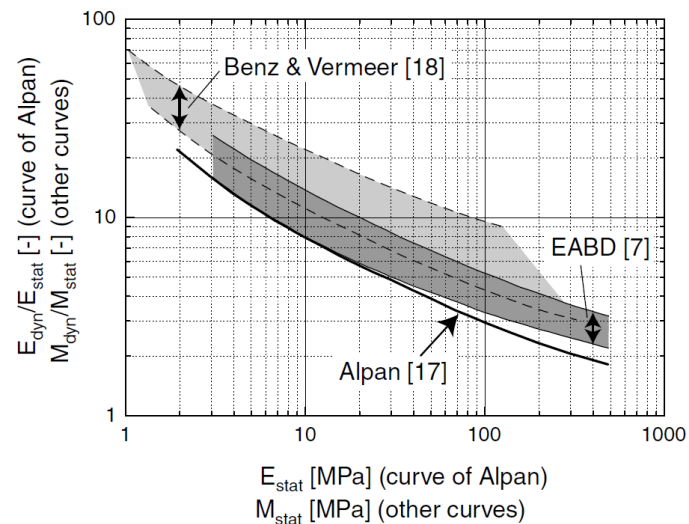
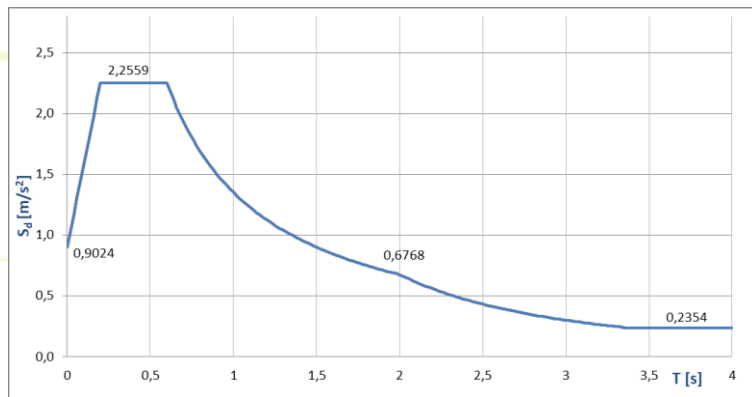
- Útügyi Műszaki Előírás – Közúti hidak tervezés
- Földnyomások: PD 6694-1 ajánlása alapján



Alépítmény tervezés

11

Földrengésvizsgálat



Számítások

- Teherkombinációk
 - ▣ Teherbírás igazolása
 - ▣ Repedéskorlátozás ellenőrzése
 - ▣ Rendkívüli tehercsoportosítás
- Számítási eredmények – lineáris futtatások
 - ▣ Híd főfal bedől az útpálya felé → jelentős hátoldali igénybevételek
 - ▣ Nagyobb normálerők az első sori cölöpökön
 - ▣ Magas igénybevételcsúcsok a cölöp-cölöpösszefogó csatlakozásnál

Előzmények, terhelési adatok

- Cél: alapozás optimalizálása
- Alépítmény szempontjából mértékadó kombinációk kiválasztása

Geotechnikai adottságok

- Talajvizsgálatok:
 - 2db fúrás, 2db CPT
- A feltárások teljes hosszában szinte kivétel nélkül kötött agyagtalajok jelentkeztek, amelyek talajfizikai jellemzői a mélységgel javulnak.

Geotechnikai tervezés

14

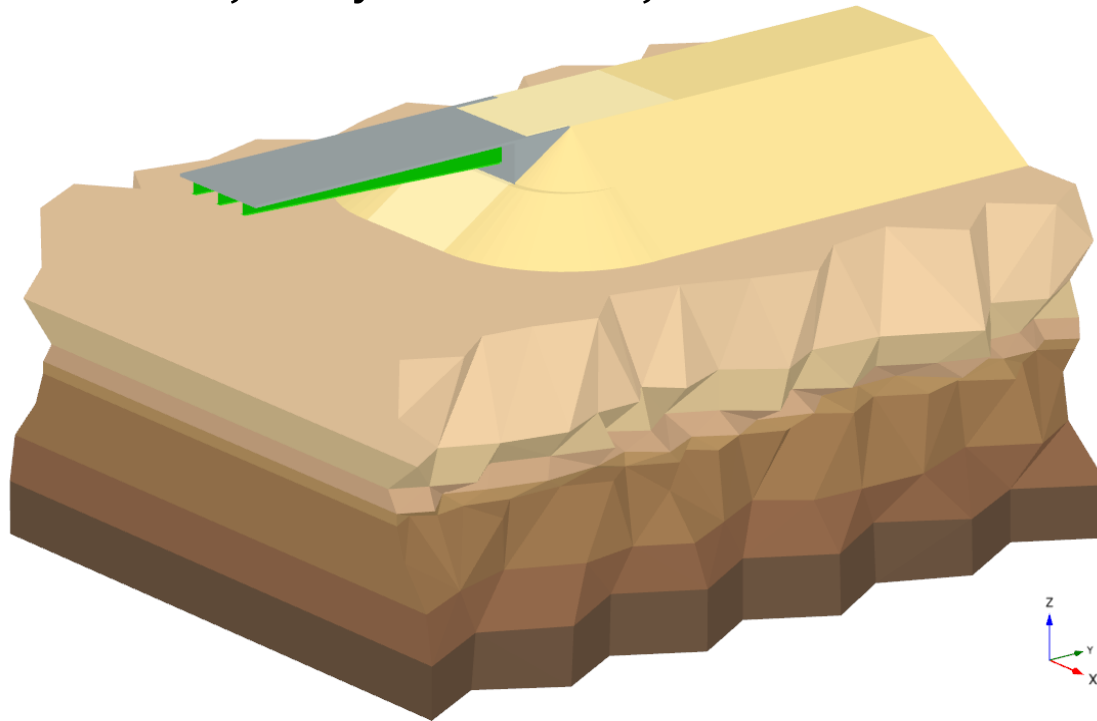
Geotechnikai adottságok

□ Talajmodell, talajfizikai paraméterek

Paraméter	1	2	3	4	5	6	7	Töltéstest	Háttöltés
	Kövéragyag	Kövéragyag	Kövéragyag	Kövéragyag	Kövéragyag	Kövéragyag	Kövéragyag	Homok	Tömör homok
Anyagmodell	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HSS	HSS
	UD-A	UD-A	UD-A	UD-A	UD-A	UD-A	UD-A	Drained	Drained
γ_{unsat} [kN/m ³]	19	19	19	19	20	20	20	20	20
γ_{sat} [kN/m ³]	20	20	20	20	21	21	21	20	20
e_{init} [-]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$ [kPa]	8 200	7 100	10 500	7 300	9 300	9 100	5 100	36 000	48 000
E_{50}^{ref} [kPa]	12 300	10 700	15 800	11 000	14 000	13 700	7 700	36 000	48 000
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$ [kPa]	61 500	53 500	79 000	55 000	70 000	68 500	38 500	108 000	144 000
m [-]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
$\gamma_{0.7}$ [-]	-	-	-	-	-	-	-	$9 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$
G_0^{ref} [MPa]	-	-	-	-	-	-	-	160	170
c'_{ref} [kPa]	55	57	63	59	65	67	61	1	1
ϕ'_{ref} [deg]	23	24	27	24	27	27	25	34	37
ψ [deg]	-	-	-	-	-	-	-	4	7
k [m/s]	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-5}	10^{-5}

3D végeselemes modellezés

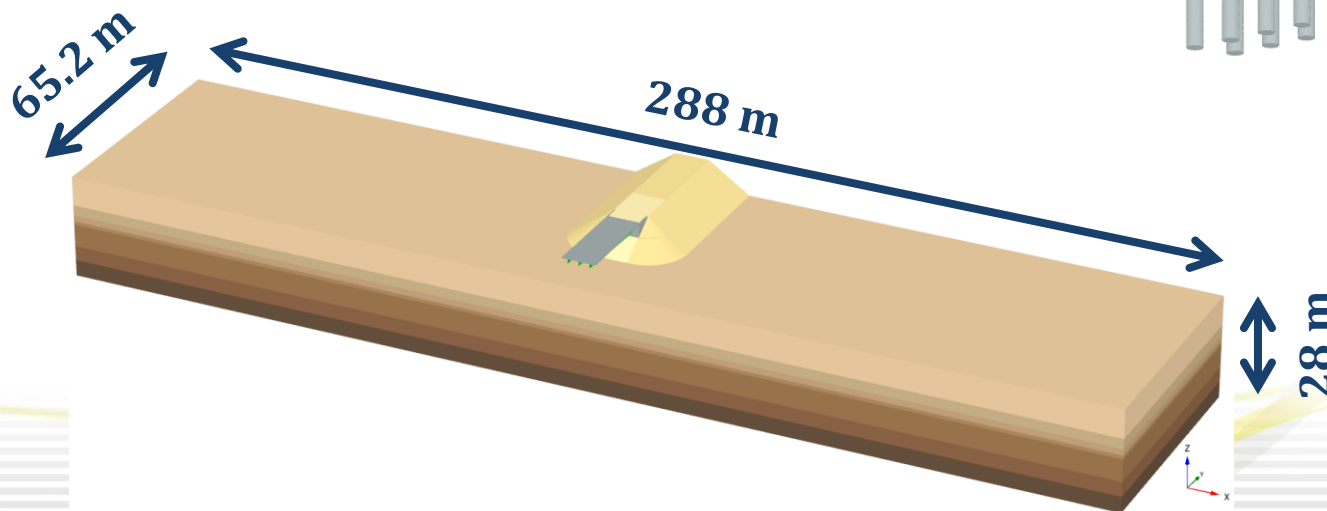
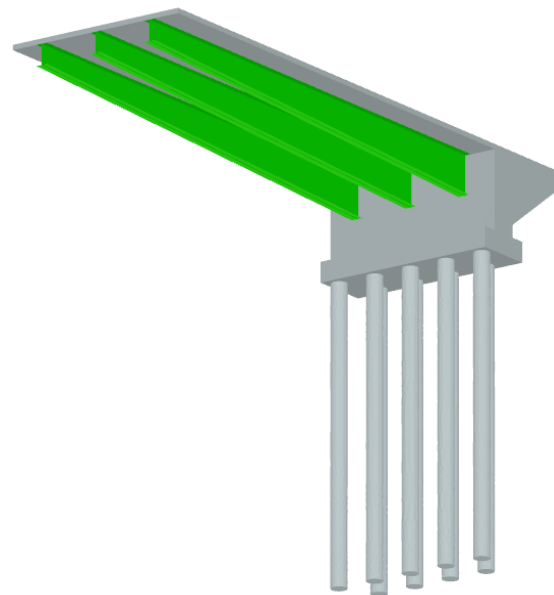
- ❑ Talajrétegződés definiálása
- ❑ Építési fázisok megadása
- ❑ Szerkezet és a talajkörnyezet modellje



MAÚT Közgyűlés - Budapest, 2022. május 13.

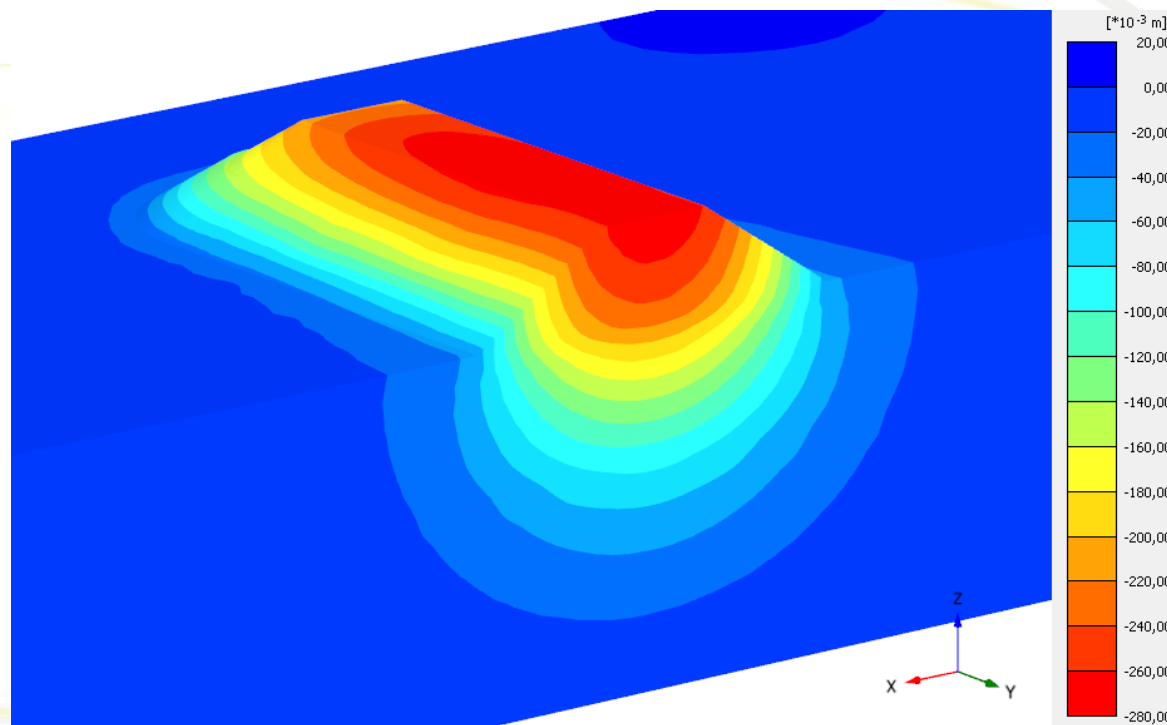
3D végelelemes modellezés

- Szerkezet és a talajkörnyezet modellje
 - ▣ Cölöp, cölöpösszefogó – térfogati elem
 - ▣ Hídfoó, szárnyfal – térfogati elem
 - ▣ Pályalemez – térfogati elem
 - ▣ Főtartó – „plate”



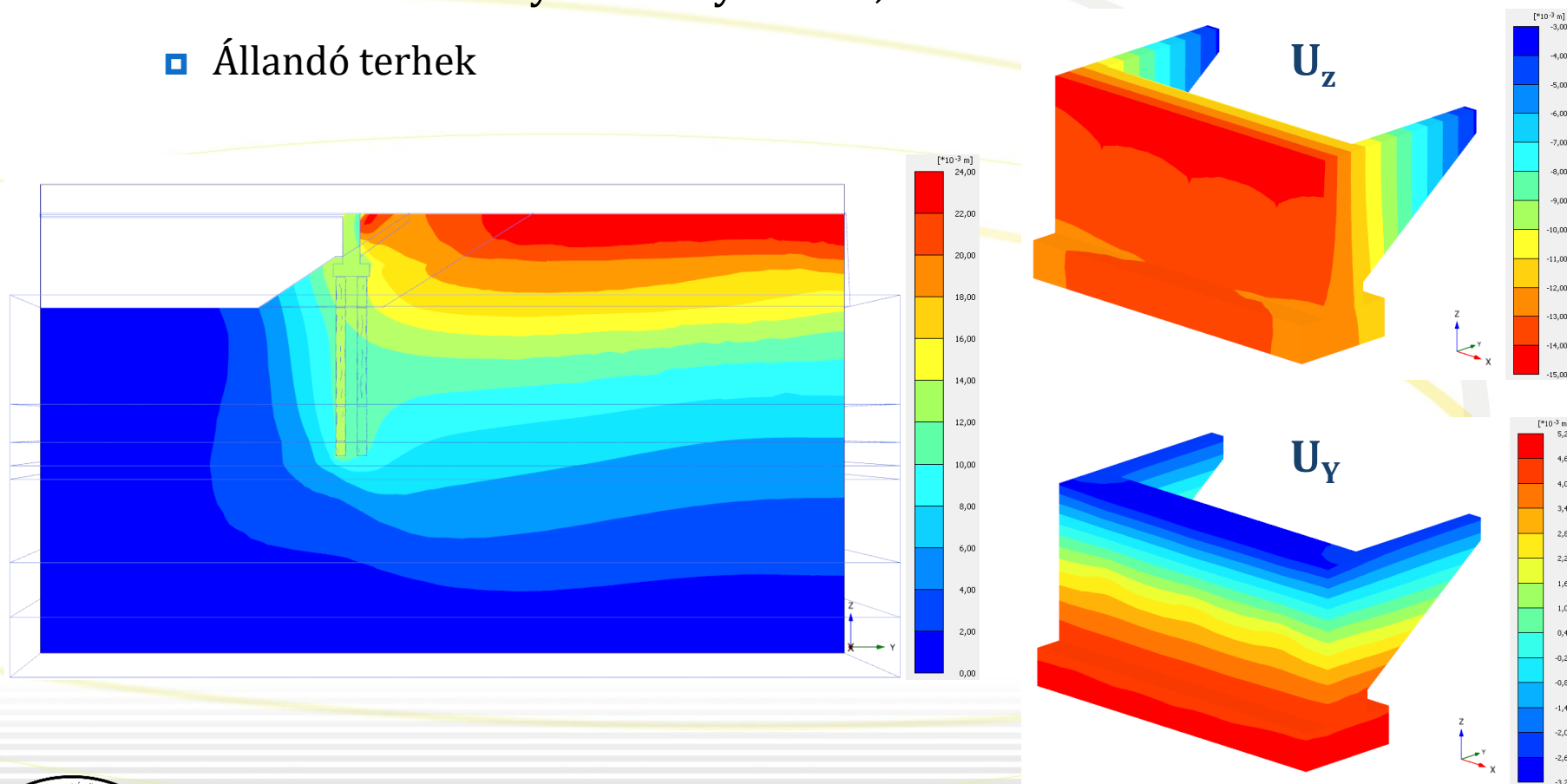
3D végelelemes modellezés

- Számítási eredmények – süllyedések, elmozdulások
 - ▣ Leterhelő töltés + konszolidációs szünet



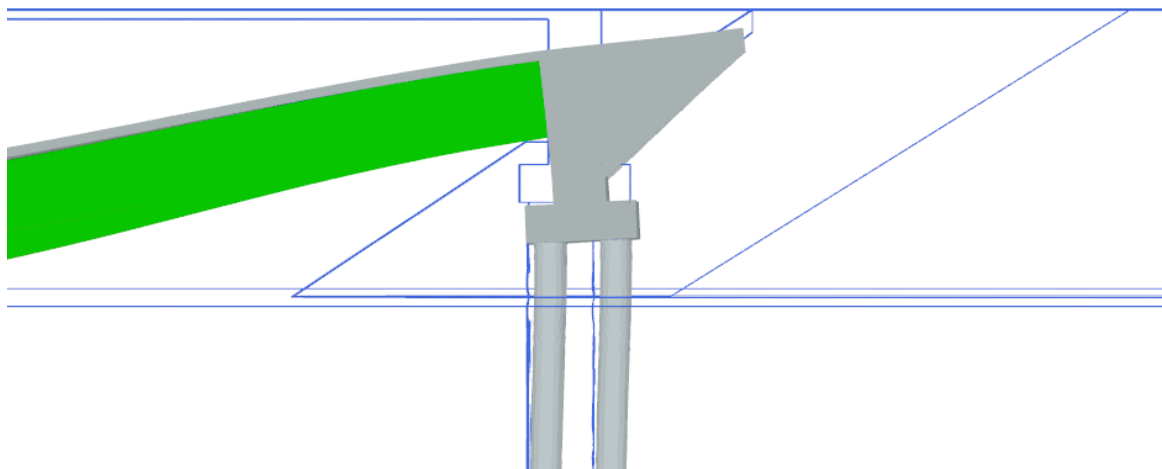
3D végelelemes modellezés

- Számítási eredmények – süllyedések, elmozdulások
 - ▣ Állandó terhek



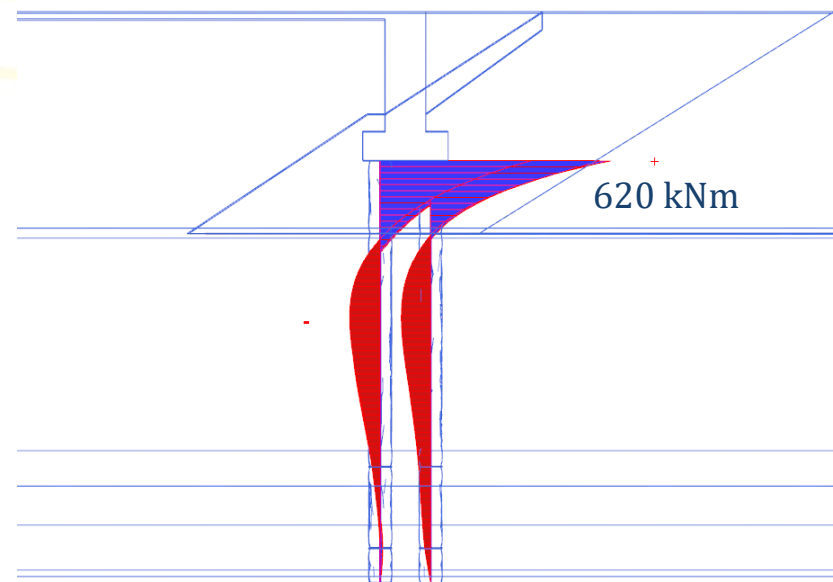
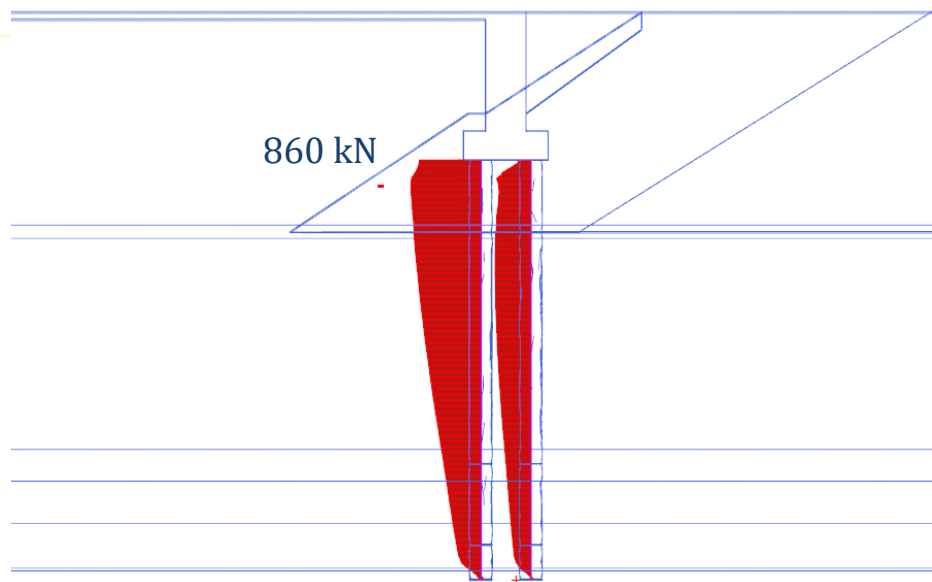
3D végeselemes modellezés

- Számítási eredmények – süllyedések, elmozdulások
 - ▣ Hasznos terhek „plastic” számítással konszolidált állapotban



3D végeselemes modellezés

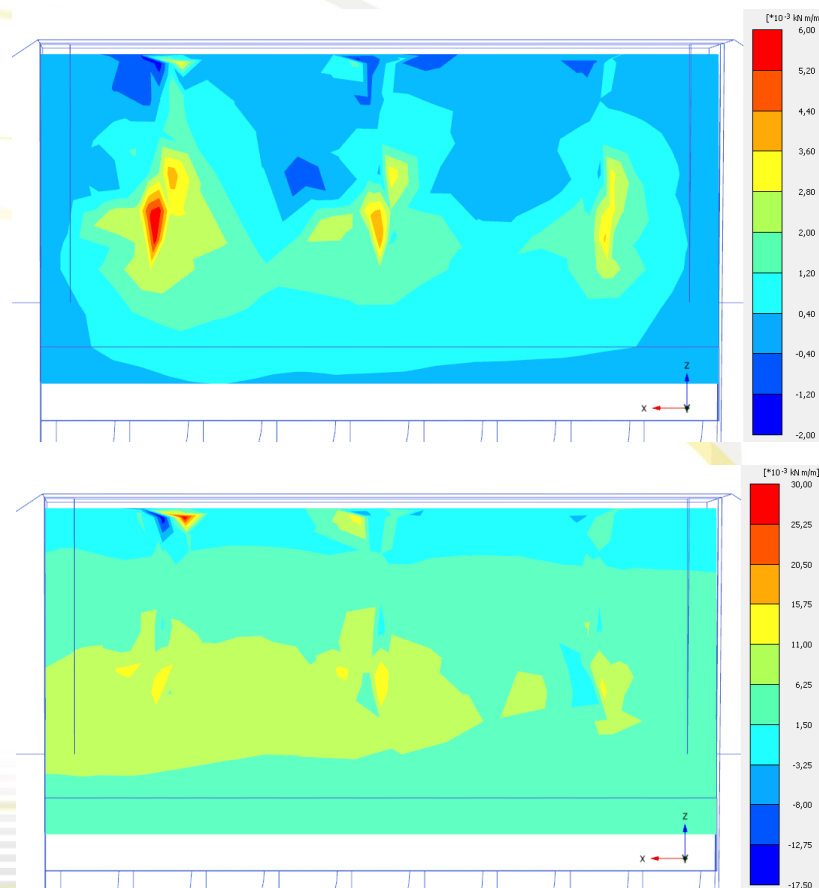
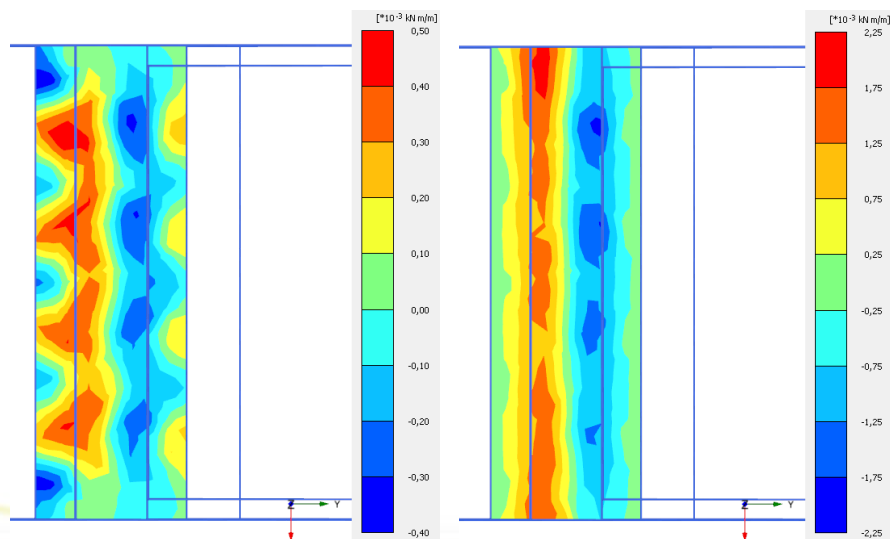
- Számítási eredmények – szerkezeti igénybevételek
 - ▣ Cölöp igénybevételek (normálerő, nyomaték)



3D végelelemes modellezés

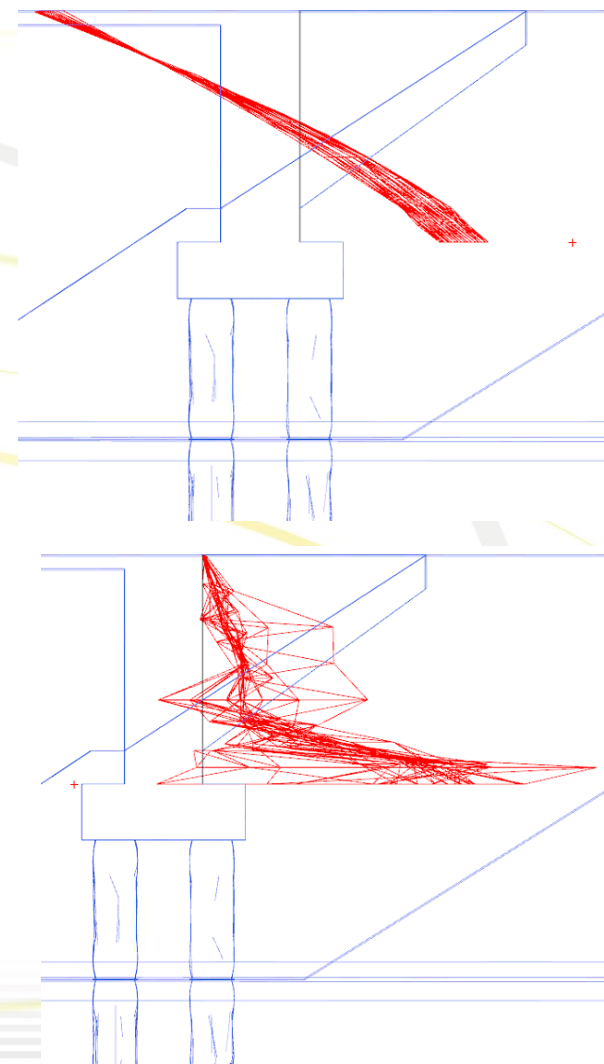
□ Számítási eredmények – szerkezeti igénybevételek

- Cölöpösszefogó igénybevételi
- Hídfő igénybevételi



3D végelelemes modellezés

- Ágyazási tényezők számítása
 - Híd főfal hátoldala: $3\,500\text{ kN/m/m}^2$
 - Cölöpösszefogó hátoldala: $20\,300\text{ kN/m/m}$
 - Cölöpösszefogó alsósíkja: $4\,600\text{ kN/m/m}^2$
 - Cölöptalp: $30\,900\text{ kN/m}$
- Földnyomás
 - $0\text{--}18.5\text{ kN/m}^2$
 - Aktív földnyomás $\sim 19\text{ kN/m}^2$



Építésütemezés hatása a szerkezetre és a talajkörnyezetre

□ Három variáció vizsgálata

1. Nincs idő leterhelő töltés építésére, az építési munkák folyamatosan, a legrövidebb idő alatt elkészülnek.
2. Leterhelő töltés készül másfél évig fenntartva, majd ennek visszabontása után készül a szerkezet és a háttöltés.
3. A leterhelő töltés létesítése az altalaj konszolidációjának lezajlásáig megtartva, majd visszabontás után készülnek a kivitelezési munkálatok.

Optimalizált modellezési eredmények

24

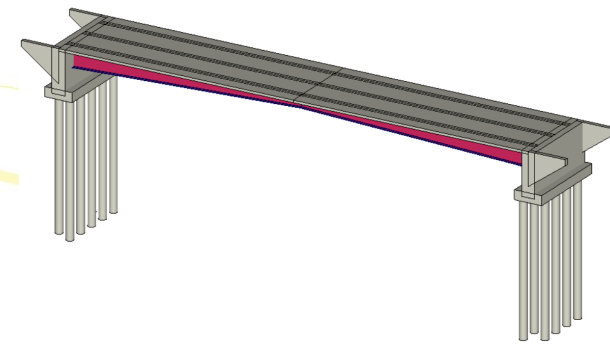
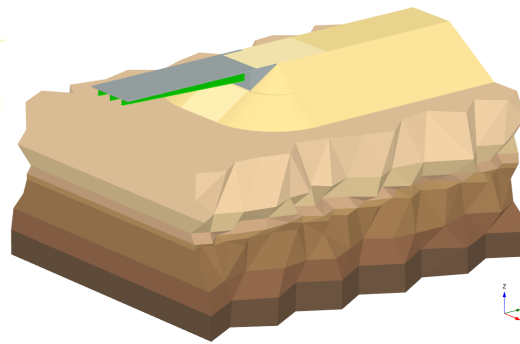
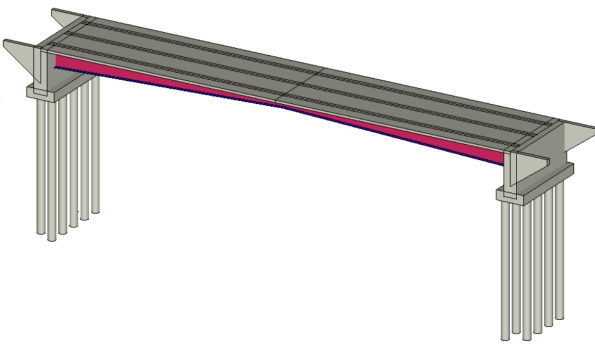
Alap modell



Geotechnikai modell



Optimalizált modell



Mértékadó teherkombinációk

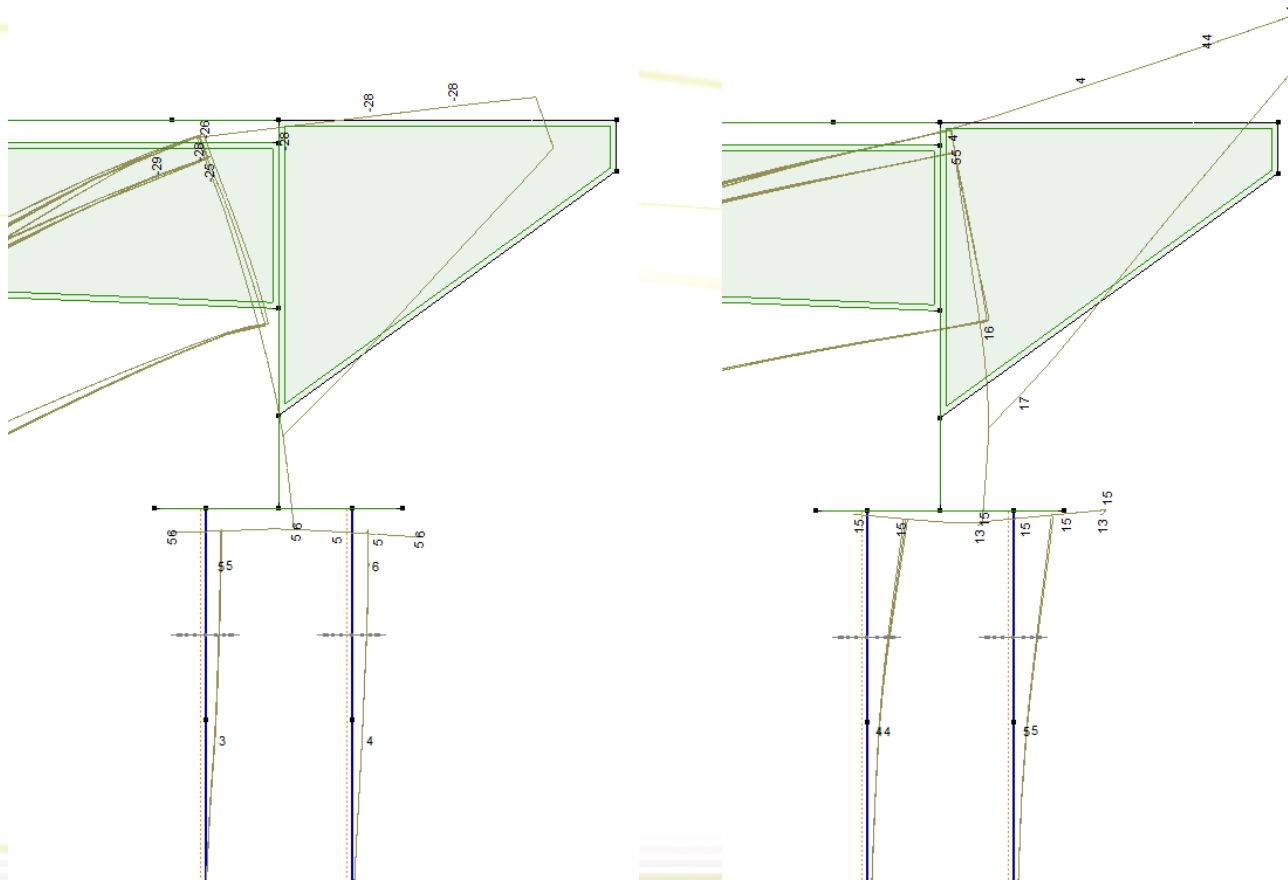


Ágyazási tényezők

Optimalizált modellezési eredmények

25

Az alépítmény elmozdulásai

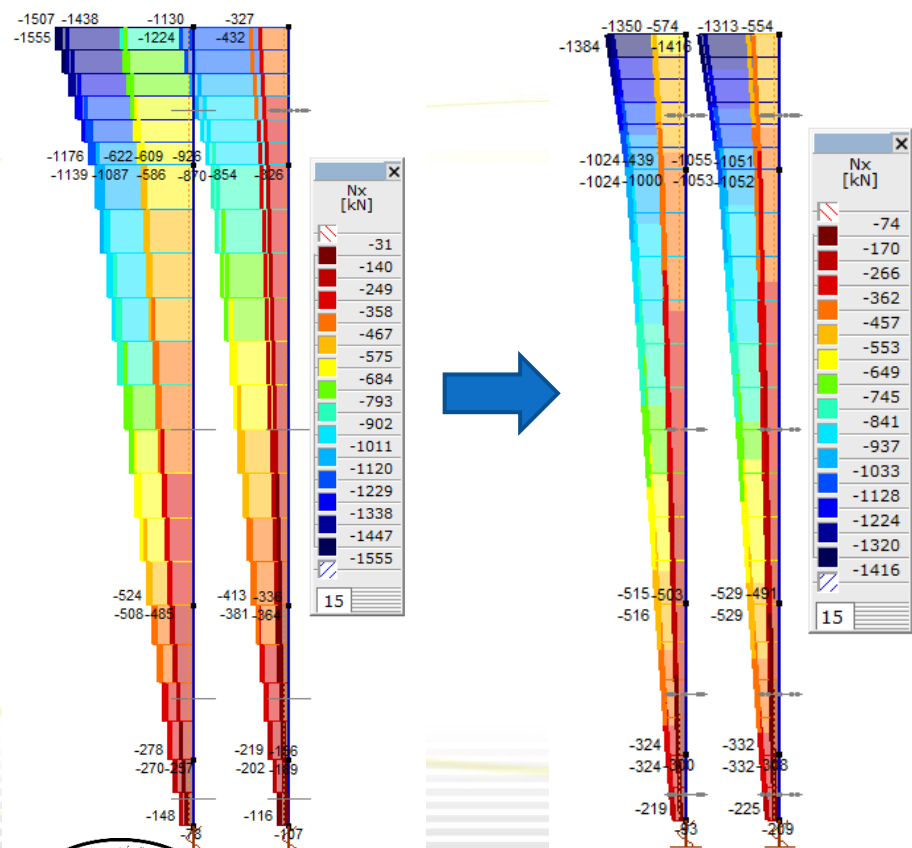


Optimalizált modellezési eredmények

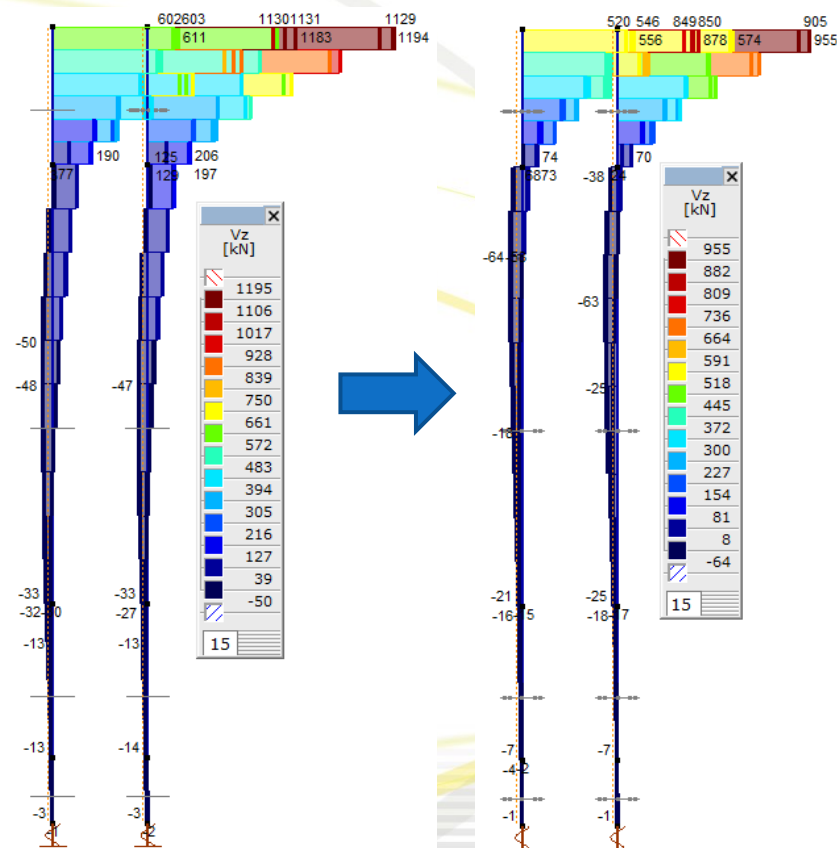
26

Cölöpök igénybevételei

Mértékadó normálerő



Mértékadó nyíróerő



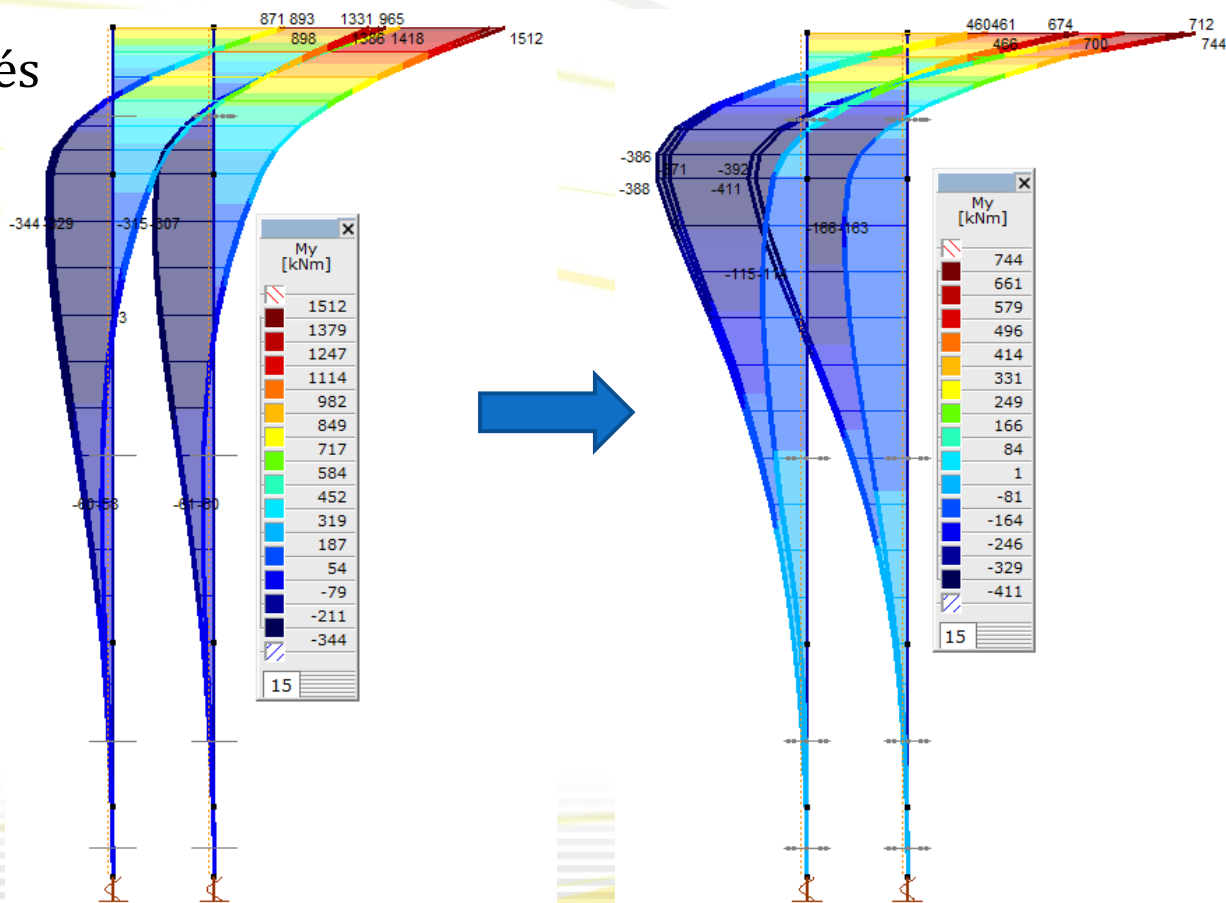
Optimalizált modellezési eredmények

27

Cölöpök igénybevételei

- Igénybevétel átrendeződés
- 45-50%-os csökkenés

Mértékadó nyomaték



MAÚT Közgyűlés - Budapest, 2022. május 13.

Optimalizált modellezési eredmények

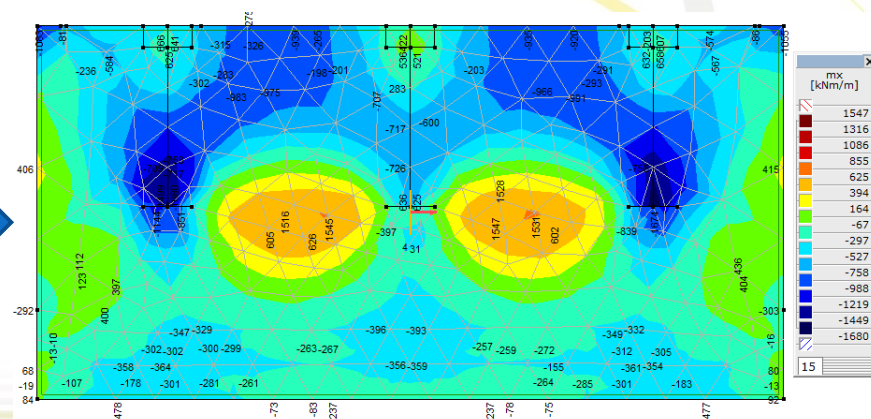
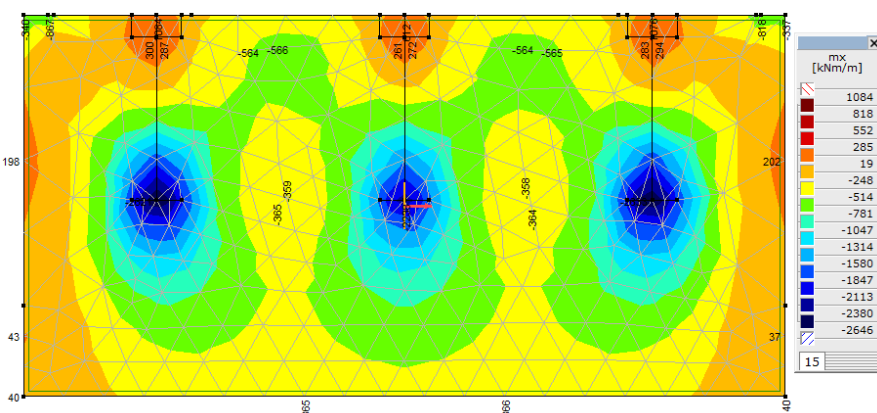
28

Cölöpösszefogó igénybevételei

- Nyomatéki igénybevételek csökkenés

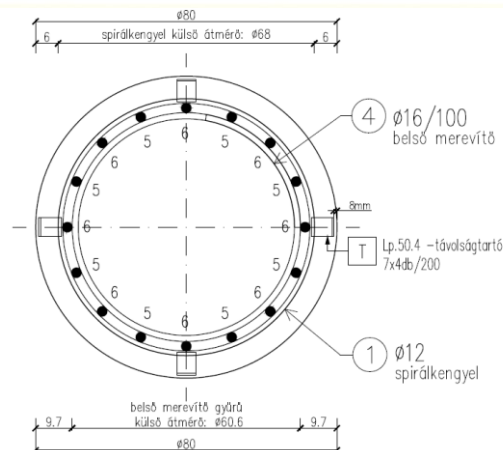
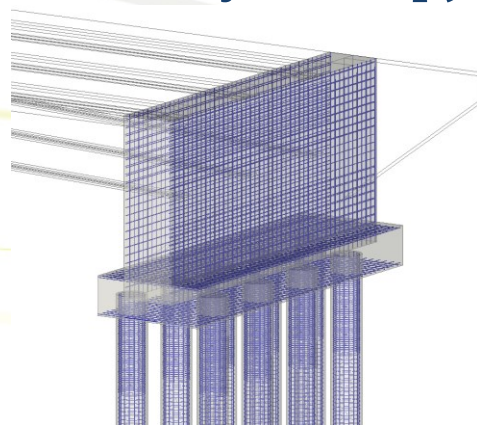
Hídfeő igénybevételei

- Az előző modellhez képest nyomatéki átrendeződés figyelhető meg
- Mérsékelt igénybevételek, lokálisan nagy értékek $\sim 30\text{-}40\%$ -kal csökkentek

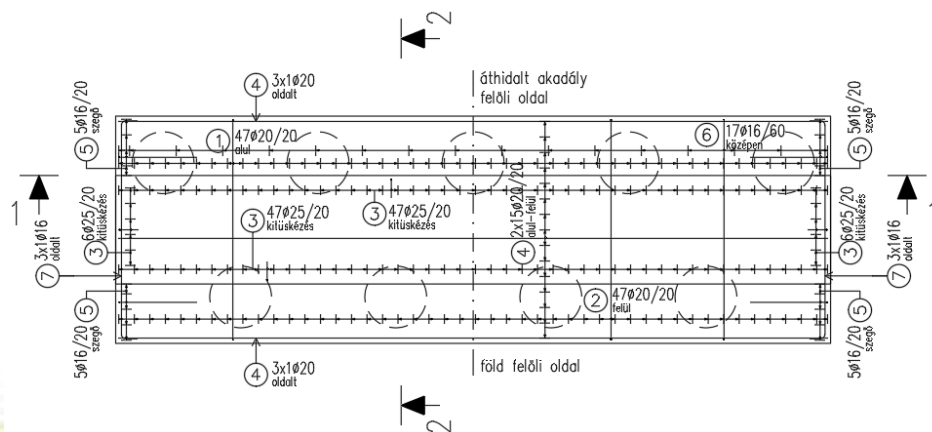
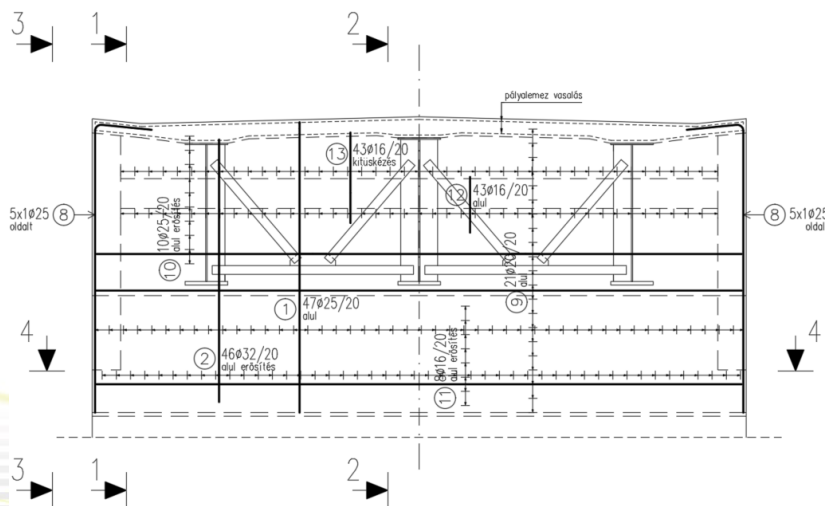


Optimalizált modellezési eredmények alapján

- Cölöpök méretezés
- Cölöpösszefogó méretezése
- Híd fő méretezése
- Szárnyfalak méretezése



FELÜLNÉZET

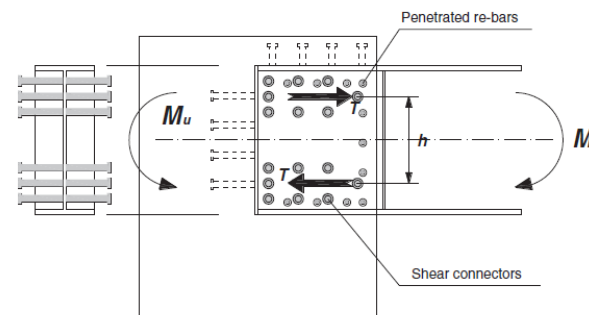
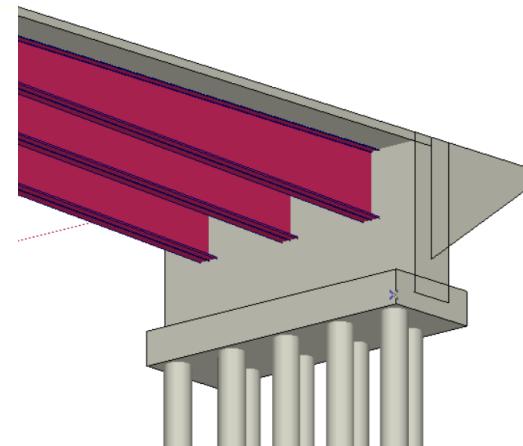
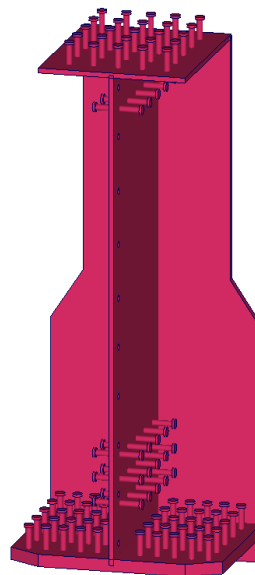


Kapcsolatok méretezése, tervezése

- Pályalemez-hídfő kapcsolata
- Főtartó-hídfő kapcsolata
- Cölöpösszefogó-cölöp kapcsolata

Repedéstágasság ellenőrzése

- Cölöpök repedéstágassága



Gazdaságos tervezés

31

- Alap és optimalizált modell vasalásának összehasonlítás

Szerkezet	Többlet betonacél tömeg [t]
Cölöp	8.1
Cölöpösszefogó	0.6
Hídfő	4.8

- Költségek közötti becsült különbség:
 - Betonacél többletköltség: 3.05 millió Ft
 - Szerelés többletköltség: 1.35 millió Ft
 - **Összes többletköltség: 4.4 millió Ft**

- Geotechnikai modellezés : ~1.0-1.5 millió Ft



Összefoglalás

32

- Cél: gazdaságos, könnyen kivitelezhető integrált híd alépítményének tervezése
- Kapcsolódó hazai és nemzetközi irodalmak áttekintése
- Részletes tervezés
 - ▣ Geometria, konstrukció
 - ▣ Komplex 3D tartószerkezeti modell
 - ▣ Földrengésvizsgálat
- Geotechnikai tervezés
 - ▣ Ágyazási tényezők előállítása
- Modell optimalizálás
 - ▣ Vasbetontervezés



Gazdaságos tervezés

Köszönöm a figyelmet!

Varga Olivér – olivervarga95@gmail.com

