

# Acél-beton öszvérszerkezetű együttműködő ív híd

## Steel-concrete composite arch bridge

Ing. STEFANESCU, Daniel<sup>1</sup>, Drd. MOLNÁR Lajos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Complex Engineering, Kolozsvár, complexing@yahoo.com

<sup>2</sup> Kolozsvári Műszaki Egyetem (UTC-N),  
str. Memorandumului, nr. 28, Kolozsvár, lajos.molnar@yahoo.com

### Abstract

*In the following article we are presenting the results of numerical calculus, using FEM program MIDAS CIVIL 3D, for dimensioning the steel-concrete composite arch bridge structure. We are also presenting the appearing loads during the positioning of the structure on the final site.*

**Keywords:** Arch Bridge, Steel-concrete Composite Structure, MIDAS CIVIL 3D, structure dimensioning

### Kivonat

*Az alábbi anyagban bemutatjuk a íves acél-beton öszvérszerkezetű híd méretezését, véges elem módszert (VEM) használó, MIDAS CIVIL 3D numerikus program, felhasználásával. Ugyanakkor bemutatjuk a szerkezetben megjelenő terheléseket a végleges helyszínre történő beemelése alatt*

**Kulcsszavak:** Ívhíd, acél-beton öszvérszerkezet, MIDAS CIVIL 3D, szerkezet méretezés

## 1. BEVEZETÉS, ÁTTEKINTÉS

Az acél-beton kompozit/öszvérszerkezetű ívhidak viszonylag új szerkezetek, szélesebb körű alkalmazásuk a XX. században kezdődött. Két különböző anyagot használnak, melyek a megfelelő helyen beépítve kihasználják azok pozitív tulajdonságait, nevezetesen az acélt a húzó zónában és a betont a nyomó zónában.

Az ívhidak vagy boltíves hidak voltaképpen az első olyan szerkezetek a hídépítés történetében, amelyek a két rendszert ötvözik, és amelyek külön-külön és együttesen is építészeti és statikailag megbízható szerkezeteket alkotnak. Az első függőleges merevítő támasztókarokat alkalmazó hidat Josef Langer tervezte 1870-ben, és a Wrosovici vasúti híd építésénél,  $L = 11,40 + 22,80 + 11,40$ . A Langer hidakat átmeneti hidaknak is tekinthetjük az ívhidak és a gerenda hidak között

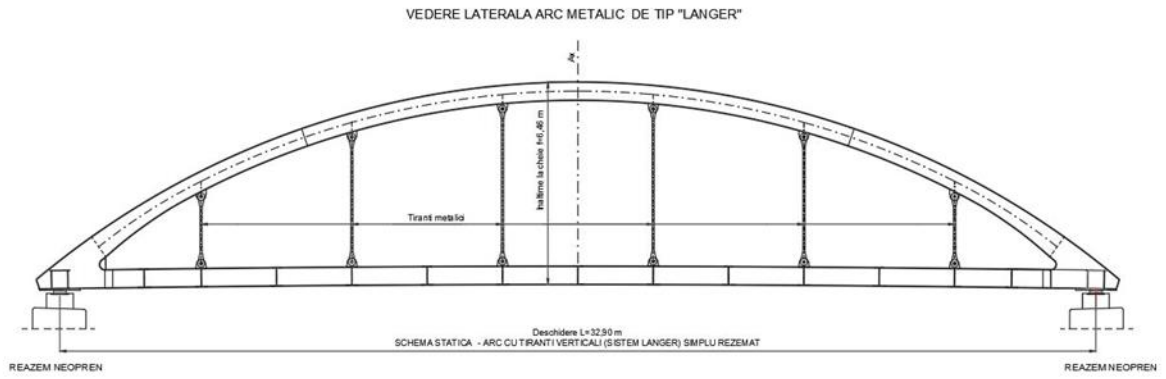
A rendszer fő jellemzője, hogy a vízszintes tartó egy feszített elemmé válik, amelyet kötőgerendának neveznek, és amely felveszi az ív által keltett vízszintes terhelést. E rendszer alkalmazásának előnye, hogy 300 m fesztávolságú hidak is megvalósíthatók. Romániában a múlt század első felében épültek az első 20-30 m fesztávolságú vasbeton íves szerkezetek. Az 1980-as években a Duna-Fekete-tenger-csatorna projekt részeként fontos ívhidak épültek: Medgidia (DJ222)  $L = 130,00$  m, Ovidiu (DN2A)  $L = 110,00$  m, Poarta Albă (DN22C)  $L = 110,00$  m. [1]

## 2. A SZERKEZET SZÁMÍTÁSA

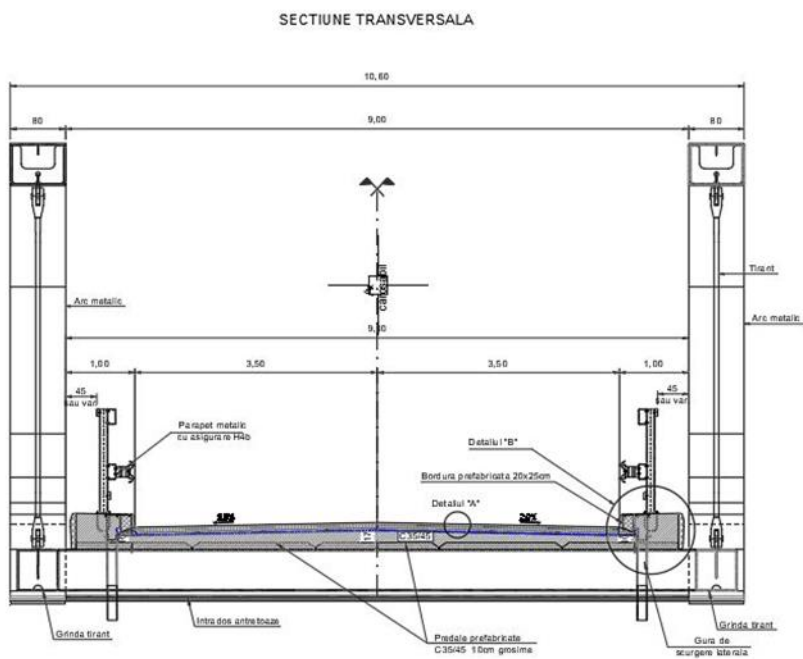
Az alábbiakban egy, a Nyugati Kárpátokban az Aranyos folyó fölé építendő acél-beton öszvérszerkezetű, felső íves alsó pályás, ívhíd számítását mutatjuk be.

### 2.1. A szerkezet bemutatása

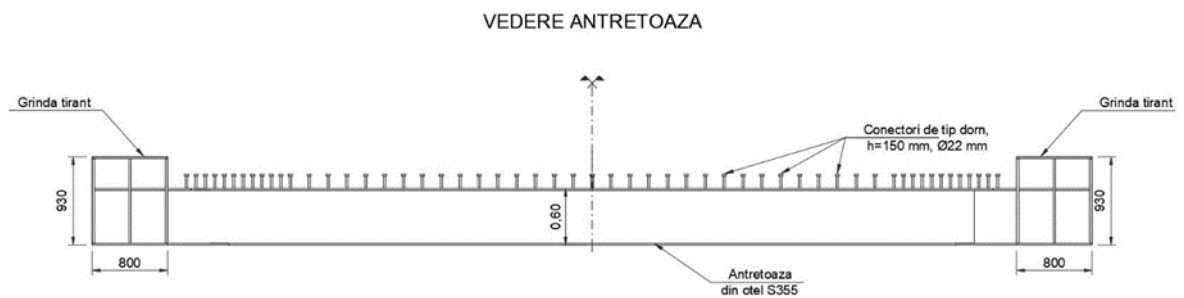
A híd a következő műszaki adatok jellemzik: fesztávolság  $L = 32,90$  m, magasság  $f = 6,46$  m, dőlésszög  $f/L = 0,196$ , ami az ajánlott  $1/10 - 1/5$  határértékeken belül van [1], B szerkezeti szélesség  $= 10,00$  m, b pályaszélesség  $= 9,00$  m.



1 ábra. Langer típusú ívhid oldalnézet

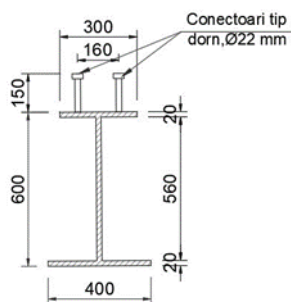


2 ábra. Langer típusú ívhid, keresztmetszet



3 ábra. Langer típusú, ívhid kereszttartó oldalnézet

SECTIUNE ANTRETOAZA



4 ábra. Langer típusú ívhid keresztartó keresztmetszet

Az acélszerkezet - S 355 J2W+N minőségű - amely vég keresztartó 2 db, keresztartó 13 db, ívszelvényből 2 db, kötőgerendából 2 db, a földrengésgátló eszközökből 4 db,

Össztömege 113,592 to

Összekötő elemek, csapok 1,870 to

Vasbeton pályalemez, beton, C35 45 85,22 m<sup>3</sup>

vasalás, BST500 13,987 to

A szerkezet merevségének biztosítása érdekében a vasbeton pályalemez együttműködő acél-beton öszvérszerkezetű rendszerben kerül kivitelezésre. Képlékeny típusú, csap, kötőelemek alkalmazásával, amelyek az utóbbi időben a jó üzemi teljesítményük és az egyszerű szerelhetőségük miatt kedvelt elemekké váltak [2].

## 2.2 A szerkezet számításának elméleti alapjai

Az íves szerkezet számításában az alábbi alapképletekre támaszkodhattunk:

- Az ív mentén történő nyomás-változás törvénye [1].

$$N_x = \frac{N_0}{\cos \varphi_x},$$

Ahol  $N_x$  és  $N_0$  az  $x$  szelvényben, valamint az ív középnél fellépő axiális nyomóerők,

$\varphi_x$  az ívtengelyének dőlésszöge az  $x$ -szelvényben a vízszinteshez képest,

- A hajlítónyomatékok változásának törvénye az ív síkjában az ív mentén [1].

$$M_x = k \times M_0 = k \times \frac{g \times L_c^2}{8}$$

Ahol  $M_0$  az egyenletesen eloszló  $g$  terhelés hajlítónyomatéka az egyszerűen merevített tartón, amelynek nyílása  $L_c$

$k$  tényező, amely az ívszerkezet merevségétől és szerkezeti együttműködésétől függ.

Az keresztartón lévő csapok méretezéséhez, az acél tartók és a beton pályalemez közötti együttműködést biztosító csapokat a csúszási erőellenállásra, valamint az EN 14555 szerint meghatározott két képlet minimális értékének figyelembevételével került kiszámításra [2]:

$$P_{Rd} = \frac{0,8 \times f_u \times \pi \times d^2 \div 4}{\gamma_v}$$

$$P_{Rd} = \frac{0,29 \times \alpha \times d^2 \times \sqrt{f_{ck} \times E_{cm}}}{\gamma_v}$$

amelyben  $\alpha = 0,2 \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right)$   $3 \leq h_{sc}/d \leq 4$  esetben

$\alpha = 1$   $h_{sc}/d > 4$  esetben

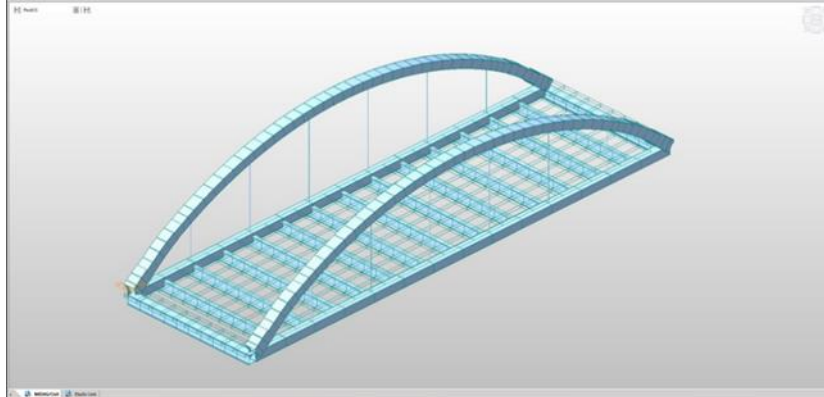
ahol  $\gamma_v$  – részleges biztonsági tényező, 1,25 az EC 4-2 szerint

- $d$  - csapszár átmérő,  $\varphi = 16 - 25 \text{ mm}$
- $f_u$  – csap szakítószilárdság  $\leq 500 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ck}$  -beton karakterisztikus szilárdság
- $h_{sc}$  – csap teljes magassága.

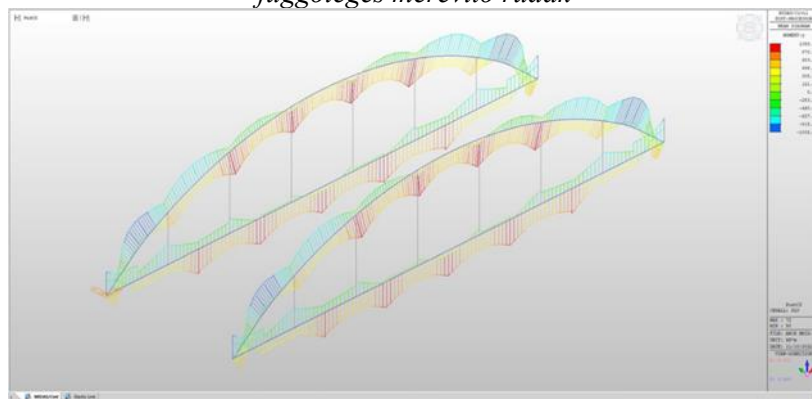
### 2.3 A szerkezet numerikus számításának eredményei

Szerkezetünk modellezéséhez és számításához a dél-koreai MIDAS CIVIL 3D, véges elem, numerikus programot használtuk, amelyet az építőmérnökök világszerte híd szerkezetek tervezésére használnak.

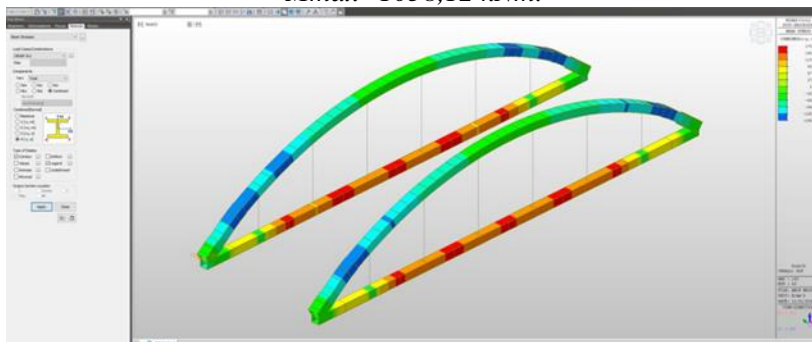
A számítási szerkezet modelljét és a kapott számítási diagramokat, röviden, az alábbiak szerint mutatjuk be:



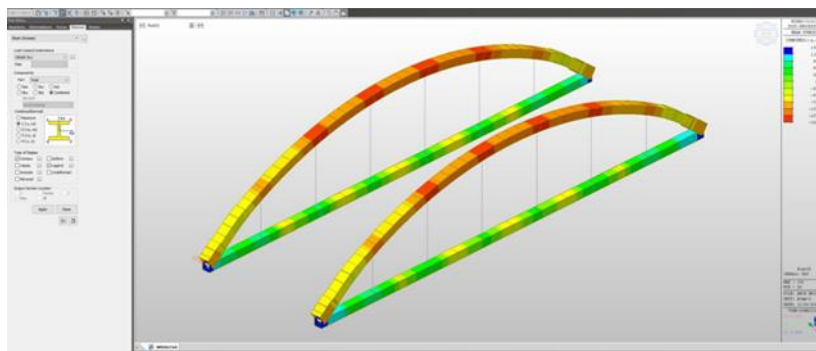
5 ábra. A híd acélszerkezetének 3D-s nézete - ívek és merevítő tartók (zárt szelvényű merevítő tartók) és végkereszttartók (zárt szelvények), nyílásközi "I" szelvényű keresztartók, valamint  $d=60 \text{ mm}$  átmérőjű függőleges merevítő rudak



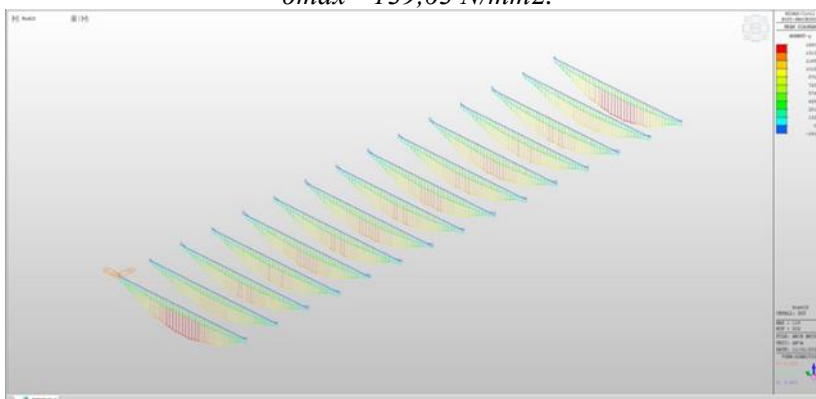
6 ábra. Hajlítónyomatékdiagram az acél íveken és merevítő tartókon ULS teherbírési határállapotban (minden terhelés (beleértve a mozgó terheket is) 1,35 biztonsági együtthatóval),  $M_{min} = -1102,63 \text{ kNm}$ ,  $M_{max} = 1058,12 \text{ kNm}$ .



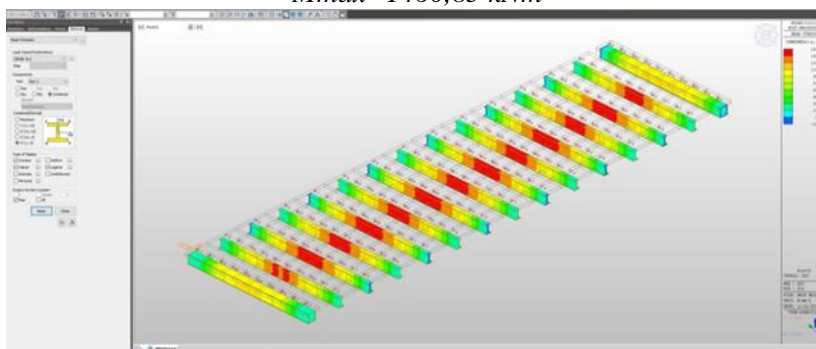
7 ábra. Feszültségi diagramok az ívek és a húzóartók alsóperemén ULS teherbírési határállapotban, (minden terhelés (beleértve a mozgó terheket is) 1,35 biztonsági együtthatóval),  $\sigma_{min} = -155,99 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_{max} = 179,54 \text{ N/mm}^2$ .



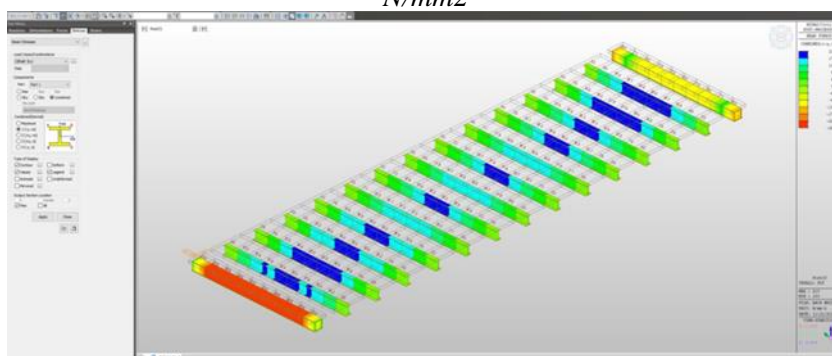
8 ábra. Feszültségdiagramok az ívek és a húzógerendák felsőperemé ULS teherbírési határállapotban, (minden merevítő (beleértve a mozgó terheket is) 1,35 biztonsági együtthatóval),  $\sigma_{min} = -153,79 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_{max} = 139,63 \text{ N/mm}^2$ .



9 ábra. Hajlítónyomatékdiagram a (vég- és nyílás-) keresztartoknál, ULS teherbírési határállapotban (minden terhelés (beleértve a mozgó terheket is) 1,35 biztonsági együtthatóval),  $M_{min} = -161,38 \text{ kNm}$ ,  $M_{max} = 1460,85 \text{ kNm}$



10 ábra. Feszültségdiagramok a keresztartók alsó peremén ULS teherbírési határállapotban (minden terhelés (beleértve a mozgó terheket is) 1,35 biztonsági együtthatóval),  $\sigma_{min} = -18,73 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_{max} = 164,90 \text{ N/mm}^2$



11 ábra. Feszültségdiagramok a keresztartók felső peremén ULS teherbírési határállapotban (minden terhelés (beleértve a mozgó terheket is) 1,35 biztonsági együtthatóval),  $\sigma_{min} = -26,64 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_{max} = 21,97 \text{ N/mm}^2$

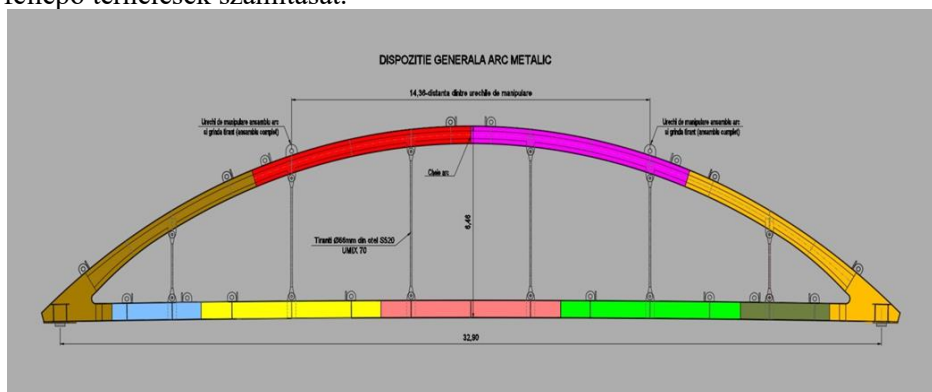
táblázat

ULS teherbírési határállapotban kapott eredmények összesítés		Acél ív		Kereszttartó	
		Eredmény	Határérték	Eredmény	Határérték
Hajlítónyomaték	kNm	Mmin	-1102,63		
		Mmax	1058,12		
Feszültség, alsó ív	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{min}$	-155,99	322,72	
		$\sigma_{max}$	179,54	322,72	
Feszültség, felső ív	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{min}$	-153,79	322,72	
		$\sigma_{max}$	139,63	322,72	
Hajlítónyomaték	kNm	Mmin			-161,38
		Mmax			1460,85
Feszültség, alsó perem	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{min}$			-18,73
		$\sigma_{max}$			164,90
Feszültség, felső perem	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{min}$			-26,64
		$\sigma_{max}$			21,97

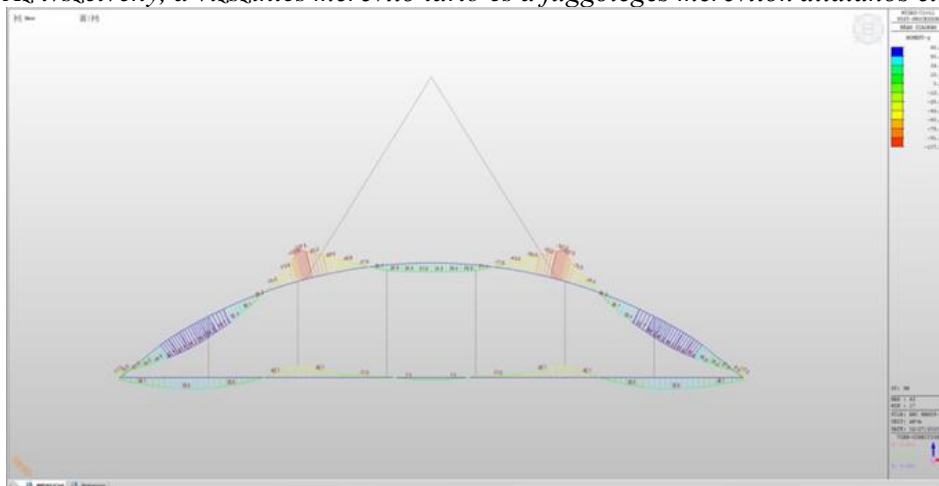
1 táblázat, ULS teherbírési határállapotban kapott eredmények összesítés

## 2.4. A szerkezet beépítési technológiájának ellenőrzése

A következőkben bemutatjuk az "Ív szerkezet általános elrendezését" és a fémszerkezet helyére történő rögzítés során fellépő terhelések számítását.



12 ábra. Az ívszelvény, a vízszintes merevítő tartó és a függőleges merevítők általános elrendezése

13 ábra. Az ívszerkezet mozgása nyomán fellépő hajlítónyomatékok diagramja,  $M_{max}=107,53$  kNm

### **3. ÖSSZEFOGLALÓ**

Összefoglalva, a kapott adatok alapján kijelenthetjük, hogy egy megbízható, esztétikus szerkezetet kaptunk, amelyet érdemes a tervezett helyszínen kivitelezni. A szerkezet tanulmányozását követően javasolhatjuk a jövőben a számítások elmélyítését a kezdeti feszültségek szerkezetbe való bevezetése terén, annak érdekében, hogy a szerkezet viselkedését idővel optimalizáljuk, illetve a felhasznált anyagok mennyiségét csökkentjük, ezáltal csökkentve a természetet terhelő szénlábnyomot:

- a vasbeton pályalemez hosszirányú előfeszítése,
- a keresztirányú acélgerendáinak utófeszítése,
- az ívek alsóhosszanti, vízszintes fémtartóinak utófeszítése.

### **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

Köszönjük Köllő Gábor professzor úrnak a tevékenységünk során nyújtott támogatását, konstruktív javaslatait, valamint az összeállított cikk lektorálását.

Köszönjük Victor Popa dr. mérnök úrnak az ívhidak tervezése során megszerzett szakmai tapasztalat megosztását

### **IRODALMI HIVATKOZÁSOK**

- [1] Victor Popa: Structuri cu arce metalice și grinyi de rigidizare tip Langer sau Nielsen folosite pentru realizarea podurilor, Editura AGIR 2022.
- [2] Ștefan Guțiu, Cătălin Moga: Structuri Compuse oțel beton, Editura UTPRESS 2014