

EUROCODE 1914-BEN



Készítette:

MARITY Dávid

VI. éves Építőmérnök hallgató
Temesvári Műszaki Egyetem

Konzulensek:

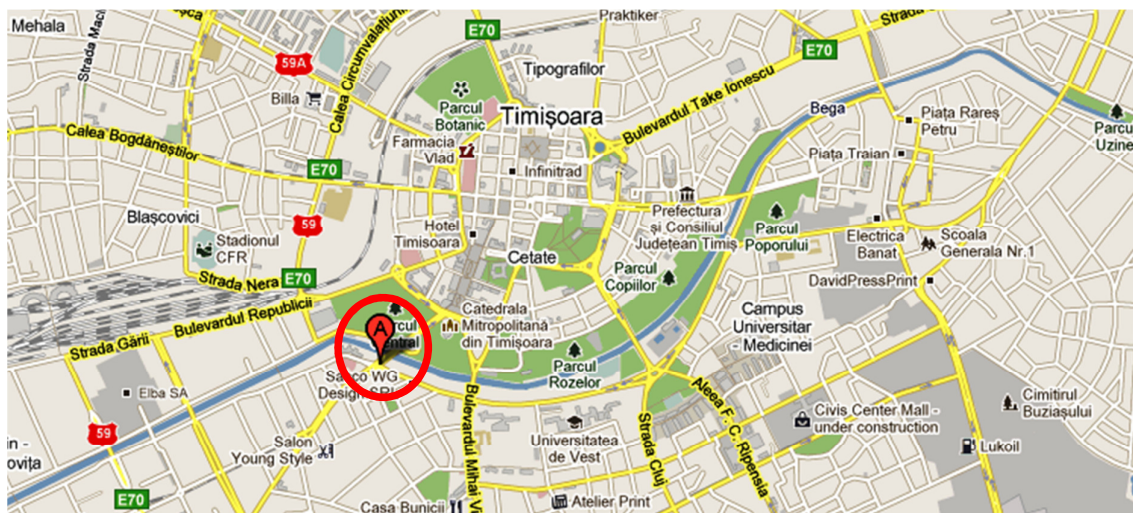
Dr. NAGY-GYÖRGY Tamás, Egyetemi adjunktus
Temesvári Műszaki Egyetem
Építőmérnöki Kar

Tartalomjegyzék

- 1. Bevezető**
- 2. A híd építésének szilárdsági számítása (1914)**
- 3. A híd számítása napjainkban EUROCODE szerint**
- 4. Tesztek**
- 5. Következtetések és további célkitűzések**
- 6. Könyvészet**

1. Bevezető

A temesvári Hunyadi híd tervezésének és építésének tanulmánya úgy lett a jelen levő dolgozat témája, hogy a 2006-ban szükségszerűnek bizonyult felújítás által Temesvár polgárainak figyelme a forgalmi szempontból különösen fontos híd fele fordult. Így sokan, akik régebb sűrűn átkeltek rajta észrevették, hogy ezt már nem tehették meg és közvetlenül tapasztalhatták a Hunyadi-híd és általában a hidak fontosságát az emberek életében. Sokan csak mérgelődtek, mert nem értek el a város különböző pontjaira olyan gyorsan, ahogy tervezték, mások viszont megálltak a hídfők mellett és hálásan gondoltak azokra, akik ezt a nagyon hasznos, fontos és különösen szép művészi kiképzésű hidat építették és felújították.



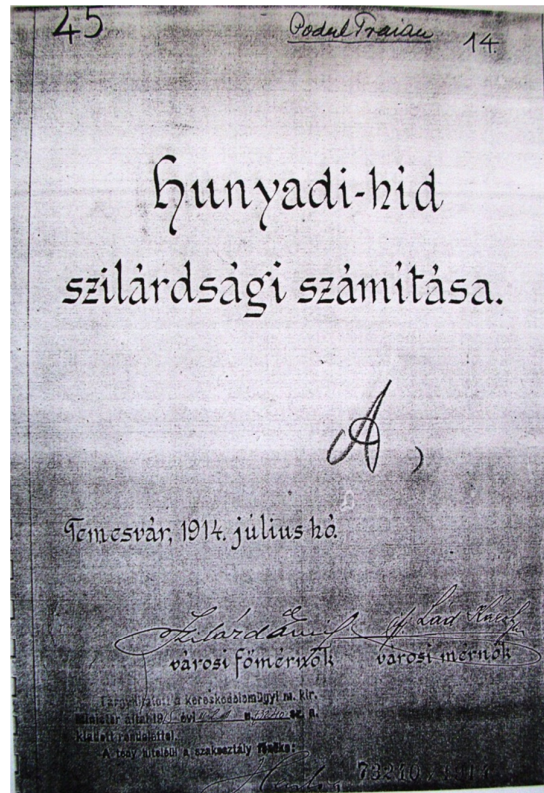
1. Ábra – A Hunyadi-híd fekvése

A 2006-os munkálatok során, a felújítás keretén belül 44 beton-magfurat is készült, amely tesztelése során arra az eredményre jutottak, hogy a híd főnyílásának konzoljai mostani forgalomban is helyüket állják, akkor is, ha az utóbbi 20 évben a forgalom mennyisége megduplázódott, ami maga után vonja azt is, hogy a híd nagyobb terheket kell elbírjon. Ezen kívül az is megfigyelhető, hogy a híd tervezése óta más tervezési feltételek és elvárások vannak érvényben, nagyobb terheket vesznek számba egy híd szilárdsági számításánál és a nagyobb haladási sebesség miatt a fékezési erők és dinamikus terhek is jelentősen nőttek az 1900-as években számba vett terhekhez képest.

A dolgozat célja, hogy minél több adatot szolgáltatson a 100 évvel ezelőtti építési technológiáról, az akkor használt anyagok gyártásáról és minőségéről, a tervezési és kivitelezési munkálatok menetéről, valamint a várható használati tartamról. Ezen kívül, további cél volt összehasonlítani a mostani építési elvárásokat a 100 évvel ezelőttiekkel, párhuzamot vonni az akkor és a most használt anyagok közt, ezáltal segítséget nyújtani azoknak, akik jövőnk épületeit fogják tervezni, kivitelezni és használni.

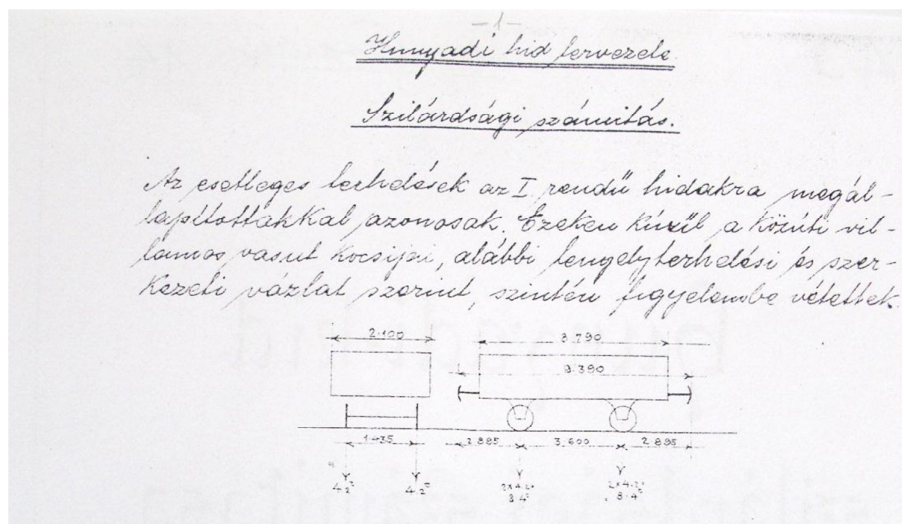
Ezen az úton is köszönöm a hasznos és önzetlen segítséget dr. BOTA Adrian és dr. JANCÓSÓ Árpád uraknak.

2. A híd építésének szilárdsági számítása (1914)



2.Ábra – A szilárdsági számítás fedőlapja

A Hunyadi-híd felszerkezetének szilárdsági számítása az I. rendű hidakra vonatkozó terhek számbavételével készült el, melyhez hozzáadódott a közületi villamosvasút kocsiiból származó teher, amely a számítások során a legnagyobb tehernek bizonyult és így a legnagyobb nyomatótkot eredményezte.

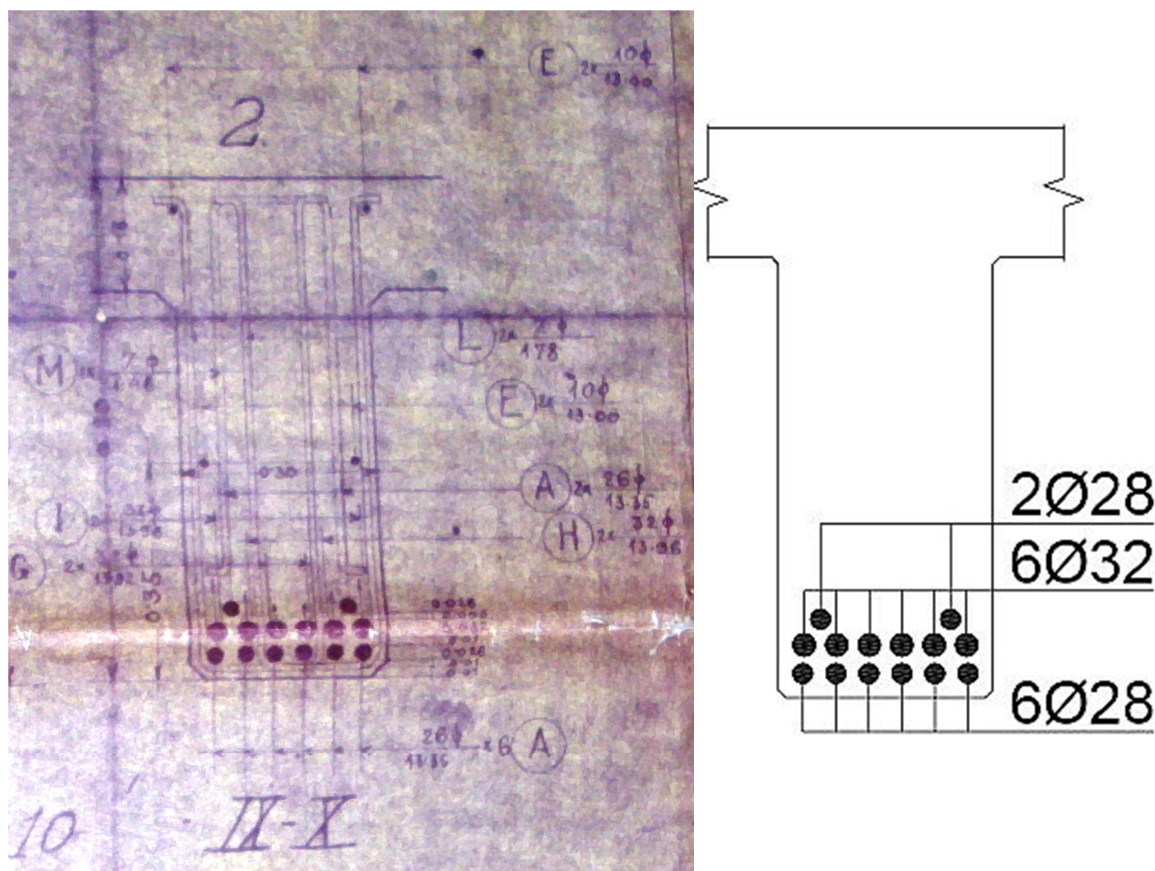


3.Ábra – A terhek bemutatása



A szilárdsági számításban a tartókra ható állandó súly (önsúllyal együtt) 1,96 t/fm (tonna/folyó méter), ami 19,6 kN/m-nek felel meg (a gravitációs gyorsulás 9,81 m/s²-es értékét 10 m/s²-re kerekítve). Az ebből származó nyomaték 38,28 tm (tonna*méter), vagyis 382,8 kNm. A mozgó terhek közül, mint előbb említve a legnagyobb nyomatékot a 8 tengelyből álló vonat eredményezte, szám szerint 24,97 tm, tehát 249,7 kNm. Összeadva ezeket az értékeket a nyomaték 63,25 tm, vagyis 632,5 kNm.

Ebből a nyomatékból következik a gerenda acélbetét keresztmetszete, és szerkezete, vagyis 8Ø26, 42,48 cm² keresztmetszettel és 6Ø32, 48,24 cm², ami összesen 90,72 cm²-t eredményez.

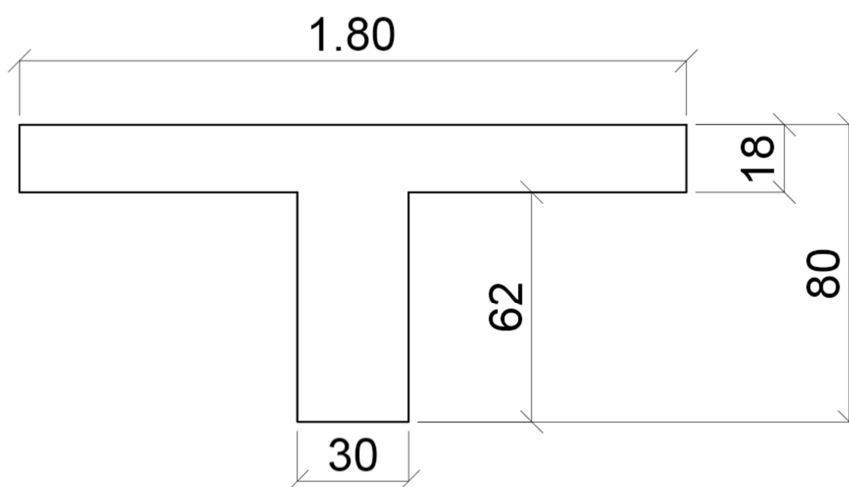


6.Ábra – A középső főtartók vasazása

3. A híd számítása napjainkban EUROCODE szerint

Az európai szabvány szerinti számítás csak a számítási módra és szabályzatra vonatkozik, nem pedig a terhek meghatározására és számbavételére. Ez azzal a céllal történt így, hogy összehasonlítási alapot nyújtson a megközelítőleg 100 évvel ezelőtti számítási technikáról, az akkori idő anyagainak gazdaságos kihasználásáról és arról, hogy mennyit is fejlődött az építőipar ezen az időszakon belül.

A biztonsági tényezővel való szorzás a nyomaték értékeivel történt a számítás egyszerűsítéséért és összehasonlíthatóságáért, de főként az utóbbiért. Ugyan ebből az okból végződött a számítás ugyanazon a keresztmetszeten is, vagyis, hogy az eredményeket ne befolyásolja csak a használt szabvány és az anyagok minősége.



7.Ábra – A középső főtartók keresztmetszete

A méretezés első lépése az anyagok minőségének meghatározása volt, ami EU szabvány szerint történt, aminek első lépése a tartóssági osztály meghatározása volt, ami XD3-as besorolásra jutott, mivel hogy az XD3-as osztály vonatkozik a hidak esetére, ahol magas a nedvességtartalom és gyakran váltakozik szárazság és nedvesség. Ebből kifolyólag a minimális betonosztály a C45/55, ami hosszabb életkor eléréseért egy osztállyal meg lett növelve C50/60-ra. Az acélbetétek S500-as acélból lettek kiválasztva.

Az anyagok után a következő, ami meg lett határozva a főtartóra ható teherből származó nyomaték volt, minek meghatározása a következőképpen történt:

$$M_{Ed} = \gamma_g \cdot M_{álló,k} + \gamma_q \cdot M_{mozgó,k}$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot M_{álló,k} + 1,5 \cdot M_{mozgó,k}$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 382,8 + 1,5 \cdot 249,7 = 891,33 \text{ kNm}$$

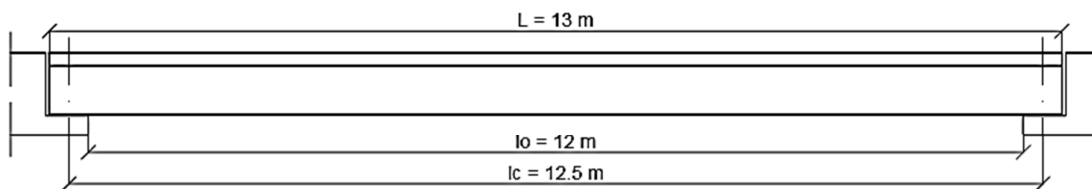
$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}, \quad \gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{50}{1,5} = 33,33 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}, \gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

A nyomaték meghatározása az $l_c=12,5$ m-es fesztáv segítségével történt, a b_{eff} meghatározásakor pedig az $l_0=12$ m -es szabad nyílás lett figyelembe véve, a gerenda teljes hossza 13 m lévén.



8.Ábra – A középső főtartó oldalnézete

A beton fedőréteg (XD3-as tartóssági osztály esetén) min. 50 mm, amihez hozzáadódik egy 10 mm-es egyenlőtlenségi mellékható.

$$C = C_{min,dur} + \Delta_{c,dev}$$

$$C = 50 + 10 = 60 \text{ mm}$$

$$\phi_{max} = 25 \text{ mm, tehát:}$$

$$d_s = C + \phi/2 + d_g$$

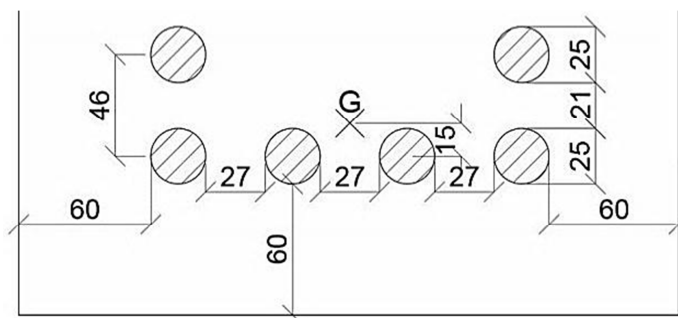
T keresztmetszetet figyelembe véve:

$$d_g = \frac{d_1 \cdot A_1 + d_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2}$$

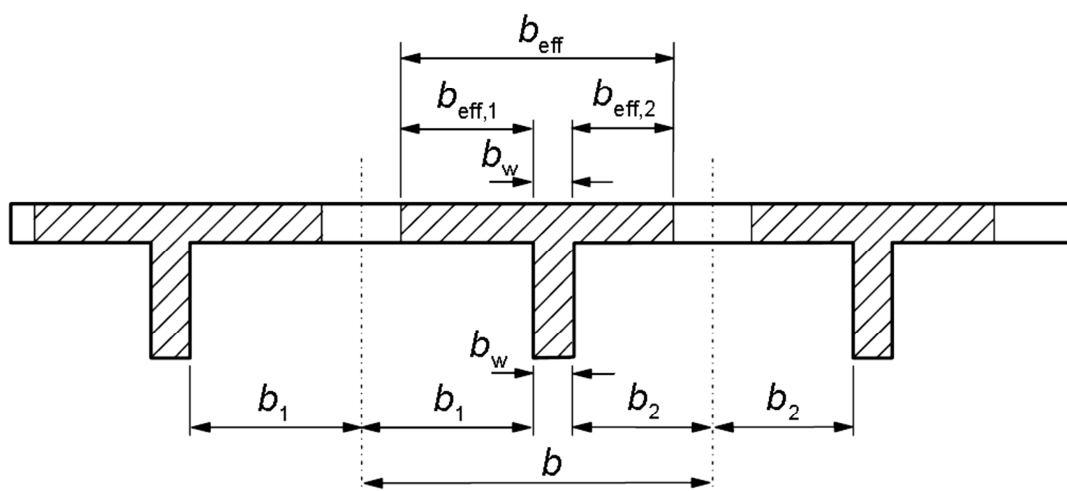
$$d_g = \frac{9,82 \cdot 4,6}{9,82 + 19,64} = 15,3 \text{ mm}$$

$$d_s = 60 + \frac{25}{2} + 15 = 88 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 800 - 88 = 712 \text{ mm}$$



9.Ábra – A főtartók acélbetétének elhelyezése (T keresztmetszet esetén)


 10.Ábra – A b_{eff} számítási érték grafikus megjelölése [2]

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

$$b_{eff,i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0$$

$$b_{eff,i} = 0,2 \cdot 750 + 0,1 \cdot 12000 \leq 0,2 \cdot 12000 \text{ mm}$$

$$b_{eff,i} = 1350 \leq 2400 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 2 \cdot 1350 + 300 \leq 1800 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 3000 \text{ mm} \leq 1800 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 1800 \text{ mm}$$

$$M_f = b_{eff} \cdot h_f \cdot (d - 0,5 \cdot h_f) \cdot f_{cd} = 1800 \cdot 180 \cdot (716 - 0,5 \cdot 180) \cdot 33,33 = 6760 \text{ kNm} \gg M_{Ed}$$

Ennek következménye, hogy a nyomóerő nem haladja meg az útpálya betonlapját, tehát nem szükséges a keresztmetszet nyomott részének felosztása, tehát téglalap keresztmetszetként számolható, amelynek szélessége (b) b_{eff} lesz.

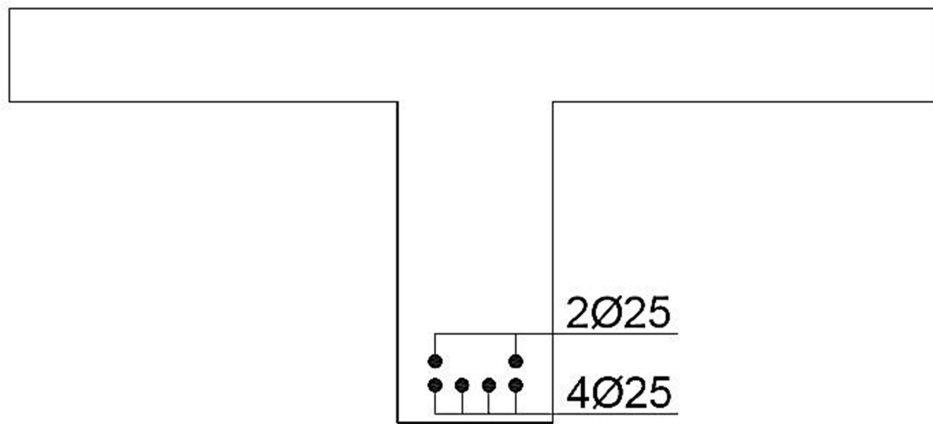
$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{891,33 \cdot 10^6}{1800 \cdot 716^2 \cdot 33,33} = 0,0293 \rightarrow \omega = 0,0293$$

$$A_s = \omega \cdot b_{eff} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,0293 \cdot 1800 \cdot 712 \cdot \frac{33,33}{435} = 2877 \text{ mm}^2$$

$$= 28,77 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow 6\emptyset 25 = 29,46 \text{ cm}^2 (+2,4\%)$$



11.Ábra – A középső főtartók vasazása (T keresztmetszet)

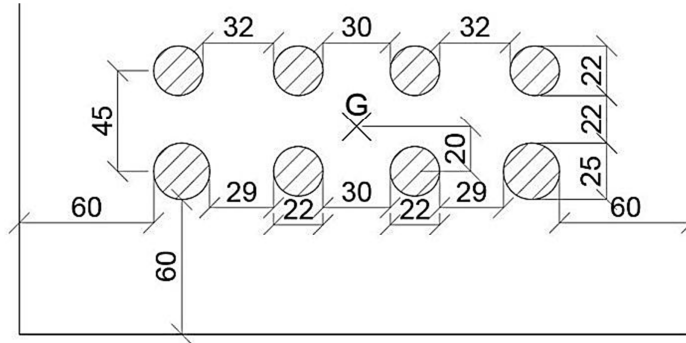
Téglalap keresztmetszetet figyelembe véve:

$$d_g = \frac{d_1 \cdot A_1 + d_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2}$$

$$d_g = \frac{15,2 \cdot 4,5}{17,42 + 15,2} = 20 \text{ mm}$$

$$d_s = 60 + \frac{25}{2} + 20 = 93 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 800 - 93 = 707 \text{ mm}$$



12.Ábra – A főtartók acélbetétének elhelyezése (Téglalap keresztmetszet esetén)

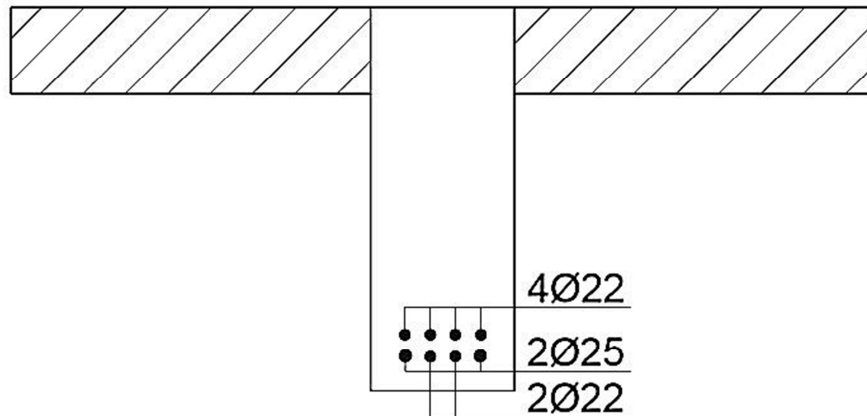
$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{891,33 \cdot 10^6}{300 \cdot 707^2 \cdot 33,33} = 0,178 \rightarrow \omega = 0,1976$$

$$A_s = \omega \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,1976 \cdot 300 \cdot 707 \cdot \frac{33,33}{435} = 3211 \text{ mm}^2$$

$$= 32,11 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow 6\emptyset 22 + 2\emptyset 25 = 32,62 \text{ cm}^2 (+1,59\%)$$



13.Ábra – A középső főtartók vasazása (téglalap keresztmetszet)

4. Tesztek

A tanulmányozott dolgozatok egyike [9] tartalmazott egy karbonatálási vizsgálatot is, amelynek eredményei az 1. Táblázatban vannak feltüntetve. Az eredmény igazolja, hogy a beton fedőréteg és a beton minősége tartóssági szempontból igazolt, a karbonatált réteg vastagsága alig meghaladván a beton fedőréteget, ami a modern, jobb minőségű beton használatával még jobban csökkenthető.

1. Táblázat – Karbonatálási adatok

Próbatest száma	Próbatest vége	Karbonatált	Gyengén Karbonatált	Nem Karbonatált	Színes réteg vastagsága
6	Próbatest külső vége	8	8-14,5	14,5→	10
M7		9,5	9,5-12,5	-	8
V'1		7,5	7,5-17	-	7,3
V'4		8,5	8,5-16,5	-	7,3
V'7		10	10-18	19→	8,3
'9		9	-	9→	6,5
6	Próbatest belső vége	1,5	-	1,5→	
V10		1	1-25	-	
'7		4,5	-	4,5→	
'5		5	5-18	18→	
'6		3	3-16	-	
P5		5	5-13	-	

A próbatest külső vége alatt a szélső gerenda külső fele értődik, a belső oldal alatt pedig a gerenda szerkezet felőli oldala. Ez azért fontos, mivel hogy a hid külsején egy színes betontól álló réteg található, amely könnyíti a karbantartást. A vizsgálatokból kiderült, hogy a színes réteg minden próbatest esetében teljesen karbonatált, az erősen karbonatált réteg vastagsága átlagban 6 cm.

Szükséges megemlíteni, hogy a próbatestek hosszabb ideig egy irodában lettek tárolva, ami befolyásolhatta a vizsgálatok eredményeit.



14. Ábra – A híd oldalnézete és belőle származó próbatestek

5. Következtetések és további célkitűzések

A dolgozat következtetései közé tartozik az, hogy egy 100 éves híd is képes a közel 100 évvel ezelőtti előírások és építési technikák szerint tervezett és megépített szerkezetével ellenállni a mostani megnövekedett forgalomnak, sőt kibővítés után továbbra is képes fenntartani az előzőleg ráhárított forgalmon kívül a kibővítésből származó többletterhelést. A vizsgálatok szerint a híd nem csak hogy bírja a megerhelést, hanem elég nagy teherbírás-tartalékkal rendelkezik, így bízunk benne, hogy még sokáig képes lesz felvenni a harcot a mindennapi forgalommal és a különféle terhekkal (például: erős szelek, földrengések, kivételesen nagy vízhozam, stb.). E híd, ezen kívül a város számára egy fontos művészetileg jól kidolgozott és kialakított támpont, amelynek sokszor útbaigazító szerepe is van.

A dolgozat másik következtetése, hogy a városnak (mint régen a várnak is) szüksége van és volt hídjaira lévén, hogy a Bega két részre osztja a várost, ami miatt szükség van hidakra, amelyek segítséget nyújtanak ezzel a nehézséggel szemben összeköttetést létesítve a két part között. Így a hidaknak fontos szerep jut a város életében és ezért lényeges, hogy figyelmünk a város hídjaira is fordítsuk, hogy továbbra is használhassuk hídjainkat és gyönyörködhesünk bennük.

Egy másik következtetés az, ami tulajdonképpen senki számára nem meglepetés, hogy az építőipar fejlődött az idő elteltével, így tehát ugyanabba a keresztmetszetbe megközelítőleg 3,5-ször kevesebb acélra van szükség a nyomatékra való méretezésben, vagyis a manapság tervezett szerkezetek jóval kevesebb anyagot igényelnek, rövidebb idő alatt kivitelezhetők (mivel hogy kevesebb anyagot kell feldolgozni és elhelyezni). Megfigyelhető, hogy a téglalap alakú keresztmetszettel nagyobb acélbetétekre van szükség, a különbség pedig megközelítőleg 10%.

A további célkitűzések sora hosszú, mely sok tesztet és vizsgálatot igényel. Ezek közé a következők tartozhatnak: a középső nyílás vas- és betonvizsgálatai, egy vagy több teljes központi gerenda töréstesztje, esetleges jövőbeli megerősítési és karbantartási javaslatok kidolgozása, elkészítése és előterjesztése, beleértve a híd véges elem programmal történő modellezését is. Mivelhogy a körülmények nem engedték meg a különböző dokumentumokhoz való hozzáférést, ugyanis ezek Bécsben találhatók, a híd teljes megértéséhez szükséges egyéb iratok (mint pl. megrendelőiratok és városalakítási tervek) és információk beszerzése és felhasználása is a jövőbeli célokhoz csatolhatók.

6. Könyvészet

- [1] Bota Adrian, The bridges of Timisoara – keep them attractive, *fib* Symposium – Keep concrete attractive, Budapest, Hungary, 2005, p 105-112, ISBN 963 420 838 X
- [2] EN 1992 1-1 : 2004, Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings
- [3] EN 1992 2 : 2004, Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 2: Concrete bridges - Design and detailing rules
- [4] Expertiză pod Traian Timișoara, IPROTIM, Proiect nr. 15.529/1972
- [5] Expertiza tehnică a podului „Traian” peste canalul Bega Municipiul Timișoara, IPROTIM, Proiect nr. 41163/330, 1998
- [6] Jancsó Árpád, A temesvári Bega-hidak krónikája, Magyar Útügyi Társ. és Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság kiadó, Budapest, Temesvár, 1999, ISBN 963 03 92356
- [7] Jancsó Árpád, Dokumentumok, Mirton kiadó, Temesvár, 2000, ISBN 973-585-138-5
- [8] Marity David, A 100 éves híd sokat mesél, 12. Műszaki Tudományos Diákkonferencia, Temesvár, Románia, 2010, ISBN 978-973-638-443-1
- [9] Modernizare Str. Nemoianu + Str. Ferdinand + Blv. 16 Decembrie – Reabilitare Pod Traian, faza: P.T. + D.E. + C.S. APECC, contract: 2433-499/2005