

# KALOCSA-PAKS KÖZÖTTI ÚJ DUNA-HÍD – 2. RÉSZ A MEDERHÍD SZERKEZETE



Dr. Kisbán Sándor - Pusztai Pál

<https://doi.org/10.32969/VB.2024.3.1>

*A cikkben bemutatjuk a mederhíd fő teherhordó szerkezeti elemeit. A leírásokban megadjuk azokat a tervezési körülményeket, statikai okokat, amelyek a szerkezeti elemek kialakítását befolyásolták. Kitérünk a tervezésnél alkalmazott programokra, a kivitelezés közbeni tapasztalatokra, illetve mérési eredményekre.*

**KULCSSZAVAK:** Duna-híd, teherhordó szerkezetek, trapézlemez, hibrid keresztmetszet

## 1. BEVEZETÉS

A Kalocsa–Paks új Duna-híd három, egymás után kapcsolódó, de szerkezeti rendszerében eltérő hídszerkezetből áll. A teljes műtárgy és tervezésének lépései az előző cikkben bemutatásra került, jelen cikkben a mederhíd fő teherhordó szerkezeteit ismertetjük.

Nagy hidaknál a szerkezeti elemek tervezésekor – geometriai méretek, csomóponti részletek kialakításakor – a végleges állapotra való tervezés nem elegendő, a kivitelező által megadott építéstechnológia figyelembevétele is szükséges.

**1. ábra:** KP4 j. pillér szádfal munkatérhatárolása



A szerkezeti elemek bemutatásakor röviden kitérünk ezekre a körülményekre is, az építéstechnológiai hatások részletes leírását a követő cikkben ismertetjük.

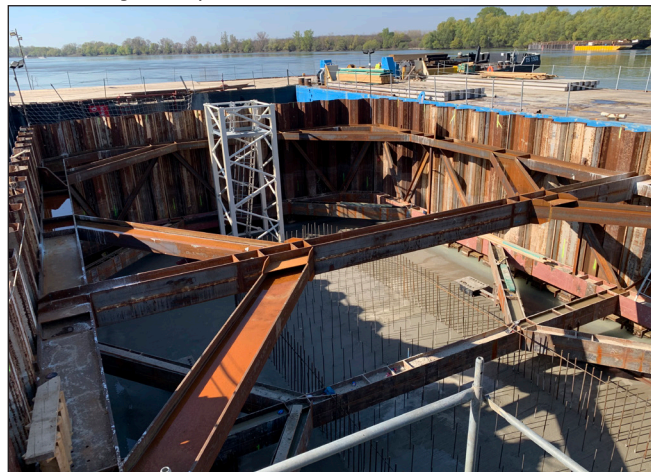
## 2. ALÉPÍTMÉNYEK

A pillérek alapozása mind a négy alépitményen azonosan, nagytérű  $\phi 1,50$  m-es fűrt vasbeton cölöpökkel készült. A cölöpösszefogó gerenda és a felmenő szerkezet építése követte a Duna mederszintjeit.

A 4. és 7. jelű közös pillérek esetében az alapozás a pillérek körül létesített műszigetről, szádfallal határolt munkagödörben végezték el. A szádfal szerkezet 14 m, illetve 18 m hosszúságú Larssen VL607 típusú lemezekből állt. A kialakított munkatér 24,60 m x 13,80 m alaprajzi méretű volt (1. ábra).

Az 5. és 6. jelű mederpillérek esetében a munkatérhatároláshoz bárkáról leengedett dobozszerkezet készült. A szükséges munkatér mérete alapján az emelési tömeg figyelembevételével a kéregelem magasságilag két részre kellett darabolni. A dobozok alaprajzilag azonosan 29,70 m x 15,00 m mérettel készültek. Az alsó kéregelem 6,70 m, a felső őrfal szerkezet 5,60 m magassággal építették. A dobozszerkezet HEB tartókkal merevített szádlemezekből készült. Az emelési tömeg 153 t és 180 t volt (2. ábra).

**2. ábra:** P5 j. mederpillér őrfal kialakítása





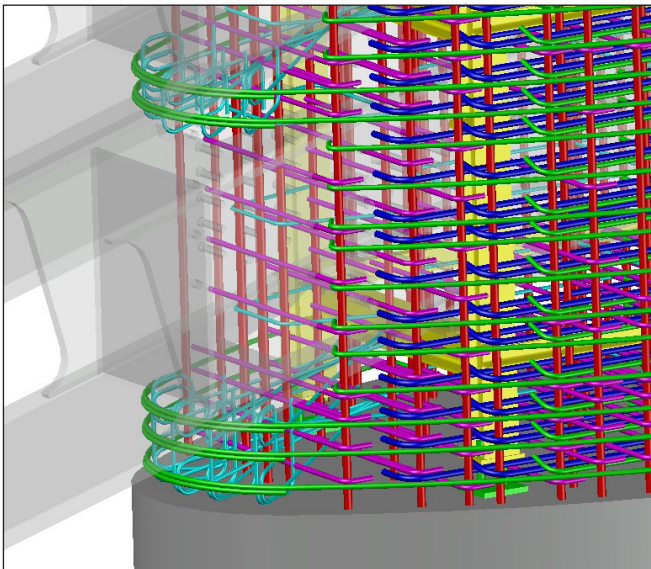
### 3. PILON

A pilonok tömör monolit vasbeton szerkezetek, amelyeket egybeépítették a felszerkezet támaszkeresztartóival. Két-oszlopos kialakításúak, a híd tengelyétől a pilon tengelye keresztirányban 7,10 m távolságra van. Alaprajzi befoglaló méretük 4,00 x 2,00 m, keresztmetszetük ellipszis alakú. A pályalemez szinttől vett magasságuk 21,80 m, a felső, lezáró részük ferdén lecsapott.

Betonzási és vasszerelési okokból a pilon teljes magassága összesen 7 ütemben készült. Az építési ütemek átlagosan 3,00 m magasságúak voltak. A pilontó vasalása  $\phi 25$  és  $\phi 28$  betonacélok felhasználásával kétsorban elrendezve teljesítette a méretezés feltételeit.

A pilon betonozásának IV. ütemtől az extradosed kábelek lehorgonyzó acéltartói, az úgynevezett link elemek beépítése tovább nehezítette a tervezett betonacélok elhelyezését. A tervezés során a pilon alakja, beépítendő szerelvények és a szükséges betonacél mennyiség beépítése miatt a vasalás meghatározása AutoCAD 3D-ben a betonacélok pontos kirajzolásával történt (3. és 4. ábra).

3. ábra: Pilon vasalása AutoCAD 3D-ben



4. ábra: Pilon vasalása a nyeregtartó környezetében (munkaközi állapot)



Statikai szempontból alapvetően egy nyomott oszlopról beszélhetünk. Az extradosed kábelekben tervezett part és meder nyílás felőli feszítőerők nem voltak azonosak, de a pilon hajlítását okozó hosszirányú erőkomponens különbsége nem volt jelentős. Az építési ütemezés az egy linkelemhez tartozó parti és meder oldali kábel egyidejű feszítését tartalmazta, ezzel is jelentősen csökkentve a kábelekből a pilonban keletkező hajlítást.

Az extradosed kábelek nem csak hosszirányú hajlítást okoztak. Geometriai elrendezésük alapján a pilonban lévő lehorgonyzás kereszt irányban a hídtengelytől 7,10 m-re, míg a főtartóban lévő bekötés ~6,6 m-re került kialakításra. Ez a keresztirányú különbség a pilonok hídtengely felé történő állandó hajlítását eredményezték. Megjegyezzük, hogy az Útügyi Műszaki Előírás szerinti oszlop méretezéskor figyelembe veendő külpontosság növekmények közel 40 cm értéket jelentettek, így bizonyos kombinációknál a normálerő és az egyidejű nyomatékból számított hatásokat megduplázták. Összességében a gondos tervezés, a vasalás kialakítása, és a 3D-s ütközésvizsgálat nagyban hozzájárult a kivitelezés gördülékeny végrehajtásához.

### 4. FELSZERKEZET

A főtartó kétcélszekerénytartó, amelynek ferde oldalfalait és középső falát acél trapézlemez gerincek, alját vasbeton fenéklemez, felső részét mindkét oldalon konzolos kialakítású vasbeton pályaelem alkotja. A hagyományos acél gerincelemez tartó és az együtdolgoztató kapcsolattal kialakított vasbeton pályalemez szerkezethez képest ebben az esetben a fenéklemez is együtt dolgozik az acél tartókkal, ebből származik, mint megkülönböztetés a „hibrid” jelző. A szerkezet alapadatait a korábbi cikkben megadtuk, most a kialakítás részleteit ismergetjük (5. ábra).

Az acél merevítőtartó 5 m-es egységeinek gyártmánytervét a TEKLA programban 3D-ben készítettük. Egy szerkezeti egység a külső ferde trapézgerincből, a belső függőleges trapézgerincből és ezek merevítését adó közbelső „I” szelvényekből álló keresztartóból áll. A kivitelező kérésére minden acél főtartóegységről készült gyártmányterv, ami a 89 db építési egység alapján, egységenként 11 db tervlappal számolva és a csatlakozó acélszerkezetek tervét is figyelembe véve több mint 1000 db tervlapot jelentett. (6. és 7. ábra)

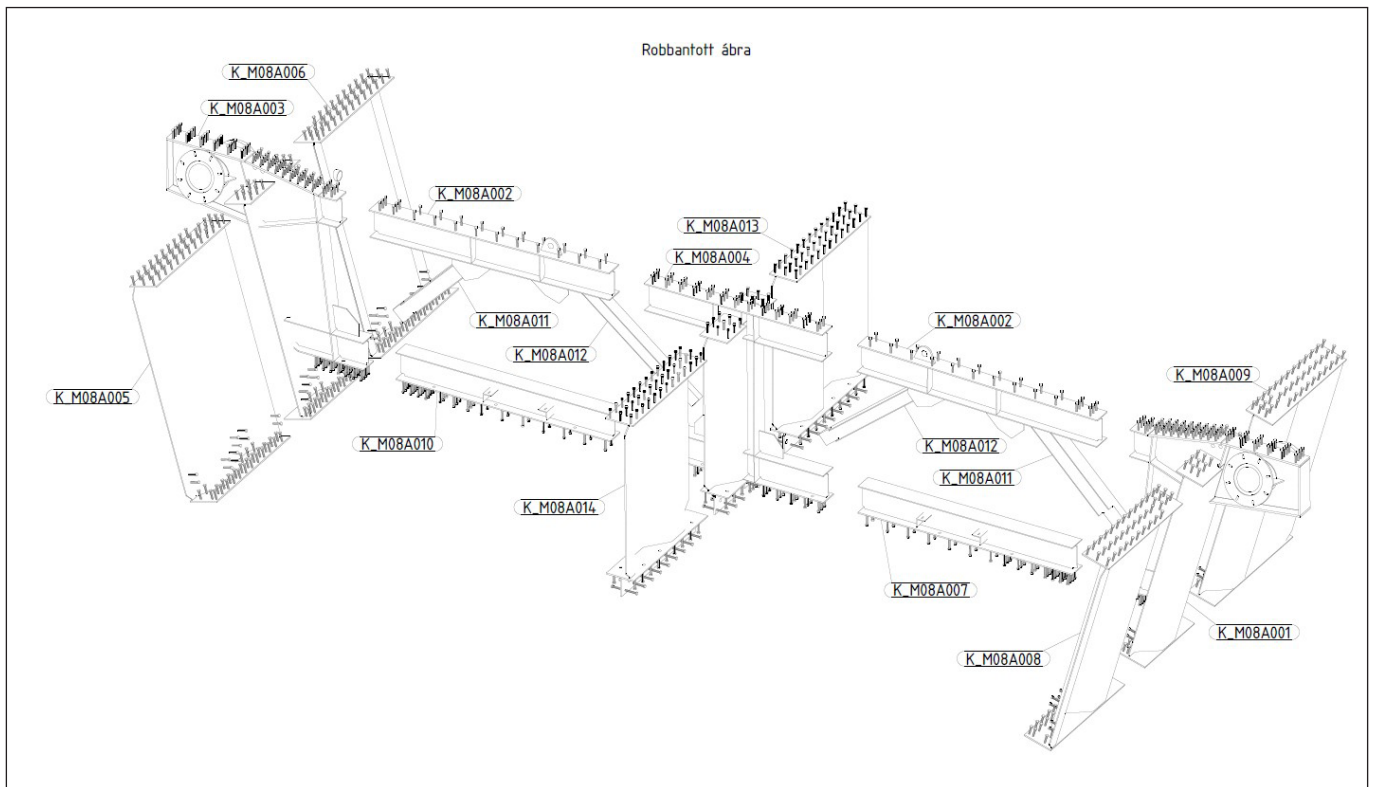
Az acélszerkezetű gyártási egységek maximális emelési tömege 16 t volt. Az emelés a keresztartók felső övében kialakított emelőfülek felhasználásával történt. Az elemek közepén kialakított keresztartók miatt a gerincvégek lágyan viselkedtek, ezért az emelés és a beállítás pontos végrehajtásához szögacél kitémasztó rudakat alkalmaztunk.

A fenéklemez és pályalemez vasalási terveit a Pont-TERV Zrt. készítette dr. Szabó Gergely irányításával. A tervek ké-

5. ábra: Hibrid keresztmetszet



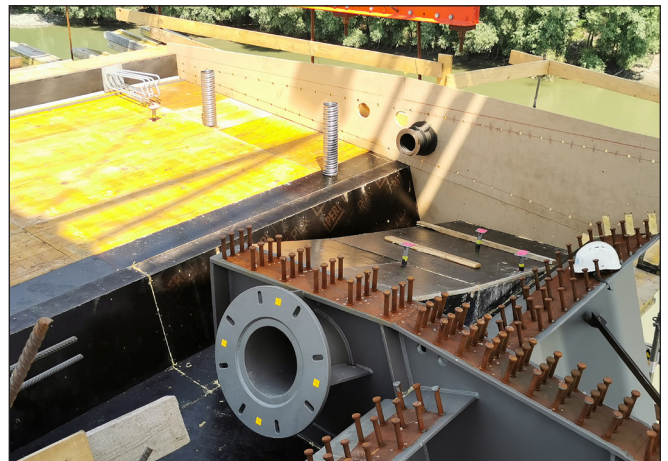




6. ábra: Robbantott acélterv TEKLA programból



7. ábra: Acél főtartók a bárkán



8. ábra: Extradosed alsó lehorgonyzási csomópontja

szítéskor a statika alapján szükséges betonacél mennyiség, a beépíthető vasalék és az acélszerkezetből kiálló csapok vagy éppen a tapadóbetétes feszítőkábelek burkolócsöve, mint akadályok komoly kihívást jelentettek.

A tapadó, illetve csúszóbetétes kábelek lehorgonyzására tervezett plusz betontömbök vasalása is komoly mérnöki feladatot adott mind a tervező, mind a kivitelező részére, ahol akár 3200 kN vízszintes erőt is át kellett adni a fenék-, illetve pályalemezre. A vasalás kialakításáról, méretezéséről külön cikk készül.

## 5. EXTRADOSED KÁBELEK

A merevítőtartó a parti nyílásokban 10-10 db, a medernyílásban pilononként 10-10db, összesen 80 db változó hajlású extradosed kábellel van rögzítve. Az alkalmazott feszítőkábel rendszer Freyssinet H2000 típusú. A kábelek típusa: 7 eres pászmákból álló párhuzamosan kötegelt kábel, a pászmák anyagminősége Y1860S7. Az alkalmazott 37, 43 és 55 pászmás kábelek lehorgonyzása és feszítése a pályalemez konzol alatt

9. ábra: Extradosed felső lehorgonyzási csomópontja



kialakított vasbeton lehorgonyzó tömböknél történt. (8. ábra)  
A kábelek felső passzív lehorgonyzása a pilonba bebetonozott link elem vasbeton keresztmetszeten kívüli részében történt. (9. ábra)

A kábelek pályalemezzel bezárt függőleges síkú szöge 13,9° és 18,3° között, hosszuk 34,5-80,3 m között változik. Mind a parti, mind a medernyílásban a 9. és 10. kábeleket lengéscsillapítóval látták el.

A kábelek feszítése két ütemben, Isotension eljárással, pász-mánkénti feszítéssel történt. A feszítési munka a kifolyási oldali parti- és medernyílásban lévő kábelek egyidejű feszítésével kezdődött. A kábelek pályalemez alatti aktív végén a számított előfeszítőerő 70%-t alkalmazták az I. ütemben. Követő lépésként a befolyási oldali kábelpár 70%-ra történő feszítését végezték el. Az I. ütemű feszítés végén a merevítőtartó és a pilon elmozdulását bemérték a feszítés megkezdése előtt kijelölt és bemért pontok visszamérésével. A mérési pontok elmozdulásai és a megfeszített kábelekben mért feszítőerő értéke alapján került meghatározásra a feszítés II. ütemű része. A kiértékelés alapján ideális esetben II. ütemben az előfeszítő erő további 30%-os feszítési értéke került aktualizálásra.

A kidolgozott mérési rendszer és a statikából kinyert elmozdulások alapján meghatározott elmozdulások, kábelnyúlások jól vizsgáltak. A kábelek feszítésének befejezését követően a mért és tervezett kábelerők legnagyobb eltérése 5% volt, de a 80 db kábelből 60 db kábel esetében az eltérés 2% alatt maradt.

## 6. SARUK ÉS DILATÁCIÓ

A felszerkezetet a három gerinces keresztmetszet alapján minden támasznál 3 db MAURER gyártmányú saru támasztja alá. A középső saruk keresztirányban fix kialakításúak. A két szélső saru a 4., 6. és 7. jelű pilléreknél mozgó, az 5. jelű pillérlélnél hosszirányban fix kialakítású. Építéstechnológia szerint a mederhíd sarui a felszerkezet építése alatt már a végleges pozícióban megfelelően beépítésre kerültek. Ez a tervezési körülmény a 6. jelű pillér külső hosszirányban szabadon elmozdulni tudó saruinak esetében azt jelentette, hogy építési állapotban ideiglenesen plusz segédszerkezet beépítésével fixre alakították át. A híd nagyságát jól szemlélteti, hogy a meder-pillér külső oldali saruinak függőleges teherbírása 55 000 kN!

A szerkezetek csatlakozásánál 4. jelű pillér felett MAURER DS 320/400, a 7. jelű pillér felett MAURER DS 640/800 típusú vízzáró dilatációs szerkezetek, a gyalogjárda részen a lamellás kialakítás helyett az egyszerűbb csúszó lemezes megoldás készült.

## 7. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A hidak tervezését, statikai számítását e-UT Útügyi Műszaki Előírás és bizonyos feladatoknál az Eurocode alapján kellett elvégeznünk. A statikai számításokat tartós, ideiglenes és rendkívüli tervezési állapot szerint végezzük. Nagy nyílású hidak esetében jellemző, hogy az ideiglenes (építés közbeni) állapot a szerkezet kialakítását döntően befolyásolhatja. A szerkezet kialakításakor, méretfelvételnél ezeket a szempontokat szem előtt tartva kell eljárni mind az alépítmény, mind a felszerkezet esetében. A követő cikkben láthatjuk majd, hogy a kivitelező által meghatározott építéstechnológia és ütemezés mértékadó lehet az ideiglenes tervezési állapotban.

## 4. IRODALOM

- Kiss R. (2024) „Kalocs–Paks közötti új Duna-híd 1. rész A híd általános ismertetése”, *VASBETONÉPÍTÉS*, 2024/1
- Bellai L. (szerk.) (2024) „Beton és acél ölelésében – Tomori Pál híd Kalocsa és Paks térségében”, Duna Aszfalt Zrt. Budapest, p. 198
- Pusztai P. (2022) „Kalocsa–Paks új Duna-híd tervezése I. – Mederhíd tervezése”, Hidász napok 2022 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 35. *Első Lánchíd* Bt. Biri, pp. 36-45.
- Fornay Cs. (2022) „Kalocsa–Paks új Duna-híd tervezése II. – Ártéri hidak, alépítmények és széldinamika”, Hidász napok 2022 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 35. *Első Lánchíd* Bt. Biri, pp. 46-56.
- Feczkó R., Magyar J. (2022) „Kalocsa–Paks Duna-híd mederhíd építése” Hidász napok 2022 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 35. *Első Lánchíd* Bt. Biri, pp. 57-75.
- Szigeti A. (2022) „Kalocsa–Paks új Duna-híd mederszerkezet zsalutechnológiája VBC – Balanced Cantilever Carriage”, *Hidász napok 2022 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 35. Első Lánchíd* Bt. Biri, pp. 76-92.
- Tóth T. (2022) „Kalocsa–Paks új Duna-híd és kapcsolódó úthálózat tervezése és kivitelezése”, *Hidász napok 2021 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 29. Első Lánchíd* Bt. Biri, pp. 74-82.
- Feczkó R. (2021) „A Kalocsa és Paks közötti új Duna-híd építésének megkezdése”, *Hidépítők*, 2021/3 p. 24-29.
- Feczkó R. (2021) „A Kalocsa és Paks közötti új Duna-híd építése”, *Hidépítők* 2021/4 p. 12-17.

**Dr. Kisbán Sándor** (1949), okl. szerkezetépítő mérnök (BME, 1973), CÉH zRt. hídszakági főmérnöke. Hidtervezői pályafutását 1975-ben az Uvaterv-ben kezdte, ahol nagyfeszítávú acélszerkezetű hidak tervezésében vett részt (szegedi Északi Tisza-híd, tiszapalkonyai közúti híd, Jugoszlávia, újvidéki ferdekábeles Duna-híd). Dr. techn. címet ferdekábeles hidak témakörben 1986-ban szerezte meg (BME Acélszerkezetek Tanszék). 2002-től a CÉH zRt-ben végzi hidtervezői tevékenységét, számos hazai folyami és autópálya híd tervezését készítette és irányította (M0, M31, M6 autópálya- és völgyhidak, M0 Megyeri híd). A Kalocsa–Paks új Duna-híd felelős tervezője. Szakmai tevékenységének elismeréseként megkapta a Gábor Dénes díjat (2008), a Széchenyi-díjat (2009), Menyhárd István díjat (2023) és az Év hídszája díjat (2024). A **fib** Magyar Tagozatának tagja.

**Pusztai Pál** (1974), okl. szerkezetépítő mérnök (BME 1998), hidtervezői pályafutását a Hidépítő Zrt.-nél kezdte, ahol részt vett a Zalalövő–Bajánsenye vasúti feszített vasbeton híd tervezésében. 2001-től a CÉH zRt. munkatársaként részt vett az M0 Keleti szektor autópálya hídjainak tervezésében, az M31 autópálya hídjainak szakaszfelelős tervezőként való tervezésében, az M0 Megyeri híd engedélyezési és kiviteli terveinek készítésében, M6 autópálya 1693 j. völgyhíd tervezésében és Hódmezővásárhely körhíd tervezésében. A Kalocsa–Paks új Duna-híd főtervezője. A **fib** Magyar Tagozatának tagja.

### NEW BRIDGE BETWEEN KALOCSA AND PAKS PART 2 THE MAIN STRUCTURE OVER THE DANUBE

**Sándor Kisbán – Pál Pusztai**

The second article about the design of the new Kalocsa–Paks Danube bridge is a detailed description of the main structures of the bridge. The designing circumstances were discussed in the design of structures issues, mentioning the effect of construction technology. The software's used in the design, the experiences we got during construction and the results of measurements were discussed as well.

The technical complexity of the bridge superstructure is illustrated by the fact that, in addition to the hybrid cross-section of reinforced concrete slab and corrugated steel plate, three different tensioning systems were used during the construction process of the structure.

**Keywords:** Danube bridge, superstructure, trapezoidal steel plate, hybrid cross-section