

Acél a műemlékvédelemben: a Tordai Castrum

Steel in archeological heritage protection: The Potaissa Castrum

Dr. NAGY Zsolt^{1,2}, KELEMEN Andrea^{1,2}, SÁNDULY Annabella^{2,3},
Dr. MOLDOVAN Paul^{1,4}, MOLDOVAN Anamaria⁴

¹ Kolozsvári Műszaki Egyetem, Unió utca, 28 sz., 400114 Kolozsvár, Románia, zsolt.nagy@dst.utcluj.ro, www.constructii.utcluj.ro

² Gordias KFT, Kárpát utca, 1 sz., 400180 Kolozsvár, Románia, office@gordias.ro, www.gordias.ro

³ Lodzi Műszaki Egyetem, Stefana Żeromskiego utca, 116 sz., 90-924 Łódź, Lengyelország, annabella.sanduly@dokt.p.lodz.pl, www.p.lodz.pl³

⁴ Atelier Cetrei KFT, Albert Einstein u.15, Apt.4, 400045, Kolozsvár, http://ateliercetrei.com/

Abstract

The current article presents the difficulties and the technical solutions implemented while designing the structure standing above the Thermae ruins (baths) of the Roman Potaissa fort of the 5th Macedonica legion, located in Turda, Romania. The structural design consists of a large structure, which covers and protects the ruins from degradation due to weathering effects and a hanging bridge system, which highlight the discovered archaeological material, allowing tourists to inspect the ruins up close, while also protecting the ruins from tourist who might damage them. The structure is 40.35 meter wide and 70.35 meter long. The bridge system has two longitudinal bridges and two transversal bridges, adding up to a total length of approximately 230 meters. The longitudinal hanging bridges are connected at one end to a platform, upon which a secondary structure is placed, intended for the protection and conservation of mobile cultural heritage. The paper summarizes the engineering challenges of the project team during the design process.

Keywords: Steel structure, design challenges, historical monument, ruin protection, hanging bridges

Kivonat

A cikk a romániai Tordán található V. Macedonica római légió (Torda akkori neve Potaissa) erődjének romjai fölött elhelyezkedő építmény tervezésénél felmerülő nehézségeket és műszaki megoldásokat mutatja be. A projekt célja egy acélszerkezet, amely lefedi és védi a romokat az időjárás viszontagságaitól, valamint biztosítani egy felfüggesztett járófelületet, amely lehetővé teszi a turisták számára, hogy közelről szemléljék meg a romokat és a felfedezett régészeti anyagokat. Az acélépítmény 40,35 méter széles és 70,35 méter hosszú. A felfüggesztett rendszer két hosszirányú és két keresztirányú járófelületet biztosít, amelyek teljes hossza körülbelül 230 méter. A felfüggesztett hosszanti gyaloghidak egyik vége emelvénybe torkollik, amelyen a mobil kulturális örökség védelmét és megőrzését szolgáló másodlagos építmény került elhelyezésre. A cikk részletezi azokat a mérnöki kihívásokat, amelyekkel a projektcsapat szembesült a tervezési folyamat során.

Kulcsszavak: Acélszerkezet, tervezési kihívások, műemlék, romvédelem, függőhidak

1. BEVEZETŐ – A CASTRUM RÖVID TÖRTÉNETE

A projekt célja a régészeti feltárások során talált romok védelme és megőrzése volt, nevezetesen az 5. macedón légió, Potaissa (mostani nevén Torda) erődítményének turisztikai látványosságok közé integrálása. Az erőd a markomán háborúk idejéből származik, i.sz. 170 éve körüli [1], amikor Marcus Aurelius császár Dobrudzsából Potaissa-ba költöztette az V-ik Macedón Légiót, hogy megvédje az akkori Dacia és a Római Birodalom határait. Így egy erődöt épít a Dealul Cetate fennsíkon, amely hosszú ideig működött (kb. 170-270 évek között) kiváló stratégiai helyen, ahol Dacia legnagyobb légiótáborát állomásozott (hozzávetőleg 5000 légiós katona). Az erőd az ókori Potaissa legjelentősebb történelmi-régészeti emléke. A négyszögletes formájú erődítmény (573X408 m) 23,37 ha területet foglal el. Az erődfal 5 méter magas volt, előtte egy 12 méter széles

védőárok húzódott. Ez egyike a Római Birodalom mintegy 70 légiótáborának, amelyből a mostani Románia területén 5 tábor található.

Cikkünk a Thermae (kastélyfürdő) romjai fölé elhelyezett acélépítményt mutatja be, amely a feltárt régészeti anyagok védelmét, konzerválását és népszerűsítését szolgálja. Az 1. ábrán a Thermae romjai láthatók, amelyeket a projekt megkezdése előtt fedeztek fel. A 2. ábra az Ateliercetrei építészeti iroda által készített vizualizációs képet mutatja a javasolt szerkezetről, a 3. ábra pedig a Thermae romjainak körvonalait és a védőszerkezet elhelyezkedését.



1. ábra. *Thermae romok*



2. ábra. *Romokat védő tervezett acélszerkezet*

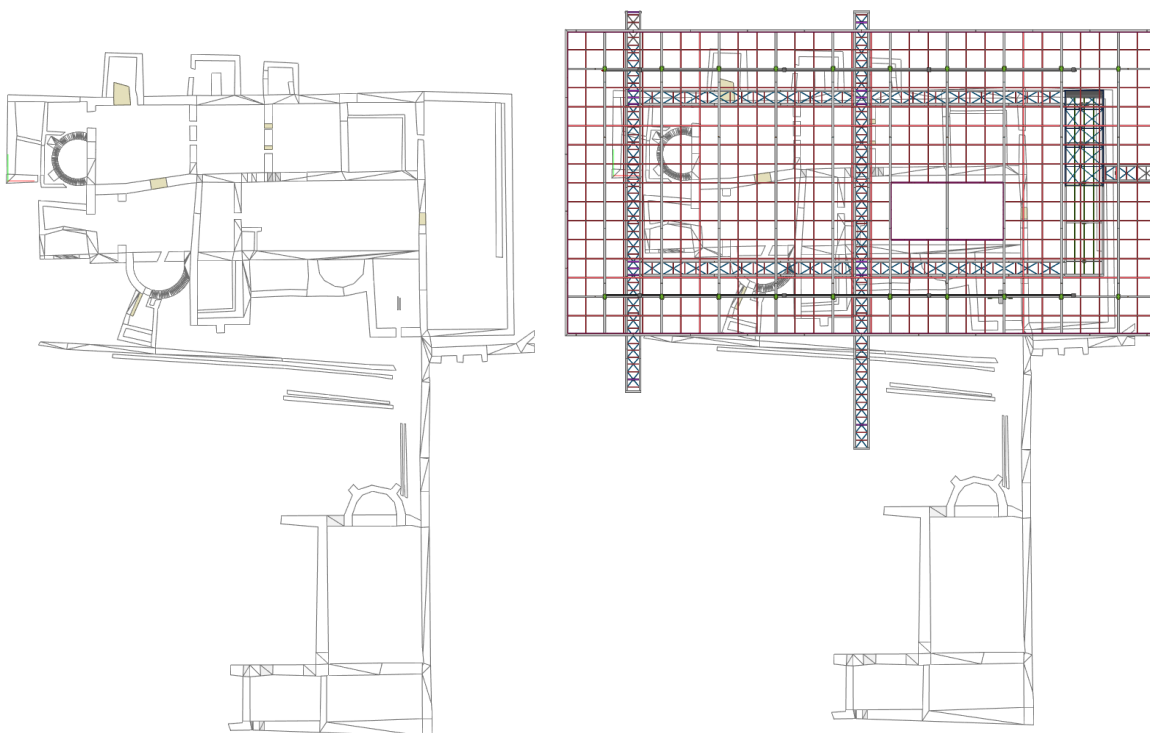
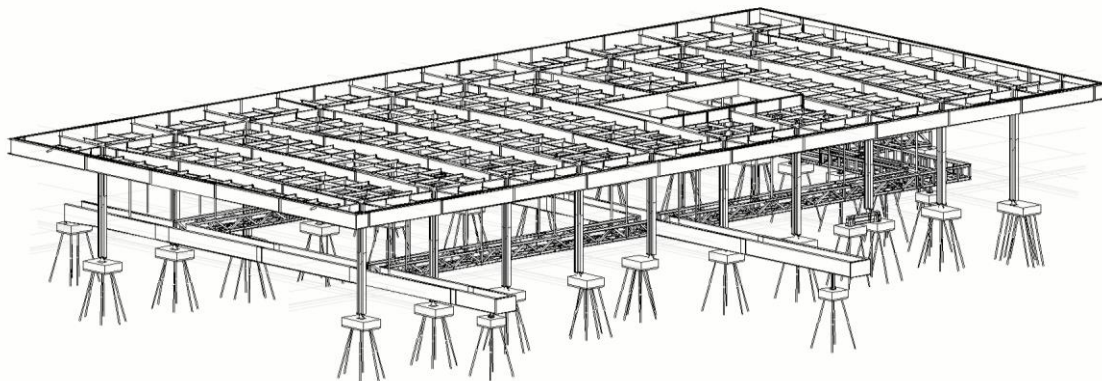


Figura 3. *Thermae romok nyomvonala (balra) és a védő szerkezet elhelyezése (jobbra)*

A ROMOKAT VÉDŐ ACÉLSZERKEZET LEÍRÁSA

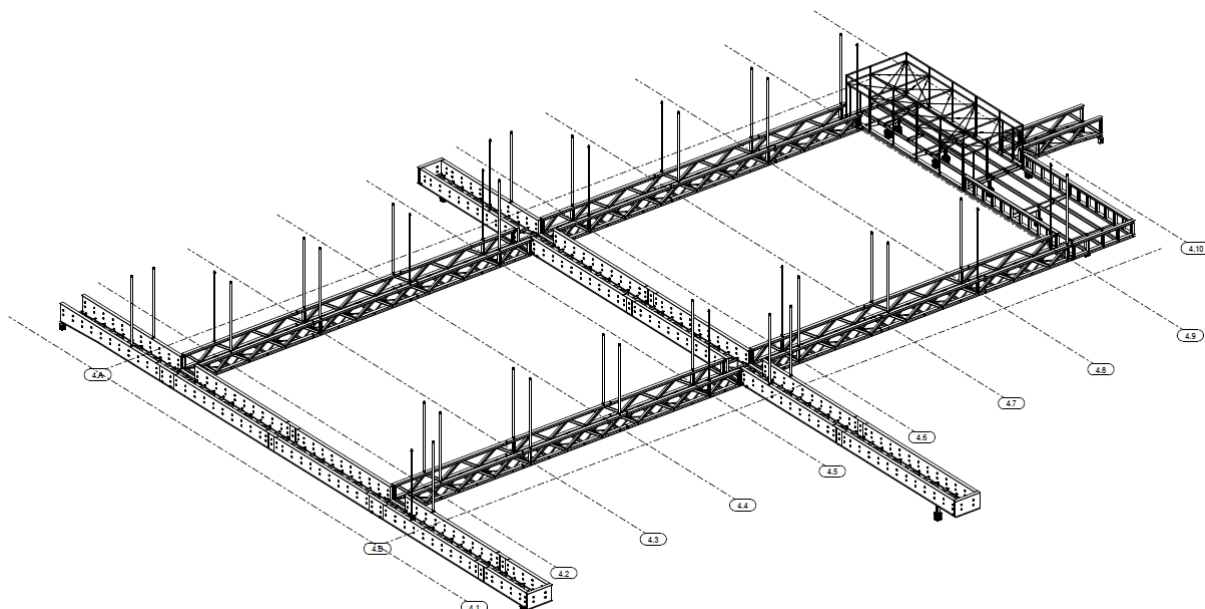
A romokat védő acélszerkezet hegesztett keresztmetszetekből készült, amely egy árnyékoló szerkezethez hasonló és mindössze 20 pontban támaszkodik. A teljes szerkezet térbeli kialakítása a 4. ábrán látható. A vázszerkezet tíz keresztirányú keretből áll. Az oszlopok közötti fesztáv 30 m, a kerettávolság 7,5 m, a tetőgerenda pedig mindkét oldalon 5 m-es konzolt képez. A régészeti lelőhely domborzatát követve a tetőt tartó pillérek változó magasságúak és "Máltai kereszt" formájú keresztmetszetűek (500*700 mm), hegesztett lemezekből, valamint magasságban változó vastagsággal. A pillérek felső részén 2,50 m-es tengelytávolságú fémgerendákból álló hálószerkezet került kialakításra. A főtartók és a perem gerendák hegesztett lemezekből, a geredaháló IPE240 típusú idomokból készültek. A keresztirányú főtartók magassága 650 mm és 950 mm

között változik, mellyel a tető lejtését és vízvezetését oldottuk meg. A hosszirányú főtartók állandó keresztmetszetűek (650 mm), a peremgerendák pedig 1150 mm, attika funkciót is ellátva. A burkolat tartó szerkezete a főtartókra rögzített magasbordás trapézlemez, amely OSB réteggel borított, membránnal vízszigetelt, amely kavicsos nehezékekkel és csavarokkal rögzített. A főszerkezet térbeli kialakítása a 4. ábrán látható.



4 ábra. *Thermae szerkezet térbeli kialakítása*

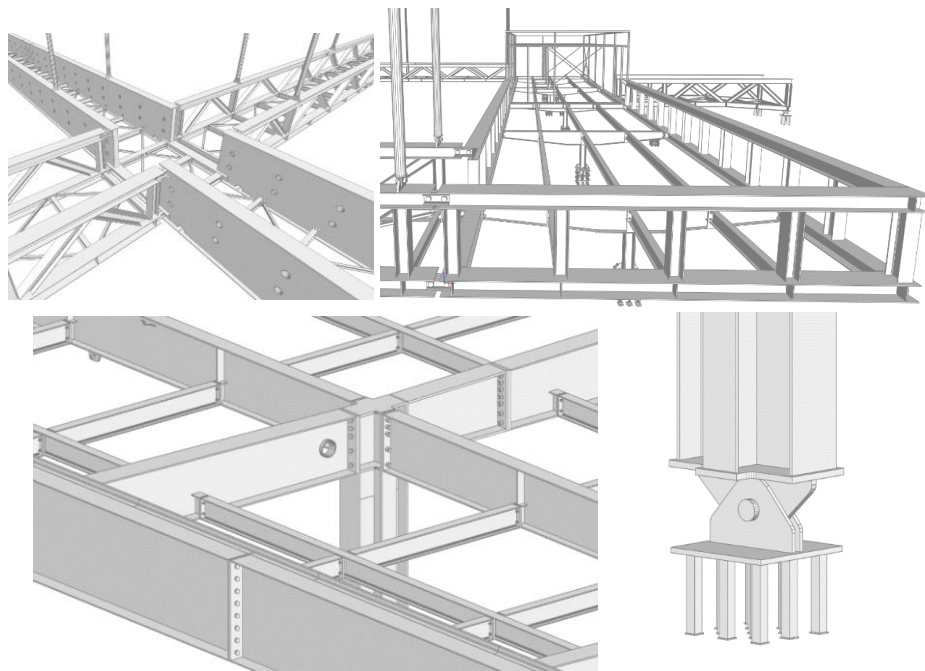
A közlekedő folyosók a keresztirányú és hosszanti gerendákra vannak felfüggesztve CHS 114.3*6 körüdmök segítségével. A keresztirányú járó felületek tartógerendái négy ponton vannak felfüggesztve a tető gerendázatra, végeik pedig pontalapokra támaszkodnak. A hosszirányú járó felületek tartógerendái a függesztőrudakon kívül a keresztirányú járófelületek tartó gerendáihoz is kapcsolódnak. A járó felületek tartó gerendái korlát funkciót is ellátnak. A keresztirányú közlekedők esetében a korlátot alkotó gerendák hegesztett szekrénytartók, dupla gerinccel, melyek alsó és felső öve 20x250 mm-es, a gerincek pedig 8x1160-as lemezekből vannak kialakítva. Az 1,2 m-es összmagasságú gerendát méterenként két 114,3*4 CHS csőszelvénnyel merevítettük, amelyek átszúrják a gerinclemezeket és perimetrálisan vannak hegesztve. Az 5. ábra a függesztett járófelületek és a bejárati platform térbeli kialakítását mutatja, a 6. ábra pedig a szerkezeti részletmegoldásokat összefoglalja.



5. ábra. *Függesztett járófelületek és a bejárati platform térbeli kialakítása*

A romok által limitált helyszűke miatt, de a romokra nézve - kevésbé invazív jellege miatt is, földbe fúrt fém cölöpös megoldást választottunk. A cölöpfejeket összekötő 60 cm vastag vasbeton tömb szolgált a szerkezeti oszlopok letámasztására is. A mini cölöpök CHS 88,9*6 keresztmetszetű acélcsőből készültek, földbe való befúrásuk után egy folyékony állagú cementes beöntés segítségével lettek a talajba beágyazva. A

mini cölöpöket ferdén helyeztük el, ezáltal növelve a szerkezeti oszlopok támaszánál kialakuló nyíróerő kapacitást. Az alaptestek tervezett formája, valamint a cölöpök kiosztása a régészeti romok által körül határolt helyszűke miatt eltérő. A tartópillérek alaptesthez történő rögzítését csuklósnak terveztük, tüskés illesztéssel.



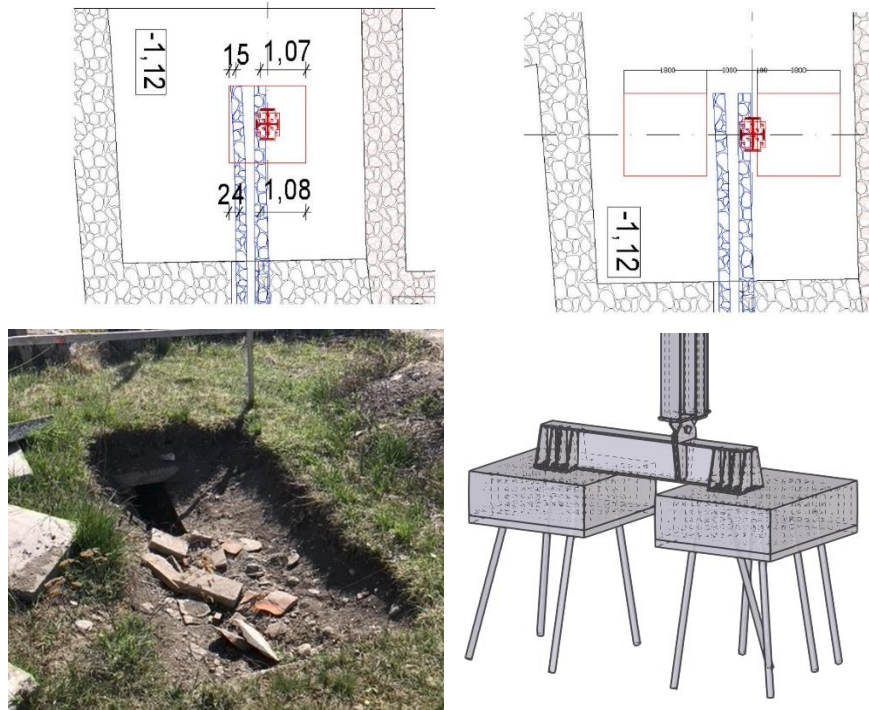
6. ábra. Az alkalmazott szerkezeti részletmegoldások

2. TERVEZÉS, KIVITELEZÉS ÉS SZERELÉS SORÁN FELMERÜLŐ KIHÍVÁSOK

A tervezés során fölmerülő nehézségek első sorban a nagy fesztávú szerkezeti kialakítás egy aránylag limitált kapacitású cölöpös megoldással való kombinálása okozta, amelyet csak 20 fémoszlopra való megtámasztása csak fokozott, az oszlopok elhelyezkedési pontjait a Thermae romjai határozták meg. Továbbá, a szerkezet merevítésére szélrács alkalmazásának kizárása építészeti követelmény volt a minél elegánsabb szerkezeti kialakítás érdekében. A romok elhelyezkedésének kondicionáló szerepe volt mind a tervezési, mind pedig a kivitelezési szakaszban. Tervezési szempontból a pillérek pozícióját és implicit módon az alapok helyzetét és méreteit a meglévő romok határozták meg. A feltárt romok turisták által való megközelítését biztosító közlekedők kialakítása és a régészeti anyag védelme innovatív megoldásokat igényelt. A közlekedő felületek kialakítása esetében a talajon, pontalapokon keresztül csak a külső peremterület volt alkalmas, ezért döntöttünk a tetőszerkezetre való felfüggesztés mellett. A felfüggesztési pontok kiválasztása azonos merevséget kellett biztosítson, az esetlegesen megjelenő kellemetlen függőleges irányú rezgések kizárása érdekében.

A kivitelezés teljes időtartama alatt párhuzamosan folytak a régészeti feltárási és helyreállítási munkák is. A 7. ábrán látható latrinát a szerkezet teljes megtervezése után fedezték fel, amit pontosan egy pillér elméleti helyzete keresztezett. Így a kialakított szerkezet további beavatkozásokat igényelt, az oszlop hosszát módosítani kellett egy erőelosztó gerenda beiktatása miatt. A latrina két oldalán kialakított külön alaptestek létrehozásával hidaltuk át a problémát (7 ábra).

A függesztett szerkezet szerelése csak a főszerkezet szerelése után történhetett, ezért az ezzel járó nehézségeket már a tervezés korai szakaszában figyelembe vettük. A szerelés során biztosítani kellett a romok között egy daru bejutását, ami lehetővé tette a függesztett szerkezetek végső pozícióra helyezését.



7. ábra. A régészeti feltárások során felfedezett latrina helyzete és a szerkezeti átalakítás



8. ábra. A szerkezeti szerelési fázisban



9. ábra. Jelenlegi állapot

ÖSSZEGZÉS

Az V.-ik macedón légió Potaisa erődjének a restaurációs munkái, valamint a turisztikai körforgásba való bevezetése egy komplex projekt, amelynek a Thermae objektum csak egy részét jelentette és a legnagyobb nehézségekkel járt. A feltárt romok elhelyezkedéséből adódó megkötések igen pontos terepismeretet és sokszor igényes elemzések újratekintését igényelték a kivitelezés során felfedezett régészeti leletek miatt. A nehézségeket a nagy fesztávú acélszerkezetből származó reakcióerők és az alapozáshoz alkalmazott acél mikrocölöpök kombinációjából adódó limitált teherbíró kapacitás okozta. Az oszlopok elhelyezését és magasságát a romok helyzete határozta meg. A védő szerkezet végül 20 csuklós pilléren támaszkodik, a meglévő romok között elhelyezve úgy, hogy minél kevésbé befolyásolja a látogatók elé terülő látványt. A védőtető tartószerkezete több teherkombináció figyelmes elemzését igényelte: nyitott szerkezetről lévén szó a szélhatások pusztítóak lehetnek, a hó hatása alatt túlzott deformációk jönnek létre, amelyek befolyásolják a ráfüggesztett járófelületek szerkezetének rezgési frekvenciáját. Az alacsony frekvencia tartományban létrejövő függőleges rezgőmozgás kellemetlen érzést okozhat a függő szerkezeten közlekedő látogatókban. A romok között minél kisebb alaptest kialakítása egy – a régész csoport által támasztott feltétel volt. Végül a minimálisan invazív megoldás befűrt acél mikrocölöpök alkalmazásával született meg, amelyet a romok feltárásáért és konzerválásáért felelős régészecsoporthoz is elfogadott. A bemutatott projekt arra is nagyon jó példa, hogy kiemeli azokat a szerepeket, amelyeket a szerkezet tervezőmérnöke egy projekten belül betölt [2]. A szerkezettervező mérnöknek az épület tervezése, gyártása és kivitelezése során számos szerepe van, és egyre szélesebb interdiszciplináris csapatban kell munkáját végezze, amellyel képesnek kell lennie kommunikálni és együttműködni.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

[1] prof. Dr. Mihai Bărbulescu et al. *Arheológiai kutatási beszámolója nyomán*

<https://web.archive.org/web/20120928205310/http://www.cimec.ro/scripts/arh/cronica/detaliu.asp?k=640>

[2] Rolul Inginerului Proiectant de Structuri, Editura AICPS 2022, ISBN 978-973-0-36192-6.