

Dezső Zsigmond

Tudomány vagy művészet?

A debreceni Nagyerdei Stadion tartószerkezeteinek harmóniája¹

Ma is azt vallo, hogy a *mérnöki munka* nem más, mint olyan szellemi értékért küzdő *alkotó tevékenység*, amely szerves kapcsolatban áll a természettel, és képes befolyásolni azt. Így hát magától értetődik, hogy mit is jelent számomra a mérnöki hivatás. Mindenekelőtt a természet iránti felelősségteljes alázat, művészi alkotó tevékenységet, csapatmunkát. *Harmóniát*. Megteremteni a szerkezet és forma egységét. Ahogy Jörg Schlaich professzor mondta: „... a forma és funkció összetartoznak, mint az ütem és a dallam a zenében, vagy a tánc és a ritmus.” Ezért – no meg mivel az oktatói, professzori racionálisabb, analitikus tudományos területekkel szemben én a gondolat papírra vetett transzformációjával, tervezéssel foglalkozom, így – nemcsak a szerkezetek matematikai analízisét, számítását végzem el, hanem a lehetőségekhez mérten törekszem a gazdaságos, esztétikus és harmonikus konstrukciós kialakításra is. Mindezeket a debreceni Nagyerdei Stadion tervezésének folyamatán keresztül szeretném bemutatni, részletes szerkezetismertetés, és az igen bonyolult matematikai analízisek közlése nélkül.

Előkészítés

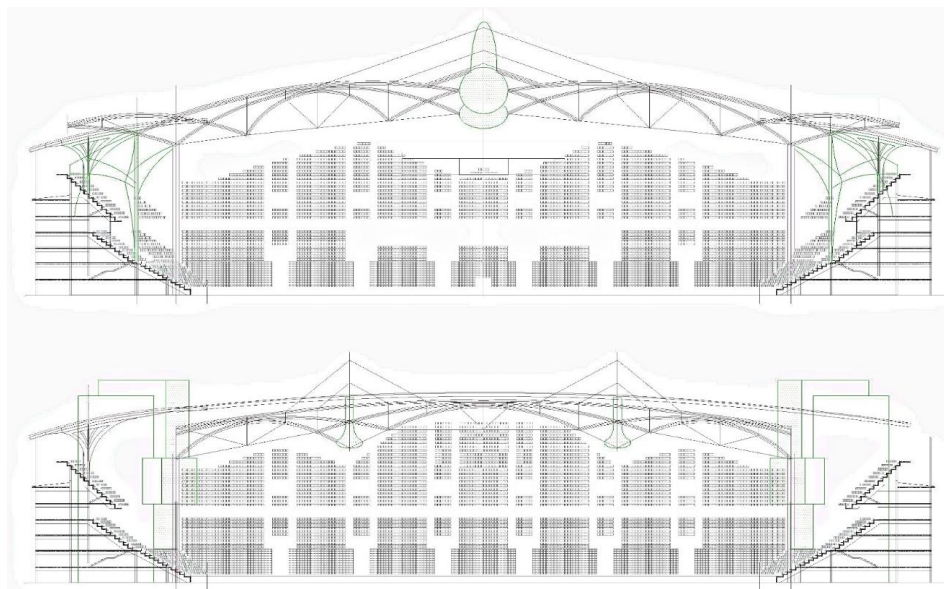
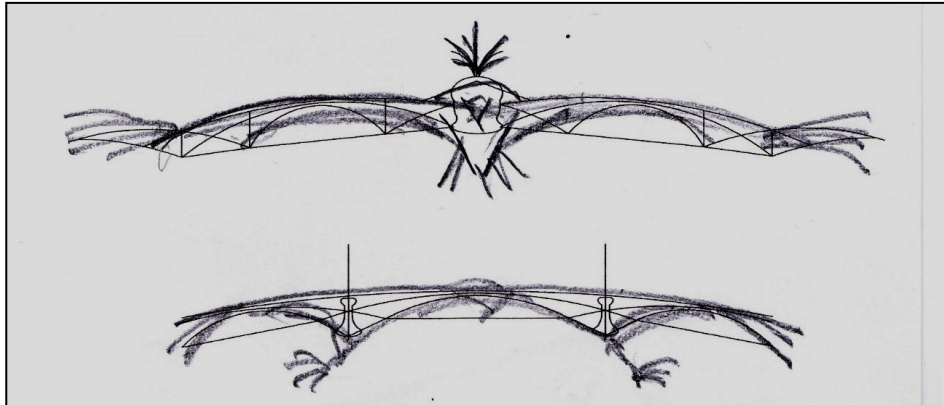
A Debrecen északi oldalát övező Nagyerdő Magyarország és Európa egyik legrégebben védett területe. Ennek kicsiny, de a városnak szerves része a Nagyerdei park az egyetemmel, a gyógy- és strandfürdővel, a klinikákkal, az állatkerttel és

¹ A szerzőtől kapott szövegben nem kívántuk megváltoztatni a nem szakmabeliek számára egyáltalán nem, vagy csak nehezen érthető építészeti szakkifejezéseket. Ezért a szerzőt megkértük arra, hogy adja meg ezeknek minden olvasó számára egyszerűsített magyarázatát. Az általa küldött értelmezéseket az adott kifejezés első előfordulásakor lábjegyzetben közöljük. Fáradozását ezúton külön is köszönjük. (A szerkesztők.)

Mindezek biztosítására, az elvárásoknak megfelelően a debreceni stadion tervezési folyamatában kiemelkedő szerep jutott az előkészítésnek, az igényességnek, az innovációnak és a csapatmunkának. Kezdetől fogva tudtam, hogy ezek maximális figyelembevétele, illetve alkalmazása elengedhetetlen egy ilyen léptékű feladat magas színvonalú megvalósítása során.

A 3D perspective view of a bridge structure. The bridge consists of two main spans supported by three piers. The spans are covered with a dark, textured material, possibly representing a deck or a specific material type. The piers are grey and have a curved, arch-like shape. Blue lines are drawn over the bridge, indicating the main structural members or the path of the cables. Dimensions are provided in green text: the total length is 120.00, the distance between the first and second pier is 40.00, the distance between the second and third pier is 40.00, and the distance from the third pier to the end is 40.00. The width of the bridge is 10.00. The height of the piers is 10.00. The depth of the bridge is 10.00. The bridge is shown on a white base with a green grid.

² tangenciális feszített főtartójú szerkezet – érintőleges, azaz a pálya határvonalaival (oldal- és alapvonalával) párhuzamosan ívelő főtartó elemek, amelyek a tetőszerkezet terhét a feszítő elemek segítségével hordják



2. ábra. Szerkezeti tanulmány, „Főnix Aréna” tangenciális főtartós szerkezetre

Mindezek eredményeként hamar kiderült, hogy a kisebb stadionoknál leggyakrabban alkalmazott, csak radiálisan szerkesztett primer teherhordó- (csak konzolos főtartójú tető-) szerkezetű³ kialakítás a 15–20 ezer főt meghaladó méretű stadionok esetében már gazdaságtalan. A feszített, vagy kötél szerkezet pe-

³ radiálisan szerkesztett primer teherhordó – sugárirányú, azaz a pálya határvonalaira (oldal- és alapvonalára) merőleges, konzolokkal alátámasztott tartószerkezetű (tető)

dig csak nagyobb – kb. 40 ezer főt meghaladó méretű – stadionoknál gazdaságos, ahol a fogadószerkezet méretei önmagukban is lehetővé teszik a feszítőelemek biztonságos lehorgonyzását. Ezért igyekeztünk a tetőszerkezet tekintetében tangenciális vagy vegyes, ortogonálisan anizotrop teherhordó szerkezetű rendszert kialakítani.⁴

Konstruktóri munka

A jelentősebb méretű építmények, mérnöki műtárgyak esetén nekünk mérnököknek kellene átvenni az alkotói felelősséget, irányító szerepet betöltve az alkotói folyamat során. Természetesen mindezt az építészek, formatervezők és tájépítészek közreműködésével. Ehhez – ilyen épületek szerkezeteinek létrehozásához – azonban konstruktőrökre lenne szükség. Oktatásunk s gyakorlatunk azonban egyáltalán nem alkalmas erre a feladatra. A mi képzésünk során – erősen sarkítva – az építész karon építő-iparművész grafikusokat, a mérnökkaron humán computereket képeznek. Azaz végzett mérnökeink a racionális, analitikus tudományterületek elsajátításával – mondjuk – kiválóan méreteznek keresztmetszeteket. De a tartószerkezet tervezés részeként a „nem eléggé tudományos” konstruktóri képzés hiányzik. Így a mai tervezői gyakorlat szerint – jobb híján – még a mérnöki műtárgyak esetén is az építész vállalja fel a konstruktóri szerepet, még akkor is, ha erre a feladatra ő még úgy sem rendelkezik kellő háttérrel.

Mindezek miatt a stadionnál már a koncepcionális tervezés is az építész és a tartószerkezet-tervező együttes munkájával történt, igaz, a „magyar gyakorlatnak” megfelelően az építész – részben a tartószerkezet tervező véleményét kikérve, de – önállóan határozta meg a globális szerkezeti struktúrát és elvárásait a tartószerkezetekkel szemben. A mérnöki konstruktóri munka így az építésszel közös, integrált tervezésben való részvételre és az egymással összefüggő különböző szerkezeti elemek kialakítására, a teljes építmény – globális szerkezeti struktúrát meghaladó – épületszerkezeteinek együttes átgondolására, illetve összehangolására, az egységes konstrukció kialakítására, a különböző feltételek biztonságos és optimális egyensúlyának megteremtésére irányult.

Elsődleges szempont volt – a tartósság és gazdaságosság követelményeinek megfelelően – a funkcionális és esztétikai igények mellett a rendkívül rövid építési idő figyelembe vétele is. Ezért az épület szerkezeti elemeinek megválasztásánál a maximális mértékű előregyártás lehetőségének biztosítása mellett döntöttünk, úgy, hogy az épület tartószerkezeti rendszere, valamint a lelátó kialakításának funkcionális elvei a gazdaságosság szempontjait követve, kiemelt esztétikai igényességgel kerüljenek kialakításra.

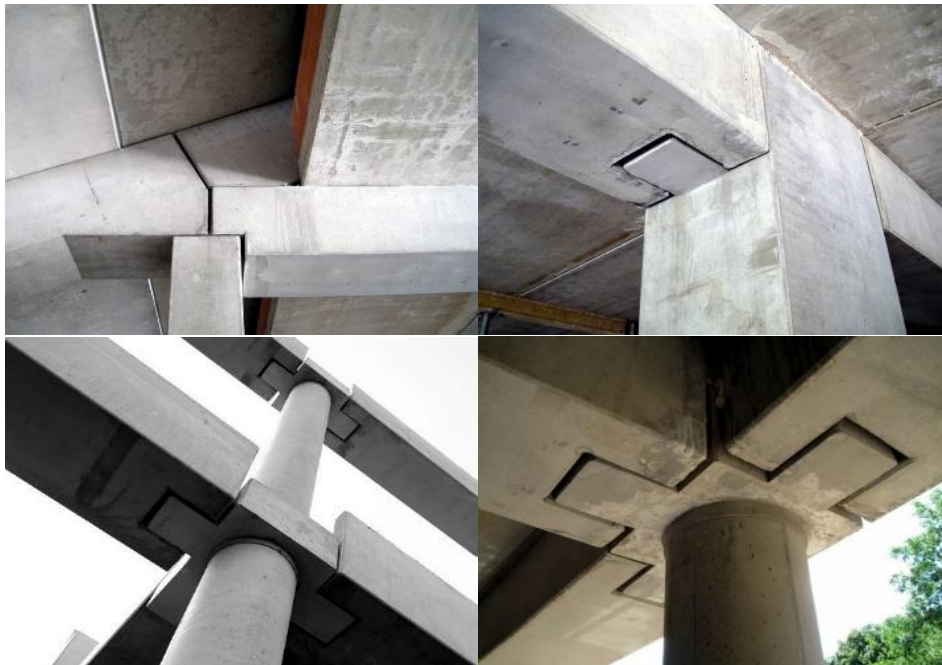
⁴ ortogonálisan anizotrop teherhordó szerkezet – egymásra merőleges elemekből álló szerkezet, melyben az egymást metsző elemek merevsége a két irányban eltérő

Persze mindezek figyelembevétele – a szükséges és elégséges alapos-sággal – nem férhetnek bele az amúgy is szűkre szabott tervezési időbe, amiből az következik, hogy magas színvonalon elvárt konstrukció megalkotása csak hosszabb tervezési idő biztosításával, vagy a feladatra már részben felkészült tervező bevonásával lehetséges. A mi esetünkben ez utóbbi történt, hiszen az előkészületek első két fázisának jelentős részét már évek, évtizedek óta tartó kutató, elemző munka eredményei és tapasztalatai biztosították számomra.

Igényesség, harmónia

A környezetbe illeszkedő, többfunkciós, minden igényt kielégítő, korszerű létesítmény tervezése során különösen törekedtünk az igényességre, az újszerűsége, a különlegességre, a legkorszerűbb, vagy akár teljesen új technológiák, megoldások alkalmazására a költségkeretek megtartása mellett. Az igényesség itt nemcsak az épület építészeti karakterére, burkolataira és anyaghasználatára vonatkozott, hanem részleteiben és szerkezeti kialakításaiban is törekedtünk a globális és lokális szerkezeti harmóniára, az esztétikus kialakításra. Igyekeztünk megvalósítani a szerkezet és forma egységét. Így az épület szerkezeti különlegességeinek egy részét a vasbetonszerkezetek és csomópontok valamint az acélszerkezeti hálózatok igényes kialakításai adják.

A vasbeton szerkezeti elemek takart csomóponti kialakításai (3. ábra) lehetővé tették, hogy a különböző szerkezeti elemek – monolitikus hatást keltve – egymásba „simuljanak”.



3. ábra. Előre gyártott vasbeton elemek kapcsolatai

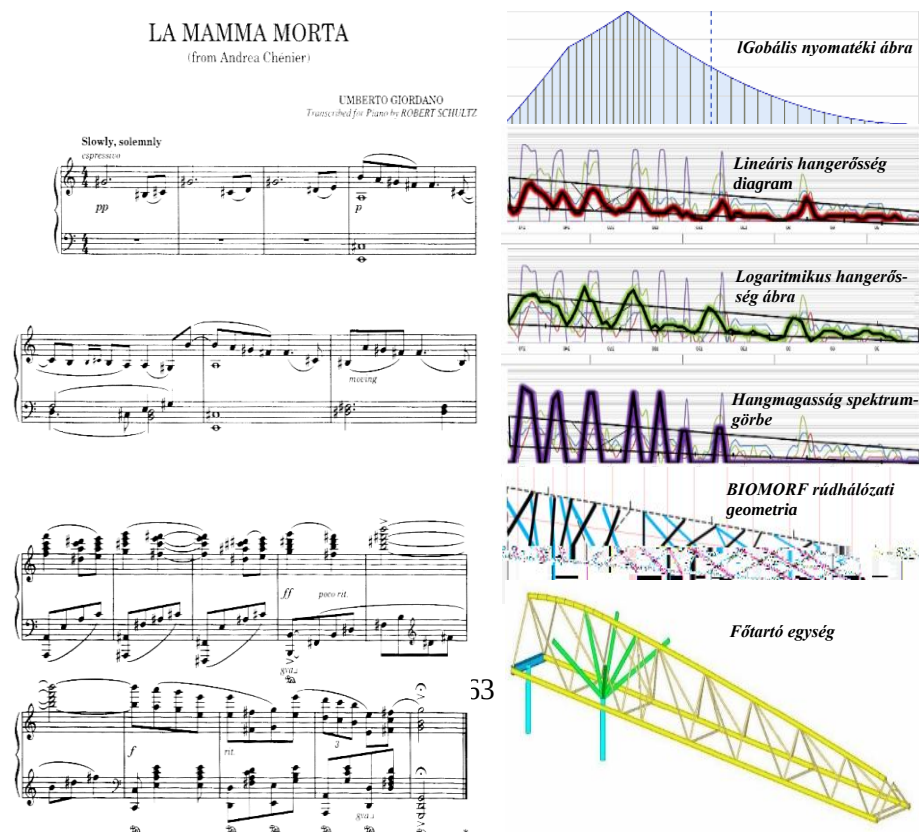
A lelátó alatti beépített terek, valamint a vasbeton szerkezetek egységes, harmonikus megjelenése érdekében – a stadionoknál meglehetősen ritkán alkalmazott – alul síkfelületű lelátó elemek kerültek alkalmazásra. További érdekessége a lelátónak, hogy a sarkokon ívesen átforduló elemek kerültek beépítésre (4. ábra), alul szintén „síkszerű”, pontosabban kúpfelülettel.



4. ábra. Íves előre gyártott lelátóelemek

Az erdei környezetbe illő harmóniára való törekvés a tetőszerkezet tervezése során is kiemelt szerepet kapott. Az eredeti elképzelés szerint a lelátót fedő membránhéjazatú tető⁵ egybefüggő, könnyű, a stadion fölött „lebegő” homogén „sík lemez” lett, mindenféle kiugró vagy különálló tartószerkezeti elem nélkül. A síkból való kitérést csupán a membrán feszítését biztosító felső övekben kialakított ívek „hullámai” adják. Ennek megfelelően a tartószerkezet a lelátó felső sora mögött elhelyezett belső pillérsorral gyámolított, a külső pillérsor vonalában lehorgonyzott, ortogonálisan anizotrop acél csőszelvényű térrács. A radiálisan elhelyezett felső- és alsó öveket – a háromöví tartókkal analóg – ferde síkú aszimmetrikus rácszat fogja össze. Az öveket összekötő rácsrudak geometriai kialakítását az épület tartószerkezeti rendszerének globális harmóniájába simuló, az erdei környezetbe illő, „biomorf” jellegű hálózattal terveztük. Nehézséget okozott azonban az öveket összekötő rácszat igénybevételekhez igazodó harmonikus kiosztásának megtalálása. Ehhez a megfelelő harmóniát a zeneirodalomból kölcsönöztük, olyan zenei részletet keresve, melynek spektrumgörbe kontúrjai fedik egy szerkezeti egység globális igénybevételi ábráit (5. ábra). A felhasznált zenei részlet kiválasztása során számtalan könnyű- és komolyzenei darabot elemeztünk. Így jutottunk el Umberto Giordano *Andrea Chénier* című operájának emblematikus áriájához, a *La mamma morta*-hoz (Anyám meghalt). A transzformációhoz legalkalmasabb tempójú előadásnak Maria Callas 1957-es londoni stúdiófelvétele bizonyult. Az ária egyszerre fejez ki keserves fájdalmat, de megcsillan benne a remény üzenete is, jelen esetben a mérnök beépített üzenete a honi futball jelenét és jövőjét tekintve.

⁵ membránhéjazatú tető – vékony, hártyaszerű rugalmas lemez, aminek nincs különálló tetőszerkezeti eleme



5. ábra. Spektrumgörbék és a transzformált rúdhálózat

E zenei betét matematikai analizisével meghatározott hullámformák (lineáris és logaritmikus hangerősség-diagram) és spektrumgörbék (hangmagasság) elemzését követően, speciális transzformációval – a spektrumgörbék határozott integráljaival – került meghatározásra a rácsrúd-kiosztási algoritmus. A rúdszám függvényében lettek felvéve a sáv szélességek, a hangmagasságfüggő ferdeségek, a sávok hangerősség-tömegközéppontok helyei. A lehetőségekhez mérten az így előállított algoritmushoz igazodnak a rúdkiosztások és a rudak szelvényméretei is, amelyeket a hosszas iterációt követően nyert szelvényalakok közül, az acélszükségletek figyelembe vételével optimalizáltunk.

Innováció

Iskolás éveimben építésmérnök édesapám könyveit forgatva Le Corbusier, és az ő építészete volt rám nagy hatással, míg festőművész édesanyám könyveiből

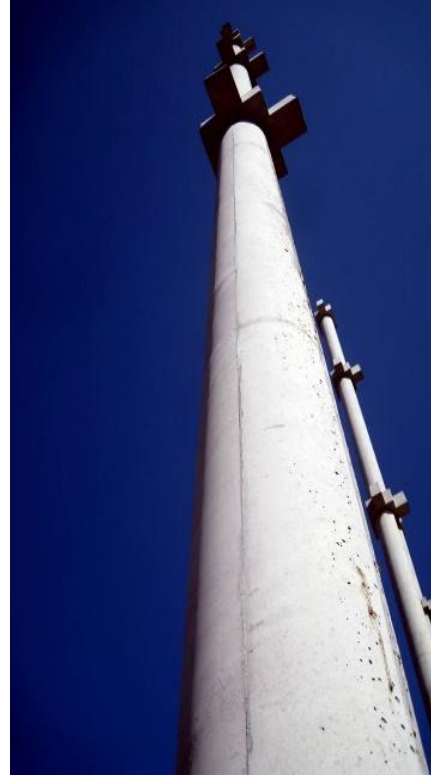
Henry Moore és művészete ragadt meg bennem leginkább. Mindketten új irányt hoztak a XX. század első felében az építészetben és a szobrászatban egyaránt. Jóval később aztán – mindezekre alapozva – mérnöki gondolkodásom, illetve filozófiám kialakulásában meghatározó szerepet játszott Dr. Kollár Lajos professzor, aki megtisztelt barátságával. Így közös beszélgetéseink során tapasztalhattam meg igazán, mit is jelent a mérnöki gondolkodás. Nos, miért is tértem ki erre részletesebben? Mert az esztétikai igényesség és folyamatos innovatív útkeresés a kreatív mérnöki alkotó tevékenység alapja, s mert a jelentősebb *mérnöki alkotások* terén – mint például egy stadion esetében – az építőipar is képes kell, hogy legyen csúcstechnológiák alkalmazására. Ennek megfelelően a debreceni stadion tervezése során több hazai, s néhány nemzetközileg is újszerű, egyedülálló megoldást alkalmaztunk, melyek kivitelezése a gyártás és szerelés terén is komoly fejlesztéseket, új technológiák bevezetését tette szükségessé. Az eredeti tervek és a gyártási fejlesztések terén ilyenek voltak:

- A lelátóelemek terén:
 - a hátul síkfelületű kialakítás,
 - 12 cm vastag feszített, szálerősítésű beton alkalmazása,
 - a sarkokon - térgörbe felületű - íves elemek beépítése.
- A homlokzati körpilléreknel:
 - 45 cm átmérő mellett 23,1 m-es gyártási hossz,
 - előfeszített kialakítás,
 - szintenként háromirányú, előre gyártott vasbeton konzolok alkalmazása.
- A belső pilléreknel:
 - 19,5 m-es gyártási hossz,
 - szintenként többirányú, előre gyártott vasbeton rövidkonzolok alkalmazása.
- A gerendák terén:
 - takart, rejtett „zsebes” kapcsolatok.
- Az acél tetőszerkezet terén:
 - „biomorf” harmonikus hálózatu, ortogonálisan anizotrop térrács.
 -

A lelátót alul összefüggő síkkal kialakított, előre gyártott vasbeton elemek alkotják, melyek felső felülete a lépcsőzésnek megfelelő kialakítású. A lelátó vízzárását a vízküszöbvel készülő, egymásra csatlakozó peremek és a fogadó gerendák tetején kialakított vízelvezető horony biztosítja. Nagyobb problémát jelentettek az íves elemek. Mivel az íves szakaszon a lemezek a csonkagúla alakzatot veszik fel, így a feszítő pászmák egyenes vezetése mellett a lemezen belüli magassági helyzetük változna, így ezek nagyobb szerkezeti vastagsággal, hagyományos lágyvasalással készültek. Az emeletközi födémek előre gyártott vasbeton harántgerendái kiharapott tartóvégükkel ülnek fel a pillérkon-

zokra úgy, hogy azokat körülvéve, kapcsolatuk rejtve marad. Ezek a gerendák a födémbe nyúló kengyelezésükkel a födémmel együtt dolgozó, fejlemezés gerendákat alkotnak.

A látszó betonfelületű, előre gyártott vasbeton szerkezetek (lélátóelemek, gerendák és rövidkonzolos pillérek) gyártástechnológiai kérdéseit meghatározták a gyártómű adottságai, a rendelkezésre álló feszítő sorok és a rendkívül rövid gyártási idő. A nehézséget nem csak a rövid idő alatt legyártandó elemek nagy mennyisége, hanem a gyártást lassító különleges elemek kialakításai is okozták. Az előre gyártott pillérekre kerülő sok rövid konzol gyártása – amely amúgy is az előregyártás mindenkor nehéz feladatai közé tartozik –, jelen esetben a rejtett konzolok miatt még nehezebb feladatnak bizonyult. Nagyobb problémát jelentettek az íves elemek, mivel a magassági helyzetnek megfelelően növekednek az ívek sugarai, így az egymás feletti eltérő elemek mindegyikéhez más sablon tartozik. További nehézséget okoztak a homlokzati, húsz métert is meghaladó magasságú előre gyártott, feszített vasbeton körpillérek, melyek teljes felmenő hosszukban egyben készültek. A pillérek előfeszítését a tetőszerkezet „rejtett” lehorgonyozása tette szükségessé. Meg kellett oldani a négyszintes körpillérek gyártását, szintenként három irányból csatlakozó gerendák kapcsolatával, lehetőleg rejtett konzolokkal (6. ábra).



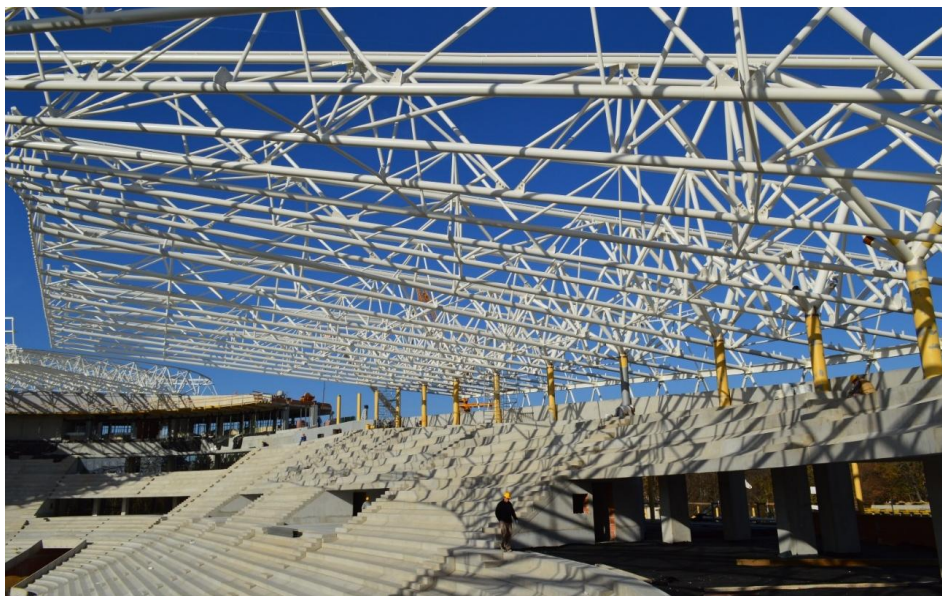
6. ábra. **a:** Homlokzati és belső pillérek **b:** Előre gyártott feszített körpillérek

A kivitelezési feladat nehézségét bizonyították Polgár László műszaki tanácsadó, (ASA Építőipari Kft.) szavai: „Rendkívüli feladat elé néz, aki vállalja a megépítését. A feladat nehézségét mi sem bizonyítja jobban, hogy a kivitelezők fogadásokat kötöttek: biztosan nem fog megvalósulni ez a terv, különösen nem az íves lelátók. Némiképp alapja volt is a fogadásoknak: az utóbbi 10 évben a nagyvilágban épült stadionok – bőven épültek stadionok Földünk minden részén – talán 90 százalékban is egyenes lelátóelemekkel épültek, az íves szakaszokat is egyenes elemekkel, azaz poligon vonalvezetéssel követve. A tenderdokumentáció már az ajánlati szakaszban nagy fejfájást okozott a pályázóknak... Magam, lelkesen kiálltam amellett, hogy igenis megvalósítható az elképzelése a megadott költségkereten belül.”

A különböző, újszerű szerkezeti elemek elméleti megfontolásait, számításait, valamint helyes kialakításait és megfelelőségüket töréspróbákkal, laboratóriumi modell-kísérletekkel ellenőriztük, illetve számos próbaterheléssel igazoltuk. Ezek a várt eredményeket hozták, igazolva feltevéseinket, számításaink helyességét.

Az így elkészült stadion vasbeton szerkezeteinek újszerű megoldásai méltán váltották ki a szakma elismerését, miszerint a *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) 2013. évi Palotás-díjának átadó ünnepségén elhangzottak szerint az előre gyártott vasbeton szerkezetek terén a debreceni Nagyerdei Stadion tervezett szerkezeti megoldásai ötven éve nem látott – már időszerű – fejlesztést indukáltak a magyar vasbeton előregyártásban.

Az acélszerkezeti elemek gyártása, szerelése is komoly feladatnak tűnt a különös térbeli formák miatt, valamint, hogy az átmeneti, rövidebbik oldali szakaszok minden tervezett eleme eltérő volt, változó beépítési szöggel és rúdhorsszal (7. ábra). Az így kialakított ortogonálisan anizotrop teherhordó szerkezetű, acélrácsos tetőszerkezet primer tartószerkezetének összsúlya, a kisebb stadionoknál leggyakrabban alkalmazott konzolos főtartójú tetők anyagfelhasználásának megközelítőleg a felére adódott.



7. ábra. Rövidebb oldalak „átmeneti” tetőszerkezete szerelési állapotban

A szokatlan méretek mellett a különös geometriából adódó nehézségek miatt sokan gondolták, hogy a tervezett acélszerkezet gyártása, szerelése és beépítése nem lehetséges az előre meghatározott igen szűk határidőre, nem is beszélve arról, hogy a szigorú költségkeret is szorította a vállalkozókat a feladat elvégzése során. A kivitelezési problémákat csak fokozta a homlokzati, több mint 50 méter hosszúságú, diagonálisan elhelyezett térgörbék elvárt méretpontosságú gyártása és helyszíni szerelése. Később, mikor már a szerkezet egyre

jobban kirajzolódott, s látszott, hogy a „minőség és mennyiség” teljesíthető, akkor az összeszerelt tetőszerkezetre már a gyártók is büszkén tekintettek fel, s a siker, illetve az alkotás öröme közepette a látvány adta érzést a gyártást és szerelést irányító mérnök úgy fogalmazta meg, hogy: „olyan, mint egy szimfónia”. Nem is sejtve akkor, hogy a tetőszerkezetbe valóban zenei harmónia beépítését terveztük.

A vasbetonszerkezetekhez hasonlóan az acélszerkezetek tervezésénél is maximálisan felhasználtuk az alkalmazott tudományok adta lehetőségeket, így laboratóriumi körülmények között végzett szélszélhatás vizsgálatokkal határoztuk meg a szélhatásokból a tetőszerkezetre adódó terhelési viszonyokat. Mindez a stadion speciálisan kialakított tetőszerkezete miatt volt szükséges, mivel ilyen egyedi esetben a megengedhető szélterhek meghatározását nehéz a szabvány adta viszonylag szűk keretek közé szorítani. Bár az európai szabvány igen terjedelmesen számos tetőformát és beépítési körülményt részletez, mégis megesik, hogy a – pl. egy stadiont körülvevő – környezeti elemek egymásra hatása a valóságban ezektől eltérő szélnyomás-értékeket eredményez. Így előfordulhatnak olyan turbulens jelenségek, melyek néhol nagyobb szélnyomást okozhatnak a feltételezetténél, de a tetők egymásra ható árnyékolásával akár jelentősen kisebb szélnyomások is kialakulhatnak. Ezért a lehetséges szélhatásokat a stadion modelljén a környezeti hatásokat is figyelembe vevő áramlástechnikai vizsgálatokkal pontosítottuk.

A tetőszerkezet fedését az enyhén ívelő felső övekre feszített, az egyenes közbenső felső övekkel lehorgonyzott, transzcendens⁶ felületű PTFE anyagú membrán biztosítja. A teflonbevonatú extrudált⁷ fóliának – apoláris szerkezete miatt – kicsi a felületi feszültsége, így a szennyeződés nem tapad meg rajta erősen, ezért az eső minden alkalommal tisztára mossa. Öntisztító felülete így minimális karbantartási költséget igényel. Több évtizedes tapasztalatok bizonyítják időtállóságát, így az új stadionoknál világszerte előszeretettel használatos héjazati fedő vagy burkoló anyag.

Az épület nyugati homlokzatán a membrán transzparenciáját⁸ hasított nyílások biztosítják, melyek természetes fénnel és kapcsolattal látják el a mögöttes helyiségeket (8. ábra). Itt a membránt fogadó cső megszakad, és a csőcsonkok végpontjai közé kifeszített, a membrán peremén átfűzött acél sodronykötél biztosítja a membrán alaktartó feszítését. A végpontokban a kötélerők átadására kétirányú csapos kapcsolat készült, mely az erők által a kötéltengely irányába beállva képes felvenni az ideális geometriát.

⁶ transzcendens – itt: szabálytalan, magasabb rendű térbeli torz felület

⁷ extrudált – préselt

⁸ transzparencia – átlátszóság



8. ábra. Az épület nyugati homlokzata a transzparenciát biztosító hasított nyílásokkal

Csapatmunka

A kiemelt fontosságú épületek esetében a szabad formájú építészeti megoldások száma az utóbbi években folyamatosan nőtt. Ennek következtében egyre nagyobb jelentőséggel bír az esztétikai igényeket költséghatékonyan megvalósító, kreatív csapatmunka a tervezési folyamat minden fázisában. Nem lehetett kivétel ebből a jövő igényeinek megfelelő debreceni stadion épületegyüttese sem, ahol az alkalmazott épületszerkezeti megoldások *egyedülállónak számítanak* a hazai vasbetonépítésben, s némelyikük *világviszonylatban is úttörő jellegű*. A különböző térbeli elemek tervezése, gyártása csakis a legkorszerűbb gyártástechnológiai és sablontechnikai rendszerek figyelembevételével, használatával volt lehetséges. Érthető hát, hogy ilyen léptékű feladat magas színvonalú megoldása sem jöhetett létre a tervezésben és gyártásban dolgozó mérnökök összehangolt, folyamatos tervezési és fejlesztési munkája nélkül.

Mindezek miatt már az adatgyűjtés korai fázisától kezdve, az alternatívák, tanulmányok és makettek kidolgozása során is bevontam különböző mérnöki szakterületek és társszakmák képviselőit, hogy tanácsaikkal segítsenek az eltérő utak és lehetőségek útvesztőjében a helyes irányt megtalálni. Ennek eredményeként már a konstruktóri munka elejétől támaszkodhattam az alkotófolyamatba bevont kiváló kollégák közreműködésére határon innen és határon túl.

A tervezés során figyelemmel kellett lenni a térbeli szerkezetek gazdaságos és méretpontos előregyártására és a helyszíni építés-szerelés nehézségeire

is. Ezért a tervezés folyamán az alkalmazott szerkezeteket és azok zsaluzási-, betonozási-, vasalási- és feszítési-, valamint gyártási technológiáit – a lehetőségekhez mérten – lépésről-lépésre egyeztettük a vasbeton előregyártás, valamint az acélszerkezet-gyártás gyakorlott képviselőivel is.

A különleges részfeladatok esetében nem csak a mérnöki területek szakembereire támaszkodtam, ha kellett, festőművész, karmester, matematikus segítségét is igénybe vettem.

Mindezeket alkalmazva, és figyelembe véve hogy a stadion újszerű vasbeton, illetve acél szerkezeti elemei csakis a tervezésben és gyártásban dolgozó mérnökök együttműködésével, összehangolt, folyamatos tervezési és fejlesztési munkájával jöhettek létre, így *a debreceni stadion igazi kincse* a munkába bevont közreműködők és tervezőmérnökök széles körének kiváló alkotó csapatmunkája.

Rendkívüli felelősséget rótt az alkotó mérnökökre, hogy a rendelkezésre álló igen rövid idő alatt is a megfogalmazott feltételeknek és céloknak megfelelő, a természet egészének egyensúlyába illeszkedő stadiont, korszerű mérnöki alkotást kellett tervezni. A tervezésben részt vevő alkotók személyesen is átérezhették, hogy mit jelent a mérnöki hivatás. A természet iránti felelősségteljes alázatot, magas szintű matematikai- és természettudományos ismeretekkel átszőtt művészi alkotó tevékenységet, csapatmunkát.

Maximálisan törekedtünk elérni mindazt, ami Le Corbusier szavaiból ki-cseng: „*A mérnökök teremtik meg az építészetet, mert ők használják fel a természet törvényeiből kikövetkeztetett számításokat és műveikben érezhetjük a harmóniát.*”

Konklúzió

Nos, akkor az alkotó mérnöki munka tudomány vagy művészet? Önállóan egyik sem. Ugyanis *a magas szintű mérnöki alkotó tevékenység a művészet* valódi részhalmaza. Azaz a művészet egy olyan ága, mely szigorú korlátok közé szorított, s e korlátokat a természeti-, a fizikai- és a matematikai törvények egymásra épülő, szigorú strukturális rendje alkotja. De fordítva is igaz! Azaz *a magas szintű mérnöki alkotás* az alkalmazott fizikai tudományok szűk területén végzett, *művészien kimunkált tudományos munka eredménye.*

Üzenet

Minden tevékenységünk alapja a matematika. Így hát ne hagyjuk, hogy közsze-replők, híres emberek, lépten-nyomon, jópofán büszkélkedhessenek matematikai analfabetizmusukkal társadalmi megvetés nélkül. Tegyük meg mindent mi, matematikával, természettudománnyal foglalkozók azért, hogy ez ne így legyen!

Nekünk reklámozni kell a hivatásunkat! Nem elég a természeti törvényeket, Newton törvényeit ismerni, az igazságot, a matematika fontosságát napról-napra hirdetni is kell! Mert a matematika harmónia, a harmónia pedig maga az élet.

Irodalomjegyzék

- DEZSŐ ZS. (2012): A nagy dobás. Megújul a debreceni Nagyerdei Stadion, *MÉRNÖK-ÚJSÁG*, 8-9, 24-27.
- DUBNICZKY M. (2013): Arénacsodák. Három stadion, három szerkezettervező, három koncepció, *MÉRNÖK-ÚJSÁG*, 8-9, 30-33.
- DEZSŐ ZS. ÉS POLGÁR L. (2013): A debreceni Nagyerdei Stadion igényes és újszerű tartószerkezeti megoldásai, *VASBETONÉPÍTÉS*, 2, 46-52.
- MADARAS B. (2013): A debreceni Nagyerdei Stadion tribünelemeinek dinamikai vizsgálata, *VASBETONÉPÍTÉS*, 3, 72-75.
- DEZSŐ ZS. ÉS POLGÁR L. (2013): Demanding and modern structural solutions for the Nagyerdei Stadium in Debrecen. *CONCRETE STRUCTURES*, 1, 13-19.
- Prof. Dr.-Ing. Dr. Techn. László M Palotas, Ph.D. (2014): A 2013. évi Palotás László-díj átadása, *VASBETONÉPÍTÉS*, 1, 2.
- PAPP J., BORDÁS P., DEZSŐ ZS. ÉS HEGYMEGI I. (2014): Így épült a debreceni Nagyerdei Stadion, *HUNÉP ZRT*.