

A statikai tervezés és a gazdaságos tartószerkezetek

Structural Design and Economic Bearing Structures

Proiectarea structurală și structurile economicoase

Dr. KOPENETZ Ludovic, Dr. GOBESZ Ferdinánd-Zsongor

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Románia

ABSTRACT

The economic design of structures means first of all the use of a low quantity of structural material, without jeopardizing the safety of the building. While the most frequently built constructions are halls, the discussion is done mainly for their case. A versatile design usually means large span structures, with comparable costs to the sum of the equivalent smaller ones. Some aspects of the main structural materials are also discussed, concluding that the science of computing should not govern the structural conception, the laws of physics and the natural discharge of loading forces should.

Kulcsszavak: tartószerkezet, gazdaságos kialakítás, stabilitás, tervezés.

1. BEVEZETÉS

A gazdaságosságra való törekvés alatt elsősorban az alkalmazott anyagok mennyiségi csökkentését értjük. Szerkezeti szempontból általában látszólag a statikai határozatlanság előnyös, mivel a többletkötések csökkentik a szükséges keresztmetszeteket és így gazdaságosabb eredményt kapunk. Nyilvánvaló, hogy egy többlettámaszú tartó alkalmazása előnyösebb mintha kéttámaszú tartók sorozatával próbálnánk ugyanazt a távolságot, ugyanakkora terheléssel kiváltani, de az előregyártás a példa rá, hogy ez nem általános érvényű megállapítás, hiszen sok esetben a kéttámaszúként gyártott és beszerelt tartók bizonyulhatnak gazdaságosabbnak.

2. TARTÓSZERKEZETEK KIALAKÍTÁSA

Általános érvényű igazságnak tekinthető, hogy a rácsos tartó gazdaságosabb mint a *Vierendeel* tartó, mégis vannak olyan esetek, amikor gyártási, vagy egyéb szempontok miatt a *Vierendeel* tartó alkalmazása célszerűbb mint a szokványos rácsos tartóé.

A kötél szerkezetek esetében a kedvező szerkezeti megoldás az, amikor egyszeri statikai határozatlansággal rendelkeznek, mivel ilyen esetekben jól kivitelezhetők és gazdaságosak.

A mai tartószerkezeteknek az alábbi igényei vannak:

- gyors építhetőség, lehetőleg kevés beépített szerkezeti anyaggal;
- technológiai kötöttségeket nem okozó szerkezet, illetve támasz kiosztás;
- megfelelő világítás;
- bővíthetőség;
- műszaki vezetékek és szerelvények megfelelő elhelyezése;
- alacsony karbantartási költségek.

Mivel az építkezések túlnyomó többségét a csarnokszerkezetek alkotják, ezek közül is a földszintes típusokból építik a legtöbb darabot és ez világszerte növekvő tendenciát mutat (főleg az olcsó és gyors szerelhetőség miatt), úgy ítéljük, hogy a fenti igényeket főleg ebből a szempontból érdemes vizsgálni.

Az építési idő lerövidítése vált az építőipari beruházások leghangsúlyozottabb tényezőjévé. Ennek a gazdasági hatását és megfelelő számítási, szabási módját ma már általánosabban ismerik és alkalmazzák. A jelenleg alkalmazható technológiák rendkívül gyors ütemben fejlődnek, tehát az épületszerkezeteknek és a tervező, illetve kivitelező szakembereknek is tudniuk kell alkalmazkodni ehhez a változáshoz a piacképesség érdekében. Több esetben is elképzelhető, hogy a technológia változásával az épületet is ki szeretné cserélni a befektető, bár erre a gyakorlatban még nem alakult ki általános érvényű gazdaságos műszaki megoldás.

A rugalmas építési mód elsősorban a nagyméretű fesztávokkal próbál megoldást kínálni, mivel ha megfelelő szerkesztési elvet alkalmaznak, akkor a költségek nem fogják lényegesen meghaladni a kisebb méretek-

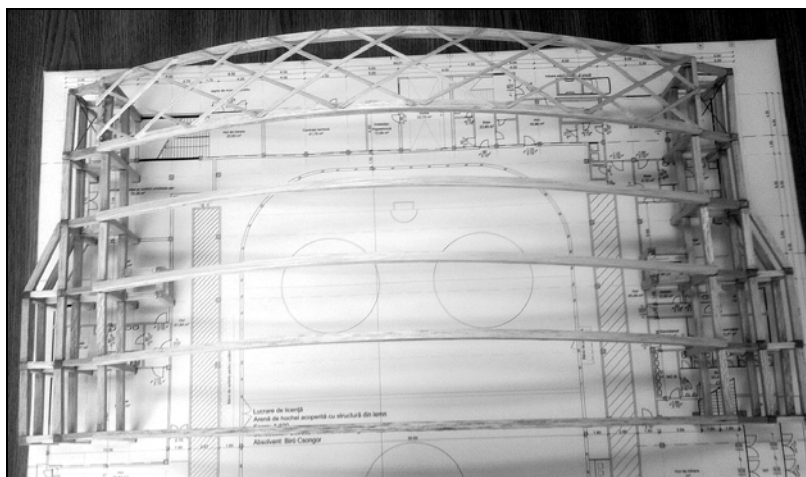
re szabott változatok összárát. Az alkalmazott fesztávok leginkább 18 és 30 m közöttiek, a legkisebbek 12 – 15 m értékűek míg a legnagyobbak elérhetik a 60 – 100 m-t is. A földszintes csarnokokra általában a felületvilágítók jellemzőek, az oldalvilágítás többhajós kivitelezés esetében nem kielégítő, de a kísérletek kimutatták, hogy szerkezeti és anyagi szempontból a leggazdaságosabb csarnok a természetes világítás nélküli.

A bővítés egyik nagy problémája az, hogy mennyire állnak rendelkezésre, illetve mennyire hozzáférhetőek az eredeti szerkezeti elemek. Ebből a szempontból a legproblematikusabbak a vasbeton tartószerkezetek, mivel a sarokmerevséget biztosító részeket előrelátóan már az eredeti szerkezetnél ki kellene képezni, az alapozás kialakításánál is megfelelően előretekintőnek kéne lenni.

A bővítések és átalakítások a technológiai vezetékekben, szerelvényekben és a szerkezethez kötődő belső szállításhoz szükséges berendezésekben is nagy változásokat okozhatnak. A gyártószalagok egyre inkább függetlenek az épületszerkezettől és egyre általánosabb az elektromos villás targoncák használata (rendkívüli gyorsaságuk és alacsony fogyasztásuk nem okoz kötöttségeket a belső szállításoknál). A technológiai kábel- és csővezetékek hozzáerősítése az épület tartószerkezetéhez eléggé elterjedt jelenség, amennyiben súlyuk kicsi, nem okoznak méretnövelést szerkezeti szempontból (viszont, amennyiben dinamikus igénybevételeket okoznak, annyiban kiemelt figyelmet érdemelnek). A hő- és légtechnikai berendezések ma már rendszereket képeznek, ezért átalakításuk gondot okozhat.

3. ALKALMAZOTT ANYAGOK

A csarnok anyagának a kiválasztása a karbantartási költségek függvénye. Jelenleg leginkább az acél és a vasbeton, kevésbé a fa jön számításba. A fa ára egyre nő, rendkívül érzékeny a légköri hatásokra, a tűzállósága is korlátozott, de mivel sok helyen hagyományosan hozzáférhető (és megújuló) nyersanyag, ezért nem lehet kirekeszteni az ipari épületszerkezetek alkotóelemeinek az anyagai közül. Az utóbbi időben a műszaki fejlődés olyan eredményeket hozott (műanyagokkal ragasztott szekrényes rácsstartók, laminált gerendák és ívtartók, új impregnálási és felületkezelési módszerek a biológiai kártevők és a tűz elleni hatásos védekezéshez), amelyek a faserkezetek felhasználási területén új adottságokat teremtettek. A legelterjedtebb alapanyag mégis az acél és a vasbeton maradt. Sokan felteszik azt a kérdést, hogy mikor előnyösebb a vasbeton, és mikor az acélszerkezet alkalmazása.



1. ábra.

Fa tetőszerkezetű jégkorong csarnok részleges makettje [8] (Bíró Csongor).

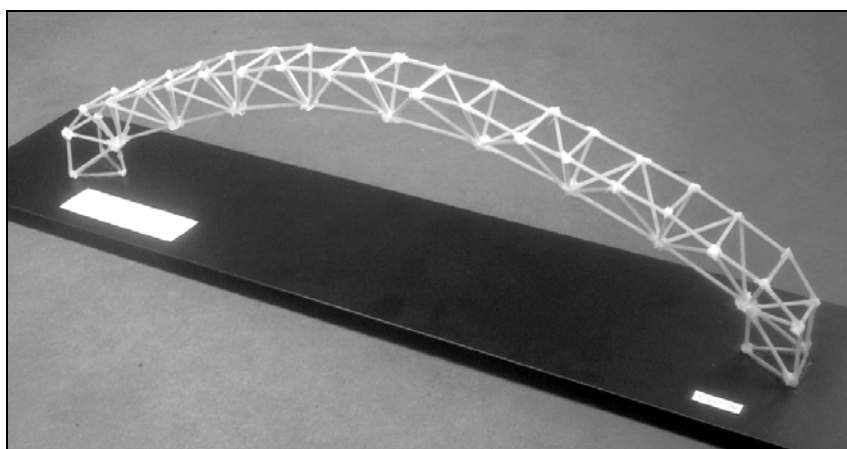
Az ipari módszereknek az építőipari elterjedésével párhuzamosan növekedett az acélszerkezetek alkalmazása, több okból kifolyólag is:

- az acélszerkezet súlya lényegesen kisebb a vasbeton szerkezeténél (kisebb építőgépek alkalmazhatók, gyors és könnyű a szerelés, könnyebb alapozás szükséges, egyszerűbb a szállítás);
- gyártásuk kizárólag ipari jellegű;
- bontás esetén a szerkezet anyaga visszanyerhető nyersanyagként (vasbeton esetében sokkal körülményesebb);
- a fesztávok kialakítását könnyebben és változatosabban lehet megoldani.

Ezzel szemben, a vasbeton szerkezetek olcsóbbak, nincsen akkora korróziós problémájuk és a tűzzel szemben is ellenállóbbak.

E három, hagyományosnak számító anyag mellett jelentkeznek az alumínium és a műanyagok. Az alumínium alapanyagú szerkezetek korrózióállósága (ami az acélszerkezetek leglényegesebb gyöngéje) és kis súlya nagy előnyt jelent szerkezeti szempontból, de anyagi szempontból ma még túl sokba kerülnek. Egyik alkalmazási módjuk az összetett, szendvics vagy kompozit panelek alkalmazásában rejlik, ahol a vékony héjborításban lemeztvastagságként elég egy 0,4 – 1,5 mm-es alumínium réteg. A műanyagok ma még csak másodrendű szerkezetként szerepelnek, de a jövőben valószínűleg tartószerkezetként is el fognak terjedni, elsősorban a héjszerkezeteknél.

Szintén az újabb csarnoképítési módszerek közé tartoznak a függesztett tetők, mivel anyagtakarékosak, kicsi a súlyuk, könnyen szállíthatóak és szerelhetőek. A héjszerkezetek és a függőtetők méretezése aránylag bonyolult, így a jelenlegi viszonyok között csak kb. 18 – 24 m fesztávolság felett képesek felvenni a versenyt gazdaságosabb tervezési-építési költségek szempontjából a feszített vasbetonszerkezetekkel. Azonban, ha a héjszerkezeteket más szerkezeti elemekkel egyesítve, vagy kiegészítéseként alkalmazzuk, gyakran nehezen megoldható funkcionális igények is kielégíthetők. Minden esetre, a teherhordó szerkezetek közül azok a legelőnyösebbek, amelyek a természetes erőjátéknak a legjobban megfelelnek, vagyis a teher a legközvetlenebbül vagy a legrövidebb úton kerül a talajra.



2. ábra.

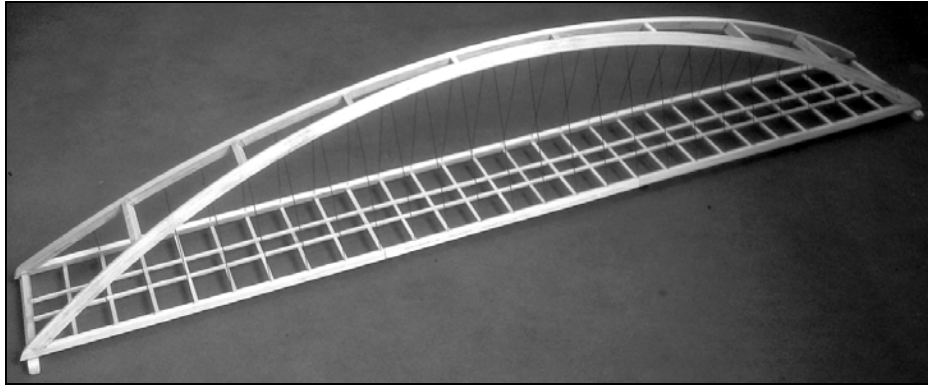
Acél tetőszerkezetű jégkorong csarnok egyik íve, száraztésztaból [9] (Kádár György).

4. TERHEKBŐL EREDŐ ELVI KÉRDÉSEK

Mivel az állandó jellegű természetes terhelés egyenletesen megoszló (önsúly, szél, hó, víznyomás stb.), akkor maximális a tartószerkezet hatásfoka, amikor alakja olyan tiszta forma felé törekszik, amelyik összhangban van a statikával és a mozgási ellenállások törvényeivel. Amikor a természeti törvényszerűségről beszélünk, elkerülhetetlen a szerkezeti tervezésben arra az alapvető jelenségre rámutatni, hogy a természet mindenkor a legkisebb erőfordítással törekszik az egyensúlyi állapotra. *Eduardo Torroja* professzor (a „*Philosophy of Structures*” című könyvében) e gondolatot úgy fogalmazta meg, hogy „törekedni kell az anyag minimális igénybevételére” [6] (a szerzők fordítása). Ez az állítás akkor látszik igazán valósnak, amikor arra gondolunk, hogy hányszor fordul elő olyan eset, amikor statikailag nem bizonyítható szerkezetek állva maradnak, mert ki nem használt szerkezeti részek egymást segítik. A lényeg tehát az alapvető strukturális elképzelés, míg a statikai modell és a méretezési eljárás csupán eszköz.

Sajnos, világhírű szakemberek véleménye szerint éppen ez a szemlélet hiányos, nagyon sok építész- és építőmérnök újat akar alkotni minden áron. *Pier Luigi Nervi*, világhírű mérnök szerint „a statikai megoldások bősége nem szabad természetellenes statikai modellekhez vezessen, vagyis olyan szerkezetekhez, amelyek a statika személytelen törvényeiből erednek, és amelyek erővel exhibicionista akrobatikát végeznek. Véleményem szerint ez jelenti pillanatnyilag a szerkezetépítés legnagyobb veszélyét” [7] (a szerzők fordítása).

A legmagasabb rendű mérnöki tevékenység a rendeltetészerűen és esztétikailag legértékesebb változat kiválasztását jelenti a sok közül. Ez az alkotó munka adja a szerkezettervezés szépségét, mert automatikusan még nem lehet kiválasztani a legjobb megoldást ugyan úgy, ahogy a számítógépek megoldják az egyenleteket, de a programozást szakemberek végzik.



3. ábra.

Ívelt acél híd szerkezet makett balszafából [10] (Péntek Máté).

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Az ipari csarnoképítés területén a fejlődés a gyári előregyártás irányába tolódik el. Országunkban a legelterjedtebb a vasbeton szerkezetek alkalmazása. Az ipari vasbeton tartószerkezeti elemek előregyártása nem azonos a lakóépületek vasbeton szerkezeti elemeinek az előregyártásával. Egyrészt sokkal kisebb az elem-szükséglet darab szám szerint, másrészt sokkal több fajta szerint. Éppen ezért, az elemek gyártását nem lehet annyira automatizálni mint az elemgyárban legyártottakét. Tudjuk, hogy az ipari vasbeton szerkezetek általában nagy pontosságot igényelnek (betonszilárdságuk magas a nagy igénybevételek miatt), de a gyártás kényessége mellett egyéb problémák is jelentkeznek a raktározás, szállítás, összeszerelés és feszítés folyamán (mivel a nagyobb feszítávokon feszített vasbetont alkalmazunk). A gyártást és szerelést (ideértve az esetenként szükséges feszítést is) ugyanaz a vállalat kellene végezze. Ha egy vállalat tudja, hogy az általa gyártott elemeket neki kell összeszerelnie, akkor sokkal jobban ügyel a méretpontosságra és a minőségre. Nem megfelelő pontosság, vagy a szerelvények helytelen elhelyezése esetén neki lesz többletmunkája, nem beszélve egyéb kellemetlenségekről. Sok nyugati országban az említett munkák mellett a tervezést is egyazon vállalat végzi.

Eddig a tervezők a könnyű kivitelezhetőséget kevésbé tartották szem előtt, leginkább csak az anyagmutatók alapján döntöttek egy-egy szerkezet megfelelőségét és alkalmazhatóságát illetően. A nagy munkaigény nagyon hátrányos egy szerkezetre, tehát minden tartószerkezet megítélésében fontos szerepet kéne játszson. A befektetők szempontjából elvileg a rövid építési idő a legfontosabb szempont, hiszen minél hamarabb használható az építmény, annál hamarabb fog hasznot hajtani.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dulácska E., *Személyes közlemények*, (2000–2008).
- [2] Horváth Z. K., *Személyes közlemények*, (1986–2003).
- [3] Kollár L: *Személyes közlemények*, (1975–2004).
- [4] Kopenetz L. G., *Gondolatok statikusoknak*, Kriterion Könyviadó, Kolozsvár, 2006.
- [6] Torroja E., *Philosophy of Structures*, University of California Press, 1967.
- [7] Nervi P. L., *Aesthetics and Technology in Building*, Harvard University Press, Cambridge, 1965.
- [8] Bíró Cs., *Arenă de hochei cu acoperiș din structură de lemn*, diplomamunka (irányító tanár: dr. Gobesz F. Zs.), Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, 2012.
- [9] Kádár Gy., *Arenă de hochei cu învelitoare reticulată metalică*, diplomamunka (irányító tanár: dr. Gobesz F. Zs.), Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, 2012.
- [10] Péntek M., *Pod de autostradă într-o zonă accidentată din Munții Apuseni*, diplomamunka (irányító tanár: dr. Kopenetz L. G.), Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, 2012.