

Author: Becker, Gábor
Affiliation: BME, Budapest University of
Technology and Economics
Title: LARGE SCALE CURTAIN WALLS
Citation: Metszet, Vol 15, No 6 (2024), pp 58-63
<https://doi.org/10.33268/Met.2024.6.8>

Received: 16 October 2024

Accepted: 30 October 2024

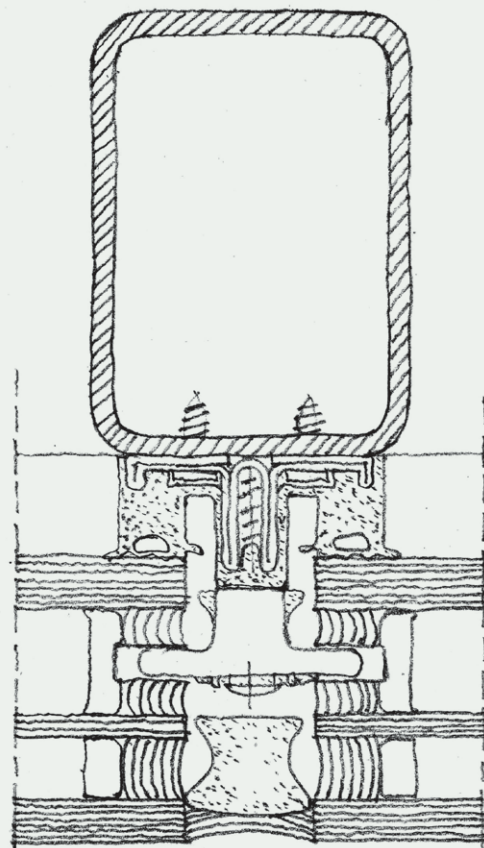
Published: 26 November 2024

TECHNOLOGY STUDY; ARTICLE:
DR GÁBOR BECKER

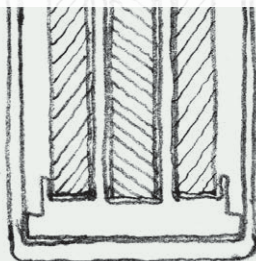
Curtain walls are usually suspended in front of a buildings supporting structure and consist of two key elements: a support system and glazed panels. This article examines different forms of large-scale curtain walls and how this use of technology deals with questions of self-load, the problems due to wind-loading and aesthetic possibilities. The aim of a curtain wall system is to improve the ingress of daylight to a building; therefore, design of structural supporting systems needs to be examined in full detail.



02



03



01

- 01 Alumínium lizéna acél betétekkel erősítve
02 „Aláfeszített” bordák a debreceni Kölcsey Központ épületében
03 Rátett (aufsatz) bordák acél- és faanyagú tartókhoz
04 Acélszerkezetű borda erősítő betéttel és egy vastag laposacéllal kialakított borda
05 400 mm mély bordákkal készült függőnyfal a Kildenben (Norvégia) épült kulturális központ előcsarnokának függőnyfalán (Fotó: Kilden teater og konserthus)

NAGYMÉRETŰ FÜGGÖNYFALAK

SZERZŐ | AUTHOR
Dr. Becker Gábor

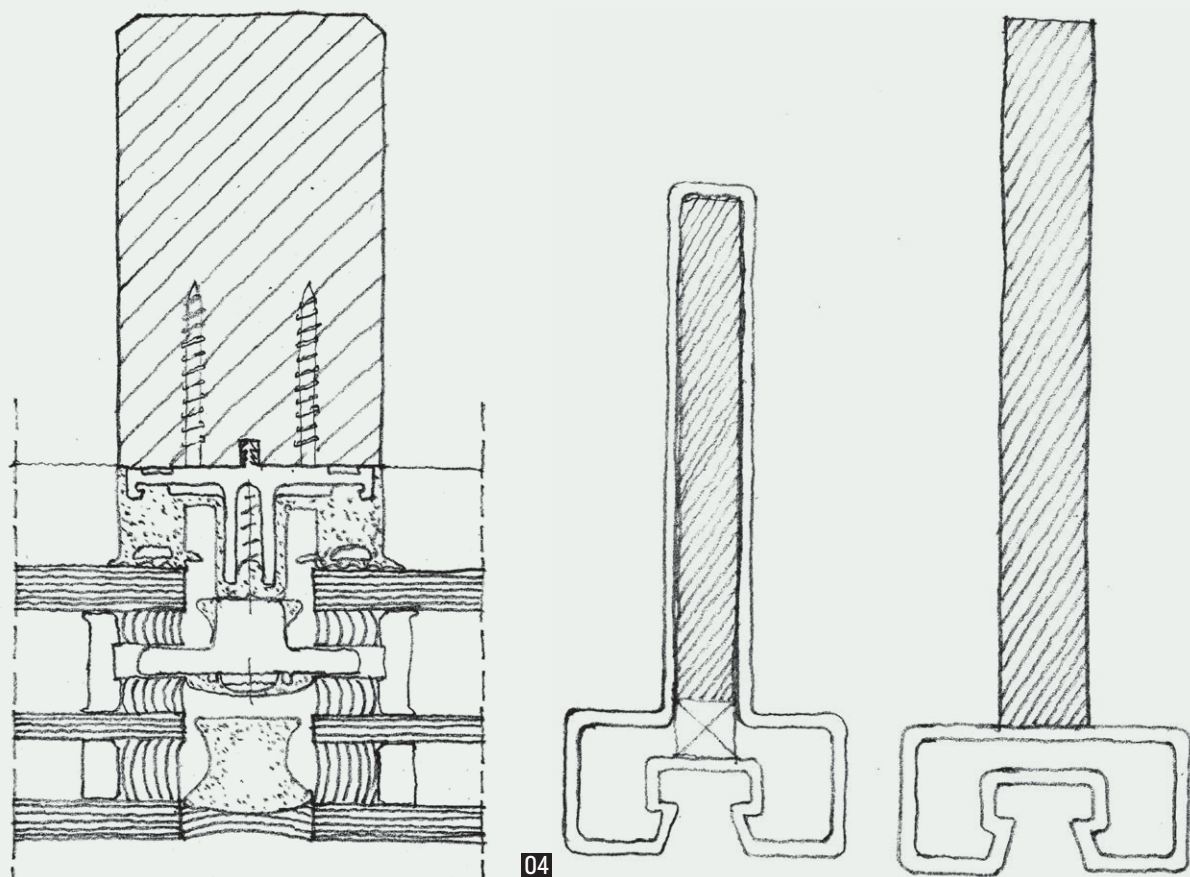
—A függőnyfalak a vázas épületek tartószerkezet elé függesztett könnyű térelhatároló szerkezetei, amelyek üvegezett és tömör felületekből állnak. Leggyakrabban bordás szerkezetek, amelyeknek a bordái meglehetősen karcsúak. Az ablakokkal szemben – amelyek belülről üvegezhetők és egy egységben szerelhetők – jóval nagyobb inerciával (merevséggel) rendelkeznek, ami alkalmassá teszi őket nagyméretű üvegfalak kialakítására. Az ablakok jellemzően hét-nyolc, legfeljebb 10 cm mélységű (vastagságú) profilokkal rendelkeznek, ami legfeljebb egy erkélyajtó-teraszajtó méretű üvegezett homlokzati szerkezet kialakítását teszi lehetővé. A függőnyfalak kívülről üvegezhető, nagyobb felületű, vízszintes és függőleges bordákból (vagy előre gyártott táblákból) szerelt szerkezetek, amelyeknek a bordái bizonyos méretkorlátokon belül tetszőleges mélységűek. A bordák szélessége ráadásul jellemzően sokkal kisebb, mint az ablakok profiljai, így alkalmasak arra, hogy belőlük légies, könnyed megjelenésű üvegfalakat hozzunk létre.

—Cikkünkben a nagyméretű bordás függőnyfalak szerkezeti kialakításának lehetőségeit tekintjük át.

Értelemszerűen nem foglalkozunk az elemes függőnyfalakkal, melyek alkalmazásának feltétele a szintenként megjelenő födém szerkezet; és csak az egyhéjú homlokzatokat tárgyaljuk, így nem érintjük a klímahomlokzatokat, és természetesen az üvegtetőket sem.

HÁTSZERKEZET NÉLKÜLI NAGYOBB MÉRETŰ FÜGGÖNYFALAK

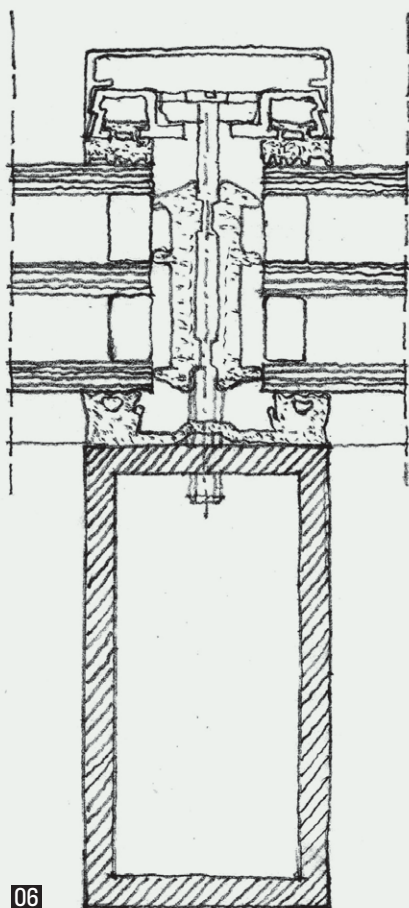
—A függőnyfalak jellemzően rúdsajtol (extrudált) alumínium bordákból készülnek. Általában a függőleges bordák, tehát a lizénák a teherviselő elemek, a vízszintes (esteleg ferde) bordák közéjük vannak beillesztve. Ezeknek a leggyakrabban porszórt felületű és 50 mm széles lizénáknak homlokzati magasság szempontjából meghatározó része az inerciadoboz. Még átlagos méretű függőnyfalak esetén is jellemzően, de nagy felületek esetén szinte mindig a szél hatása (nyomás-szívás) a meghatározó igénybevétel. Ez azt jelenti, hogy minél magasabb egy függőnyfal, annál erősebb bordát kell alkalmaznunk. [1] Hagyományos szintmagasság esetén nyolctíz centiméter mélységű inerciadoboz elegendő lehet, de



a magassággal nem egyenesen arányosan ennek mérete gyorsan nő. Hat-hét méteres magasság esetén az alumínium függőnyfal borda mélysége általában 250-300 milliméter között van, ami már nem a szokásos és raktáron tárolt profil méret. Efölött az alumínium borda önmagában jellemzően már nem tud megfelelni, de mód van azok behúzott acél betéttel való megerősítésére. Ezzel az eljárással nyolc-kilenc méteres magasságig tudjuk növelni a csak bordákból álló alumínium függőnyfalaink méretét, de ez többnyire már nem gazdaságos és elég bonyolult megoldás, még ha esztétikai értelemben kedvező is tud lenni.

01

—Közismert, hogy acélból is készülnek függőnyfal bordák. A technológia miatt ezek drágábbak, hiszen míg egy alumínium profilt elvileg egy néhány állásos garázs-nak megfelelő méretű csarnokban is le lehet gyártani, és a rúdsajtóláshoz alkalmazott készülék (önmagában) egy nagyobb szekrény méretű, addig az acél profilok létrehozásához 100-150 méter hosszú, számtalan elem-ből álló hengersorra van szükség. Ehhez járul még az acél nehezebb megmunkálhatósága, felületkezelésének bonyolultabb volta; mindazonáltal az acél bordák az anyag nagyobb szilárdsága következtében széles körben alkalmazhatók a nagyméretű függőnyfalaknál. Azonos méretű függőnyfal bordák esetén is jóval magasabb



06

06 Lézerrel vágott és hegesztett vastagfalú szelvénnel készített lizéna

07 A lizénával együtt dolgozó kör szelvényű pillérrel megtámasztott 14 méter magas függőnyfal

08 A Belvárosi Sportközpont függőnyfalának tartószerkezete építés közben (Fotó: Borbély András)

09 A Vadász utcai épület üvegfala kívülről (Fotó: Borbély András)



07

10 Minden második mezőben konzolok segítségével megtámasztott függőnyfal elvi felépítése

11 Két lizénát megtámasztó konzolpár vonórúddal

12 Lizénákat támasztó karos konzol

függőnyfalakat készíthetünk belőlük, pl. egy 180 milliméteres bordával kb. nyolc méteres magasságot tudunk elérni, és a gyártott méretű szelvényekből akár 10 méter magas függőnyfalak is készíthetők (kb. 280 milliméteres inerciadobozzal). Természetesen ezek átlagos értékek, a konkrét méretek függenek a homlokzat kitétségétől és a lizénák távolságától. [2]

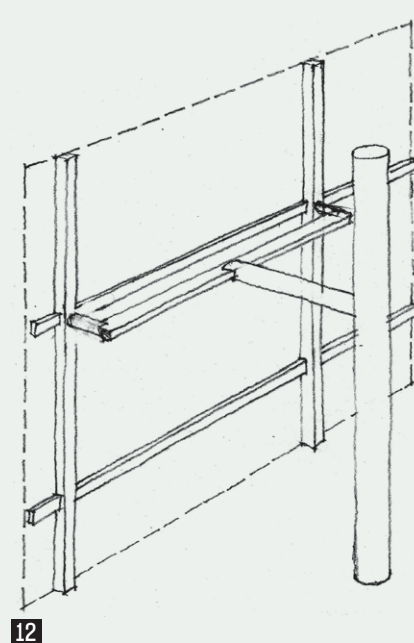
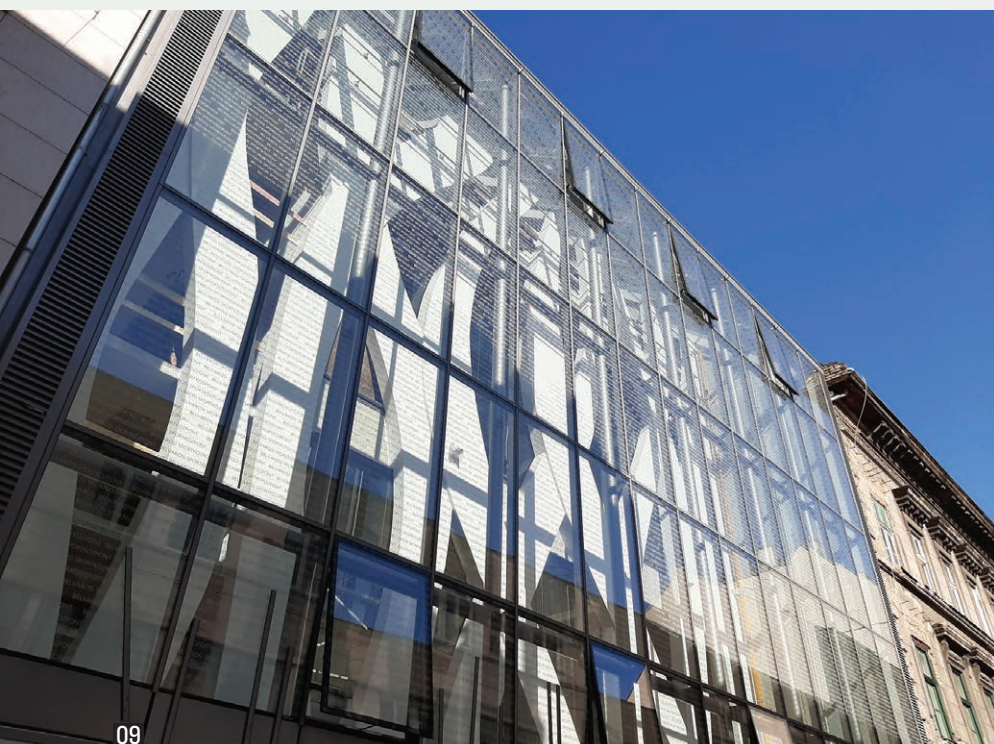
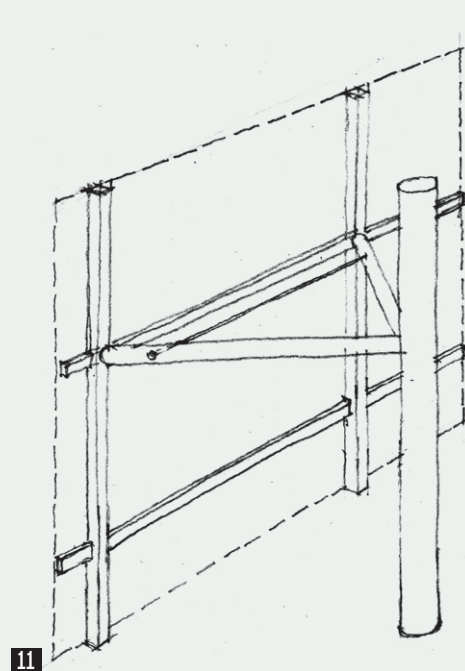
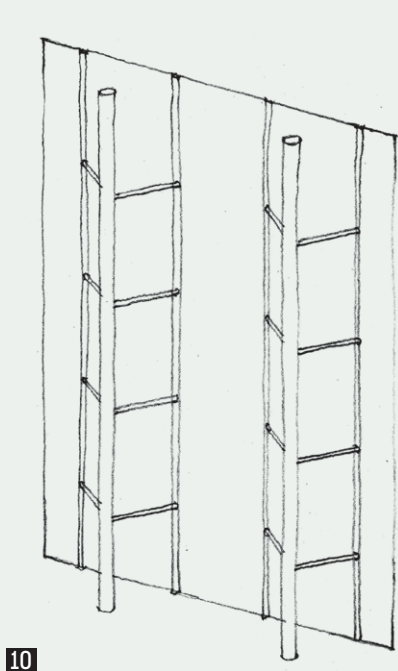
—Mivel a tárgyalt bordák önmagukban viszonylag kis magasságig alkalmazhatók, felmerül a borda valamilyen módon való merevítése. A tartószerkezetek köréből ismert az aláfeszített tartó, ami azt jelenti, hogy a két támasz közé a tartó alá egy kábelt vagy vékony húzott rudat helyeznek, és egy vagy több ponton nyomott rudakkal megtámasztják azt. Hasonló elven működik az „aláfeszített” függőnyfal borda is, aminek eredményeként viszonylag kis borda mérettel jóval hatékonyabb és gazdaságosabb tartót lehet létrehozni. Az így kialakított üvegfal légies, a borda szelvénye kicsi, a kábelszerkezet nem nagyon érvényesül, nem rontja le a megjelenését.

02

Ez a megoldás az egyik közismert függőnyfalas cég termékpalettáján is szerepelt, de a beépítési pontosságra és karbantartási-fenntartási igényességére tekintettel kivetkék a termékkörükből. (A merevítő szerkezet síkjából való kimozdítása – ami a használat során könnyen előfordulhat – veszélyes mértékben csökkenti a szerkezet állékony-ságát, arról nem beszélve, hogy a légies kábelt akár el is lehet vágni.)

RÁTETT (AUFSATZ) PROFILOK

—Az inerciadobozok méretének növelése korlátos, ezért felmerül, hogy azokat jól bevált tartó profillal helyettesítsük. Ez a gondolat szülte a máig általánosan használt németes néven „aufsatz”, magyarul rátett profilok családját. [3] A függőnyfal borda legjobban kidolgozott, egyben legkényesebb része az inerciadoboz fölötti szakasz, ami fogadja az üveget, tömít és megtámaszt, elvezeti a kondenzvizet, az átmenő rést az izolátor segítségével cellákra osztva hőszigeteli, végül felülről leszorítja az üveget,



ami a vízzárást és a mechanikai rögzítést egyaránt szolgálja. Az aufsatz, vagy rátett profilok kialakítása olyan, mintha egy pengével levágtuk volna a függőnyfal borda felső részét, és az inerciadobozt egy hagyományos tartószerkezeti profillal helyettesítenénk. Ez a profil, a „csonka borda” kétféle kialakításban készül: acélszerkezetekhez acél betéttel, alumíniumhoz és fához alumínium belső merevítéssel.

—A profilok úgy vannak kialakítva, hogy oldalról csak a gumi látszik, tehát teljes az illúzió, hogy a tartószerkezeten csak egy gumi oldalú befogadó szerkezet látható. Ez a megoldás nagyon szellemes, de a szerelési gyakorlatban nem különösebben szeretik. Ennek oka, hogy a rátett profil alig rendelkezik merevséggel, ezért az alatta lévő tartószerkezet esetleges egyenetlenségeit aláékeléssel kiegyenlíteni nehéz; a gyakorlatban ezért gyakran a rátett

03

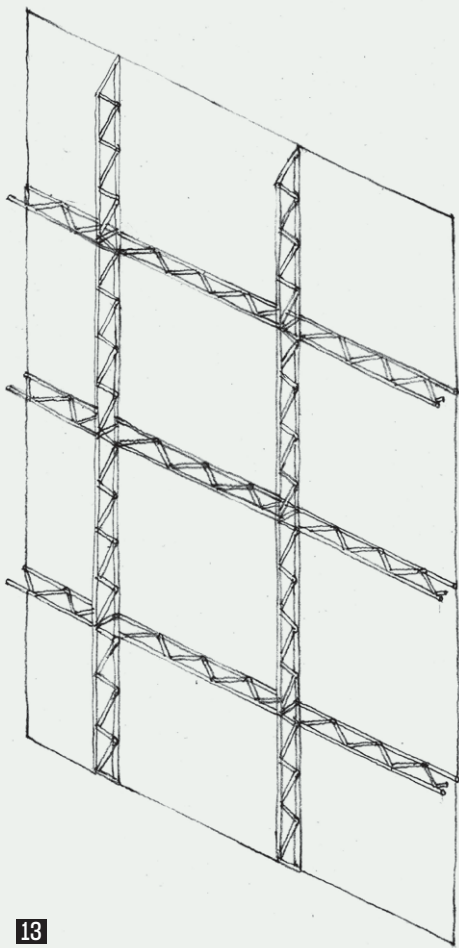
profilokat a legkisebb magasságú lizénával és a hozzá tartozó bordával helyettesítik.

—Az így kapott szerkezet már lényegesen nagyobb magasságra alkalmas, korlátja tulajdonképpen csak maga a méretezett tartószerkezet teherbírása. Esztétikai szempontból viszont általában addig jelent elfogadható megjelenést, ameddig a tartószerkezet nem telepedik rá nagyon a kis keresztmetszetű „csonka” függőnyfal bordára, ameddig azzal arányban van.

EXTRA SZELVÉNYŰ ACÉL BORDÁK

—Az acél anyagú függőnyfal bordákból is készülnek olyanok, amelyek kifejezetten könnyen megerősíthetők behúzott acél betétekkel. Innen már csak egy lépés, amikor a betétezett doboz helyére egy tömör és vastag acéllemez hegesztenek. Az így kapott borda egy sajátos öszvér szerkezet, nem igazán függőnyfal lizéna, de nem is valódi

04



13



14

aufsatz profil. Természetesen a laposacél minden irányban növelhető méretű, amivel nagyon erős bordákat lehet kialakítani. Létezik olyan – természetesen egyedi – változata is, amikor a lizéna teljes szélességével azonos méretű acél „tömböt” hegesztenek a fej mögé. Ez is készülhet tömör acélból, illetve célszerűbben olyan hegesztett szelvénnel, aminek a fejlemezei tömör acélból vannak, míg a gerincei (a dobozszerű kialakítás okán itt két „gerincről” beszélünk) valamivel vékonyabb, de még mindig markánsan vastag acéllemezből. Ennek egyik alkalmazási példáját látjuk az 5. fotón a Kildenben (Norvégia) épült kulturális központ előcsarnokát határoló függőnyfalon, ahol a 400 milliméter mélységű bordával legmagasabb pontján 16 méteres függőnyfalat készítettek. Előállításának lényeges eleme a lézervágásos és -hegesztéses technológia, amivel nagyon pontos, szép szelvényeket lehet előállítani.

—Az acél bordák megerősítésének másik, valamivel racionálisabb módja az doboz helyére egy vastag falú zártszelvény hegesztése, ami lényegében egy üzemben előállított aufsatz profil + tartó kombináció, az egyik gyártó katalógusában kínálja ezt a megoldást is. A 6. ábrán látható szelvény, aminek a mélysége körülbelül 14 cm, egy neogótikus templom teljes magasságú belső térelválasztó üvegfalának megtámasztás nélküli lizénájaként is helyt áll. Ez a szelvény is lézeres technológiával készült.

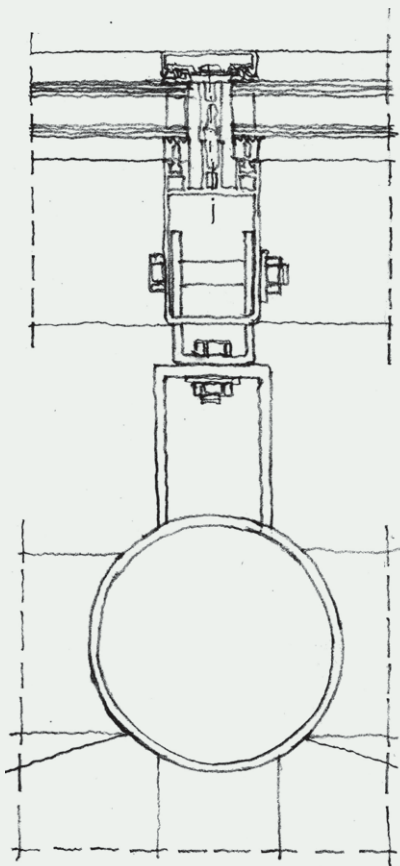
—Mivel az acél függőnyfal bordához viszonylag egyszerűen lehet különféle acélszerkezetű tartó szelvényeket (HEA, HEB, méhsejt tartók) hegesztetni, e téren nagy lehetőség nyílik az egyedi megoldások tervezésére. Ezekkel már kifejezetten magas üvegfalak is jól kialakíthatók, „mindössze” azok esztétikus, a feladatnak és az elvárt látványnak megfelelő szelvényeket kell választani.

GYÁMOLÍTOTT FÜGGÖNYFALAK

—Az üvegfalak mérete növelésének másik útja gyámolító hátszerkezetek alkalmazása. A függőnyfalat tartó szerkezet geometriájának szinte csak a fantázia szab határt, de jellemzően akkor szép egy nagyméretű üvegfal, ha a mögötte lévő tartószerkezet könnyed, légies megjelenésű. Ebből adódóan ezek tipikusan acélból készülnek, azon belül is többnyire törekszuink a csőszelvényű tartók alkalmazására, mert azok jellemzően kedvezőbb megjelenésűek. Minden nézetben azonos vastagságot mutatnak (szemben a négyszög jellegű keresztmetszetekkel, amelyek a merőlegestől eltérő nézetükben a szélességüknél nagyobb kiterjedésűnek látszanak), és a finom átmenetes árnyékhatásuk is kedvezőbb a szögletes szelvények kontrasztos fényjátékánál.

—A legegyszerűbb megoldás a lizénák mögé egy-egy acél pillért rendelni. Hátránya, hogy viszonylag sűrű oszlopsort kapunk a függőnyfal mögött, még akkor is, ha a lizénákat széthúzva széles, fekvő üvegtáblákat tervezünk be. Komoly korlátot jelent a pillér kihajlása is, kellően karcsú szelvénnel merevítés nélkül általában legfeljebb 10 méter körüli magasság érhető el. A 7. fotón látható megoldás lényege, hogy a kör szelvényű pillér együtt dolgozik az acél szerkezetű függőnyfal bordájával, azzal gyakorlatilag egy Vierendel tartót képezve, ezáltal növelve meg annak teljesítő képességét, értelemszerűen a betervezhető magasságát, ami ezen az épületen kb. 14 méter.

—A függőnyfalak lizénái közé a bordák illesztő betétek segítségével vannak beépítve, kapcsolatuk nem nyomtétrő. Egyes gyártók kínálnak olyan megoldást is, ahol a nem standard csatlakozás segítségével olyan függőnyfalakat hozhatunk létre, amikben csak minden második lizéna kapcsolódik tartószerkezethez, a közbensőket a (vízszintes) bordák segítségével fogjuk meg. Természetesen



15

ehhez méretkorlátok tartoznak, de így is kiváló lehetőséget nyújtanak a nagyméretű üvegfalak kedvezőbb megjelenésének elérésére, hiszen tartószerkezetet elegendő minden második lizéna mögé rendelni. Ilyen megoldással készült a Vadász utcai Belvárosi Sportközpont főhomlokzata (építész: Skardelli György és Borbély András, statikus: Hegedűs Péter). Az üvegtetőbe átforduló fal ferde szakaszán ez természetesen már nem volt alkalmazható. A 8. fotón a függőnyfal váza látható építés közben, a 9.-en a kész homlokzat részlete.

—Másik módszer a hátszerkezet ritkítására a tartóról indított rövid konzolok alkalmazása. A 10. ábrán látható megoldás lényege, hogy nem a borda mögött van a tartószerkezet, hanem jellemzően mezőközepén. A karok segítségével két borda is megtámasztható egyetlen tartóval. A konzolokban külpontos nyomás és hajlító igénybevétel lép fel, amit jelentősen mérsékelhetünk a homlokzattal párhuzamosan beépített vonórúddal, ezzel lényegesen csökkentve a konzolok keresztmetszeti méretét. A 11. és 12. ábrán erre két megoldási lehetőséget látunk: az egyik a vonórudas változat, a másik esetben a homlokzat síkjával párhuzamos elem van közvetlenül a függőnyfal mögött. Ezek a megoldások természetesen nem csak pillérek, hanem bármilyen összetett tartószerkezetek, pl. rácsostartók esetén is alkalmazhatók.

—Itt említjük meg, hogy általában kedvezőbb hatás érhető el a függőnyfal felületének a tartószerkezettől való

- 13 Kétirányú rácsostartókkal megtámasztott függőnyfal séma vázlata
- 14 A Science Park irodaház átriuma üvegfalának megtámasztása rácsostartóval – 16 méter magas függőnyfal (Fotó: Polgár Attila)
- 15 Az irodaház átriuma függőnyfalának részletrajza

A nem jelölt forrású képek a szerző fotói.

eltartásával, mert ezáltal a bármennyire karcsú tartószerkezet és az üvegfal vizuálisan elválik egymástól, és az üveg felület egy folyamatos hártaként jobban érvényesül, megjelenése légiesebb lesz.

—A kifejezetten nagy függőnyfalak természetes tartószerkezete a rácsostartó, mivel ezek kellően nagy igénybevételre is viszonylag karcsú elemekből készíthetők, és ezáltal lényegesen légiesebbek a tömör gerincűeknél. Itt is szükség van azonban a tartószerkezet tervezőjének alkotó közreműködésére, mert pl. a húzott rudak karcsú szelvényekből, netán kábelekből való kialakítása sokkal légiesebbé teheti a szerkezetet az azonos keresztmetszetekkel kialakított egyszerű változatoknál. Ezen felül általános szerkesztési szabályt már nehéz mondani, hiszen geometriájuk, szerkesztési elvük mindig az adott épülethez, az építészeti elképzeléshez illeszkedően alakítandó ki. Egy máig szép példát mutatunk csak be, a Nagy Iván által tervezett Science Park irodaház hét szintes átriumának üvegfalát, amit légiesen könnyed vízszintes elemekkel merevített függőlegesen álló rácsostartók támasztanak meg; 14. fotó. A nagy magasság ellenére a tartó körszelvényű rúdjai nem nehézkesek, nem telepednek rá az üvegfalra. [4]

—Cikkünkben áttekintettük a szokványosnál nagyobb függőnyfalak szerkesztésének lehetőségeit, számba véve az anyagválasztást (alumínium vagy acél), és a kizárólag bordákból álló szerkezeteket, amelyek teljesítménye belső megerősítéssel fokozható. A bordák kiválthatók rátett profilokkal, ahol egy tartószerkezeti elem hordja az üveget; illetve léteznek olyan acél lizénák is, amelyek extra méretű hátszerkezettel rendelkeznek. A nagyobb méretekhez gyámlító tartószerkezet tartozik, amiknek az üvegfallal való kapcsolatára tettünk néhány javaslatot, és bemutatunk alapvető tartószerkezeti változatokat is. A legfontosabb mégis az, hogy a valóban nagyméretű üvegfalak esztétikus, igényes megjelenése csak az építész-konstruktőr-tartószerkezeti tervező hármas valódi alkotó munkájával hozható létre.

IRODALOM / REFERENCES

- [1] Park, Hyun Soo - Won, Jong Ho - Chung, Woong June: „Wind resistance performance evaluation of cable-type curtain wall system on reinforced concrete high-rise buildings”, *International Journal of Concrete Structures and Materials*, Vol 83, No 12 (2018), pp 1-11, DOI: <<https://doi.org/10.1186/s40069-018-0320-1>> [utolsó belépés: 2024-10-20].
- [2] Internationalen Föderation des Dachdeckerhandwerkes eV: *IFD-Richtlinie für die Planung und Ausführung von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden*, Ausgabe 2018, SFHF und Gebäudehülle Schweiz.
- [3] Weber, Martin: *Theoretische und experimentelle Untersuchung des Tragverhaltens von Glasauflagervarianten bei Stahl-Aufsatzfassaden unter dem primären Aspekt der Verformungsanalyse*, Hochschule Mittweida, Fachbereich Maschinenbau/Feinwerktechnik, Diplomarbeit, 2009, pp 1-112.
- [4] Kapy, Jenő: „Egy kis módszertan – Science Park I ütem: Nagy Iván, Cságoly Ferenc”, *Alaprajz*, Vol 9, No 6 (2002), pp 30-33.