Különleges üveg tartószerkezetek a magyar építőiparban

Pankhardt Kinga*

Témavezető: Józsa Zsuzsanna**

Bevezetés

Az elmúlt 20 év üveggyártásának, -megmunkálásának technológiai fejlődésére (pl. üveg edzése) vezethető vissza az üvegszerkezetek különleges alkalmazása. Ma már Magyarországon is lehetőség van nagyméretű, akár 2400×5200 mm síküveget edzeni. Az üveg teherbírása az edzés hatására megnő, így akár tartószerkezeti elemként is alkalmazható az építészetben (1. táblázat). Az edzésnek köszönhető az is, hogy az építészek által óhajtott transzparenciát szebben lehet megvalósítani a nagy üvegfelületek és a különleges rögzítésmódok jóvoltából.

Az üvegezés fejlődése a XX. században (rövid történeti áttekintés) [1]:

- 1905. Libbey–Owens-eljárással öntött üveg (2,5 széles üvegtábla, $v = 0,6\text{--}20$ mm).
- 1929. Egyrétegű biztonsági üveg – St. Gobain.
- Többrétegű hőszigetelő üveg megjelenése.
- 1955. Síküveggyártás (float) – Alastair Pilkington-eljárással.
- 1974. Az üveg bevonása (napvédelem céljából).

Az építészetben egyre nagyobb teret hódít magának az üveg, s most már nemcsak az esztétikai igényeknek, hanem a mérnöki követelményeknek is egyre jobban megfelel [2].

Az üveg tartószerkezetként való alkalmazását vizsgálva célszerű áttekinteni az üveg tartószerkezetként elfogalható helyét.

Az épület tartószerkezeti hierarchiája

A tartószerkezeti elemek első-, másod- és harmadrendű tartószerkezetekre bonthatók (1. ábra). Ezek kifejtése, értelmezése olvasható az alábbiakban.

Harmadrendű tartószerkezetek

A harmadrendű tartószerkezetek (pl. homlokzati üvegtáblák) veszik fel közvetlenül a terheket, de azokat „csak”

1. ábra. Az épület tartószerkezeti hierarchiája (első-, másod-, harmadrendű tartószerkezetek) [4]

közvetítik a másodlagos tartószerkezetre. Itt is találunk azonban olyanokat, amelyek pl. nagy méretük vagy rögzítéstechnikájuk miatt érdekesek.

Ilyen üvegszerkezet készült a jelenleg épülő Gresham-palota 6. emeleti uszodaablakához (2. ábra). Az üvegtáblának mind a mérete (2390×3563), mind a rögzítése (beépítése) a hagyományostól eltérő volt. Az üvegtáblák

2. ábra. Gresham-palota, az üvegtáblák beemelése

1. táblázat

Float és edzett üvegek tulajdonságainak összehasonlítása

Anyag	ρ , kg/m ³	E, (kN/cm ²) $\times 10^3$	Nyomószilárdság, kN/cm ²	Húzószilárdság, kN/cm ²	Hajlítószilárdság, kN/cm ²	α_T (1/°C) $\times 10^{-6}$
Üveg, float	2500	7	70 - 90	3,5 - 4,0	1,5	9
Üveg, edzett	2500	7	70 - 90	12 - 17	5	9

* okl. építőmérnök, Glasmetal Kft.; BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

** egyetemi docens, BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

hőszigetelő kivitelűek, rögzítésük pontmegfogással kombinált élmenti rögzítés. A szélszívás ellen süllyesztett pontmegfogó szerelvény biztosítja az üvegeket. Az üvegtábla az önsúlyát és a szélnyomásból származó terheket a rejtett peremszerkezetre közvetíti.

A munkák során több pontmegfogással rögzített üvegszerkezetet méreteztem SZEGO pontmegfogásos rendszert használva. Mivel a pontonkénti üvegrögzítés nagyobb lokális feszültségeket ébreszt az üvegtáblában, így ilyen esetben kizárólag edzett üveg alkalmazható. A pontonkénti rögzítésmód többféle lehet. Két fő módszere: a furatlyukon át rozsdamentes szerelvényvel történő rögzítés, illetve a súrlódásos-szorításos kapcsolati kialakítás, mely megjelenésében takarékelemes vagy síkban fekvő lehet (3. ábra).

3. ábra. Pontmegfogásos, furatlyukon át történő üvegrögzítés tartószerkezeti váza [4]

A pontmegfogásos kialakítás az üvegszerkezeteknek az a speciális csoportja, ahol az üvegtáblák különleges igénybevételnek vannak kitéve.

A rendszer három fő szerkezeti elemből áll:

- edzett üvegtáblákból,
- rozsdamentes acél pontmegfogó szerelvényekből,
- a fő tartószerkezetből.

Az üvegtáblák

Az üvegtáblák tulajdonságát, méretét, felépítését és a pontmegfogások számát a velük szemben támasztott fizikai (statikai, hőátbocsátási, hangszigetelési) és esztétikai (fényáteresztési, színvisszaadási, koncepcionális) követelmények döntenek el. A rendszer hőszigetelő üvegtáblákhoz is alkalmazható.

A pontmegfogó szerelvények

A szerelvények feladata kettős. Egyrészt megtartják az üvegtáblákat a tartószerkezeten, másrészt lehetővé teszik azok elmozdulását, mivel az időjárás (hőágulás) vagy a teherhordó szerkezet mozgása következtében fellépő deformációkat kompenzálni kell (4. ábra).

Az itt bemutatott épületeken keresztül szeretném il-

4. ábra. SZEGO pontmegfogó szerelvény merevebb "csillag alakú" típusa

lusztálni, hogy a rendszer szerelvényeinek kialakítása függ a terhelés nagyságától, a tartószerkezet fajtájától, és alkalmazkodik az építész elképzeléséhez (5–7. ábra).

5. ábra. Egyedi, az építész elképzelései szerint kialakított, I tartókra hegesztett, acélkarokra is szerelhető pontmegfogás. Az Újpest Irodapark Tél utcai épületén a legnagyobb üvegtáblák 1,2 × 4,0 m-esek, melyeket hat belső ponton rögzítettünk (200–420 mm a tábla szélétől). Üveg: a tető 8/12/2x6, a falak 8/12/8 Sunguard Clear napvédő üvegezéssel készültek

6. ábra. Egyrétegű üveg került az újpesti MEO Galéria hídjaira, így itt kisebb és vékonyabb acélból készült karokat hegeszthettek a csőkeretekre. Üveg: 10 mm vastag

7. ábra. A SZEGO 3000-es beltéri szerelvénycsalád elemeinek segítségével épült meg a Pest Megyei Főügyészség VI., Vörösmarty utca 34/a alatti épületének új portásfülkéje. A műemlék házban az üveg dobozszerkezet világosan jelöli a mai kiegészítést. Üveg: 10 mm, a tető fóliázott

A tartószerkezet

A rendszer mind beltéri, mind kültéri alkalmazásokhoz megfelelő, használható függőleges és ferde homlokzati falakhoz, valamint tetők kialakításához. Kisebb önsúlyú üvegtáblák (például beltéri alkalmazások) esetén maguk az üvegtáblák is elsőrendű tartószerkezetté léphetnek elő. Ekkor a táblák közötti teherátadó kapcsolatot a pontmegfogó szerelvények biztosítják. A 8. ábrán látható, miként függ az üvegvastagság a megtámasztástól, továbbá hogy pontszerű megtámasztás esetén edzett üveg javasolt.

8. ábra. Üvegvastagság kiválasztása ragasztott, ill. edzett üvegből különböző megtámasztásokhoz vízszintes, 1kN/m vonal menti teherre, függőleges üvegtábla esetén (mellvédek, kirakatüvegek stb.)[5]

Másodrendű tartószerkezetek

Azok a szerkezetek tekinthetők másodrendűnek, amelyek nemcsak közvetítik a terheket, hanem részben viselik, és átadják az őket megtámasztó elsőrendű tartószerkezetre. Tönkremenetelük nem veszélyezteti az épület teherhordó szerkezetének stabilitását.

Itt részben megemlíthetők maguk a pontmegfogásos szerelvények, hiszen azok is méretezendők minden esetben, főként, ha különleges rendeltetésről van szó.

A pontmegfogó szerelvényre több teher jut, ha az üveghez csuklósan csatlakozik annak érdekében, hogy az üvegben ébredő kényszererőket kivezesse és átadja a teherviselő tartószerkezetre.

Idesorolhatók még a járható üvegfödémek üveg járólapjai, mert azok az alátámasztás kiosztásától függően viselnek több-kevesebb terhet és szintén méretezendők.

Példának említhető a Sándor-palota járható (7,2 × 3,1 m) üvegfödeme, amely alatt egy középkori ciszterna maradványait és a környező romokat kívánták a közönség elé tárni (9-10. ábra).

9. ábra. Sándor-palota, üveggerenda

Az üvegnek a legjellemzőbb tulajdonságát, a transzparenciát kihasználva sok mindent láthatóvá tudunk tenni, ill. látni engedhetünk. Építészeti remek lehetőséget nyújt pl. régi romok, műemlékek bemutatására és egyben

10. ábra. A Sándor-palota járható üvegfödeme

11. ábra. Járható üvegfödém (Kossuth- és Andrássy-udvar, 5. em.)

megóvására. Ebből a célból épült meg egy 20 m² felületű járható üvegfödém az esztergomi királyi várban az első várfalak bemutatására 1998-ban. A szombathelyi Fő téren, az OTP-fiók közönségforgalmi terében egy 7,2 x 3,6 m méretű járható üvegfödém készült az épület alatt húzódó római kori borostyánút bemutatására 1999-ben. Jelenleg épül a Gresham-palotában 2 db ~ 20 m² felületű járható üvegfödém, továbbá egy kábellel aláfeszített üvegpáncél járható kötéllás (feszítáv: 10 m). Mindkét esetben acél az elsődleges és üveg a másodlagos tartószerkezet (11-12. ábra).

12. ábra. Üveg járőfelületű kötéllás (Gresham-híd, 5. em.)

A járható üvegfödém fő elemei általában:

- az üvegfödém,
- az üvegezést tartó teherhordó üveggerendák,
- a csatlakozó szerkezeti elemek, pl. „acélpapucskok”, amelyek segítségével az üveggerenda a peremszerkezethez csatlakozik.

Az üvegfödém: biztonsági üvegezéssel készül (több-rétegű ragasztott, edzett üvegből), felületén lehet csúszásmentesítő homokszórt mintával, ill. savmaratva.

Az üveggerenda: biztonsági üvegezéssel készül (több-rétegű ragasztott, edzett üvegből).

A papucselem: lehet rozsdamentes vagy tűzi horganyzott, festett a tűzvédelmi előírásoknak megfelelően. A papucselem megfelelő felfekvést biztosítson az üveggerenda számára. A fém és az üveg közötti közvetlen érintkezést itt is műanyag alátétek gátolják. Általában csavarozással rögzíthető a peremszerkezethez.

13. ábra. Kötéllal aláfeszített járőfelület megoldásai

Az üvegfödémek a tartószerkezeti kialakításukat tekintve lehetnek „hagyományosak”, azaz földem-gerenda kiosztásúak és modern, filigrán kötélszerkezettel aláfeszítettek. Ma még leginkább hagyományos kialakítással találkozhatunk, azonban a modern törekvések egyre inkább a filigránabb tartószerkezetek felé mutatnak.

Az üvegfödém önmagában is szinte teljesen áttetsző felületet biztosít, de az üveg vastagsága miatt anyagának jellemző zöldes színe dominálhat.

A modern, kötéllal aláfeszített üvegfödémek típuspéldái.

Az aláfeszítő szerkezet az üvegtáblát a peremszerkezetek között támasztja alá. Az üvegtábla a rövidebb oldalain a tartószerkezetre fekszik fel, és a közepén, ill. a két szélén van alátámasztva kötélszerkezettel. Az aláfeszítő szerkezet elhelyezése a helyszíni beépítéskor történhet. A kötélszerkezetet tartó fül elhelyezhető az acél peremszerkezeten, ill. pontmegfogással az üvegtábla szélén.

Az üvegtábla csak a közepén van alátámasztva, és a kötélszerkezet a peremszerkezethez rögzített a tábla 4 sarkának környezetében, ill. pontmegfogással az üvegtábla szélén (13a ábra).

Nagyobb feszítávok esetében indokolt lehet több kötélsor vezetése (13b ábra).

Az aláfeszítő szerkezet több táblát támaszt alá, az így kialakult szerkezet egyszerűen az épület teherhordó szerkezetén kialakított peremszerkezetre felülthető (14. ábra) [2].

14. ábra. Járható üvegfödém látványterve

A járható üvegfelület jellemzői:

- többretegű ragasztott edzett üvegezés;
- a felső réteg a „kopó” réteg, a teherbírásba nem számítható bele (a felületi sérülések nagyobb esélye miatt),
- $v = 30\text{--}37\text{ mm}$, felépítés: min. 3 réteg;
- pl. $1 \times 1\text{ m}$, $3 \times 10\text{ mm}$ üvegtábla súlya: 75 kg.

Az adatok tájékoztató jellegűek, minden teherhordó üvegtábla statikailag méretezendő.

A fent említett példákkal lehet érzékeltetni az üveg mint teherhordó szerkezet néhány lehetséges kialakítását. Minden esetben az edzett, biztonsági üveg megjelenése tette lehetségessé az üveg szilárdsági tulajdonságának merészebb kihasználását.

Elsőrendű tartószerkezetek

Az elsőrendű tartószerkezetek az építmény terheit és az azokat ért hatásokat viselik, s az egész építmény stabilitásáért felelősek (15. ábra).

Üvegből is kialakítható elsőrendű tartószerkezet. Ebben az esetben ma már nem is annyira az üveg, hanem a

15. ábra. Oszlop-gerenda kapcsolat [4]

16. ábra. Külföldi példa: üvegoszlop toldása

nagyobb méretek miatti üvegtoldások, kapcsolatok jelentik a nehézséget. Elsőrendű tartószerkezetként (mint pl. üveggerendák, üvegoszlopok) való alkalmazásában külföldön nagyobb a gyakorlat (16. ábra). Az üveg ilyen jellegű felhasználása sok esetben kísérleteken alapszik az előírások hiánya és a feladat sajátosságai miatt.

Az üvegre jellemző rideg anyagviselkedés miatt azonban ma még nagy a bizalmatlanság a merészebb szerkezetek kialakításával szemben. Mivel az üvegnek egy réteg esetében nincs teherbírasi tartalék, így a többretegű biztonsági üveg jelent részben megoldási lehetőséget. Csak azért részben, mert a teherbírasi tartalék igazolása számításokkal ma még nehezen végezhető el, vagy csak közelítőleg történhet, egységes módszer nincs rá. A gyakorlatban néhol megoldást jelentett a többretegű edzett üvegtáblák esetében, hogy – az esetleges töréskor a tábla ne hulljon szét apró szilánkokra – a fóliás védelem mellett valamely réteget hőkezelt üvegből kellett kialakítani, és az így közvetve a maradó teherbírásra hatott (a hőkezelt üvegnek más a törésképe, mint az edzettnek). A maradó teherbírás javítása érdekében az üveget járulékos elemekkel, pl. acélkötéssel erősítik, mely számítása nem jelent nehézséget (korábban a drótüvegnél is ezt a szerepet töltötte be a drótháló). Amikor az üvegszerkezet több elem kapcsolódásával épült fel, a kapcsolatok kialakítása miatt jobb kísérlettel modellezni a szerkezetet, hogy a reális viselkedést le lehessen írni. A 17-18. ábrák illusztrálják az üveg furatlyuk-teherbírásának vizsgálatát a BME Építőanyagok Tanszékén.

17-18. ábra. Furatlyukon terhelt edzett üveg húzási kísérlete (BME Építőanyagok Tanszék, Salem G. Nehme tudományos munkatárs vezetésével)

Tervezési paraméterek

Fontos legalább tájékoztató adatok szintjén kitérni az üvegek tervezési paramétereire, azaz mit kell figyelembe venni az üvegszerkezet tervezésénél. Ez az elsődleges lépés gyakran elkerüli a tervezők figyelmét, mikor egy épület „arculatát” tervezik. Azért fontos, mert az építészek

Üvegajták és előírásai

Megnevezés	Német előírások	EN-előírások
Síküvegek	DIN 1249-3	DIN EN 572-2
Öntött üvegek	DIN 1249-4	DIN EN 572-5
Drótüvegek	DIN 1249-4	DIN EN 572-6
(ESG) egyrétegű edzett üveg	DIN 1249-12	prEN 12150
(VSG) többrétegű biztonsági üveg	Nincs szabályozva	DIN EN ISO 12543
Többrétegű üvegek	Nincs szabályozva	DIN EN ISO 12543
Hőkezelt üvegek	Nincs szabályozva	prEN 1863
Veggyel edzett üvegek	Nincs szabályozva	prEN 12337
Betörésvédelmi üvegek	DIN 52290	prEN 356 prEN 1063
Hőszigetelő üvegek	DIN 1286	prEN 1279

3. táblázat

Alkalmazási területek

Megnevezés	Német előírások	EN-előírások
Üvegezési rendszerek	DIN 18545 DIN 18361	prEN 12488
Zajszigetelés	DIN 4109	prEN 12758
Ragasztott teherhordó üvegszerkezetek	Nincs szabályozva	prEN 13022

gi üveget fóliával laminálni.

Zárszó

Az említett nehézségek ellenére sok színvonalas terv valósult meg Magyarországon. Jelen cikkben csak néhány került ismertetésre. A cikk fő célja az volt, hogy bemutassa azt a tendenciát, ami az üveg tartószerkezetek hazai alkalmazásának területeit érinti. Továbbá szót kellett ejteni a magyar üvegfeldolgozás hiányairól. Ezen korlátok miatt gyakran kénytelenek a kivitelezők importüveget alkalmazni, pedig az építészeti igények ilyen irányban is egyre nagyobb léptéket öltenek (pl. spirális lépcső orsóterének mellvédjei hajlított edzett üvegből vagy speciális rögzítéssel). Nem esett szó a különleges rendeltetésű, pl. tűzálló, betörésvédelmi stb. üvegekről, melyek ismertetése külön bemutatást igényelne.

A cikkben felsorolt példák tartószerkezeti méretezését, helyszíni műszaki ellenőrzését mind az üvegre, mind az acélszerkezetekre és járulékos szerkezetekre vonatkozólag a Glasmetal Kft. munkatársaként végeztem.

Irodalom

- [1] Pankhardt Kinga: Az üveg tartórendszerek fejlődése. Alaprajz 5. sz. 2000. 14–18.
- [2] Dr. Széll Mária: Transzparens épületszerkezetek. Szerényi és Gazsó Bt., Pécs, 2001. 115.
- [3] Pankhardt Kinga–Gordon Pál: Járható üvegfödémek Magyarországon. Interglass, 2002. II. évf. 1. sz. 8.
- [4] Schittich: Glass construction manual, Birkhauser Verlag, 1999. 90.
- [5] Das Glas-Handbuch 1995, Flachglass AG Pilkington, 225–227.

egyre nagyobb méretű üvegszerkezeteket terveznek, amit az üvegyárak, ill. üvegmegmunkálók itthon csak nehezen tudnak követni. 2003-tól azonban újabb edzőkemen-cét helyeztek üzembe, ami már nagyméretű (2400×5200 mm) síküvegek edzésére képes, és ezzel kiszélesedett a hazai edzett üvegek méretskálája. A magyar építőművészetben az ilyen nagyléptékű üvegszerkezetek tényleges megvalósításának sok esetben gátja volt a drága import-üveg, mert a beruházók nem minden esetben vállalták a különleges üvegszerkezetek költségeit.

Tervezési paraméterek:

- float üvegek: $v = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24$ mm; táblaméret: 3210×6000 mm (Jumbo);
- edzett üvegek: Magyarországon: 2080×3800 mm; 4 m felett 2003-tól: 2400×5200 mm (Rákossy Üvegipari Vállalkozás); Európában: 2440×5600 mm.

Az épület tartószerkezeti hierarchiáját végigtekintve látható, hogy a különböző rendeltetésű üvegek megfelelő szaktervezés és méretezés után kerülhetnek csak kivitelezésre. Az üvegszerkezetek méretezése alapján kiderül, hogy sokszor statikai vagy biztonsági okokból nem kerülhet egyrétegű üveg beépítésre.

Az üvegszerkezetek méretezése a szaktervezőre van bízva, akinek a magyar előírások hiánya miatt a külföldi előírásokra kell támaszkodnia. Sok esetben azonban a külföldi előírások is hiányosak (2-3. táblázat), így a szakcégek általában a saját tapasztalataik és fejlesztéseik alapján oldják meg a problémákat.

Szó volt arról, hogy egyrétegű üvegből ritkán építenek szerkezetet, az egyrétegű üveg inkább harmadrendű szerkezeti elemként kerül kialakításra, ahol biztonsági szempontból nem szükséges több réteg alkalmazása (19. ábra). Ahol a személyi biztonságot veszélyeztetné (pl. fej feletti üvegezések), ott, ha statikailag nem is indokolt, többrétegű üvegtáblát kell alkalmazni, pl. a hőszigetelő üvegtábla alsó üvege ragasztott edzett üveg legyen. A ragasztás történhet műgyantával vagy PVB (polivinilbutiral) fóliával. Nálunk még nem lehetséges nagyméretű (építőipari és nem autóipari alkalmazásra) sík- vagy hajlított edzett biztonsá-

19. ábra. a) egymásra helyezett üveglapok;
b) rugalmasan egymáshoz ragasztott biztonsági üveg;
c) mereven egymáshoz kapcsolt üvegek vagy monolit üveglap[4]