

VIII. Évfolyam 2. szám - 2013. június

Kulcsár Béla
kulcsar.bela@bl.szie.hu

ACÉL TRAPÉZLEMEZES TETŐFÖDÉMEK VISELKEDÉSE TŰZHATÁSRA, ALKALMAZÁS ÉS IGAZOLÁS

Absztrakt

Hazai ipari és raktárépületek, közösségi épületek, csarnokok gyakran készülnek költségtakarékos acél trapézlemez szerkezetű tetőfödémmel. E szerkezeti elemek teherbírása tűzhatás során jelentősen csökken, de mégis gyakran megfelelő tűzállósági teljesítmény igazolható a valós beépítési viszonyok és a várható tűzhatás mérlegelésével. A cikk az acél trapézlemez tetőfödémek tűzvédelmileg korrekt hazai alkalmazási lehetőségeit és a tűzvédelmi jellemzők lehetséges igazolását foglalja össze.

Industrial, storage and public buildings, halls in Hungary are often built with roofs made of cost-effective steel trapezoidal sheets. The load bearing capacity of these construction parts will be reduced during fire, however, considering real construction environment and the expected fire scenario, adequate fire resistance could often be verified. This article summarizes proper application of steel trapezoidal sheet roofs regarding national fire protection regulations and possible verification of the fire protection properties of these structures.

Kulcsszavak: *tűzvédelem, acél, trapézlemez, födém, tető ~ fire protection, steel, trapezoidal sheet, roof*

BEVEZETÉS

Az utóbbi években épülő hazai ipari és raktárépületek, csarnokok és néhány közösségi épület az árverseny miatt gyakran készültek költségtakarékos acél trapézlemez szerkezetű tetőfödémmel. A könnyű tetőfödém további rétegeit jellemzően műanyag párazáró fólia, hőszigetelés és bitumenes vagy műanyag tetőszigetelés - lágyfedés - alkotja.

Az acél trapézlemezeket a gyártóik általában normál hőmérsékleti tartószerkezeti viselkedésre optimalizálták. A magas hőmérséklettel járó tűzhatás során azonban az acél szerkezeti anyag kilágyul, jelentős mértékű szilárdságcsökkenést szenved el, aminek következtében a tűzhatás során rövid idő alatt teherbírását veszítheti.

A teherhordó szerkezetek, ezen belül födémelek állékonysága a kiürítés és a beavatkozók biztonsága miatt életvédelmi szempontból is kiemelt jelentőségű. Az acél trapézlemezek tűzvédelmileg korrekt alkalmazáshoz már a tűzvédelmi tervezés során is mérlegelni kell a várható tűzhatást, a szerkezet valós ill. számított jellemzőit, továbbá azok lehetséges igazolási módjait a szakhatósági eljárások során.

1. ACÉL TRAPÉZLEMEZEK ÉS FŐBB SZERKEZETI ALKALMAZÁSAIK

Az acél trapézlemezeket mintegy 1 mm vastag, emelt szilárdságú lemezből gyártják hidegalakítással, hengerléssel. A hazai piacon általában a 0,4 – 1,5 mm lemezvastagságok járatosak. A csekély vastagság miatt a lemezek korrózióra fokozottan érzékenyek, ezért általában műanyag bevonattal vagy tűzihorganyzott védelemmel készülnek.

A vékony lemez minél kedvezőbb tartószerkezeti kihasználása miatt hullámos jellegű szerkezeti keresztmetszetek készülnek egyenes alkotókkal. A korai stabilitásvesztési tönkremeneteli formák, horpadások elkerülésére a szelvényt alkotó nagyobb lemezeket a gyártás során kialakított köztes bordákkal merevítik (1. ábra).



1. ábra. Magashullámú trapézlemez jellemző keresztmetszete

A trapézlemezeket 10-12 m hosszú táblában is gyártják, amivel több ezer négyzetméteres alapterületű terek is gyorsan lefedhetők.

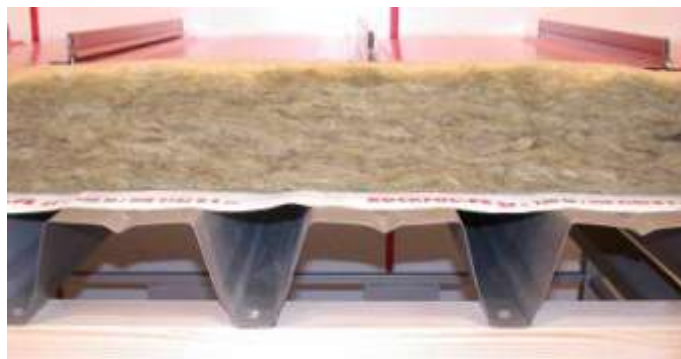
Tetőfödém esetén a teherhordó trapézlemezeket szelemen-rendszerre vagy közvetlenül a főtartókra is fektethetik. Szelemenek esetén mintegy 1-3 m támaszközzel és jellemzően 45-65 mm-es magassággal, 0,4-1,0 mm lemezvastagsággal alakíthatók ki trapézlemez szerkezetek. Főtartók közti födém esetén 4-8 m-es fesztávú szerkezetek is készülhetnek, jellemzően magashullámú $h = 85 - 100 - 137-153$ mm-es szelvényekkel, 0,75 – 0,88 – 1,0 – 1,25 – 1,5 mm lemezvastagságokkal. A megtámasztó szelemenek ill. főtartók acél, fa és vasbeton anyagúak egyaránt lehetnek (2. ábra).



2. ábra. Közösségi épület tetőfödéme, alulnézetben. Vasbeton pillérek, látszó rétegelt-ragasztott fa főtartók, magashullámú acél trapézlemez tetőfödém

Légzárási ill. hőszigetelési követelmények nélküli épületekben, pl. raktárcsarnokokban lejtésirányban fektetett egy rétegű acéltrapézlemez tetőfedések készülhetnek. A trapézlemezek rögzítése a megtámasztó elemekhez általában műanyag alátétes önfúró csavarokkal történik.

Hőszigetelt, lágyfedéses tetőfödémek trapézlemez fölötti rétege a műanyag párazáró réteg, ami többnyire 0,12-0,2 mm vastag PE fóliából készül, ragasztószalaggal toldva vagy nagy átlapolásokkal folytonosítva. A tető hőszigetelése kőzetgyapot (3. ábra), EPS-hab, a kettő kombinációja vagy PIR-hab is lehet. A tetőszigetelés műanyag vagy bitumen anyagú, a lejtést adó szerkezet a tartószerkezettel vagy a hőszigeteléssel is kialakítható. Súlycsökkentési okokból a nem járható tetőkön kavicsréteg ritkán létesül – kivéve a zöldtetőket, - és gazdaságossági megfontolásokból a födém alsó burkolását is általában kerülik.



3. ábra. Acél trapézlemez tetőfödém kőzetgyapot hőszigeteléssel [1]

Emeletközi födém elemeként teherhordó acél trapézlemezeket többnyire acél-vasbeton öszvérfödém zsaluzataként ill. esetenként együttműködő alsó öveként alkalmaznak. A nedves technológiájú öszvérszerkezet teherbírása, merevsége és tömege is lényegesen magasabb az önálló acél trapézlemezhez képest.

Egy családi házon belüli emeletközi födém (4. ábra) vagy ipari csarnokok osztófödéme esetén előfordulnak száraz technológiával épített, tisztán magashullámú trapézlemez konstrukciók is. A trapézlemez felső síkján OSB vagy gipszrost építőlemezeket rögzítenek a padlórétegek fogadására. Esztétikai követelmények esetén a födém alsó síkján gipsz alapú építőlemezekkel homogén álmennyezet készülhet, melyet kalapprofilokra rögzítenek.



4. ábra. Száraz technológiájú emeletközi födém acél trapézlemezes szerkezete
(forrás: Hardell rendszerközpont)

Falszerkezetek elemeként az acél trapézlemezek jellemzően térelhatároló és homlokzatburkolati funkciót látnak el, teherhordó szerepük az önsúly mellett a szélhatásból és más kisebb oldalirányú hatások okozta igénybevételek hordására korlátozódik.

2. ACÉL TRAPÉZLEMEZES TETŐFÖDÉMEK VISELKEDÉSE VALÓS TŰZHATÁS SORÁN

2.1. A valós tűzhatás és az alkalmazható tűzmodellek

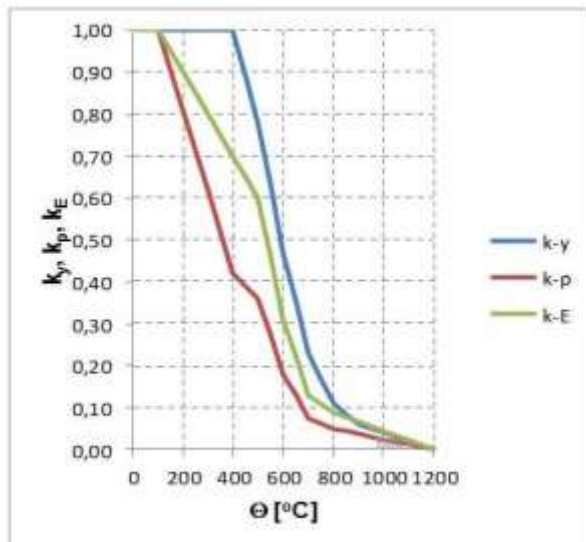
A tűzeseti viselkedést nagyban befolyásolja a valós tűzhatás, mely fejlődésének lehetséges 4 fázisa a zárt terekben: lokális tűz, fejlődő tűz, kifejlett tűz és hanyatló tűz [2],[3]. A teljes lángbaborulás (flash-over) jelensége a fejlődő tűz és a kifejlett tűz stádiumait választja el.

A tűz a térben - a lehetséges gyújtóforrás, a térben lévő égető anyagok fajtái és mennyisége, a tárolási és beépítési mód, a légcseré és szellőzési viszonyok, aktív tűzvédelmi rendszerek ill. a konkrét beavatkozás stb. alapján – bármelyik stádiumban megrekedhet.

A tetőfödémek alatti előforduló nagyságrendi tűztéri gázhőmérsékletek a tűzfejlődés egyes fázisaiban Walton et al [3] és az ATF-kísélet [4] alapján a következőképp becsülhetők: lokális tűz $T \approx 50 - 150 \text{ }^\circ\text{C}$, fejlődő tűz: $T \approx 150 - 400 \text{ }^\circ\text{C}$, kifejlett tűz $T \approx 800 - 1200^\circ \text{C}$. A védelem nélküli trapézlemezek Eurocode 3-1-2 [5] szerinti korrigált szelvénytényezője magas, ezért az acéllemezek hőmérséklete a határos tűztéri gázhőmérséklettel egyezőnek vehető fel [6].

2.2. Acél trapézlemezes födémek viselkedése magas hőmérsékleten

Az acél trapézlemezek mechanikai viselkedést tűzhatás esetén alapvetően azok hőmérséklete befolyásolja. A $300 \text{ }^\circ\text{C}$ fölötti tartományban a hőmérséklet emelkedésével az acél folyáshatára és a rugalmassági modulusa is gyors ütemben csökken (5. ábra), az anyag $753 \text{ }^\circ\text{C}$ -on pedig $\square \rightarrow \square$ kristályszerkezeti átalakuláson megy át.



Acél hőm.	szilárdságok (f) és a rug. modulus (E) csökkentő tényezője (k) magas acélhőmérsékleteken (θ_a)		
	folyáshatár	rugalmassági határ	rugalmassági modulus
θ_a [$^{\circ}\text{C}$]	$k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	$k_{R,\theta} = f_{R,\theta} / f_y$	$k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20	1,000	1,000	1,000
100	1,000	1,000	1,000
200	1,000	0,807	0,900
300	1,000	0,613	0,800
400	1,000	0,420	0,700
450	0,890	0,390	0,650
500	0,780	0,360	0,600
550	0,625	0,270	0,455
600	0,470	0,180	0,310
650	0,350	0,128	0,220
700	0,230	0,075	0,130
750	0,170	0,063	0,110
800	0,110	0,050	0,090
850	0,085	0,044	0,078
900	0,060	0,0375	0,0675
1000	0,040	0,0250	0,0450
1100	0,020	0,0125	0,0225
1200	0,000	0,0000	0,0000

5. ábra. Acél szilárdsági és rugalmassági jellemzőinek relatív értékei magas hőmérsékleten, [5] alapján

A főtartókkal megtámasztott nagyfeszítávú (4-8 m) trapézlemez tetőfödémek lehajlása ezért már a növekvő tűz stádiumában is ($T \approx 150-400^{\circ}\text{C}$) 10 cm-es nagyságrendű lehet, a kifejlett tűz stádiumában pedig e fölötti alakváltozási mértékeket is elérhet.

Megjegyezzük, hogy az egymáshoz jellemzően önmetsző vagy önfűró csavarokkal kapcsolt trapézlemez-táblák szétválása a toldásoknál még a kifejlett tűz stádiumában is csak több órás időtartam után valósul meg. Emiatt a tönkremenetel előtti – e hatásból származó - hatékony hő- és füstelvezetésre ez idő alatt nem lehet számítani.

Ha a láng a tetőfödémre is eléri, továbbá a tűzhatás időtartama meghaladja az egy-két órát, a tetőfödém tönkremenetele jellemzően a tűzfészek fölötti zónában indul meg, ahol a hőhatás a leghosszabb időtartamú volt (6. ábra). Amennyiben a tetőfödémbe beépített éghető anyagok - pl. az EPS hőszigetelés is – meggyulladnak, és a láng a tetőn végig terjed, úgy az összeomlás korábban is bekövetkezhet.



6. ábra. Acél trapézlemez tetőfödém maradványai egy gyártócsarnok tüzesete után. Műanyagtűz, a tűzfészek fölötti tetőfödém-szakasz leomlott [7]

A tetőfödémét alátámasztó főtartók vagy szelemenek – trapézlemez előtti - tönkremenetele többnyire acél tartók, kis keresztmetszetű faváz és feszített vasbeton gerendák esetén következhet be.

Tűzvédő burkolattal épített acél trapézlemez tetőfödémek a védő burkolat integritásának megmaradásáig állékonyak maradnak a tűzben, akár több órás tűzhatás alatt is.

3. TETŐFÖDÉMEK TŰZÁLLÓSÁGI KÖVETELMÉNYEI

Az acél trapézlemeztes tetőfödém a szerkezeti rendszerben betöltött rendjétől függően sorolható be az OTSZ 2011 [8] szerkezeti elemeként. Ha a tetőfödém főtartó-szelemen rendszer támasztja meg, a trapézlemeztől független merevítéssel – pl. Andráskereszttel, - és a felülettömege 60 kg/m² alatti, úgy a trapézlemeztes födém „tetőfödém térelhatároló szerkezete” (7. §-ban előírt fogalmak 32. pontja).

Ha a tetőfödém főtartók közt létesül, és a főtartókat kifordulás ellen is megtámasztja (2. ábra) ill. a tetősíkot födém tárcsaként merevíti, akkor a szerkezet tetőfödém tartószerkezetének minősítendő.

A követelmények a légtér- (illetve leendő tüztér-) méret, továbbá a használati mód miatt épületekre és csarnokokra eltérőek (1-2-3. táblázatok). Hőszigetelés nélküli – általában fűtetlen épületekhez tartozó – tetők az I kritériumot nem teljesíthetik, előírt tűzállósági teljesítmény-jellemzőik: RE. A hőszigetelt tetőfödémekkel szemben – ideértve azok tartószerkezeteit is - a REI (teherhordás – integritás – hőszigetelő képesség) tűzállósági teljesítmény-jellemzők írhatók elő, a vonatkozó percben kifejezett tűzállósági határértékkel.

Tűz-áll. fok.	Szerkezet-csoport	Épület szintszáma	1	2-3	4-5	6-11	>11
			Tűzvédelmi osztály és tűzállósági teljesítmény				
I.	vízszintes teherhordó szerkezet	tetőfödém térelhatároló szerkezetei 60 kg/m ² felülettömegig*	A2 REI 15	A2 REI 30	A2 REI 30	A2 REI 30	A2 REI 30
II.			B REI 15	B REI 30	A2 REI 30	A2 REI 30	-
III.			D REI 15	C REI 30	B REI 30	-	-
IV.			D REI 15	D REI 30	-	-	-
V.			D REI 15	-	-	-	-

Megjegyzés: fűtetlen épületeknél az I kritérium nem követelmény

1. táblázat. Épületek. Tetőfödémek térelhatároló szerkezeteinek követelményei az OTSZ 2011 [8], 16. melléklet 1-5. táblázatai alapján összeállítva

Tűz-áll. fok.	Szerkezet-csoport	Épület szintszáma	1	2-3	4-5	6-11	>11
			Tűzvédelmi osztály és tűzállósági teljesítmény				
I.	vízszintes teherhordó szerkezet	tetőfödém és emeletközi födém tartószerkezetei 60 kg/m ² felülettömeg fölött*	A1 REI 30	A1 REI 60	A1 REI 60	A1 REI 60	A1 REI 90
II.			B REI 30	B REI 30	A2 REI 45	A2 REI 60	-
III.			C REI 30	C REI 30	B REI 45	-	-
IV.			D REI 15	D REI 30	-	-	-
V.			D R(EI) 15	-	-	-	-

2. táblázat. Épületek. Tetőfödémek tartószerkezeteinek követelményei az OTSZ 2011 [8], 16. melléklet 1-5. táblázatai alapján összeállítva

Megjegyzés: fűtetlen épületeknél az I kritérium nem követelmény

Szerző megjegyzése: tetőfödémek rúdszerű tartószerkezeteinek (főtartók, fióktartók) követelményei mint a tetőfödém, az EI teljesítményjellemzők nélkül

Épületek tetőfödemeinek térelhatároló szerkezetei legfeljebb A2 tűzvédelmi osztállyal és REI 30 tűzállósági teljesítménnyel létesítendők.

A tetőfödémek és emeletközi födémek tartószerkezetei (1-2. táblázatok) a II-V. tűzállósági fokozat esetén szintén legfeljebb A2 tűzvédelmi osztállyal tervezendők. 6-11 szintes épületek esetén REI 60, 4-5 szint esetén REI 30, alatta REI 15-30 követelményt támaszt a nemzeti előírás a födémekkel szemben.

Csarnokok tetőfödemeinek térelhatároló szerkezetei (3. táblázat) IV-V. tűzállósági fokozat esetén tűzállósági teljesítmény nélküli D-E tűzvédelmi osztályú szerkezettel építhetők. Magasabb tűzállósága fokozatban REI 15 és A1-C osztály a követelmény.

Csarnok-tetőfödémek tartószerkezetei III-V. tűzállósági fokozatú építményeknél D tűzvédelmi osztállyal és R(EI) 15-30 teljesítménnyel létesíthetők. Az I. tűzállósági fokozat követelménye A2 R(EI) 60.

Csarnok tűzállósági fokozata		I.	II	III	IV	V
Csoport és szerkezet		Tűzvédelmi osztály és tűzállósági teljesítmény				
teherhordó szerkezet	Teherhordó pillérek, oszlopok, keretszerkezetek, tetőfödémek tartószerkezetei és azok merevítő elemei	A2 R 60	C R 45	D R 30	D R 15	
	tetőfödém térelhatároló szerkezetei 60 kg/m ² felülettömégig	A1 REI 15	A2 REI 15	C REI 15	D -	E -

3. táblázat. Csarnokok. Tetőfödémek térelhatároló szerkezeteinek követelményei az OTSZ 2011 [8], 16. melléklet 7. táblázat vonatkozó sorai

Megjegyzések:

1. Ha a tetőhéjalás hőszigetelés nélküli (hidegtető) és az olyan anyagból készül, amelyeknek a tűzzel szemben nincs számottevő ellenállása ($A1, A2, T_H < E 15$) és az épületben álmennyezet vagy a teret felülről lezáró egyéb szerkezet nem kerül beépítésre, az bármely tűzállósági fokozatnak megfelelő csarnoképületben alkalmazható
2. fűtetlen épületeknél az I kritérium nem követelmény

Az OTSZ 2011 [8] egyes épülettípusokra több speciális szabályt is megfogalmaz.

Acélszerkezetű csarnokok tartószerkezeteire egyes esetekben speciális szabályok vonatkoznak, amikor a tűzállósági határérték-követelményektől a hazai tűzvédelmi előírás eltekint (OTSZ 2011 [8], 343. §).

Csarnokok acél tartószerkezetei tűzvédelmi burkolat / bevonat nélkül építhetők:

- (fokozottan) tűz és robbanásveszélyes tartozó ipari épületekben,
- a III-V. tűzállósági fokozatú ipari, mezőgazdasági és tárolási tűzszakaszokban, alacsony számított tűzterhelésig ($p_v \leq 500 \text{ MJ/m}^2$),
- iskolák tornatermeiben, ha a lelátó nem B-F tűzvédelmi osztályú anyaggal épült és a tér befogadó képessége legfeljebb 500 fő,
- ha a tető hőszigetelés nélküli hidegtető, a tűzhatással szemben érdemi ellenállást nem mutat ($T_H < 15$) továbbá alatta álmennyezet vagy más határoló szerkezet nem kerül beépítésre, és
- az egyszintes épület osztószintjének teherhordó szerkezetei I-II. tűzállósági fokozat esetén.

Azaz a tűz- és robbanásveszélyes terek acélszerkezeteinél a robbanás következtében előálló tűz miatt a szerkezet összeomlásának idejére nem vonatkozik érdemi követelmény. Szintén nem támaszt a hazai tűzvédelmi előírás érdemi követelményt abban az esetben, ha a térben várható tűzfolyamat alacsony hőtermelési sebességgel rendelkezik, így az a szerkezeteket csak csekély mértékben melegíti. Az előírás célja, hogy a tartószerkezet anyaga nem éghető legyen és ne járuljon hozzá a kialakuló tűzterheléshez.

Tetőfödémek egyes elemeire szintén speciális szabályok vonatkoznak (OTSZ 2011 [8], 366. §). Ha a tetőfödém az épület kiürítési számításaiban biztonságos térként, vagy kiürítési útvonalként szerepel, akkor

- ha a tetőszigetelés ($v \leq 12$ mm) felülről szabad, az alatta lévő hőszigetelő réteg anyaga csak A1 vagy A2 tűzvédelmi osztályú lehet, és a tetőszigetelés rendszerként $B_{\text{roof}}(t1)$ osztályú legyen,
- ha a tetőfödém hő- vagy a vízszigetelését felülről legalább 5 cm vastag A1 vagy A2 tűzvédelmi osztályú réteg fedi hézagmentesen, a hőszigetelés B-E tűzvédelmi osztályú anyagból is készülhet,

A 60 kg/m^2 -nél nem nagyobb tömegű, térelhatároló elemeket is tartalmazó tetőfödém szerkezeteken - egy tűzszakaszon belül:

- I-II. tűzállósági fokozatú építmények hőszigetelése A1 vagy A2, a tetőszigetelési rendszer pedig $B_{\text{roof}}(t1)$ tűzvédelmi osztályú legyen, ekkor a tető vízszigetelése E tűzvédelmi osztályú anyagból is készülhet,
- III-V. tűzállósági fokozatú építmények tetőszigetelési rendszere $B_{\text{roof}}(t1)$ tűzvédelmi osztályú legyen, ekkor a tető hő- és vízszigetelése E tűzvédelmi osztályú anyagból is készülhet.

Ha a közösségi, tömegtartózkodási célú csarnok tetőfödémének térelhatároló szerkezete nem éri el a 60 kg/m^2 fajlagos tömeget (OTSZ 2011 [8], 411. §), a térelhatároló szerkezet fölötti hőszigetelés legalább A2-s1, d0 tűzvédelmi osztályú anyagból készüljön.

A jelenleg munkaközi állapotban lévő OTSZ 5.0 [9] anyagához a szerző a Szent István Egyetem, Ybl-kar, Tűz- és Katasztrófavédelmi Intézeti munkacsoportjának tagjaként – a jelen cikk témájával kapcsolatban - az alábbiakat javasolta:

- a tetőfödém térelhatároló szerkezete fogalom megszüntetése,
- a vízszintes szerkezetek és az őket közvetlenül megtámasztó függőleges tartószerkezetek tűzállósági teljesítmény-különbségeinek eltörlése, a követelmények egységesítése.

A teherhordó szerkezetek állékonyságának követelményeinek jelen OTSZ-tervezet javaslata nagy (NAK), alacsony (AK), közepes (KK) és magas (MK) kockázat esetén az alábbi (4-5. táblázat).

Lakó- és közösségi alaprendeltetés – teherhordó szerkezetek követelményei				
Mértékadó kockázati osztály	NAK	AK	KK	MK
Földszinti és emeleti teherhordó szerkezetek ált.	D R(EI) 30	C (max. 3 szint), A2 R(EI) 60	A1 R(EI) 90	A1 R(EI) 120
Legfelső szint teherhordó szerkezete	D R(EI) 15	C R(EI) 45	A2 R(EI) 60	A1 R(EI) 60

Tárolási, ipari és mezőgazdasági alaprendeltetés – teherhordó szerkezetek követelményei				
Mértékadó kockázati osztály	NAK	AK	KK	MK
Földszinti és emeleti teherhordó szerkezetek ált.	D R(EI) 30	C (max. 3 szint), A2 R(EI) 30	A2 R(EI) 45	A1 R(EI) 60
Legfelső szint teherhordó szerkezete	D R(EI) 15	C R(EI) 15	A2 R(EI) 30	A1 R(EI) 45

4-5. táblázat. Teherhordó szerkezetek követelményei az OTSZ 5.0 [8] javaslat szerint, részlet

Tárolási, ipari és mezőgazdasági létesítmények esetén a követelmény-javaslat a korábbiakhoz képest hajszállal enyhébb. Az ennek megfelelő tűzszakaszok munkahelyek, bennük helyismerettel rendelkezők dolgoznak, így kiürítésük – és életvédelmük - rövid időn belül megoldható.

A lakó- és középületek esetén a függőleges teherhordó szerkezetek állékonysági követelménye a közepes és magas kockázatnál enyhén csökken, ugyanakkor – az egységesítés miatt - a födécek tűzállósági teljesítmény-követelményei a javaslat szerint a magasabb kockázati osztályokban nőnek.

Ez a javaslat megoldja az OTSZ 2011 [8]-ben lévő anomáliát, amely pl. I. tűzállósági fokozat és 12 szint esetén R(EI) 180 pillérek és falakat ír elő, R(EI) 90 födécek és gerendák mellett. Nyilvánvaló, hogy a 90 perces szabványos tűzhatást követő födém-tönkremenetel után a pillérek állékonysága, oldalirányú megtámasztása nem biztosított. Bár az OTSZ 2011 [8] 331. § (3) - helyesen - előírja a teherátadás rendjének figyelembevételét a követelmények meghatározásánál, tapasztalatok szerint a gyakorlati tervezés és a szakhatósági munka esetében is többször figyelmen kívül hagyják a fenti előírást. E lehetséges hibák kiküszöbölésére számos európai ország már évtizedekkel ezelőtt eltekintett a teherhordó szerkezetek eltérő tűzvédelmi követelményeitől a saját tűzvédelmi szabályzatában.

4. TETŐFÖDÉMEK TŰZVÉDELMI OSZTÁLYA

A tetőfödémeket a valós tüzesetek során jellemzően alsó oldali tűzhatás éri, így vizsgálatuk is ennek megfelelően történik. A felső tetőtűz-terjedés vizsgálata a tűzszakaszok kialakításánál mértékadó.

4.1. Acél trapézlemez és egyrétegű trapézlemezes tetőfödém

Az acél anyag nem éghető. Az acél trapézlemezek - hőszigetelés nélküli tetőfödémek - tűzvédelmi osztályát azok bevonatrendszeré határozza meg. Tűzihorganyzott lemezek A1 osztályúak, a műanyag-bevonatos acél trapézlemezek a műanyag rétegek nem-éghetőségi teszt (MSZ EN ISO 1182 [10]) során mutatott viselkedése alapján jellemzően az A1-A2 tűzvédelmi osztályok egyikébe sorolhatók. A minősített elemek égve csepegést nem mutatnak (d0 alosztály), A2 tűzvédelmi osztály esetén a füstképződéshez tartozó tűzvédelmi alosztály a bevonat vastagságának függvényében s1-s2.

4.2. Hőszigetelt, lágyfedéses acél trapézlemezes tetőfödémek

Hőszigetelt tetőfödémek, mint nem homogén, több komponensből álló szerkezetek tűzvédelmi osztályát az OTSZ 2011 [8] és az MSZ EN 13501-1 [11] alapján lehet besorolni. A vízszigetelési és páratechnikai okokból alkalmazott éghető alkotók – PE fólia - miatt a szerkezet az A1 tűzvédelmi osztályba nem sorolható be.

Az ásványgyapot hőszigeteléses, A2 osztályba sorolható födém bruttó égéshője a szabvány szerint [12] nem haladhatja meg a $PCS \leq 3,0 \text{ MJ/kg}$, ill. a tűzvédelmi szempontból „nem lényeges” rétegek bruttó égéshője a $PCS \leq 4,0 \text{ MJ/m}^2$ határértéket. Az OTSZ 2011 [8] 301.§ (2) ugyanezen küszöbszámokat tartalmazza.

A szerző több tűzállósági vizsgálathoz készített tűzvédelmi statikai állásfoglalása [13] alapján az utóbbi követelményérték az építési gyakorlatban alkalmazott 0,12 - 0,2 mm vastag PE-fóliák esetén nem igazolható, a műanyag magas fűtőértéke miatt ($H = 46,5 \text{ MJ/kg}$).

$$PCSPE = 46,5 \text{ MJ/kg} \times 960 \text{ kg/m}^3 \times 0,00012 \text{ m} \times 1,1 = 5,89 \text{ MJ/m}^2 > \max PCS = 4 \text{ MJ/m}^2$$

(Fűtőérték a VdS 2516 [14] alapján, az 1,1-es szorzó az átlapolásokat veszi figyelembe.)

A szabvány szerinti küszöbérték teljesüléséhez max. 0,12 mm vastag, lényegesen alacsonyabb fűtőértékű ($H = 18,0 \text{ MJ/kg}$) PVC fólia alkalmazása felelne meg, melynek viszont környezetvédelmi alkalmazása aggályos:

$$\text{PCSPVC} = 18 \text{ MJ/kg} \times 1400 \text{ kg/m}^3 \times 0,00012 \text{ m} \times 1,1 = 3,34 \text{ MJ/m}^2 \leq \text{max PCS} = 4 \text{ MJ/m}^2$$

Az OTSZ 2011 [8] 301.§ (1) alapján a többkomponensű, rétegenként eltérő tűzvédelmi tulajdonságú szerkezetek, így a tetőfödémek osztályozhatók valós tűzállósági kísérlet során mutatott viselkedésük alapján is. Az idézett tűzvédelmi statikai állásfoglaláshoz [13] tartozó kísérletek során a 6-8. percben a fólia rétegek ellobbantak, a gyors – pár másodperces - elégésük a szerkezet tűzhatással szembeni viselkedését nem befolyásolta, ezért a vizsgáló szerkezet az A2 osztályt tanúsította.

Ezért az ásványgyapot hőszigeteléses acéltrapézlemez tetőfödémek kedvező, „A2” tűzvédelmi osztályának tanúsításhoz is az egész szerkezetre kiterjedő, MSZ EN 1363-1 [15] szerinti - költséges - tűzállósági vizsgálat szükséges, az az építési gyakorlatban alkalmazott tetőfödémek esetében számítással nem igazolható.

EPS hőszigetelést is tartalmazó tetőfödémek egyszerűsített besorolása az OTSZ 2011 [8] 300.§ (3) alapján történhet. Az alsó oldali tűzhatással szemben a szerkezetet lezáró / burkoló A2 acél trapézlemez, a fölöttes E tűzvédelmi osztályú PE-fólia ill. EPS hőszigetelés, továbbá a káros égéstermékek kibocsátását gátló PVC vagy más műanyag tetőszigetelés miatt a teljes tetőfödém a „B” tűzvédelmi osztályba sorolható.

A szakhatósági eljárás során szükséges igazolásokat a tetőfödém-rendszer műszaki specifikációja, a hazai Építőipar Műszaki Engedély (ÉME) ill. az Európai Műszaki Engedély (ETA) tartalmazza. Harmonizált szabvány e tetőfödém-rendszerekre nem készült.

5. ACÉL TRAPÉZLEMEZES TETŐFÖDÉMEK TŰZÁLLÓSÁGI TELJESÍTMÉNYE

5.1. Az igazolás lehetséges módjai

A szakhatósági eljárás során új épületszerkezetek tűzvédelmi teljesítmény-igazoláshoz több módja lehetséges:

- arra akkreditált laborban végzett tűzállósági kísérlettel, és/vagy annak kiterjesztésével,
- statikai és termikus számítással a vonatkozó szabványok (MSZ EN 1990-szabvány-sorozat, azaz Eurocode-ok) alapján, ideértve a szabvány szerinti táblázatos módszerrel történő igazolást is.
- a tűzhatásnak kitett tér felőli burkolattal, ha az a szerkezettel együtt vagy önálló membránként biztosítja az előírt tűzvédelmi osztályt és a tűzállósági teljesítményt.

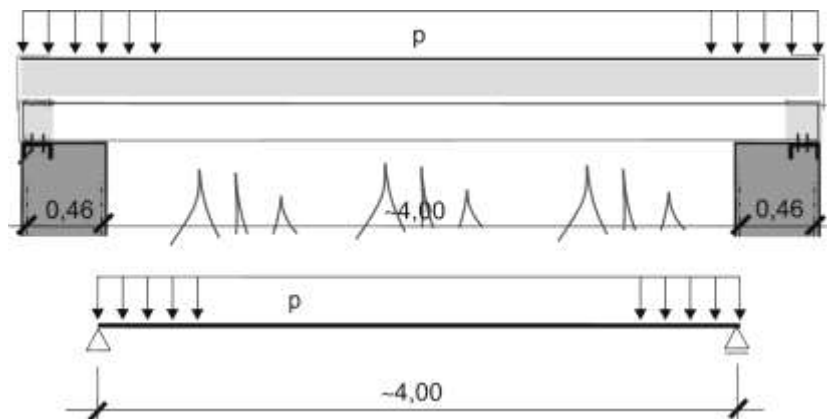
Egyes megépült szerkezetek egyszerűsített igazolására – korábbi tűzállósági vizsgálatok ill. számítások alapján – az OTSZ 2011 [9] egyszerűsített táblázatos módszert ad, pl. falazott és vasbeton szerkezetek esetén.

Acélszerkezetek esetén – azok valós tüzeseti viselkedésére tekintettel – sem az OTSZ 2011 [8] sem a vonatkozó Eurocode-szabványok (MSZ EN 1993-1-2 [5]) nem adnak ilyen módszert.

5.2. Védelem nélküli tetőfödémek

Födémek tűzállósági kísérletét az MSZ EN 1363-1 [15] és az MSZ EN 1365-2 [16] szabványok alapján végzik (7. ábra), a labor adottságai miatt a vizsgáló kemence adott feszítávolságával, és a tetemes költségek okán a 1990-es évektől Európa-szerte egyetlen vizsgálatot. A korábbi MSZ 14800-1 [17] szabvány még két vizsgálatból számított átlagos

tűzállósági határértéket írt elő, vagy az egy vizsgálattal megállapított tűzállósági határérték 80%-t fogadta el.



7. ábra. Födémek tűzállósági vizsgálata az EN-szabványok alapján

A hazai födém-vizsgáló kemence falköze fix 4,0 m, valamint a kísérletet is csak egy teherállásra lehetséges elvégezni, ezért a valós beépítési körülményekre a labor-eredmények mérnöki kiterjesztése szükséges.

Az integritási (E) és hőszigetelési (I) kritériumok teljesülését a vizsgált rétegrend – elsősorban a hőszigetelés és annak magas hőmérsékleti kedvező viselkedése, továbbá a kapcsolatok és toldások kialakítás és tömítése határozza meg. Ezért ha az EI tűzállósági teljesítményjelzők a tűzállósági vizsgálat során teljesülésnek, úgy a hozzá tartozó tűzállósági határértékek egy azonos felépítésű, de eltérő fesztávolságú és terhelésű szerkezetek esetén is fennállnak.

A tűzeseti teherbírasi követelmények (R) Eurocode-szerinti számítással történő igazolása során a terheket az Eurocode 1 (MSZ EN 1991-1-1 [18] és MSZ EN 1991-1-3 [19]), azok kombinációját pedig az Eurocode 0 (MSZ EN 1990 [20]) alapján kell felvenni.

A tűzesetet az Eurocode a rendkívüli teherkombinációval veszi figyelembe, ahol a hó- és a szélteher egyidejű figyelembevétele nem szükséges. A lapostetős ($\alpha < 10^\circ$) tetőfödémek szélterhe jellemzően szélszívás, az önsúllyal ellenkező irányban hat és emiatt a biztonság javára elhanyagoljuk az ellenőrzés során. A szél okozta feltépés elleni védelmet a normál hőmérsékleten korrekten megtervezett rögzítések jellemzően a magas hőmérsékleten is biztosítani tudják.

A lapostetős tetőfödém tűzeset során működő terhe, és annak a normál hőmérsékleti teherhez képesti hányada az alábbiak szerint számítandó [20]:

$$pEd_{fi} = gk + qk1 + \psi1 \times qk2 \quad \text{és} \quad \eta_{fi} = pEd_{fi} / pEd$$

ahol pEd_{fi} a tűzhatásnak kitett tetőfödém terhe, $qk1$ a gépészeti teher és $\psi1 \times qk2$ a hóteher, $\psi1 = 0,2$ a hóteher tűzhatás során figyelembe veendő hányada.

Az acél trapézlemez önsúlya a $gk1 = 0,10-0,15$ kN/m² értékkel vehető figyelembe, hőszigetelt, lágyfedéses acél trapézlemez önsúlyára $gk2 \approx 0,35$ kN/m² az irányadó. A tetőfödémre függesztett gépészeti terhek jellemző értéke $qk,1 \approx 0,2$ kN/m². A hóteher értéke $\alpha < 30^\circ$ lejtésű lapostető és a létesítmény legfeljebb 400 m tszf-i magassága esetén $qk,fi,2 = \psi1 \times qk,2 = 0,2 \times 1,0 = 0,2$ kN/m². A szabvány egy rétegű hidegtető esetén annak ellenére megköveteli a hóteher figyelembevételét, hogy az a tűzhatás esetén triviálisan elolvad.

Ezek alapján az alábbi gyakorlati táblázat állítható össze lapostetős tetőfödémek terheire:

Tetőfödém típusa és rétegei	Összteher a tűzhatás során		Rendkívüli és tartós terhek hányada (η_{fi})
	$p_{Ed,fi}$ [kN/m ²]	$m_{Ed,fi}$ [kg/m ²]	
Acél trapézlemez (egy rétegű)	0,35	35	0,21
Hőszigetelt, lágyfedéses acél trapézlemez	0,55	55	0,28
Hőszigetelt, lágyfedéses acél trapézlemez + függesztett gépészeti teher (20 kg/m ²)	0,75	75	0,33

6. táblázat. Acél trapézlemeztes tetőfödémek irányadó terhei tűzhatás során, tetőlejtés: $\alpha < 10^\circ$ és a létesítmény tszf. magassága $h \leq 400$ m.

A hajlított elemként beépített acél trapézlemez tetőfödémek teherbírásának részletes számítása tűzhatás esetén az Eurocode 3 (MSZ EN 1993-1-2 [5]) szabvány szerint lehetséges. A szabvány alapján az acél trapézlemezek a 4. keresztmetszeti osztályba tartoznak, hajlítási, nyírási és beroppanási ellenállásuk, ill. az interakció a hatékony keresztmetszet módszerével számítható amely a mintegy 1 mm vastag alkotólemezek lokális horpadását is figyelembe veszi. A teherbírás nem csak a magas hőmérsékleten csökkenő folyáshatár, hanem a még nagyobb arányban csökkenő rugalmassági modulus is befolyásolja. A számítási módszereket Dunai és Horváth [21] ismerteti.

Az általános ISO 834-1 [22] szerinti zárttéri tűzhatás során az acéllemez hőmérséklete 5 perc után $\Delta m_1 = 576^\circ\text{C}$, 10 perc után $\Delta m_2 = 678^\circ\text{C}$, 15 perc után pedig $\Delta m_3 = 739^\circ\text{C}$. Az e hőmérsékletekhez tartozó folyáshatár-csökkenés ill. ennek összevetését a rendkívüli tervezési helyzetben előálló teher- ill. igénybevétel-szintet a 7. táblázat tartalmazza.

ISO-zárttéri tűzhatás időtartama	Δm [°C]	rel. folyáshatár magas hőmérsékleten, $k_{y,\Delta m}$	rel. nyomatóki teherbírás, magas hőmérsékleten, $k_{y,\Delta m}^*$	rendkívüli és tartós terhek / igénybevétel-hányada (η_{fi})
5'	576	0,546	$< 0,546$	($>$) 0,21 ; 0,28 ; 0,33
10'	678	0,283	$< 0,283$	($>$) 0,21 ; 0,28
15'	739	0,182	$\ll 0,182$	($<$) 0,21

7. táblázat. ISO-zárttéri tűzhatás magas hőmérsékletein előálló relatív folyáshatár- és a teher- ill. igénybevétel-szint összehasonlítása

Ezek alapján a – normál hőmérsékleten kihasznált - hajlított szerkezet számításal történő igazolása hozzávetőleg 10 perces ISO-zárttéri tűzhatásra lehetséges, különös tekintettel a még drasztikusabb mértékben csökkenő rugalmassági modulusra, aminek következtében a hatékony keresztmetszeti tényező (Weff) is csökken. TH = 15 perc pedig csak a magas- és ezáltal a normál hőmérsékleten is csökkentett teherbírás kihasználtság mellett igazolható. Önmagában a számítási módszer használatával a hajlított trapézlemez esetében így jellemzően legfeljebb R 15 tűzállósági teljesítmény igazolható, ha a szerkezeti elem normál hőmérsékleti kihasználtsága is elmarad a 50%-tól.

Az Eurocode 3 megengedi a hőmérsékleti igazolást is, de a 4. osztályú profilok esetén – a biztonság javára - alacsony $\Delta_{crit} = 350^\circ\text{C}$ kritikus hőmérséklet figyelembe vételét javasolva. A megfelelőség feltétele, hogy a szerkezeti elem hőmérséklete – ami itt megegyezik a tűztéri gázhőmérséklettel – ne haladja meg a kritikus hőmérsékletet: $\Delta_{gas} = \Delta m \leq \Delta_{crit}$.

A konkrét tér funkciója, szerkezete, a benn tárolt anyagok és a szellőzési-geometriai viszonyok alapján részletes tűzmodellekkel írhatók le a tüzest során előálló termikus hatások. A lokális tüzek és a gázhőmérsékleti viszonyok kísérletekre alapozott numerikus modellekkel írhatók le, a fejlődő tűz fázisa és hőmérséklet-eloszlása pl. zónamodellekkel jellemezhető. Részletes tűzmodell futtatása cellamodell alkalmazó programmal végezhető (pl. NIST, FDS-Pyrosim [23]), ennek használata azonban költséges és csak indokolt esetben alkalmazza a tűzvédelmi mérnöki gyakorlat.

A kifejlett tűz stádiumában az éghető anyagok mennyiségét és eloszlását is figyelembe vevő paraméteres tűzgörbe (MSZ EN 1991-1-2 [24]) számítása ajánlható, ha a térben lévő éghető anyagok mennyisége és fűtőértéke csekély. A módszer csak szigorú korlátokkal, legfeljebb 500 m²-es alapterülettel és maximum 4,0 m-es belmagassággal alkalmazható.

Az egyszerű szabványosított hőmérséklet-idő görbe – pl. cellulózalapú anyagok tüzeit leíró ISO 834-1 [22] zárttéri tűzgörbe – acél trapézlemezek esetén a gyakorlatban nem alkalmazható, mert a tűzfolyamat 5. percében a tűztéri gázhőmérséklet meghaladja a Eurocode 3 által javasolt kritikus hőmérsékletet.

A teherbíráshoz tartozó tűzállósági teljesítmény meghatározásának (R) költségesebb, de jóval kedvezőbb eredményt adó módszere a tűzállósági kísérlet elvégzése [15],[16]. Az eredmények minél általánosabb használhatósági miatt a kísérletet jellemzően az ISO 834-1 [22] zárttéri tűzgörbének megfelelő alsó oldali tűzhatással végzik el.

A tervezési tüzeset során az R-kritériumot a tűzállósági kísérlettel megállapított magas hőmérsékleti teherbírása alapján lehet igazolni. A hajlított szerkezeti elem magas hőmérsékleti nyomatóki és nyírási ellenállása meghaladja a vonatkozó igénybevételeket a tűzállósági kísérletek során:

$MRd_{,fi} \geq MEd_{,fi,exp}$, $VRd_{,fi} \geq VEd_{,fi,exp}$ ill. *M-R interakció többtámaszú tartó modell esetén.*

A szabványos – statikailag határozott – megtámasztás, azaz kéttámaszú tartó esetén a tűzállósági kísérlet során működő igénybevételek egyszerűen számíthatóak. Az ettől eltérő beépítési konfigurációban – a valós tüzeseti tapasztalatok alapján – azzal a feltételezéssel célszerű élni, hogy a gerinclemezek támaszok fölötti részleges beroppanása miatt az egyes mezőkben a folytonos, többtámaszú trapézlemez is mechanikailag külön kéttámaszú tartóként működik a rendkívüli tervezési helyzetben.

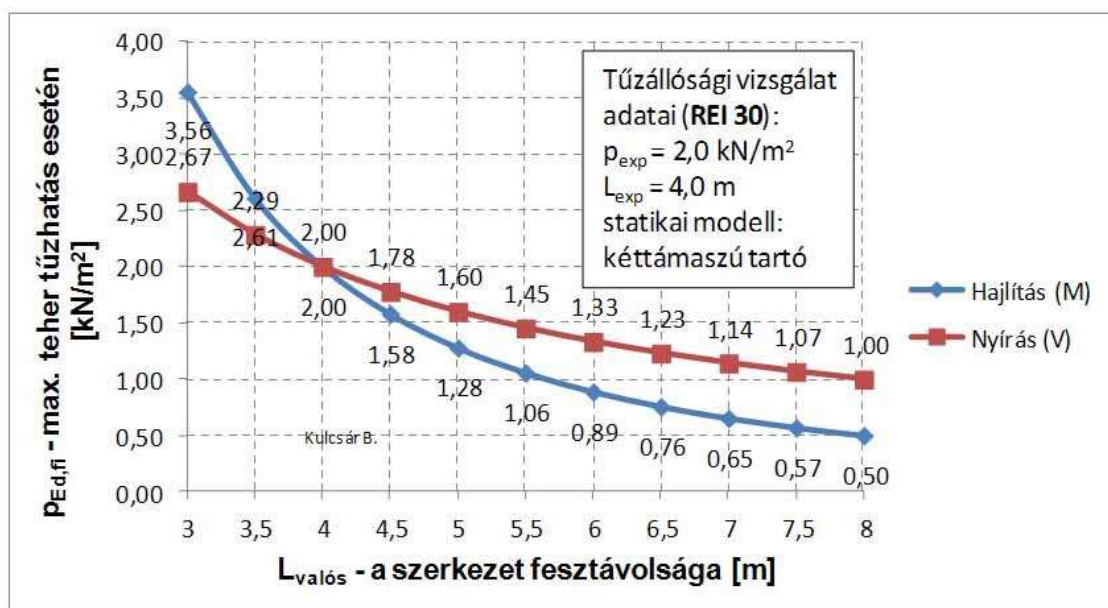
A vizsgálati eredmény kiterjesztése más fesztávok esetén az alábbi megengedett teherrel lehetséges, a kísérlettel megegyező tűzállósági határérték mellett (statikai modell: kéttámaszú tartó).

$$\max p_{Ed,fi} = \sum p_{exp} \cdot \frac{L_{exp}^2}{L_{valós}^2} \quad \text{és} \quad \max L_{valós} = L_{exp} \sqrt{\frac{p_{exp}}{p_{Ed,fi}}} \quad \text{hajlításra,}$$

$$\text{ill. } \max p_{Ed,fi} = \sum p_{exp} \cdot \frac{L_{exp}}{L_{valós}} \quad \text{és} \quad \max L_{valós} = L_{exp} \cdot \frac{\sum p_{exp}}{p_{Ed,fi}} \quad \text{nyírásra.}$$

ahol p_{exp} és L_{exp} a kísérleti összteher és fesztáv, $p_{Ed,fi}$ és $L_{valós}$ pedig a tűzhatásnak kitett valós szerkezetre működő összteher és fesztávolság.

Egy acél trapézlemez fődémen $p_{exp} = g_k + q_{exp} = 0,35 + 1,65 = 2,00$ kN/m² össz kísérleti teherrel, és $L_{exp} = 4,0$ m fesztávolsággal kéttámaszú tartóként elvégzett sikeres tűzállósági vizsgálat esetén a 8. ábra szerinti diagram adható a tűzvédelmi tervezésre.



8. ábra. Egy acél trapézlemez fedém tűzállósági vizsgálati eredményeinek kiterjesztése

A vizsgálati fesztáv fölötti alkalmazások esetén jellemzően a nyomatéki ellenállásból számított maximális teher a mértékadó, míg a vizsgálati fesztáv alatti alkalmazás során a nyírási ellenálláshoz tartozó. Az önsúly és a rendkívüli hőteher $p_{\text{Ed,fi}} = 0,55 \text{ kN/m}^2$ számértéke miatt a 6. ábrán bemutatott fedém maximum $L = 7,50$ fesztávolságig alkalmazható, gépészeti teher fennállása esetén ($p_{\text{Ed,fi}} \approx 0,75 \text{ kN/m}^2$) pedig $L = 6,50$ m támaszközig.

Az acél trapézlemez tetőfedémek szabványos tűzállósági kísérletével REI 15-30 tűzállósági teljesítmények igazolhatók, melyekhez szükséges adatokat az Építőipari vagy Európai Műszaki Engedély – mint műszaki specifikációk – és a TMI ill. a CPR-koncepció [25] szerinti teljesítmény-igazolás tartalmazhatnak.

Hőszigetelés nélküli egyrétegű acél trapézlemez tetőfedémek az I kritériumot triviálisan nem tudják teljesíteni. A magas hőmérsékleten bekövetkező nagy alakváltozásuk miatt a lemezek tömitései az E kritérium előírásait a vonatkozó vizsgálati jegyzőkönyvek alapján jellemzően 15 percig tudják igazoltan teljesíteni (ÉME [26]).

Az „igazolt” teljesítés hangsúlya a cikk szerzőjének véleménye szerint nem jelenti azt, hogy a trapézlemez tetőfedés az igazolt tűzállósági határérték alatt érdemi hő- és füstelvezetésre lenne képes (vö: OTSZ 2011 [8], 343. §, jelen cikk 3. szakasza).

Az acél anyag jellegéből adódóan megnyúlik, kötél alakot vehet fel, de a megnyíló rések és hézagok mérete elégtelen a hő- és füstelvezetéshez szükséges fedém-nyílásméretre képest. Az OTSZ 2011 [8] 508. § c) szerinti E<15 kritérium így – pusztán az acél trapézlemez tetőfedés okán – nem teljesül a hő- és füstelvezetés létesítésének mellőzésére. Különösen akkor nem, ha az alkalmazott fesztáv épp meghaladja az ÉME-ben előírt maximális értéket (vö: OKF állásfoglalás [27]). Acél trapézlemez tetőfedémek esetén a hatékony hő- és füstelvezetést csak tetősíki nyílásokkal biztosítható.

Működő hő- és füstelvezetést anyagukban csak olyan fedések tudnak biztosítani, melyek a tűzben előálló magas hőmérsékleteken is ridegen, „szilánkos jelleggel” törnek, mint pl. a szálcement hullámlemez és az üveg fedések. A tervezett OTSZ 5.0-ban [9] ezért célszerű lenne ezt a feltételt a ténylegesen beépíthető anyagokkal nevesíteni.

5.3. Tűzvédelmi burkolatos tetőfödémek

Magasabb tűzállósági teljesítmény-követelmények esetében ($TH \geq 45$ min), ha részletes tűzmodellekkel nem lehetséges vagy nem gazdaságos a szerkezeti elem hőmérséklet-eloszlásának meghatározása, az acél trapézlemez födém alsó tűzvédelmi elburkolása válhat szükségessé.

Az OTSZ 2011 [8] szerint ez ált. $N \geq 4$ szintes épületek – I. tűzállósági fokozat esetén $N \geq 2$ épületek - ill. legalább II. tűzállósági fokozatú csarnokok tetőfödéménél fordulhat elő, maximális értéke: max tetőfödém $TH = 90$ min. A tervezett OTSZ 5.0 [9] alapján a fenti előírás jellemzően közepes kockázatú (KK) épületek és a magas kockázatú (MK) csarnokok esetén állhat elő, maximális értéke: max tetőfödém $TH = 60$ min.

Esztétikailag nem igényes - pl. álmennyezeti – terekben szórt tűzvédelmi habarcs alkalmazható. Ezek szükséges rétegvastagsága $TH = 60 - 90$ min esetén mintegy 15 - 35 mm. A habarcs jellemzően horganyzott vagy nyers acélfelületre vihető fel, a műanyag bevonatos vagy festett felületeken a tapadása a gyakorlatban ritkán felel meg.

Esztétikai követelmények esetén a tűzvédelmi lemezes burkolatot – álmennyezetet – az acél trapézlemezhez rögzíthető, segédszerkezettel. Hidrotermikus kalciumszilikát vagy rostsilikát (A1) lemezek esetén a $TH = 90$ min követelmény általában 2×15 mm réteggel teljesíthető. Tűzvédelmi gipszkarton lemezek (A2) a fenti előírásnak történő megfelelése mintegy $3 \times 12,5$ mm réteg beépítésével lehetséges.

Tűzvédő festés alkalmazását a trapézlemez magas, ált. 1000 [1/m] fölötti szelvénytényezője nehezíti. E paramétertartományt a termékek tűzvédelmi műszaki specifikációi jellemzően már nem tartalmazzák.

5.4. Beépített tűzoltó berendezések által biztosított védelme

Az ipari, tárolási vagy közösségi csarnokokban és épületekben létesülő beépített oltó záporberendezések a tüzeket jellemzően már a lokális stádiumukban elfojtják. A hazai beavatkozási tapasztalatok alapján a sprinkler rendszerrel felszerelt épületekben keletkező tüzek mintegy 90%-ában 1-4 szórófej nyit meg, a láng csóvája ritkán ér el a tetőfödémig.

A felszálló meleg füst hozzávetőleg 100 – 200 °C hőmérsékletű, a tetőfödémet a saját gázhőmérsékletére sem képest felhevíteni, így az acél trapézlemez hőfoka alulmúlja a javasolt $\square_{crit} = 350^\circ\text{C}$ kritikus hőmérsékletet a sprinkler rendszer előírt üzemidejéig (REI 30 - 90).

Vízköddel vagy gázzal oltók által védett terekben még kedvezőbb hőmérsékleti viszonyok alakulnak ki tüzek esetén, ezért a szerkezet e védelmi módok esetén is megfelel.

ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

Acél trapézlemez vékony profillemes termékek, melyekkel nagy fesztávolságú tetőfödémek is költségtakarékosan megépíthetők. A szerkezeti anyag nem éghető, de a tűzben előálló magas hőmérsékleteken gyorsan szilárdságát veszti, ezért a trapézlemez, mint szerkezeti elem a teherbírási funkciója tekintetében (R) csekély tűzállósági határértékkel rendelkezik. Az e szerkezeti elemekkel épített tetőfödémek tűzvédelmi tervezése és az elbírálás szakhatósági munkája is fokozott gondosságot kíván.

Egyrétegű acél trapézlemez tetők tűzvédelmi osztálya horganyzott lemezeknél A1, műanyag bevonat alkalmazása esetén a bevonat-vastagság függvényében A1-A2 lehet.

Közetgyapot hőszigeteléses, lágyfedéses trapézlemez tetőfödémek tűzvédelmi osztályát javasolt tűzállósági kísérlet részeként meghatározni, mert a jelenlegi építési gyakorlatban alkalmazott 0,12 - 0,2 mm vastag PE fólia párazáró réteg fűtőértéke is meghaladja az A2 tűzvédelmi osztály küszöbértékét. A kísérlettel bebizonyítható, hogy a párazáró fólia gyors égése – annak ellobbanása miatt - nem járul hozzá érdemben a szerkezet lánggal égéséhez, és a szerkezeti rendszer ezzel az A2 tűzvédelmi osztályba sorolható.

Az EPS hőszigetelésű acél trapézlemez tetőfödémek a B tűzvédelmi osztállyal jellemezhetők.

A védelem nélküli acél trapézlemez tetőfödém R(EI) 15 tűzállósági teljesítménye Eurocode-szerinti statikai és termikus számítással az általános ISO-zárttéri tűzgörbével is csak abban az esetben igazolható, ha az acélszerkezet normál hőmérsékleti kihasználtsága alacsony. Ez gazdaságtalan tervezéshez vezethet. Emiatt – tisztán számításos módszer esetén - javasolt a tér funkciója, szerkezete, a benn tárolt anyagok és a szellőzési-geometriai viszonyok alapján részletes tűzmodellek használata.

Típus-szerkezeti rendszerek esetén a tűzállósági kísérlettel segített tervezés kedvezőbb eredményekhez vezethet. Az eredmények általános használhatósága miatt a vizsgálati tűzhatás alsó oldali ISO zárttéri tűzgörbe szerinti. A teherbíráshoz (R) igazolt tűzállósági határérték esetén a kísérleti eredmények kiterjesztésén alapuló mérnöki módszerrel határozható meg a valós feszítávolságokhoz és tartószerkezeti rendszerhez megengedett maximális teher a tűzhatás alatt. Az EI teljesítmény-jellemzőkhöz megállapított tűzállósági határérték teljesüléséhez elegendő a rendszer-felépítés betartása az építés helyszínén. A kísérlettel segített tervezéssel általában REI 15 – 30 tűzállósági teljesítmények igazolhatók, a konkrét terhelés függvényében. Az igazoláshoz szükséges adatokat az ÉME, ETA műszaki specifikációk illetve a TMI és a CPR-filozófiájú teljesítmény-igazolások tartalmazzák.

Megjegyezzük továbbá, hogy egyrétegű trapézlemez tetőkhöz kiállított specifikációk – adott feltételekkel – általában RE 15 illetve E 15 teljesítményt igazolhatnak. Az egyik feltétel – pl. feszítáv – túllépése nem jelenti azt, hogy az E kritériumhoz tartozó tűzállósági határérték ne teljesülne, azt pedig egyáltalán nem hogy az esetlegesen megnyíló résekkel hatékony hő- és füstelvezetés jöjjön létre. Annak biztosítására az acél trapézlemez tetőfödémek csak tetősíki nyílásokkal alkalmasak. Anyagában is megfelelő tetőfedést a szálcement- és üveglemezek tudnak biztosítani.

$TH \geq 45$ min REI-követelmény és ISO-zárttéri tűzgörbe esetén a tetőfödém alsó burkolása válhat szükségessé, mely tűzvédelmi lemezekkel vagy tűzvédelmi habarccsal egyaránt megoldható.

Aktív tűzvédelmi rendszerek üzemeltetése esetén védelem nélküli acél trapézlemez tetőfödém kritikus hőmérséklet fölé történő hevülésével a beépített oltóberendezés üzemidejéig nem kell számolni, addig a tetőfödém szerkezete a REI-kritériumnak megfelel.

Felhasznált irodalom

- [1] Dachaufbau für Flachdach mit Trapezblech, <http://www.ki-smile.de/kismile/view105,2,851.html>, FH Potsdam, letöltés: 2013.05.09.
- [2] Beda L.: Tűzmodellezés és tűzkockázat-elemzés, SZIE-YMÉK, 2010.
- [3] Walton W.D., Thomas P.H.: Estimating temperatures in compartment fires, In: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 2002, 3rd Ed., Section 3, Chapter 6, pp. 3-171-188.
- [4] ATF-kísérlet: Tűzvizsgálói tanfolyamon végzett 1:1 kísérlet, Pilisvörösvár, 2007
- [5] MSZ EN 1993-1-2, Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre, 2012
- [6] Kulcsár B.: Tartószerkezetek tűzvédelme. Elektronikus tananyag, SZIE-YMÉK Tűzvédelmi és Biztonságtechnikai Intézet, 2009
- [7] Budapest, XVI. ker. Arany János utcai Ikarus-csarnok tüzesete 2006.03.08., www.langlovagok.hu, letöltés: 2013.05.12.
- [8] OTSZ 2011, a 28/2011. (IX.6.) BM-rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról

- [9] OTSZ 5.0, Országos Tűzvédelmi Szabályzat tervezete, 2013. május
- [10] MSZ EN ISO 1182. Termékek tűzveszélyességi vizsgálatai. A neméghetőség vizsgálata, 2010 (angol nyelvű)
- [11] MSZ EN 13501-1:2007 + A1:2010. Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 1. rész: Osztályba sorolás a tűzveszélyességi vizsgálatok eredményeinek felhasználásával (angol nyelvű)
- [12] MSZ EN ISO 1716. Építési termékek tűzveszélyességi vizsgálatai. A bruttó égéshő (fűtőérték) meghatározása, 2011 (angol nyelvű)
- [13] Kulcsár B.: Tűzvédelmi statikai állásfoglalás raktárépület tetőfödéméhez, 2012
- [14] VdS 2516. Kunststoffe. Eigenschaften, Brandverhalten, Brandgefahren. 2010
- [15] MSZ EN 1363-1. Tűzállósági vizsgálatok. 1. rész: Általános követelmények, 2010
- [16] MSZ EN 1365-2. Teherhordó elemek tűzállósági vizsgálata. 2. rész: Födémek és tetők, 2000 (angol nyelvű)
- [17] MSZ 14800-1. Tűzállósági vizsgálatok. Épületszerkezetek tűzállósági határértékének vizsgálata. 1989.
- [18] MSZ EN 1991-1-1. Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei, 2005
- [19] MSZ EN 1991-1-3. Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher, 2005
- [20] MSZ EN 1990. Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai, 2011
- [21] Dunai L., Horváth L.: Vékonyfalú acél trapézlemez fedések tűzállósága. Kutatás-fejlesztési jelentés. BME Hidak és Szerkezetek Tanszék, 2011, Lindab Kft.
- [22] ISO 834-1. Fire resistance tests. Element of building constructions. Part 1: general requirements.
- [23] NIST, FDS-Pyrosim 2012: Fire dynamics simulator and graphical user interface. User manual. Thunderhead Engineering. New York, 2012
- [24] MSZ EN 1991-1-2. Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-2. rész: Általános hatások. A tűznek kitett szerkezeteket érő hatások, 2005
- [25] CPR. Construction Product Regulation. Építési termék rendelet. 35/2011/EU Bizottsági rendelet, Brüsszel
- [26] Építőipari Műszaki Engedély (ÉME: A-804/1991.) és az utóellenőrzés eredménye (UE: A-2157/2009) eredménye Lindab hidegtető fedésekről (e cikkben felhasznált fedés: LTP45/0.5 acél trapézlemez)
- [27] OKF 2591-2/2011./ÁLT. sz. állásfoglalása acél trapézlemez hidegtetővel létesített csarnokok hő- és füstelvezetésével kapcsolatban