

OPTIMÁLIS PASSZÍV TŰZVÉDELEM TERVEZÉSE ACÉLSZERKEZETEKRE

Szakál Regina / tartószerkezeti tervező, tűzvédelmi szakmérnök, Dunamenti Tűzvédelem Zrt.

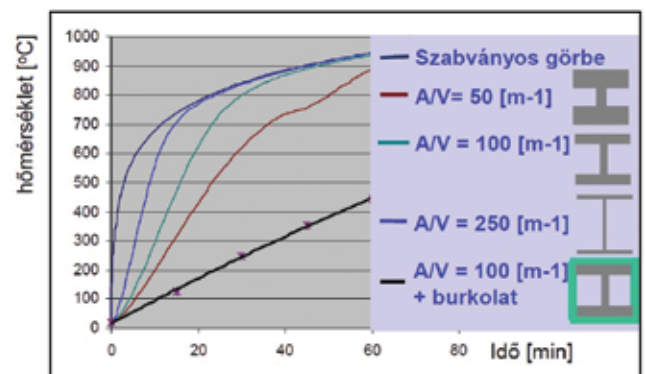
Bevezetés

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat követelményeit kielégítő műszaki megoldásokat tartalmazó Tűzvédelmi Műszaki Irányelv folyamatos tematikus fejlődésével egyre nagyobb igény van arra, hogy az acélszerkezetek passzív tűzvédelme kézzelfogható és kellőképpen pontosan megoldható legyen, amihez elengedhetetlen a szerkezeti elemek egyedi kritikus hőmérsékletének ismerete. Egyrészt így lehetséges szakszerű védelemmel ellátni az épületeket, másrészt gazdaságossági szempont is, hogy minden elem csupán a szükséges védelmet kapja. Felmerül azonban az a kérdés, milyen kritikus hőmérséklet adható meg olyan esetben, amikor nem készül egyedi tartószerkezeti vizsgálat. Jelenleg az a tapasztalat, hogy a tartószerkezeti tervezők nincsenek felkészítve ennek az elvégzésére, illetve a szoftverek között is csak kis számban érhető el a tűzbeli mechanikai vizsgálati modul. A következő bemutatás gondolatébresztésként szolgálna arról, hogy milyen hatással van a kritikus hőmérséklet a védelem kialakítására és milyen tényezők módosítják az értékét. Emellett egy másik fontos kérdés a komplex tűzvédelmi vizsgálatoké, azaz, milyen elveken alapulnak és hogyan alkalmazhatók a szerkezetvédelem megoldására.

Kritikus hőmérséklet és szelvénytényező a tűzvédelmi bevonat rétegvastagságának meghatározásához

Egy adott szerkezeti elem tűzállósága, illetve a szükséges védelmének mértéke a kritikus hőmérsékletével és a profiltényezőjével jellemezhető. A kritikus hőmérséklet az a pont, amelynél az acélelem elveszíti teherbírását a csökkentett mechanikai hatásokkal szemben. Minél magasabb ez a hőmérséklet, annál több teherbírás tartalékkal rendelkezik a szerkezet a rendkívüli tűzterhelés esetére, tehát kisebb hőszigetelő réteggel elegendő védeni a megfelelő működésének megtartása érdekében. A szelvénytényező pedig a felmelegedés mértékét mutatja, azaz hogy milyen

saját ellenállása van a szelvénynek a hőmérséklet emelkedésével szemben. A szelvénytényező (jelölése A_m/V az angolszász, vagy U/A jelölés a német terminológiában) az adott szerkezeti elem hőhatásának kitett kerületének és területének hányadosa, tehát minél karcsúbb egy szerkezeti elem, annál nagyobb ez a tényező és ezzel összefüggésben annál nagyobb védelemre van szüksége a felmelegedés ellen (1. kép).

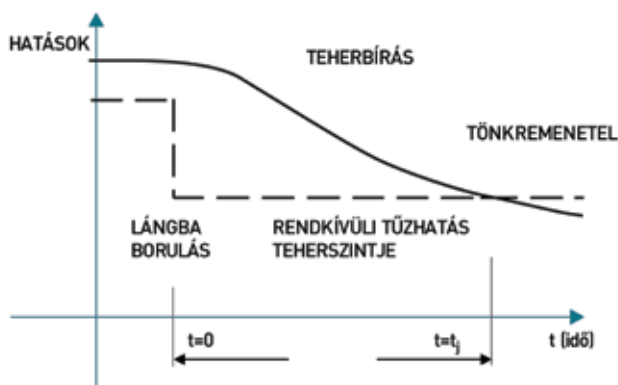


1. kép: Különböző profiltényezőjű védelem nélküli acélelemek felmelegedése az ISO834 szabványos tűzgörbe hatására, illetve egy tűzvédelmi burkolattal ellátott elem hőmérséklete

A fentiekből nyilvánvaló, hogy milyen fontos az egyedi kritikus hőmérséklet ismerete annak érdekében, hogy optimális védelem készüljön az adott szerkezetre. A jelenleg érvényben lévő vizsgálati szabványok, az MSZ EN 13381-4 és -8 lehetőséget is adnak erre, ugyanis 9 kritikus hőmérsékletet definiálnak 350-750°C-ig, ellentétben a régi MSZ 14800-1 szabvánnyal. Ez utóbbi egyetlen kritikus hőmérsékletet, az 500°C-ot használta minden nyitott szelvényre, amelynek minden lemezvastagsága elérte az 5mm-t, és ehhez kapcsolódóan határozta meg az adott tűzállósági követelmény kielégítéséhez szükséges tűzvédelmi bevonat vastagságát. Ehhez képest jelenleg bonyolultabb a rétegvastagság meghatározása, azonban segíti a szakszerű, versenyképes megoldásokat.

Kritikus hőmérséklet befolyásoló tényezői

A kritikus hőmérséklet számításához elengedhetetlen a tartó terhelésének és statikai vázának, egyzónával a keletkező igénybevételek ismerete. Az Eurocode 1 szabvány [1] azzal a feltételezéssel él, hogy kis valószínűséggel érik az épületet a tűzhatással egyidejűleg maximális értékükön egyéb tervezési hatások, ugyanis egy tűz az épület feltételezett élettartamához viszonyítva elenyésző hosszúságú (50 éves élettartam összevetve 30-120 perccel). Így áll elő a rendkívüli tűzhatás alacsonyabb teherszintje (2. kép), amelyre mindemellett az EC1-1-2:4.1 (4) pontja szerinti elv vonatkozik, miszerint szabványos tűzhatásra vizsgált szerkezeteken nem kell figyelembe venni a szomszédos elemekről átadódó közvetett, gátolt alakváltozásból származó hatásokat. A rendkívüli teherkombinációban minden jellegű teher biztonsági tényező nélkül veendő figyelembe. Az állandó terhek tüzeset során is teljes értékűen jelen vannak, az esetleges terhek pedig a vizsgált szerkezet rendeltetésétől (tető, közbenső födém funkciója), vagy valószínűsített jelenlététől és a többi hatás együtthalásának valószínűségétől függően csökkentve kerül számításba.



2. kép: A teherbírás leépülése és a tűzbeli hatás

Például tűz esetén egy irodaépület közbenső födéméről feltételezzük, hogy a szinten tartózkodók már a tűzjelző riasztására kimenekültek, a berendezések, gépek maradnak csupán a födém terheként, így a hasznos terhek felét kell számításba venni a teherkombináció összeállításakor. Egy másik jellegzetes példa az ipari csarnok tetőgerendája, ahol nem kell figyelembe venni egyidejűleg a szél- és hóterhet, ezek közül csak az egyik hatása érvényesül redukált értékével. Azonban nem csupán e csökkentés mértékétől függ, hogy mennyire épülhet le az acél teherbírása. Kiemelten fontos az is, hogy a teljes terhelés milyen arányban oszlik meg az állandó, azaz a nem csökkenthető és a csökkenthető változó terhek között. Vegyük

az előbbi két szemléletes terhelési példát: az acélgerendákkal megtámasztott vasbeton födém, amelyen irodai funkció működik, illetve egy könnyűszerkezetes fedéssel ellátott ipari csarnok tetőgerendáját. Az előbbi esetben az állandó terhek még nagyobbak is lehetnek, mint a változó hatás mértéke. Ilyenkor az 50%-os csökkentéssel nagyjából a harmadával lesz alacsonyabb a terhelés, mint normál hőmérsékleten, így a mechanikai csökkentő tényezők alapján látszik, hogy nagyjából 500°C körül lesz a kritikus hőmérsékletük. Míg az utóbbi esetben a mértékadó hőterher 2-3-szor nagyobb, mint egy trapézlemez vagy szendvicspaneles tetőfedés által kialakuló önsúly jellegű teher. Ráadásul a súlyozásnál nagyobb részben számító hőterhet nagyobb mértékben is csökkentjük, így nagyjából az eredeti teher harmada működik a szerkezeten rendkívüli tűzhatás alatt. Ez már magasabb kritikus hőmérsékletet eredményez, jellemzően 600°C is igazolható lesz ebben az esetben.

A fenti két terhelési esetet vizsgáltam különböző befogási viszonyokkal és geometriával annak érdekében, hogy az eredményeken keresztül látszódnak a fontos tendenciák, összefüggések a kritikus hőmérsékletre vonatkozóan (1. táblázat). A gyakorlati és e számítások tapasztalatai alapján elmondható, hogy a régi szabvány 500°C-os közelítése a kritikus hőmérsékletre, nyilvánvalóan a biztonság javára, de egészen jól lefedi, hogy milyen mértékig engedhető a szerkezet felmelegedése. Ennél alacsonyabb hőmérsékletet csak a kimagaslóan karcsú elemeknél kaptam, amelyek normál hőmérsékleten sem gazdaságosak, tehát ritkán használt konstrukciók. A vizsgált gerendatípusok jellemző tönkremenetele a stabilitásvesztés kifordulásra, tehát további vizsgálatokat igényelnek az egyéb tönkremeneteli módok, például a nyomott oszlopok, amelyeknek a kihajlási tönkremenetele jellemző, illetve olyan szerkezeti elemek, amelyeknél

Mélyen hengert profilok (1. és 2. keresztmetszeti osztályúak)	Gerenda típusok jellemző tönkremenetel: kifordulás)	irodai közbenső födém vb. födém + hasznos teher; $\psi=0,50$		ipari csarnok tető könnyű burkolat + hőteher; $\psi=0,20$	
		Karcsúság λ	θ_{cr} [°C]	Karcsúság λ	θ_{cr} [°C]
		Kétcsuklós gerenda	< 50	500	< 50
	> 50	450	> 50	600	
Konzolos gerenda	< 50	500	< 50	550	
	> 50	450	> 50	550	

1. táblázat: Kritikus hőmérsékletek funkció, karcsúság és statikai váz függvényében

ezek interakciója is felléphet. Tehát az, hogy milyen magas hőmérsékleten megy tönkre az adott szerkezeti elem, nagymértékben függ a befogási viszonyoktól, a működő igénybevételektől és az elem karcsúságától is. Emellett fontos ismét kiemelni, hogy az állandó terhek és a változó hatások egymáshoz viszonyított aránya is rendkívül fontos, mint az látszik az épület funkciója szerinti jelentős hőmérsékleti különbségekből.

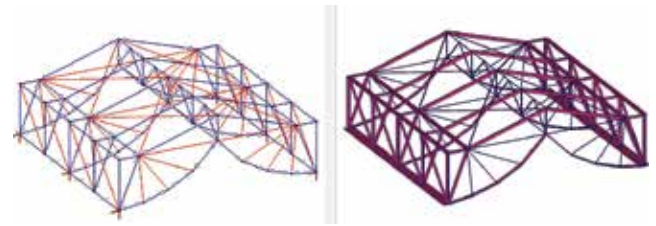
A táblázat (1. táblázat) ugyan csak a végeredményeket mutatja, de fontos megfigyelése volt a készítéséhez szükséges számításoknak, hogy milyen mértékben befolyásolja a normál hőmérsékleti tervezés a tűzbeli tartálékokat a tartóban. Normál hőmérsékleti körülmények között 80 és 99% közötti kihasználtságok jellemzőek tervezéskor, azonban tűzhatás során ez a közel 20%-os mozgástér akár 40°C-os különbséget módosíthat a kritikus hőmérséklet értékében. Közeli 5%-os kihasználtság növekedés azt eredményezi, hogy a szerkezeti elem 10°C-kal alacsonyabb hőmérsékleten megy tönkre.

Aszakmai szempontokon túl természetesen kiemelten fontos a gazdaságosság és versenyképesség a projektek kivitelezésénél. Legszembetűnőbb egy példán keresztül lehet bemutatni az egyedileg számított kritikus hőmérséklet jelentőségét. Az idei évben készült a szombathelyi uszoda rekonstrukciója, ahol a tető- és burkolattartó szerkezet 30 perces tűzállósági követelményét Polylack W hőre habosodó festékekkel biztosítottuk az elemek egyedi kritikus hőmérsékletére



3. kép: A szombathelyi uszoda rekonstrukciója – tetőszerkezet és burkolattartó rendszer (burkolattal és nélküle)

alkalmazott rétegvastagságokkal. Az elsődleges tartó szerkezet kéttámaszú, konzolos acél rácsos tartókból áll, amelyekhez az álmennyezet ferde helyzetű köracélokkal van felfüggesztve (3. -4. kép).

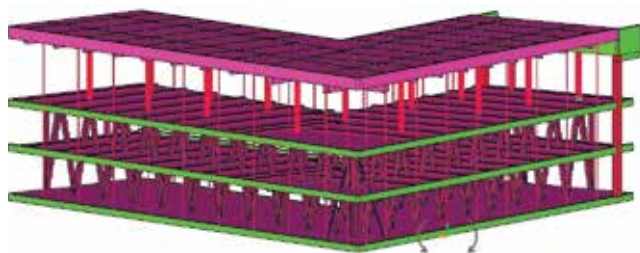


4. kép: A szombathelyi uszoda tetőszerkezetének és burkolattartó rendszerének térbeli statikai modellje

Egy elem, az I140-es keresztartó kivételével minden egyéb helyen magasabb hőmérséklet (600-650°C jellemzően) engedhető meg 500°C-nál, így a szükséges rétegvastagságok jelentősen csökkentek, tehát a felhasználandó festékmennyiség is. A festendő felület több, mint 4000 m², amelyre a régi szabvány által alkalmazott 500°C-kal 4255 kg névleges festékmennyiség szükséges, míg a számított hőmérsékletek segítségével ez 2279 kg-ra csökkent, ami 54%-a az eredeti mennyiségnek. Érzékelhető tehát a számokból, hogy nem elhanyagolható a megtakarítás mértéke.

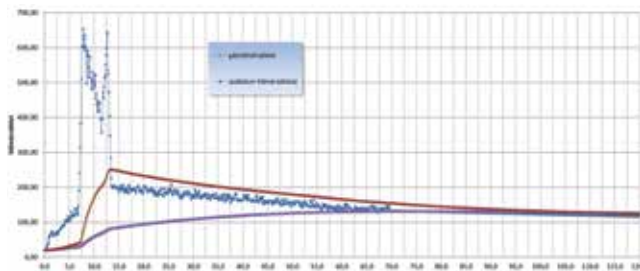
Komplex tűzvédelmi vizsgálatok acél tartószerkezeten

Manapság a mérnöki módszerek alkalmazása a tűzvédelem terén egyre elterjedtebb, egyrészt az összetett követelmények kielégítése teszi szükségessé, másrészt pedig a tűzvédelmi berendezések, intézkedések optimalizációja. Azonban egy ilyen komplex tűzvizsgálat szerkezeti szempontból más alapelveken nyugszik. Ugyanis a hőmérséklet felfutása, azaz a termikus hatás a térben egyedileg, az éghető anyagok jelenléte és a helyiség funkciója alapján kerül számításra, amely jellemzően a szabványos tűzgörbéknél alacsonyabb hőterhelést eredményez a szerkezetre. Ilyenkor a közvetett hatások nem elhanyagolhatóak: a szerkezeti elemek gátolt alakváltozása, a keresztmetszeten belüli hőmérsékletkülönbség, a csatlakozó szerkezeti elemek eltolódásának, hőtágulásának hatása. A közvetett hatásokból a használati terhekhez képest jóval magasabb igénybevételek keletkezhetnek, tehát jelentősen befolyásolják a tönkremenetelt. Ilyen vizsgálat készült például egy jelenleg is futó projekthez, a Telekom Székház épületében található (5. kép) acél rácsos szerkezetű átjáró hídhoz, amelynek kapcsán a 120 perces tűzállósági követelmény megoldása került felülvizsgálatra.



5. kép: Telekom Székház épületének acélszerkezetű átjáró hídjának térbeli látványterve

Első lépésként a termikus hatás FDS tűzszimulációval került számításra egy NFPA által valós tűzteszt alapján validált széktűz definiálásával, illetve a helyiség valós geometriájával, beépített tűzjelző és oltóberendezéseivel. Az így kapott hőmérséklet-idő görbe szolgált alapul az EC3-1-2 [2] szerint a védelem nélküli acélelemek felmelegedésének számítására, amelyre a rácsos tartó felső övének példáját mutatja a 6. kép. A gáz-hőmérséklet emelkedését késleltetve követi az acél szerkezeti elemé, amely így meg sem közelíti azt a kiugrásszerű csúcst (kb. 650°C összevetve 250°C-kal), amely viszonylag rövid idő után visszaesik 200°C-ra.



6. kép: Az acél rácsos tartószerkezet felső övének felmelegedése adott tűzgörbe hatására – HEB320 profil háromoldali tűzhatásnak kitéve

A tartószerkezet elemei kivétel nélkül olyan hőmérsékleten maradtak, amelyen a folyáshatár csökkentését még nem kell figyelembe venni ugyan, de a stabilitási vizsgálatokkor is szerepet játszó rugalmassági modulusát már igen. Azonban a híd esetében nem a közvetlen mechanikai hatások okozzák a tönkremenetelt, sokkal veszélyesebbek a vasbeton merevítőfalakhoz csatlakozás miatt a gátolt alakváltozásból keletkező többlet-igénybevételek. Tehát a védelem kialakításának az a célja jelen esetben, hogy olyan hőmérsékleten tartsa a szerkezetet, amelyen még nem alakul ki olyan mértékű hőtágulás, amely ne tudna lezajlani a támaszokon, illetve a gátolt alakváltozások korlátozva legyenek, és ne okozzanak tönkremenetelt. Ennek megoldását, tehát a hőmérséklet korlátozását a 6. kép harmadik görbéje, az EC3-1-2 [2] szerint számított védelemmel ellátott elem hőmérséklete mutatja. A teljes

szerkezetet tekintve pedig a vizsgálatokból az derült ki, hogy csak a hosszirányú gerendák védelmére van szükség, amelyek a híd két végén az épület vasbeton szerkezetéhez csatlakoznak, tehát a rácsos tartó alsó és felső öve, illetve a közbenső szintet hordó gerenda igényel passzív tűzvédelmi megoldást. A húzott felkötések működése nélkül is megfelelnek a keresztartók rendkívüli tűzhatás során, így a zártszelvényű rudak védelme nem vált szükségessé. A saroknál két felkötő és két ferde rúd nyomott elemként működik, ezek megtámasztó hatására tűz esetén is szükség van, így a védelmükről szintén gondoskodni kell. A többi elem védelem nélkül is megfelelő teherbíróképességgel rendelkezik a definiált tűzhatás során, amellyel szintén nagymértékű megtakarítást értünk el.

Összefoglalás

Összességében elmondható, hogy a kritikus hőmérséklet számos tényezőtől függ. A fenti bemutatás ugyan nem teljes körű, nem vizsgált minden egyes terhelési esetet, szelvénytípust és funkciót, azonban jól mutatta, mennyire érzékeny ezekre a tényezőkre az eredmény. Tehát nehezen meghatározható egy olyan hőmérséklet, amely minden esetben használható és egyben gazdaságos megoldást eredményez. Több igénybevételi eset, funkció és geometria vizsgálata pedig az eredmények felhasználását, értelmezését nehezítené. Nyilvánvaló, hogy szükség van egy kiindulási alapot biztosító közelítésre, de mindemellett kiemelten fontos az optimális védelem érdekében a kritikus hőmérséklet egyedi számítása. A tűzállósági teljesítmények és megoldások komplex vizsgálata pedig a jellemzően alacsonyabb hőmérsékleti terhelések mellett részletesebb mechanikai vizsgálatokat követel a szerkezetekkel szemben, így biztosítva a megfelelő biztonsági szintet. Azonban még így is számos megtakarítás érhető el használatukkal, nem véletlenül igényli egyre több projekt ezt az analízist.

Irodalomjegyzék

- [1] MSZ EN 1991-1-2:2005: Eurocode 1: A tartószerkezetet érő hatások. 1-2.rész: Általános hatások. A tűznek kitétt szerkezetet érő hatások
- [2] MSZ EN 1993-1-2:2005: Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-2.rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre