

Huszár Zsolt – Majorosné Lublói Éva Eszter –
Kátai-Urbán Lajos

Az építőipari segédstruktúrák által okozott súlyos balesetek alapeseményeinek és megelőzési lehetőségeinek vizsgálata

Az építőipar világszerte az egyik legveszélyesebb iparág, amelyben a dolgozókat mindennap súlyos baleseti kockázatok fenyegetik. Ez az ágazat a különböző munkafolyamatok és a veszélyes környezet miatt különösen hajlamos a munkahelyi balesetekre. Az építőipari balesetek egyik leggyakoribb esete az ideiglenes struktúrák területén bekövetkezett szerkezeti baleseteké és a jelentős tüzeseteké. Ezek közé tartozik többek között a homlokzati és a teherhordó állványzatok, valamint a betonszerkezetekhez alkalmazott zsaluzati rendszerek összeomlása. Az ideiglenes struktúrák építése, teher alatti használata, valamint az elbontásuk során bekövetkező balesetek elkerülésére dokumentálható megelőzési tervet készíthetünk, amelyhez a lehetséges balesetek okainak feltárását tartalmazó átfogó vizsgálat szükséges. Ennek első három lépése a struktúrák műszaki kialakításának ismertetése, alkalmazási technikájuk elemzése, valamint a leggyakoribb építési és bontási hibák, emberi mulasztások vizsgálata. A tanulmány célja, hogy bemutassa, és vizsgálatokkal igazolja, hogy lehet új módszertant kidolgozni, amellyel ezek a súlyos, akár katasztrofális hatással is járó balesetek elkerülhetők.

Kulcsszavak: építőipar, zsaluzat, homlokzati állvány, baleset, megelőzés, munkavédelem

Bevezetés

A munkabalesetet az 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről úgy határozza meg mint az a baleset, amely a munkavállalót a szervezett munkavégzés során vagy azzal összefüggésben éri, annak helyétől, időpontjától és a sérült munkavállaló közrehatásának mértékétől függetlenül. A munkavégzéssel összefüggésben következik be a baleset, ha a munkavállalót a foglalkozás körében végzett munkához kapcsolódó közlekedés, anyagvételezés, anyagmozgatás, tisztálkodás, szervezett üzemi étkeztetés, foglalkozás-egészségügyi szolgáltatás és a munkáltató által nyújtott egyéb szolgáltatás igénybevétele során éri.

A munkahelyi balesetek a munkavégzés során bekövetkező, nem kívánt események, amelyek sérülést, egészségkárosodást vagy halált okozhatnak. Ezek a balesetek nemcsak az érintett munkavállalókra és családjaikra vannak hatással,

hanem jelentős gazdasági és társadalmi következményekkel is járnak. A biztonságos munkakörnyezet kialakítása és a megfelelő kockázatértékelési, valamint baleset-megelőzési intézkedések alkalmazása elengedhetetlen a munkahelyi balesetek számának csökkentése érdekében.

A munkabalesetek alakulása fontos indikátora egy ország munkavédelmi helyzetének és munkahelyi biztonságának (BUJNÓCZKI 2017). Magyarországon az elmúlt évtizedben folyamatosan változó gazdasági, technológiai és jogszabályi környezetben kellett a vállalatoknak és a munkavállalóknak alkalmazkodniuk a biztonsági előírásokhoz. A statisztikai adatok elemzése alapján megfigyelhető, hogy bár a munkavédelmi intézkedések fejlődtek, a munkabalesetek száma továbbra is jelentős kihívást jelent.

Építőipari balesetek

Az Országos Munkavédelmi és Munkaügyi Főfelügyelőség (OMMF), valamint a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai szerint az elmúlt tíz évben a munkabalesetek száma Magyarországon ingadozó tendenciát mutatott. 2013 és 2019 között a munkabalesetek száma folyamatos növekedést mutatott, ami részben a munkaerőpiac bővülésével és az ipari termelés növekedésével magyarázható. 2020-ban a Covid-19-járvány hatására csökkent a bejelentett munkabalesetek száma, ami a gazdasági leállásokkal és az otthoni munkavégzés elterjedésével állt összefüggésben. 2021-től ismét növekedés volt tapasztalható, főként az építőipar és a feldolgozóipar területén.

A halálos kimenetelű munkabalesetek száma évről évre ingadozott, azonban a tendencia azt mutatja, hogy az ipari és építőipari munkaterületeken kiemelten magas a halálesetek aránya. A legsúlyosabb évek közé tartozott 2018 és 2019, amikor a halálos munkabalesetek száma meghaladta a 80 főt évente. 2020-ban a járvány miatt csökkent a halálos balesetek száma, azonban 2021-ben és 2022-ben ismét emelkedő tendencia volt megfigyelhető.

A munkabalesetek megoszlása ágazatonként eltérő, az adatok alapján az alábbi szektorokban fordul elő a legtöbb munkabaleset. Az építőiparban a magasból leesések, az építési területeken előforduló balesetek, például az anyagmozgatás és a földmunkák során történők gyakoriak. A feldolgozóiparban a gépi berendezésekkel kapcsolatos balesetek, a vágások, a törések és az égési sérülések jellemzők. A mezőgazdaságban gépkezelési hibák, állatokkal kapcsolatos balesetek fordulnak elő, míg a közlekedési és logisztikai szektorban a gépjárművezetők balesetei és a rakodás közbeni sérülések a jellemzők.



6.1. ábra. A KSH közlése szerinti halálos munkabalesetek száma nemzetgazdasági ágak szerint

Forrás: 4.1.1.45. A munkabalesetek száma nemzetgazdasági ágak szerint [é. n.]

A Központi Statisztikai Hivatal adatait tekintve (6.1. ábra) a halálos munkabalesetek ágazati megoszlásánál szintén első helyen szerepel az építőipar.

Az építőipar világszerte az egyik legveszélyesebb iparág, amelyben a dolgozókat mindennap súlyos baleseti kockázatok fenyegetik. Ez az ágazat különböző munkafolyamatok és veszélyes környezetek miatt különösen hajlamos a munkahelyi balesetekre (SZERÉNYI 2017).

Az építőipari balesetek többféle formát ölthetnek. A leggyakoribb típusok a következők:

- leesés a magasból;
- segéd- és ideiglenes szerkezetek összeomlása;
- árkok és munkagödrök beomlása;
- munkaeszközök és gépek okozta balesetek;
- tárgyak leesése;
- elektromos balesetek;
- a fizikai megterhelésből eredő balesetek.

Az építőipari balesetek közül kiemelkedően magas arányban fordulnak elő magasból való lezuhanások, amelyek nem csupán súlyos sérülésekhez vezetnek, hanem gyakran halálos kimenetelűek. Az ilyen típusú balesetek gyakran kapcsolódnak

állványzathoz, létrákhoz, tetőszerkezetekhez, illetve nem megfelelően biztosított munkaállványokhoz. A veszély különösen magas azokban az esetekben, amikor a munkavégzés több méter magasságban történik, és a munkavállalók nincsenek megfelelően kiképezve vagy felszerelve az esések elleni védekezésre.

A magasból való lezuhanás nemcsak egyéni tragédia, hanem súlyos gazdasági és társadalmi következményekkel is jár. A sérült munkavállaló hosszú távon ki-eshet a munkaerőpiacról, rehabilitációs ellátásra szorulhat, miközben a munkáltató számára nagy anyagi terhet jelenthet a baleset következményeinek kezelése.

Az építőipari segédszerkezetek, különösen a zsaluzatok és a teherhordó nehézállványok baleseti forrásai és azok megelőzésének lehetőségei

A segédszerkezetek összeomlásának leggyakoribb esetei a vasbeton szerkezetek építésénél használatos zsaluzati rendszerek katasztrófái. A zsaluzatokkal kapcsolatos baleseteket általában két nagy csoportra lehet osztani: vízszintes szerkezetek összeomlása és függőleges zsaluszerkezetek tönkremenetele, szétszakadása.

Vízszintes zsaluzatok

Vízszintes zsaluzatok alatt általában a födém- és konzoloslemez-zsalukat, a gerendazsalukat, valamint a lépcső zsaluzatát értjük. A födémzsaluzatok közül Magyarországon a legelterjedtebb zsaluzati rendszer a fatartós födémrendszer. Szerkezete egyszerű, fő- és fióktartós rendszeren alapul, ahol a végső teherátadás az acéltámaszokon keresztül történik az alsó födémre.

Általában a fő- és fióktartók azonos keresztmetszetű ragasztott fatartók, I profilú kialakítással. A főtartókra általában a nyírástönkremenetel, míg a fióktartókra a hajlítástönkremenetel a jellemző túlterhelés esetén. A zsaluzat beton felőli felületét a háromrétegű ragasztott fenyő zsalutáblák alkotják, azonban gyakori a fenolbevonatos rétegelt lemez használata is. Miután a fatartók egymáshoz való illesztése, kapcsolata nem fix kötésű, csak fektetett, illetve átlapolt kialakítású, ezért nagyon jól követhető vele a változatos geometriájú alaprajzú szerkezetek zsaluzása. Természetesen használatos az alumíniumkeretes födémzsalurendszer is, valamint annak ejtőfejes változata, azonban keretrendszere miatt kötöttebbek a geometriai lehetőségei.

Függőleges zsaluzatok

A függőleges zsaluzatok csoportjába a fal- és pillérzsaluzatok tartoznak. A falzsaluzatok a korszerű zsaluzati rendszerben gondolkodva két fő csoportra oszthatók szerkezetük alapján: fatartós rendszerű nagy táblás zsaluzatok és keretes zsalurendszerek.

A fatartós nagy táblás falzsaluzatok szerkezeti elvüket tekintve inkább a múltat idézik modern köntösben. Ez azt jelenti, hogy a klasszikus faltartók helyett modern, ragasztott I szelvényű fatartók veszik fel a terhet, és adják át a korszerű dupla U profilú keresztartókra. Héjazata ragasztott rétegeltlemez-tábla, fenolbevonattal, azonban szabad éllelkel.

A keretes zsalurendszerek jellemzően acél tartókeretbe foglalt rétegeltlemez-zsaluhéjjal rendelkeznek. Ezek a legkülönbözőbb táblaszélességektől, általában 10–15 cm-es raszterugrásokban, szintmagas (270–300–330 cm), illetve fél elem magasságú (120–150 cm) elemekig, gyorsrögzítő kapcsokkal illeszthető rendszerek. Daruval, illetve kézi erővel (szintmagas táblák esetében ezek alumíniumkeretesek) mozgatható szerkezetek.

A földémszaluzatok összeomlása

A legtöbb földémbaleset a szerkezet betonozásakor következik be. Az egyik ok a már többször említett vízszintes terhek nem megfelelő felvétele. Ilyenkor az ékelés vagy az andráskeresztek hiányában a zsaluzat vízszintesen, oldalirányba kimozdul, és összeomlik. A másik oka a hirtelen túlterhelés lehet, amely sűrű konzisztenciájú beton esetén előfordulhat, ha valamilyen oknál fogva a betonszivattyú nincs folyamatos mozgásban, és egy helyre akár fél vagy egy köbméter betont is kinyomhat, ami 3–4-szeres túlterhelést okozhat a földémnek.

Ilyen esetekben leggyakrabban a fatartók teherbírása merül ki, és egyszerűen eltörrik, magával húzva a zsalutáblákat a betonacéllal és a betonnal együtt. Hasonló baleset történhet, ha nem a statikai tervek alapján történik a zsaluzat helyszíni szerelése, a tartók kiosztása, túlterhelés jön létre, és leszakad a földém (HUSZÁR – MAJOROSNÉ LUBLÓY 2022).

Gyakori eset a konzolos erkélylemezek leszakadása a zsaluzat vízszintes kihorgonyzásának hiánya miatt. Konzolok esetében a zsaluzatot nem lehet a síkban két irányban kiékelni, csak andráskeresztekkel vagy földszint feletti lemez esetén ferde kitámasztásokkal lehet a szerkezetet stabilizálni. Sokszor a kivitelező

azt feltételezi, hogy a konzol negatív nyomatékú vasai, amelyek vissza vannak kötve a födémbe, a zsaluzat vízszintes terheit felvevő horgonyként működhetnek. A betonacél-szerelést szigorúan tilos az építés alatt bármilyenű terhek felvételére használni.

Különösen veszélyesek azok a konzolos megoldások, ahol hőhid-megszakító elemek vannak beépítve a lemez és a födém közé. Itt ugyanis minimális a konzolba, illetve a lemezbe benyúló toldás nélküli vashossz, vagyis azok a betonozás előtt és alatt semmiképp nem tudnak horgonyként működni.

A kétoldali falzsaluzat szétszakadása

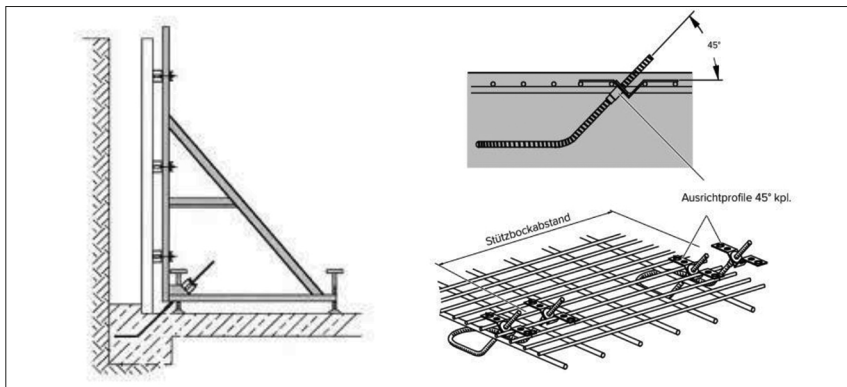
A korszerű keretes falzsalut összekötő elemek, az úgynevezett gyorskapcsok feladata összekapcsolni a táblákat, és biztosítani a zsaluzat síktartását. Robusztus, erős kapcsok ezek, azonban tévhit, hogy a beton nyomásának felvételére is alkalmasak lennének, mivel ezeknek a kapcsoknak a teherbírása nem több mint 8,00 kN. Az acélkereten keresztül átdott betonnyomást, amely elérheti a 90kN/m² is, az átkötési csavarszárnak, vagyis a menetbordás betonacéloknak kell felvennie.

Amennyiben ezek a csavarszárok nincsenek minden táblacsatlakozásnál befűzve, akkor a betonnyomást a kapcsoknak kellene felvennie, amire nincsenek méretezve. Ilyen esetekben bizonyos betonmagasság felett a kapcsok eltörnek, szétszakadnak, és a zsaluzat kinyílik. Azontúl, hogy a készülő vasbeton szerkezet tönkremegy, a nagy nyomással kiömlő beton elsodorja az ott tartózkodókat. Amennyiben ez több emelet magasban lévő függeszto állványon van, akkor a beton mindent letaszít a mélybe.

Az egyoldalú falzsaluzat káresetei

Az egyoldalú falzsaluzatok jellemző kialakítása, amikor a készülő vasbeton fal-szerkezet egyik oldalán már meglévő szerkezet van, például résfal vagy cölöpfal. Ilyenkor az építendő falnak csak az egyik oldalát zsaluzzuk be. A kétoldalú falzsalunál a betonnyomást az egymással szemben lévő zsalutáblák közti menetbordás betonacél veszi fel, azonban ez a módszer az egyoldalú zsaluk esetén nem alkalmazható.

Ilyen esetekben a zsaluzatot nagy teherbírású támasztó bakokkal kell gyámolítani, amelyek a betonnyomást az alaplemezbe bebetonozott horgonyokon



6.2. ábra. Az egyoldalú falzsalu kitámasztása, horgonyzása

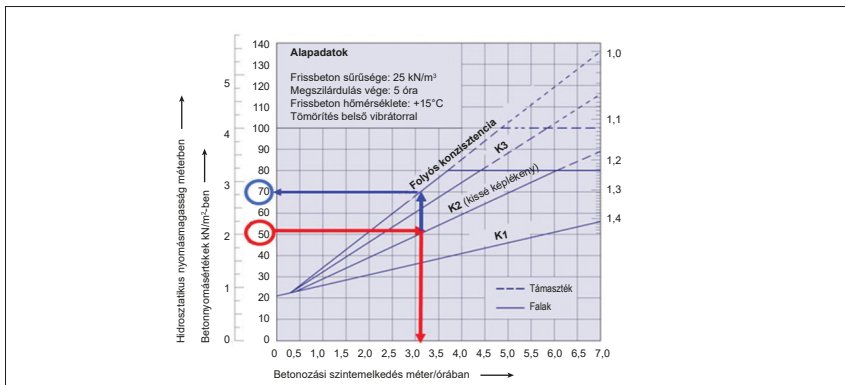
Forrás: Safescreen [é. n.]

keresztül tudják felvenni. Gyakori baleseti forrás, amikor az előre bebetonozandó menetbordás betonacél horgonyokat rossz magasságra kötik be az alaplemez vasalásába a betonozása előtt. Amennyiben a felső hálózathoz betonozzák be, akkor a fellépő 80–100 kN-os erők hatására az alaplemez felső öve felszakad, és a robusztus bakokkal együtt szétszakad a zsaluzat.

Másik jellemző hibaforrás, amikor nem használják az alaplemezbe elhelyezendő horgonyokat (6.2. ábra), hanem csak hagyományos ferde támasszal próbálják felvenni a betonnyomást (SZERÉNYI–BÁRSONY 2020). Ilyen esetekben a beton nyomásából kialakuló rúdirányú erő függőleges komponense miatt a zsaluzat felemelkedik, és alul nagy nyomással kiömlik a beton. A leggyakoribb sérülés ilyenkor a dolgozók lábtörése.

A statikai vizsgálatok figyelembevétele

A földemzsaluzatok esetén általában a balesetek nem a tervezett betonnyomás hirtelen megnövekedésétől következnek be. A földem betonozásakor a folyós beton területe miatt a zsaluzatot nem igazán lehet túlterhelni, még figyelmen kívül hagyható vagy hibás betonpumpa esetén sem. Ez azt jelenti, hogy egy átlagos 20–25 cm vastag földemlemez esetén ez a hirtelen bekövetkező lemezvastagság maximum másfél-kétszerese lehet a tervezettnél. Figyelembe véve a beton átlagos 2300 kg/m³-es testsűrűségét ez a többletterhelés maximum 450–500 kg/m² zsalu



6.3. ábra. A betonnyomás alakulása a hidrosztatikus nyomásmagasság függvényében

Forrás: Safescreen [é. n.]

extra terhet jelent a zsaluzatra. Ez a biztonsági tényezők figyelembevételével nem jelent túl nagy kockázatot.

Ezzel ellentétben a falzsaluzatoknál súlyos veszélyt jelent a nem tervezett betonnyomás. Az átlagos korszerű keretes falzsaluzat teherbírása 60 kN/m². Ez vibrált beton esetén a beton hidrosztatikai nyomását figyelembe véve azt jelenti, hogy a betonozási sebesség korlátozása nélkül két – két és fél méter magas zsaluzatot lehet bebetonozni biztonsággal. Ennél magasabb vasbeton falak építése esetén alkalmazni kell a betonozási sebesség korlátozását. Ezt szemlélteti a 6.3. ábra.

Elemzés

A fentiek alapján elmondható, hogy a zsalubalesetek nagy része emberi mulasztás miatt következik be, ami megelőzhető lenne. A zsaluzatok összeszerelésénél a legnagyobb probléma a művezetés hiánya, illetve a végeredmény szakszerűtlen ellenőrzése. Korábban, a 60–70-es években is történtek balesetek, azonban akkoriban inkább a gyenge emelőszerkezetek és a munkavédelem hiánya okozta ezeket (HUSZÁR – MAJOROSNÉ LUBLÓY – KÁTAI 2024).

A mai korszerű építéstechnika ellenére a szakértelem hiánya okozza a legtöbb balesetet. Míg korábban a zsaluzási munkát ácsbrigádok végezték szakképzett munkavezetőkkel, addig ma a LEGO-jellegű elemes rendszerek összerakását már betanított munkások végzik, sokszor hiányos műszaki ismeretekkel. Nem

tudják felmérni a baleset veszélyét, mert nincsenek tisztában a beton nyomásával, súlyával, nem ismerik a zsaluszerkezetek teherbírását, statikai terhelhetőségüket. Nagyobb műszaki fegyelemmel a balesetek elkerülhetők lennének.

A szakaszbiztonsági modell

A balesetek elkerülésének módszerére a következő szakaszbiztonsági modellt dolgoztuk ki. A szakaszbiztonsági modell öt lépésből álló, szakaszalapú megelőző módszertan, amely a zsaluzási munkák minden fázisát külön kockázati egységként kezeli. A modell célja, hogy a leggyakoribb összeomlási okokat a kivitelezés logikájába beépítve semlegesítse, nem utólagos ellenőrzéssel, hanem előzetes biztonsági tervezéssel.

A modell első eleme a stabilitási előfeltételezés, vagyis az alapszintű biztosítás. Minden zsaluzási munka kizárólag akkor kezdhető meg, ha az alátámasztást biztosító felület geotechnikailag és statikailag igazoltan teherbíró. Alapelve, hogy semmilyen zsaluzati elem nem építhető „később biztosítjuk” alapon.

A második elem a szakaszolt szerelési-teherbírási összerendelés. Minden szerelési fázishoz meg kell határozni a maximális ideiglenesen megengedett terhelést, és ezt a dolgozók felé jelöléssel és oktatással is kommunikálni kell. Például az első szakaszban teheranyag nem helyezhető el, vagy csak 3–5 fő tartózkodhat a szerkezeten.

A harmadik elem a helyszíni terhelési-figyelési protokoll. A kivitelezés során mobil mérőeszközökkel (például lehajlásmérő, betonnyomás-érzékelő stb.) kell követni a zsaluzat állapotváltozásait, úgymint süllyedés, kilengés, tehereloszlás-változás. Riasztási küszöbök állíthatók be kritikus értékekhez.

A negyedik elem a dinamikus betonozási algoritmus. A betonozás során nem szabad szakaszfüggetlenül vagy irányítás nélkül haladni, hanem a szerkezeti viselkedés szerint kell haladni, például belső zónák előbb, peremrészek utána. A betonszivattyú kezelője statikai utasítás alapján dolgozik, nem rutinból.

Az ötödik elem a tudásalapú jogosultsági rendszer. A zsaluzási munkákhoz szerepköralapú jogosultság szükséges: csak képzett személy állíthat össze támaszrendszert, csak jogosult kezelő helyezhet el betonacélt vagy betont, minden fázis végén kijelölt szakértői ellenőrzés szükséges. Nem elég az általános munkavédelmi oktatás, konkrét zsaluzási jogosultság kell.

A módszertani előnyök közé tartozik, hogy rendszerszintű, nem a végső ellenőrzésre épít, hanem a folyamatba ágyazott biztonságra. Szakaszos és rugalmas, minden zsaluegység külön értékelhető. Technológiai nyitottság jellemzi, beépíthető

digitális érzékelés vagy BIM-alapú figyelés. Tudásorientált, a legnagyobb kockázati tényezőt, az emberi hibát képzéssel és szerepkiosztással szorítja vissza.

A homlokzati állványok katasztrófáinak vizsgálata, elemzése, a balesetek megelőzésének vizsgálati, kutatási és fejlesztése

A homlokzati állvány ideiglenes, általában moduláris felépítésű térbeli szerkezet, amelyet épületek külső homlokzatán végzett építési, felújítási, karbantartási vagy szerelési munkák biztonságos elvégzésére használnak. Feladata, hogy teherbíró munkafelületet és közlekedési útvonalat biztosítson a munkavállalók, a szerszámok és a kisebb építőanyagok számára a homlokzat teljes magasságában.

A moduláris állványrendszer

A moduláris állványrendszer olyan munkavégzést, védelmet és megtámasztást szolgáló állványzat, amely sokoldalúan felhasználható, moduláris csomóponti állványrendszerként. A teherhordó függőleges állványcsövek Ø 48,3 mm átmérőjű acélcsővekből készülnek, amelyeken 50 cm-enként hegesztett rozettaelemek találhatóak. Ezek a rozettaelemek lehetővé teszik akár nyolc csatlakozás létrehozását, vízszintes és átlós irányban egyaránt.

A vízszintes merevítők hossza változó, így az állványzat alapterülete derékszögű vagy ferde szögű lehet. A vízszintes merevítők szabványos hosszmeretei a következők: 0,74 m, 0,82 m, 0,9 m, 1,01 m, 1,13 m, 1,25 m, 1,5 m, 1,8 m, 2 m, 2,5 m, 3 m, 4 m. Ezek a szabványos méretek elősegítik a munkavégzést, a védelmet, a zsaluzati vagy madárkalitka típusú állványzatok gyors és optimális térbeli kialakítását. A moduláris koncepció különösen ideális lépcsőháztornyok, pódiumok, lelátók stb. kialakításához. A vízszintes és átlós merevítők mindkét vége speciális csatlakozókkal és beépített ékkel van ellátva, amelyek lehetővé teszik a gyors és biztonságos rögzítést a függőleges rozettaelemekhez.

Keretes homlokzati állványok

A homlokzati keretes állványrendszerek az építőiparban alkalmazott állványtípusok közül az egyik legelterjedtebb és leggyakrabban használt megoldást jelentik

a függőleges, külső síkon végzett építési és felújítási munkák biztonságos kiszolgálására. Ezt a típusú állványrendszert elsősorban vakolási, hőszigetelési, festési, nyílászárócseréhez kapcsolódó munkálatok, valamint tetőszegélyhez vagy homlokzati elemekhez történő hozzáférés céljából telepítik.

A keretes állványokat jellemzően épületek homlokzatánál állítják fel, tehát a sík mentén követik a fal kontúrját, és keretes rendszerük révén gyorsan, szabályozott módon szerelhetők össze (HUSZÁR – MAJOROSNÉ LUBLÓY 2023). Legnagyobb előnyük az egyszerű, előre gyártott, szabványosított elemekből való összeállíthatóság, amely nemcsak felgyorsítja a kivitelezést, hanem a munkavégzés biztonságát is nagymértékben növeli.

A keretes állványrendszer biztonságát az átlós merevítők, a homlokzathoz való mechanikus rögzítések, valamint az állvány teljes geometriájának stabilitása biztosítja. Az állványt rendszerint az épülethez kell rögzíteni acél kötőelemekkel, amelyeket falkapcsok vagy dübelezett rögzítőhorgonyok közvetítenek. Ezek a horgonyzások minden szinten, meghatározott vízszintes és függőleges osztásban helyezkednek el, figyelembe véve a szélterhelést, az állvány magasságát és a várható terhelést.

Az ilyen típusú állványok jellemzően 20–40 méter magasságig alkalmazhatók gazdaságosan, azonban speciális kialakítással akár 60 métert is elérhetnek. A keretes rendszer teherbírása munkaszintenként általában 150–300 kg/m² közötti, így elegendő 2–3 dolgozó, a munkához szükséges anyagok és szerszámok biztonságos elhelyezésére.

A homlokzati állványok összeomlásának okai, a balesetek elemzése

A homlokzati állványok statikai és biztonságtechnikai rendszerek, amelyeknek célja a magasban történő munkavégzéshez szükséges biztonságos munkafelület és közlekedési út biztosítása. Mivel ezek az állványrendszerek ideiglenes szerkezetek, statikai kapacitásuk korlátozott, és érzékenyek a kivitelezési hibákra, a karbantartási hiányosságokra és a külső hatásokra. Az állványrendszer összeomlása nem csupán szerkezeti károkat, hanem személyi sérüléseket vagy halált is okozhat.

Nem megfelelő statikai tervezés

Az egyik leggyakoribb strukturális ok a hiányos vagy hibás statikai számítás. A homlokzati állványoknak meg kell felelniük az MSZ EN 12810 és az MSZ

EN 12811 szabvány előírásainak, amelyek meghatározzák a szerkezeti elemek teherbírását, a lehajlási határokat, a stabilitási kritériumokat és a csatlakozási követelményeket. Amennyiben az állvány méretezése nem veszi figyelembe a tényleges terheléseket, például szélteher, hőteher, anyaghalmozás, akkor a szerkezet nem lesz képes a biztonságos teherviselésre.

A megelőzés módjai közé tartozik a statikai méretezés minden konkrét helyszínre és felhasználási célra, a gyártói rendszerengedélyek és rendszerleírások pontos követése, a helyszínspecifikus szélteher és geotechnikai adottságok figyelembevétele, valamint a szakértői tervek jóváhagyása és dokumentálása.

Helytelen vagy hiányos kivitelezés

Az állvány összeomlásához vezethet a szerelés során elkövetett hibás gyakorlat, például a hiányzó merevítők, a túl kevés vagy rosszul rögzített horgonyzás, a nem rendszerazonos elemek alkalmazása vagy a járófelületek nem megfelelő rögzítése. A kivitelezési hibák következtében az állvány elveszti globális merevségét vagy lokális stabilitását, ami oldalirányú vagy torziós instabilitáshoz vezethet.

A megelőzés érdekében a szerelést kizárólag képzett állványozó szakemberek végezhetik, a gyártó által előírt szerelési utasítások betartása kötelező, minden építési fázisban műszaki ellenőrzés szükséges, valamint dokumentált átadási-átvételi eljárás az állvány használatbavétele előtt.

Nem megfelelő alátámasztás és alapozás

Az állványok összeomlásának gyakori oka az egyenetlen vagy puha talajon történő hibás teherátadás. Az állítható, menetorsós lábak nem megfelelő szintezése, az elcsúszó fapallók vagy a csapadékos időszakban megcsúszó alátámasztás következtében az állvány lábai közül az egyik megcsúszhat, és az egész rendszer megbillenhet. A megelőzés módjai közé tartozik a talaj előzetes vizsgálata és szükség esetén teherbíró felület kialakítása, például betonlapok, acélgerendák, az állítható, menetorsós lábak precíz beállítása, vízszintezése műszerrel, lejtős terepen megfelelő alátámasztó szerkezetek (ékek, támgerendák) beépítése, valamint a rendszeres talajellenőrzés, különösen csapadékos időszak után.

Túlterhelés

A padlószintek túlterhelése (például építőanyag, zsákos ragasztó, vödörök, eszközök halmozott elhelyezése) meghaladja az állványtervben megengedett felületterhelést. Ez a járófelületek deformációjához vagy beszakadásához, hosszabb távon pedig a függőleges szerkezeti elemek túlterheléséhez vezet. A megelőzés érdekében szükséges a terhelési korlátok szigorú betartása (például 150–300 kg/m², a tervezési osztály szerint), a külön anyagfelhúzó platformok vagy emelőkosarak alkalmazása. A munkavezető feladata a rendszeres tehereloszlás-ellenőrzés, valamint a padlók vizuális ellenőrzése minden munkanap elején.

Időjárási hatások

Különösen veszélyes tényező a védőhálóval borított állvány, amely vitorlaszerű felületként működik nagy szélben. Az ilyen jellegű szélteher kritikus horgonyzási pontokat képes kiszakítani a falazatból, és az állvány billenéséhez vagy borulásához vezethet. A hó- és jégteher is túlterhelheti a szinteket, míg az eső csúszóssá teheti a járófelületeket. A megelőzés módjai közé tartozik a statikailag méretezett, rögzített védőháló használata, a szélterhelési zóna figyelembevétele a tervezés során, a munkamegszakítás előírása viharjelzés vagy szállókések esetén (>50–60 km/h), valamint az időjárási körülmények követése és a napi előrejelzés beépítése a munkaszervezésbe.

Karbantartási és ellenőrzési hiányosságok

Az állványrendszerek elhasználódása, használat közbeni kopása vagy sérülése meggyengíti a szerkezeti integritást. Ha a rendszeres vizsgálat és karbantartás elmarad, a meglazult csatlakozásokat, a sérült bilincseket, a repedezett padlólapokat és a rozsdás elemeket nem cserélik időben, ami váratlan szerkezeti hibákhoz vezethet (Safescreen [é. n.]). A megelőzés érdekében szükséges a szemrevételezéses ellenőrzés minden munkanap előtt, a sérült elemek azonnali kivonása a forgalomból, a havi részletes műszaki felülvizsgálat dokumentálása, valamint az állvány teljes vizsgálata rendkívüli időjárás vagy túlterhelés után.

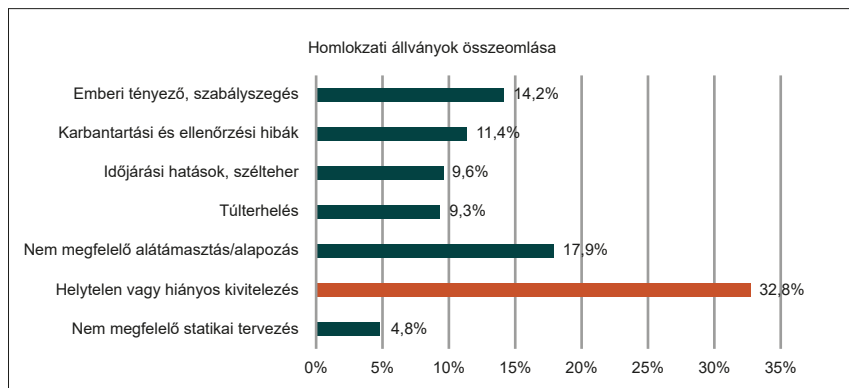
Emberi tényező – hibás használat, szabályszegés

A nem megfelelő oktatás, a munkafegyelem hiánya és a szabályok szándékos megszegése (például a védőkorlát eltávolítása, a szintek önkényes módosítása, az idegen elemek beépítése) fokozott balesetveszéllyel jár. A szervezetlen anyagmozgatás, a rendezetlen közlekedés, a nem kijelölt feljárók használata vagy a nem engedélyezett eszközök, például létra állványon belüli alkalmazása közvetlen baleseti kockázat.

A megelőzés érdekében szükséges az állványhasználati oktatás minden dolgozó számára, az írásos munkavédelmi szabályzat a helyszínen, a heti munkavédelmi bejárás és jegyzőkönyvezett ellenőrzés, valamint a felelős állványbiztonsági személy kijelölése.

Elemzés

A homlokzati állványok összeomlása ritkán egyetlen hiba következménye, sokkal inkább a tervezés, a kivitelezés, a használat és a fenntartás során egymásra épülő hiányosságok eredője. A rendszer biztonságos működése csakis akkor garantálható, ha minden szakaszban (a tervezéstől az elbontásig) szabványosított és dokumentált folyamatok mentén történik a munkavégzés. Az állvány nem csupán ideiglenes munkafelület, hanem komplex, önálló statikai rendszer, amely



6.4. ábra. Az állványok összeomlásának okai

Forrás: US Occupational Safety and Health Administration 2024

ugyanolyan figyelmet és szakértelmet igényel, mint az épület, amelyen dolgoznak. A megfelelő tudás, képzés, anyaghasználat, valamint a szakszerű ellenőrzés és karbantartás kulcsszerepet játszik abban, hogy az állvány ne veszélyforrás, hanem biztonságos munkakörnyezet legyen.

Elemezve az állványkatasztrófák okait (6.4. ábra) egyértelmű, hogy a vezető tényező a helytelen vagy hiányos kivitelezés 32,8%-kal. Amennyiben ehhez még hozzáadjuk az alapozási hibákat, valamint az ellenőrzés hiányosságainak hibáit, összességében az állvány átadásakor, vagyis a műszaki átadásakor ez az arány már 62,1%. A statisztikák, illetve a kivitelezői tapasztalat azt mutatja, hogy bármilyen gondossággal jár is el a kivitelező, nagyon gyakori a fenti hibaforrás. Ezért fogalmazódott meg a kérdés, hogy milyen módon lehetne ezeket a hibákat, ha nem is előre kiküszöbölni, de az átadás előtt 100%-os pontossággal megtalálni, és utána javítani.

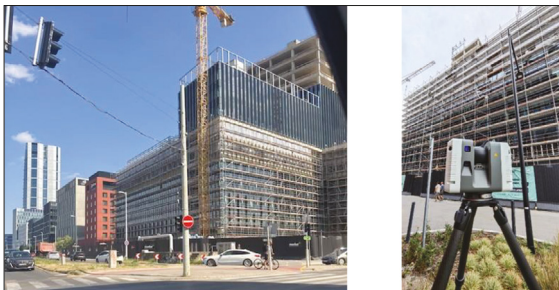
Új módszertan fejlesztése: a 3D-szkennelés alkalmazása

Az állványkatasztrófák megelőzésére a következő módszert dolgoztuk ki, amelyet a gyakorlatban egy budapesti építkezésen alkalmaztunk először (6.5. ábra).

Első lépésként az elkészült állványzatot LiDAR-szenzoros lézerszkennerral felmérjük, aminek eredményeként a térben pontok összetett halmazát, úgynevezett 3D pontfelhőt kapunk (6.6. ábra).

A pontfelhőből az Archicad építésztervező program segítségével 3D modellt készítünk, amelyen a teljes állványzat térben végigjárható. A kapott 3D modell segítségével olyan térbeli megvalósulási terv jön létre, amely minden részletében a valóságban megépített állványzatot ábrázolja, bármilyen nézetben, bármilyen járőrfelületi szinten, a legrészletesebb csomópontok megmutatásával.

A 6.7. ábrán a teljes állványfelületet mutatjuk meg axonometrikus ábrázolásban, míg a 6.8. ábrán egy lábdieszka rögzítését lehet elemezni, ahol jól láthatók az illesztések, az elemek kapcsolatai. Ezután két elemzőmódszer jöhet számításba a hibák feltárására. Az egyik, hogy a műszaki ellenőr manuálisan bejárja az állványzatot a monitor előtt ülve a 3D modell segítségével, és megkeresi a hibákat, vagy használva a mesterséges intelligencia programozható lehetőségét erre kifejlesztett hibakereső szoftverrel megkeresteti azokat. Csak ezen hibák kijavítása és visszaellenőrzése után kaphatná meg a kivitelező az állvány műszaki használhatóságának jogosítványát.



6.5. ábra. 3D szkennelés az állványról

Forrás: a szerzők felvétele



6.6. ábra. A 3D-s pontfelhő az állványról

Forrás: a szerzők szerkesztése



6.7. ábra. A 3D-s megvalósulási terv az állványról

Forrás: a szerzők szerkesztése



6.8. ábra. A 3D-s megvalósulási részletterr az állványról

Forrás: a szerzők szerkesztése

A 3D fotószkenner alkalmazása forradalmi előrelépést jelenthet a homlokzati állványok biztonsági ellenőrzésében. Az objektív és pontos mérési adatok alapján a rendszer lehetőséget biztosít a gyors döntéshozatalra, ami jelentősen csökkentheti a szerkezeti hibákból adódó balesetek kockázatát. Bár a technológia bevezetése kezdeti beruházást és speciális szaktudást igényel, hosszú távon az építőipari munkavégzés biztonságának növeléséhez és a munkabalesetek megelőzéséhez járulhat hozzá. Az automatizált ellenőrzési rendszerek alkalmazása így nemcsak a munkavédelmi előírásoknak való megfelelést segíti, hanem hatékonyabb és megbízhatóbb munkafolyamatot is eredményezhet.

Összefoglalás

Az építőipari segédszerkezetek közül a legismertebb és legtöbbet alkalmazott két típus, a vasbeton szerkezetek építésénél használt zsaluzatok és a szakipari munkáknál alkalmazott homlokzati állványok által okozott balesetek elemzésével és azok megelőzésével foglalkoztunk. A zsaluzatok építéskor, alkalmazásakor előforduló balesetek – amelyek jellemzően a zsaluzat összeomlását jelentik – elemzése nagyon heterogén munka.

A monolit vasbeton szerkezetek összes fajtáját még felsorolni is hosszú lenne, kezdve a lakó- és középületektől az ipari, közlekedési, vagy éppen a vízügyi létesítményekig, nemhogy azok építéstechnológiáját elemezni a zsaluzatokon keresztül. Éppen ezért az ezen szerkezetek által okozott balesetek is végtelen hosszú lajstromot alkotnak, sok-sok tényezővel számítva. Ezzel szemben a homlokzati állványok sokkal szűkebb műszaki tartalommal és jóval kevesebb alternatív lehetőséggel

bírnak, természetesen itt is találunk kivételeket, azonban a paletta sokkal kevésbé színes, mint a zsaluzatoké. Ez elmondható az általuk okozott balesetekről is.

Talán pont ezért a balesetek megelőzésének módszerére két különböző úton indultunk el a két szerkezettypusnál. A zsaluzatok esetében szakaszolt, megelőző módszertan alkalmazását javasoltuk, öt alappillírrre támaszkodva, amelynek szigorú betartása mellett várhatóan csökkenne a zsaluösszeomlással járó balesetek száma. Ezzel szemben az állványzatok esetén utólagos, nem folyamatos ellenőrzési módszertant fogalmaztunk meg. Újszerűsége a megvalósulási terv elemzésén alapul.

A hagyományos értelemben vett megvalósulási tervet a szerkezet, az objektum elkészülte után rajzolják meg, aminek a célja, hogy minden, ami az eredeti tervhez képest másképp épült meg, dokumentálva legyen. A mi esetünkben az állványzat megvalósulási tervét nem valaki tervezi vagy készíti el, hanem a fent említett pontfelhős mérésből, illetve az abból alkotott 3D modellből épül fel a valóság alapján. Ennek hibaelemzése és a hibák korrigálása után lenne csak kiadható az állvány használatbavételi műszaki engedélye.

Természetesen a két módszer kombinálva a leghatékonyabb. Persze a zsaluzatok esetében az effajta utólagos ellenőrzés módszeréhez még sok kérdést fog feltenni a mérnöktársadalom.

INVESTIGATION OF THE BASIC EVENTS AND PREVENTION POSSIBILITIES OF SERIOUS ACCIDENTS CAUSED BY AUXILIARY STRUCTURES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

The construction industry is one of the most dangerous industries worldwide, with workers at risk of serious accidents every day. This sector is particularly prone to workplace accidents due to different work processes and hazardous environments. One of the most common cases of construction accidents is of structural accidents and major fires in the area of temporary structures. These include, among other things, the collapse of façades and load-bearing scaffolding, as well as the formwork systems used in concrete structures. To avoid accidents during the construction and use of temporary structures under load, as well as accidents during their demolition, we can prepare a documentable prevention plan, which requires a comprehensive investigation that includes the exploration of the causes of possible accidents. The first steps of this are the description of the technical design of the structures, the analysis of their application techniques, and the examination of the most common construction and demolition errors and human errors. The aim of the study is to demonstrate and prove by studies that a new methodology can be developed to avoid these serious, even catastrophic accidents.

Keywords: construction, formwork, façade scaffolding, accident, prevention, occupational safety

Felhasznált irodalom

1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről.

4.1.1.45. *A munkabalesetek száma nemzetgazdasági ágak szerint* [é. n.]. Központi Statisztikai Hivatal. Online: www.ksh.hu/stadat_files/egc/hu/egc0043.html

ABAS, Nor Haslinda et al. (2020): Causes of Accidents Involving Scaffolding at Construction Sites. *Journal of Technology Management and Business*, 7(1), 75–86. Online: <https://doi.org/10.30880/jtmb.2020.07.08.007>

BALOGH K. et al. (2018): *Munkahelyi egészség és biztonság az építőiparban*. Budapest: [k. n.].

BERGER Ádám et al. (2024): The Importance of the Resistance of Reinforced Concrete Remediation Bunds, Improvement Options. *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi online tudományos folyóirat*, 9(Különszám), 18–24.

BUJNÓCZKI Tibor (2017): *Munkavédelem munkáltatóknak, munkavállalóknak*. Piliscsév: Műszaki.

ÉRCES Gergő et al. (2023): Fire Safety in Smart Cities in Hungary with Regard to Urban Planning. *Journal of Integrated Disaster Risk Management*, 13(2), 104–128. Online: <https://doi.org/10.5595/001c.91474>

HOFFMANN, Friedrich H. (1993): *Schalungstechnik mit System*. Berlin: Bauverlag.

HUSZÁR Zsolt (2023): Comparative Analysis of Sliding Formwork Systems and Self Climbing Formwork Systems and Their Work and Accident Protection. *American Journal of Research Education and Development*, 4, 62–75.

HUSZÁR Zsolt – LUBLÓY Éva Eszter (2023): Homlokzati állványtüzek. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(4), 91–101. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.4.7>

HUSZÁR Zsolt – MAJOROSNÉ LUBLÓY Éva Eszter (2022): Construction Accidents of Reinforced Concrete Structures Due to Formwork Collapse. *American Journal of Research Education and Development*, 2, 31–45.

HUSZÁR Zsolt – MAJOROSNÉ LUBLÓY Éva Eszter – KÁTAI-URBÁN Lajos (2024): Frequent Formwork Accidents During the Construction of Monolithic Reinforced Concrete Structures, Including Causes and Prevention. *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi online tudományos folyóirat*, 9(Különszám), 60–67. Online: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/17971/14791>

KANYÓ Ferenc – VARGA Ferenc (2016): Sportcsarnoktűz a Testnevelési Egyetemen. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 23(1), 47–49.

KAPU László (2012): *Monolit vasbeton szerkezetek. Fortélyok és praktikák a tervezéstől a megvalósításig*. Budapest: TERC Kft.

NAGY Csaba [é. n.]: Munkabalesetek – mennyire veszélyes az építőipar? *Építő Élet*. Online: www.epitoelet.hu/munkabalesetek-mennyire-veszelyes-az-epitoipar/

NOWOBILSKI, Tomasz – HOŁA, Bożena (2021): The Qualitative and Quantitative Structure of the Causes of Occupational Accidents on Construction Scaffolding. *Archives of Civil Engineering*, 65(2), 121–131. Online: <https://doi.org/10.2478/ace-2019-0023>

Safescreen [é. n.]. *Hünnebeck*. Online: www.huennebeck.com/safescreen

US Occupational Safety and Health Administration (2024): *Commonly Used Statistics: Most Frequently Violated Standards*. Online: <https://www.osha.gov/data/commonstats>

