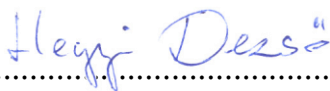


STATIKAI SZAKVÉLEMÉNY

Budapest
IX. kerület
Haller utca 54.

társasház lépcsőszerkezetének
tartószerkezeti vizsgálata

Készítette:



.....
/ Dr. HEGYI Dezső /
okl. építésmérnök
tartószerkezeti szakértő
SZÉS-1-T 01-9529
ny. a.: 21-0481

Budapest, 2023. május

1. ELŐZMÉNYEK

1.1 A MEGBÍZÁS TÁRGYA

2023 március 29-30 éjszaka leszakadt a Haller utca 54. alatti társasház cselédlépcsője. A leszakadt szerkezetet, a társasház főlépcsőházát és a körfolyosókat a Fépkar Kft. megbízásából Csurilla Imre felelős szakértő és Ozsváth Attila szakértő vizsgálták meg. A szakvéleményt 2023. 04. 24. dátummal adták ki.

A szakértők megállapították, hogy a körfolyosó rossz állapotban van, a felújítása, megerősítése fél éven belül javasolt. Továbbá megállapították azt, hogy a főlépcső szerkezete rossz állapotban van, megerősítése javasolt. A lépcsőnél rideg tönkremenetelre kell számolni, amit nagyobb alakváltozások nem fognak előre jelezni. Megerősítési tervet készítettek a lépcsőhöz.

Az épületet üzemeltető Ferencvárosi Vagyonkezelő és Városfejlesztő Zrt. lezárta a lépcsőházat és ideiglenes lépcsőt épített az udvarra.

A Vagyonkezelő felkérte a Nyomásvonal Kft.-t (képviseli Dr. Hegyi Dezső), hogy vizsgálja felül az elkészült szakvélemény lépcsőházzal szülő részét és a lépcső megerősítési tervét, mint tervellenőr.

A helyszínt előzetesen 2023. április 13-án látogattam meg, majd a Vagyonkezelő képviselőivel és a szakértőkkel helyszíni bejárást tartottunk 2023. április 26-án.

1.2 A SZAKVÉLEMÉNY KÉSZÍTÉSE SORÁN FELHASZNÁLT SZABVÁNYOK ÉS DOKUMENTUMOK, SZAKIRODALOM

A szakvélemény készítése során az alábbi szabványokat, szabályzatokat és táblázatokat használtuk fel:

- Eurocode 0: A tartószerkezetek tervezésének alapjai, MSZ EN 1990:2005
- Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások MSZ EN 1991:2005
- TSZ 01-2013: Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata és tervezési elvei
- Társasházi függőfolyosó és főlépcsőház vizsgálata – Csurilla Imre és Ozsváth Attila, 2023.
- Pattantyús Ábrahám Ádám: Épületrehabilitáció, tartószerkezetek helyreállítása, építése és megerősítése. Terc, 2013.
- Gábor László: Épületszerkezettan I. Nemzeti Tankönyvkiadó, 1962.
- Heyman, J.: The mechanics of masonry stairs. Transactionson The Built Environment. 15: 259–265. 1995.

- Price, S. & Rogers, H.: Stone cantilevered staircases. *The Structural Engineer*. 83(2): 29–36. 2005.
- Brick, J.E. 1898a. II. Bericht des Stiegenstufen – Ausschusses. *Zeitschrift der Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereines*. 50(31): 485–471., 50(32): 477–480.
- Brick, J.E. 1898b. Die statischen Verhältnisse der freitragenden Stiegenarme bei den Versuchen des Stufen – Ausschusses. *Zeitschrift der Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereines*. 50(33): 493–497.
- Sajtos, I.: Cantilevered staircase: influence of building technology on the behavior. ed. Van Balen, K., Verstryngge, E.: *Structural Analysis of Historical Constructions: Anamnesis, diagnosis, therapy, controls*. Proc. of the 10th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, SAHC 2016. Leuven, Belgium, 13-15. September 2016., CRC Press/Balkema, Leiden, 2016, pp.1254-1261.
- Failure of cantilevered stone staircase. <https://www.cross-safety.org/global/safety-information/cross-safety-report/failure-cantilevered-stone-staircase-1147>, Cross Safety Report, Report ID: 1147 2023. februar 21.

2. AZ ÉPÜLET ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE

Az épület a rendelkezésre álló adatok alapján a XIX. század végén épült, az Építőipar szaklap 1895-ös számában említik az építési engedélyét. Az épület a kor szokásainak megfelelő technológiákkal készült téglafalazattal, ácsolt fedélszékkal. A földemekről nincs információnk, és nem is képezte a vizsgálat tárgyát.

Az épület lépcsőháza lebegő lépcsővel készültek, a körfolyosót a téglafalba befogott vasbeton konzolok tartják. Ezek lehet, hogy eredetileg acél konzolok voltak a folyosói bontási nyomok alapján. A konzolok környezete alapján a vasbeton konzolok a nem nagyon távoli múltban fel lettek újítva, de erről az üzemeltető nem tudott információval szolgálni.



3. A LEBEGŐ LÉPCSŐK ÁLTATLÁNOS ISMERTETÉSE

Lebegőlépcsőket évszázadok óta építenek. Kialakításuk valószínűleg a tornyokba épített faragott kő vagy fa csigalépcsők kialakításából származtatható. Pattantyús szerint Andrea Palladio olasz építész a XVI. században ismerte fel, hogy a csigalépcsők középső megtámasztása nélkül is állékonyak a csigalépcsők, és egyenes karral is meg lehet őket építeni.

A lépcsőfokok ék alakú profillal vannak kifaragva és a fokok egymásba harapnak úgy, hogy az alsó fok metsz bel a felsőbe. Fontos, hogy az induló és az érkező lépcsőfok is hozzá legyen támasztva a földémekhez.

Pattantyús és Gábor leírása szerint is állványzatra építették a lebegőlépcsőket úgy, hogy a falba vésett fél téglá széles fészekbe kiékeltek a fokokat. Más beszámolók szerint minden 4-5. fokot teljes téglá szélességgel fogtak be. Gábor szerint maximum 130 cm széles lehet a kar, a befogás minimum 12 cm, a falvastagság minimum 38 cm. Gábor ismertetője a kisméretű téglamodulhoz alkalmazkodik, de ezeket a lépcsőket nagyrészt az I. világháború előtt építették, amikor még nagyméretű téglát használtak.

Angliai leírások alapján az építéshez nincsen szükség teljes állványzatra. Fokként felfelé haladva, fokként kiékelve is meg lehet építeni a lépcsőt úgy, hogy a már elkészült lépcsőfokra ráterhelnek. Ez azt jelenti, hogy a felső támasznak csak másodlagos szerepe van a megtámasztásban, az induló lépcsőfok megtámasztásának van fontosabb szerepe. Angliában futóra rakott téglafalakba is készítek lebegő lépcsőket, tehát a nagy falvastagság sem fontos. Az viszont lényeges, hogy a fal le legyen terhelve.

Már a XIX. században is izgatta a mérnököket, hogy a valószínűtlenül kicsi (10-15 cm) befogás mellett hogyan lehet állékony ez a szerkezeti megoldás. Brick két cikket is publikált, melyekben bemutatja, hogy a konzolos modell nem helyes. A lebegő lépcsők lehajlása csupán a 8-10%-a konzol lehajlásnak. Ezért azt javasolják, hogy a lebegő lépcső fokait ilyen csökkentett konzolnyomatékra méretezzék.

A lebegő lépcsők erőjátékát Heyman ismertette pontosabban 1995-ben és Price 2005-ben. Ők bemutatták, hogy a kis befogási mélység mellett a sokkal szélesebb csavarási befogás adja a megtámasztás domináns részét. Nyomatékra ~15 cm a befogás, aminek a pereme már könnyen morzsolódik nagy feszültség esetén. Csavarásra ~30 cm a befogás és a téglá is jobban be van ágyazódva. A merevségkülönbség így ~8-szoros. Ez egybecseng Brick tapasztalatával, mely szerint a befogási nyomaték 10% alatt van. A csavarási megtámasztás azonban csak az alsó élek megtámasztásával képes működni.

Sajtos 2016-ban mutatott be numerikus modellt a lebegő lépcső ellenőrzésére. Itt bemutatta, hogy az építéstechnológia és a statikai modell szoros összefüggésben van egymással.

4. A LESZAKADT LÉPCSŐ ISMERTETÉSE

A leszakadt cselédlépcsőnek a felső emeletre érkező karjának a közbelső fokai szakadtak le. A felső és az alsó fokok a helyükön maradtak. Azonban a leszakadt fokok lerombolták az összes lentebbi lépcsőfokot is.



Három fontos dolgot lehetett megfigyelni az érkező lépcsőkaron:

1. A lépcsőfok alsó felületén kagylós kifagyások vannak. Ez arra mutat rá, hogy a lépcsőfokot folyamatosan víz terhelte, ami a téli időszakban szétfagyasztotta a kő felületét. Ez évtizedes folyamat lehetett. A víz a tető irányából is érkezhett a beázási nyomok alapján, de valószínűbb, hogy a körfolyosóról beverő eső volt az elsődleges forrás, valamint a felmosó víz is súlyosbíthatta a helyzetet. A kifagyások miatt a kő lépcsőfokok keresztmetszete 30-40%-al is csökkenhetett.
2. Az alkalmazott kőanyag gyenge minőségű durva mészkő. Kőszakértővel lehetne pontosabban beazonosítani.
3. A lépcsőfokok 2-3 cm vastag betonréteggel lettek ellátva a felső síkon és a homloksíkon. Mivel a padlásra vezető fokoknál láthatóak betonréteg nélküli fokok is, azt feltételezhetjük, hogy a lépcsőfokok kopása miatti utólagos kiegészítés ez a betonréteg, és eredetileg homogén lépcsőfokok készültek.

Az 1. pont alapján a lépcsőfokok keresztmetszete nagymértékben csökkent a kifagyások miatt, így a lépcsőfokban ébredő feszültségek nagymértékben megnőtek. A 30-40% körüli keresztmetszet veszteség 2-3-szoros feszültségnövekedéshez vezet statikai modelltől függetlenül.

A 2. pont arra mutat rá, hogy a kisebb forgalmú cselédlépcsőházba igénytelenebb anyagot alkalmaztak. Ezt az is lehetővé tette, hogy a

főlépcsőházhoz képest itt kisebb a kar szélessége (~80 cm), és így kisebbek az igénybevételek is.

A 3. pont szerinti utólagos rábetonozást a javítást végző mester a lehetőség szerint gondosan végezte el, hiszen rovátkolással javította a két anyag együtt dolgozását. Azonban a cementes anyagok rossz hatással lehetnek a kő szerkezetekre, különösen a kisebb szilárdságú kövekre. A két réteg közé beszivárgó pára hatására a sókiválások rongálják az alapanyagokat és meggyengítik a kapcsolatot. A képeken is látszik, hogy úgy vált el a két szerkezeti anyag, hogy alig maradtak egybe tapadt részek. Így a lépcsőfok kiegészítése további gyengítést és súlynövekedést eredményezett hosszú távon a megerősítés helyett.



A felsorolt problémák alapján halmozottan hátrányos helyzetben volt ez a lépcsőkar, enne ellenére hosszú évekig, talán évtizedekig is viselte a terheit ebben az állapotban. Ez azt mutatja, hogy a lebegő lépcsők erőjátéka valóban nagyon kedvező a normál konzolokhoz képest.

Egy, a közelmúltban megjelent tanulmány is hasonló tönkremenetelt mutat be (Report ID:1147). Kis szilárdságú durva mészkőből készült lépcsőfokok szakadtak le, melyek nedvességterhelést kaptak és korábban rábetonozással erősítették őket.



4. A FŐLÉPCSŐHÁZ ISMERTETÉSE

A főlépcsőház magasabb igényszinten készült, mint a cselédlépcső. A lépcsőkar itt ~130 cm széles, a lépcsőfokok édesvízi mészkőből készültek. A lépcsőfokok felső felülete sok helyen erősen kopott, de a profilozás és az érdesítés a legnagyobb felületen még jól látható. Rábetonozás nem készült. A lépcsőfokok alsó felületén málfélben lévő festés, esetleg vékony vakolat látszik, de komolyabb nedvesedés, kifagyás nincsen. A lépcsőfokok egymáshoz illeszkedései épek, nincsenek kipergett, szétcsúszott fugák.





A főlépcsőházat egy kis előtér választja el a körfolyosótól. Ez azt jelenti, hogy a csapadék víznek nincs reális esélye arra, hogy áztassa a lépcsőfokokat, és a cselédlépcsőházhoz hasonló kifagyások alakuljanak ki. A felmosó víz itt is szennyezi a lépcsőfokokat, ez eredményezheti a kisebb elszíneződéseket és a felületkezelés lemaradását. A kő korróziója nem látható, legalábbis a léptéke jelentéktelen.

A Csurilla féle szakvélemény részletesen és alaposan végigvizsgálta a lépcsőfokokat. Megállapították, hogy számos lépcsőfok felső felületén repedések láthatóak. Vannak az éllel párhuzamos hosszabb repedések, és átlós repedések is. Az átlós repedések egybeesnek a befogási nyomatékból származó feszültségi trajektóriákkal. Mindez arra utal Csurillák szerint, hogy a lépcsőfokok egy része a tönkremenetelhez közeli állapotban van.

A bejáráskor végig néztük közösen is a lépcsőfokokat és a repedéseiket. Megítélésem szerint ezek a repedések nem igénybevételekből származnak, hanem a kövekre jellemző természetes repedések. A szilikátok húzószilárdsága lényegesen kisebb a húzószilárdságuknál. Ez rideg viselkedést eredményez, ami miatt a kő élettartama alatt kialakulnak belső repedések. A felső csiszolt és kopott felületeken a használati szennyezések jól kirajzolják ezeket a repedéseket. Az alsó felületen ezek kevésbé látszanak.

Ha a statikai modell befogás lenne, akkor logikus lenne, hogyha a felső felületen repedések jelennének meg, az alsó nyomott öv pedig repedésmentes lenne. Azonban a szerkezet erőjátékában a korábban leírtak szerint a csavarás dominál. A csavarási repedéseknek az alsó síkon is meg kellene jelenniük.

Ha élő repedésekről lenne szó, akkor azoknak az éle kontúros lenne, és folyamatosan tágulniuk kellene. A lépcsőfok berepedése a lépcsőfokok között fugákra is hatással lenne, azoknak is ki kellett volna lazulniuk a sérült fokok mellett.

A kopás a főlépcső fokain is gyengítést eredményezett. A keresztmetszet veszteség 5% alatt van, ami 10-15%-os feszültségnövekedést jelent

az ép állapothoz képest. Ez ugyan számottevő, de még tűrhető. Arra számítunk, hogy pontosabb részletes számítások mellett igazolható kell legyen a teherbírás.

5. VÉGESELEMES SZÁMÍTÁS ELEMZÉSE

A Csurilla-féle szakvélemény hivatkozik egy végeselemes számításra. Ennek a számításnak az AXIS VM modelljét megkaptam elemzésre. A modellt áttekintve a következő megállapításokat teszem:

- a. egy lépcsőkar lett modellezve,
- b. lemezmodellt alkalmaztak változó lemezzvastagsággal közelítve a szerkezet térbeliségét,
- c. a felvett geometria a megítélésem szerint helyes,
- d. a lépcsőfokok a falba be lettek fogva vonalmenti támasszal merev nyomatéki kapcsolattal,
- e. a lépcsőfokok élei függőleges nyomóerő átadására alkalmas kapcsolóelemmel lettek egymáshoz rendezve,
- f. a fokok közötti erőátadás nem tartalmaz külpontosságot,
- g. alapos teherelemzés készült: önsúly teher, teljes hasznos teher, fokenkénti és két fokenként elhelyezett hasznos teher.

A szerkezet ellenőrzéséhez elegendő egy kar modellezése (a).

A lemez modell alkalmazása (b) helyes választás volt a rendelkezése álló AXIS VM program esetén (ez Magyarországon az egyik legelterjedtebb építőmérnöki végeselemes alkalmazás). Pontosabb eredményeket lehet kapni térfogati test modellel, de ilyen szoftvereket inkább csak kutatási célokra alkalmaznak, mérnökirodákban nem elérhetőek.

A megtámasztási viszonyok helytelenül lettek felvéve. A merev befogás kiemeli konzolos viselkedést és a háttérbe szorítja a csavarási nyomatékok kialakulását. A fent hivatkozott szakirodalmak alapján a befogási nyomatékot fel kell puhítani és a csavarást kell felkeményíteni. Az AXIS-ban ezt úgy lehet elérni, hogy a befogási merevséget addig kell csökkenteni, amíg az egy lépcsőfokra számított hajlítási nyomaték kb. a tizedére csökken. Ezt a többi peremfeltétel helyes beállítása után lehet kikísérletezni.

A helyes támaszmerevséget felületi támasz alkalmazásával is el lehet érni. Ekkor a falazat rugalmassági modulusát (2000-4000 MPa) kell definiálni merevségként a teljes felületre húzásra és nyomásra egyformán 150 mm szélességben.

Az erőjáték fontos része, hogy a lépcsőfokok vízszintes erőt is át tudnak adni egymásnak. Így nem elegendő a függőleges erőátadás definiálása a lépcsőfokok között, vízszintes nyomást is át kell tudni adniuk egymásnak (e).

A peremerők az alsó fok tengelyében hatnak, a felső fokhoz képest külpontosak. Ezt a modellben is érvényesíteni kell ahhoz, hogy a csavarás helyesen működjön a lépcsőfokokban (f).

A fentiek alapján a modell továbbfejlesztésére van szükség ahhoz, hogy helyesen meg lehessen becsülni szerkezetben működő feszültségeket.

A szakértő számítása szerint a maximális húzófeszültség $3,52 \text{ N/mm}^2$ a lépcsőfokokban. Konkrét anyagvizsgálat híján a szakirodalomból várható ellenállást kerestek. A fellelhető adatok nagy szórást mutatnak, és a legalacsonyabb értékek alatta vannak a számított húzófeszültségnek.

Saját keresés alapján úgy ítélem meg, hogy az édesvízi mészkő húzási szilárdsága 5 N/mm^2 felett kell legyen mindig.

A hatályos szabványok nem rendelkeznek a kőanyaggal kapcsolatos biztonsági szintekről. Tekintettel arra, hogy a betonhoz hasonlóan szilikátról van szó, a betonnál alkalmazott 1,5-ös anyag oldali parciális tényező alkalmazása az indokolt.

Ha az 5 N/mm^2 -t egy elméleti minimumnak vesszük, akkor 1,5-ös parciális biztonsági tényező mellett az alkalmazott több ponton helytelen modell esetén is a biztonság közelében van a szerkezet. Legalább tűrhetőnek minősíthető a lépcső állapota.

A szakértők a lépcsőkarok orsótér felé eső peremének alátámasztását javasolják. Acélgerendát helyeznének az élek alá úgy, hogy azokat a födémekre és a peremekre támaszkodnak. Ha szükség van a lépcsőkarok megerősítésér, akkor ez az elképzelés helyes. Pattantyús is ilyen megoldást javasol arra az esetre, ha egy kis forgalmú lebegőlépcső intenzívebb használatot kap.

A vizsgált lépcső egy társasházban helyezkedik el. Ez nem jelent intenzív használatot. Ebből a szempontból a megerősítés indokolatlan.

A lépcső általános állapota sem mutatja azt, hogy tönkremenetelre lehetne számítani.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A Haller utca 54 alatti társasház cselédlépcsőjének leszakadását és a többi közlekedési útvonalat is vizsgáló szakvéleményt felülvizsgáltam, és az alábbi megállapításokat teszem:

- I. a szakvélemény alapos munka, részletesen felméri a körfolyosó és a főlépcső állapotát,
- II. a cselédlépcső tönkremenetelének körülményeit nem részletezi a szakvélemény és így nem is veti össze a megmaradt és a

tönkrement szerkezeteket. A helyszíni egyeztetésen alapvetően egyetértettünk a szakértővel a tönkremenetel okaival kapcsolatban.

- III. a főlépcsőn látható kopási keresztmetszetvesztést a szakértő megemlíti, de a jelentőségét nem számszerűsíti. Itt indokolt lenne értékelni, hogy a keresztmetszetvesztés milyen mértékben csökkenti a teherbírást. A megítélésem szerint ez 10% körül van, ami még tűrhető érték.
- IV. a főlépcsőn látható repedéseket a szakértő helyesen felméri, de a jelentőségét túlérékeli. Meg kellene vizsgálni, hogy ezek felületi repedések, vagy igénybevételekből származnak? Marással meg kellene mélyíteni a felszín 1-2 pozícióba, hogy láthatóvá váljon a repedések valódi mélysége. A csavarási repedéseknek át kellene érniük az alsó síkra is, ahol nem láttunk repedéseket. Továbbá csak azok a repedések mutatnak tönkremenetelre, amelyek kifutnak a peremekre, viszont nem ez a jellemző.
- V. a vége-selemes számítás ugyan alaposan összeállított modell, de a peremfeltételeket módosítani kell benne ahhoz, hogy helyesen adja vissza a valódi erőjátékot. Ezt fent részletesen bemutattam.
- VI. a tervezett megerősítés koncepciója helyes, azonban a fentiek miatt az elkészítése nem indokolt. (A konkrét tervlapokat nem kaptam meg, csak a leírást ismerem.)

A következő javaslatokat teszem:

- A. a vége-selemes számítást módosítani kell, és a kapott feszültségek alapján újra kell értékelni a szerkezetet,
- B. ha a feszültségek a korrigált modellel is a szakirodalom alapján felvehető értékek felett maradnak, akkor indokolt lenne kőszakértő bevonása a vizsgálatba. A bejárás alapján a főlépcső fokai jó minőségű kőből készültek és nincs okunk a lehető legpesszimistább szakirodalmi értékek használatára.

A főlépcső biztonságával kapcsolatban a következő megállapításokat teszem:

- i. a szakértői tapasztalatom alapján a bejárás során nem láttam olyan elváltozásokat a főlépcsőn, amely egy a közeljövőben várható tönkremenetelre utalna,
- ii. a lépcsőfokokon látható repedések a kőanyag természetes repedezettségétől nem térnek el, nem utal túlterheltségre,
- iii. a cselédlépcső és a főlépcső tartószerkezeti kialakítása és állapota nagy mértékben eltér egymástól. A cselédlépcső sorsából nem következtethetünk a főlépcső állapotára. Ezek a körülmények a következők:
 - a. a kőanyag különböző: durva mészkő / édesvízi mészkő
 - b. a cselédlépcső kopás miatt már javítva volt, kiegészítették egy betonréteggel, ami viszont hosszú távon nem dolgozott együtt a kővel,

- c. a cselédlépcsőn fagyáskárok láthatóak, a főlépcsőn ilyen nincsen,
- iv. a lebegőlépcsők tipikusan úgy mennek tönkre, hogy a lépcsőfokok kapcsolata fellazul, a fugák megnyílnak. Ennek az előjele sehol sem látható a főlépcsőn.

A fentiek alapján a szakértői anyag felülvizsgálatra szorul. A véleményem szerint a lépcső lezárása nem indokolt. Karbantartásra azonban szükség van.