

TARTALOM

TARTALOM	1.
1. BEVEZETÉS	2.
2. KŐLÉPCSŐK	4.
2.1.: Kőlépcsőkről általában	
2.1.1.: Anyagok	4.
2.1.2.: Fellépő és belépő méretek	5.
2.1.3.: A fokok számának meghatározása	6.
2.1.4.: A lépcsők szélességének meghatározása	7.
2.2.: Szerkezeti kialakítás	8.
2.2.1.: Fokok keresztmetszeteiről (Breyman)	8.
2.2.2.: Falba való befogás mértéke (angol, magyar)	9.
2.2.3.: Lépcsőkar alátámasztásának lehetőségei	10
2.3. Példák megépült kőlépcső szerkezetekre	14
3. SZÁMÍTÁSI MODELLEK, ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	18.
3.1.: Dr Csonka Pál: Horonnyal kapcsolt tömblépcsőfokok erőjátéka	18.
3.2.: lebegő kőlépcsők számítása	29.
3.2.1 Brik J. E.	29.
3.2.2. Chmelka	32.
3.2.3. Kolbitsch	33.
3.2.4. Sam Price globális számítási módja	34.
Angol kortárs példák	37.
4. „Price modell” kibővítése	40.
5. Összefoglalás	49.
Irodalom	50.

1. BEVEZETÉS

Mik azok a lebegő kőlépcsők?

Hazánkban, a vasbeton térhódítása előtt, rengeteg olyan kőlépcső épült, melyek egyik végükön falba befogottak, másik végükön pedig alá nem támasztottak, „szabadon lebegtetettek” voltak. Ezért itthon *lebegő lépcső* néven ismerjük ezt a szerkezetet, és gyakran találkozhatunk vele XIX., XX. század eleji épületeinkben (bérházakban ugyanúgy, mint reprezentatív épületekben).

Az itáliai reneszánsz idején Andrea Palladio (1.1 kép) volt az első, aki könyvében (*Palladio, 1570*) a lépcsőkről is írt. Külön hangsúlyt adott a lebegő lépcsők eleganciájának. Ezzel a kőlépcsőket, és egyáltalán a lépcsőtereket a reprezentatív eszközök tárába emelte.



**1.1 kép: Andrea Palladio
1508-1580**

A reneszánsz elterjedésével, az „újszerű” építésmódok is elterjedtek Európában. Angliában nagyjából 350 éve használják a lebegő lépcsőket. Helyi megnevezésük: *cantilevered staircase* (konzolos lépcső), mely névvel a szerkezet jellegére utalnak. Inigo Jones 1613-ban utazott Itáliába, hogy tanulmányozhassa Palladio épületeit. Később ő lett az első, aki ilyen kőlépcsőt épített a szigetországban (Queen’s House in Greenwich / „tulipán lépcső” 1630).

Miért kell a kőlépcsőkkel foglalkozni?

Hiszen manapság sokkal fejlettebb technológiák, anyagok állnak rendelkezésünkre, melyeknek köszönhetően az évezredekig uralkodó kőépítészet kiszorult az építőiparból. Miért kell mégis foglalkoznunk ilyen „elavult” szerkezetekkel?

Az efféle történeti szerkezetek megértéséhez egy egészen más mérnöki gondolkodásmód szükséges, mint napjaink szerkezeteinél. E gondolkodásmód elengedhetetlen, mikor kőlépcsők megerősítésével, felújításával foglalkozunk.

Hazánkban különösen fontos a történeti építéstan ismerete, hiszen még mindig ilyen történeti épületekben élünk, mozgunk nap, mint nap.

Egy kicsit utánajárva a szerkezet rejtelseinek, döbbenet jöttünk rá, hogy mennyire keveset tudunk ma Magyarországon a lebegő lépcsők működéséről. Egészen a XIX. század végéig kellett visszautazni az időben, hogy környékbeli kísérleteket, számításokat találjunk (leginkább német nyelvterületekről). Ahogyan eltűnt a tömblépcső a modern építés tárházából, úgy szűnt meg az érdeklődés is iránta.

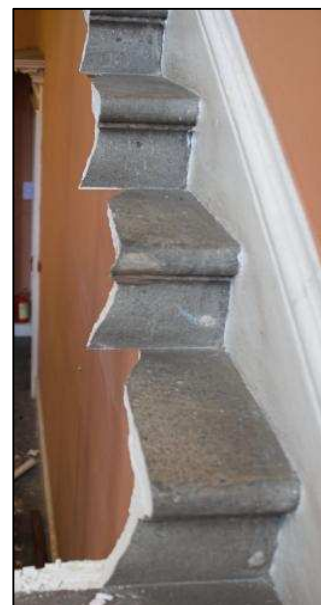
Nem volt ez másképp Európa egyéb országaiban sem. Történt azonban, hogy a XX. század vége felé, Angliában egy-két ilyen régi lépcső, helyreállítás után, tragikusan leszakadt, mely esetek miatt a helyi mérnököket elkezdte foglalkoztatni ez a szerkezet.

A 2007-es dublini katasztrófa is egy ilyen eset volt, mely minket is elindított a vizsgálódásban. Történt ugyanis, hogy Július 5-én a Dublini Natural History Museum főlépcsője minden előjel nélkül, egy almába harapáshoz hasonló hanggal leszakadt. A vizsgálatok kimutatták, hogy a díszesre faragott fokok túlzott mértékű gyengítése volt az oka az összeomlásnak. (1.2 kép)

A szigetországban ma már újra vizsgálják a lebegő kőlépcsőket. Részben megfejtve statikáját, valamint felhasználva a mai technológiák előnyeit, modern köntösbe bujtatták a régi szerkezetet, így képesek *lélegzetelállító, jól működő, egyben gazdaságos* lépcsőket építeni.

Azonban még mindig vannak homályos foltok a lebegő lépcsők statikai működésének ismeretében.

Ennek megfelelően célunk, megvizsgálni a szerkezettel kapcsolatos eddigi eredményeket, mérnöki számítási módszereket. Majd ezek tanulmányozása után, számítható egyenletekkel leírni a tárgyalt szerkezet működését.



1.2 kép: a leszakadt lépcsőfokok, Dublin 2007

2. KŐLÉPCSŐK

2.1. Kőlépcsőkről általában

A lépcsők kialakítása szerint beszélhetünk egyenes karú, íves (pl.: csigalépcső), és húzott karú lépcsőkről.

Ezeknek fejlődésük során, sokáig csak használati funkciójuk volt. Később, amikor már a gyönyörködtetés is feladatukká vált, fontos lett a szerkezet karcsúsága, anyaga, a tér átláthatósága, világossága, szépsége is.

Nézzük meg, miből, hogyan lehetett / lehet esztétikus, kényelmes, jól működő lépcsőket készíteni.

2.1.1.: Anyagok (Gálos, 2003; Török, 2007)

A kőlépcsők minden egyes foka egy-egy faragott kőtömb. A kiválasztott kő anyaga, lelőhelye nagyban meghatározta a lépcsőtömbök beépíthető méretét, A *magmás kőzetek* közül elsősorban *gránit* a javasolt kőanyag, de találkozhatunk *dácittal*, *andezittal*, *bazalttal* is.

Az *üledékes kőzetek* közül a *mészhomokkövek*, és a *karsztmészkövek* a leggyakrabban használt lépcső anyagok.

Metamorf kőzetanyagok közül pedig a *márványt* kell kiemelni. (2.1.1.1 táblázat)

2.1.1.1 táblázat: kőanyagok és szerkezeti méretek

kőanyagok megnevezése	húzószilárdság (N/mm ²)	rugalmassági modulus (N/mm ²)	gyámolított lépcsők támaszköze (m)	lebegő kőlépcsők falból való kinyúlása (m)
gránit	9,10	39300	3,00	1,80
homokkő	6,50	26000	1,20-2,00	-
siklósi mészkő	5,90	40500	2,15-2,45	1,45-1,65
süttöi mészkő	7,50	14800	2,00-2,25	1,30-1,50

2.1.2. Fellépő és belépő méretek

„a Fokokat nem kell magasabbra méretezni hat hüvelyknél (egy hüvelyk=2,6cm)..., soha nem készítik azonban kevésbé magasra, mint négy hüvelyk. A fokok szélességét nem kell kisebbre készíteni egy lábnál (egy láb=31,6cm), sem nagyobbra másfél lábnál.”

(Palladio, 1570)

A lépcsők szerkezeti kialakítására vonatkozó, első építési előírások a XIX. század közepén jelentek meg.

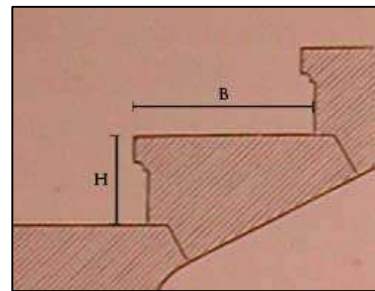
A felnőtt emberi test méretei, továbbá a lépés geometriája határozta meg a lépcső fellépő, valamint belépő méreteinek arányát. 1876-tól a Monarchiában a minimális fellépést 16 cm-ben, a maximális belépést pedig 29 cm-ben adták meg. Majd 1890-ben több összefüggéssel is megadták a fellépések és belépések viszonyát: (2.1.2.1 ábra)

$$h + b = 43cm$$

$$2h + b = 60 - 64cm \text{ közötti érték}$$

$$\frac{4}{3}h + b = 52cm$$

$$\frac{1}{2}h + b = 54,2cm$$



2.1.2.1 ábra.: H: fellépés; B: belépés

A gyakorlatban elfogadottá vált az 1909-ben közzétett úgy nevezett „Hirsch-Wienkoop képlet.”

$$2h + b = 63 \pm 1(cm)$$

Ezek az összefüggések természetesen a lépcsőkarok meredekségét is megadták, mely szerint a kényelmes lépcsők meredeksége 20-35°.

Hazánkban az OTÉK a $2h + b = 60 - 64cm$ tapasztalati képletet fogadta el, de látszik, hogy az összefüggések nagyjából ugyanazt a geometriai alakot eredményezik.

2.1.3.: A fokok számának meghatározása

„Észrevették az antikok, hogy a fokokat páratlan számúra jó készíteni; hogy ha az ember jobb lábbal indul felfelé, ugyanazzal fejezze be... Tizenegynél vagy tizenháromnál nem növelhető azonban tovább a szám; elérve ezt a szintet... sík részt iktatnak be, amelynek pihenő a neve...”

(Palladio, 1570)

Az 1800-as évek végén korlátozták az egy lépcsőkarban lévő fokok számát 18 darabban. Manapság 10 fok beépítése után pihenőt építünk, hogy kényelmes legyen a lépcső.

Az OTÉK (Országos Településrendezési és Építési Követelmények) az egy karban található fokok számát 20 darabban maximalizálja, az egy kar által átívelhető magasságot pedig 1,80m-ben.

2.1.4.: A lépcsők szélességének meghatározása:

„...Elégé tágasak lesznek, ha az épület nagysága, kiterjedése mellett nem tűnnek szűknek és összeszorítottak. De soha nem készülnek kevésbé szélesre négy lábnál (egy láb=31,6cm); azért, hogyha ezeken két ember találkozna, kényelmesen helyet tudjanak adni egymásnak.”

(Palladio, 1570)

A lépcsők rendeltetése és forgalmának nagysága alapján előírásokban szabályozták a minimális karszélességet: (2.1.4.1. táblázat, 2.1.4.2. táblázat)

2.1.4.1. táblázat: Karszélességek táblázatba foglalása funkció szerint (Gálos, 2003)

egy- és kétemeletes lakóépület	1,10 ill. 1,20 m
többszintes lakóépület az első két szintig	1,25 m
többszintes lakóépület az első két szint felett	1,10 m
középületeknél (iskola, színház, stb)	1,50 m
kórházakban	1,60 m
mellék- és pincelépcsőknél	0,85-1,00 m

2.1.4.2. táblázat: OTÉK előírások lépcsőkarok szélességére

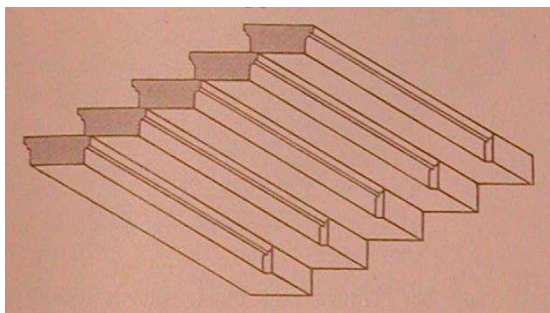
időszakos használatú lépcsők	min 0,6 m
egy lakáson vagy üdülőegységen belül	min 0,8 m
tömegetartózkodásra szolgáló építményben	min 1,65 m
egyéb építményekben	min 1,10 m
akadálymentes használathoz	min 1,20 m

2.2.: Szerkezeti kialakítás

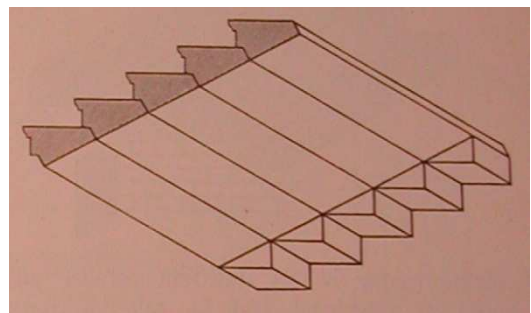
2.2.1.: Fokok keresztmetszeteiről

Keresztmetszeti kialakítás szerint két fő csoportba lehet sorolni a régi kőlépcsőket: téglalap kialakításúak, és háromszög / trapéz kialakításúak (2.2.1.1. ábra / a, b). A legegyszerűbb téglalap alakúakat használták először a történelemben. Ezek egyszerűen egymásra támaszkodtak, tehát a fokok között csak függőleges terhek adódtak át (2.2.1.1. ábra / a). Később, a horony kialakításokkal elérték, hogy vízszintes hatások is közvetíthetőek legyenek a fokok között, mi által előnyösebb erőjáték jött létre. Lehetőség nyílt a kötömbök „könnyítésére”, háromszög / trapéz keresztmetszetek kialakítására (2.2.1.1. ábra / b, c), a szerkezet karcsúsítására.

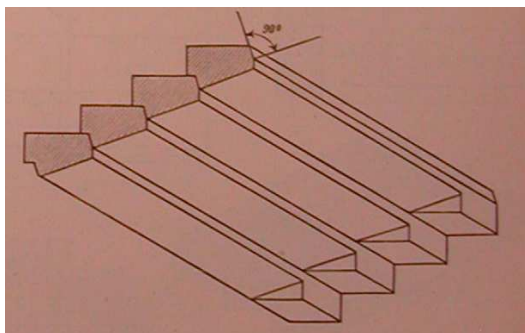
A téglalap alakúakat ma főként két végükön megtámasztottként találjuk, mivel kevés faragással, egyszerűen beépíthetőek. Azonban lebegő lépcsőknél a gazdaságosabb, és szerkezetileg előnyösebb (könnyebb) trapéz keresztmetszetűeket leljük.



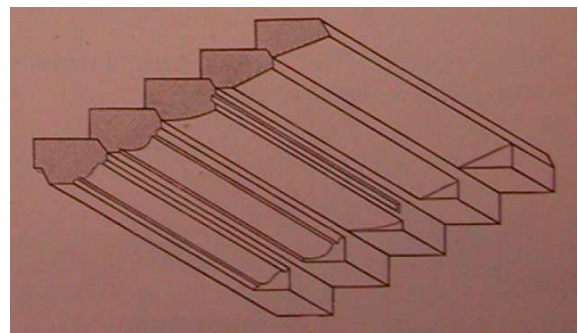
(a)



(b)



(c)



(d)

2.2.1.1 ábra.: keresztmetszeti kialakítások, és fokfaragások lebegő lépcsőkhöz (Breymann; 1903)

2.2.2.: Falba való befogás mértéke (lebegő lépcsőknél)

Ahogy az az előző pont ábrái is szemléltetik (2.2.1.1 ábra / a, b, c, d), a falba benyúló rész jobb, ha téglalap keresztmetszetű, a beépíthetőség miatt. Ennek a „benyúlásnak” a nagysága a *fal minőségétől*, a *lépcső karszélességétől*, valamint a *helyi hagyományoknak* megfelelően változott. Ezek az eltérések azonban nem számottevőek. A befogás mértékére az alábbi táblázatban hozok néhány példát (2.2.2.1. táblázat)

2.2.2.1. táblázat.: épületek és lépcsőiknek befogási méretei

Szt. Pál Székesegyház, London	150mm
Hampton Bírósági Palota, London	225mm
XIX. században általában	fél téglá benyúlás; 4 inch (1 inch=2,54cm)

Hazánkban a XIX. században *16-20 cm* re falazták be a lépcsőgerendákat (2.2.2.2. táblázat). A korabeli falazási technika természetesen befolyásolta a befogás méreteit, így az gyakran fél téglá nagyságú volt.

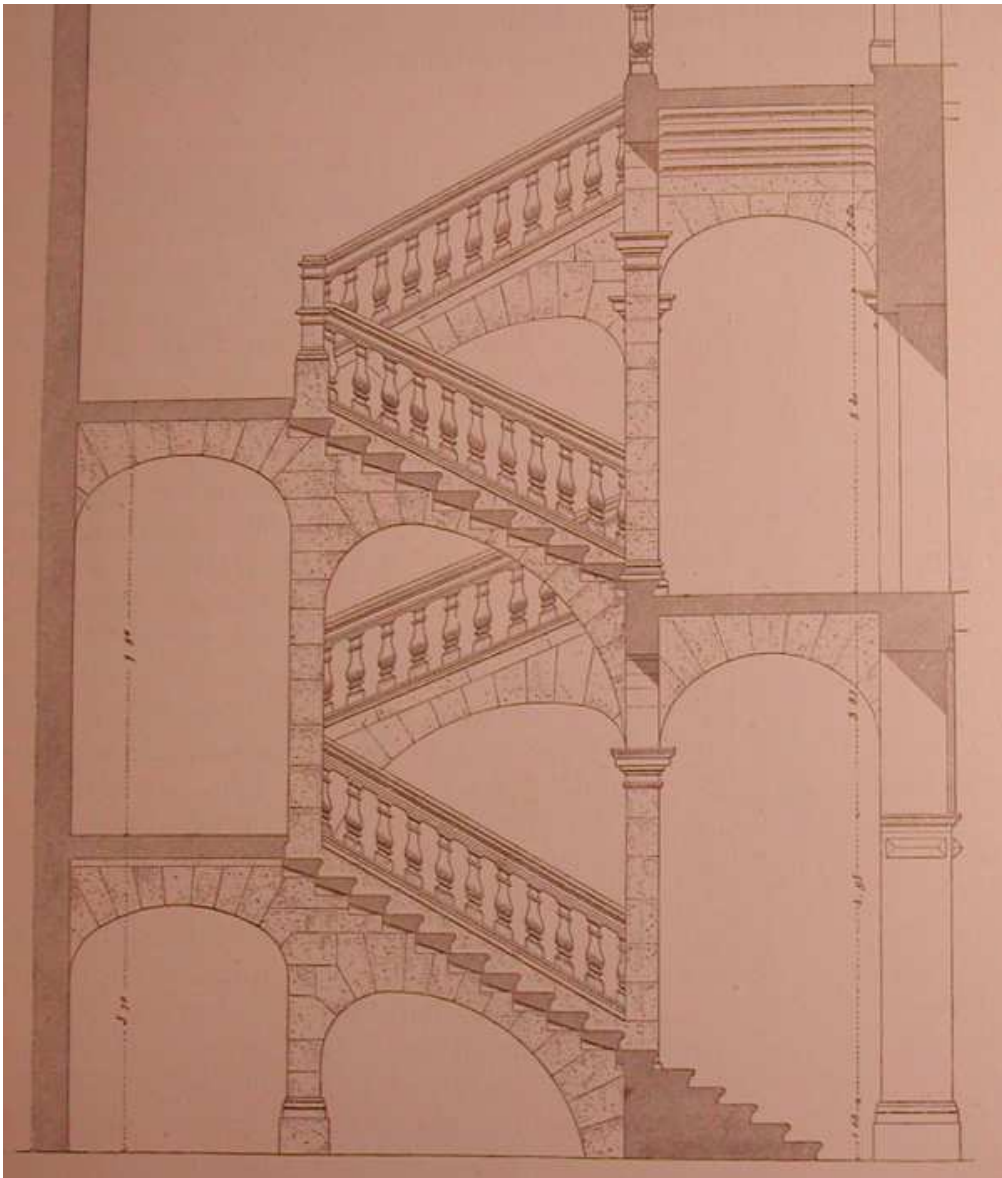
A ma is használatban lévő Dr Gábor László féle „Épületszerkezettan” (Gábor, 1962) könyvben találtak szerint a befalazás mértéke nagyobb kell, hogy legyen, mint 12 cm, és nem tarthat ezen értékhez nagyobb karszélesség, mint 130 cm.

2.2.2.2. táblázat: befogás méretekre vonatkozó szabályok a XIX. századból

falból való kinyúlás mértéke	falba történő befogás mértéke
1,3m	12-15cm
1,3-2,0m	20-25cm

2.2.3.: Lépcsőkar alátámasztásának lehetőségei

A kőlépcsők fokait vagy mindkét végükkel *be-, aláfalazták* (2.2.3.1. ábra), vagy faragott kőből való *lépcsőoldalak közé helyezték* (2.2.3.2. ábra), vagy *aláboltozták* (2.2.3.3 - 2.2.3.4. ábra), vagy egyik végükkel *szabadon lebegni* hagyták (lebegő lépcső). A két oldalt *befalazott*, alátámasztott lépcsők a „legbiztonságosabbak”. Ezt úgy érték el,



2.2.3.1. ábra.: belső oldalán hattyúnyakú boltívvel kiváltott, két oldalt alátámasztott kőlépcső

ha több karú lépcsőről volt szó, hogy az orsóteret is beépítették. Tehát a lépcsőtér közepén is fal húzódott, amibe esetleg nyílásokat lehetett elhelyezni (2.2.3.1. ábra). A Műegyetem egyes lépcsőinek esetében a nehéz falazat helyett oszlopokat alkalmaztak, a karok alatti oszlopközt pedig hattyúnyakú ívekkel hidalták át.