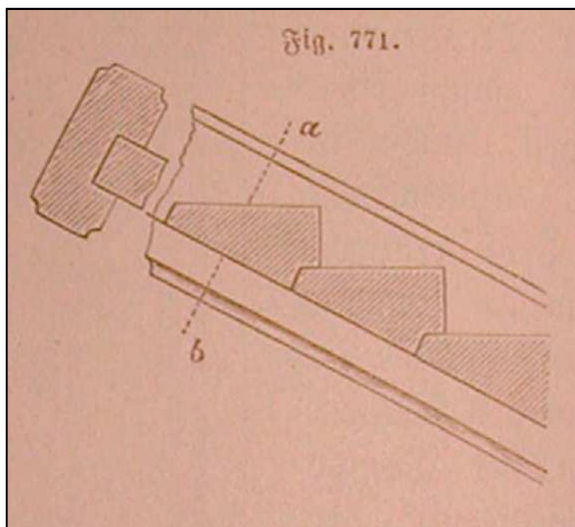
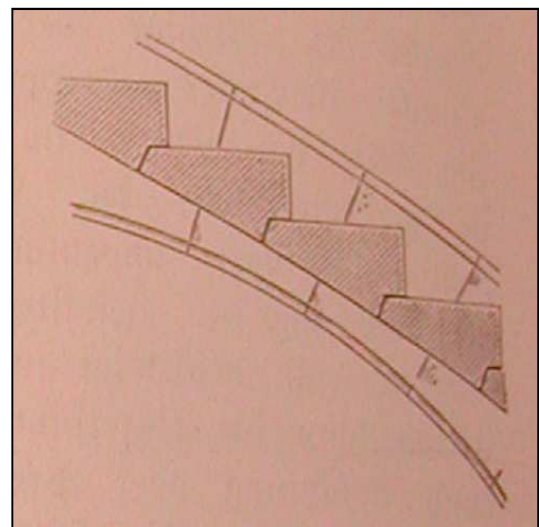


A lépcsőfokok *lépcsőoldalak* (úgynevezett „pofagerendák”) közé való helyezése, a mai napig alkalmazott építési mód az előre gyártott szerkezeteknél.

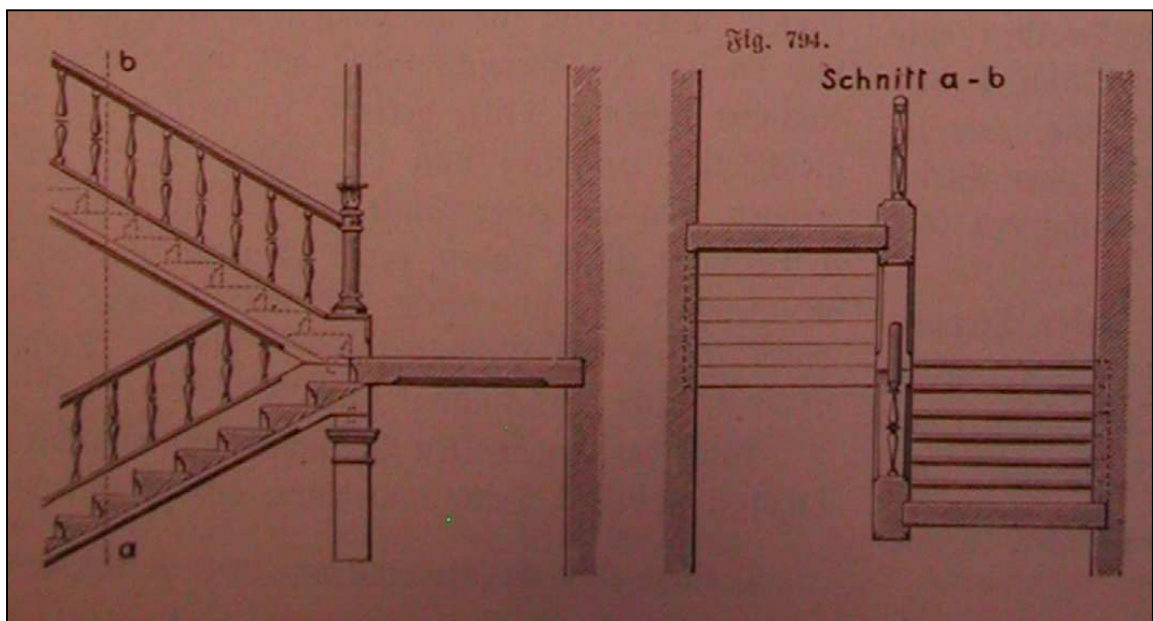
Egykarú vasbeton lépcsők előregyártása úgy történik, hogy nagy fesztávú pofagerendák beemelése után a gerendák közé helyezik a szintén előre gyártott lépcsőlemezeket. Régen ezeket a pofagerendákat gyakran több kődarabból állították össze, és a lépcsőkarok végein elhelyezett pillérekre, vagy falakra támasztották. (2.2.3.2. ábra) Ezáltal a fokok így kétoldali alátámasztást nyertek. (Breymann; 1903)



(a)



(b)



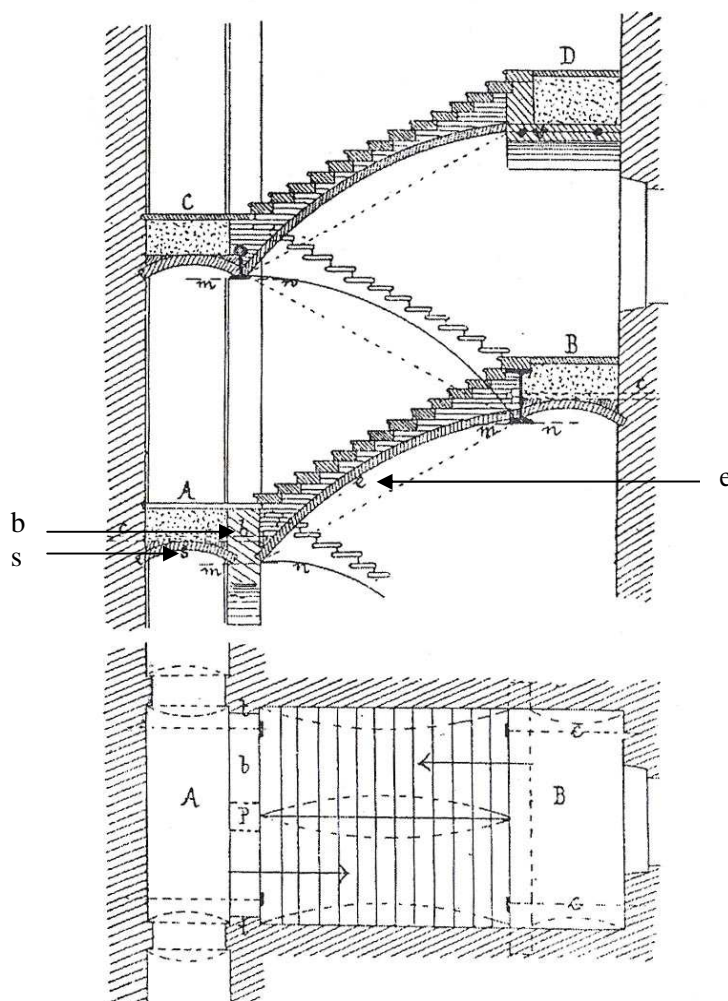
(c)

2.2.3.2. ábra.: Lépcső kő pofagerendák közé való építése

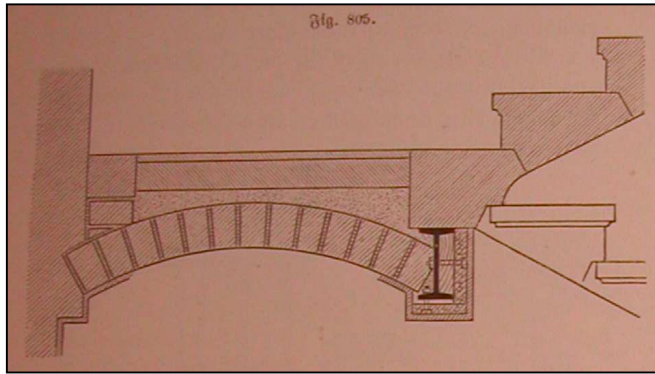
Gyakran előfordult a kőlépcsők *teljes aláboltozása* (2.2.3.3. ábra). Ez által szélesebb lépcsőket hozhattak létre, és nem volt probléma, ha a fokok nem túl szilárd kő felhasználásával készültek, hiszen a lépcsőgerendákat teljes hosszúságukban támasztották alá. (Sobó, 1998)

Az aláboltozás legegyszerűbb és leggyakoribb módja az enyhe ívmagasságú porosz süveg boltozat, melynek vállai a pihenőknek támaszkodtak. Természetesen a pihenőket oly erőre kellett építeni, hogy elbírják a boltozat oldalnyomását. Ennek teljesítésére több lehetőség is adódott (2.2.3.4. ábra).

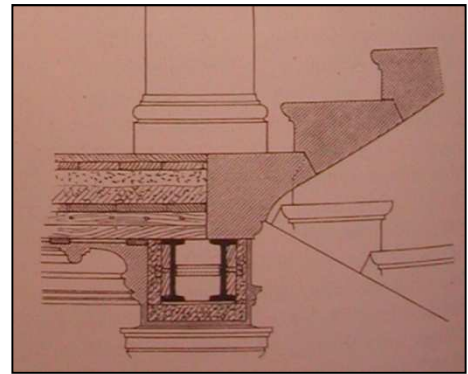
- A pihenő, pihenőfolyosó alatt szintén boltozatot építettek (**s**) az oldalterhek továbbítására. A lépcsőkar oldalfalai közé boltövet építettek (**b**), melyre egyik oldalról a lépcsőkar boltozata (**e**) támaszkodott, másik oldalról pedig a pihenő alatti boltozat (**s**).
- Gyakran „I”-alakú vasgerendát helyeztek el a boltvállak, és terheik fogadására.



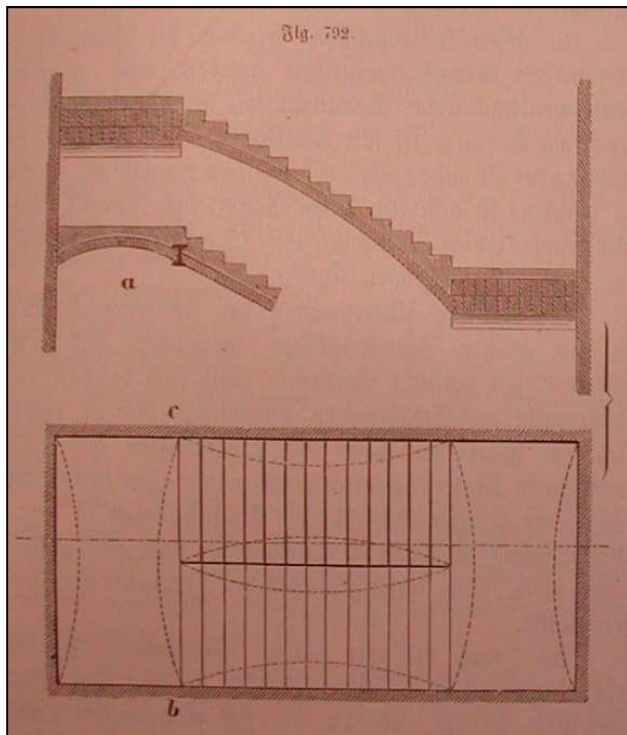
2.2.3.3. ábra. kőlépcső aláboltozása



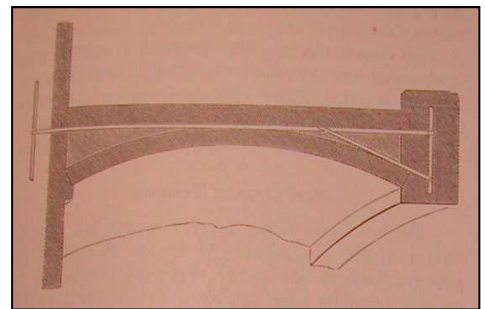
(a)



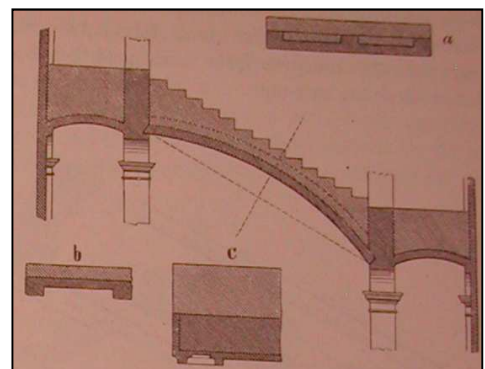
(b)



(c)



(d)



(e)

2.2.3.4. ábra: pihenő lemez szerkezeti kialakítása

### 2.3. Példák megépült kőlépcső szerkezetekre

Amikor a kőlépcsőket említem, a legtöbb ember furán néz rám. Pedig mindenki találkozott már velük hazánkban is. Legyen az illető lakása egy század eleji belvárosi bérházban, vagy, hogy ne menjünk messzire, sétáljon egyet a múegyetem épületeiben. Biztos, hogy látott már kőlépcsőt, csak eddig nem tűnt fel neki.

Összegyűjtöttem hát pár kőlépcsőt, melyet a Múegyetem területén találtam.

*Múegyetem, K-épület főlépcsője*

*(2.3.1. kép):*

Fellépés magassága: 12,5 cm

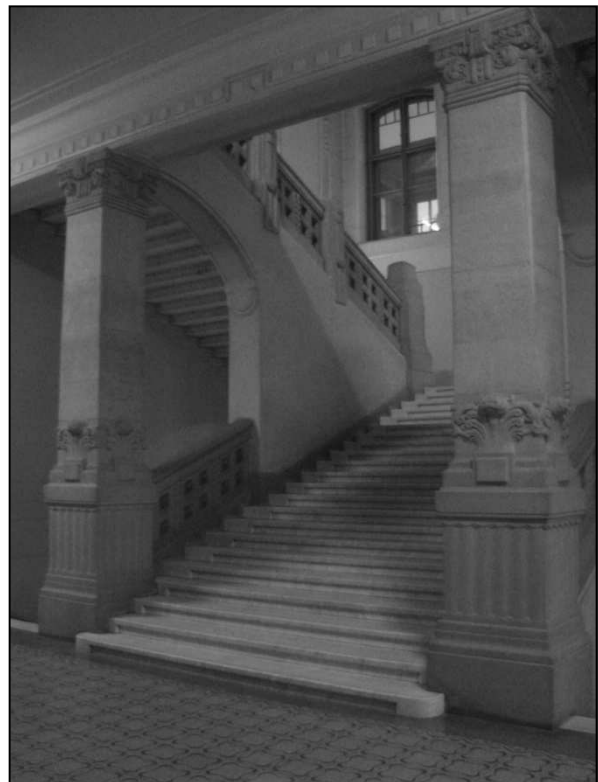
Belépés nagysága: 35,5 cm

Középső kar szélessége: 3,70 m

Szélső karok szélessége: 2,65 m

Jellemzés:

- Gyámolított, egyenes karú kőlépcső
- Alacsony emelkedési szög
- tágas, kényelmes lépcső



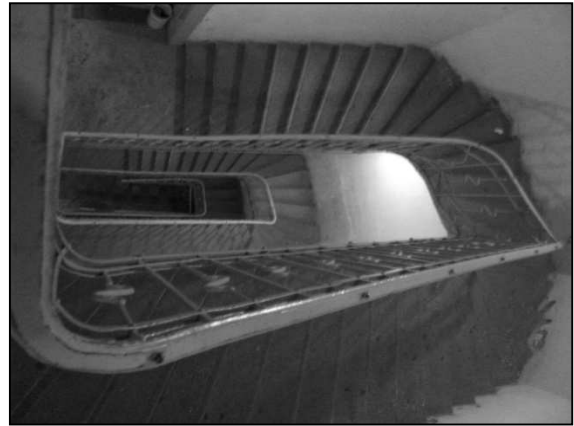
2.3.1. kép: Múegyetem Aula: főlépcső

*K épület, Középület tervezési tsz. előtti  
melléklépcső  
(2.3.2.;2.3.3. kép):*

Fellépés magassága: 14,5 cm

Belépés nagysága: 32 cm

Kar szélessége: 1,32 m



**2.3.2. kép: melléklépcső**

Jellemzés:

- Húzott karú lebegő lépcső
- Szintenkénti pihenőlemez



**2.3.3. kép: hornyolt fokkapcsolatok**

*K- épület, É-i szárny lépcsője (2.3.4. kép)*

Fellépés magassága: 12 cm

Belépés nagysága: 34,5 cm

Karok szélessége: 2,38 m

*Jellemzés:*

- Gyámoltott, aláboltozott kőlépcső
- Hattyúnyakú íves alátámasztás
- Háromkarú, karonként egyenes járóvonal



**2.3.4. kép: aláboltozott lépcső**

*K-épület, Aula Ny-i sarkában található  
melléklépcső (2.3.5. kép)*

Fellépés magassága: 15,5 cm

Belépés nagysága: 30 cm

Kar szélessége: 1,30 m

*Jellemzés:*

- Húzott karú, lebegő kőlépcső
- Szintenkénti pihenőlemez



**2.3.5. kép: lebegő lépcső**

*Műszaki Könyvtár melléklépcsője  
(2.3.6. kép)*

Fellépés magassága: 13,5 cm

Belépés nagysága: 37,5 cm

Kar szélessége: 1,46 m

*Jellemzés:*

- Kétkarú, egyenes járóvonalú,  
gyámolított kőlépcső
- Íves alátámasztás



**2.3.6. kép.: gyámolított lépcső a Műszaki Könyvtárban**

*CH-Kémia épület (2.3.7.; 2.3.8. kép)*

Fellépés magassága: 14 cm

Belépés nagysága: 32 cm

Kar szélessége: 1,40 m



**2.3.7. kép.:gyámolított kőlépcső**

*Jellemzés:*

- háromkarú, középső karban íves járóvonalú, gyámolított kőlépcső
- A kovácsoltvas tartószerkezet nem lett volna szükséges. A lépcső valószínűleg működhetett volna lebegő lépcsőként is.



**2.3.8. kép: kovácsoltvas tartószerkezet**

*F- fizika épület (2.3.9. kép):*

Fellépés magassága: 13,5 cm

Belépés nagysága: 36 cm

Kar szélessége: 2,30 m

*Jellemzés:*

- Kétkarú, karonként egyenes járóvonalú, gyámolított kőlépcső.
- A lépcsőkar belső oldalán egy elburkolt acélgerendát láthatunk alátámasztásként.



**2.3.9. kép: Acél gerendás gyámolítás**

### 3. SZÁMÍTÁSI MODELLEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

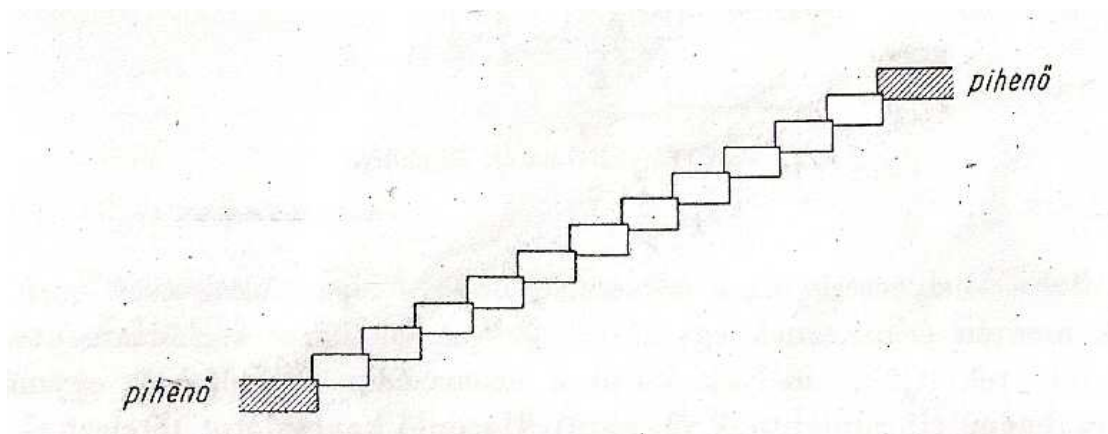
---

A lebegő lépcsőszerkezetekkel kapcsolatos irodalmi gyűjtőmunka során több számítási modellel is találkoztunk. Ezek egy része több mint 100 éves (Brik; 1896-98), de tárgyalom a bevezetésben említett angol számítási módot is (Price; 2005).

Azonban a gyámolított és a lebegő kőlépcsők összehasonlítása miatt az elemzést Dr Csonka Pál cikkével kezdem (Csonka (1956), melyben egy komplett számítási módot közöl a gyámolított kőlépcsőkhöz.

#### 3.1.: Dr Csonka Pál: Horonnyal kapcsolt tömblépcsőfokok erőjátéka (Csonka; 1956)

Ez a tanulmány egyenes karú gyámolított lépcsők egymáshoz horonnyal kapcsolódó tömblépcsőfokainak számításával foglalkozik (3.1.1. ábra). A gyakorlatban szabadon támaszkodó kéttámaszú tartóknak tekintik a lépcsőfokokat, így elhanyagolják a tömbök együtt dolgozását. E helyett a túl kedvezőtlen számítási mód helyett Dr Csonka Pál a következő számítási módot javasolja.



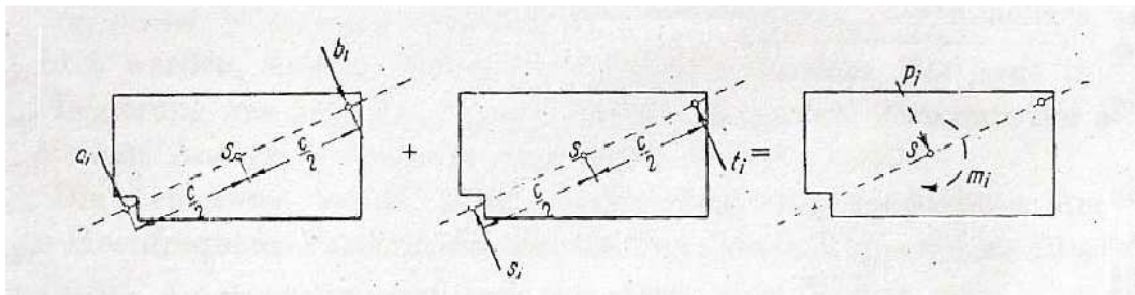
3.1.1. ábra: Horonnyal kapcsolt tömblépcsőfokokból álló lépcsőkar metszete



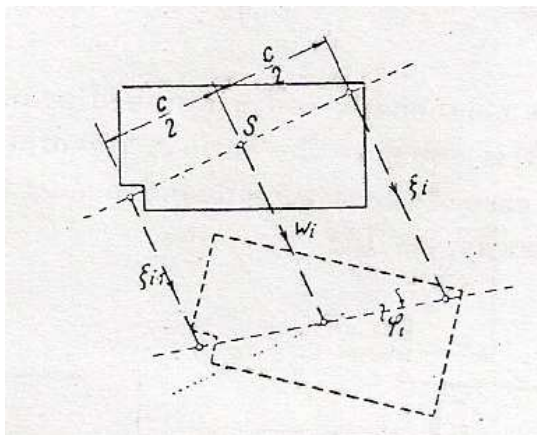
*Feltevések, kikötések:*

- A vizsgált lépcsőfokok azonos alakú, szabályos négyszöghasábok legyenek.
- A lépcsőfokok a végeiken szabadon támaszkodnak, azonban a támaszkeresztmetszetek nem fordulhatnak el a lépcsőfokok tengelyvonalai körül.
- Számításainkban a lépcsőfokok hornyait egy-egy tengelyirányú egyenessel, az ún. *vállvonallal* helyettesítjük.
- E *vállvonalat* olyan súrlódásmentes *csuklóknak* tekintjük, melyek körül a szomszédos lépcsőfokok egymáshoz képest szabadon elfordulhatnak.
- Hasonló a kapcsolat a lépcsőkar és a *pihenőlemezek* között.
- A *pihenőlemezt* nem süllyedő, merev szerkezetnek tekintjük
- A *vállvonalak* és a keresztmetszetek súlyvonalai egy síkra esnek.
- A lépcsőfok anyagát rugalmasnak feltételezzük
- Valamint feltesszük, hogy a lépcsőfokok keresztmetszeti alakja terhelés hatására nem szenved alakváltozást.

Alap egyenletek, és vállvonalak mozgása:



3.1.2. ábra: Hajlító és csavaró erők fajlagos értékei



3.1.3. ábra.: Vállvonalak mozgásai

Alap egyenletek: (3.1.2. ábra)

$$p_i = a_i + b_i - s_i - t_i \quad (1)$$

$$m_i = \frac{c}{2}(-a_i + b_i + s_i - t_i) \quad (2)$$

vállvonali mozgások leírása (3.1.3. ábra)

$$\omega_i = \frac{1}{2}(\delta_{i-1} + \delta_i) \quad (3)$$

$$\varphi_i = \frac{1}{c}(\delta_i - \delta_{i-1}) \quad (4)$$

A technikai szilárdságtanból ismert képletek:

$$p_i = EI\omega_i'''' \quad (5)$$

$$m_i = -GI_0\varphi_i'' \quad (6)$$

Az egyenletek egymásnak való megfeleltetésével a következő differenciál egyenletrendszerekhez jutunk:

$$\frac{EI}{4}(\delta_{i-1}'''' + 2\delta_i'''' + \delta_{i+1}''') + \frac{GI_0}{c^2}(\delta_{i-1}'' - 2\delta_i'' + \delta_{i+1}'') = q_i \quad (7)$$

ahol:

$\delta_i$ = az i-edik vállvonal elmozdulása a lépcsőkar síkjára merőlegesen,

$q_i$ = az i-edik vállvonalon lévő teher;  $q_i = a_{i+1} + b_i$

$EI$ = a lépcsőfok merevsége a lépcsőkar síkjával párhuzamos tengelyre,

$GI_0$ = a lépcsőfok csavarási merevsége, a lépcsőfok tengelyére merőleges síkú csavarással szemben,

$c$ = a vállvonalak távolsága