

MONOLIT VÁZZAL KOMBINÁLT ELŐREGYÁRTOTT VASBETON FÖDÉMRENDSZER BEFOGÁSI VISZONYAI



Dr. Almási József - Nemes Bálint

DOI: 10.32969/VB.2019.2.3

Manapság ritkán előforduló esemény, hogy a tervezőnek lehetősége legyen az általa tervezett szerkezet tényleges viselkedését mérésekkel ellenőrizni és abból a gyakorlat számára használható információkat leszűrni. Cikkünk arról számol be, hogy a két gyakran használt födém típus elméleti számítási eredményeit milyen mértékben lehet a tényleges viselkedéshez igazodóan korrigálni, és ezzel gazdaságosabb tervezést elérni.

Kulcsszavak: az elméleti és tényleges szerkezeti viselkedés, próbaterhelés, befogás mértéke

1. BEVEZETÉS

A hazai építési gyakorlat szívesen alkalmazza a monolit vb. vázzal kombinált előregyártott vb. födémrendszert.

A monolit váz-gerenda és az előregyártott födém elemek csatlakozásánál, illetve csomóponti kialakításánál többféle megoldás lehetséges, de mindezek közös jellemzője, hogy a monolit gerenda adta „befogási hatás” meghatározása a födém szerkezetre csak „becsléseken” alapul.

A közelmúlt egyik épületénél a beruházó támogatásával a fent jellemzett födémek próbaterhelését végezték el. Az így kapott eredményekből közelebbi megállapítások tehetőek az előre gyártott födém elemek befogási viszonyaira és a számítás pontosítására.

A következőkben a vizsgált szerkezeti kialakítást, a próbaterhelés főbb eredményeit és a jövőbeni statikai számításokhoz használható következtetéseket ismertetjük.

2. A VIZSGÁLT SZERKEZETI KIALAKÍTÁSOK

Az 1. ábrán a monolit vb. gerendához csatlakozó előregyártott elemekkel kialakított födém szerkezet alaprajzi elrendezését láthatjuk.

A mai építészeti megoldások általános jellemzője, hogy mindkét irányban szívesen változtatják az alátámasztó oszlop közötti távolságot, hogy a funkcióhoz jobban igazodó építészeti megoldás születhessen. Ennek következménye a szerkezetre nézve igen sokirányú és többek között az építési költségek és főként az építési idő összhangját, továbbá a szerkezet tényleges viselkedését célszerű figyelembe venni az optimális szerkezeti kialakításhoz.

A bemutatott födémrészlet nagy nyílásokkal áttört és változó oszloptávolságú alaprajzot mutat.

Amennyiben a helyszíni építés és a helyszínen kívüli előregyártás együttes kombinációja mellett döntünk (az építési idő rövidítésére nyílik ezzel lehetőség), akkor

természetes módon adódik a monolit oszloprendszer és monolit gerendarendszer alkalmazása.

Csak zárójelben jegyezzük meg, hogy másik lehetőség az előregyártott gerendarendszerrel való kombináció lenne, azonban ennek elemzése most nem tárgya cikkünknek.

A bemutatott födémrészletnél a nagyméretű nyílások kialakítása döntően befolyásolja a monolit gerendák célszerű haladási irányát, amit az 1. ábrán vízszintes helyzetben látunk. A gerendákra merőleges irányban kettő előregyártott födém szerkezeti kialakítás látható: a kisebb nyílásoknál a körüreges födém elemek helyszíni felbetonnal, illetve a nagyobb nyílások esetén az előregyártott feszített gerendákra helyezett zsalupallók és helyszíni beton a szerkezeti megoldás. A próbaterheléssel vizsgált területet a 2. ábra mutatja.

A két szerkezeti kialakításnál az alaprajzi részletek és az alkalmazott csomóponti kapcsolatok a 3., 4. és 5. ábrán láthatóak.

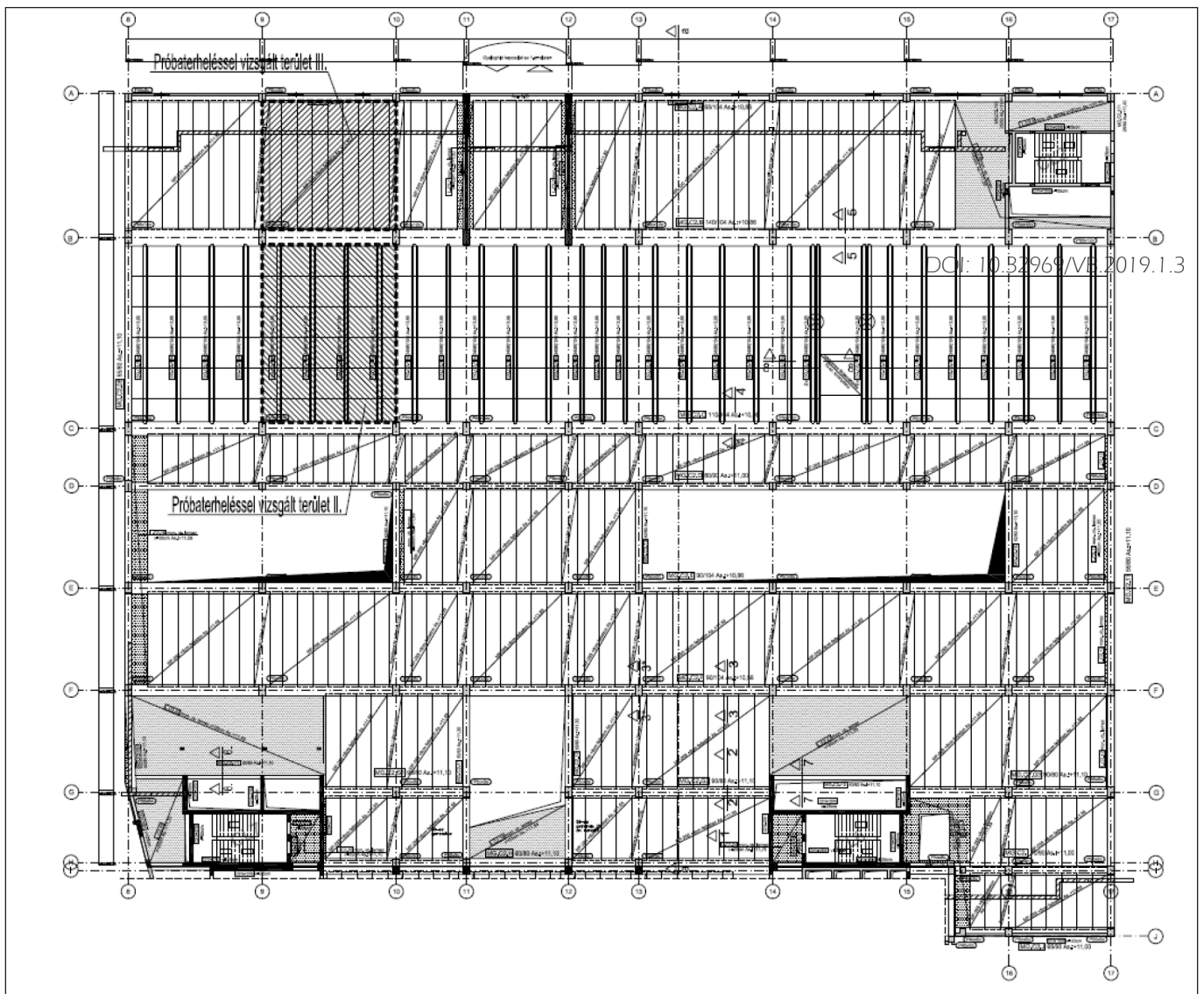
A csomóponti kialakításokból az látszik, hogy a kapcsolatok bizonyos befogási nyomatók kialakulását lehetővé tesznek az egyszerű kéttámaszú, csuklós feltámaszkodáshoz képest, amit célszerű az igénybevételek számításánál figyelembe venni.

Kérdés, hogy ezen befogások mértéke mennyi, amit a gyakorlati alkalmazás során figyelembe lehet venni, cikkünkben erre keressük a választ.

Amennyiben a körüreges pallók feszítettek – és rendszerint azok – akkor a gerenda csatlakozásánál a „körbe betonozás” és a támasz feletti vasalás mértékétől függően a palló a terheléskor befeszül és elfordulás ellen rögzített (vagy korlátozottan rögzített) végű tartóként viselkedik (3., 5. ábra).

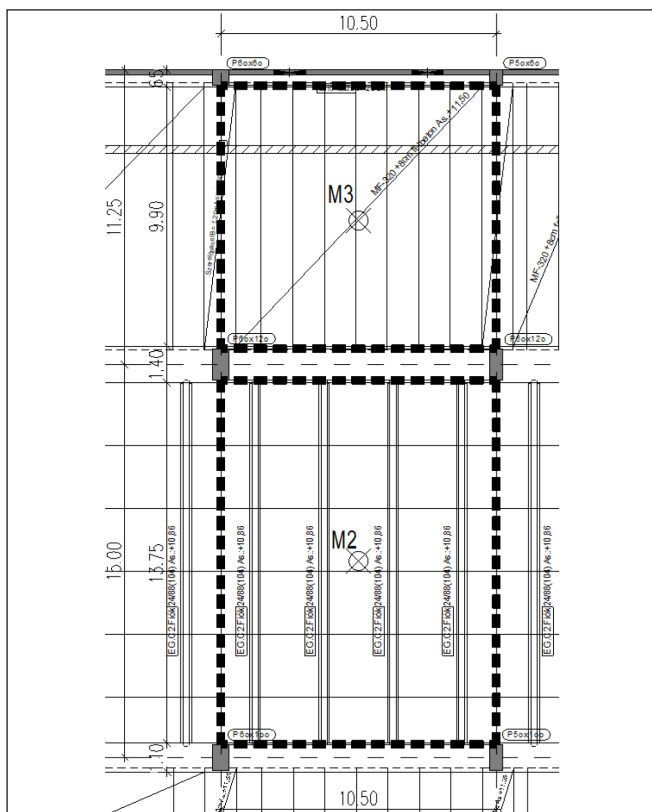
A zsalupallóval kombinált feszített gerendás födémnél a feltámaszkodásnál kialakított horonyban (4. b ábra) a gerendavég szintén „befeszül”, ami a „kvázi túlemelésből” (feszítésből származó felhajlásból) származó jelentős többlet igénybevétel (hajlítás – normálerő) felvételére teszi alkalmassá a tartórendszert, ami a két végén megtámasztott rendszerhez képest többlet teherbírást eredményez.

Mindkét födém kialakításnál a „kvázi befogás” mértéke a kérdés.



DOI: 10.32968/MS.2019.1.3

1. ábra: Előre gyártott elemekkel kialakított födémrendszer



2. ábra: Próbaterheléshez kiválasztott födémterület

3. A PRÓBATERHELÉS ÉS A MÉRÉSI EREDMÉNYEK

A feltett kérdésre választ kaphatunk, ha az elkészült szerkezetet próbaterheljük és viselkedését alakváltozásméréssel követjük.

A kiválasztott födémszakasz próbaterhelésének végső elrendezését az 6. és 7. ábra mutatja.

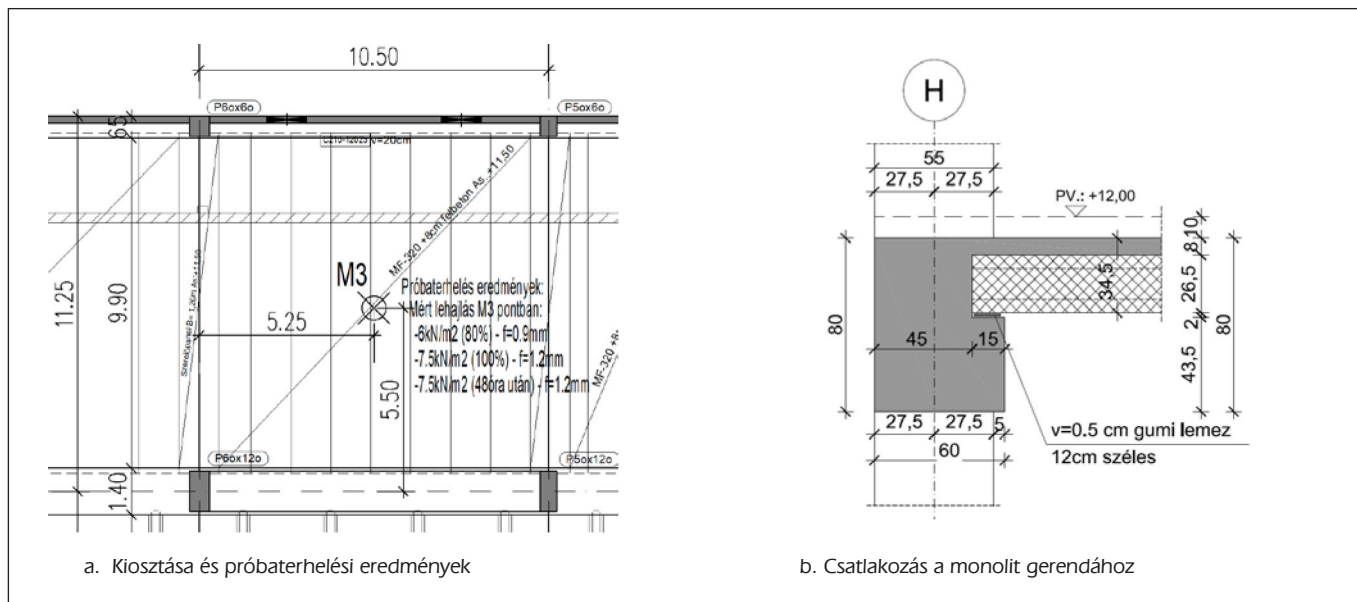
A 7,5 kN/m² hasznos terhelés felhordása két lépcsőben történt, olyan kvázi egyenletesnek tekinthető teher elrendezése mellett, hogy a födémrendszert közel egyenletesen „hajlítsa”, ne okozzon koncentrált hajlítást. A vizsgált kialakítások jellemzőit mutatja az 1. táblázat.

A terhelés során a födém lehajlásokat mértük a nyílás közepén (3.a és 4.a ábra).

A számított (csuklás) és mért (befogott) lehajlások végértékei a 2. táblázatban láthatók. Továbbá megadtuk ezen statikai vázakhöz tartozóan számítható nyomtatókat.

1. táblázat

Fióktartó + zsalu elem és felbeton	L=13,8 m	q=7,5 kN/m ²
Körüreges elem + felbetonnal MF320	L=10,05 m	q=7,5 kN/m ²



3. ábra: Körüreges födém

4. A BEFOGÁS MÉRTÉKÉNEK ÉS HATÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A próbaterheléskor mért lehajlási értékek a kéttámaszú csuklós tartó esetében számított lehajlásoktól jelentősen eltérnek (2. táblázat)

Kisebbsé eltérést tapasztalunk a lehajlásoknál, ha az összehasonlítást a két végén befogott tartó esetére végezzük el.

Ezen összehasonlításokból arra következtetésre juthatunk, hogy a megvalósult szerkezeti kialakítás inkább a két végén befogott tartórendszerhez áll közelebb, mint a kéttámaszú csuklós tartórendszerhez. A befogás mértékének pontosabb meghatározására a mért és számítható lehajlási értékek összevetéséből indulunk ki.

A két végén csuklós tartó középső keresztmetszetének lehajlását az $5/384 ql^4/IE$ összefüggés, míg a két végén befogott tartónál $1/384 ql^4/IE$ összefüggés adja meg, tehát „tisztá” esetben (elméletileg) a különbség ötszörös értéket mutat.

A kéttámaszú csuklós tartó számított lehajlása a próbaterheléskor mért lehajlásához képest:

a fióktartós födémnél $7/1,5 = 4,66$,
a körüreges födém felbetonnal $7,2/1,2 = 6,00$

hányados értéket mutat.

2. táblázat: A próbaterheléskor mért lehajlási értékek

	lehajlás	mezőnyomaték	támasznyomaték
	mm	kNm	kNm
<i>Fióktartós L=13,8 m, q=7,5 kN/m²</i>			
Kéttámaszú csuklós	7,0	469	0
Kéttámaszú befogott	1,4	156	313
Próbaterhelési eredmény	1,5	nincs adat	nincs adat
<i>Körüreges felbetonnal MF320 L=10,05 m, q=7,5 kN/m²</i>			
Kéttámaszú csuklós	7,2	114	0
Kéttámaszú befogott	1,44	38	76
Próbaterhelési eredmény	1,2	nincs adat	nincs adat

Az elméleti ötszörös hányadostól való eltérésekre a következő magyarázatokat adhatjuk.

4.1. Fióktartós kialakítás esete (4.a és 4.b. ábra)

A 4,66-os hányados érték azt jelzi, hogy ez a kialakítás közel van a teljes befogásnál kiadódó 5,00 értékhez, azaz az alkalmazott kialakítással majdnem 100 %-os a tartóvég befogása.

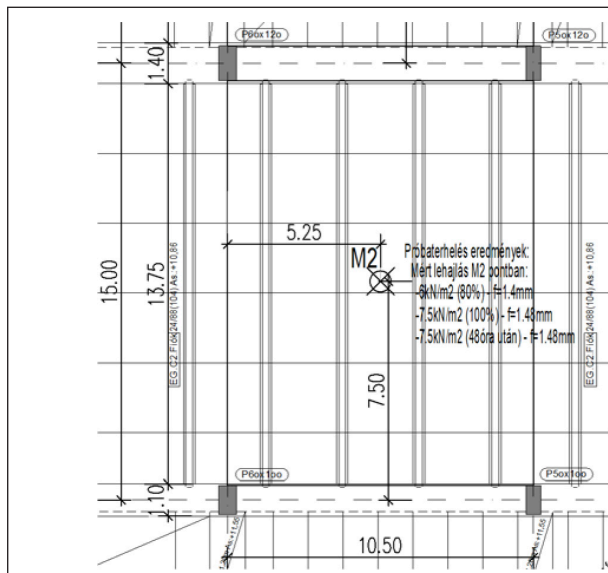
Nyilván ebben a feszítésből származó felhajlás adta „ívhatás” is megjelenik, azonban ennek mértékét az elvégzett próbaterhelés esetéből nem lehet megállapítani (szétválasztani), így a kettős hatás (befeszülés és ívhatás) együttesen jelenik meg. A mért lehajlási eredményből így is megállapítható a tartórendszer többlet teherbírási képessége.

Amennyiben a biztonság mértékét $\gamma_c=1,5$ értékre vesszük fel, akkor a tényleges viselkedést figyelembe vevő és igénybevételt csökkentő szorzó (arányosítási tényező) határozható meg:

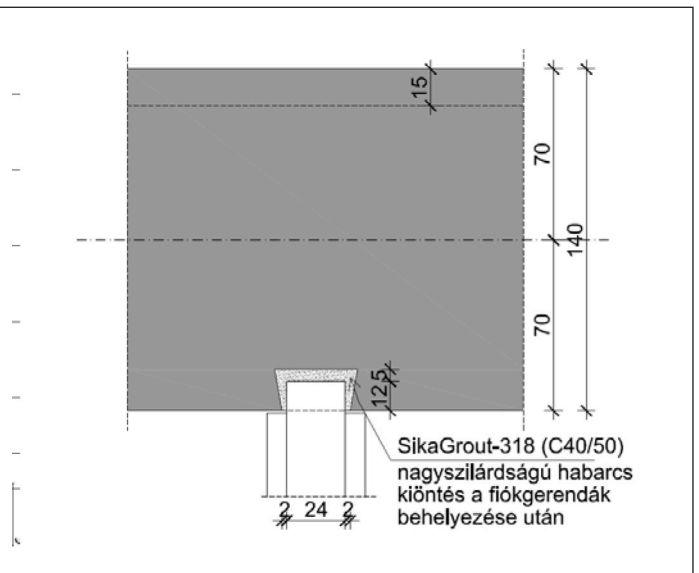
$$n_b = \frac{4,66}{1,5} = 3,1, \quad \text{és a}$$

$$\text{lehajlás összefüggése: } f = \frac{5/3,1 ql^4}{384 EI} = \frac{1,61 ql^4}{384 EI},$$

a mező nyomaték tervezési értéke:

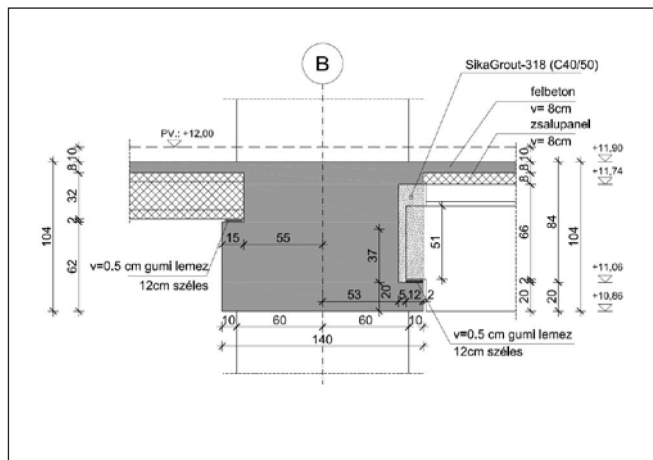


a. Zsalupalló elemek kiosztása és próbaterhelési eredmények



b. Csatlakozási részlete (fecskefarok fészekkel)

4. ábra: Feszített gerenda



5. ábra: Fiókgerenda és körüreges elem csatlakozása a monolit gerendához



6. ábra: Körüreges földem terhelése

$$m^+ = \frac{ql^2}{24} \cdot \sqrt{\frac{1}{3,1 \cdot 5,0}} = \frac{ql^2}{18,89}$$

képlettel számítható, szemben a $\frac{ql^2}{8}$ értékkel.

4.2. Körüreges földem esete (3.a. és 3.b ábra)

Ebben az esetben meghatározott „lehajlási hányados” (6,0) azt jelzi, hogy a kialakításnál nem csak a befogás, hanem a „befeszülés” is jelentősebb mértékben érezteti hatását, ami a rendszer „egyenletes” (folyamatos) kialakításából (feltámaszkodásából) jobban is következik, szemben a fiókgerendás esettel, ahol a gerendaválnál van diszkrét pontokon vízszintes támaszkodás.

A fenti analógia alapján a tényleges viselkedést figyelembe vévő csökkentő szorzó (arányosítási tényező) $\gamma_c = 1,5$ biztonsági tényező esetén:

$$n_b = \frac{6,0}{1,5} = 4,0, \quad \text{és a lehajlás}$$

$$\text{összefüggése: } f = \frac{1,25 ql^4}{384 EI},$$



7. ábra: Fióktartós földem terhelése

a mező nyomaték tervezési értéke:

$$m^+ = \frac{ql^2}{24} \cdot \sqrt{\frac{1}{4,0 \cdot 5}} = \frac{ql^2}{21,46'}$$

szemben a $\frac{ql^2}{8}$ értékkel.

4.3. A födém feltámaszkodási környezete

A födémelemek feltámaszkodási környezetében a 3. és 4. ábrán bemutatott kialakítások esetében egyaránt - a befogási környezetben - a befogott tartónak megfelelő nyomatékra célszerű a vasalást kialakítani

$$\left(m^- = \frac{ql^2}{12}\right).$$

A fentiekből azt láthatjuk, hogy mindkét födém kialakítás esetében jelentősen csökkentett mezőnyomatékra méretezhetjük a födém szerkezetet.

4.4. A nyíróerő értéke, nyírási vizsgálat

A födém tartóvégeknek a befogása a fellépő nyíróerő értékét nem változtatja meg a szabad feltámaszkodáshoz képest, tehát az így számított nyíróerőkre kell a nyírási teherbírás-vizsgálatot elvégezni. De érdekes lehet a nagymagasságú körüreges födempallók esete, ahol annak méretét jelentősen csökkentett nyomatékra ellenőrizzük, viszont a nyíróerőre való viselkedés ezen elemekkel óvatosságra int, mert a tényleges nyírási teherbírásuk általában az elméleti számított értékhez képest kisebb a kísérleti vizsgálatok szerint.

5. EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Dolgozatunkban az 1. ábrán bemutatott fiókgerendás plusz zsalu héjas, valamint a körüreges födempalló plusz felbetonnal kialakított födémelemek megtámaszkodásánál kialakuló befogás mértékét elemeztük próbaterhelési eredményekre támaszkodva. Ennek kapcsán azt vizsgáltuk, hogy a két végén „kvázi befogással” történő szerkezeti kialakításnál milyen mértékű mezőnyomatéki igénybevétel-csökkentés érhető el.

A megépített szerkezet próbaterhelése során meghatározott lehajlások és az elméleti lehajlások arányosításával csökkentő szorzókat állapítottunk meg, melyek segítségével levezettük a födém mezőnyomatékának meghatározására szolgáló összefüggéseket.

A csökkentett mezőnyomatéki igénybevétel számítására

javasolt összefüggéseket próbaterhelési eredményekre támaszkodva adtuk meg. Így a fiókgerendás födém esetében a mezőnyomaték

$$m^+ = \frac{ql^2}{18,89}, \text{ míg körüreges pallós födém}$$

$$\text{esetében a mező nyomaték } m^+ = \frac{ql^2}{21,46},$$

szemben a kéttámaszú tartó $\left(\frac{ql^2}{8}\right)$ értékével.

A lehajlások számítására fióktartós födém kialakítás esetében az

$$f = \frac{1,61}{384} \frac{ql^4}{EI}$$

összefüggést és a felbetonnal ellátott körüreges palló esetében:

$$f = \frac{1,25}{384} \frac{ql^4}{EI}$$

összefüggést ajánljuk.

A bemutatott vizsgálat azt is igazolja, hogy a szerkezet tényleges viselkedést követő számítási módszer kialakításához nagyon is célszerű a szerkezetek próbaterhelésének elvégzése, mert az ebből levonható következtetések részben előre viszik a tudományt és részben a jövőbeni szerkezetek gazdaságosabb kialakítását teszik lehetővé, tehát a befektetés bőven megtérül.

Dr. Almási József (1940) okl. építőmérnök (1964), műszaki doktor (1972), 29 évi kutatás a BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén, több mint 200 szakvélemény készítője, 1995 óta a CAEC Kft, 2002 óta az APSE Kft. ügyvezetője. 2002-ben Palotás díjat kapott. A BME címzetes egyetemi docense.

Nemes Bálint (1976) okleveles építőmérnök (1999), vezető tervező, tartószerkezeti szakértő, műszaki ellenőr, 1999 óta statikus tervező a CAEC Kft-nél.

EFFECT OF COMPOSITE ACTION BETWEEN PRECAST CONCRETE FLOOR AND CAST IN SITU FRAME SYSTEM József Almási – Bálint Nemes

Partial fixity ratio of prefabricated floor structures with a combination of cast in situ RC. frame. Today's practice gives very few possibilities to the structural designer to make in situ load test on built structures, to get real information about the deformation of floor decks. The article gives a summary about the proportion of partial restraint can be used for structural analysis of floor structures which are formed according Figs. 3 and 4. Based on the measured deflection and its reduction compared to the theoretical values, we propose a modified calculation of bending moments and deflection (4.1, and 4.2 points) which describes better the behavior of the built structure.