

CSÚSZÓKÁBELES FESZÍTÉS ALKALMAZÁSA SÍKLEMEZ FÖDÉMEKBEN

Farkas György – Kovács Tamás***

RÖVID KIVONAT

A cikk épületek (parkolóházak, mélygarázsok) pontonként alátámasztott vasbeton síklemez födémeinek csúszókábeles utófeszítéssel történő kialakítási lehetőségeit tárgyalja és bemutatja az alkalmazás főbb elonyeit és hátrányait. Az erotani tervezés kapcsán a csúszókábeles feszítésből származó helyettesítő egyenértékű teher számításának módjáról, valamint a gazdaságos lemezvastagság célszerű felvételéről esik szó. Majd a feszítókábelek legegyszerűbb alaprajzi elrendezési lehetőségeinek az igénybevételek eloszlására és az alakváltozások korlátozására gyakorolt hatása kerül bemutatásra.

1. BEVEZETÉS

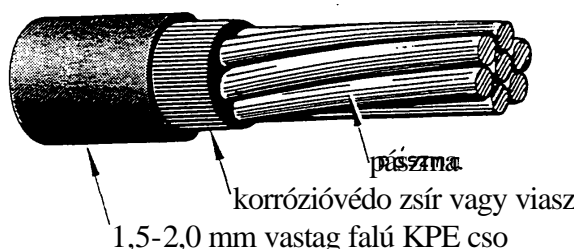
Épületek síklemez födémszerkezeteinek feszítésével elérhető, hogy az alátámasztó szerkezeti elemek (oszlopok, falak) ritkább kiosztásával együtt járó nagyobb feszítávolság az épület funkcionális követelményeihez jobban igazodik. Ez az igény elsősorban olyan garázsépületek (parkolóházak, mélygarázsok) esetén merül fel, ahol a födémterületen alaprajzi értelemben nagy területet igénylő jármuforgalom van. A beállóhelyek kialakítása, a fel- és levezető útvonalak kijelölése, az egyes födémszintek könnyű átjárhatósága és átláthatósága az épület oszlopainak elhelyezését mind építészeti, mind szerkezettervezői szempontból jelentősen megnehezíti. A jármuforgalomból adódóan ezzel párosul a kizárólag emberi tartózkodásra alkalmas födémelekhez viszonyított nagyobb teherbírás, valamint az intenzívebb korrozív hatás miatt a repedezettség korlátozásának igénye is.

Meglévő, kizárólag lágyvasalással készült monolit födémelek utólagos feszítése a szerkezet tartóssága szempontjából jelentősen hatékony megoldást. Az utóbbi időben épült több parkolóház és mélygarázs lágyvasalással készült, 250-300 mm vastagságú síklemez födéme erotani és betontechnológiai okokra visszavezethetően az átadást követő rövid időszakban erőteljesen összeroppedezett, és ez a rajta lévő burkolat repedéseit is maga után vont [1]. Ennek következtében a járművekről lecsorgó víz a szerkezetbe jut, ami a tartósság szempontjából rendkívül káros hatású. Eloffordult, hogy a födémén átszűrődő sós lé az alatta parkoló autók fényezését károsította. A megoldást első részét a szerkezeti repedések tágasságának csökkentése, ill. azok teljes megszüntetése jelentené, mely a födémelek utólagos feszítésével kielégítően megoldható.

* okl. építómérnök, Dr. habil., egyetemi tanár, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

** okl. építómérnök, tudományos segédmunkatárs, BME-MTA Vasbeton Kutatócsoport

A fenti igényeknek legjobban megfelelő, helyszínen betonozott, utófesztített födém szerkezetek építése az utóbbi időben elsősorban a gyárilag korrózióvédelemmel ellátott, magas olvadáspontú zsírral vagy viasszal kitöltött kemény polietilén (KPE) csoban vezetett feszítópázmák elterjedésével vált lehetővé [2]. Egy ilyen pászma keresztmetszeti kialakítását az 1. ábra mutatja be.



1. ábra: Csúszókábelek keresztmetszeti kialakítása

A zsírozott csoban vezetett pázmák feszítése esetén a súrlódási tényező a pászma és a KPE csó fala között igen kicsiny, kb. 0,05, ezáltal lehetővé válik igen kis (~1,0-2,0 m görbületi sugár mentén vezetett, jelentős súrlódási veszteség nélküli tapadásmentes feszítobetétek alkalmazása.

A továbbiakban e feszítési rendszer elonyeival és hátrányaival, a feszítobetétek célszerű elrendezési lehetőségeivel és az eltervezés néhány kérdésével foglalkozunk. A gazdaságos feszítési rendszer kialakításával kapcsolatban egy gyakorlati példát is bemutatunk.

2. FESZÍTETT FÖDÉMEK ALKALMAZÁSÁNAK ELONYEI ÉS HÁTRÁNYAI

Utófesztített vasbeton födémeket elsősorban akkor célszerű építeni, ha a födém hasznos terhe és/vagy feszítávolsága viszonylag nagy. A lehorgonyzások számának csökkentése érdekében minél hosszabb feszítobetétek alkalmazására kell törekedni, ezért e módszer elsősorban nagy alaprajzi kiterjedésű födémeknél alkalmazható hatékonyan. Ekkor a tapasztalatok szerint szokásos feszítávolságok esetén egy feszített lemez építési költségei hozzávetőlegesen azonosak egy azonos teherbírású monolit vasbeton lemezével. Ekkor az egyéb elonyök és hátrányok mérlegelésével kell eldönteni, az adott esetben melyik módszer alkalmazása célszerűbb.

2.1. Feszített födémek alkalmazásának elonyei

A feszített vasbeton födémek építésekor jelentkező elonyök a hagyományos lágyvasalású födémekéhez képest az alábbiakban foglalhatók össze.

a) *A földém építésénél jelentkező előnyök*

- Azonos terhelés esetén vékonyabb lemez készíthető. Mintegy 7-8 m-es fesztávolság esetén 18 cm vastag feszített lemezzel 25-30 cm vastag, azonos teherbírású, lágyvasalású lemez helyettesíthető.
- A feszített lemez nem feszített vasalása egyszerű, emiatt a betonozás könnyebb.
- A feszített lemez alakváltozásai kisebbek, a túlemelés egyszerűbben kialakítható. A szerkezet a repedezettség szempontjából kedvezőbben viselkedik, emiatt a korrózió hatásokkal szemben ellenállóbb.
- A zsugorodásból és hőmérsékletváltozásból eredő alakváltozásokkal szemben a feszített lemez kedvezőbben viselkedik, emiatt a dilatációs egységek hossza nagyobb lehet, mint hagyományos vasbeton lemez esetén.
- Az alátámasztó oszlopok felett ívesen átvezetett feszítobetétek a lemez átlukadási teherbírását jelentősen megnövelik.
- Alátámasztó gerendák alkalmazására általában nincs szükség, ezért a földém zsaluzata egyszerű, gyorsan elkészíthető és feszítés után rögtön elbontható.

A fentiekben túlmenően, a bevezetőben említett tapadásmentes feszítobetétek alkalmazása esetén:

- A zsírozott KPE csoban vezetett pászmák korrózióvédelme már a gyártás során megoldott.
- Emiatt a betonfedés korrózióvédelem szempontjából szükséges vastagsága csökkenthető, tehát a feszítőerőt a hagyományos tapadásos feszítéshez képest nagyobb különpontossággal lehet alkalmazni a szerkezet kritikus keresztmetszeteiben.
- A feszítéskor jelentkező súrlódási veszteség rendkívül alacsony.
- A feszítobetétek utólagos kiinjektálására nincs szükség.

b) *Az épület egészénél jelentkező további előnyök*

- Azonos terhelés esetén a fesztávolság növelhető és így az alátámasztó oszlopok száma csökkenthető. A szerkezeti rendszer flexibilisebb a hagyományos, feszítés nélküli szerkezetekhez képest.
- A teljes szerkezet önsúlya jelentősen csökken, ami az alapozás számára is kedvező hatású, egyes esetekben egyszerűbb alapozási megoldást tesz lehetővé.
- A kisebb földémvastagság miatt növelhető a belmagasság vagy csökkenthető a teljes épületmagasság, esetleg azonos épületmagasság esetén több szint alakítható ki.
- Mindezek következtében a szerkezet építési költsége jelentősen csökkenhet.

c) *A kivitelezés során jelentkező előnyök*

- Az egyszerűbb zsaluzat, vasszerelés és betonozás következtében az építési idő rövidebb.
- Előregyártás esetén a vékonyabb földémlemek vagy karcsúbb oszlopok miatt az emelési súlyok kisebbek.

2.2. Feszített födégek alkalmazásának hátrányai

A feszített vasbeton födégek alkalmazása a következő - a hagyományos lágyvasalású födégek építésénél nem jelentkező - problémákat veti fel.

- A feszített födégek tervezése és építése a szokásosnál bonyolultabb feladat elé állítja mind a tervezőt, mind a kivitelezőt.
- A feszítés alkalmazásának a teljes építési módszerre gyakorolt hatása van, amit minden esetben figyelembe kell venni.
- A feszítési művelet végrehajtása összetett, speciális berendezéseket igénylő feladat.
- A feszített födégek tuzzel szembeni ellenállása általában kisebb, mint a hagyományos lágyvasalású szerkezeteké. E hátrány kiküszöbölése megfelelő szerkezeti megoldásokat igényel.
- A feszített szerkezet utólagos átalakítása (pl. födémáttörések) az erőtérképet jóval nagyobb mértékben befolyásolja, mint hagyományos építési módok esetén, ezért ilyen esetben körültekintően kell eljárni.
- A feszített födémmezők feszítés hatására történő többlet-alakváltozását lehetővé tevő szerkezeti (építési) megoldásokat kell alkalmazni. Figyelembe kell venni továbbá a normálero hatása miatt várható nagyobb kúszási alakváltozásokat is, melyek nagy része már a végleges szerkezeten jön létre.

A fentiekben túlmenően a bevezetőben említett tapadásmentes feszítobetétek alkalmazása esetén:

- A feszítobetétek határszilárdságát nem lehet kihasználni teherbírási határállapotban, mivel a kritikus keresztmetszetben kialakuló nyúlás a teljes feszítobetét-hosszon eloszlik.
- A tapadás hiánya miatt, egy feszítobetét tönkremenetele a lehorgonyzási pontok közötti teljes tartószakasz erőtérképét kedvezőtlenül befolyásolja.

Az utófeszített födégek alkalmazásával kapcsolatban néhány szubjektív emberi tényezőt kell említeni:

- Az épületek koncepcionális tervezését végző építészek nem mindig ismerik a feszített födégek alkalmazásának lehetőségeit.
- A statikus tervezők nem mindig ismerik eléggé a feszített szerkezetek kialakításának elveit és számítási módját, ezért gyakran eleve elvetik annak alkalmazását.
- A kivitelezők nem rendelkeznek az építéshez szükséges berendezésekkel és sok esetben nem is akarnak változtatni a már bevált, begyakorolt építési módszereken.
- A feszített födégekkel kapcsolatos kedvezőtlen tapasztalatok (pl. IMS födégek korróziós problémái) hátráltatják ezen szerkezetek hazai elterjedését.

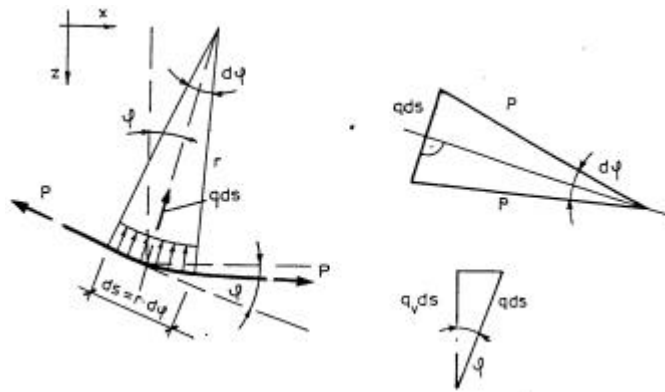
A előzőekben felsorolt előnyök és hátrányok összevetésének tükrében a feszített födégek elterjedésének oka alapvetően a hagyományos lágyvasalású födégekkel szembeni gazdaságosság és kedvezőbb erőtani viselkedés volt, ami egyben hazai alkalmazásuk alapvető indokál is szolgál.

3. FESZÍTETT FÖDÉMEK ELÖTERVEZÉSÉNEK NÉHÁNY ALAPKÉRDÉSE

Az alábbiakban – a teljesség igénye nélkül – csúszókábeles utófeszített földémek előtervezése során felmerülő olyan kérdésekkel foglalkozunk, melyek a leggazdaságosabb szerkezeti kialakítás megválasztását segíti elő. Ennek keretében kitérünk a feszítés hatásainak az igénybevételek számítása során való figyelembevételére, a lemezvastagság méretének célszerű megválasztására, valamint kétirányban teherviselő lemezek célszerű kábelelrendezési lehetőségeire. E kérdésekre adott válaszok alapvetően meghatározzák a földémszerkezet erőjátékát is.

3.1. A feszítés hatásainak figyelembevétele

Az igénybevételek számítása során az utófeszítés hatását a normálero mellett olyan, a lemez középfelületére merőleges, külső többletteherként lehet figyelembe venni, melynek eloszlása és intenzitása a feszítobetét irányváltozásának módja, mértéke és a feszítőero nagysága alapján kapható meg a 2. ábra alapján.



2. ábra: Az irányváltozási erő számítási modellje

A feszítobetét irányváltozásából adódó q irányváltozási erő a kábel minden pontjában görbületi sugár irányú, annak a lemez középfelületére merőleges – vízszintes síkú földém esetén függőleges – q_v komponense $q_v = q \cos \varphi$ értékű. Ha a φ szög kicsi ($\leq 12^\circ$), akkor a $q = q_v$ helyettesítés elhanyagolható mértékű ($\leq 2\%$) hibát eredményez. Földémlemek feszítése esetén ez a feltétel gyakorlatilag mindig teljesül.

Másodfokú parabola ív mentén vezetett feszítobetétek esetén a feszítobetét tengelyére merőleges irányban felírt vetületi egyenletből:

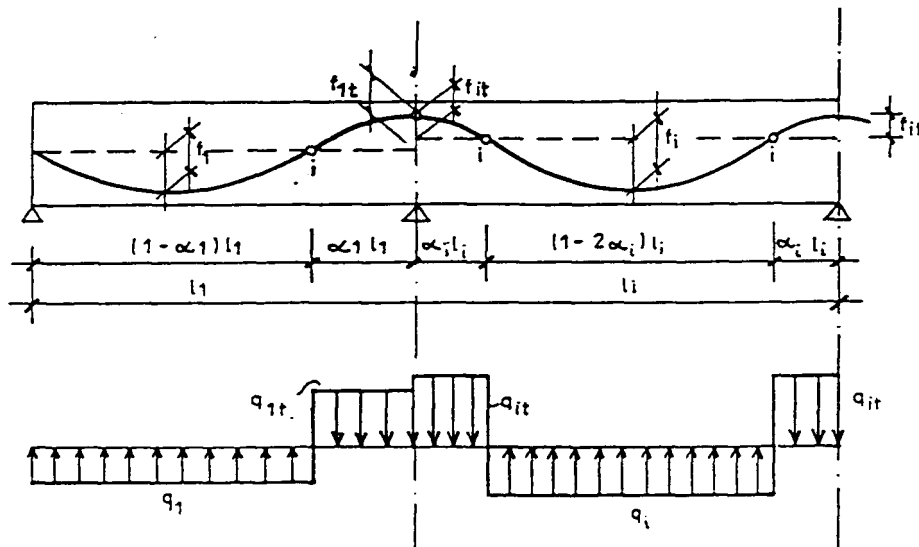
$$P d\varphi = q ds = q r d\varphi \Rightarrow q = \frac{P}{r} = P \frac{d^2 z}{dx^2} = 8 \frac{P f}{\ell^2}$$

ahol f az ℓ vízszintes vetületi hosszúságú másodfokú parabolafüggvény nyílmagassága. A lágyvasalás két rögzített pontja közé befüggesztett kábel saját súlya okozta terhelésre felvett alakja (kötélgörbe) jó közelítéssel másodfokú parabola-ívnek tekinthető. A

fentiek alapján egy többnyílású, vízszintes síkú lemezfödém szélső és közbenso nyílásaiban vezetett, a mélypontokban és a támaszok felett vízszintes érintőju, egymáshoz páronként érintőlegesen csatlakoztatott parabola-ívek szerint kialakított feszítókábelek okozta egyenértéku, függőleges síkú terhelés a 3. ábra és az alábbi összefüggések szerint számítható.

$$q_1 = 8 \frac{P f_1}{(1 - a_1)^2 l_1^2} \qquad q_{1t} = 2 \frac{P f_{1t}}{a_1^2 l_1^2}$$

$$q_i = 8 \frac{P f_i}{(1 - 2a_i)^2 l_i^2} \qquad q_{it} = 2 \frac{P f_{it}}{a_i^2 l_i^2}$$



3. ábra: Irányváltási erők másodfokú parabola-ív mentén vezetett feszítókábelek esetén

3.2. A gazdaságos lemeztvastagság felvétele

Feszített lemezek tervezésekor - az erotani követelményeket is figyelembe véve - központi szerepet játszik a lemeztvastagság optimális felvétele, mivel ez alapvetően befolyásolja mind a feszítéssel elérhető egyenértéku teher intenzitását, mind a feszítéssel egyensúlyozandó teherszintet, mind a szerkezet merevségét.

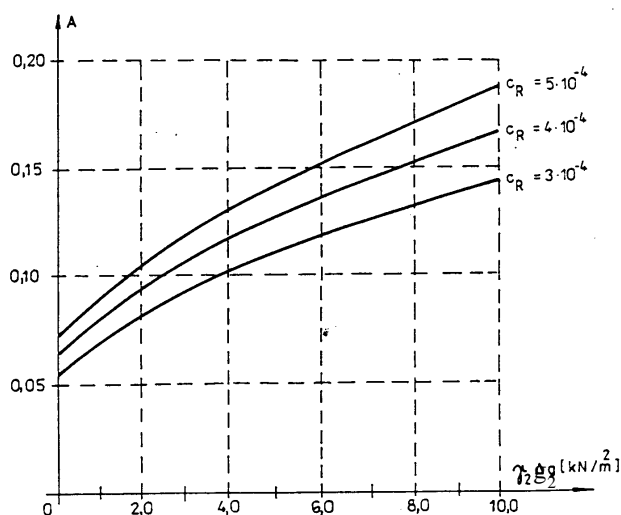
A gazdaságos szerkezet előállítását megcélzó optimalizálási feladatot legcélszerűbb a minimális építési költséget jelentő célfüggvény felvételével megoldani a minimálisan szükséges feszítőerő eredményező feszítőbetét elrendezés figyelembevételével, majd a lemeztvastagság optimális méretét ebből számítani. A szerkezet teljes építési költségét (C) leíró célfüggvény eszerint a következő alakban írható:

$$C = C_p V_p + C_{vb} V_{vb} \Rightarrow \min!$$

ahol C_p a feszítési rendszer fajlagos bekerülési költsége, mely tartalmazza a feszítobetétek és a lehorgonyzások anyagköltségét, valamint a beszerelés és a feszítés kivitelezési költségét, C_{vb} a vasbeton lemez fajlagos előállítási költsége, mely tartalmazza a beton és a lágyvasalás anyagköltségét és a vasszerelés, valamint a betonozás munkadíját. V_p a beépítendő összes feszítobetét fajlagos térfogata, mely a P_{opt}/σ hányadosból számítható, ahol P_{opt} az erotani követelmények kielégítése szempontjából optimális elrendezésű és minimális mennyiségű, teljes hosszban állandónak tekintett hatásos feszítőerő, σ pedig a hatásos feszítési feszültség. V_{vb} a vasbeton lemez térfogata, mely a v lemezvastagságból közvetlenül számítható.

Kiindulva abból a megfontolásból, hogy erre vonatkozó konkrét erotani követelmény hiányában is célszerű a szerkezeteket az önsúly és az azon felüli g_2 állandó teher rész együttes működése mellett dekompressziós állapotúra tervezni, állandó vastagságú és állandó l_k közbenso nyílású, folyatólagos többtámaszú lemezek esetén a fenti optimalizálási feladat a következő eredményre vezet:

$$v = \frac{l_k}{8} A + \frac{3}{2} u$$



4. ábra: Az optimális lemezvastagság meghatározása diagram alapján

ahol u a betonfedés nagysága. Az A értékei a 4. ábrán látható diagramból határozhatók meg, ahol γ_2 az önsúlyon felüli állandó teher rész (g_2) (amely teher szint mellett a dekompressziós állapotot előírtuk) biztonsági tényezője, és

$$C_R = \frac{C_p}{s C_{vb}}$$

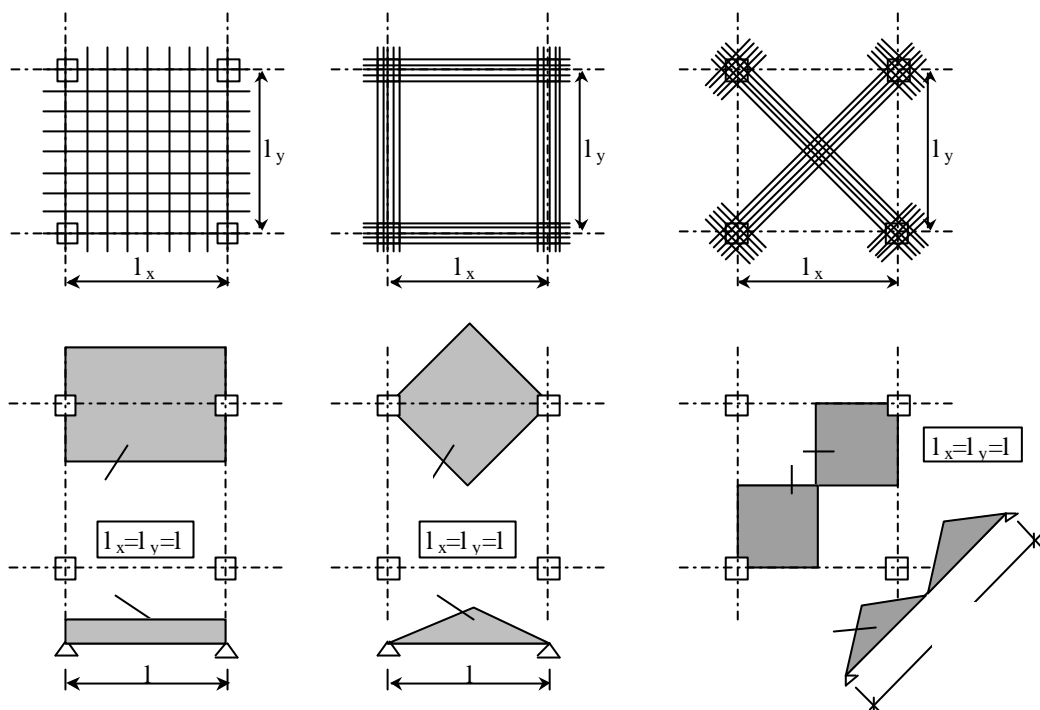
3.3. Pontokban alátámasztott, kétirányban teherviselő lemezek kábelrendezése

A csúszóbetétes feszítés hatása – megfelelő körültekintéssel eljárva – a szerkezetre működő egyéb terhekkel szuperponálható, külső teherként fogható fel. Ilyen értelemben a felületre merőleges irányváltoztató erő a külső terhekből származó igénybevételeket csökkenti, míg a lemez síkjába eső és a lehorgonyzási pontokban bevezetett normálere a keresztmetszetek teherbírását növelő feszítési összetevőként értelmezhető. Ily módon értelmezve a szerkezetre működő összes teher eloszlása és intenzitása a feszítőbetétek alakjának (görbületi viszonyainak) és alaprajzi elrendezésének megfelelő megválasztásával a kívánt módon befolyásolható.

Adott kábelalakhoz tartozó irányváltoztató erő intenzitását a 3.1. szakasz szerint lehet meghatározni. Az eljárás független a feszítőbetét alaprajzi irányától, tehát nem szükséges a teherbírás „irányok” és a feszítőbetétek alaprajzi irányainak egyezése. Egyirányban teherviselő lemezek esetén ez nem játszik fontos szerepet, viszont kétirányban teherviselő lemezek esetén az elhelyezendő feszítőbetét mennyiségét befolyásolni lehet az alaprajzi elrendezés megfelelő megválasztásával.

A továbbiakban négyzet alakú, hálós alaprajzi elrendezés szerint pontonként alátámasztott, kétirányban teherviselő síklemezek leggyakrabban alkalmazott kábelrendezési alapeseteit mutatjuk be egyenletesen megoszló külső teher figyelembevételével.

3.4. Kábelrendezési alapesetek



5. ábra: Feszítőbetétek leggyakrabban alkalmazott alaprajzi elrendezési lehetőségei

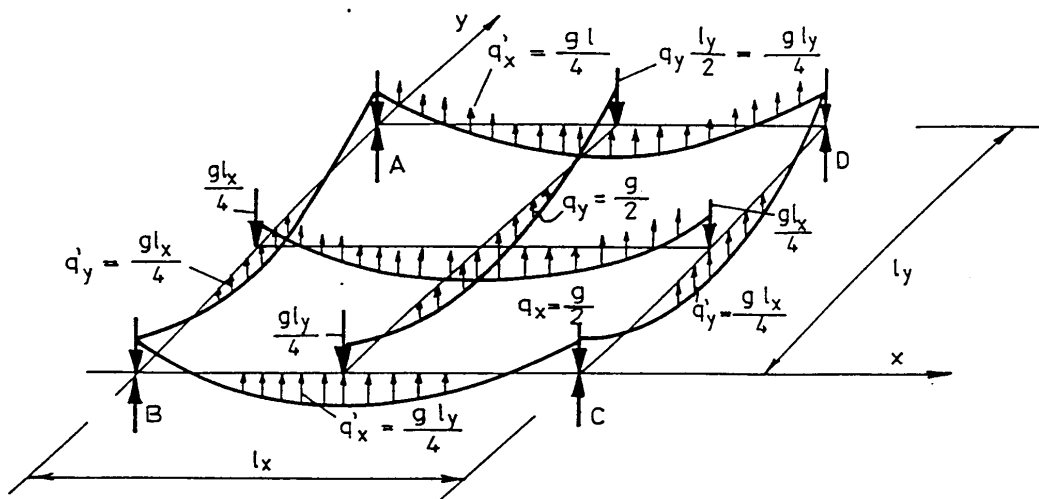
Errotani szempontból a feszítobetétek alaprajzi elrendezését és mennyiségét vagy a kedvezőbb igénybevétel-eloszlás kialakítása, vagy az alakváltozások korlátozása, vagy a ketto együtt szabja meg. E feltételek kielégítése mellett kell a minimálisan szükséges mennyiséget eredményező megoldást megkeresni.

Tervezéskor a legcélszerűbb eljárás az, ha a földembe elhelyezendo feszítés mennyiségét úgy választják meg, hogy a repedéstágasság korlátozása és a vasbetonszeru viselkedés érdekében elhelyezendo minimális lágyvasalás mennyisége elegendó legyen a külső terhek és a feszítés okozta egyenértékű teher eredőjéből származó „maradék”-igénybevétel felvételére.

E feltételek alapján tervezett földemek feszítobetéteinek legegyszerűbb alaprajzi elrendezései az 5. ábrán bemutatott elvi alapesetek szerint képzelhetők el.

3.4.1. Felület mentén egyenletesen elosztott feszítobetét elrendezés (A eset) Az említett három alapeset közül az egyenletesen elosztott feszítobetét elrendezéssel bevihető „ellennyomaték”-eloszlás képes a legegyszerűbben igazodni a rugalmas eloszláshoz. Az elosztott elrendezés további előnye, hogy ekkor kisebb átméretű kábelok alkalmazhatók, így a kábelalak mély- és tetopontjaiban, illetve a kétirányú kábelok alaprajzi metszéspontjaiban a feszítobetétek nagyobb különpontossággal vezethetők.

E megoldás jelentős hátránya viszont az, hogy az alaprajzilag egymást ellentétes görbülettel keresztező feszítobetétek az oszloptengelyekben terheiket közvetlenül egymásra adják át, vagyis ugyanazt a külső terhet mindkét irányú betétnek viselnie kell, ami többlet feszítobetét mennyiséget eredményez. Elhelyezhetőségi okokból az oszlopok helyén egymás felett átmenő, oszloptengelyekben futó kábelok különpontossága kisebbre adódik, mint a mezőben futó feszítókábelok esetén. A kétirányban egyenletesen elosztott feszítés működési elvét a 6. ábra szemlélteti a lemezre ható g [kN/m²] egyenletesen megoszló terhelés esetén.



6. ábra: A kétirányban egyenletesen elosztott feszítés teherviselési módja

3.4.2. Oszloptengelyekben koncentrált feszítobetét elrendezés (B eset) Az oszloptengelyekben koncentráltan vezetett feszítobetétek fő előnye, hogy ekkor minden

kábel a terhet közvetlenül az oszlopra adja át, ezáltal a kábelek nem terhelik egymást. Így azonos geometriai és megtámasztási viszonyokat feltételezve, valamint azonos erotani követelményt előírva e megoldással általában kevesebb feszítobetét mennyiségre van szükség, mint a kétirányban egyenletesen elosztott feszítés esetén. További elony, hogy a lemezen szükséges áttörések akár még a tervezés fázisában, akár a későbbiekben, a már megépült szerkezeten jóval egyszerűbben kialakíthatók, mint az egyenletesen elosztott feszítés esetén.

Hátrányt jelent azonban az, hogy mivel az egyenértéku helyettesítő teher az oszloptengelyekben koncentráltan jelentkezik, a lemezre működő egyenletesen megoszló külső terhet nem lehet a lemez minden pontjában pontosan egyensúlyozni. Így például a lemez mezoközepén előírt nyomatékmentesség biztosításához az oszloptengelyekben szükséges feszítobetét mennyiség által létrehozott helyettesítő teher a lemez más pontjain (az oszloptengelyekben) jelentős túlterheléshez (függőlegesen felfelé mutató teher) vezethet. További hátrányt jelent, hogy mivel ebben az esetben az összes kábel az oszloptengelyekben fut, az oszlopok helyén mindkét irányú kábelcsoportot egymás felett kell átvezetni, ezért itt a külpontosság mértéke elhelyezhetőségi (geometriai-kivitelezési) okokból jelentősen csökkenhet.

3.4.3. Átlókban koncentrált feszítobetét elrendezés (C eset) Az átlókban koncentráltan vezetett feszítobetét elrendezésnek szintén megvan az az elonye, hogy a kábelek terhüket közvetlenül az oszlopokra adják át, így egymást nem terhelik. Ebben az esetben azonban mindkét irányú kábelcsoport mélypontja éppen a lemez mezoközepén van, így a mezoközépi igénybevételek és lehajlások csökkentése szempontjából hatékonyabb, mint az oszloptengelyekben vezetett feszítés. A födémáttörések kialakíthatósága szempontjából az előző megoldáshoz (oszloptengelyekben vezetett feszítés) hasonlóan kedvező.

A födémre működő egyenletesen megoszló felületi teher a koncentrált feszítobetét elhelyezés miatt szintén nem egyensúlyozható minden pontban, ráadásul a feszítobetétek két oszlop közötti hossza is nagyobb, mint az oszloptengelyekben vezetett betétek esetén. További hátrányt jelent, hogy ebben az esetben a feszítobetétek általában nem párhuzamosak a lemez széleivel, ami a lemezperemek bonyolultabb erójátékát eredményezi, és kivitelezési nehézségeket okozhat. Az oszlopok feletti külpontosság-csökkenéssel kapcsolatban hasonló okokból ugyanaz a probléma adódik, mint az oszloptengelyekben vezetett feszítés esetén.

4. SZÜKSÉGES KÁBELMENNYISÉGEK

A továbbiakban az erotani szempontból kedvezőbb igénybevétel-eloszlás és alakváltozási állapot érdekében alkalmazott feszítés szempontjából hasonlítjuk össze a fenti három esetet. A cél legyen mindhárom feszítobetét elrendezés esetén kettős. Adott kábelrendezés esetén keressük azt a fajlagos (adott felületegységre eső) feszítobetét mennyiséget, amelynél

- a) a feszítésből származó hajlítónyomaték-eloszlás leghatékonyabban „egyensúlyozza” az egyenletesen megoszló külső terhekből (g) származó

hajlítónyomaték-eloszlást. E feltétel valójában a külső teher és a feszítés együttese által kialakuló nyomatéki felület (amelyet lágyvasalással kell felvenni) alatti térfogat abszolút értékének, azaz az elhelyezendő lágyvasalás mennyiségének a minimalizálását jelenti, és így a 3.2. szakaszban közölt minimalizálási feladattal közvetlen kapcsolatba hozható.

b) a mezoközépen kialakuló lehajlást a feszítés teljes egészében egyensúlyozza.

Tervezéskor mindkét fenti feltétel alkalmazása esetén úgy célszerű eljárni, hogy a feszítéssel egyensúlyozandó külső teherként az állandó terhet (nagy intenzitású hasznos terhek esetén a hasznos terhek tartós részével növelt állandó terhet) veszik figyelembe, míg a hasznos terhet (vagy annak nem tartós részét) többlet-lágyvasalással veszik fel.

A következőkben először az előtervezés során is gyakran alkalmazott egyszerű, elvi példán végrehajtott közelítő számítási eljárást ismertetünk, melynek célja egy egységnyi alapterületű födémszakasz egyenletesen megoszló külső teherből származó hajlítónyomatékainak felvételéhez szükséges fajlagos kábelmennyiség meghatározása az 5. ábra szerinti kábelelrendezések esetén. Ezt követően ugyanezen a példán numerikus vizsgálatokat végzünk a fenti a) és a b) feltételeket kielégítő fajlagos kábelmennyiségek meghatározása céljából, majd ennek eredményeit a közelítő számítás eredményeivel hasonlítjuk össze.

Vizsgálatainkat mindvégig rugalmas alapon végezzük. Feszített vasbeton födémek esetén a többnyire repedésmentes állapot miatt ez a feltételezés megfelelőnek tekinthető. Az irányváltozási erő számításakor minden feszítobétetet másodfokú parabola alakúnak tételezünk fel, így az irányváltozási erő minden esetben egyenletesen megoszló lesz.

4.1. Közelítő módszer

Az alábbiakban bemutatott közelítő módszer a következő feltételezéseken alapul:

- A lemez vizsgált pontjában (mezoközép) a hajlítónyomatékokat a kábelok tengelyében futó fiktív, elemi gerendatartókon határozza meg az alaprajzi területarányosan rájuk jutó teherből, így nem veszi figyelembe a lemezmodell kétirányú görbületét.
- Bár a fiktív tartókra működtetett teher – eloszlásában és intenzitásában – a teljes lemezfelületre eső összterhet lefedí, a gerendatartók merevsége azonban végig állandó, nem követi a rá működő teher által lefedett változó szélességű lemezszávból számítható változó merevség-eloszlást.
- Az alátámasztási pontokban pontszerű megtámasztások működnek.

E feltételezések megtételére a számítás gyors és egyszerű eszközökkel történő elvégezhetősége miatt van szükség, ezek hiányában a számítás közelítő jellege értelmét vesztené. Ugyanakkor azonban e feltételezések miatt a közelítő számítás eredményei helyenként jelentősen eltérhetnek a valódi igénybevétel-eloszlástól. Ezt, az eltérés mértékének ismeretében az adott esetben korrigálni lehet. Jelen cikk céljainak egyike

éppen az, hogy ezen eltérések mértékét néhány speciális esetben meghatározza, ezek alapján a közelítő modellek pontosításához elveket szolgáltatasson.

4.1.1. *Felület mentén egyenletesen elosztott feszítobetét elrendezés* Az egyenletesen elosztott feszítés miatt feltételezzük, hogy a teljes g terhelés egyik felét az egyik irányú, másik felét a másik irányú feszítobetétek egyensúlyozzák (6. ábra), azaz a kétirányú feszítés által létrehozott egyenletesen megoszló, egyenértékű helyettesítő teher:

$$q_x = \frac{g}{2} \quad \text{és} \quad q_y = \frac{g}{2}$$

Az x irányú feszítésből származó helyettesítő teher reakciója:

$$q_x \frac{\ell_x}{2} = \frac{g}{2} \frac{\ell_x}{2} = \frac{g \ell_x}{4}$$

amit az A-B és C-D oszloptengelyekben futó feszítobetétek egyensúlyoznak a q_y helyettesítő teher révén, és hárítják át azt a támaszokra. Ugyanilyen módon az y irányú feszítésből származó helyettesítő teher

$$q_y \frac{\ell_y}{2} = \frac{g}{2} \frac{\ell_y}{2} = \frac{g \ell_y}{4}$$

reakcióját az A-D és B-C oszloptengelyekben futó feszítobetétek egyensúlyozzák a q_x helyettesítő teher révén. Ily módon az azonos irányú feszítobetétekre háruló terheket egy lemezmezőre összegezve:

$$q_{x,\text{tot}} = q_x \ell_y + 2 q_x \frac{\ell_y}{4} = \frac{g}{2} \ell_y + 2 \frac{g \ell_y}{4} = g \ell_y$$

$$q_{y,\text{tot}} = q_y \ell_x + 2 q_y \frac{\ell_x}{4} = \frac{g}{2} \ell_x + 2 \frac{g \ell_x}{4} = g \ell_x$$

tehát mindkét irányban egyenletes elrendezés esetén a feszítobetéteket mindkét irányban a teljes g teherre kell méretezni. A 3.1. szakasz alapján az egyes irányokban szükséges feszítőerő értéke:

$$x \text{ irányban: } g \ell_y = P_x \frac{8 f_x}{\ell_x^2} \quad \text{amiből} \quad P_x = \frac{g \ell_x^2}{8 f_x} \ell_y$$

$$y \text{ irányban: } g \ell_x = P_y \frac{8 f_y}{\ell_y^2} \quad \text{amiből} \quad P_y = \frac{g \ell_y^2}{8 f_y} \ell_x$$

A fenti összefüggésekben f_x , ill. f_y az x , ill. y irányú, másodfokú parabola-ívben vezetett feszítobetétek nyílmagassága.

Természetesen (a 6. ábrával ellentétben) a feszítobetétek az oszloptengelyekben (a kábelok tetopontjaiban) is ív mentén haladnak, azonban itt törekedni kell a lehető legkisebb görbületi sugárra. Ekkor a fent említett q_x és q_y reakciók ezen minimális görbületi sugárhoz tartozó vetületi hosszon (a 3. ábrán $\alpha_i l_i$) adódnak át. Az így figyelembe vett helyettesítő teher-eloszlást kell eztán szuperponálni a külső terhekkel a „pontos” igénybevételek meghatározásához.

A fent leírtak, valamint a 3.1. szakasz alapján belátható, hogy a külső g teher egyensúlyozásához szükséges feszítőerőkre (P_x , P_y) kapott fenti összefüggéseket kapjuk meg akkor is, ha azokat az azonos irányú feszítobetétekre jutó teher alapján (az 5a. ábrán bejelölt terhelési mező szerint) számított nyomatékból határozzuk meg. A sraffozott terhelési mezőből kéttámaszú tartón számított mezoközépi hajlítónyomaték értéke { zárójelben az $l_x = l_y = l$ és $f_x = f_y = f$ esethez tartozó érték szerepel}, majd az ennek egyensúlyozásához szükséges, másodfokú parabola-ívben vezetett x irányú feszítobetétek összegzett feszítőereje:

$$M_{\text{egy}} = \frac{1}{8} (g l_y) l_x^2; \left\{ M_{\text{egy}}^{l_x=l_y=l} = \frac{1}{8} g l^3 \right\} \Rightarrow P_{\text{egy},x} = \frac{1}{8} \frac{g l_x^2}{f_x} l_y; \left\{ P_{\text{egy}}^{l_x=l_y=l} = \frac{1}{8} \frac{g l^3}{f} \right\}$$

A fenti összefüggésekben EI a fiktív gerendatartó hossz mentén állandónak feltételezett hajlítási merevsége. Mivel a felület mentén elosztott kábelrendezéssel egyenletesen megoszló helyettesítő teher vihető fel a szerkezetre, nyilván az egyenletesen megoszló teherből számított hajlítónyomaték és lehajlás egyensúlyozásához ugyanaz az (egy támaszközeire összegzett) feszítőerő szükséges.

4.1.2. Oszloptengelyekben koncentrált feszítobetét elrendezés Összehasonlításképpen, az oszloptengelyekben vezetett feszítés esetére határozzuk meg egy $l_x \times l_y$ méretű lemezmező mezoközepén, egyenletesen megoszló g felületi teher hatására előírt nyomatékmentességet biztosító feszítőerőt a megelőző, egyenletesen szétosztott feszítobetét elrendezésénél közölt módon. Az 5b. ábrán sraffozott terhelési mezőből:

$$M_o = \frac{1}{12} (g l_y) l_x^2; \left\{ M_o^{l_x=l_y=l} = \frac{1}{12} g l^3 \right\} \Rightarrow P_{o,x} = 0,67 \frac{1}{8} \frac{g l_x^2}{f_x} l_y; \left\{ P_{\text{egy}}^{l_x=l_y=l} = 0,67 \frac{1}{8} \frac{g l^3}{f} \right\}$$

Tehát ebben az esetben a közölt feltételezések mellett a mezoközépen előírt nyomatékmentesség biztosításához szükséges feszítőerő az egyenletesen vezetett feszítobetét elrendezés esetén szükséges feszítőerőnek 2/3-a.

Mivel ebben az esetben a helyettesítő egyenértékű teher nem egyenletesen megoszló, így a nyomatékmentesség biztosításához szükséges feszítőerő mértéke sem azonos.

4.1.3. Átlókban koncentrált feszítobetét elrendezés Ha a fent bemutatott módszer szerint ez esetben is meg akarjuk határozni egy – a könnyebb számítás érdekében felvett – $l \times l$ méretű lemezmező mezoközepén, egyenletesen megoszló g felületi teher hatására előírt

nyomatékmentességet biztosító feszítőerőt, akkor az 5c. ábra szerint eljárva a következő eredményt kapjuk:

$$\left\{ M_a^{\ell_x=\ell_y=\ell} = \frac{1}{11,3} g \ell^3 \right\} \Rightarrow \left\{ P_a^{\ell_x=\ell_y=\ell} = 0,708 \frac{g \ell^3}{f} \right\}$$

4.2. Numerikus vizsgálatok

A 3.4. szakaszban bemutatott (5. ábra), és a 4.1. szakaszban közelítő módszerekkel vizsgált kábelrendezési eseteket végeelem-modellen numerikusan is megvizsgáltuk.

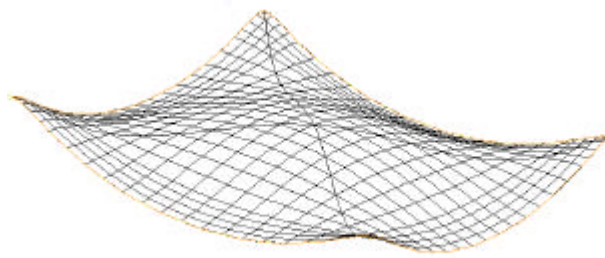
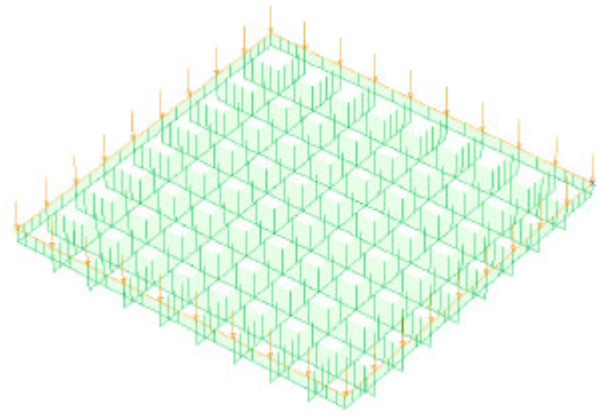
A figyelembe vett szerkezet mindegyik esetben egy $\ell \times \ell$ -es raszterben kiosztott oszloprendszer által alátámasztott síkmező volt, melynek egyetlen $\ell \times \ell$ alaprajzi területű szakaszát vizsgáltuk megfelelő szimmetriafeltételek alkalmazásával. Működő teherként (a 4.1. szakaszban közölt módszert követve) egységnyi ($g = 1,0 \text{ kN/m}^2$) intenzitású, egyenletesen megoszló terhelést alkalmaztunk. Az alátámasztásokat $\ell/18$ oldalhosszúságú négyzetben működő, $5,0 \times 10^6 \text{ kN/m}^3$ merevségű, rugalmas felületi megtámasztással modelleztük.

A felület mentén egyenletesen elosztott kábelrendezés esetén a feszítési vonalakat alaprajzilag egymástól 1,0 m távolságban osztottuk ki az oszloptengelyekkel párhuzamosan mindkét irányban. A kábelok tetopontján (oszloptengelyekben) az egyszerűbb számítás érdekében a kábel rövid szakaszon létrehozott, kis sugarú irányváltozása helyett koncentrált iránytörést feltételeztünk, melynek helyettesítő egyenértékű terheként az oszloptengelyek mentén egymástól 1,0 m távolságban megfelelő nagyságú, a súlyterhekkel megegyező irányú koncentrált erőköt működtettünk. A kábelok tetopontjai között másodfokú parabola-függvény szerinti kábelalakot feltételeztünk, aminek helyettesítő egyenértékű terhe vonal mentén egyenletesen megoszló teher volt. A felület mentén egyenletesen elosztott feszítés fentiek szerint elkészített modellje, valamint a külső terhekből (g) és a 4. szakasz szerinti a) feltételből adódó mértékű feszítésből együttesen keletkező deformált alak a 7. ábrán látható.

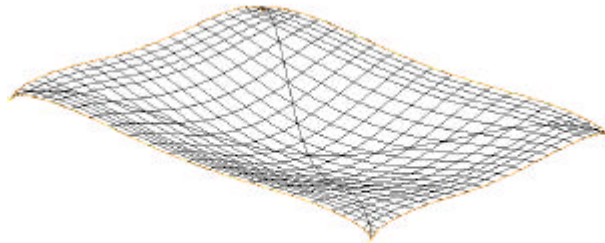
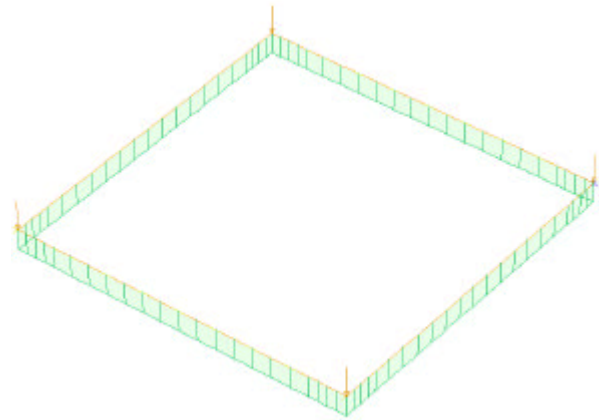
Az oszloptengelyekben koncentrált feszítés során ugyanazt az elvet követtük, mint a felület mentén egyenletesen elosztott feszítés esetén, de ebben az esetben feszítést csak az oszloptengelyekben működtettünk. A modellben a kábeloknak így csak az oszlopok felett van koncentrált iránytörése, tehát az itt működő koncentrált terhek közvetlenül az oszlopokra adódnak át, a lemez egyéb helyein a súlyterhekkel megegyező irányú helyettesítő egyenértékű teher nincs. Az oszlopsávokban koncentrált feszítés modellje, valamint a külső terhekből (g) és a 4. szakasz szerinti a) feltételből adódó mértékű feszítésből együttesen keletkező deformált alak a 8. ábrán látható.

Az átlókban koncentrált feszítés modellje ugyanaz, mint az oszlopsávokban koncentrált feszítésé, csupán a feszítési vonal alaprajzi helyzete más. Az átlókban koncentrált feszítés modellje, valamint a külső terhekből (g) és a 4. szakasz szerinti a) feltételből adódó mértékű feszítésből együttesen keletkező deformált alak a 9. ábrán látható.

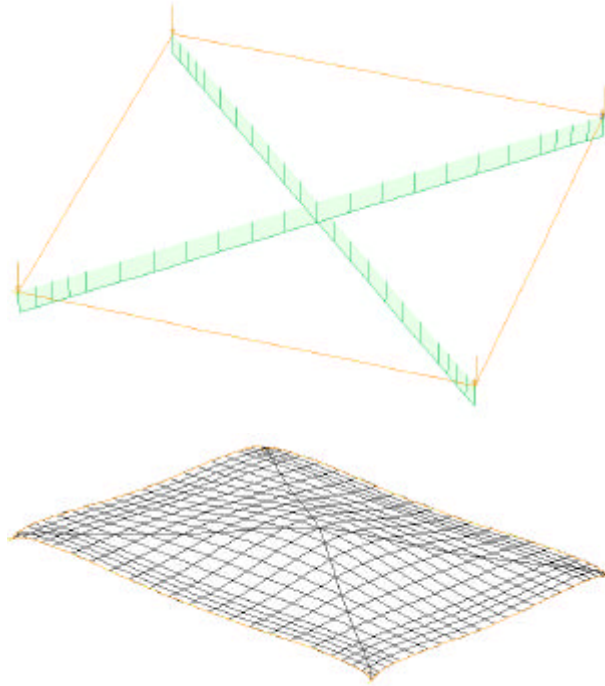
A 7., 8. és 9. ábrán látható deformált alakok sarokpontjaiban – a megfelelő szimmetriafeltételek alkalmazása miatt – természetesen nincs abszolút szögelfordulás.



7. ábra: A felület mentén egyenletesen elosztott feszítés modellje és a feszítésből származó deformált alak



8. ábra: Az oszloptengelyekben koncentrált feszítés modellje és a feszítésből származó deformált alak



9. ábra: Az átlókban koncentrált feszítés modellje és a feszítésből származó deformált alak

A szükséges feszítőerők meghatározásakor az egyszerűbb számítás érdekében mindegyik kábelirány mezoközépi nyílmagasságát egyaránt f -fel jelöltük, tehát két feszítési irány találkozásánál az egymást metsző feszítési vonalakban kialakuló külpontosság-különbséget nem vettük figyelembe.

4.3. A szükséges kábelmennyiségek összehasonlítása

A 4.1. és a 4.2. szakaszokban ismertetett közelítő és numerikus vizsgálatoknak az egységnyi g terhelés $a)$ és $b)$ feltételek szerinti egyensúlyozásához szükséges feszítőerőre kapott eredményeiből kiszámítottuk egy $\ell \times \ell$ ($\ell = 9,0$ m) alapterületű lemezmezőhöz szükséges kábelmennyiségeket (m_{fesz} [kg]). A kábelmennyiségek számításakor a feszítobetétekben működő hatásos feszítési feszültséget σ -val jelöltük, a kábelhosszak (ℓ_p) számításánál a kábelok vízszintes vetületi hosszát vettük figyelembe. A közelítő számítás eredményeit, valamint a 4. szakasz $b)$ feltételét kielégítő kábelmennyiségeket az 1. táblázatban közöljük. A táblázat utolsó oszlopában szereplő érték a számított kábelmennyiségek és a felület mentén egyenletesen elosztott feszítés közelítő számításából adódó mennyiségnek az arányát mutatja százalékosan.

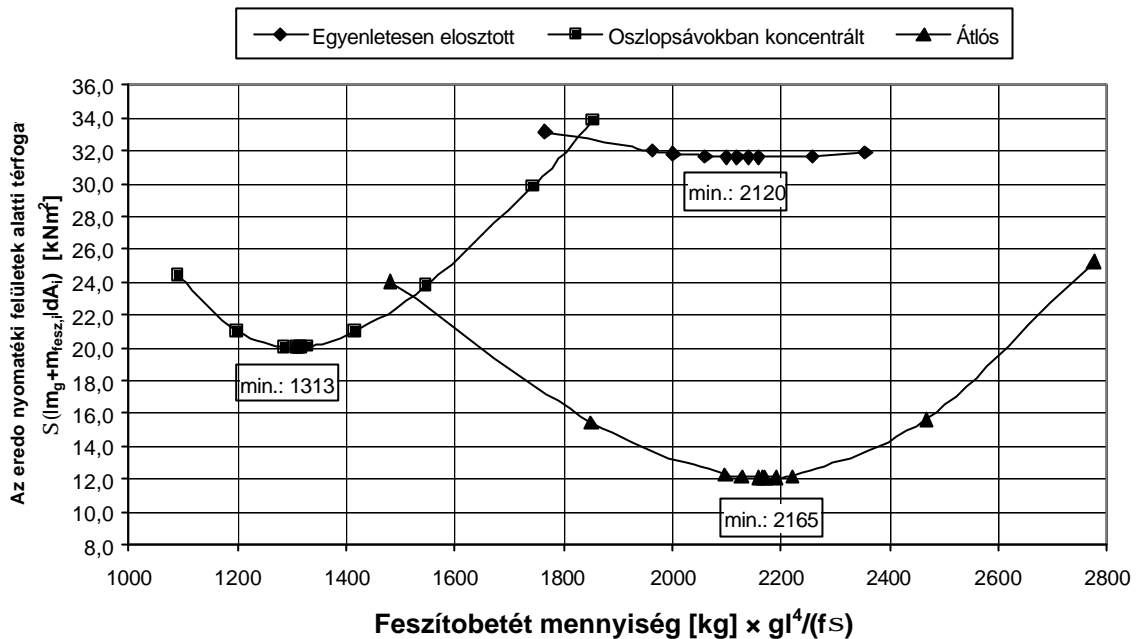
1. táblázat: Egy $\ell \times \ell$ alapterületű közbenso lemezmezőhöz szükséges kábelmennyiségek különböző feszítobetét-elrendezések esetén

Feltétel		A szükséges feszítő- ero ℓ hossz összegzett értéke	Egy $\ell \times \ell$ alapterületű mezőn a P erőhöz tartozó kábelhossz	Állandó szorzók $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{kN}} \right]$	Szükséges kábelmennyiség
		P [kN]	ℓ_p [m]		m [kg]
Felület mentén egyenletesen elosztott feszítés					
Közelítő számítás		$1,0 \frac{g \ell^3}{8f}$	2ℓ	$\frac{1}{\sigma}$	$1963 \frac{g \ell^4}{f \sigma}$ (100%)
Numerikus számítás	lehajlási b)	$1,157 \frac{g \ell^3}{8f}$			$2269 \frac{g \ell^4}{f \sigma}$ (116%)
Oszloptengelyekben koncentrált feszítés					
Közelítő számítás		$0,667 \frac{g \ell^3}{8f}$	2ℓ	$\frac{1}{\sigma}$	$1311 \frac{g \ell^4}{f \sigma}$ (67%)
Numerikus számítás	lehajlási b)	$0,888 \frac{g \ell^3}{8f}$			$1743 \frac{g \ell^4}{f \sigma}$ (89%)
Átlókban koncentrált feszítés					
Közelítő számítás		$0,708 \frac{g \ell^3}{8f}$	$2\ell\sqrt{2}$	$\frac{1}{\sigma}$	$1963 \frac{g \ell^4}{f \sigma}$ (100%)
Numerikus számítás	lehajlási b)	$0,716 \frac{g \ell^3}{8f}$			$1986 \frac{g \ell^4}{f \sigma}$ (101%)

A 4. szakasz *a*) feltételét kielégítő kábelmennyiségeket a 10. ábrán foglaltuk össze. A szóban forgó lemezszakaszon a g egyenletesen megoszló külső teherből meghatározott nyomatéki felület (m_g [kNm/m]) alatti térfogat és az *a*) feltételt kielégítő mennyiségű, adott kábelrendezéssel kialakított feszítésből meghatározott nyomatéki felület ($m_{fesz,i}$ [kNm/m]) alatti térfogat különbségének minimumát az alábbi módon képeztük:

$$\sum_i |m_{g,i} - m_{fesz,i}| dA_i \text{ [kNm}^2] \Rightarrow \min.$$

ahol $m_{g,i}$, ill. $m_{fesz,i}$ a külső teherből, ill. a feszítésből származó nyomatéki felület dA_i alaprajzi területű szakaszán meghatározott átlagos ordinátája elhelyezesen. A dA_i részterületek a teljes $\ell \times \ell$ lemezterületet átfedés nélkül lefedik. A 10. ábrán a különböző kábelrendezésekre meghatározott fenti függvény minimum környéki szakaszai láthatók a minimumértékhez tartozó abszcissza számszerű feltüntetésével. A függőleges tengelyen ábrázolt függvényértékek a lemezszakaszba elhelyezendő lágvasalás mennyiségével közvetlen (közel lineáris) kapcsolatba hozhatók. A függvénydarabok vízszintes tengelyen leolvasott értékei az 1. táblázat utolsó oszlopában közölt értékekkel közvetlenül összevethetők.



10. ábra: Egy $\ell \times \ell$ alapterületű közbenso lemezmezőhöz szükséges feszítobetét és lágývasalás mennyiségeinek kapcsolata különböző feszítobetét-elrendezések esetén

Az 1. táblázat és a 10. ábra alapján a következő megállapítások tehetők:

- Az egy lemezmezőre eső összes hajlítónyomaték (tekintet nélkül annak alaprajzi eloszlására) mezőközépi keresztmetszetekben való felvételéhez szükséges feszítobetét mennyiséget vizsgáló közelítő számítás szerint az egyenletesen elosztott és az átlós feszítobetét-elrendezés esetén azonos fajlagos feszítobetét mennyiségre van szükség (1963), míg az oszlopsávokban koncentrált elrendezés esetén a kívánt feltétel a megelőző mennyiség $2/3$ -ával (1311) megvalósítható.
- Ha figyelembe vesszük a feszítésen kívül elhelyezendő lágývasalás erótanilag szükséges fajlagos mennyiségét is (melyet a különböző elrendezésű feszítésből és a külső teherből származó hajlítónyomatéki felületek alatti térfogatok különbségének minimalizálásával kapott mennyiségekből - közel lineárisan - arányosíthatunk), akkor az *oszlopsávokban koncentrált kábelrendezés* esetén, a közelítő számításból kapott fajlagos mennyiség (1311) feltűnően jó egyezést mutat a minimális mennyiségű lágývasalást igénylő feszítési mértékhez tartozó feszítobetét mennyiséggel (1313). A minimális mennyiségű lágývasalást igénylő feszítési mértékhez tartozó feszítobetét mennyiség az *egyenletesen elosztott kábelrendezés* esetén a közelítő számításból kapott érték (1963) 108%-a (2120), átlós *kábelrendezés* esetén a közelítő számításból kapott érték (1963) 110%-a (2165). Megállapítható tehát, hogy a közelítő számításból kapott feszítobetét mennyiség az *oszlopsávokban koncentrált kábelrendezés* esetén egyben minimális mennyiségű lágývasalást is eredményez, míg a másik két

kábelrendezés esetén a minimális lágycélbetét mennyiség eléréséhez ~8-10% többlet-feszítést kell alkalmazni.

- A különböző kábelrendezések esetén, a minimális lágycélbetét mennyiséget eredményező feszítésből származó hajlítónyomaték-eloszlások különböző módon illeszkednek az egyenletesen megoszló külső teherből származó hajlítónyomaték-eloszlásra. Ha kizárólag ezen, igénybevételek felvételére elhelyezett minimális lágycélbetét mennyiségeket tekintjük (és nem vesszük figyelembe az igénybevételektől függetlenül beépítendő minimális vasalást) és az *oszlopsávokban koncentrált kábelrendezést* tekintjük 100%-nak, akkor az *átlós kábelrendezés* esetén ~60%-nak, az *egyenletesen elosztott kábelrendezés* esetén ~160%-nak megfelelő lágycélbetét mennyiséget kell beépíteni.
- Az adott esetben optimális feszítobetét mennyiség-lágycélbetét mennyiség aránynak az egységárak ismeretében történő meghatározásához az utóbbi két megállapításban megfogalmazott eredmények hatékony segítséget nyújtanak.
- A 10. ábrán az is látható, hogy a különböző kábelrendezések esetén a feszítés mértékének változtatásával az igénybevételek felvételéhez szükséges lágycélbetét mennyisége milyen intenzitással változik, azaz a rendszer mennyire érzékeny a feszítés mértékének a változására. E szempontból az *egyenletesen elosztott kábelrendezés* a legkevésbé érzékeny, míg a másik két kábelrendezés közel azonos érzékenységgel tekinthető. Az is látható továbbá, hogy ha a beépített feszítobetét mennyiséget $\sim 1520 \times g \ell^4 / (f \sigma)$ -ra állítjuk be, akkor az oszlopsávokban koncentrált és az átlós kábelrendezés esetén, míg ha $\sim 1830 \times g \ell^4 / (f \sigma)$ -ra, akkor az oszlopsávokban koncentrált és az egyenletesen elosztott kábelrendezés esetén lesz azonos az igénybevételek felvételéhez szükséges lágycélbetét mennyisége.
- Ha az adott esetben a legszigorúbb tervezési korlátot az alakváltozási határállapot jelenti, és azt a mezoközépi keresztmetszet függőleges lehajlásának korlátozásával kívánjuk biztosítani, akkor az ehhez szükséges feszítobetét mennyiségek arányai a különböző kábelrendezések esetén nem lesznek azonosak a hajlítónyomatékok felvételéhez szükséges feszítobetét mennyiségek arányaival. Ha a külső terhekből származó mezoközépi lehajlást teljes mértékben egyensúlyozni kívánjuk a feszítéssel, akkor ehhez *egyenletesen elosztott kábelrendezés* esetén a minimális lágycélbetét mennyiséget eredményező feszítobetét mennyiséghez képest 107%-nak (2269/2120), *oszlopsávokban koncentrált kábelrendezés* esetén 133%-nak (1743/1313), *átlós kábelrendezés* esetén 92%-nak (1986/2165) megfelelő feszítobetét mennyiséget kell beépíteni. E szempontból gyakorlatilag közel azonos feszítobetét mennyiséggel lehet biztosítani mind a hajlítónyomatékok felvételét, mind a lehajlások korlátozását *átlós* és *egyenletesen elosztott kábelrendezés* esetén (ami egyben a lehetséges minimumhoz közeli lágycélbetét mennyiséget is jelent), míg az *oszlopsávokban koncentrált kábelrendezésnél* ehhez jelentős

többlet-feszítésre van szükség, ami ráadásul jelentős beépítendő lágyvasalás mennyiség növekedéssel (~50%) is együtt jár.

A különböző kábelelrendezéssel való feszítési módokat a fenti eredmények alapján összességében értékelve megállapítható, hogy mindegyik kábelelrendezési módszer csak egy bizonyos tervezési kritérium esetén tekinthető elonyösebbnek a többinél, a célszerű kábelelrendezés megválasztása, vagy azok esetleges kombinált alkalmazása tehát mindig az adott tervezési helyzetben választható ki. Ehhez azonban hatékony segítséget jelentenek a fenti (az alátámasztások távolságát a két alaprajzi irányban azonosnak feltételező) példán bemutatott paraméteres számítás eredményei.

5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Épületek, elsősorban parkolóházak és mélygarázsok vasbeton födémeinek feszítésével elonyösebb, a funkcióhoz jobban igazodó alaprajzi kialakítás elérhető el, mint feszítés nélkül. A célszerűen kialakított feszítésnek mind a szerkezet erotani viselkedése, mind annak teherbírása szempontjából kiemelkedően kedvező hatása van, valamint a tartósságot is képes hatékonyan megnövelni. A feszítésnek a födém belsejében vezetett korrózióálló csúszókábelekkel való kialakítási- és annak egyszerű módszerekkel történő számítási lehetősége számos, a korábbi feszítési technológiák alkalmazásával kapcsolatos kedvezőtlen tapasztalatot oszlat el.

A cikkben a feszítés oszlopokkal pontonként alátámasztott síklemezekben való különböző alaprajzi elrendezésének a beépített összes acélmennyiséggel való kapcsolatát vizsgáltuk meg különböző szempontok szerint három kábelelrendezési alapeset figyelembevételével. Megállapítottuk, hogy mindegyik kábelelrendezési módszer csak egy bizonyos tervezési kritérium esetén tekinthető elonyösebbnek a többinél, a célszerű kábelelrendezés megválasztása, vagy azok esetleges kombinált alkalmazása tehát mindig az adott tervezési helyzetben választható ki. Ehhez azonban hatékony segítséget jelentenek egy elvi példán bemutatott paraméteres számítás eredményei.

6. HIVATKOZÁSOK

- [1] Armuth M. – Deák Gy.: Repedések mélygarázsok födémein, *Vasbetonépítés*, I. évf. 3. sz., Budapest, 1999., pp. 85-91.
- [2] Farkas Gy.: *Födém szerkezetek feszítése*, OMF B tanulmány, Budapest, 1997.