

Öszvérszerkezetek nyírt kapcsolatainak kísérleti és numerikus vizsgálata

Experimental and numerical analysis of shear connections in composite structures

MEFLEH Wajdi¹, Dr. KOVÁCS Nauzika²

^{1,2} Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Hidak és Szerkezetek Tanszék
H-1111 Budapest Műegyetem rkp. 3. www.hsz.bme.hu
¹ wajdi.mefleh@emk.bme.hu, ² kovacs.nauzika@emk.bme.hu

Abstract

Push-out tests had been carried out some years back in the Structural Laboratory of BME Department of Structural Engineering [5] on different types of shear connections (headed studs, perfobond plates with different geometry). The authors of the current paper use these tests to build up an advanced numerical model for the Y-shaped perfobond specimen (applicable in slim-floors), validated by experimental results, with the aim to complete parametric analysis on this type of shear connection.

Keywords: composite beams, push-out test, advanced FE model, Y-shapes perfobond, parametric study

Kivonat

A BME Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában, néhány évvel ezelőtt kinyomó kísérleteket végeztek különböző kialakítású öszvér nyírt kapcsolatú próbatesteken (fejes csap és különböző geometriájú perfobond lemezek). A jelen cikk szerzői ezeket a kísérleteket veszik alapul, egy fejlett vége-selemes modell fejlesztéséhez az Y-kialakítású perfobond (slim-floor gerendában használható) próbatesthez. A modellt kísérleti eredményekkel validálva paraméteres vizsgálatok elvégzésére alkalmazzuk a kapcsolattípus viselkedésének a megértésére.

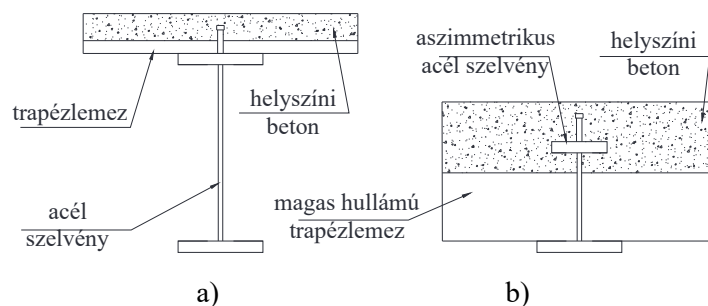
Kulcsszavak: öszvérgerendák, kinyomó kísérlet, VEM modell, Y perfobond lemez, paraméteres vizsgálatok

1. BEVEZETÉS

Az öszvérszerkezetű födémek széles körben alkalmazott megoldások különböző funkciójú épületszerkezetekben. Kezdetben a hagyományos öszvérszerkezetű gerendákat alkalmazták, majd a hagyományos öszvérgerendák hátrányos tulajdonságainak kiküszöbölésére törekvés a kis szerkezeti magasságú (slim-floor) gerendák kifejlesztésére vezetett. A hagyományos öszvérgerendák melegen hengerelt vagy hegesztett I-szelvényű acélgerendából és a hozzá kapcsolott, vele együtt dolgozó vasbeton födéméből állnak, mely kialakítást az 1 a) ábra mutat.

Ezeknek a hagyományos öszvérgerendáknak az alkalmazásánál (kereskedelmi épületek, ipari épületek, kórházak, mozik, lakások stb.) számos hátrányt észleltek, például: jelentős gerendaszelvény-magasság (nagyobb szerkezeti magasság). A fejlesztés iránya a kisebb szerkezeti magasságú gerendák felé fordult [1], [2], [3]. A kis szerkezeti magasságú öszvérgerendák tipikus szerkezet kialakítását az 1. b) ábra mutatja, mely szerint a bordás vasbeton lemezt az aszimmetrikus acél szelvény alsó öve támasztja meg.

Az acél és a beton határfelületén nyírt kapcsolatokkal biztosítjuk az együtt dolgozást. A nyírt kapcsolatok kialakítására a legegyszerűbb és leggyakrabban alkalmazott megoldás a fejes csapos kialakítás, melyeket az acél gerendák felső övére hegesztenek.



1. ábra Hagyományos öszvérgerenda és kis szerkezeti magasságú öszvérgerenda.

A fejes csapos kialakításnak számos hátránya ismert az irodalomban, azonban egyszerűen, az Eurocode [4] szabvány által támogatott méretezési eljárással méretezhető. A fejes csapos kialakítás alkalmazása a kis szerkezeti magasságú gerendák esetén kedvezőtlen, hiszen a felső övre hegesztve növelik a szerkezeti magasságot. Kis szerkezeti magasságú gerendák esetén új, innovatív kapcsolatok lehetőségének a kutatása a cél [1], hiszen jelenleg ezekre a gerendákra méretezési eljárást nem ad az Eurocode [4].

A cikkben bemutatott kutatás célja, hogy hozzájáruljon a kis szerkezeti magasságú gerendák nyírt kapcsolatinak a fejlesztéséhez megvizsgálva egy Y alakú perfobond kialakítás lehetőségét és az új kapcsolat szerkezeti viselkedésre gyakorolt hatását.

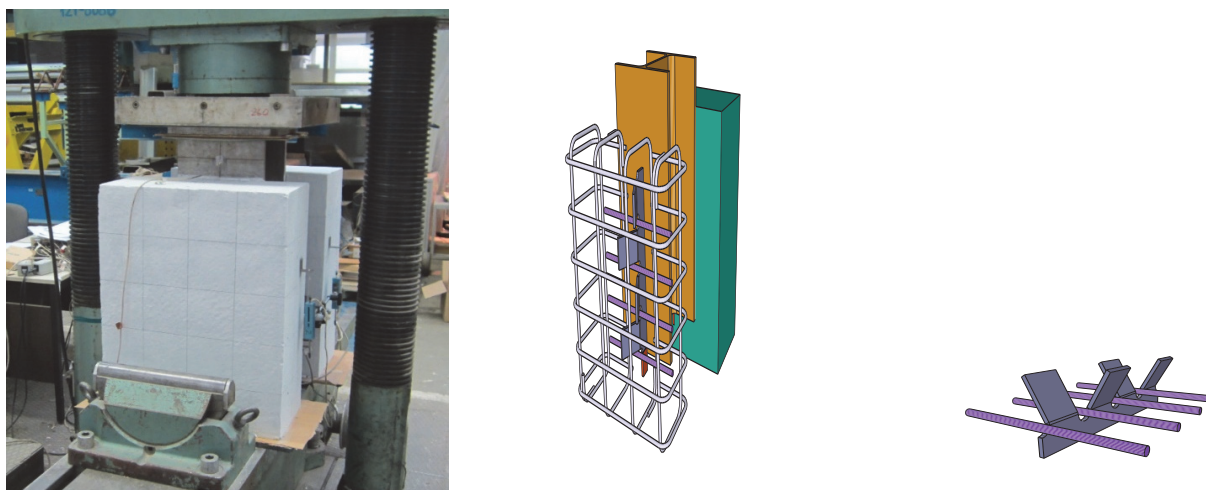
2. NUMERIKUS VIZSGÁLATOK

2.1. A próbatest kialakítása

Ebben a fejezetben röviden összefoglaljuk a Hidak és Szerkezetek Tanszék Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában 2014-ben elvégzett kinyomó kísérletet. A kísérleti kutatás részletei az [5] -ben található.

A kinyomó kísérletek célja a különböző nyírt kapcsolatok, például fejes csapok, különböző geometriájú perfobond lemezek szerkezeti viselkedésének megértése volt. Összesen 25 próbatestet vizsgáltak 8 különböző szerkezeti kialakításban (különböző típusú nyírt kapcsolatok, anyagminőségek) és statikus és ciklikus kísérleteket végeztek mindegyik típuson.

A jelen cikk az Y alakú perfobond lemezes nyírt kapcsolattal kialakított kísérletet veszi alapul a numerikus kutatáshoz. A vizsgált próbatest kialakítása a 2. ábrán látható.



2. ábra. Y perfobond kapcsolatos próbatest [5].

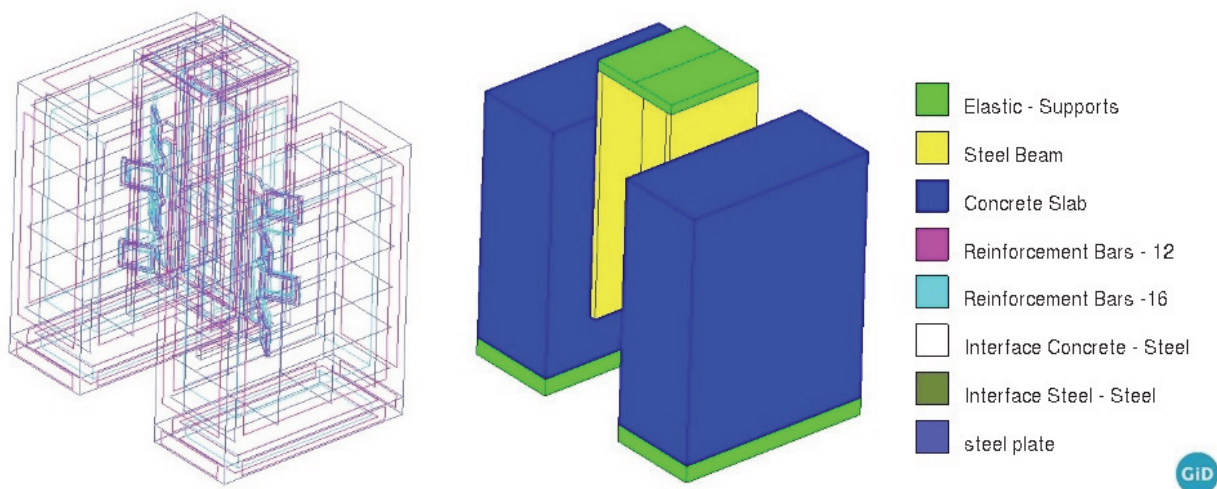
A kísérletben Y alakú perfobond lemezeket hegesztették egy HE300B acél szelvény övéhez. A perfobond lemezek vastagsága 10 mm, anyagminősége S355. A vasalás S500B anyagminőségű és 12 mm átmérőjű a vasbeton lemez alsó és felső vashálója, a keresztirányú vasal 16 mm átmérőjű. A terhelést 600 tonna maximális teherbírású hidraulikus sajtóval hajtották végre. Az acél és beton elemek közti relatív eltolódást induktív- és nyúlásmérő bélyeg alapú eltolódásmérő szenzorokkal mérték.

2.2. A végelelemes modell

A jelen cikkben a GiD - Atena szoftver segítségével kifejlesztett végelelemes modellt és annak kísérleti eredményekkel történő verifikálását mutatjuk be. A további cél a kifejlesztett modellel paraméteres vizsgálatok elvégzése az Y alakú perfbond lemezes nyírt kapcsolatok szerkezeti viselkedésének a megismerése és elemzése céljából.

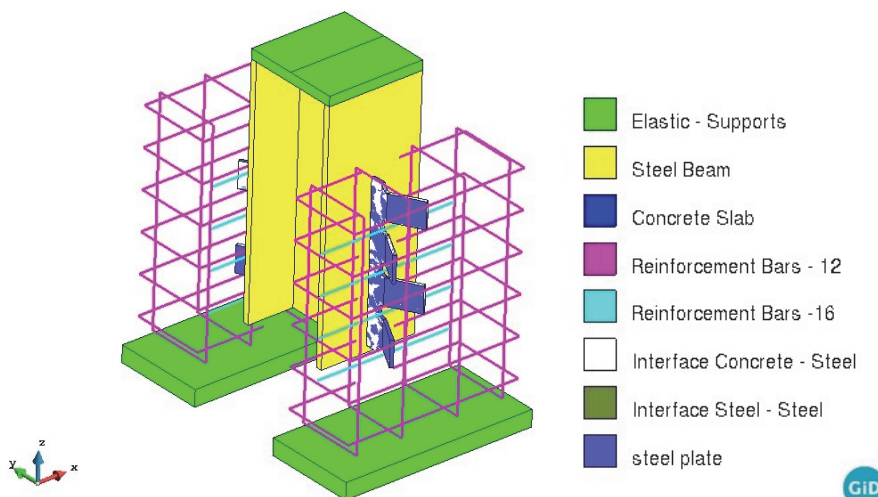
A fejlett végelelemes modellben minden geometriai paramétere megegyezik a próbatest méreteivel. A modellben használt anyagminőségek a kísérletek során elvégzett anyagvizsgálati tesztek eredményei. A beton és az acél anyagok együttdolgozásának a modellezésére interfész elemeket definiáltunk minden acél-beton érintkezési felületen. A GiD-Atena szoftver számtalan beállítható paraméterrel írja le az interfész elemek viselkedését, mely paraméterek egyenként be kell állítani a megfelelő viselkedés modellezésére. Ezen számtalan paraméter beállítási lehetőségeit még tovább teszteljük, hogy megtaláljuk az optimális beállítást, mely a kísérleti viselkedéshez legjobban hasonlító eredményt adja. A modell nagyon bonyolult geometriával rendelkezik (Y alakú lemezek), mely erősen megbonyolítja az interfészek beállítását, ezért további futtatások folyamatos elemzésével igyekszünk elérni a lehető legjobb eredményeket, azonban a jelenlegi beállításokkal, hosszas futtatás és elemzés után, sikerült ígéretes eredményeket elérnünk.

A továbbiakban a végelelemes modellt mutatjuk be, mely általános nézete a 3. ábrán található.



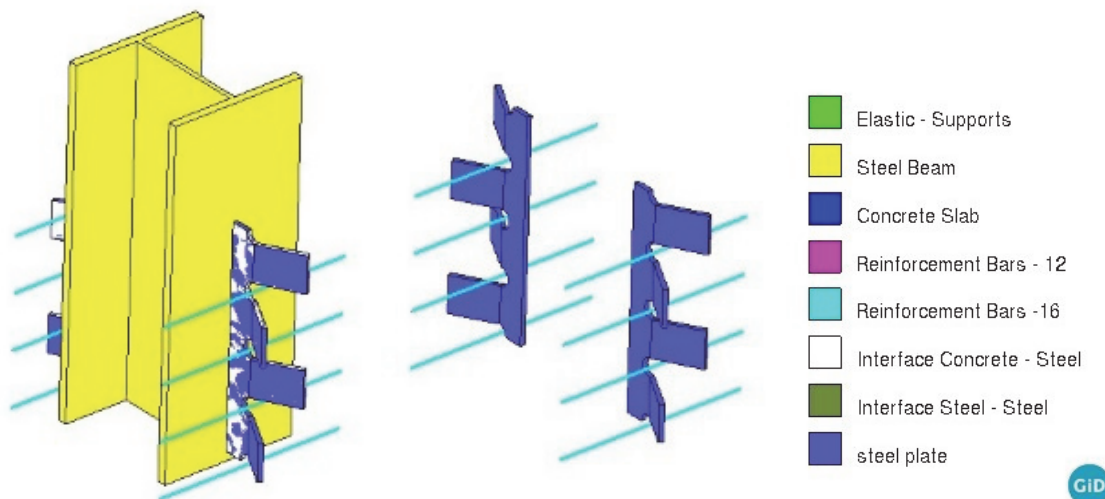
3. ábra. Végelelemes modell – általános nézet

A hálóvasalás, a keresztirányú vasalás és az Y alakú perfbond lemezes kialakítás részleteit a 4. ábra mutatja az acél-beton határfelületekkel, melyre az interfész elemeket szükséges definiálni. Az ábráról látszik, hogy a nyírt kapcsolóelemeknek meglehetősen összetett geometriai kialakítása van, mely a bonyolult interfész mellett számtalan paraméter vizsgálatát teszi lehetővé (lemezvastagság, fogak mérete, lekerekítések, fogak hajlásszöge, keresztirányú vasalás és lemezméretek aránya stb.), mely paraméterek hatását az együttdolgozás mértékére a későbbiekben a verifikált modellen meg fogunk vizsgálni.



4. ábra. Végelelemes modell – vasalás.

Az 5. ábra mutatja a nyírt kapcsolatok kialakítását, elhelyezkedését és a keresztirányú vasak helyzetét.



5. ábra. Végeselemes modell – perfobond nyírt kapcsolat.

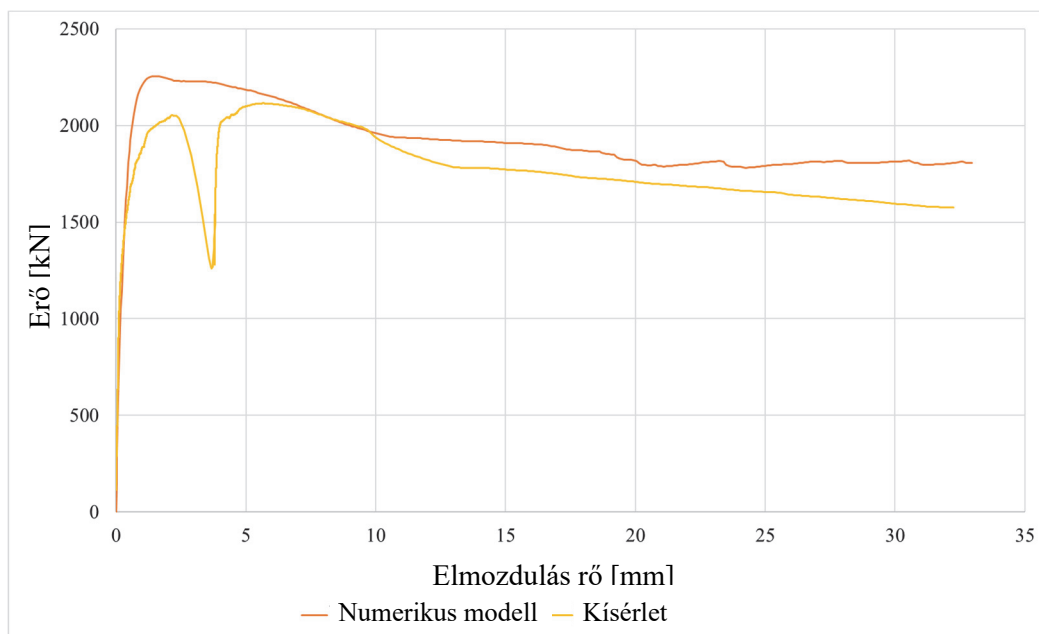
A végeselemes modell test elemekből épül fel, a vasalást 1D elemekkel modelleztük. A fentiekben részletezett modellel anyagi nemlineáris vizsgálatot hajtottunk végre.

2.2. Numerikus modell verifikációja

Az analízist Atena studio szoftver segítségével végeztük, a 6. ábra mutatja a kísérleti és a végeselemes modell által szolgáltatott erő-elmozdulás diagramok összehasonlítását.

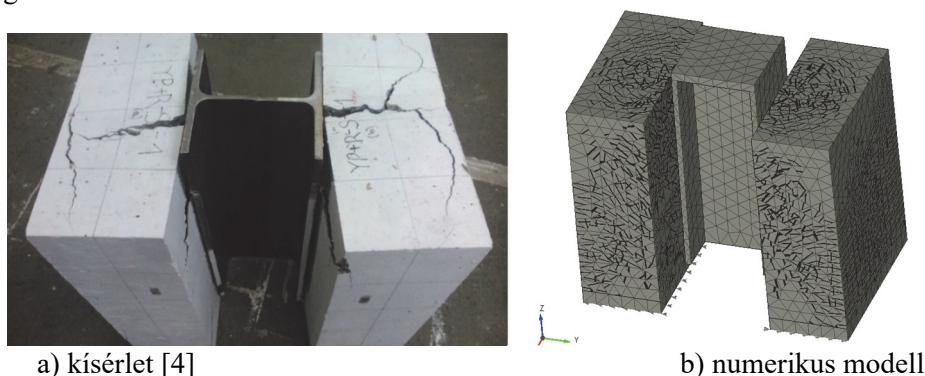
A jelenlegi beállításokkal, számtalan próbálkozás után, a numerikus modell erő-eltolódás diagramja jól közelíti a kísérleti diagramot a kezdeti merevségben. A maximális teherbírás esetén a modell kb. 5%-kal magasabb ellenállást mutat, melyet kisebb elmozdulás után ér el, mint a kísérletben, ez lehet a modell pontatlansága de okozhatják a kísérleti körülmények is. A numerikus görbe teherbírás degradációja a maximális teher elérése után nagyos hasonló lefolyást mutat a kísérleti görbéhez.

Megjegyezzük, hogy további finomítást végzünk a modellen a számtalan paraméter, mint a beton anyagmodell, interfész elemek, acél anyagmodell, terhelési lépésközök, iterációk száma stb. pontosabb beállítására a paraméteres vizsgálatok megkezdése előtt.



6. ábra. Numerikus és kísérleti eredmények összehasonlítása

A végelelemes modell tönkremeneteli módjának és a kísérleti tönkremeneteli módnak az összehasonlítását a 7. ábra mutatja. A kísérlet és a numerikus modell esetén azonos helyeken alakultak ki a repedések, azonban a kísérlet egy domináns repedése helyett a modellben sok apró repedés alakult ki, mely a végelelemes modell sajátossága.



7. ábra. Tönkremeneteli módok

2.3. További kutatások

Az eddigi kutatásaink azt mutatják, hogy az Y alakú perfobond lemezek kedvezőbb kialakításúak a laposacél perfobond lemezekhez képest, azonban a megalapozott eredményekhez további kutatások szükségesek. A további kutatások célja, hogy részletesen megismerjük az Y alakú perfobond nyírt kapcsolat esetén a kapcsolat teherbírását és elmozdulási képességét befolyásoló paramétereket, koncentrálna a geometriai kialakítás változataira pl. lemezméreték és vastagságok, hajlítási szög, keresztirányú vasalás mennyisége és átmérője stb. A paraméteres vizsgálatokkal a célunk, hogy megtaláljuk az Y alakú perfobond lemezes nyírt kapcsolat legkedvezőbb kialakítását és a tervezésben alkalmazható méretezési képletet tudjuk definiálni.

3. ÖSSZEFOGLALÁS

Öszvérszerkezetek tervezése kedvező megoldást jelenthet födémrendszerek építésében, azonban új, gazdaságosabb megoldások keresése mindig a kutatások középpontjában kell, hogy álljon. Az újszerű kialakítások keresésének egyik lehetősége a kis szerkezeti magasságú födémek köre, mely koncepció már évtizedek óta ismert, azonban szabvány által támogatott méretezési eljárás nélkül.

A kutatásunkat azzal a céllal végezzük, hogy hozzájáruljunk a kis szerkezeti magasságú födémrendszerek kutatásához, az újszerű kapcsolatok vizsgálata terén. A perfobond lemezek körében számtalan kutatás folyik, megcélözva ezen folytonos kapcsolattípus kedvező teherbírasi, szerkezeti kialakítási és gyárthatósági/szerelési kedvező tulajdonságainak kihasználást.

A cikk egy numerikus modellt mutat be, melyet az Y alakú perfobond lemezek vizsgálatára fejlesztettünk ki. A modellt a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában elvégzett nyomó kísérletek alapján verifikáltunk és a modell eredményeit a kísérleti erő-eltolódás diagramhoz hasonlítva kvalitatív módon igazoltuk a modell működését. A kutatás jelen fázisában a modell további finomhangolása folyik, majd ez után paraméteres vizsgálatok elvégzése a cél, hogy meg tudjuk határozni az Y alakú perfobond nyírt kapcsolatok kedvező kialakítási módjait és végső célként gyakorlatban is alkalmazható méretezési eljárást tudjunk kidolgozni.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Romero M. L., Cajot L. G., Conan Y., Braun M. *Fire design methods for slim-floor structures*, Steel Construction, Vol. 8, No. 2, 2015, pp. 102–109.
- [2] Chen S., Limazie T., Tan J. *Flexural behavior of shallow cellular composite floor beams with innovative shear connections*, Journal of Constructional Steel Research, Vol. 106, 2015, pp. 329–346.
- [3] Braun M. *Investigation of the load-bearing behavior of CoSFB dowels*, PhD Thesis, University of Luxembourg, Luxembourg, 2018.
- [4] MSZ EN 1994-1-1 Öszvérszerkezetek tervezése: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok.
- [5] Budaházy V, Rózsás Á, Mayer R, Vigh L G *Acél- és öszvérszerkezeti elemek ciklikus viselkedésének kísérleti vizsgálata* MAGÉSZ ACÉLSZERKEZETEK 12 : 1. különszám pp. 21-31. , 11 p. (2015).