

# FÉLMEREV KAPCSOLATOK NUMERIKUS SZIMULÁCIÓJA

Vértes Katalin\* - Iványi Miklós\*\*

## RÖVID KIVONAT

Acélszerkezeti kapcsolatok jellemzőinek (szilárdság, merevség, elfordulási képesség) meghatározása lehetséges kísérleti, analitikus és numerikus módszer alapján. Ezen tanulmány numerikus modelleket mutat be különböző kapcsolati kialakítások vizsgálatára. Bemutatjuk egy egyszerű keretsarok, egy összetett keretsarok és egy csapos kapcsolat numerikus modelljét és az eredményként kapott nyomaték-elfordulás görbéket, melyek leírják a kapcsolat viselkedését.

## 1. BEVEZETÉS

Acélszerkezetek tervezésénél mindig külön figyelmet kell szentelni a kapcsolatok megfelelő modellezésére, figyelembevételére a számítások során. Ez azért fontos, mivel a kapcsolat viselkedése befolyásolja az egész szerkezet erőjátékát.

Egy kapcsolat viselkedését leíró jellemző paraméterek a kapcsolat szilárdsága, merevsége és elfordulási képessége. Ezen tulajdonságok összefoglalása és a kapcsolat viselkedésének pontos leírása az ún. nyomaték-elfordulás görbe. A kapcsolat előbbi jellemzőinek ismeretében különböző szilárdsági, ill. merevségi osztályokba sorolhatjuk és így a számítás során megfelelően tudjuk figyelembe venni. Az Eurocode 3 [1] bevezette és definiálja a félfolytonos kapcsolat fogalmát. Ez jelentős előrelépést jelent a tervezésben, mivel a régebbi idealizált „csuklós”, vagy „merev” kapcsolatok pontosabb figyelembevételét teszi lehetővé, hiszen minden kapcsolat vesz fel nyomatékot, továbbá valamennyi elfordulásra képes. Ezen felül az „igazi” félmerev kapcsolat gazdaságossági szempontból is kedvező, mivel kialakítása egyszerű.

A kapcsolatok jellemző paramétereit a következő módszerekkel lehet meghatározni: kísérletekkel, analitikus módszer alapján (ilyen az Eurocode 3 által ajánlott komponens módszer) és numerikus számítások során. Ebben a tanulmányban példákat mutatunk be különböző kapcsolati kialakítások jellemzőinek numerikus úton történő meghatározására.

---

\* okl. építőmérnök, doktorandusz, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

\*\* okl. mérnök, műszaki tudományok doktora, egyetemi tanár, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

## 2. NUMERIKUS VIZSGÁLATOK

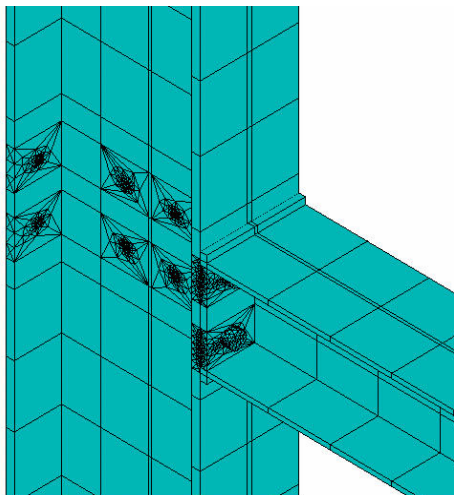
### 2.1. A numerikus vizsgálatok célja

Egy kapcsolat jellemzőinek meghatározására az egyik jól használható és pontos módszer a numerikus analízis. Ez a módszer egyre inkább kezd előtérbe kerülni a számítógépek kapacitásának a növekedésével. Azonban a nem megfelelő modellezés jelentős hibákat okozhat a számításokban ezért a modell felépítésénél különös figyelemmel kell eljárni. Végeselemes számítások során az adott kapcsolat viselkedéséről kapunk teljes képet továbbá parametrikus vizsgálatsorozatok eredményei alapjául szolgálhatnak analitikus számítási módszerek kidolgozásához. A továbbiakban különböző kapcsolati kialakítások numerikus modelljeit ismertetjük.

### 2.2. Egyszerű keretsarok modellje

Ebben a fejezetben egy – a gyakorlatban igen elterjedt - nemtúlnyúló egyszerű homloklemez-es kapcsolat numerikus modelljét ismertetjük. A végeselemes számításokat az ANSYS 7.0 [2] végeselemes programmal végeztük el.

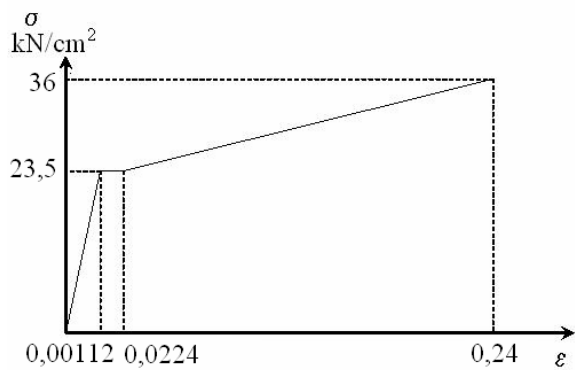
A kapcsolat modelljét az 1.ábra mutatja. Az oszlop HE-A 600, a gerenda HE-A 300 szelvényű. A homloklemez vastagsága 20 mm és a kapcsolat 4 db M24 8.8 minőségű csavarral van kiképezve. A numerikus modellt térbeli BRICK 8 csomópontú nemlineáris elemekből építettük fel. A háló leginkább téglatestből áll csak a csavaroknál a geometria pontos követése érdekében tetraédres hálózatot alkalmaztunk. Természetesen a nagyobb feszültségkoncentrációjú helyeken sűrűbb háló lett definiálva.



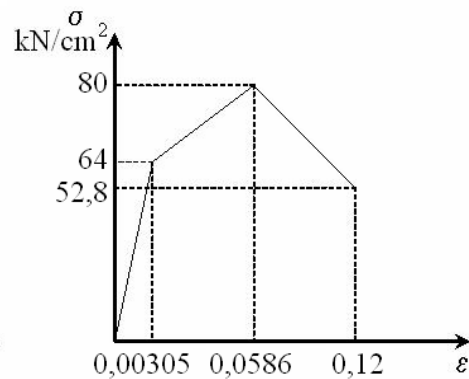
1.ábra Csomóponti kialakítás

Külön anyagmodellt definiáltunk az acél alapanyagra és a csavarra is. Ezek modelljét a 2. és 3. ábra mutatja. A csavarkapcsolat megfelelő modellezése érdekében kontaktfelületeket definiáltunk a csavarszár és a furat felülete, a csavarfejek és a homloklemez, ill. oszlopöv felülete továbbá a homloklemez és az oszlopöv között.

A nemlineáris másodrendű elmélet alapján számolt kapcsolat esetén a végső deformációs alakot és a Mises feszültségek eloszlását a 4.ábra mutatja, míg a kapcsolat viselkedését leíró nyomaték-elfordulás görbe az 5.ábrán látható.

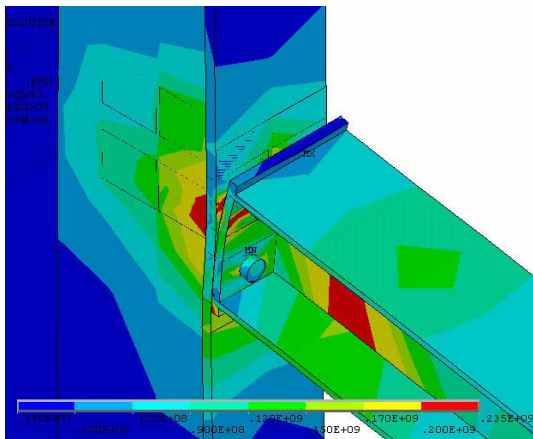


2. ábra Alapanyag-modell

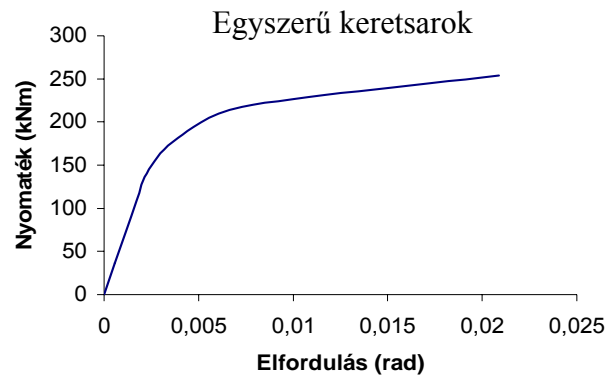


3. ábra Csavar anyagmodell

A végső deformációs alak megfelel a várt tönkremenetelnek, továbbá a feszültségeloszlások az Eurocode 3 komponenseinek megfelelően alakulnak.



4. ábra Mises feszültségek (Pa), végső deformációs alak

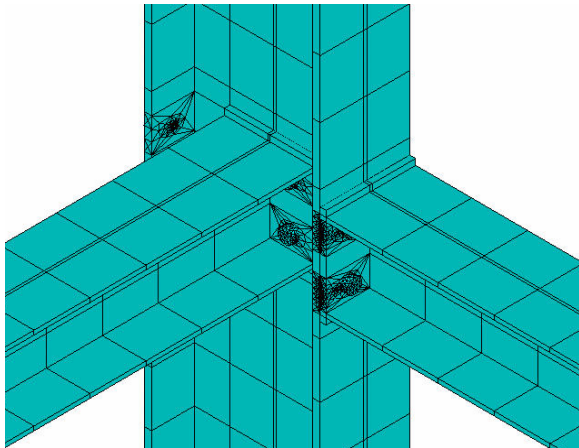


5. ábra Nyomaték-elfordulás görbe

### 2.3. Összetett keretsarok modellje

A továbbiakban egy összetett, vagyis egy térbeli kapcsolat végeelemes modelljét mutatjuk be. A térbeli kapcsolat esetén az oszlophoz nem csak főirányban, hanem mellékirányban is van egy gerenda bekötve. Ezen kapcsolatok számítása esetén a legnagyobb problémát az okozza, hogy a mellékirányú gerendabekötés vizsgálatára még nincs részletesen kidolgozott számítási eljárás, így térbeli kapcsolat esetén a főirányú és a mellékirányú gerenda interakciós hatásának figyelembevételére sincs kidolgozott számítási elmélet.

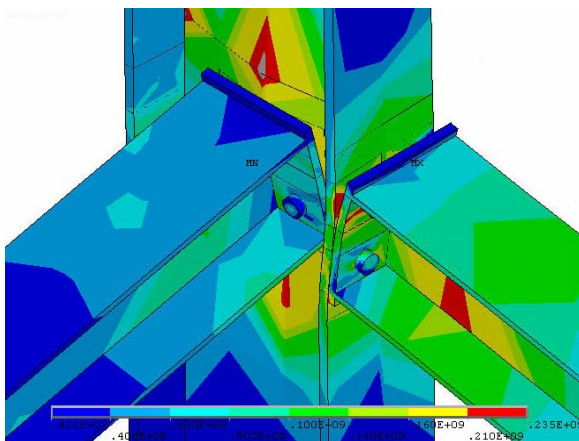
Az itt ismertetett modell alapján pontos leírást kapunk az összetett keretsarok viselkedéséről.



6.ábra Összetett keretsarok csomóponti kialakítása

modellt. Az anyagmodellek megegyeznek az előzőekben definiáltakkal, továbbá a kontaktelemeket is ugyanúgy definiáltuk, mint az egyszerű keretsarok modelljének esetében.

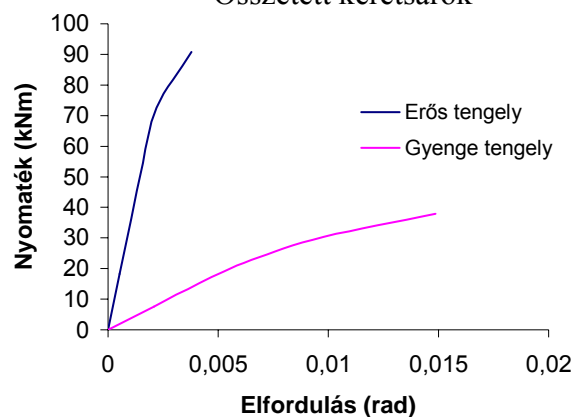
A vizsgált kapcsolat modelljét a 6.ábra mutatja. A kapcsolat az előzőhöz hasonlóan nemtúlnyúló homloklemezkes kialakítású mind a főirányú, mind a mellékirányú gerendabekötés esetén. Az oszlopok HE-A 600, a gerendák HE-A 300 szelvényűek. A homloklemezkes vastagsága 20 mm és minkét bekötés esetén 4db M24 8.8 csavarokat alkalmaztunk. A modell felépítéséhez ez esetben is térbeli 8 csomópontú nemlineáris elemeket alkalmaztunk és a háló kialakításánál is az előbbi esethez hasonlóan jártunk el, vagyis csak a csavaroknál alkalmaztunk tetraédres hálót, míg máshol téglatestek alkotják a



7.ábra Mises feszültségek (Pa), végső deformációs alak

A végeleemes számítás során nemlineáris vizsgálatot folytattunk a másodrendű elmélet figyelembevételével. A számítás eredményeként megkaptuk a kapcsolat nyomaték-elfordulás görbét, és így képet kaptunk a viselkedéséről (8. ábra) és a végső deformációs alakot a Mises feszültségek eloszlásával (7. ábra). Ez utóbbin jól látható a nagy feszültség-koncentráció az oszlopgerinccben a mellékirányú gerenda hatására és a húzott csavarok jelentős alakváltozása, valamint a főirányú bekötésnél megjelennek a „szokásos” komponensek is.

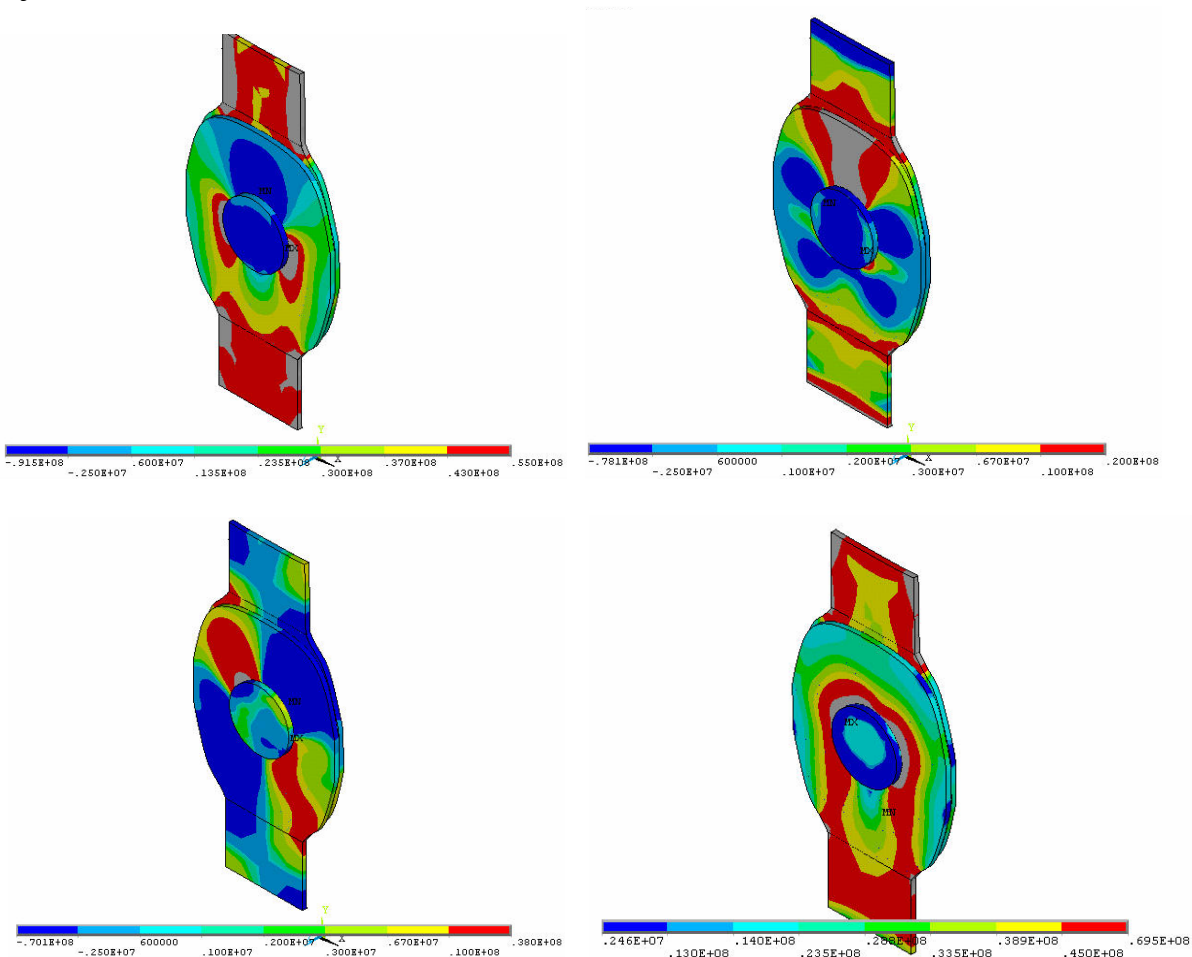
Összetett keretsarok



8.ábra Nyomaték-elfordulás görbe

## 2.4. Csap viselkedése

A numerikus vizsgálataink során csapos kötéseket is modelleztünk. Ebben a fejezetben a régi Erzsébet-híd egy láncszemének csapos kötésének numerikus modelljét mutatjuk be. A modellt térbeli 8 csomópontú nemlineáris elemekből építettük fel. Az alapanyag modellje az előbbiekhöz hasonlóan multilineáris görbe volt. Ezen vizsgálat célja a feszültségeloszlások meghatározása volt, mivel ezekre eddig csak régebbi ajánlások álltak rendelkezésünkre.



9.-10.-11.-12. ábra

Függőleges irányú normálfeszültségek (Pa)(balra fent), vízszintes irányú normálfeszültségek (Pa)(jobbra fent), nyírófeszültségek (Pa)(balra lent), Mises feszültségek (Pa)(jobbra lent)

A nemlineáris számítások eredményeit a 9.-12.ábrák mutatják. Ahogy a régebbi feltételezések is mutatják jelentős normálfeszültségek keletkeznek a szemek csap feletti elülső részében.

### 3. ÖSSZEGZÉS

Ezen tanulmányban bemutattuk különböző kialakítású acélszerkezetű kapcsolatok numerikus modellezésének egyik lehetséges módszerét, továbbá bemutattuk egy csapos kapcsolat numerikus szimulációját is.

Az itt bemutatott numerikus modell alkalmas összetett kapcsolat vizsgálatára és numerikus alapot szolgáltat a kapcsolat hiányzó komponensének az analitikus módon való számításának kidolgozásához.

A csapos kapcsolat modellje a régi méretezési eljárásokban feltételezett feszültségeloszlásokat megfelelően tükrözte.

### 4. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak a Kétoldalú Görög-Magyar tudományos és technológiai együttműködési projekt (Tét) támogatásáért, melyet a „Smart Aluminium Curtain Walls: Numerical and experimental simulation of their structural response and recommendations for industrial manufacturing and production” témában nyújtottak.

### HIVATKOZÁSOK:

- [1] Eurocode 3 MSZ ENV 1993-1-1: 1995 *Acélszerkezetek tervezése*, 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
- [2] ANSYS 7.0, Ansys Inc. 2002.