

# ACÉLSZERKEZETEK FÉLMEREV KAPCSOLATAI: MODELLEZÉS, ELMÉLET, SZÁMÍTÁS

Vértes Katalin\* - Iványi Miklós\*\*

## RÖVID KIVONAT

Acélszerkezetek erojátékában meghatározó szerepe van a kapcsolatok kialakításának. A gyakorlatban, a számítás egyszerűsége miatt általában ideális csuklós, vagy merev kapcsolatokat vesznek figyelembe. Ezen tanulmány célja a, kialakítás szempontjából egyszerű, félfolytonos (nem teljes merevségű, és részleges szilárdságú) kapcsolatok bemutatása, a modellezési lehetőségeken, és a kapcsolat jellemzőinek meghatározásán keresztül, továbbá az alkalmazásukkal kapcsolatos problémák felvetése.

## 1. BEVEZETÉS

### 1.1. Történeti áttekintés

Hosszú ideig az acélszerkezetekkel kapcsolatos vizsgálatok, kutatások csak a szerkezeti elemek, ill. az egész szerkezet viselkedésére koncentráltak. Az egyre modernebb számítási módszerek, a számítógép használata, az egyre kiterjedtebb kísérleti elemzések, valamint a gazdaságosságra való törekvés azonban szükségessé teszik a kapcsolatokkal történő részletesebb vizsgálatokat.

Egy kapcsolat jellemző tulajdonságai a szilárdsága, a merevsége és az elfordulási képessége. Ezek alapján többféle kapcsolati modell létezhet. Mivel a kapcsolat kialakítása jelentősen befolyásolja a szerkezet erojátékát ezért a modellezésnél e szerkezeti elemre különös figyelmet kell szentelni. A mérnöki gyakorlatban leggyakrabban vagy „csuklós”, vagy „merev”, ill. folytonos kapcsolatokkal dolgoznak. Ezek kialakítása általában vagy nagyon komplikált, vagy pedig nagy többletanyag mennyiséggel jár. Egy új irányt jelenthet a tervezésben a részlegesen folytatólagos (gyakran egyszerűen félmerevnek nevezett) kapcsolatok használata. Részlegesen folytatólagos kapcsolatnak az olyan kapcsolatokat nevezzük, amelyek részleges szilárdságúak és elegendően nagy alakváltozási képességgel rendelkeznek a képlékeny vizsgálathoz.

Ezen kapcsolatok vizsgálatával kapcsolatban több probléma is felmerül:

- A kapcsolat modellezése
- A merevség megbecslése
- Az M-F görbe vizsgálata (leszálló ág problémája)

---

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

\*\* okl. mérnök, a musz. tud. doktora, egyetemi tanár, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

A félmerev kapcsolatok problémája már az 1930- as évek második felében is felmerült. A problémát a gazdaságosság kérdése vetette föl, ugyanis Angliában jelentősen megemelkedett a munkások óradíja az anyagárhoz képest (NEEDHAM F.H., WELLER A.D. 1981.).[1]

A kutatás úttörője Batho professzor volt a birminghami egyetemen. O és kollegái számos gyakorlati kísérlet és elméleti megfontolások alapján 1936-ra kidolgoztak egy „tervezési szabályzat tervezetet” amely azonban a gyakorlatban nem terjedt el. A későbbiekben aztán ez a kutatási terület kissé háttérbe szorult, és a merev hegesztett kapcsolati kialakítás nyert teret. A 60-as években teljes léptéku kísérletet folytattak a merev kapcsolatok méretezési háttérének megteremtésére. A kísérletek eredményei azonban jelentősen eltértek a számítási eredményektől ezért Dr. R.H. Wood (WOOD R.H. NEEDHAM F.H., SMITH R.F. 1968.) [2] egy teljesen új módszert dolgozott ki a kapcsolatok számítására. Ez mutatta meg a kodifikálás lehetőségét. A keretek vizsgálata folyamán felmerült a nemfolytonos, csavaros kapcsolati kialakítás kérdése is, azonban ekkor még a tervezési háttér hiánya, a folytonos kapcsolat kialakításának nehézsége, továbbá a pontatlanságból eredő problémák miatt ésszerűbbnek látszott a hegesztéses megoldás. Azonban a gazdaságossági szempontok alapján lassan mégis kezdett előtérbe kerülni a csavarozott kapcsolati kialakítás.

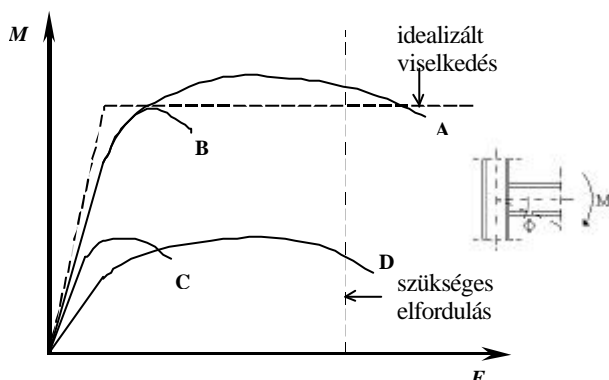
1981-ben a middlesbrough-i konferencián a félmerev kapcsolatok terén számos kutatási eredmény került bemutatásra:

*A kapcsolat szükséges minimális elfordulóképessége* (BIJLAARD F.S.K. 1981.) [3]:

Az 1.ábra néhány oszlop-gerenda kapcsolat nyomaték-elfordulás görbéjét ábrázolja. Amennyiben a nyomatékok képlékeny átrendeződését figyelembe vesszük, akkor a B és C görbe nem lesz megfelelő az elfordulási képesség hiánya miatt, míg a D és A karakterisztikájú kapcsolatok rendelkeznek a megfelelő elfordulási képességgel. Az A kialakítású kapcsolat képes a gerenda teljes képlékeny nyomatékának

továbbítására, amely kialakítása a sok merevítés miatt költséges.

A kapcsolatok minimális elfordulási képességének meghatározásánál a tartók alakváltozási korlátozásából indultak ki. Ha használhatósági határállapotban a megengedhető maximális lehajlás,  $1/250$  akkor a kapcsolat minimális elfordulási képessége, ahhoz hogy benne a képlékeny csukló kialakuljon:



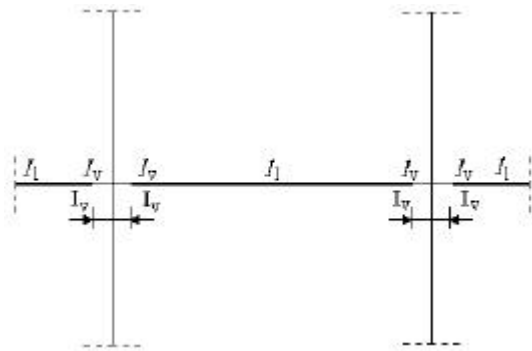
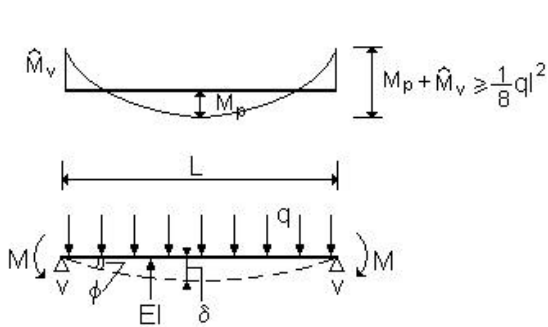
1.ábra: Kapcsolatok nyomaték-elfordulás görbéi

$$\Phi \geq \frac{l}{6EI} (2M_p + 2\hat{M}_v - 3M) \quad (1)$$

ahol  $M_p$  - a gerenda keresztmetszetének képlékeny határnyomatéka

$\hat{M}_v$  - a kapcsolat nyomatéki teherbírása

- $I$  - a gerenda inerciája
- $l$  - a tartó támaszköze
- $M$  - külső nyomaték (2.ábra)



2.ábra: Egy merevített keret gerendája

3.ábra: Merevségek eloszlása egy keretben

A kapcsolatok modellezése és merevségének meghatározása (BIJLAARD F.S.K. 1981.):

A kapcsolatot egy helyettesítő gerendával modellezték, melynek inerciája  $I_v$  (empirikus képletek alapján), hossza  $l_v = 0.5h_k$ , ahol  $h_k$  az oszlop magassága (3.ábra)

A kapcsolat elfordulási merevsége:

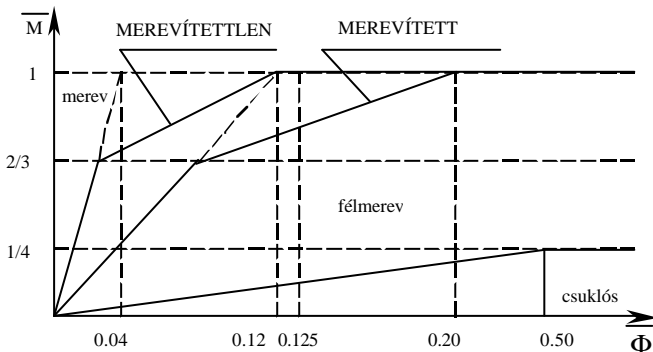
$$k_\phi = \frac{EI_v}{l_v} \quad (2)$$

Ez a modellezés jelentősen eltér a mai felfogástól, és hiányossága főként abban mutatkozik, hogy a kapcsolatot helyettesítő rúddal nem lehet megfelelően figyelembe venni a kapcsolat legfőbb tulajdonságait. Jelenleg a kapcsolatokat egy megfelelő merevségű rugóval modellezzük.

## 1.2. Kapcsolatok osztályozása

Ahhoz, hogy egy kapcsolat félmerevként működjön, rendelkeznie kell a megfelelő jellemzőkkel. A kapcsolatokat többféle szempont alapján osztályozhatjuk. Az EC3 szerint nem csak a kapcsolati kialakítás befolyásolja a szerkezet erőjátékát, hanem a szerkezeti kialakítás (a szerkezet merevsége) is befolyással van a kapcsolatra.

Egy keretszerkezet általában rendelkezik különböző merevítőrendszerekkel (rácsozás,



4.ábra: Kapcsolatok osztályozása EC3 szerint

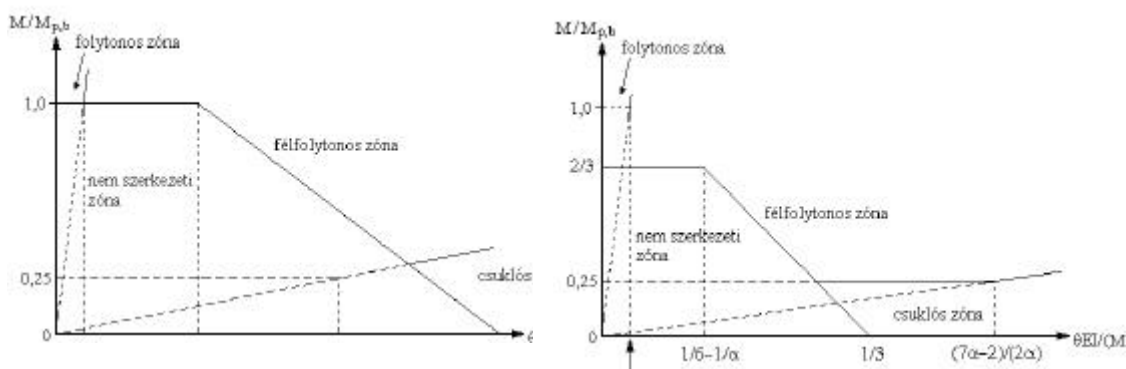
merevítőfal), melyeknek célja a vízszintes erő felvétele. Néhány esetben a függőleges teherhordó szerkezet is szerepet játszik a merevítésben, máskor, meg lehetséges, hogy fizikailag ugyan van merevítő rácsozás, vagy fal egy szerkezetben, azonban kicsiny hatása miatt a szerkezetet mégsem tekinthetjük merevítettnek.

Ezért szükséges a különböző teherhordó rendszerek elkülönítése és a vízszintes erovel szembeni ellenállásaik arányának meghatározása. Az EC3 szerint egy keret merevítettnek tekinthetünk, ha a merevítőrendszere a vízszintes elmozdulásokat legalább 80%-kal csökkenti.

Ennek megfelelően az Eurocode a kapcsolatok osztályozásánál figyelembe veszi a szerkezeti kialakítást is. A kapcsolatok osztályozását a 4. ábra mutatja be, ahol

$$\bar{\Phi} = \frac{EI_b}{L_b M_{pl,Rd}}, \quad \bar{M} = \frac{M}{M_{pl,Rd}} \quad (3,4)$$

Egy, az Eurocode-on is túlmutató osztályozást mutat be az 5. és 6. ábra (a oszlop-gerenda merevségének aránya,  $M_{p,b}$  a gerenda képlékeny nyomatéki teherbírása) (NETHERCOT D.A., LI T.Q., AHMED B. 1998.) [4]



5-6. ábra Kapcsolatok osztályozása szilárdsági és használhatósági határállapot

Ezen eljárás szerint a kapcsolatok különbözően viselkedhetnek teherbírási ill. használhatósági határállapot vizsgálatakor, tehát az osztályozásuknál ezen szempontot is figyelembe kell venni. Az Eurocode-ban külön kritériumként felállított merevségi és szilárdsági határok alapján ellentmondásokba ütközhetünk. Például egy kapcsolat lehet merev, és részleges szilárdságú az Eurocode szerint, azonban ez nehezen elképzelhető a szilárdsági határállapot vizsgálata esetén, másfelől egy félmerev kapcsolat nem lehet teljes szilárdságú, mivel nagy nyomatékok az alacsonyabb merevség miatt nem tudnak kialakulni. Az oszlop-gerenda kapcsolatok „egyesített” osztályozása ezen ellentmondásokat próbálja meg áthidalni. Ennél a rendszernél a merevséget és a szilárdságot együttesen kezelik, és ez alapján megkülönböztetünk folytonos, csuklós, félfolytonos és nem szerkezeti (egyik elozobe sem sorolható, általában az elfordulóképesség hiánya miatt - alkalmazásuk elkerülendő) kapcsolatokat.

## 2. KAPCSOLATOK MODELLEZÉSE (Jaspart J.P. 1999.) [5]

### 2.1. Nyomaték-elfordulás görbe

A kapcsolatok nemlineáris viselkedését a gyakorlati tervezésnél nehézkes figyelembe venni, azonban a nyomaték-elfordulás görbét lehet egyszerűsíteni anélkül, hogy különösebben nagy pontatlanságot követnénk el. Az egyik legkényelmesebb ilyen

egyszerűsítés, ha rugalmas - tökéletesen képlékeny görbét használunk. Ennek előnye, hogy nagyon hasonlít a keresztmetszetekre jellemző görbére.  $M_{j,Rd}$  a kapcsolat nyomatéki ellenállása az EC3 szerint. A felkeményedést és a lehetséges membránhatásokat elhanyagoljuk.

A nyomaték-elfordulás görbe idealizálásának valójában több módja is van. Ezek használata a számítási módszertől függ.

*Rugalmas idealizálás rugalmas vizsgálathoz:*

A kapcsolatra jellemző tulajdonság a konstans elfordulási merevség. Az EC3 J függeléke két lehetőséget javasol:

- A kapcsolat ellenállásának rugalmas meghatározása: a konstans merevség megegyezik a kezdeti merevséggel  $S_{j,ini}$ -vel; a keret globális elemzése után ellenőrizni kell, hogy a kapcsolatra jutó nyomaték kisebb, mint a maximális rugalmas nyomatéki határteherbírás, amely  $2/3M_{j,Rd}$
- A kapcsolat ellenállásának képlékeny meghatározása: a konstans merevség egy fiktív merevségnek felel meg, amely a kezdeti merevség és a szakás merevség értéke között van;  $S_{j,ini}/?$ . Ekkor  $M_{sd}$  értékének kisebbnek kell lennie  $M_{j,Rd}$  értékénél.

*Merev-képlékeny idealizáció egy merev-képlékeny számításhoz:*

Csak a határteherbírás ismerete szükséges. Annak érdekében, hogy a képlékeny csuklók kialakulhassanak, és az elfordulás bekövetkezhessen a kapcsolatban, ellenőrizni kell, hogy a kapcsolat rendelkezik ezen elegendó elfordulási kapacitással.

*Nemlineáris idealizáció egy rugalmas-képlékeny vizsgálathoz:*

Ez esetben azonos fontossággal jelentkeznek a merevségi és a teherbírás jellemzők. A lehetséges közelítések lehetnek bilineárisak, tri-lineárisak, vagy akár egy teljesen nemlineáris görbe. Ebben az esetben is fontos, hogy a kapcsolat rendelkezzen a megfelelő elfordulási képességgel.

## 2.2. Komponens módszer

A kapcsolatok mechanikai jellemzőinek (teherbírás, merevség, alakváltozó képesség) meghatározására három módszer ismeretes:

- Kísérleti
- Numerikus
- Analitikus

Egy tervező számára ezek közül a leghasználatosabbak az analitikus közelítések. Ebben a cikkben egy általános analitikus módszert mutatunk be. Ez a komponens módszer alkalmazható bármilyen acélszerkezeti, vagy kompozit kapcsolatra függetlenül a kapcsolat kialakításától, terhelésétől, (normálere, nyomaték, stb.).

A módszer alapja az, hogy a kapcsolatot önálló alkotóelemek együttesének tekintjük. Egy általános csavaros kapcsolat esetén az alábbi komponenseket különíthetjük el:

Nyomott zóna:

- Oszlop gerinc nyomása
- Gerenda öve és gerince nyomása

Húzott zóna:

- Oszlop gerinc húzása
- Oszlop öv hajlítása
- Csavarok húzása
- Homloklemez hajlítása
- Gerenda gerinc húzása

Nyírt zóna:

- Oszlop gerinclemeznének nyírása

Ezen komponensek mindegyike rendelkezik saját ellenállással és merevséggel.

A komponens módszer alkalmazása a következő lépésekből áll:

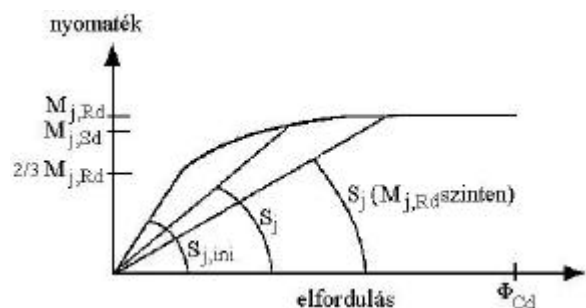
1. a vizsgált kapcsolat komponenseinek elkülönítése
2. a komponensek merevségeinek, ellenállásainak meghatározása (jellemzőkezdeti merevség, tervezési ellenállás... a teljes deformációs görbe)
3. az alkotó komponensek összegyűjtése és a teljes kapcsolat merevségének, ellenállásának megbecslése

*2.2.1. A kapcsolat merevségi és ellenállási jellemzőinek meghatározása EC3 J függeléke alapján* A kapcsolatok méretezésénél a komponensekre bontás egy hagyományos méretezési eljárás, hiszen például I szelvényű gerenda hevederes kapcsolat számítása esetén a gerincet és az öveket külön „komponensként” számoljuk.

A komponens módszer segítségével meghatározhatjuk egy kapcsolat fő jellemzőit. Ez a módszer tulajdonképpen egy háromlépcsős folyamat, amelyben elsőként meghatározzuk a helyettesítő komponenseket, majd ezeknek meghatározzuk a jellemzőit, végül az alkotóelemek jellemzőinek összegyűjtésével összeáll a kapcsolat. Ezen lépésekhez azonban a külső erőt a kapcsolat alkotókomponenseiben ható belső erőkire kell bontanunk. Ezt úgy kell elvégezni, hogy a következő feltételek teljesüljenek:

- A belső- és külső erőknek egyensúlyban kell lenniük
- A kompatibilitási feltételeket ki kell elégíteni
- Minden alkotóelemnek képesnek kell lenni a feltételezett erő felvételére

Az EC3 szerint a kezdeti rugalmas merevség és a nyomatéki határteherbírás egy hajlított kapcsolat jellemző paraméterei. Ezek alapján a teljes M-F görbe előáll (7.ábra). Ha az elfordulási képesség nem korlátozott ( $F_{Cd}$ ) ez a görbe három részből áll. A nyomatéki határteherbírás kétharmadáig a görbét egyenesnek tekintjük és a megfelelő merevség az ún. kezdeti merevség.  $2/3 M_{j,Rd}$  és  $M_{Rd}$  között a görbe nemlineáris, és miután a nyomaték elérte a folyás határt további terhelés esetén csak az elfordulás nő. Ez a modell egy fix arányt feltételez a kezdeti, a nemlineáris és a folyási szakasz közötti szekáns merevség között. A nemlineáris görbe alakja  $2/3M_{Rd}$  és  $M_{Rd}$  között:



7. ábra: Nemlineáris nyomaték-elfordulás görbe EC3 J Függeléke szerint

$$S_j = \frac{S_{j,ini}}{\left(\frac{1.5M_{Sd}}{M_{Rd}}\right)^\Psi} \quad (5)$$

ahol  $\Psi = 2,7$  homloklemez és hegesztett kapcsolat esetén és  $3,1$  övbekötő szögacélos kapcsolatnál.

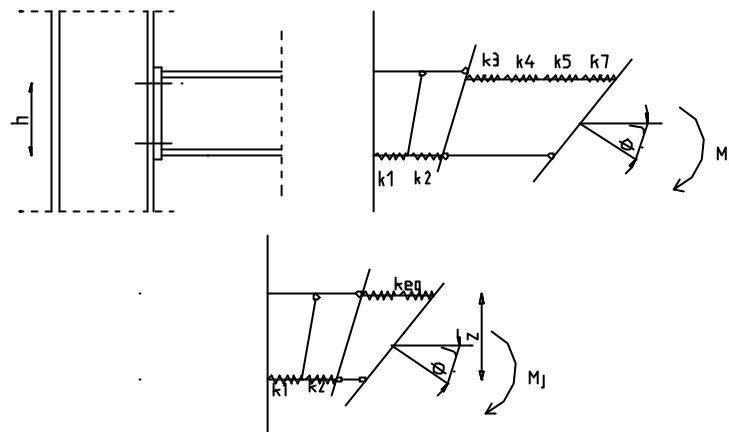
*Merevségek összegzése*

1. táblázat: Komponensek figyelembevétele

Komponens	Szám	Homloklemez	Hegesztett	Hevederezett
Nyírt oszlopgerinc	1	x	x	x
Nyomott oszlopgerinc	2	x	x	x
Oszlop hajlított öve	3	x		x
Húzott oszlopgerinc	4	x	x	x
Hajlított homloklemez	5	x		
Hajlított övheveder	6			x
Húzott csavarok	7	x		
Nyírt csavarok	8	x		x
Tartócsavarok	9			x

Az EC3 J függeléke útmutatást ad homloklemez és hegesztett és hevederes kapcsolati kialakításokhoz. 1.táblázat mutatja, hogyan kell a komponenseket figyelembe venni a kezdeti merevség számításánál.

A modellben feltételezzük, hogy a következő komponensek deformációi: nyomott gerenda öv és gerinc, húzott gerenda gerinc, nyomott, vagy húzott homloklemez, a hajlított gerenda deformációjában benne vannak, tehát ezen komponensek nem járulnak hozzá a kapcsolat flexibilitásához.



8. ábra Homloklemez és hegesztett kapcsolat modellezése

A kezdeti merevséget a komponensek rugalmas merevségeiből kapjuk. A komponensek rugalmas viselkedését egy rugó jelképezi. A 8.ábra egy homloklemez és hegesztett kapcsolat modellezését mutatja.

kialakítás modelljét mutatja. Mindegyik rugóban  $F$  nagyságú erő keletkezik. A 8/b ábra mutatja, amint a 3 4 5 7 komponenseket egy helyettesítő merevségű rugóval is modellezhetjük ( $k_{eq}$ ). Ezt az alábbi képletbe akár közvetlenül is behelyettesíthetjük. Ezen formulák alapja az, hogy a nyomaték elfordulás viselkedése mindegyik (a-b) rendszernek ugyanaz legyen. További feltétel hogy az alsó rúdban a nyomóerő mindegyik rendszerben megegyezzen. A nyomaték, amely a rugós modellen hat  $F \cdot z$ . A  $F$  elfordulás egyenlo ( $S_{j,ini}$ )/ $z$ , vagyis:

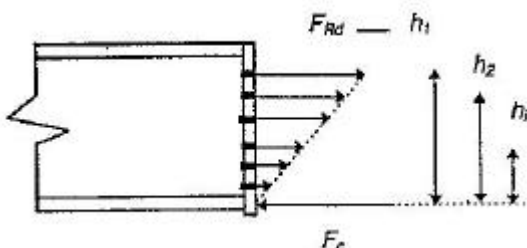
$$S_{j,ini} = \frac{M}{\Phi} = \frac{Fz}{\sum \frac{\Delta_i}{z}} = \frac{Fz^2}{E \sum \frac{1}{k_i}} = \frac{Ez^2}{\sum \frac{1}{k_i}} \quad (6)$$

ahol  $\Delta_i$  az  $i$  jelű rugó alakváltozása.

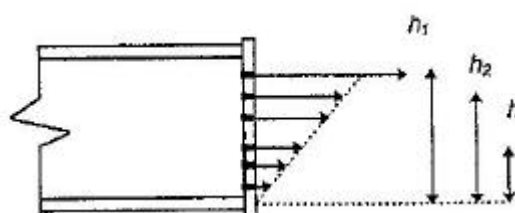
### Erok összegzése

Az EC3-ban javasolt módszer segítséget nyújt a határteherbírás megállapítására. Itt példaként egy homloklemez gerenda illesztése kerül bemutatásra. Mivel több csavarsor van, a belső erők eloszlása összetett:

a) Először feltételezzük, azt hogy a homloklemez a csavar átmérőjéhez képest vastag (9.ábra). Ebben az esetben az egyes csavarsorok között az erő lineárisan oszlik el a nyomási középponthoz viszonyítva. A kapcsolat teherbírása akkor merül ki, ha a legnagyobb feszültség alatt álló csavarsorban az erő meghaladja a határerőt  $2B_{t,Rd}$ . A csavarok korlátozott elfordulási képessége miatt a csavarsorok között erőátrendeződés nem léphet fel.



9.ábra Homloklemez illesztés  
(vastag homloklemez)



10.ábra Homloklemez illesztés  
(vékony homloklemez)

Feltételeztük, hogy a gerenda öve és gerince képes a nyomóerő átadására, továbbá azt is, hogy a gerinc húzási ellenállása nem korlátozza a kapcsolat ellenállását.

$$M_{Rd} = \frac{F_{Rd}}{h_1} \sum h_i^2 \quad (7)$$

b) Vékonyabb homloklemezek esetén (10.ábra), ha egy kezdeti nyomatékot működtetünk, akkor a felső csavarsor nagyobb merevsége miatt (az öv merevítőhatása) nagyobb erőt képes közvetíteni, mint az alsók. Az EC szerint a legfelső sor éri el először a határteherbírását. Ez jelen esetben indokolt, azonban például túlnyúló homloklemez esetén a második sor (az öv alatti) az, amelyben a legnagyobb erő keletkezik. A felső csavarsor ellenállását a következő komponensek egyikének alapján: csak a csavarok,

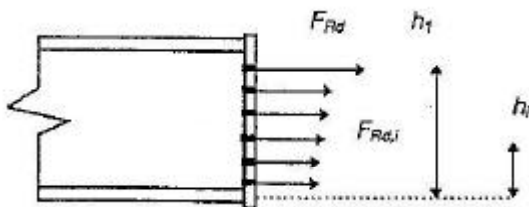


csak a homloklemez, a csavar lemez összessége vagy a húzott gerenda gerinc, határozhatjuk meg. Ha a tönkremeneteli mód duktilis a csavarsorok között eroátrendeződés léphet fel.

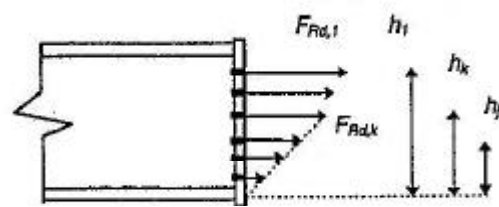
A tönkremenetel háromféleképp történhet:

i) A képlékeny eroátrendeződés az összes csavarsorban létrejön (11.ábra).

A képlékeny erok,  $F_{Rd,i}$  csavarsoronként különböznek a tönkremeneteli mód függvényében (csavar, lemez stb.)



11. ábra Erok képlékeny eloszlása



12. ábra Elasztoplasztikus eloszlás

EC3 szerint a csavarsorok rendelkeznek elegendő elfordulási képességgel ahhoz, hogy a belső ero képlékeny átrendeződése létrejöhessen, ha

- $F_{Rd,i}$  a gerenda gerincének húzási tönkremeneteléhez kapcsolódik
- $F_{Rd,i}$  a csavar-lemez összesség tönkremeneteléhez tartozik és:

$$F_{Rd,i} \leq 1.9B_{t,Rd} \quad (8)$$

ahol  $B_{t,Rd}$  a csavar-lemez együttes húzási ellenállása

ii) A képlékeny eroátrendeződés félbeszakad, mivel valamelyik utolsó csavarsorban nincs meg a szükséges elfordulási képesség. Ettől lefelé az ero lineárisan oszlik el a nyomás középpontjához képest.

A nyomatéki határteherbírás:

$$M_{Rd} = \sum_{i=1,k} F_{Rd,i} h_i + \frac{F_{Rd,k}}{h_k} \sum_{j=k+1,n} h_j^2 \quad (9)$$

ahol  $n$  - a csavarsorok száma

$k$  - azon csavarsorok száma amelyek elfordulóképessége nem jelentős

Ebben az esetben az eroeloszlás elasztoplasztikus (12.ábra).

iii) A képlékeny, vagy elasztoplasztikus eroátrendeződés félbemarad, mivel  $F_c$  eléri a gerenda övének és gerincének határteherbírását.

Ekkor  $M_{Rd}$  hasonló az elozokhez, viszont a csavaroknak egy korlátozott számát vehetjük figyelembe. Ezek:

$$\sum_{l=1,m} F_l = F_{c,Rd} \quad (10)$$

ahol  $m$  - az utolsó húzóerőt közvetítő csavarsor száma

$F_l$  - az  $l$ -edik sorban a húzóero

$F_{c,Rd}$  - a gerendaövének és a nyomott gerincének a határereje

Az elobb bemutatott elvek hasonlóak oszlop-gerenda kapcsolati kialakításánál is. Az EC3 J függeléke útmutatást nyújt a homloklemez oszlop-gerenda kapcsolatoknál az erők szétesztására, bemutatja továbbá az önálló és csoportos folyási mechanizmusok kialakulását, és hegesztett kapcsolatok számításának módját is.

### 3. KÖVETKEZMÉNY

A gyakorlati tervezés során a kapcsolatokat leggyakrabban idealizáltan vagy csuklósnak, vagy merevnek tekintik. Egy szerkezet tervezésénél a statikai modellt ennek megfelelően állítják fel. Ezek után meghatározzák az igénybevételeket, majd a szükséges szelvényméreteket. A kapcsolatokat csak ezek után méretezik.

Jelentős különbség lép fel a méretezési folyamatban, ha a szerkezetbe félmerev kapcsolatokat tervezünk. A félmerev kapcsolatok alkalmazásánál már a statikai modell felállításakor szükséges a kapcsolatról valamilyen szintű információ, tehát a kapcsolatok tervezése ily módon már a szerkezettervezés első lépcsőjében megjelenik. Ez esetben a pontos statikai számítás és az alkalmazandó szelvényméretek meghatározása után a kapcsolat pontos megtervezése szükséges. Ha már ismerjük a félmerev kapcsolat jellemzőit ellenőrizni kell, hogy a modellezés megfelelő volt, vagy sem, és ennek megfelelően kell a tervezést folytatni.

A félmerev kapcsolatok használata az egyszerű kialakításuknak köszönhetően általában gazdaságos. A tervezésben azonban gyakorlati alkalmazásuk még nem terjedt el a modellezésük és számításaik nehézsége miatt. Ennek megkönnyítésére szolgáló módszerek kidolgozása a jövőben egy fontos cél lehet.

### HIVATKOZÁSOK:

- [1] Needham F.H. - Weller A.D. 1981.: Philosophy of Design in Multi-Storey Steel frames, *Joints in Structural Steelworks*, Middlesbrough, 1981.
- [2] Wood R.H. - Needham F.H. - Smith R.F., 1968.: Test of a Multi-Storey Rigid Steel Frame, *Structural Engineer Vol. 46* No. 4. 1968.
- [3] Bijlaard F.S.K. 1981.: Requirements for Welded and Bolted Beam-to Column Connections in Non-sway Frames, *Joints in Structural Steelworks* Middlesbrough, 1981.
- [4] Netercot D.A. - Li T.Q., Ahmed B. 1998.: Unified Classification System for Beam-to Column Connections, *J. Constructional Steel Research, Vol. 45*, No.1.
- [5] Jaspart J.P. 1999.: *Semi-Rigidity in Connections of Structural Steelworks: Theory, Analysis and Design: Characterisation and Idealisation of Moment Resisting Joints*, Udine 1999.