FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

ACÉL OSZLOPTALPAK TEHERBÍRÁS-VIZSGÁLATA EGYENSÚLYI EGYENLETEK VALAMINT AZ EUROCODE 3 SZABVÁNY ELŐÍRÁSAI ALAPJÁN

DESIGN RESISTENCE OF COLUMN BASES BASED ON EQUILIBRIUM EQUATIONS AND EUROCODE 3

LEHÓCZKI Bettina⁽¹⁾, VICZIÁN Csaba⁽²⁾, RADNAY László⁽³⁾

(1) Debreceni Egyetem Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4., Telefon: +36 52 512-761, bettike1112@gmail.com

(2) Debreceni Egyetem Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4., Telefon: +36 52 512-761, viczian.csaba@gmail.com

(3) Debreceni Egyetem Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4., Telefon: +36 52 512-761, radnaylaszlo@gmail.com

Abstract

Structural connections of „I” and „H” sections are usually end-plated connections nowadays. A special case of these connections is the column bases, because the connection of two kind of materials – steel and concrete – with different mechanical properties, has to be provided.

František Wald a professor of [Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering](#), made research on design resistance of column bases with four anchor bolts. Component method of Eurocode 3 is based on the results of his project. The component method is a simplified form of František Wald’s research.

Our aims are:

- to explore the physical meaning of the contexts given in EC3
- to compare the two methods
- to examine the effects of the simplifications, used by the Eurocode 3 on the load-bearing capacity of the column bases
- to create an interaction diagram to facilitate the design of base plates.

Keywords: column bases with four anchor bolts, interaction diagram, bending moment and normal force combination; fixed column base

Összefoglalás

„I” és „H” szelvényű acél rúdelemek korszerű kapcsolatai homloklemez kialakítással készülnek. Ezeknek a homloklemez kapcsolatoknak egy speciális fajtáját az oszloptalpak alkotják, mivel itt két eltérő mechanikai jellemzőkkel bíró anyag – acél és beton – megfelelő kapcsolatát szükséges biztosítani.

František Wald kutatómérnök a Prágai Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karának professzora kutatásokat végzett a négycsavaros talpcsomópontok teherbírásának meghatározására vonatkozóan. Kutatási eredményei alapján képezték a későbbi Eurocode 3 szabványban szereplő eljárásnak (komponens módszer). Így a szabványban található eljárás egy egyszerűsített formája a kutatásokban alkalmazott módszernek.

Célul tűztük ki:

- a szabványban található összefüggések fizikai tartalmának felderítését

- a két módszer összehasonlítását
- a szabványban alkalmazott egyszerűsítések talpcsomópontok teherbírására gyakorolt hatásának meghatározását
- a csomópontok tervezésének megkönnyítését teherbírási vonal megalkotásával.

Kulcsszavak: négycsavaros oszloptalpak, teherbírási vonal, hajlítónyomaték és normál erő interakciója; befogott oszloptalpak

1. A szabványban található összefüggések fizikai tartalmának vizsgálata

A tervezői gyakorlat számára legfontosabb, szimmetrikus kialakítású, külpontos nyomóerővel terhelt talpcsomópontok tervezéséhez a szabványban adott képletek közül hármat kell felhasználnunk (1. táblázat). Ezek átalakításával tönkremeneteli feltételeket kapunk a következők szerint:

- nagy külpontosság, csavarra vonatkozó tönkremeneteli feltétel
- nagy külpontosság, betonra vonatkozó tönkremeneteli feltétel
- kis külpontosság, betonra vonatkozó tönkremeneteli feltétel

A csavarra vonatkozó tönkremeneteli feltételt nagy külpontosságú terhelés esetében (2) – a szabvány jelöléseinek figyelembevételével – a külpontosság (1) értelmezésével a következő átalakításokkal kapjuk meg:

$$e = \frac{M_{Rd}}{N_{Rd}} \quad (1)$$

$$M_{j,Rd} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_C}{e} + 1} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_C \cdot N_{Rd}}{M_{j,Rd}} + 1} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_C \cdot N_{Rd}}{M_{j,Rd}} + \frac{M_{j,Rd}}{M_{j,Rd}}} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_C \cdot N_{Rd} + M_{j,Rd}}{M_{j,Rd}}} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z \cdot M_{j,Rd}}{z_C \cdot N_{Rd} + M_{j,Rd}}$$

$$z_C \cdot N_{Rd} + M_{j,Rd} = F_{T,Rd} \cdot z$$

$$M_{j,Rd} = F_{T,Rd} \cdot z - N_{Rd} \cdot z_C \quad (2)$$

Terhelési eset	Erőkar	Nyomatéki ellenállás	Átalakítás után
$z = z_T + z_C$	$M_{j,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_C}{e} + 1} \\ -\frac{F_{C,Rd} \cdot z}{\frac{z_T}{e} - 1} \end{array} \right\}$	$M_{j,Rd} = F_{T,Rd} \cdot z - N_{Rd} \cdot z_C$
$z = z_C + z_C$	$M_{j,Rd} = \frac{-F_{C,Rd} \cdot z}{\frac{z_C}{e} - 1}$	$M_{j,Rd} = F_{C,Rd} \cdot z + N_{Rd} \cdot z_C$

1. táblázat: A nyomatéki ellenállás meghatározása talpcsomópontok esetében különböző teherelrendezések mellett [2];[8]

Az 1. táblázatban megadott tönkremeneteli feltételek felhasználásával számított nyomatéki értékek minimuma (a külpontosság figyelembevétele mellett) megadja az adott normálerőhöz

tartozó nyomatéki teherbírást. A kapott eredményeket összevettem a František Wald által leírt módszerrel meghatározott teherbírási görbe értékeivel.

2. Teherbírási vonal Wald módszere alapján

A csomópontok vetületi és nyomatéki egyensúlyának képlékeny elven történő vizsgálatával előállítható a csomópont ellenállására vonatkozó teherbírási vonal, annak jellegzetes pontjainak értelmezésével. A teherbírási vonal jellegzetes pontjait 1. ábra foglalja össze.

A teherbírási vonalról leolvasott és az EC-3 szerint számított teherbírási értékek bizonyos normálerők mellett közel megegyeznek, más helyeken eltérést mutatnak. Az eltérés oka az Eurocode egyszerűsítő feltételezése, miszerint a nyomott betonzóna területét terheléstől függetlenül állandónak veszi.

1. ábra: A teherbírási vonal jellemző pontjai (A hajlítónyomaték az erős tengely körül működik.) [6]

3. Az EC-3 szabványban található összefüggések vizsgálata a nyomott zóna tényleges kiterjedésének figyelembevételével

Értelmezzük az EC-3 képleteit, azzal a kiegészítéssel, hogy az $F_{C,Rd}$ értékét, a ténylegesen kialakuló nyomott zóna alapján határozzuk meg. [6];[8]

František Wald szerint a nyomott betonzónában fellépő erő a vetületi egyenletből számítható.

$$\text{Vetületi egyenlet: } F_{C,Rd} = F_{T,Rd} - N_{Rd} \quad (3)$$

(figyelembe véve, hogy nyomás esetében a normálerő negatív)

Ennek felhasználásával vetületi és nyomatéki egyenleteket írunk fel a kapcsolat súlypontjára.

$$\text{Vetületi egyenlet: } N_{Rd} = F_{T,Rd} - F_{C,Rd} \quad (4)$$

$$\text{Nyomatéki egyenlet: } M_{Rd} = F_{T,Rd} \cdot z_T + F_{C,Rd} \cdot z_C \quad (5)$$

A csomópont hajlítási ellenállására ($M_{j,Rd}$) vonatkozó összefüggésbe az „e” helyére behelyettesítjük a vetületi és a nyomatéki egyenletet, mellyel az alábbi összefüggést kapjuk:

$$M_{j,Rd} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_C}{e} + 1} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_C \cdot N_{Rd}}{M_{Rd}} + 1} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_C \cdot N_{Rd}}{M_{Rd}} + \frac{M_{Rd}}{M_{Rd}}} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_C \cdot N_{Rd} + M_{Rd}}{M_{Rd}}} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z \cdot M_{Rd}}{z_C \cdot N_{Rd} + M_{Rd}}$$

$$= \frac{F_{T,Rd} \cdot z \cdot (F_{T,Rd} \cdot z_T + F_{C,Rd} \cdot z_C)}{z_C \cdot (F_{T,Rd} - F_{C,Rd}) + F_{T,Rd} \cdot z_T + F_{C,Rd} \cdot z_C} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z \cdot (F_{T,Rd} \cdot z_T + F_{C,Rd} \cdot z_C)}{F_{T,Rd} \cdot z_C - F_{C,Rd} \cdot z_C + F_{T,Rd} \cdot z_T + F_{C,Rd} \cdot z_C}$$

Ez az összefüggés egyszerűsíthető $F_{C,Rd} \cdot z_C$ szorzattal:

$$M_{j,Rd} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z \cdot (F_{T,Rd} \cdot z_T + F_{C,Rd} \cdot z_C)}{F_{T,Rd} \cdot z_C + F_{T,Rd} \cdot z_T} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z \cdot (F_{T,Rd} \cdot z_T + F_{C,Rd} \cdot z_C)}{F_{T,Rd} \cdot (z_C + z_T)} = \frac{F_{T,Rd} \cdot z \cdot (F_{T,Rd} \cdot z_T + F_{C,Rd} \cdot z_C)}{F_{T,Rd} \cdot z}$$

A fenti kifejezés tovább egyszerűsíthető $F_{T,Rd} \cdot z$ szorzattal, így megkapjuk kiindulásnál felírt nyomatéki egyenletet:

$$M_{j,Rd} = F_{T,Rd} \cdot z_T + F_{C,Rd} \cdot z_C \quad (6).$$

Ezzel bizonyítottam, hogy az Eurocode 3 – és František Wald képletei egyaránt a kapcsolat nyomatéki és vetületi egyenletein alapulnak, a kettő közötti eltérést csak a figyelembe vett nyomott betonzóna területének az eltérése okozza.

4. A szabványban alkalmazott egyszerűsített eljárásnak a talpcsomópontok teherbírására gyakorolt hatása

A kutatás során összehasonlítottam a különböző szelvényméretű melegen hengerelt HEA és IPE oszlopok talpcsomópontjainak teherbírására – az egyensúlyi egyenletek segítségével, illetve a szabvány előírásai alapján – számított eredményeket. Ezek alapján megállapítható, hogy az Eurocode szabványban szereplő egyszerűsített eljárás bizonyos esetekben túlságosan a biztonság javára közelít, ugyanakkor alkalmazhatóságát tekintve nem tekinthető egyszerűbb számítási folyamatnak, mint az egyensúlyi egyenletek alkalmazása. A talpcsomópontok teherbírásának egyensúlyi egyenletekkel történő meghatározásának tehát létjogosultsága van.

Irodalom

- [1] Ádány S., Dulácska E., Dunai L., Fernezelyi S., Horváth L., *Acélszerkezetek, 1.Általános eljárások, Tervezés az Eurocode alapján*, Springer Média Magyarország kiadó, 2007.
- [2] Ádány S., Dulácska E., Dunai L., Fernezelyi S., Horváth L., *Acélszerkezetek, 2.Speciális eljárások, Tervezés az Eurocode alapján*, Springer Média Magyarország kiadó, 2007.
- [3] C.M. Steenhuis, F. Wald, Z. Sokol, J.W.B. Stark, *Concrete in compression and base plate in bending*, HERON Volume 53,issue 1/2, Special Issue: Steel column bases, 2008.
- [4] F. Wald, Z. Sokol, C.M. Steenhuis, J.P. Jaspart, *Component method for steel column bases*, HERON Volume 53,issue 1/2, Special Issue: Steel column bases, 2008.
- [5] F. Wald, Z. Sokol, J.P. Jaspart, *Base plate in bending and anchor bolts in tension*, HERON Volume 53,issue 1/2, Special Issue: Steel column bases, 2008.
- [6] František Wald, *Patky sloupů -Column Bases*, ČVUT, Prague 1995, ISBN 80-01-01337-5.
- [7] MSZ-EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2: *Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok*
- [8] MSZ-EN 1993-1-8:2005 Eurocode 3: *Acélszerkezetek tervezése. 1-8. rész: Csomópontok tervezése*