

FÉL-MEREV OSZLOPTALPAK TERVEZÉSE AZ EUROCODE 3 SZABVÁNY SZERINT

Viczián Csaba

Tanársegéd

Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Építőmérnöki Tanszék, 4028 Debrecen, Ótmetető u. 2-4.

viczian.csaba@gmail.com

Összefoglalás

Merevségük alapján az Eurocode 3 szabvány előírásai szerint az oszloptalpak három csoportba sorolhatók: csuklós, fél-merev és merev csomópont. A négy csavarral kialakított oszloptalpak esetén a szabvány előírásait követve az oszloptalpak teherbírása és merevsége egyértelműen meghatározható. Merevségük szerint ezek a csomópontok általában a fél-merev kategóriába tartoznak. Ez a cikk rövid összefoglalása a négy csavarral kialakított oszloptalpak tervezésére vonatkozó előírásoknak és számítási eljárásnak.

Kulcsszavak: oszloptalp, teherbírás, elfordulási merevség, fél-merev.

Abstract

According to the Eurocode 3 standard the column bases are considered „pinned”, „semi-continuous” or „rigid” connection. The design resistance and rotational stiffness of column bases with four anchor bolts should be calculated applying the method by standard. These column bases usually can be considered semi-continuous connections. This paper summarizes the design rules and calculation procedure of semi-continuous column bases.

Keywords: column base, design resistance, rotational stiffness, semi-continuous.

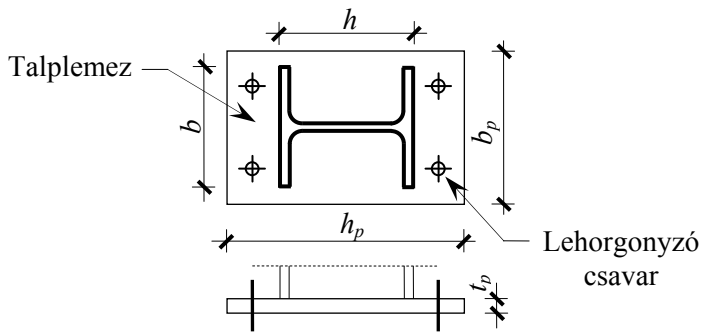
1. Bevezetés

Homloklemekkel kialakított oszloptalpak modellezésére és kialakítására vonatkozóan a mérnöki gyakorlatban alapvetően két féle megoldási mód létezett: csuklós és merev talpcsomópont. Csuklós kapcsolatnak a két csavarral, merev kapcsolatnak a négy csavarral kialakított oszloptalpakot tekintették. A kialakult „szerkesztési szabályok” betartása mellett a talpcsomópont merevségi viszonyaira vonatkozó számítás nem volt előírás. Az Eurocode 3 szabvány a korábbi mérnöki gyakorlattól eltérően előírja a talpcsomópontok merevségi viszonyainak vizsgálatát is. Merevségük alapján az oszloptalpak három osztályba sorolhatók: csuklós, fél-merev és merev talpcsomópont. A szabvány konkrét számítási eljárást tartalmaz - az ún. „komponens módszer” - a talpcsomópontok teherbírásának és merevségének meghatározására vonatkozóan [1]. Előszámítások eredményei alapján a négy csavarral

kialakított oszloptalpak (1. ábra) merevségük alapján szinte kizárólag a fél-merev kategóriába sorolhatók.

Fél-merev talpcsomópontokkal tervezett keretszerkezetek globális erőtani számítását bonyolítja, hogy a csomópontok elfordulásait figyelembe kell venni. Az oszloptalpak merevségi viszonyai visszahatnak a talpcsomópont teherbírására, valamint ez által a teljes keretszerkezet erőjátékát is befolyásolják.

Cikkünkben összefoglaljuk a merevségük alapján fél-merevnek minősülő négy csavarral kialakított oszloptalpak tervezésére vonatkozó általános előírásokat, ismertetjük a számítási eljárás lépéseit. Javaslatot teszünk a fél-merev talpkapcsolatokat tartalmazó keretszerkezetek tervezési folyamatának elvégzésére.



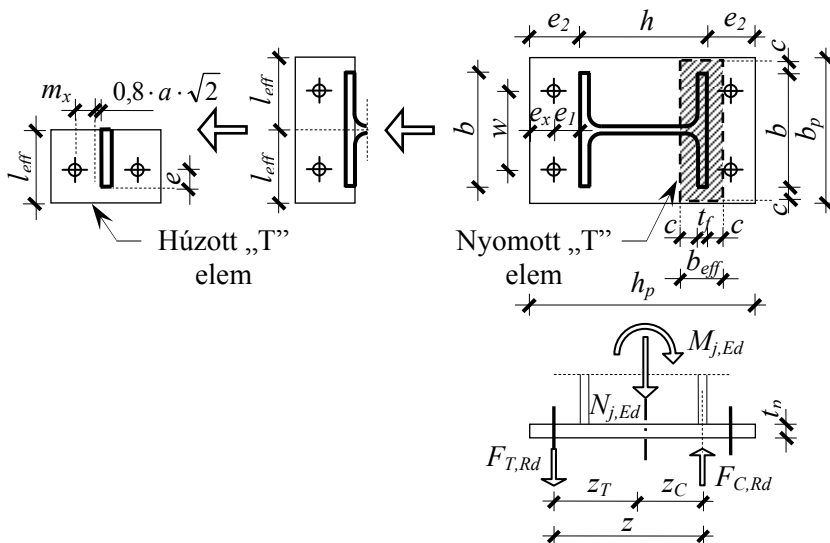
1. ábra. Négy csavarral kialakított oszloptalpak.

2. Oszloptalpak teherbírásának meghatározása

Az oszloptalpak teherbírásának meghatározására vonatkozóan az EN 1993-1-8 szabvány közelítő számítási eljárást tartalmaz, amelyet komponens módszernek neveznek. A komponens módszer lényege, hogy a homloklemez kapcsolatok az alkotó komponensek együtteseként kezeli. Oszloptalpak esetén a komponensek az alábbiak: a nyomott zóna, amely tartalmazza az alptest pecsétnomásnak kitett részét és a talplemez nyomott részét; a húzott zóna, amely a húzott lehorgonyzó csavarokból és a hajlított talplemezből áll. Talplemez esetén az oszlop nyomott övlemeze alatt elhelyezkedő nyomott T-elem, valamint az oszlop húzott övlemezéből és a hozzá csatlakozó talplemezből álló húzott T-elem effektív méreteit a szabvány előírásai alapján lehet meghatározni.

A nyomott T-elem effektív méreteit (2. ábra) úgy kapjuk, hogy az oszlop nyomott övlemezét minden irányban egy, a szabvány szerint meghatározott értékkel (c) növeljük, amennyiben a talplemez felvett méretei ezt lehetővé teszik:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{y,p}}{3 \cdot f_{j,d} \cdot \gamma_{M0}}} \quad (1)$$



2. ábra. Oszloptalp komponensek.

Az alap nyomószilárdságának tervezési értékét (f_{jd}) az EN 1992-1-1 szabvány előírásai szerint pecsétnyomásként számolhatjuk, feltételezve, hogy az alaptest méretei lehetővé teszik a nyomott T-elem által meghatározott felületen egyenletesen megoszló erő megfelelő szétterjedését az alaptestben [3]. A koncentrált erőként értelmezett teherbírás ennek megfelelően:

$$F_{R,du} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = 3,0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 3,0 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff,c} \cdot l_{eff,c} \quad (2)$$

Az alap nyomószilárdságának tervezési értéke pecsétnyomásként számolva a koncentrált erőként értelmezett teherbírás alapján:

$$f_{j,d} = \frac{\beta_j \cdot F_{R,du}}{b_{eff,c} \cdot l_{eff,c}} \quad (3)$$

A (7) és (8) egyenlet alapján az alap nyomószilárdságának tervezési értéke pecsétnyomásként számolva kifejezhető a beton nyomószilárdságának tervezési értéke függvényében:

$$f_{j,d} = 2 \cdot f_{cd} \quad (4)$$

A nyomott T-elem effektív méretének ismeretében meghatározható a talp-

csomópont nyomási ellenállása az alábbiak szerint:

$$F_{C,Rd} = f_{j,d} \cdot l_{eff,c} \cdot b_{eff,c} \quad (5)$$

A talpcsomópont nyomási ellenállása központos nyomás esetén valamennyi nyomott T-elem - az oszlop két övlemeze és a gerinclemeze alatti T-elem - ellenállásának összegeként adható meg. Keretszerkezetek esetében, mivel a normálerő mellett jelentős nyomatékkal is számolunk, a talpcsomópontok nyomási ellenállása jól közelíthető az oszlop nyomott öve alatti T-elem nyomási ellenállásával.

A húzott T-elem effektív méretei (2. ábra) hasonló elven határozható meg, mint az általános homloklemezcsatlakozatok esetén:

$$l_{eff,t} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4 \cdot m_x + 1,25 \cdot e_x \\ e + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x \\ 0,5 \cdot b_p \\ 0,5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x \\ 2 \cdot \pi \cdot m_x \\ \pi \cdot m_x + w \\ \pi \cdot m_x + 2 \cdot e \end{array} \right\} \quad (6)$$

Általános esetben a húzott T-elem effektív hossza a talplemez szélesség fele ($l_{eff,t} = 0,5 \cdot b_p$) [4]. A helyettesítő T-elem húzási ellenállása hasonlóan számítható, mint az általános homloklemezcsatlakozatok esetében, annyi különbséggel, hogy nem feltételezhetjük az emelőerő létrejöttét a talplemez és a beton alaptest között. Ennek megfelelően a húzási ellenállás a hajlított talplemez és a lehorgonyzó csavarok teherbírása alapján határozható meg az alábbiak szerint:

$$F_{T,Rd} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{l_{eff,t} \cdot t_p^2 \cdot f_{y,p}}{2 \cdot m_x \cdot \gamma_{M0}} \\ \sum 0,9 \cdot \frac{A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \end{array} \right\} \quad (7)$$

A nyomott és húzott helyettesítő T-elemek ellenállásának ismeretében meghatározható a talpcsomópont hajlítási ellenállása:

$$M_{j,Rd} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{T,Rd} \cdot z}{1 - |z_C|/e_j} \\ \frac{F_{C,Rd} \cdot z}{1 + |z_T|/e_j} \end{array} \right\} \quad (8)$$

A külpontosság mértéke szabvány szerint az alábbiak szerint definiálható:

$$e_j = \frac{M_{j,Ed}}{N_{j,Ed}} = \frac{M_{j,Rd}}{N_{j,Rd}} \quad (9)$$

3. Oszloptalpak elfordulási merevségének meghatározása

Talpesomópontok esetén az elfordulási merevség kezdeti értékét ($S_{j,ini}$) a csomóponti komponensek merevségeinek összege adja. A komponensek a következők: az alaptestet alkotó beton, a hajlított talplemez és a lehorgonyzó csavarok. Az egyes komponensek merevségi tényezői a következők szerint definiálhatók [5]:

- Az alaptestet alkotó beton összenyomódása:

$$k_{13} = \frac{E_C \cdot \sqrt{l_{eff,c} \cdot b_{eff,c}}}{1,275 \cdot E} \quad (10)$$

- Hajlított talplemez alakváltozása:

$$k_{15} = \frac{0,425 \cdot l_{eff,t} \cdot t_p^3}{m_x^3} \quad (11)$$

- A lehorgonyzó csavarok megnyúlása:

$$k_{16} = 2,0 \frac{A_s}{L_b} \quad (12)$$

Az egyes komponensek merevségi tényezői ismeretében meghatározható a húzott- és nyomott oldali merevségi tényező:

$$k_T = \frac{k_{15} \cdot k_{16}}{k_{15} + k_{16}}, \quad k_C = k_{13} \quad (13)$$

A merevségi tényezők alapján a csomópont elfordulási merevségének kezdeti értéke:

$$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z^2}{\sum \frac{1}{k_i}} \cdot \frac{e_j}{e_j + e_k} \quad (14)$$

ahol:

$$e_k = \frac{z_C \cdot k_C - z_T \cdot k_T}{z_C + z_T} \quad (15)$$

4. Fél-merev talpcsomópontok tervezésének folyamata

Egy oszloptalpon fellépő igénybevétel (nyomaték) értéke attól függ, hogy mekkora a csomópont merevsége. Azaz adott nyomaték hatására mekkora elfordulás jön létre. Tehát nem tudjuk egy lépésben meghatározni a talp szükséges méreteit, mert az attól is függ, hogy a merevség hogyan módosítja az igénybevételt.

Adott tervezési feladat esetén abból a feltételezésből célszerű kiindulni, hogy a talpcsomópont merev. Merev talpcsomópont feltételezése mellett meghatározhatók a szerkezet igénybevételei, beleértve az oszloptalpra ható igénybevételeket is. Az oszloptalpra ható igénybevételek - normálerő, nyomaték – alapján a cikk 2. fejezetében leírt számítási eljárás segítségével felvehető egy megfelelő oszloptalp kialakítás, melynek hajlítási ellenállása közel azonos az oszloptalpra ható nyomaték tervezési értékével, illetve csak kis mértékben haladja meg azt ($M_{j,Rd} \geq M_{j,Ed}$). A felvett talpcsomópontnak meghatározható a kezdeti merevsége a cikk 3. fejezetében leírt algoritmus segítségével. Ez a merevség jóval kisebb lesz a kiindulásként feltételezett merevségnél, ennek megfelelően a globális erőtani számítást meg kell ismételni a tényleges merevség figyelembe vételével. Az erőtani számítás elvégzése során a talpcsomópont elfordulási merevsége az alábbi összefüggéssel közelíthető:

$$S_j = \frac{S_{j,ini}}{3} \quad (16)$$

Az ismételt globális erőtani számítás eredményeit alapul véve újra elvégezhető a talplemez méretfelvétele, valamint a merevségének meghatározása. Ezt az iterációs eljárást addig kell folytatni, amíg a különbség - tervezési szempontból - elhanyagolhatóvá válik.

Az 1. táblázat összefoglalja egy konkrét keretszerkezet vizsgálata esetén a talpcsomópont tervezési folyamatának iterációs lépései során kapott eredményeket. A portál keret befoglaló geometriai méretei: fesztáv 18,0 m, keretváll magasság 5,8 m, tető hajlásszög 17°. A keretoszlop szelvényét közelítő számítással HEA-300 szelvényméretre vettük fel.

A szabvány konkrét határértéket ad arra vonatkozóan, hogy nem merevített keretknél mely esetben tekinthetjük merevsége alapján a talpcsomópontot merevnek:

$$S_{j,ini} \geq 30 \cdot \frac{E \cdot I_c}{L_c} \quad (17)$$

A megadott határérték alapján ellenőrizhetjük a talpcsomópont fél-merev jellegét:

$$S_{j,ini} = 67896 \text{ kNm/rad} < 30 \cdot \frac{E \cdot I_c}{L_c} = 30 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,826 \cdot 10^8}{5,8 \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{10^6} = 198341 \text{ kNm/rad} \quad (18)$$

1. táblázat. Az iterációs számítási eljárás eredményei

Iterációs lépés száma	$M_{j,Ed}$ [kNm]	Talplemez mérete (sz/h/v) [mm]	Csavar	$M_{j,Rd}$ [kNm]	S_j [kNm/rad]
1	202,59	320x500x34	M30-8.8	211,75	22632
2	118,28	320x460x22	M24-8.8	126,89	17663
3	105,91	320x460x22	M22-8.8	111,23	16951
4	103,83	320x460x22	M22-8.8	111,71	17004
5	103,99	-	-	-	-

Az iterációs számítási eljárás eredményei szerint a talpcsomópontra ható nyomaték végső értéke a kezdeti érték 51%-ára, a merevség végső értéke pedig a kezdeti érték 75%-ára csökkent. Különböző fesztávolságú és vállmagasságú portál keretek esetén végzett számítások eredményei alapján a talpcsomópontra ható nyomaték végső értéke a kezdeti érték 47-64%-ára, a merevség végső értéke pedig a kezdeti érték 66-84%-ára adódott.

5. Összefoglalás

A négy lehorgonyzó csavarral kialakított oszloptalpak nyomatéki teherbírását és merevségét - melyek meghatározására az EN 1993-1-8 szabvány konkrét számítási eljárást tartalmaz - az alkalmazott anyagminőségeken kívül a csavarok átmérője, valamint a talplemez vastagsága és túlnyúlása határozza meg. Merevségük alapján ezek az oszloptalpak a fél-merev kategóriába sorolhatók, ennek megfelelően olyan szerkezetek erőtanai vizsgálatánál, melyekben négy csavarral kialakított oszloptalpak vannak, a talpcsomópontok elfordulását figyelembe kell venni.

Az oszloptalpak méretezése egy iterációs számítási eljárás alkalmazásával végezhető el, melynek első lépéseként merev talpcsomópontot feltételezünk, és az így kapott igénybevételek alapján vesszük fel az oszloptalpak méreteit, valamint hatá-

rozzuk meg a talpcsomópont merevségét, majd a tényleges elfordulási merevség figyelembevételével ismételjük meg a számítást mindaddig, amíg az eltérés elhanyagolhatóvá válik.

6. Irodalomjegyzék

- [1] EUROCODE 3: *Design of steel structures* – Part 1-8: Design of joints. Brussels 2005.
- [2] Fernezelyi S., *Homloklemez-es kapcsolatok tervezése*, Építés- Építészettudomány 37. kötet, 3-4. szám 2009. szeptember, 265-310. o.
- [3] EUROCODE 2: *Design of concrete structures* – Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels 2004. pp. 105-106.
- [4] Fernezelyi S., *Simplified method for design of bolted connections based on Eurocode 3*, Proceedings of 5th Conference on Steel and Composite Structures, Vol. 1, Graz, 2008., pp. 573-578.
- [5] Wald F., Sokol Z., Steenhuis M., Jaspart J., *Component method for steel column bases*, HERON Vol. 53, 2008., pp. 3-20.

Jelölések

A_s	– lehorgonyzó csavar húzási keresztmetszete,
$b_{eff,c}$	– nyomott T-elem effektív szélessége,
b_p	– talplemez szélessége,
e	– csavar távolsága az övlemez végétől (lásd. 2. ábra),
E	– acél rugalmassági modulusa, $E=210000 \text{ N/mm}^2$,
E_c	– alaptestet alkotó beton rugalmassági modulusa,
e_j	– külpontosság mértéke,
e_x	– csavar távolsága a talplemez szélétől,
f_{cd}	– beton nyomószilárdságának tervezési értéke,
$f_{j,d}$	– alap nyomószilárdságának tervezési értéke (pecsénnyomásként számolva),
f_{ub}	– csavar szakítószilárdságának tervezési értéke,
$f_{y,p}$	– talplemez folyáshatárának tervezési értéke,
I_c	– oszlop inercianyomatéka,
L_b	– lehorgonyzó csavar nyúlási hossza, $L_b \approx 10 - 11 \cdot d$,
L_c	– oszlop magassága,
$l_{eff,c}$	– nyomott T-elem effektív hosszúsága,
$l_{eff,t}$	– húzott T-elem effektív hossza,
m_x	– csavar távolsága az oszlop övlemezétől (lásd. 2. ábra),
t_p	– talplemez vastagsága,
w	– két csavar távolsága,
z	– húzó- és nyomóerőből álló erópár erőkarja (lásd. 2. ábra),
z_C, z_T	– húzó- és nyomóerő távolsága az oszlop hossz tengelyétől (lásd. 2. ábra),
β_j	– módosító tényező, értéke: 2/3,
γ_{M0}	– szilárdsági vizsgálatokhoz tartozó biztonsági tényező, értéke: 1,00,
γ_{M2}	– csavarok képlékeny töréséhez tartozó biztonsági tényező, értéke: 1,25.