

# ÉRTELMEZÉSI HÉZAGOK AZ EUROCODE 3 SZABVÁNY ELŐÍRÁSAINAK ALKALMAZÁSA SORÁN

## THE MISSING HOLISTIC APPROACH IN DESIGN APPLICATION OF EUROCODE 3

Sánduly Annabella,<sup>1</sup> Tóth Anett,<sup>2</sup> Lőrincz Barnabás-Attila<sup>3</sup>

*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérőki kar; Gordias Kft., Kolozsvár, Románia*

<sup>1</sup> [annabella.sanduly@gordias.ro](mailto:annabella.sanduly@gordias.ro)

<sup>2</sup> [anett.toth@gordias.ro](mailto:anett.toth@gordias.ro)

<sup>3</sup> [barnabas.lorincz@gordias.ro](mailto:barnabas.lorincz@gordias.ro)

### Abstract

The Steel Eurocodes have an important role in the correct and adequate design of steel structures. Most of the programs, which are used for the static analysis of these structures, take into consideration the information offered by the Eurocodes, thus giving the opportunity to entrust them with the task to solve those problems, which are not clear and easily understandable for the user. As it will be proven in this article, the Eurocode 3 in some cases does not offer proper, clear explanations regarding some decisions. The main critics for the whole Eurocode package is that the user might not see clearly the connection between the scattered parts of the final solution.

**Keywords:** *Eurocode 3, steel structures, cold formed steel shapes, interpretation.*

### Összefoglalás

Az acélszerkezetekre vonatkozó Európai szabványok jelentős szerepet töltenek be a tartószerkezetek helyes és tudatos tervezése során. A statikai tervező programok nagy része már ezen szabványok előírásainak figyelembevételével dolgozik, és ennek tudatában „rábizzuk” az általunk megkérdőjelezhető, néhol csak zavarosan értelmezhető problémák megoldásait. A jelen dokumentumban példaként szolgál az Eurocode 3 szabvány, amely néhány lényeges döntésben nem kínál egyértelmű útmutatást, valamint amelyben a felhasználó számára nehezen kapcsolhatók össze a részletekben megoldott problémák.

**Kulcsszavak:** *Eurocode 3, acélszerkezetek, hidegen hajlított szelvények, értelmezés.*

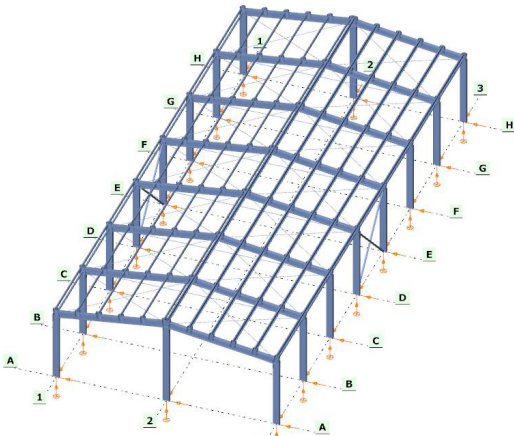
## 1. Bevezetés

Az építmények tervezése kézi számítási mód-szerekkel a 21. században merészségnek számít, hiszen a szoros határidők sokasága rákényszeríti a tervezőt a leggyorsabb eljárás alkalmazására, amely a statikai tervező programok használatát jelenti. Az egyetemi oktatásból újonnan kikerült, tapasztalatlan mérnökként tudjuk-e értelmezni a szoftver által szolgáltatott eredményeket, hogy mi is történik a háttérben, abban a bizonyos „fekete dobozban”, hogy milyen módszer szerinti számoláson halad végig, mennyi olyan kérdésben

„dönt” a program, amely előtt értetlenül állnánk és több órányi kutatómunkát áldoznánk rá, ha a kézi számolás módszerét választanánk? Milyen akadályok gördülnek eléink, ha megpróbálkozunk egy acélcsarnok alapos ellenőrzésével az Eurocode 3 szabvány előírásait követve? Ezeknek a kérdéseknek a megválaszolása érdekében létrehozott 3D szerkezet az **1. ábrán** látható.

## 2. Szerkezet leírása

A keresztirányú keretek hidegen hajlított, vékonyfalú C szerkezeti idomokból vannak kialakít-



1. ábra. 3D szerkezet

va. Geometriailag 12 m-es fesztávolsággal, 4 m-es keretkiosztással és 4 m-es vállmagassággal rendelkezik [1].

A vékonyfalú, hidegen hajlított szelvényeket (2. ábra) 4. osztályú keresztmetszetként kezeltük, ilyenformán megnövelve a szerkezetünkre vonatkozó előírások számát, hiszen többek között figyelembe kellett venni a lemezhorpadás hatását is. Ebben az esetben elsősorban az Eurocode 3 szabvány első [2] és harmadik [3] részének irányelveit szükséges követni.

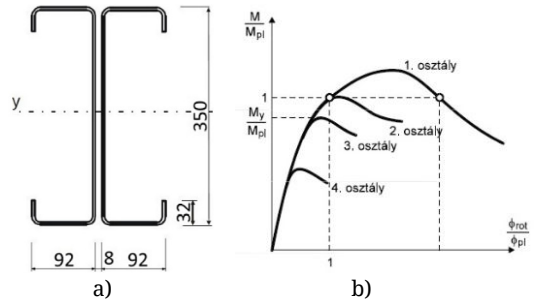
A keret (3. ábra) kiválasztása, a szerkezet ellenőrzésének folyamatához az igénybevételek nagyságától függ.

A keresztmetszetek ellenállásának vizsgálata viszonylag gördülékenyen végigvezethető az Eurocode 3 szabvány szerint, hiszen a keresztmetszeti tulajdonságok számbeli meghatározását megtalálhatjuk a szelvénynek megfelelő – a gyártó által kiadott – termékkatalógusban.

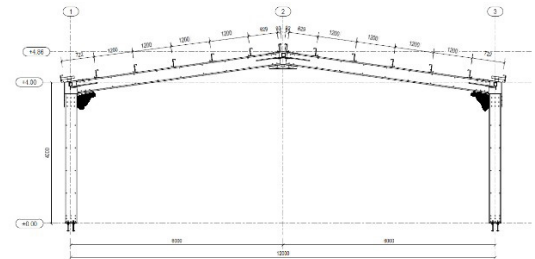
### 3. Stabilitásvesztés ellenőrzésének folyamata az Eurocode 3 szabvány szerint

Az Eurocode 3 szabvány első részének a szerkezeti rudak stabilitási ellenállására vonatkozó fejezetein végighaladva, egy, a stabilitásvesztés ellenőrzésének a folyamatáról alkotott, átfogó, integrált kép kialakulására számítunk, viszont a mozaikdarabkák nem mindig kapcsolódnak össze.

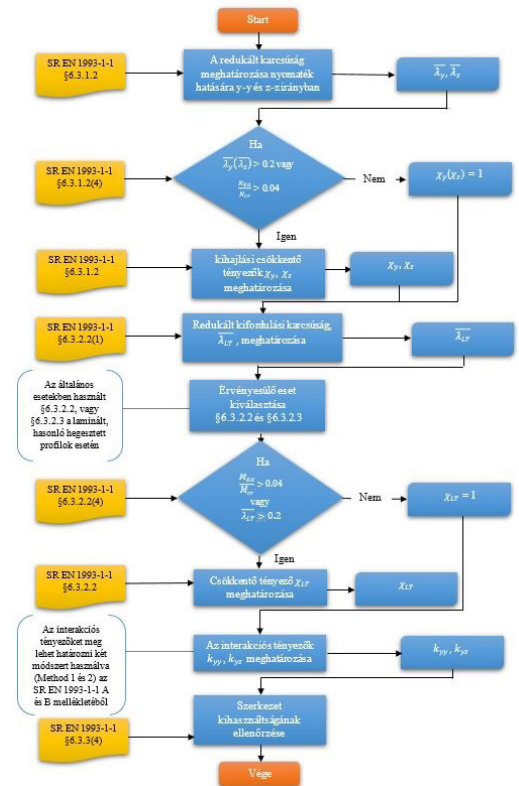
A globális, rugalmas analízis során az Eurocode 3 szabvány a csökkentő tényezős módszer szerinti számoláson vezet végig, amelynek két eljárása használható: az egyenértékű szerkezeti elem módszere és az általános módszer. Az általános metódus alkalmazásához végeelem módszeren alapuló metodológia tanácsos.



2. ábra. a) 2C350/3 szelvény; b) Nyomaték-elfordulás görbék [4]



3. ábra. Vékonyfalú, hidegen alakított idomokból alkotott keret



4. ábra. Stabilitásvesztés számolásának folyamata

Az egyenértékű szerkezeti elem módszere felteveli a valós szerkezet helyettesítését egyszerű szerkezeti elemmel, amely megköveteli az egyenértékű szerkezeti elem kihajlási hosszaként használt azon értékét, amely visszaadja a tényleges szerkezet stabilitásvizsgálatának eredményit. Egyszerűbben kifejezve a módszer helyessége a kihajlási hossz megfelelő meghatározásán áll, vagy bukik. Az Eurocode 3 szabvány épületekre vonatkozó részeiben nem található a kihajlási hossza vonatkozó egyértelmű előírás sem és az Eurocode más részeire való hivatkozás sem. Ennek hiányát, téves értelmezésből adódóan, helytelen értékek használata kísérheti.

#### 4. Rövid esettanulmány

A 3. ábrán látható vékonyfalú, hidegen alakított profilokból alkotott keret oszlopának a vizsgálata során, a kihajlási hossz különböző értékei nagyban befolyásolják a szerkezet kihasználtságát.

Ezt hivatottak szemléltetni az alábbi egyszerű számolások az Eurocode 3 szabvány alapján. Feltelevizük, hogy az oszlop  $N_{Ed}=500$  kN mértékű tiszta nyomóerőnek van kitéve.

A kihajlási ellenállást az Eurocode 3 szabvány első részének a 6.3 fejezetében [2] megtalálható képlettel számoljuk:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad (1)$$

A kihajlási hossz fele az oszlop magasságának ( $L_{eff} = L_o = 2000$  mm) a keretsíkban és arra merőlegesen is:

$$L_{eff,y} = 0.5 \cdot L_o = 2000 \text{ mm} \quad (2)$$

$$L_{eff,z} = 0.5 \cdot L_o = 2000 \text{ mm} \quad (3)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,y} \cdot 100 = 77.51\% \quad (4)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,z} \cdot 100 = 87.99\% \quad (5)$$

A kihajlási hossz oszlop magasságának a 70%-a ( $L_{eff} = L_o = 2800$  mm) a keretsíkban és arra merőlegesen is:

$$L_{eff,y} = 0.7 \cdot L_o = 2800 \text{ mm} \quad (6)$$

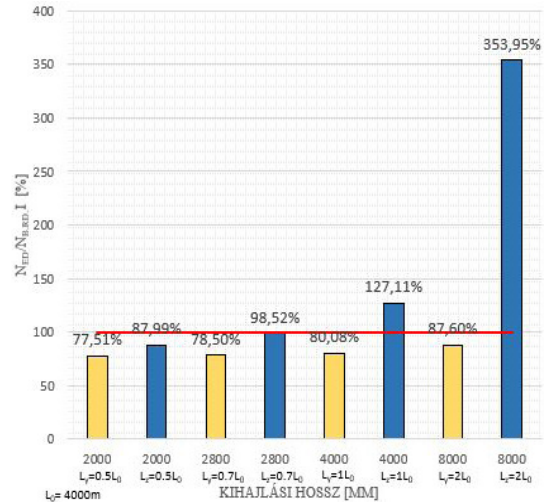
$$L_{eff,z} = 0.7 \cdot L_o = 2800 \text{ mm} \quad (7)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,y} \cdot 100 = 78.50\% \quad (8)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,z} \cdot 100 = 98.52\% \quad (9)$$

A kihajlási hossz egyenlő az oszlop magasságával ( $L_{eff} = L_o = 4000$  mm) a keretsíkban és arra merőlegesen is:

$$L_{eff,y} = L_o = 4000 \text{ mm} \quad (10)$$



5. ábra. Különböző kihajlási hosszak befolyása az elem kihasználtságára

$$L_{eff,z} = L_o = 4000 \text{ mm} \quad (11)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,y} \cdot 100 = 80.08\% \quad (12)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,z} \cdot 100 = 127.11\% \quad (13)$$

A kihajlási hossz kétszerese az oszlop magasságával a keretsíkra merőlegesen és a keret síkjában is ( $L_{eff} = L_o = 8000$  mm)

$$L_{eff,y} = L_o = 8000 \text{ mm} \quad (14)$$

$$L_{eff,z} = L_o = 80 \text{ mm} \quad (15)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,y} \cdot 100 = 87.60\% \quad (16)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,z} \cdot 100 = 353.95\% \quad (17)$$

Abban az esetben, amikor a kihajlás a keretsíkban történik a megfigyelhető különbség 11-12% között van, viszont a keret síkjára merőleges kihajlásra vonatkozó eredmények közötti legnagyobb különbség 30-31% körüli. Ez azt jelenti, hogy a kihajlási hosszak téves értelmezése során megtörténhet, hogy az oszlop stabilitásvesztése az Eurocode által javasolt határon belüli értéket eredményez, de valójában nagy mértékben túllépi ezt a határt.

#### 5. Interakciós tényezők számolása két módszerrel

Amennyiben a kihajlás és kifordulás interakciója következtében fellépő stabilitásvesztés ellenőrzését végezzük, szükséges meghatározni a kritikus nyomóerő értékét, viszont a számolására vonatkozó javaslat nem található az Eurocode 3 szabványban. Ennek a képleteken keresztül törté-

nő értelmezése az Eurocode 9 szabvány I függelékében található.

A kritikus nyomoték számolása mellett nehézséget jelenthet az interakciós tényezők meghatározása is, amelyre az Eurocode 3 két, első ránézésre nagyon hasonló módszert javasol. Ahogy a Papp Ferenc, Ph.D: Szerkezetépítés II. című tervezési segédletben [5] is olvasható, az első „Method 1”, a „francia-belga” munkacsoport módszere, amely folyamatos átmenetet ad a keresztmetszeti és stabilitási ellenállások között, míg a „német-osztrák” munkacsoport módszere a „Method 2” egyszerűbb, érthetőbb képleteket bocsát a rendelkezésünkre, az ellenállások közötti kapcsolat kevésbé van kidolgozva.

Az interakciós tényezők értékei a két módszer szerinti számolás során a következő eredményekhez vezettek:

A „Method 1” számítási folyamat  $k_{yy} = 0,95$  értéket eredményez, ami a „Method 2”-vel szemben figyelembe veszi a kritikus erőket különböző kihajlási formák esetében.

A „Method 2” alapján végzett számítás során az interakciós tényező értéke a következő:  $k_{yy} = 0,62$ .

A két módszer eredményei között a különbség 34-35%.

## 6. Következtetések

A szerkezet viselkedésének alapos vizsgálatához felhasznált szakirodalom száma, esetünkben

meghaladta húsz-harminc különböző nyelvű, hosszúságú, és tartalmú dokumentumot, az Eurocode szabványok figyelembevételével is. Ezen publikációk tömkelege segített egymáshoz illeszteni a széthullott mozaikdarabkákat, amely által kialakíthattunk egy integrált képet a szerkezet ellenőrzésének kézi folyamatáról.

Az Eurocode 3 szabvány szerinti procedúrát követve olyan akadályokba ütközhetünk, amely megkövetel számos tapasztalatra vagy mérnöki intuíción alapozott döntéshozatalt. Ezek alapján a ködös, vagy az esetenkénti hiányos útmutatásból adódó számolási folyamat végeredményének helyessége kétkedésre adhat okot, adott esetben pedig zsákutcába is vezetheti a gyakorló mérnököt.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Nagy Zs.: *Studiul soluțiilor constructive și performanțelor structurale ale halelor ușoare cu structură realizată din profile de oțel formate la rece*, Editura Politehnica - Timișoara, Timișoara, 2006.
- [2] EN 1993-1-1: Design of steel structures – Part 1-1: *General rules and rules for buildings*, 2006.
- [3] EN 1993-1-3: Design of steel structures – Part 1-3: *General rules – Supplementary rules for cold-formed members and sheeting*, 2008.
- [4] Iványi M.: *Acélszerkezetek tervezése az Eurocode szerint*. Budapest, 2007. 17.
- [5] Papp F.: *Szerkezetépítés II. Tervezési segédlet, Stabilitásvizsgálat*, Győr, 2015. 2–6.