

NORMÁL- ÉS NYÍRÓERŐVEL TERHELT I TARTÓ HATÁRNYOMATÉKA

TOMKA PÁL*

A szerző egyszerűen kezelhető módszert mutat be normál- és nyíróerővel is igénybevett I tartó határnyomatékának kiszámítására. A kölcsönhatási összefüggést befogott keret határállapotának számításánál használja fel. A számított teherbírást kísérleti eredménnyel is összehasonlítja.

A korlátozatlan folyás határállapotán alapuló számítások az egyes keresztmetszetekhez tartozó határnyomatékok meghatározásakor általában eltekintenek az N derékerő és a T nyíróerő hatásától. Nyilvánvaló, hogy ez közelítés, és a szerkezetek teherbíróképességét a ténylegesnél nagyobb értékben állapítja meg. Ezért feltétlenül szükséges

— annak a vizsgálata, hogy az igénybevételek milyen értékeinél engedhető meg az elhanyagolás,

— a derék-, ill. nyíróerő hatásának a gyakorlatban is könnyen alkalmazható módszerrel való figyelembevétele abban az esetben, amikor az elhanyagolás hatása már jelentős.

A továbbiakban a fenti célkitűzésnek megfelelő elméleti- és kísérleti kutatómunkáról számolunk be.

Az adott feladattal foglalkozó irodalom ([1]—[4]) kiinduló feltevései, és így természetesen eredményei is lényegesen eltérőek. A határállapotban levő keresztmetszetekben ébredő feszültségek egyensúlyát kielégítő (alsó határ) megoldások (pl. [3]) egyrészt túlbecsülik a derék-, ill. nyíróerő hatását, másrészt a gyakorlati számítások számára túl bonyolult összefüggéseket eredményeznek. Az egyensúlyt csak részben kielégítő megoldás [2] alkalmazása is komoly számítástechnikai nehézségekbe ütközik. A bonyolult összefüggések helyett javasolt empirikus képletek eltérő keresztmetszeti alakokra való alkalmazhatósága kétséges.

Meg kell jegyezni azt is, hogy a fenti eredmények általában szabad végén terhelt konzoltartóra vonatkoznak, más szerkezeti kialakítású tartóra (pl. keretre) elvileg nem minden további nélkül általánosíthatók.

Ezek figyelembevételével a célkitűzésben szereplő feladat megoldására az alábbi módszer látszik járhatónak:

* Dr. Tomka Pál, 1125 Budapest, Zirzen Janka u. 13.

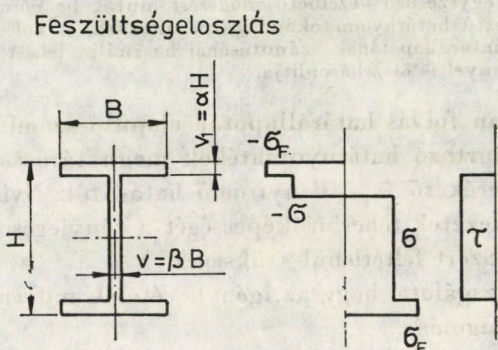
a) A derék- és nyíróerővel igénybevett keresztmetszet határnyomatékának meghatározása egyszerű összefüggéseket eredményező, közelítő számítással.

b) Az a) pont eredményeinek tetszőleges típusú szerkezeti kialakítású tartóra való általánosítása.

c) Az ily módon számított értékeknek kísérleti eredményekkel való összehasonlításával a közelítés mértékének megállapítása.

Az a) pont alatt említett, ún. kölcsönhatási összefüggés meghatározásánál az alábbi egyszerűsítő feltételezéseket tesszük [1]:

— a nyíróerőt a gerinclemez $H - 2v_1$ hosszú része veszi fel, a csúsztatófeszültségek eloszlása egyenletes,



1. ábra

— az övlemezekben ébredő csúsztatófeszültségeket elhanyagoljuk,
— a derékerőből keletkező derékfeszültségek eloszlása nem egyenletes, hanem olyan, hogy a vele egyidejű nyomaték a legnagyobb legyen.

A fentieknek megfelelő feszültségeloszlást, kétszer szimmetrikus I -szelvényt véve alapul, az 1. ábrán mutatjuk be.

A nyíróerő hatását célszerűen a gerinclemez vastagságának redukálásával vehetjük figyelembe. A Mises-folyási feltételt alkalmazva:

$$v_{\text{red}} = \beta_{\text{red}} B,$$

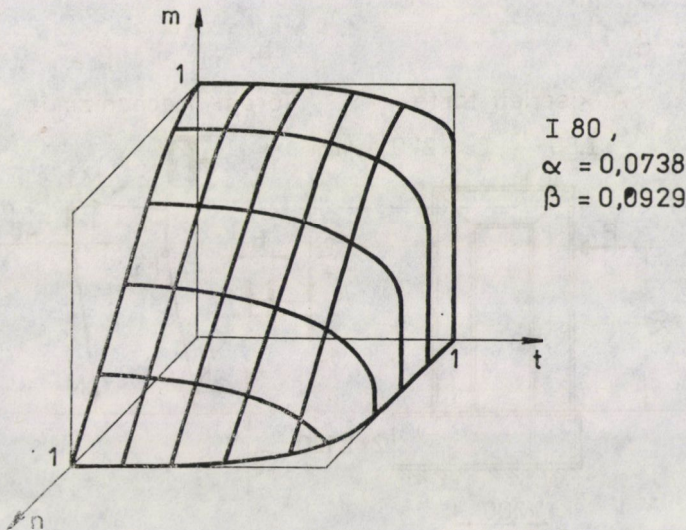
$$\beta_{\text{red}} = (1 - \nu^2)^{1/2},$$

amely vastagság mentén a folyáshatárral megegyező nagyságú derékfeszültséget tételezzük fel. Így a feladatot visszavezetjük a derékerővel és hajlítónyomatékkal igénybevett keresztmetszet kölcsönhatási összefüggésére. Ez, dimenziótlanított alakban:

$$m = \frac{1}{k} \left[k_{\text{red}} - \frac{(nf)^2}{\beta_{\text{red}}} \right],$$

ha a semleges tengely a gerinclemezben van, egyébként

$$m = \frac{1}{k} [1 - (1 + nf - f_{\text{red}})^2].$$



2. ábra

A jelölések:

N, T, M — az összetett terhelési esethez tartozó derék- és nyíróerő, valamint hajlítónyomaték értéke, melyek együttes hatására a keresztmetszet határállapotba kerül,

N_H, T_H, M_H — a tiszta nyomásra, nyírásra, ill. hajlításra igénybevett keresztmetszet határ-igénybevételei,

$$f = 1 - (1 - \beta)(1 - 2\alpha),$$

$$k = 1 - (1 - \beta)(1 - 2\alpha)^2,$$

$$f_{\text{red}} = 1 - (1 - \beta_{\text{red}})(1 - 2\alpha)$$

$$k_{\text{red}} = 1 - (1 - \beta_{\text{red}})(1 - 2\alpha)^2,$$

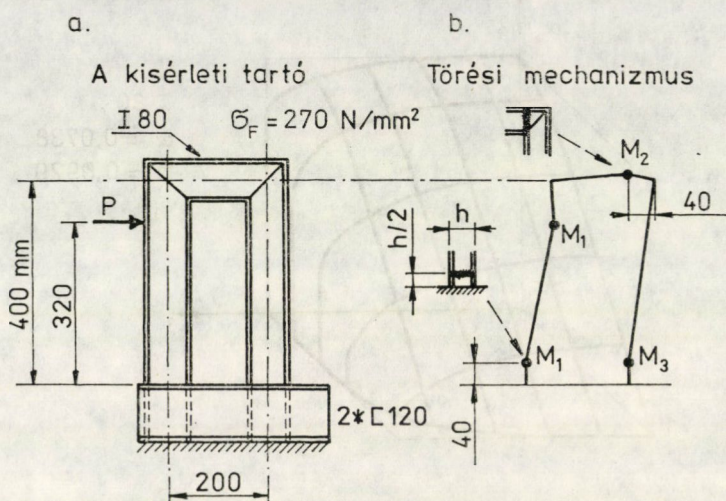
$$n = N/N_H; \quad t = T/T_H; \quad m = M/M_H.$$

A kölcsönhatási összefüggést I 80 hengerelt szelvény esetében a 2. ábra szemlélteti. A számításban állandó vastagságú övlemez tételztünk fel, a lekerítéseket figyelmen kívül hagytuk.

Az eredmények konzoltartó esetében közvetlenül alkalmazhatók. Bonyolultabb tartó (folytatólagos többtámaszú tartó, keret), ahol N és T értéke keresztmetszetenként változó, azonos szelvény esetében is, a képlékeny csuklók nyomatéki teherbírása általában különböző. Ezért a tartó tervezése, vagy teherbírásának számítása (ellenőrzése) explicit módon nem végezhető el.

Az elméleti eredmények ellenőrzésére a BME Acélszerkezetek Tanszékének laboratóriumában kísérleteket végeztünk el. Ezek kiértékelése jelenleg

is folyik (anyagjellemzők meghatározása, számítások). Az egyik kísérleti tartó a 3a. ábrán látható. A törési mechanizmust a 3b. ábra mutatja. Mivel a tartó keresztmetszeti méretei hossz méreteihez képest viszonylag nagyok, a képlékeny csuklók helyének felvételekor mind az [1] által ajánlottakat, mind a tartó tényleges alakváltozásait figyelembe vettük.



3. ábra

A kísérleti tartó teherbírását iterációval számítottuk ki. Az egyes rudak nyomatéki paraméterei a következők:

$$m_1 = 0,79; m_2 = 0,67; m_3 = 0,84,$$

és a számított törőerő:

$$P_{t,sz} = 65,4 \text{ kN}.$$

A tényleges törőerőt a kísérlet során felvett $P - \varphi$ görbe kiértékelése adta (φ a bal oldali befogás környezetében kialakuló képlékeny csukló elfordulása):

$$P_{t,eff} = 68 \text{ kN}.$$

A két érték igen jól egyezik. Megemlítjük, hogy a derék-, ill. nyíróerő hatását elhanyagolva ($m_1 = m_2 = m_3 = 1$) a számított törőerő:

$$P'_{t,sz} = 84,9 \text{ kN},$$

amely érték azt mutatja, hogy az elhanyagolás ebben az esetben a törőerő 30%-os növekedését jelentené.

A fentieket összefoglalva az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

— A derék-, ill. nyíróerő viszonylag kis értékeinél ($n \sim 0,1$; $t \sim 0,3$) azok hatása jelentéktelen (2. ábra).

— A normál és nyíróerő nagyobb értékeinél a hatás jelentős lehet. Az idáig kiértékelt kísérletek az ismertetett számítási módszert igazolják, a kérdés megnyugtató módon való tisztázása azonban még további kutatómunkát igényel.

— A képlékeny csuklók viszonylag nagymértékű elfordulása miatt a felkeményedés a tartók teherbírását növeli.

— A problémának gyakorlati jelentősége csak a viszonylag rövid tartók-nál van, mivel egyébként más (stabilitási) határállapotok határozzák meg a teherbírást.

IRODALOM

1. HORNE, M. R.: The Full Plastic Moments of Sections Subjected to Shear Force and Axial Load. *British Welding Journal*, 5 (1958), No 4
2. Von KLÖPPEL, K.—YAMADÁ, M.: Fließpolyeder des Rechteck- und I-Querschnittes unter der Wirkung von Biegemoment, Normal-kraft und Quer-kraft. *Der Stahlbau* (1958) No 11
3. NEAL, B. G.: Effect of Shear and Normal Forces on the Fully Plastic Moment of an I-Beam, *Journal Mechanical Eng. Science*, 3 (1961) No 3
4. Von WINDELS, R.: Traglasten von Balkenquerschnitten bei Angriff von Biegemoment, Längs-und Querkraft. *Der Stahlbau* (1970) No 1

Limit moment of I-beams loaded by normal and shear forces. A simple method is demonstrated for the calculation of the limit moment of I-beams loaded by normal and shear forces alike. This relation of interactions is used for the calculation of the critical condition of clamped frames. The calculated load bearing capacity is then compared with experimental results.

Grenzmoment des durch Schub- und Normalkräften belasteten I-Trägers. Der Autor zeigt ein einfaches Verfahren zur Bestimmung des Grenzmomentes von durch Schub- und Normalkräften belasteten I-Trägern. Er benützt den Zusammenhang der Wechselwirkungen zur Berechnung des Grenzzustandes eines eingespannten Rahmens. Die rechnerisch ermittelte Tragfähigkeit vergleicht er mit Versuchsergebnissen.

Предельный момент балок двутаврового сечения, нагруженных осевыми и поперечными силами. В статье показан автором простой метод на расчёт предельного момента балок, усиленных кроме изгиба осевыми и поперечными силами. Взаимная зависимость принята при расчёте предельного состояния зашкелённой рамки. Теоретическая несущая способность была сравнена с результатом эксперимента.