

BETONACÉLOK HAJLÍTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES NYOMATÉK MEGHATÁROZÁSÁNAK EGYSZERŰ MÓDSZERE

BACZYNSKI Gábor

Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
Építő- és Anyagmozgató Gépek Tanszék

Körkeresztmetszetű betonacélok hajlításához szükséges nyomaték meghatározására a szakirodalomban általában két módszert találunk:

- elméleti megfontolások, amelyeknél a számítások bonyolult ciklometrikus függvények lehetnek;
- tapasztalati képletek, amelyek különböző, anyagtól, alaktól függő tényezőket tartalmaznak.

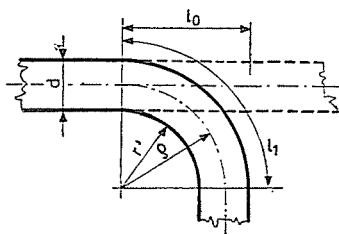
Az oktatás szempontjából szükségesnek mutatkozott — a gyakorlatban is használható — olyan egyszerű módszer kidolgozása, amely egyrészt elméletileg nem túl bonyolult, másrészt: egy empirikus képletnél többet nyújt.

Betonacél hajlításakor az a célunk, hogy a hajlítandó szálabban olyan feszültségek ébredjenek, amelyek nagyobbak az adott anyag (σ_f) folyási határánál, vagyis az anyagban maradós alakváltozást hozunk létre, de a fajlagos nyúlás (ε) nagysága ne érjen el olyan értéket, amely hatására a betonacél szálabban megreped.

90°-os hajlítást vizsgálva, feltételezve, hogy a hajlított betonacél semleges szálabban hajlítás után is középen marad:

- a szélső szálabban hossza hajlítás után:

$$l_1 = \left(\varepsilon + \frac{d}{2} \right) \frac{\pi}{2}$$



1. ábra

— a szélső szál hossza hajlítás előtt:

$$l_0 = \varrho \frac{\pi}{2}$$

— a fajlagos nyúlás

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

$$\varepsilon = \frac{\left(\varrho + \frac{d}{2}\right) \frac{\pi}{2} - \varrho \frac{\pi}{2}}{\varrho \frac{\pi}{2}} = \frac{d}{2\varrho}$$

$$\varrho = r' + \frac{d}{2}$$

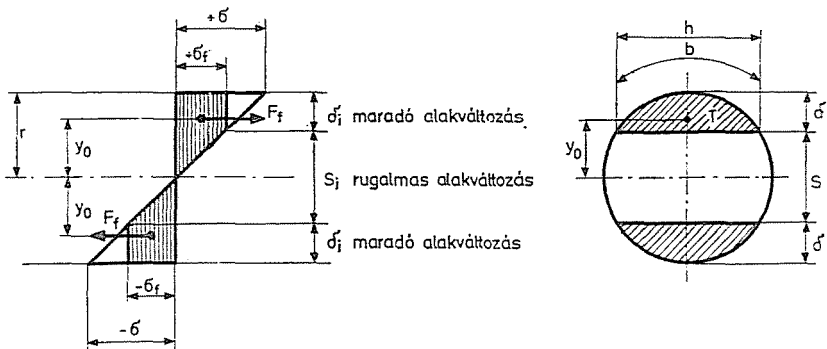
$$\varepsilon = \frac{1}{2 \frac{r'}{d} + 1}$$

Ha a fenti képlettel meghatározható fajlagos nyúlás értéke nagyobb, mint a betonacél szakadónyúlása, úgy hajlítás közben a betonacél szál megreped vagy eltörik.

Hajlítás során a betonacélban a maradó alakváltozás mellett rugalmas alakváltozás is fellép, amely a hajlítóerő megszűntekor a hajlított betonacél visszarugózását eredményezi, amellyel jelenleg nem foglalkozunk.

Vizsgáljuk meg azokat az erőviszonyokat, feszültségeket, amelyek a betonacél alakváltozását okozzák, ill. alakváltozáskor fellépnek.

A számítás alapja az, hogy a külső és belső erőknek egyenlőknek kell lenniük és a szélső szálban σ_f feszültségnek kell ébredni.



2. ábra

A betonacél hajlításához szükséges nyomaték (M) két résznyomaték összegeként határozható meg:

$$M = M_f + M_h$$

M_f a maradó alakváltozást előidéző nyomaték.

M_h a rugalmas rétegben fellépő nyomaték.

Határozzuk meg először a maradó alakváltozást előidéző nyomatékot felírva először az F_f erőt, majd az erők által meghatározott erőpár nyomatékát

$$F_f = \sigma_f T$$

$$y_0 = \frac{h^3}{12 T}$$

$$M_f = 2y_0 F_f$$

$$M_f = \frac{2h^3 \sigma_f T}{12 T}$$

$$M_f = \sigma_f \frac{h^3}{6}$$

A rugalmas réteg által felvehető nyomaték:

$$M_h = \sigma_f K$$

$$M_h = \sigma_f \frac{s^2 h}{6}$$

Az össznyomaték tehát

$$M = \sigma_f \frac{h^3}{6} + \sigma_f \frac{s^2 h}{6}$$

Figyelembe véve hogy:

$$h = 2 \sqrt{\delta(2r - \delta)}$$

$$\delta = \frac{d - s}{2}; r = \frac{d}{2}$$

majd ezeket behelyettesítve eredeti egyenletünkbe, megkapjuk M meghatározásához szükséges képletet.

Mielőtt e műveleteket elvégeznénk, határozzuk meg az „ s ” réteg vastagságát, a 2. sz. ábrából, hasonló háromszögek segítségével

$$\sigma : \sigma_f = r : \frac{s}{2}$$

$$s = \frac{\sigma_f d}{\sigma}$$

A rugalmas feszültség és a hozzá tartozó nyomaték

$$\sigma = \frac{M}{K}$$

$$M = \frac{EI}{\varrho}$$

$$K = \frac{I}{r} = \frac{d^4\pi}{64r}; \quad K = \frac{I}{\frac{d}{2}} = \frac{2I}{d}$$

tehát

$$\sigma = \frac{\frac{EI}{\varrho}}{\frac{2I}{d}} = \frac{dE}{2}$$

mivel

$$s = \frac{\sigma_f d}{\sigma}$$

tehát

$$s = \frac{\sigma_f d}{\frac{dE}{2}} = 2\varrho \frac{\sigma_f}{E}$$

A $\frac{\sigma_f}{E}$ arányt vizsgálva megállapíthatjuk, hogy ennek értéke nagyon kicsi (pl. egy $\sigma_f = 40\,000 \text{ N/cm}^2$; azaz $342,28 \text{ MPa}$ folyáshatárú anyagnál $0,00019$), tehát nem követünk el nagy hibát, ha a hajlításhoz szükséges nyomaték meghatározásánál a rugalmas alakváltozást szenvedő réteget nem vesszük figyelembe és az alábbiak szerint járunk el:

$$M = M_f$$

$$M_f = 2y_0 F_f$$

$$F_f = \sigma_f T = \sigma_f \frac{d^2\pi}{8}$$

$$y_0 = \frac{2}{3} \frac{d}{\pi}$$

$$M_f = 2 \frac{2}{3} \frac{d}{\pi} \sigma_f \cdot \frac{d^2\pi}{8}$$

Végül tehát a körkeresztmetszetű betonacél szál hajlításából eredő, maradó alakváltozáshoz szükséges nyomaték értéke jó közelítéssel

$$M_f = \frac{d^3}{6} \sigma_f$$

A fentiek felhasználásával számított és mért — hajlításához szükséges — teljesítményértékek között a különbség 5—15% között mozog, tanszékünkön végzett mérések szerint.

A továbbiakban számolni és mérni fogjuk — külön e célra készített berendezéssel — a betonszál hajlításakor a szál és a támasztó túske közötti súrlódást. E súrlódási teljesítményigénnyel kiegészítve a fenti elméleti megfontolást, a számított és mért értékek közötti különbség csökkenni fog.

Baczynski Gábor egy. adjunktus