

A.10. Húzott rudak

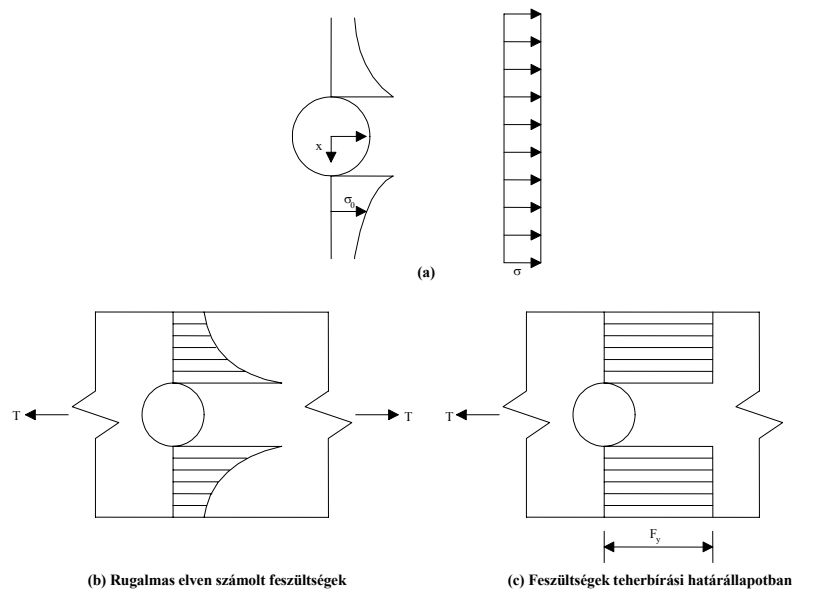
A.10.1. Bevezetés

A húzott elemek méretezése alapvetően nagyon egyszerű: akkora keresztmetszeti területet kell biztosítani, amely ellenáll az alkalmazott erőnek. Ha adott az az erő, és az anyag szilárdságát is ismerjük, akkor a szükséges keresztmetszeti terület könnyen kiszámítható. A húzott elemek kapcsolata azonban, hasonlóan más típusú elemekhez, nagyon fontos tényező, amely sok esetben meghatározó lehet az elem méretezésében, következésképpen alapvető feltételt jelent a méretezésben és a keresztmetszet kiválasztásában.

A húzott elemeket általában hengerelt szelvényekből (L, I, H, U szelvényből), rúdacélokból vagy téglalap keresztmetszetű tömör szelvényből tervezik. Ez az előadás csak az ilyen szelvényekből kialakított, statikus terhelésű húzott rudakkal foglalkozik, kötelekkel, kábelekkal nem.

A.10.2. Kapcsolatok

Azt szokás feltételezni, hogy a húzott elemekben a húzófeszültségek eloszlása egyenletes. A kapcsolatok kialakítása kétféle módon befolyásolhatja e feltételezés érvényességét. Először is, csavarozott kapcsolat esetén a keresztmetszeti terület csökken a csavarlyukaknál, és a lyukak körül a feszültség megnő, ahogyan azt az *A.10.1. ábra* mutatja. Másodszor, bizonyos külpontosság gyakran elkerülhetetlen a kapcsolatokban, ami viszont másodlagos nyomatókakat okoz. Ezek a problémák figyelembe vehetők a méretezésben azáltal, hogy a teljes keresztmetszeti terület helyett egy hatékony területet alkalmazunk a képlékeny tervezési ellenállás számítása során.



A.10.1. ábra: Feszültségeloszlás furatokkal gyengített keresztmetszetben

A.10.3. A keresztmetszet ellenállása

Olyan elemekben, amelyekben nincsenek csavarozott kapcsolatok, a keresztmetszet húzóerővel szembeni tervezési ellenállása a teljes keresztmetszet képlékeny tervezési ellenállásával egyezik meg:

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}}, \quad (\text{A.10.1})$$

ahol

- A a teljes keresztmetszeti terület,
- f_y az acél folyáshatára,
- γ_{M0} az acélra vonatkozó parciális biztonsági tényező.

Olyan elemekben, amelyekben van csavarozott kapcsolat, a keresztmetszeti ellenállás csökken a lyukak miatti keresztmetszet-csökkenés miatt, és egy kiegészítő ellenőrzés szükséges. Bár a lyukak feszültségkoncentrációt okoznak (lásd *l. ábra*), az acélmegmunkálási képessége lehetővé teszi annak feltételezését, hogy teherbírási határállapotban a hasznos (gyengített) keresztmetszetben a feszültségeloszlás egyenletes. Ennek megfelelően a hasznos keresztmetszet tervezési ellenállása a következő összefüggéssel számítható:

$$N_{u.Rd} = 0,9 \frac{A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}, \quad (\text{A.10.2})$$

ahol

- A_{net} a hasznos keresztmetszeti terület,
- f_u az acél szakítószilárdsága,
- γ_{M2} a hasznos keresztmetszet ellenállására vonatkozó parciális biztonsági tényező, amely különbözik γ_{M0} -tól.

A 0,9-es szorzó a mindig jelenlevő külpontosságok, feszültségkoncentráció stb. miatti csökkentő tényező. A húzási ellenállás tervezési értéke ($N_{t.Rd}$) tehát az (1) és (2) egyenletekből számítható értékek közül a kisebbik, amelyet az alkalmazott húzóerő tervezési értékével (N_{Sd}) kell összehasonlítani.

Miért enged meg a szabvány a folyáshatárnál nagyobb feszültséget a hasznos keresztmetszetben azáltal, hogy f_y helyett f_u -t alkalmaz a (2) egyenletben?

Implicit módon feltételezzük, hogy a húzott elem tönkremenetele leírható deformációja segítségével. Tekintsünk például egy húzott elemet, amelyben a kapcsolat a teljes hossz 5%-át teszi ki. Ha a tönkremenetelt okozó teher esetén – amely a kapcsolattól távol a teljes keresztmetszetben folyást okoz – a kapcsolat környezetében az alakváltozás mondjuk 10-szer nagyobb a megfolyáshoz tartozó alakváltozásnál, akkor a rúd hossznövekedése az alábbiak szerint számolható:

- a kapcsolatban:

$$\Delta l_c = \frac{5}{100} 10 \varepsilon_y L_{tot} = 0,5 \varepsilon_y L_{tot};$$

- az elem többi részében:

$$\Delta l_m = \frac{95}{100} \varepsilon_y L_{tot} = 0,95 \varepsilon_y L_{tot}.$$

A kapcsolati zóna hosszváltozása tehát sokkal kisebb a teljes elem hosszváltozásánál, ami azt jelenti, hogy a „törést” a teljes elem nagy alakváltozása fogja okozni, feltéve természetesen, hogy a hasznos keresztmetszet töréssel szembeni ellenállása ($N_{u.Rd}$) nem kisebb a teljes keresztmetszet képlékeny ellenállásánál ($N_{pl.Rd}$).

Létezik azonban két eset, amikor korlátozni kell a feszültséget a hasznos keresztmetszetben.

Az első a C kategóriájú kapcsolatok esete, amelyeket úgy tervezünk, hogy teherbírási határállapotban ne csússzanak meg. Ezeknél a kapcsolatoknál a hasznos keresztmetszet képlékeny ellenállását ($N_{net.Rd}$) a hasznos keresztmetszet folyására korlátozzuk, azaz:

$$N_{net.Rd} = \frac{A_{net} f_y}{\gamma_{M0}}. \quad (\text{A.10.3})$$

A második eset azon elemek esete, amelyekben követelmény a jelentős alakváltozási képesség (például szeizmikus méretezés során). Ezekben az esetekben biztosítani kell, hogy a határfeltétel a teljes keresztmetszet folyása, ne pedig a hasznos keresztmetszet tönkremenetele legyen, azaz:

$$N_{u,Rd} \geq N_{pl,Rd} \quad (\text{A.10.4})$$

Ez a feltétel akkor teljesül, ha

$$\frac{A_{net}}{A} \geq \frac{[f_y / f_u][\gamma_{M2} / \gamma_{M0}]}{0,9} \quad (\text{A.10.5})$$

S 275 és S 355 acélokra (40 mm-nél vékonyabb lemezek esetén) alkalmazva az EC3 γ_{M0} -ra és γ_{M2} -re keretben adott értékeit, a szívós viselkedéshez szükséges A_{net} / A minimális érték rendre 0,81 és 0,88. Ha a hányados aktuális értéke ez alá esik, a kapcsolat elrendezését vagy a keresztmetszet méretét ennek megfelelően módosítani kell. Olyan elemekre, amelyek szívós viselkedésére vonatkozólag nincs különleges kívánalom, nem szükséges külön előírás a lyukakra vonatkozóan, amennyiben az A_{net}/A hányados nem esik 0,81 (S 275 acélra) illetve 0,88 alá (S355 acélra), minthogy ezen értékek felett a húzási tervezési ellenállást mindig a teljes keresztmetszet képlékeny ellenállása fogja meghatározni ((A.10.1) egyenlet).

A.10.4. A hasznos keresztmetszet meghatározása

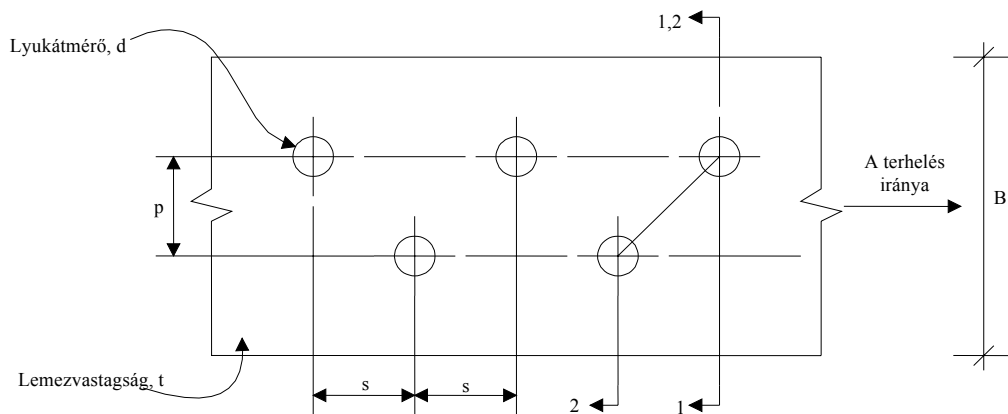
A hasznos keresztmetszeti területet úgy kapjuk, hogy a teljes keresztmetszeti területből levonjuk a csavarlyukak és más gyengítések területét. (Külön szabályok vonatkoznak az egyik szárukon kapcsolt szögacélokra és a szabad peremű lemezelemeiken kapcsolt U és T szelvényekre.) Kötőelemek furatai esetén a levonás a furat teljes keresztmetszeti területe (lásd a *A.10.2. ábrát*). Ha a kötőelemek nem eltoltan helyezkednek el, bármely, a rúdtengelyre merőleges keresztmetszetből levonandó összterület a furatok területének maximális összegével egyezik meg. Eltolt kötőelemek esetén a levonandó összterület a következő két érték közül a nagyobbik (lásd a *A.10.2. ábrát*): vagy valamely merőleges keresztmetszetben lévő lyukak okozta gyengítés területösszege, vagy bármely ferde metszetben vagy cikkcakk vonalban lévő összes lyuk okozta gyengítés területösszege mínusz $s^2 t / 4p$ a lyukak által alkotott poligon minden egyes ferde szakaszára vonatkozóan.

A *A.10.2. ábrán* jelölt 1–1 metszetben például a hasznos keresztmetszeti terület: $A_{net} = Bt - dt$, míg a 2–2 metszetben:

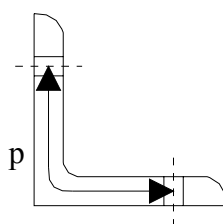
$$A_{net} = Bt - 2dt + \frac{s^2 t}{4p},$$

ahol

- s a furatokat összekötő szakasznak a szerkezeti elem hossz tengelyével párhuzamos vetületi hossza;
- p a furatokat összekötő szakasznak a szerkezeti elem hossz tengelyére merőleges vetületi hossza (ha a furatok nem egy síkban helyezkednek el, akkor a p méretet a keresztmetszetet alkotó lemezelemek középvonala mentén kell mérni, lásd a *A.10.2./A ábrát*).



A.10.2. ábra: Hasznos keresztmetszeti terület



A.10.2./A ábra: Nem egy síkban elhelyezkedő furatok esete

A.10.5. Egyik szárakon kapcsolt szögacélok

Nem szimmetrikus keresztmetszetű (L, T, U) vagy nem központosan bekötött elemek esetén a kapcsolat külpontosságát figyelembe kell venni. Abban a speciális esetben, amikor egy szögacél az egyik szárán egy csavarsorral kapcsolódik, a rúdelem tekinthető központosan terheltnek, de a tervezési ellenállást egy módosított hasznos keresztmetszet alapján kell meghatározni, ahogy ezt a A.10.3. ábra mutatja.

Az ábrán:

$$\beta_2 = 0,4 \text{ ha } p_1 \leq 2,5d_0; \quad \beta_2 = 0,7 \text{ ha } p_1 \geq 5,0d_0$$

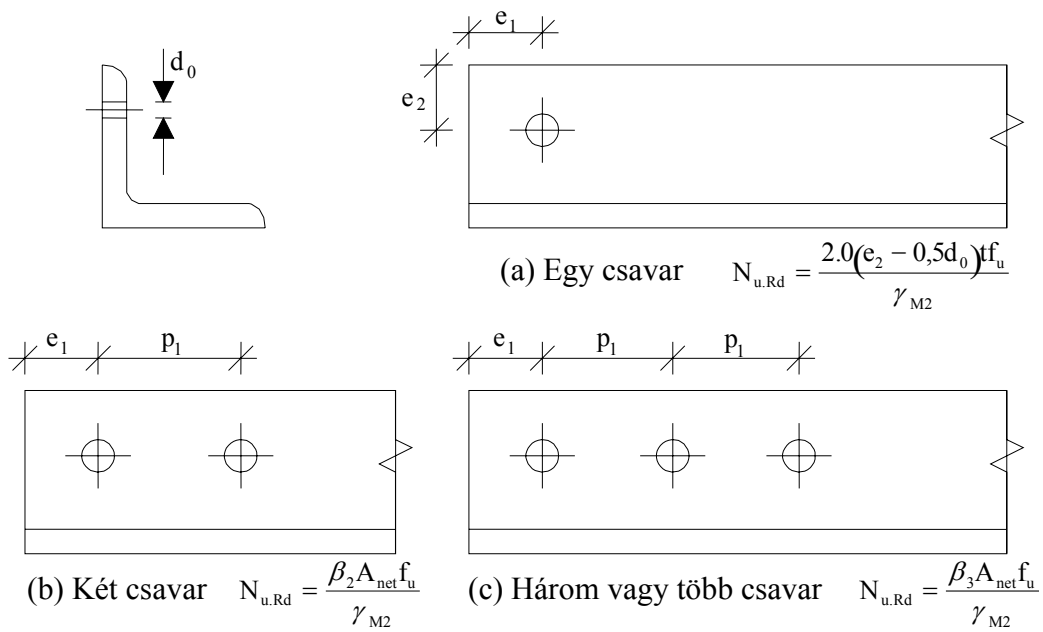
$$\beta_3 = 0,5 \text{ ha } p_1 \leq 2,5d_0; \quad \beta_3 = 0,7 \text{ ha } p_1 \geq 5,0d_0.$$

Kisebbszárán kapcsolt egyenlőtlen szárú szögacél esetén az A_{net} keresztmetszeti területet a A.10.3./A ábra szerinti területre kell felvenni.

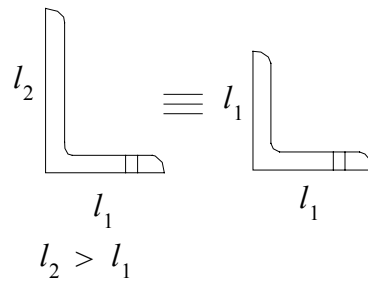
Olyan L szelvények esetén, amelyek nem csavarozva, hanem hegesztve kapcsolódnak egyik szárakon, a kapcsolatban jelenlévő külpontosságot egy „hatékony” keresztmetszeti terület alkalmazásával lehet figyelembe venni, és ezután az elem központosan terheltként kezelhető. Az alkalmazandó hatékony keresztmetszeti területre mutat példákat a A.10.4. ábra.

Az EC3 azt ajánlja, hogy a szabad peremű lemezelemeiken keresztül kapcsolódó T és U szelvényeket hasonló módon kezeljük, de erre vonatkozóan részleteket nem közöl. Az övükön kapcsolódó T szelvények, illetve a gerincükön kapcsolódó U szelvények hasznos keresztmetszeti területének (A_{net}) számítására egy lehetséges megoldás, hogy a kapcsolt lemezelem hasznos területéhez hozzáadjuk a nem kapcsolt lemezelem vagy lemezelemek területének felét.

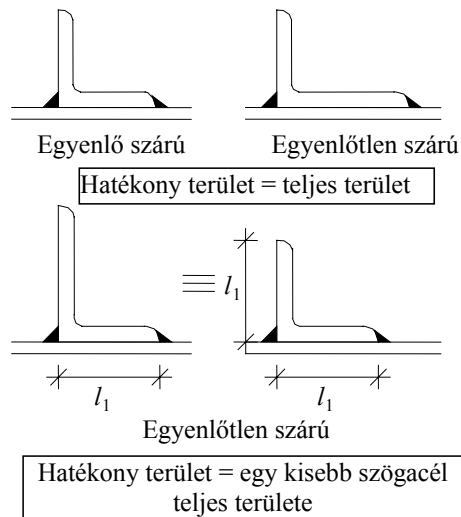
Ezt a hasznos területet használjuk aztán a hasznos keresztmetszet tervezési ellenállásának számítására ((2) egyenlet), amely, feltéve hogy kisebb, mint a teljes keresztmetszet képlékeny tervezési ellenállása ((1) egyenlet), a húzási tervezési ellenállást jelenti.



A.10.3. ábra: Szögacélok hasznos keresztmetszetének tervezési ellenállása



A.10.3./A ábra: A rövidebbik szárán kapcsolt egyenlőtlen szárú szögacél esete



A.10.4. ábra: Egyik szárukon hegesztve kapcsolt szögacélok hatékony területe

A.10.6. Használhatóság, korrózió, fáradás

Minthogy a húzott elemek nagyon hatékonyan továbbítják a terheket, keresztmetszeti területük viszonylag kicsi. Emiatt hajlamosak arra, hogy a tengelyirányú terhelésből túlságosan nagy megnyúlást szenvedjenek, ami lehetővé teszi a szerkezet nagy oldalirányú elmozdulását, ha a húzott rúd a merevítő rendszer része, illetőleg azt, hogy az önsúly hatására a rúdtengelyre merőleges alakváltozás jöjjön létre. A könnyű hengerelt szelvények szállítás közben is könnyen sérülnek. Ezen okok miatt a tervezési gyakorlat korlátozza a húzott elemek karcsúságát, elsődleges teherviselő elemek esetén 300-ban, másodlagos teherviselő elemek esetén 400-ban. További megfontolás tárgya lehet a korrózió miatti anyagcsökkenés következménye, amely húzott elemek esetén jelentősebb, minthogy ezekben viszonylag nagy a feszültség.