

Az acéltartók és a hídszerkezeti elemek megerősítésének néhány kérdése

Petru Moga, Köllő Gábor, Ştefan Guţiu, Cătălin Moga

Kolozsvári Műszaki Egyetem

Abstract

Static and dynamic physical wear, accidental wear and traffic conditions changes can determine the necessity of some strengthening works which have to be able to ensure the functionality and a safe further use of the bridge structure.

In this paper are presented some methods of strengthening of steel members and structures with the aim of carrying capacity increase.

1. Bevezető

Az acéltartók statikus és dinamikus igénybevétele, valamint a korrózió okozta károsodások szükségessé teszik ezen tartók megerősítését azért, hogy biztonságosan megfeleljenek a jelen igénybevételeinek. A megerősítési munkálatok legfontosabb célja az acéltartók teherbírásának a megnövelése, amely az egész szerkezet teherbírásának a növekedését eredményezné. A szerkezet teherbírásának a megnövelését a tengelyterhelés, valamint a sebesség megnövelése teszi szükségessé.

Egy elfogadott megerősítési módszer a keresztmetszet megnövelése megfelelő keresztmetszeti elemek hozzáadásával. A megerősítés hatékonysága szorosan összefügg a szerkezet terheltségeivel a megerősítés időpontjában.

Ebben a tanulmányban bemutatjuk a megerősítési tervezési elveket és módszereket, amelyeket csak az önsúly terhelt szerkezeten lehet elvégezni.

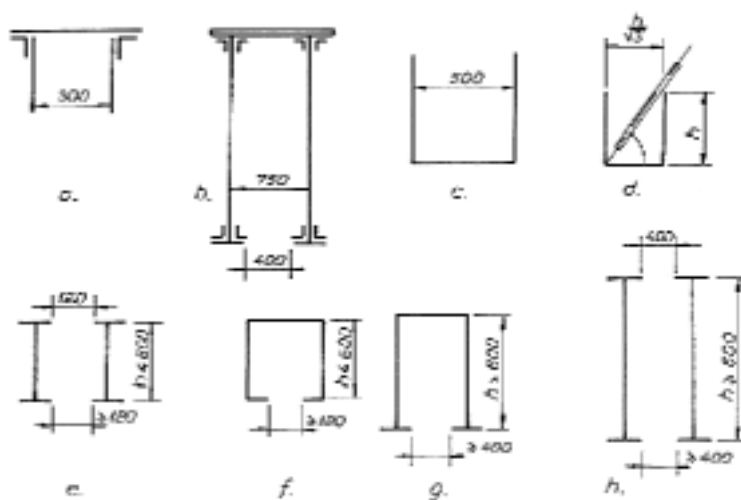
2. A keresztmetszet megnövelésével való megerősítés

Ezt a módszert akkor alkalmazhatjuk, ha szükséges a tartó teherbírásának a megnövelése, vagy ha a tartó elemei nagymértékben korrodálódtak.

A megnövelt keresztmetszeti elemek hozzáadásával figyelembe kell venni a tartó igénybevételeit.

2.1. Húzott rudak

Ezeknél a tartóknál a hozzáadott keresztmetszeti elemeket szimmetrikusan kell elhelyezni a húzott rúd tengelyéhez képest. A megerősítésnél figyelembe kell venni a kivitelezhetőséget és egy megfelelő karbantartást.



1. ábra

Karbantartási feltételek biztosítása

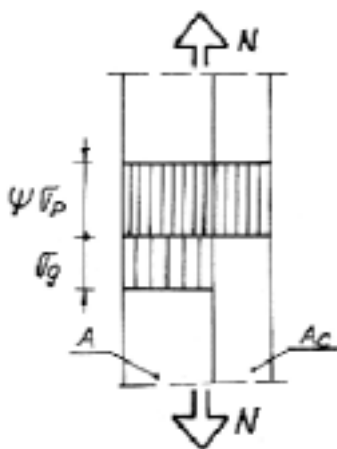
A megerősítés számításánál figyelembe kell vennünk a rúd igénybevételét a megerősítés pillanatában.

Feltételezve, hogy a húzott rúd csak az állandó terhekkel van igénybe véve, σ_g , a megerősítés után a keresztmetszet területe A értékről $A + A_c$ lesz (2. ábra) és a következő összefüggésnek kell teljesülnie:

$$\frac{N_g}{A} + \frac{\psi \cdot N_p}{A + A_c} \leq \sigma_a \quad (1)$$

Ebből kiszámítható a hozzáadott keresztmetszet területe, A_c :

$$A_c = \frac{N - A \cdot \sigma_a}{\sigma_a - \sigma_g} \quad (2)$$



2. ábra
A feszültség elrendeződése
a megerősített húzott tartóban

ahol $N = N_g + \psi N_p$ a teljes húzóerő

N_g – az állandó terhelésből keletkezett húzóerő

N_p – a hasznos terhelésből (vonatterhelés) keletkezett húzóerő

ψ – dinamikus együttható

Ha $\sigma_g \rightarrow \sigma_a \Rightarrow A_c \rightarrow \infty$, amiből következik, hogy a megerősítés nem lehetséges.

Azért, hogy a megerősítés hatékony legyen, a tartó igénybevételének a szintje alacsony kell, hogy legyen.

2.2. A nyomott rudak

A nyomott rudaknál a megerősítés céljai a következők:

- növelni a rúd teherbíró képességét
- csökkenteni az egységnyi normál feszültségeket
- a rúd merevségének növelése (a karcsúsági tényező csökkentése)
- a rúd kihajlásainak megakadályozása

A rúd karcsúsági tényezőjének csökkentése, a megerősítéssel egyidejűleg, a normál egységnyi feszültség (σ) csökkenését eredményezi.

Az ismert összefüggésből kiindulva:

$$\sigma = \frac{N_{\max}}{\varphi \cdot A} \leq \sigma_a \quad (3)$$

ahol $\varphi = \varphi_{\min}(\lambda_{\max})$ – kihajlási együttható

$$\lambda_{\max} = \max \begin{cases} [\lambda_x, \lambda_y] & \text{– egy keresztmetszeti elemből álló rúd esetén;} \\ [\lambda_x, \lambda_{tr}] & \text{– több, nagyobb távolságra eső elemből összeállított keresztmetszetű rúdra.} \end{cases}$$

A nyomott megerősített rúd egységnyi normálfeszültségeit a következő összefüggéssel számíthatjuk:

$$\sigma = \frac{N_g}{\varphi \cdot A} + \frac{\psi \cdot N_p}{\varphi_c (A + A_c)} \leq \sigma_a \quad (4)$$

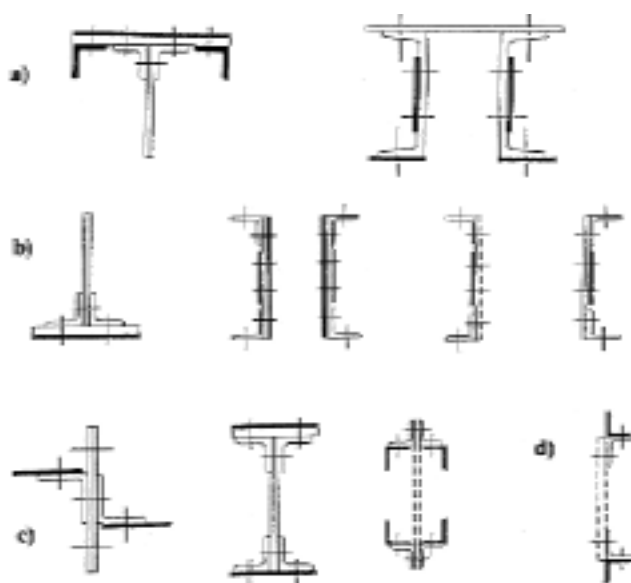
φ_c – a megerősített rúd kihajlási együtthatója

A_c – a megerősítéskor hozzáadott elemek keresztmetszetének területe

A megerősítéskor a nyomott rúd csak az állandó terhekkel volt megterhelve.

A megerősítés hatékonysága annál nagyobb, minél nagyobb kihajlási együtthatót kapunk (φ_c):

A 3-as ábrán bemutatunk néhány megerősítési lehetőséget:

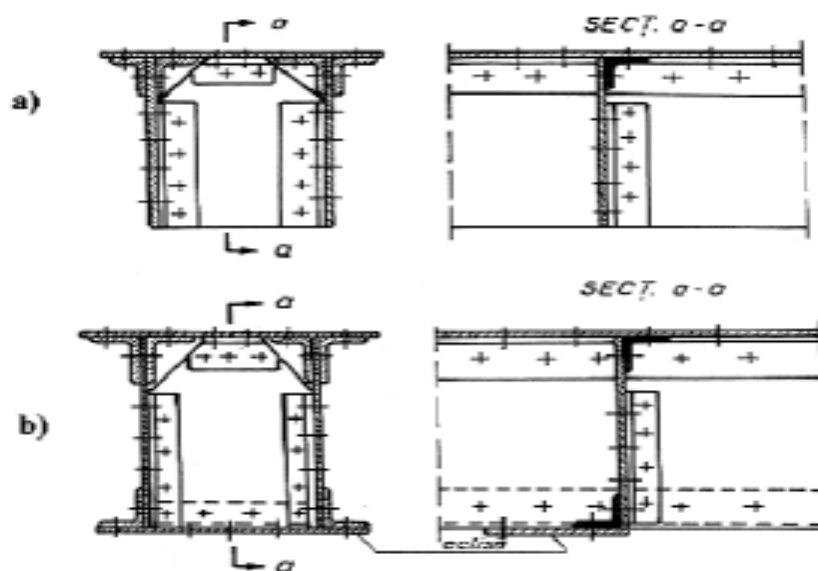


3. ábra

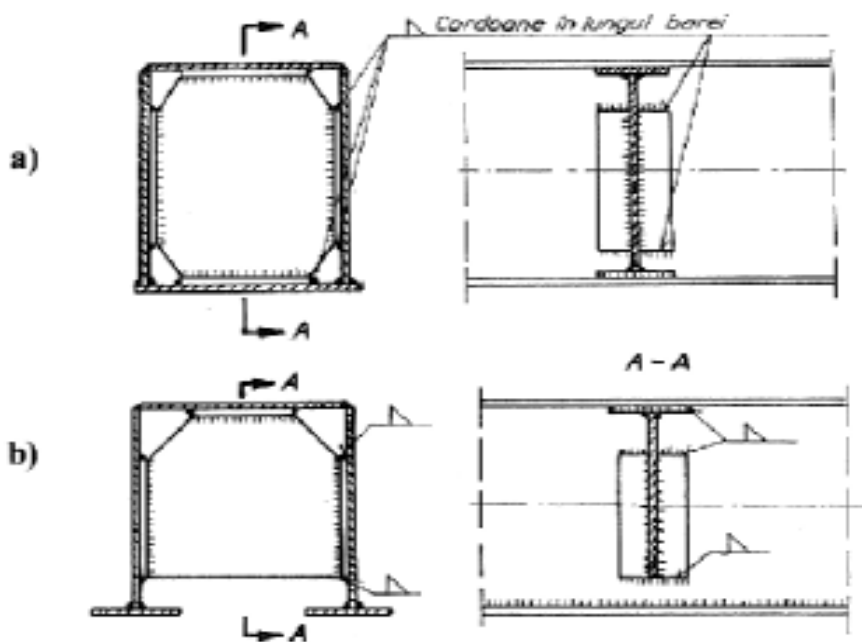
A rácstartók rúdjaiknak a megerősítése

a) felső övrúd; b) alsó övrúd; c) rácsrudak; d) szélrác

A nyomott rudaknál gyakran használnak zárt keresztmetszetet vagy félig zárt keresztmetszetet. Ezeknél a rudaknál merevítő lemezeket (diafragmákat) alkalmazunk. Ezeknek a merevítő lemezeknek a feladata a tartó falainak a merevítése, a gerinclemez horpadásának a megakadályozása és a gerinclemez alakváltozásának a megakadályozása.



4. ábra
Szegecselt tartók merevítő lemezei

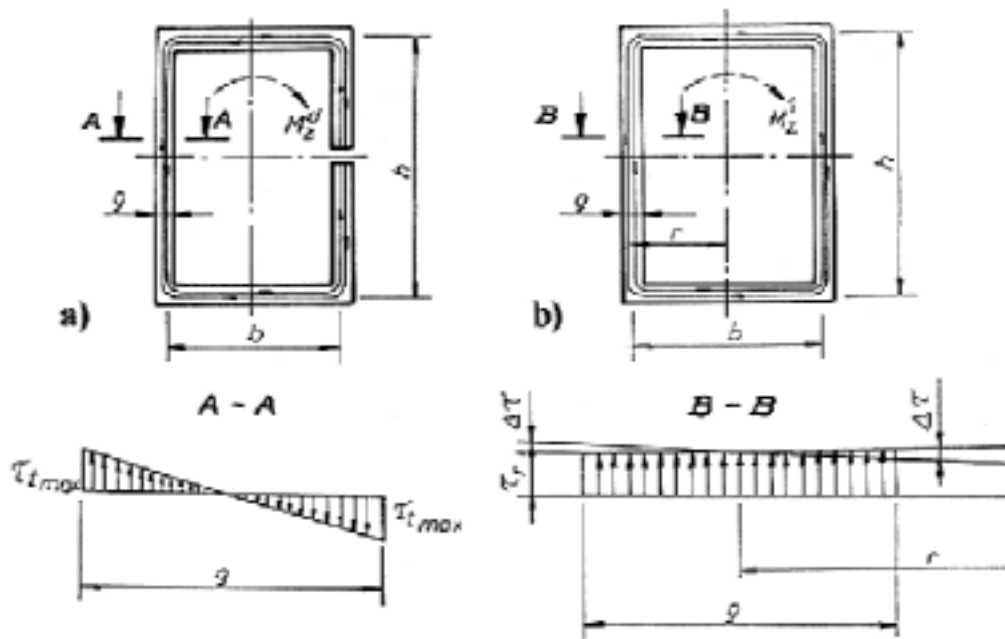


5. ábra
Hegesztett tartók merevítő lemezei

2.3. Csavart tartók

A csavart tartók leghatékonyabb keresztmetszete a zárt keresztmetszet.

A 6. ábrán bemutatjuk a nyírási feszültségek eloszlását egy nyílt és egy zárt keresztmetszet esetén.



6. ábra
A nyírási feszültség

– nyitott keresztmetszetre:

$$\tau_{t,\max} = \frac{M_z^d \cdot g}{I_t} = \tau_a$$

– zárt keresztmetszetre:

$$\tau_{zs,\max} = M_z^i \left(\frac{1}{g \cdot \Omega} + \frac{g}{I_r} \right) = \tau_a$$

Ezekből kapjuk:

$$M_z^i = M_z^d \left(\frac{\frac{g}{I_t}}{\frac{1}{g \cdot \Omega} + \frac{g}{I_r}} \right) = E \cdot M_z^d \quad (5)$$

Jelöljük:

$$E = \frac{\frac{g}{I_t}}{\frac{1}{g \cdot \Omega} + \frac{g}{I_r}} \gg 1$$

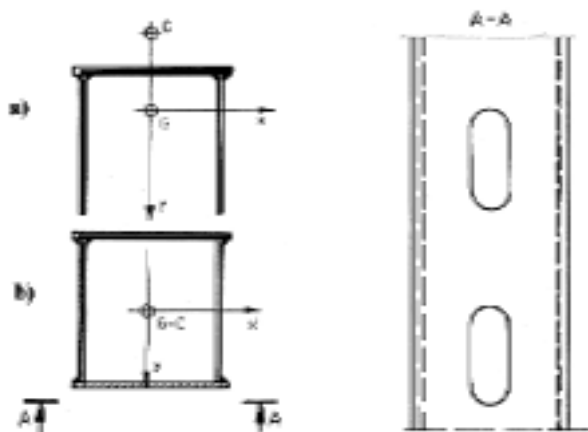
Az E állandó értéke mutatja a zárt keresztmetszet hatékonyságát a nyílt keresztmetszettel szemben.

M_z^d – a nyílt keresztmetszetű tartót igénybe vevő csavarónyomaték

M_z^i – a zárt keresztmetszetű tartót igénybe vevő csavarónyomaték

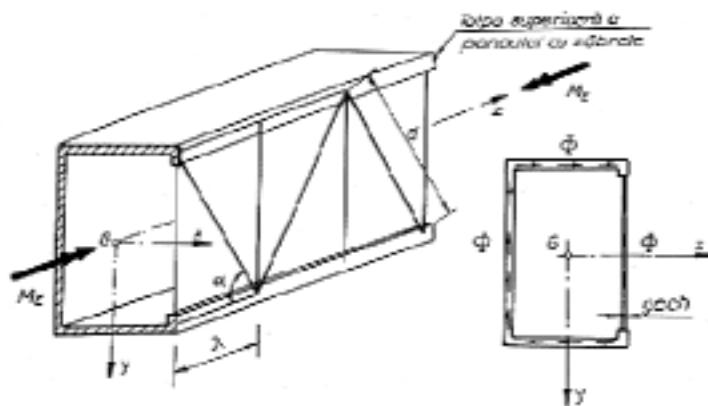
$$\Omega = \oint r \cdot ds; \quad I_r = I_t + \frac{\Omega^2}{\oint \frac{ds}{g}}; \quad I_t = \oint \frac{1}{3} g^3 \cdot ds$$

A nyílt keresztmetszetű tartó átalakítható zárt keresztmetszetű tartóvá. (7. ábra)



7. ábra
a) nyílt keresztmetszet; b) zárt keresztmetszet

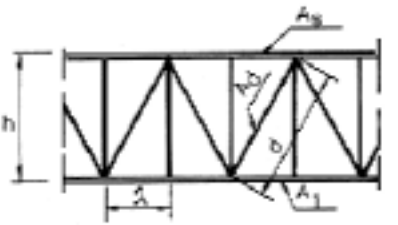
Egy más megoldást a 8. ábrán láthatunk:

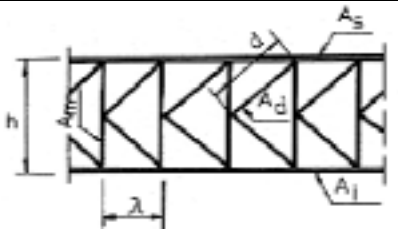
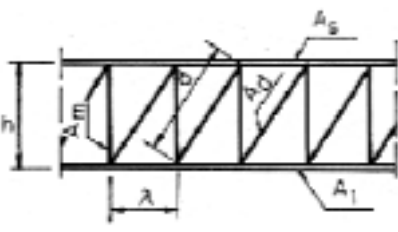
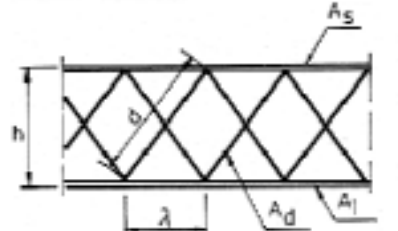
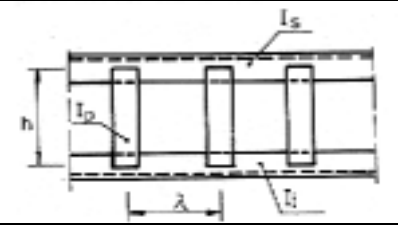


8. ábra

Az 1. táblázat a folytonos ekvivalens lemez vastagságát (g_{ech}) adja meg különböző rácsozások esetén.

1. táblázat

A rácsszerkezet típusa	A gerinclemez ekvivalens vastagsága, g_{ech}
	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\lambda \cdot h}{\frac{d^3}{A_d} + \frac{\lambda^3}{3} \left(\frac{1}{A_s} + \frac{1}{A_i} \right)}$

	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\lambda \cdot h}{\frac{2d^3}{A_d} + \frac{h^3}{4A_m} + \frac{\lambda^3}{12} \left(\frac{1}{A_s} + \frac{1}{A_i} \right)}$
	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\lambda \cdot h}{\frac{d^3}{A_d} + \frac{h^3}{A_m} + \frac{\lambda^3}{12} \left(\frac{1}{A_s} + \frac{1}{A_i} \right)}$
	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\lambda \cdot h}{\frac{d^3}{2A_d} + \frac{\lambda^3}{12} \left(\frac{1}{A_s} + \frac{1}{A_i} \right)}$
	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\frac{12}{\lambda \cdot h}}{\frac{h}{I_p} + \frac{\lambda}{4} \left(\frac{1}{I_s} + \frac{1}{I_i} \right)}$

Az 1. táblázatban a következő jelöléseket használtuk:

λ – az alsó övlemez csomópontjai közötti távolság

h – a gerinclemez magassága

d – az átló hossza

$A_s; I_s$ – a felső övlemez területe és tehetetlenségi nyomatéka

$A_i; I_i$ – az alsó övlemez területe és tehetetlenségi nyomatéka

$A_a; A_p$ – a rácsozat (átlós és függőleges) területe

I_p – a lemez tehetetlenségi nyomatéka

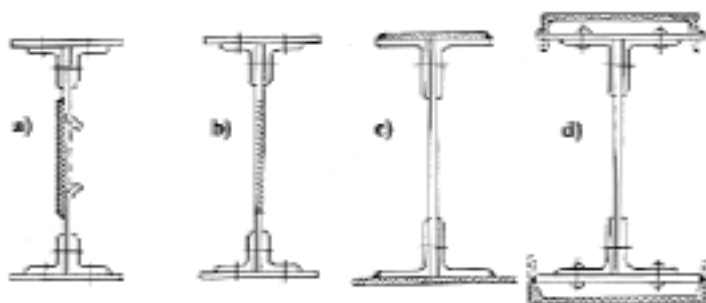
E – rugalmassági modulusz

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

2.4. Hajlított tartók (tömör gerinclemezű tartók)

A hajlított tartó megerősítése az alsó és felső övlemezekhez hozzáadott elemek segítségével történik. Egyes esetekben a gerinclemezt is megerősíthetjük. A hozzáadott elemeket szegecsek vagy hegesztés segítségével rögzítjük a tartóhoz.

Néhány példa a megerősítésről a 9. ábrán látható:



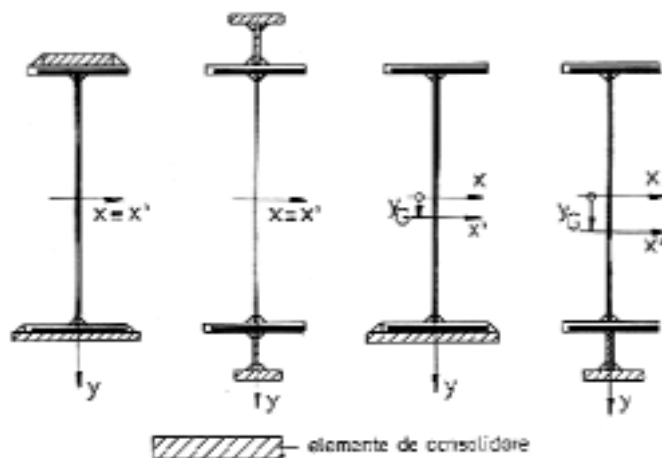
9. ábra
Szegecselt tartók hegesztéssel történő megerősítése

A hegesztési varratok minimális vastagságúak kell, hogy legyenek, hogy minél kisebb feszültség és alakváltozás keletkezzen.

Megerősítés az övlemezek keresztmetszetének a megnövelésével

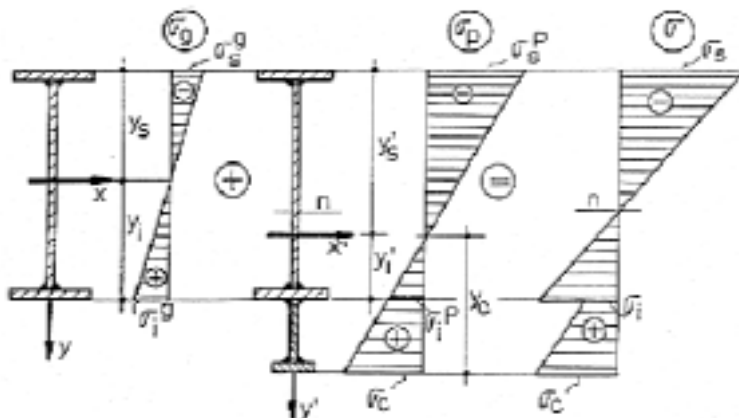
Ezzel a módszerrel a tehetetlenségi nyomatékot növeljük meg, tehát csökken majd a lehajlás és az egy-ségnyi normálfeszültség. A megerősítés elvégzésekor a tartót csak az állandó teher veszi igénybe.

A 10. ábrán a megerősítés megvalósítását láthatjuk.



10. ábra

Egy megerősített tartó keresztmetszetén a feszültségeloszlást a 11. ábra mutatja be:



11. ábra

I. állapot (eset): a tartót csak az állandó teher terheli:

$$\sigma_s^g = \frac{M_g}{I} y_s \quad (6.a)$$

$$\sigma_i^g = \frac{M_g}{I} y_i \quad (6.b)$$

II. állapot (eset): a tartó hasznos teherrel van igénybe véve:

Az I. állapot feszültségeihez hozzáadódnak még:

$$\sigma_s^p = \frac{\psi M_p}{I_c} y_s' \quad (7.a)$$

$$\sigma_i^p = \frac{\psi M_p}{I_c} y_i' \quad (7.b)$$

ahol:

I_c – a megerősített tartó tehetetlenségi nyomatéka;

ψ – dinamikus tényező.

Tehát a tartó szélső öveiben keletkezett feszültségek:

$$\sigma_s = \frac{M_g}{I} y_s + \frac{\psi M_p}{I_c} y_s' \quad (8.a)$$

$$\sigma_i = \frac{M_g}{I} y_i + \frac{\psi M_p}{I_c} y_i' \quad (8.b)$$

$$\sigma_c = \frac{\psi M_p}{I_c} y_c \quad (8.c)$$

A lehajlás egy hosszirányban változó tehetetlenségi nyomatékú tartó esetén:

$$f = \frac{5,5}{48} \frac{M_{\max} L^2}{EI_m} \quad (9)$$

ahol I_m egy átlagos tehetetlenségi nyomaték:

$$I_m = \frac{\sum I_i l_i}{L}$$

a lehajlás a meg nem erősített tartó esetében:

$$f = \frac{5,5}{48} \frac{(M_g + M_p) L^2}{EI_m} \quad (10.a)$$

a lehajlás a megerősített tartó esetében:

$$f = \frac{5,5}{48E} \left(\frac{M_g}{I_m} + \frac{M_p}{I_m^c} \right) L^2 \quad (10.b)$$

ahol az I_m^c – az átlagos tehetetlenségi nyomaték a megerősített tartónál

3. Következtetések

A hídszerkezetek tartóinak megerősítésénél kitűzött cél a teherbíró képesség növelése és az üzemeltetési élettartam meghosszabbítása.

A megerősítés hatékonysága nagymértékben függ a hozzáadott keresztmetszeti elemek alakjától és ezek elhelyezésétől, valamint a tartó tehermentesítésétől a megerősítéskor.

Felhasznált szakirodalom

- [1] Moga, P.: *Întreținerea și reabilitarea podurilor metalice*. UTCN, 2002.
- [2] Moga, P.: *Considerații privind consolidarea elementelor metalice prin sporirea secțiunilor*. Simpozion "Reabilitarea drumurilor și podurilor", Cluj – Napoca, 1999, Ed. Mediamira, ISBN 973-9358-22-5.
- [3] Moga, P., Guțiu, Șt.: *Strengthening of the steel plate girders by prestressing with rigid tie rods*. Ovidius University Annals of Constructions, Vol. I, Nr. 3, Constanța, may 2002, ISSN-12223-7221.
- [4] Moga, P., Guțiu, Șt.: *Considerații privind sporirea capacității portante a grinzilor metalice cu inimă plină*, Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România, Timișoara, sept. 2002, ISBN-973-8572-02-04.
- [5] Moga, P., Köllő, G., Guțiu, Șt.: *Efficient Methods for Bridge Steel Plate Girders Strengthening*, Műszaki Szemle 22/2003, ISSN-1454-0746, pag. 25-34.
- [6] Köllő, G., Moga, P., Guțiu, Șt., Moga, C.: *Road Bridge Superstructures Using Railway Wagon Platforms*, Műszaki Szemle 23/2003, ISSN-1454-0746, pag. 10-20.