Bordázott tartó optimális méretezése

Kovács Helga

Abstract

In order to develop safe and economic structures, all important aspects of design, fabrication and cost should be considered. An optimum design procedure is presented in which the six unknown dimensions of a square box section with longitudinal L-shaped stiffeners are taken into account. The square box section was tested under uniaxial compression. The section is shown in Fig. 1. with square symmetry, with stiffeners. The unknown dimensions b , t , b_s , t_s , h_s and n_s should be optimized in order to minimize the cost function. The cost function contains material and fabrication costs [1]. The optimal dimensions which minimize the whole cost function and fulfil the design constraints, are computed by using the Rosenbrock direct search mathematical programming method [2]. The developed computer program enables the calculation of more structural versions and the significant decrease of the cost function.

Bevezetés

Az 1. ábrán vázolt állandó keresztmetszetű, központosan nyomott, L hosszúságú rúd optimális méretezése során az ismeretlen b és t méretet úgy kell meghatározni, hogy a költség minimális legyen és ki legyen elégítve a kihajlási és horpadási feltétel. Az optimáló folyamat során a szekrényszelvényű tartó optimális méreteit keressük a szerkezetre vonatkozó feltételek teljesülése mellett. A matematikai optimáló módszerek a műszaki gyakorlat szinte minden területén eredményesen alkalmazhatók és ezeknek az eljárásoknak az alkalmazásával jelentős költség, tömeg és anyag-megtakarítás érhető el.

Tervezési feltételek [3],[4]

A keresztmetszet-terület
$$A = 4bt + n_s(b_s + h_s)t_s \quad (1)$$

A kihajlási feltétel a teljes szelvényre az Eurocode 3 szabvány alapján

$$\frac{N}{A} \leq \chi \frac{f_y}{\gamma_{M1}}; \quad \gamma_{M1} = 1.1 \quad (2)$$

$$\frac{1}{\chi} = \Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}; \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E}; \quad \lambda = \frac{kL}{r}; \quad r = \sqrt{\frac{I_x}{A}}; \quad \lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3)$$

$$\Phi = 0.5(1 + \alpha_1(\bar{\lambda} - 0.2)) + \bar{\lambda}^2; \quad \alpha_1 = 0.34 \quad (4)$$

1.ábra

Horpadási feltétel a gerinclemezre $\frac{b}{t} \leq 1.33(n_s + 1) \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (5)$

A bordákra vonatkozó horpadási feltételek $h_s = 30 \varepsilon t_s \quad (6)$

$$b_s = 12.5 \varepsilon t_s \quad (7)$$

$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} \quad (8)$$

A bordákra vonatkozó inercianyomaték $I_{S\xi} \geq b t^3 \gamma_{req} / 11 \quad (9)$

$$\gamma_{req} = \frac{5}{(n_s + 1)^2 - 4} \left[\frac{(b/t)^2}{(40\varepsilon)^2} - 4 \right] \gamma_m \quad (10)$$

ha $\alpha \leq \alpha_m = \sqrt{2(n_s + 1)^2 (1 + (n_s + 1)\delta_p)} - 1 \quad (11)$

akkor $\gamma_m = 4\alpha^2 \rho (n_s + 1) (1 + (n_s + 1)\delta_p) - ((n_s + 1)^2 - 1)^2 / (n_s + 1) \quad (12)$

ha $\alpha \geq \alpha_m = \sqrt{2(n_s + 1)^2 (1 + (n_s + 1)\delta_p)} - 1 \quad (13)$

akkor $\gamma_m = (\alpha_m^4 - 1) / (n_s + 1) \quad (14)$

$$\delta_p = \frac{A_{borda}}{b t}; \quad \alpha = \frac{L}{b} \quad (15)$$

b , t a szelvény geometriai méretei, h_s , b_s , t_s a borda geometriai méretei, n_s a bordák száma, E - a rugalmassági modulusz, f_y a folyáshatár, ε a fajlagos nyúlás, k a rúdvégmegfogási tényező, N normálerő, L a fesztáv.

A költségfüggvény

A költségfüggvény általános alakja $K = K_m + K_f = k_m \rho V + k_f \sum T_i$ (16)

ahol K_m , K_f az anyag- illetve gyártási költségek, k_m, k_f a megfelelő költség tényezők, ρ az anyagsűrűség, V a szerkezet térfogata, T_i az előállítási idő, Θ_d a nehézségi tényező, κ az összeszerelendő elemek száma

$$T_i = \Theta_d \sqrt{\kappa \rho V}; \quad T_2 + T_3 = 1.3 \sum c_{2i} a_{wi}^n L_{wi}; \quad T_3 \approx 0.3 T_2 \quad (17)$$

T_2 a hegesztési idő, a_w a hegesztés mérete, L_{wi} a hegesztési hossz, c_{2i} , n a különböző hegesztési technológiákra vonatkozó állandók, T_3 a további gyártási műveletek ideje.

A költségfüggvény az adott szerkezetre

$$\frac{K}{k_m} = \rho L + k_f k_m (\Theta_d \sqrt{\kappa \rho A L} + 1.3 \left[4 * 0.786 * 10^{-3} \left(\frac{t}{2} \right)^2 L \right] + 8 n_s L * 0.786 * 10^{-3} \left(\frac{t_s}{2} \right)^2) \quad (18)$$

$$\kappa = 4 + 4 n_s; \quad \Theta_d = 3 \quad (19)$$

Szám példa

$N = 1.8 \times 10^7$ N, $L = 10000$ mm, $f_y = 235$ MPa, $E = 2.1 \times 10^5$, $k = 2$, $\rho = 7.85 \times 10^{-6}$,

Az optimáló program az adatbeolvasás után leellenőrzi, hogy a kezdeti feltételek teljesülnek-e. Ha megfelelnek, akkor megkezdzi az iterálást. Ha az összes feltétel teljesül, akkor a program meghatározza a célfüggvény értékeit. A futtatás eredményeit az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat

Osztások száma φ	b (mm)	t (mm)	t_s (mm)	A költség K/k_m
2	1500	15	15	18011
3	1500	14	15	19931
4	1700	13	12	20042
5	2000	10	12	21945
6	1950	10	11	22676
7	1950	10	10	22849
8	2100	9	9	22983
9	2100	9	8	22999
10	2100	10	4	14230
11	1950	10	5	16200
12	1750	11	5	17058
13	1700	12	5	18482

Következtetések

A különböző futtatások alapján levonható következtetés, hogy a döntéstámogató programrendszer hatékonyan használható a hegesztett szekrényszelvényű tartó méretezésére. Az egyes tényezők változtatásával kapott optimumok lehetőséget adnak a tervezőnek, hogy válogasson az optimumok között vagy esetleg más, kevésbé megfogható szempontot (pl. esztétikai szempontot) vegyen figyelembe.

Ebben az esetben $\varphi=10$ lett az optimum. Az 1.táblázatban összefoglalt adatokból látható, minél több borda van a szerkezetben, annál vékonyabb lesz a borda vastagsága, ami egy bizonyos bordaterületet biztosít. Jelen optimumok $k_f / k_m = 2$ aránynál adódnak.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az OTKA 19003 és 22846 támogatásával történt.

Irodalomjegyzék

- [1] Jármái K., Farkas J.: Optimum design of welded steel structures. Tools and Methods for Concurrent Engineering Symposium, TMCE 96, Technical University of Budapest, Proceedings pp. 449-468
- [2] Rosenbrock H.H: An automatic method for finding the greatest or least value of a function. Computer Journal 1960. Vol 3. pp. 175-184
- [3] Farkas J., Jármái K.: Minimum Cross-Sectional Area Design of Centrally Compressed Struts of Square Box Section With Longitudinal Stiffeners, Stability of Steel Structures Budapest, Hungary, 1990
- [4] Farkas,J.,Jármái,K.: Analysis and optimum design of metal structures. Balkema Publishers, Rotterdam, Brookfield, 1997, 347 p. ISBN 90 5410 669 7.

Kovács Helga, doktorandusz

Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Hungary

tel./fax: +36-46-365111 / 20-26, +36-46-36611 / 20-26

e-mail: machrj@gold.uni-miskolc.hu