FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1998. március 20-21.

Bordázott lemezek költségelemzése és méretezése az eurocode 3 alapján

Gyulai Klára

Abstract

The ribbed plates are widely applied; bridges, airplanes and bunker structures are made by this technology. The design of bridge deck plates, which applies the Eurocode and DIN standards, is based on a method worked out by Pelikan and Esslinger.

I made the optimum design of bridge deck plates applying the cost function and using of the Rosenbrock Hillclimb algorithm, and the limit state and size conditions of ribs and girders. Evaluating the calculation I found that the results of the optimum design of orthotropic plates with closed ribs depend on the material quality and the cost factors.

Bordázott lemezek szerkezeti megoldásai

A bordázatlan, vékony lemez teherbírása kicsi, rezgések, zajosság szempontjából sem megfelelő. Ezért szerkezetekben főleg bordázott, ill. rétegezett lemezeket alkalmazunk. A bordázott lemezek igen sokféle technológiával, alakban, támaszokkal készülnek, pl. sajtolts, ill. forgácsolt bordákkal; a bordázat lehet gömbös, vagy L alakú hajlított, a fedőlemezhez ragasztva, szegecselve, vagy ponthegeesztve. A bordázat a lemeznek a rá merőleges (ortogonális) iránytól eltérő merevséget kölcsönöz, a lemez tehát a két ortogonális irányban anizotrop; e két szóból ered összevonás útján az ortotrop elnevezés. Az ortotrop lemezek leggyakoribb felhasználási területe: hídszerkezetek, repülőgép- és hajószerkezetek, tartálytető-szerkezetek, gépi asztalszerkezetek. A bordáknak két jellegzetes fajtáját különböztetjük meg: a csavarással szemben lágy, nyitott bordák, és a csavarással szemben merev, zárt (üreges) bordák [1].

Az ortotrop lemezes pályák méretezése, zárt bordák esetén

A hidpályalemez méretezését a Pelikan és Esslinger [2] által kidolgozott módszer alapján végeztem, a teher a DIN (Deutsche Industrie Norm) 1072 [3],[4], által előírt nehézgépkocsi, melynek összterhe 160 kN, az első kerékre 30 kN, a hátsó kerékre 50 kN terhelés jut. A kerekek szélessége 0.26 m ill. 0.40 m. A borda és a keresztartó méretezéséhez az Eurocode 3. szabvány idevonatkozó fejezeteit használtam. Az ortotrop

hídpályalemez költségfüggvény szerinti optimalizását [5] a *Rosenbrock*-féle Hillclimb algoritmus felhasználásával végeztem. A program a feltételeket két csoportra bontja.

A borda és a kereszttartó geometriai méretei:

1. ábra

2. ábra

Méretkorlátozási feltételek, az 1. és 2. ábrán látható geometriai méretek alapján:

1. Feltétel a fedőlemez vastagságára: $12[\text{mm}] \leq t_f \leq 28[\text{mm}]$ (1)
2. Feltétel a kereszttartó magasságára: $300[\text{mm}] \leq h_w \leq 2000[\text{mm}]$ (2)
3. Feltétel a kereszttartó gerincvastagságára: $8[\text{mm}] \leq t_w \leq 25[\text{mm}]$ (3)
4. Feltétel a kereszttartó övlemez területére: $200[\text{mm}^2] \leq A_f \leq 1600[\text{mm}^2]$ (4)
5. Feltétel a bordavastagságra: $6[\text{mm}] \leq t_s \leq 20[\text{mm}]$ (5)

Méretezési feltételek:

6. A kereszttartó feszültségi feltétele:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{I_x} \cdot (h_w - y_G) \leq \frac{\Delta\sigma}{\gamma_{Mf}} \quad \gamma_{Mf} = 1.15 \quad \Delta\sigma = 125 \quad (6)$$

7. Feltétel a kereszttartó gerinclemezőnek nyírására:

$$\frac{F \cdot A}{h_w \cdot t_w} \leq \frac{\tau_{ba}}{\gamma_{Mf}} \quad (7)$$

8. Feltétel a keresztartó gerinclemezőnek horpadására:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{1}{\beta} = 62 \cdot \varepsilon \cdot (1 - \psi_b) \cdot \sqrt{\psi_b} \quad (8)$$

9. A keresztartó frekvenciakritériuma (Hz-ben):

$$2 \leq \frac{\pi}{2 \cdot t^2} \sqrt{\frac{E \cdot I_x \cdot 9810}{m}} \quad (9)$$

10. A keresztartó lehajlásának korlátozása (mm-ben):

$$\frac{5 \cdot P_{cs} \cdot b^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \leq 5 \quad (10)$$

11. A borda feszültségi feltétele:

$$\Delta \sigma := \frac{M_{00} \cdot (a + e)}{I_y} \cdot \left(\frac{h}{2} - \nu G \right) \leq \frac{\Delta \sigma_N}{\gamma_{Mf}} \quad \Delta \sigma_N := 80 \quad \gamma_{Mf} := 1.35 \quad (11)$$

12. A borda frekvenciakritériuma (Hz-ben):

$$2 \leq \frac{\pi}{2 \cdot t^2} \sqrt{\frac{E \cdot I_y \cdot 9810}{m}} \quad (12)$$

13. A borda lehajlásának korlátozása (mm-ben):

$$W_{max} = \frac{F \cdot t^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \leq 5 \quad (13)$$

Az optimalizálás során felhasználható további feltételek:

14. A pályalemezhez való hegesztés esetén a varratok átolvadása nagyobb legyen, mint 80%.

15. A szerkezeti elemek karcsúságára vonatkozó feltétel: $\lambda = \frac{l}{b} \geq 10$, amely képletben l a tartó magassága, b a tartó keresztmetszetének szélessége.

16. A trapéz hosszmevítők és a keresztartók találkozásánál 35 mm-es sugarú kivágás szükséges.

17. A fáradás szempontjából a szél által gerjesztett feszültségi amplitúdó és a fáradási feszültség viszonya:

$$\Delta \sigma_{szél} \leq \Delta \sigma_{cutoff}$$

Az optimalizálóprogram eredményei és kiértékelése

Az ortotrop lemez optimalizálása során a keresztartók távolságát ($t=1000-4500$ mm), és a költségfüggvényben szereplő $\frac{k_f}{k_m}$ ($k_f=0-2$) arányt változtattam. A számítást különböző acélminőségű

szerkezetekre végeztem el. Az MSZ 6280 által rögzített 37-es és 52-es acélt alkalmaztam, melyeknek szakítószilárdságuk 370, ill. 520 MPa, folyáshatáruk 16 mm szelvény-vastagságig 235, és 355 MPa. A költségfüggvényt (KK-val jelölt a táblázatokban) az optimalizálás során kettébontottam: K1-gyel az anyagköltség kg-ban kapott értékeit, K2-vel a gyártási költség kg-ban számított értékeit jelöltem.

Az első optimalizálást $f_y=235$ MPa folyáshatárú acélok esetén végeztem el. A k_f/k_m költségtényező értéke 0.5. A KK költségfüggvény különböző keresztartó távolságok esetén kapott értékeire (lásd 1.táblázat) közelítéssel élve parabolikus függvény illeszthető, melynek minimumpontja $t=2600$ mm-nél található.

Futtatás	t (mm)	KK (kg)	$K1$ (kg)	$K2$ (kg)
1	1000	344199.8	261422	112381
2	1500	272902	215660.5	89674.08
3	2000	269494.5	217582.1	83933.29
4	2500	245737	179673	66064.02
5	3000	246077.6	177011.8	69065.81
6	3500	327045.2	202234.9	124810.2
7	4000	314094.2	199084.1	115010
8	4500	324922.8	186202.2	138720.6

1.táblázat

Az elvégzett számítások, illetve azok grafikus megjelenítése alapján nyilvánvaló, hogy a üreges, zárt szelvényű ortotrop lemezek költségfüggvényre való optimalizálásánál kapott eredmények nagymértékben függenek a költségtényező megválasztásától, valamint a szerkezet anyagminőségétől. A k_f/k_m költségtényező növelésével, illetve jobb minőségű anyag kiválasztásával egyenesen arányosan növekszik az összköltség. A költségtényező változtatásával a költségminimum a következő keresztartó távolságokra adódott ki:

f_y (MPa)	k_f/k_m	t (mm)	KK (kg)
235	0.5	2600	260000
235	1	2350	380000
235	2	1900	620000
355	2	2050	750000

2.táblázat

Ha a költségtényezőnek nagyobb értéket választunk, a költségoptimum kisebb keresztartó távolságra esik, ami egységnyi területre nézve több keresztartót jelent, így az összköltség értéke ezáltal nem csökken. A borda tömegét megkötöttük azáltal, hogy a borda vastagságának alsó határát 6 mm-ben minimáltuk. A harmadik futtatási csoportban, amikor megengedtük, hogy a bordavastagság elérje a 4 mm-t, a költségoptimum nagyobb keresztartó távolságra esett.

Irodalomjegyzék

- [1]: Farkas, J. Dr.: Fémszerkezetek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1983
- [2]: Pelikan, W., Esslinger, M.: Die Stahlfahrbahn Berechnung und Konstruktion, MAN Forschungsheft, Nr.7/1957
- [3]: Straßen- und Wegbrücken, Lastannahmen, DIN 1072, Dez 1985
- [4]: Stählerne Straßen- und Wegbrücken, Bemessung, Konstruktion, Herstellung, DIN 18809, 1987