FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Hosszbordákkal merevített körhenger héjszerkezetű szalaghidak sajátfrekvenciái

Liszkai Tamás

Abstract

In this paper the investigation of the natural frequencies of a stringer stiffened cylindrical shell applied in belt conveyor bridges is carried out. In earlier researches the optimum cost design of cylindrical shells has been developed by which the optimal dimensions of the shell can be determined. In belt conveyor bridges there is the possibility that exciting vibration can be transmitted from the belt conveyor to the structure of the bridge, which can be dangerous if the natural frequencies of the shell are in the range of the excitation frequencies.

Bevezetés

A héjszerkezetű szalaghidaknak két típusa ismeretes, a zárt és a nyitott héjszerkezetű szalaghidak. Korábbi munkák során kidolgoztunk egy optimáló eljárást hosszbordázott körhenger héjszerkezetű zárt szalaghidak optimális méretezésére [1]. Az 1. ábra egy zárt körhenger héjszerkezetű szalaghíd vázlatos

1. ábra Szalaghíd vázlatos képe

képét mutatja. Az optimálás célja az volt, hogy meghatározzuk a körhøj sugarát, vastagságát és a bordák méreteit, számát úgy, hogy a szerkezet költsége, mely elsősorban az anyag és hegesztési illetve hegesztéssel kapcsolatos járulékos költségekre terjed ki, minimális legyen. A feltételrendszer az API [2], előírásai szerint lett felépítve kibővíítve egy lehajlás korlátozási feltétellel. A szabvány feltételeket ír elő hajlításnak kitett hengeres körhøj stabilitására vonatkozóan. Ezek alapján a feltételrendszer magában foglalja a høj helyi horpadási, általános stabilitási, bordahorpadási, lehajlási, és a méret korlátozási feltételeket. Az összetett optimalizálási feladat

megoldására a CFSQP (Feasible Sequential Quadratic Programming in C-code) optimáló szoftvert alkalmaztuk [3]. Az optimálást egy 84 m hosszú szalaghíd esetére végeztük el, a kapott értékeket különböző költségtényezők (gyártásköltség / anyagköltség) esetén az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat Hosszbordázott körhøj optimális méretei és bordaszáma

k_f/k_m	Költség (K) [kg]	Hosszbordák száma	R_{opt} [mm]	t_{opt} [mm]	h_s [mm]	t_s [mm]
0	43892	32	2038	4.48	50.0	6.00
0.5	60883	32	2038	4.48	50.0	6.00
1	77238	30	2029	4.50	56.7	6.22
1.5	92595	24	1972	4.52	85.1	9.33
2	107066	24	1972	4.52	85.1	9.33

Szalaghídra ható gerjesztő frekvenciák

Szállítószalagok működése közben a tartóvázon keresztül gerjesztő rezgések hatnak a szalaghíd acélszerkezetére [4]. A gerjesztő frekvenciák meghatározása igen bonyolult feladat, ha figyelembe vesszük a rezgés kialakulására ható tényezőket. A kialakuló gerjesztő frekvencia függ a szállítószalag kialakításától, melyet a görgőbeépítés és váz tulajdonságai alapján osztályozhatunk: merev váz - merev görgő, merev váz - fűzéses görgő, rugalmas váz - merev görgő, rugalmas váz - fűzéses görgő. A megadott négy eset közül az első esetben lineáris függvénnyel határozható meg a gerjesztő frekvencia, melynek közelítő alapharmonikusa a következőképp számítható feltételezve, hogy a görgőmeghajtás csúszásmentes.

$$v = \frac{D_g}{2} \omega \quad f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{D_g \pi} \quad (1)$$

ahol, v a heveder (görgő kerületi) sebessége, D_g a görgő átmérője, ω a görgő szögsebessége, f alapharmonikus. A gyakorlatban előforduló hevedersebességeket és görgőátmérőket a 2. táblázat tartalmazza. Azt, hogy melyik sebességhez milyen átmérőjű görgőt választhatunk a szabványok írják elő. A minimálisan szükséges görgőátmérőt meghatározhatjuk a görgő fordulatszámára vonatkozó feltételből, mely az élettartamot befolyásolja.

$$n_{g.\max.} \leq 650 \text{ ford./perc} \quad (2)$$

2. táblázat Szabványos hevedersebességek és görgőátmérők

Hevedersebességek [m/s]							Görgőátmérők [mm]						
Min.						Max.	Szállítóágon					Egyéb helyeken	
0,5	1,05	2,23	3,15	4,35	5,3	6,3	Ø89	Ø108	Ø133	Ø159	Ø219	Ø180	Ø250

Fűzésítés esetén (görgők kötéltre fűzve), ha a váz rugalmas, az alapharmonikust és felharmonikusokat közelítőleg a következő kifejezés segítségével határozhatjuk meg.

$$f_i \approx \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{S}{m_c l_0}} \sin\left(\frac{\pi i}{2(n+1)}\right) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

ahol, f_i az i -ik gerjesztőfrekvencia, S kötélterő, m_c görgők redukált tömege, l_0 görgőosztás. Gyakorlatban a következő értékek adódnak: $10 \text{ kN} \leq S \leq 20 \text{ kN}$, $150 \text{ kg} \leq m_c \leq 1000 \text{ kg}$, $0,5 \text{ m} \leq l_0 \leq 2,5 \text{ m}$. Az (1), (2), (3) egyenletek alapján az alapharmonikushoz tartozó gerjesztőfrekvencia tartomány meghatározható, ami kb. 3 - 10 Hz frekvencia tartományba esik. A szalaghíd tervezése során ezt a frekvencia tartományt el kell kerülni, hogy ne alakulhasson ki rezonancia a szalaghíd héjszerkezetében. Ezt feltételként építhetjük be az optimalás során úgy, hogy a körháj sajátfrekvenciája ne essen ebbe a tartományba. Explicit módon, a változók szerint ez a feltétel csak nehezen fejezhető ki, ezért választottuk a lehajlás korlátozási feltételt, mely biztosítja a hég kellő merevségét. A folyamatos üzemen kívül egyéb a szalaghíd héjszerkezetére ható gerjesztőhatások is előfordulnak, mint pl. az indításkor és leállításkor fellépő longitudinális lengések, a

szállított anyag feladásakor és leadásakor keletkező ütközések és tranzverzális jellegű kontinuum lengések. Ezek meghatározására vizsgálatokat kell végezni a megtervezett szalaghíd rendszer esetén.

Optimált hosszbordázott körhég sajátfrekvenciáinak meghatározása végeselemes módszerrel

Az optimált héjak közül (1. táblázat) a 1,5 ill. 2 költségtényezőjű héjakat vizsgáltuk. A végeselemes vizsgálathoz az ALGOR végeselemes szoftvert használtuk. A hég geometriai adatai az 1. táblázatban megtalálhatók. A modell felépítéséhez háromdimenziós lemezelemeket használtunk és lineáris modellt feltételeztük, az anyag pedig izotrop tulajdonságokkal rendelkezik. A peremfeltételeket a körhég két végén lévő csomópontjaiba helyeztük el úgy, hogy modellezzék az egyik végén csuklósan, a másik végén pedig görgősen alátámasztott szalaghíd körhégját. A modell 9648 csomópontot tartalmaz, dekódolás után a lineáris sajátfrekvencia és rezgésalak processzálást indítva a program kb. 3 órát futott egy IBM PC 166 MHz processzorú 32 Mb memóriájú számítógépen. A számítások során az első tíz sajátfrekvenciát határoztuk meg, melyeket a 3. táblázatban foglaltunk össze.

3. táblázat Hosszbordázott körhég sajátfrekvenciái és rezgés alakjai

Sorszám	Frekvencia [Hz]	Rezgésalak
1.	16,56	Hég deformáció, ovális keresztmetszet
2.	16,57	Hég deformáció, ovális keresztmetszet
3.	30,88	Hajlító frekvencia, függőleges síkban
4.	31,05	Hajlító frekvencia, vízszintes síkban
5.	38,02	Hég deformáció, pseudo háromszögszerű keresztmetszet
6.	38,02	Hég deformáció, pseudo háromszögszerű keresztmetszet
7.	41,05	Hég deformáció, ovális keresztmetszet szinuszosan a tengely mentén
8.	41,15	Hég deformáció, ovális keresztmetszet szinuszosan a tengely mentén
9.	41,97	Hég deformáció, pseudo háromszögszerű keresztm. szinuszosan a tengely mentén
10.	41,99	Hég deformáció, pseudo háromszögszerű keresztm. szinuszosan a tengely mentén

2. ábra Hosszbordázott körhég első sajátfrekvenciájához tartozó rezgésalak

A 2. ábrán látható az első sajátfrekvenciához tartozó rezgésalak, vagyis mikor a keresztmetszet oválosodik. Az izometrikus nézetben a felénél elmetezett körhég látható, a mellette lévő képen pedig ez a metszet, a kis körök jelölik a peremfeltételeket, vagyis a tartó két végén a keresztmetszet nem deformálódik. A 3. ábrán láthatók a harmadik ill. negyedik sajátfrekvenciához tartozó rezgéseképek. Az

ábrából kitűnik, hogy ezek a frekvenciák azok, melyek nagysága érdekes ugyanis ezek a függőleges ill. vízszintes irányú keresztlengek. A 4. ábrában az ötödik sajátfrekvenciához tartozó rezgésalakot látjuk. Ezen a sajátfrekvencián való rezgés is csak a keresztmetszet deformációját okozza, mely ekkor egy pszeudo háromszöghöz hasonló alakot vesz fel.

3. ábra Hosszbordázott körhélj harmadik ill. negyedik sajátfrekvenciájához tartozó rezgésalak

4. ábra Hosszbordázott körhélj ötödik sajátfrekvenciájához tartozó rezgésalak

Következtetések

A vizsgálat során kiderült, hogy az általunk optimált hosszbordázott körhenger héj első hajlító sajátfrekvenciái a függőleges ill. vízszintes síkban kb. 30 Hz körül vannak. Ez a tény kellő biztonságot szolgáltat a szalaghidak üzemeltetése során fellépő gerjesztőrezgésekkel szemben, melyek általában 3 - 10 Hz körül vannak. Ha figyelembe vesszük, hogy a szélterhelés gerjesztőfrekvenciája 5 Hz alatt marad akkor az is nyilvánvaló, hogy gerjesztett rezgés a szélteher hatására nem jön létre. A vizsgált első tíz sajátfrekvenciából csak kettő volt keresztirányú lengés, ami a káros rezgések kialakulása szempontjából érdekes. A fennmaradó frekvenciák esetleg a zajhatásoknál játszanak szerepet. A példán egy viszonylag hosszú szalaghidat vizsgáltunk, ami biztosítja azt, hogy kisebb méretű szalaghidak esetén is a lehajlási feltétel alkalmazásával kellően merev lesz a héjszerkezet.

Irodalomjegyzék

- [1] Liszkai Tamás: *Hossz - illetve gyűrűbordákkal merevített körhenger héjszerkezetű szalaghidak optimális méretezése költségminimumra*, Doktoranduszok fóruma, Miskolci Egyetem 1998.
- [2] American Petroleum Institute: *Bulletin on Stability Design of Cylindrical Shells*, 1220 L Street, Northwest Washington, DC 20005 First edition May 1. 1987.
- [3] Craig Lawrence, Jian L. Zhou, and André L. Tits: *User's Guide for CFSQP Version 2.5*, Institute for Systems Research, University of Maryland, College Park, 1998.
- [4] Németh János: *Szállítószalagoknál alkalmazott görgőfüzér vizsgálata*, Egyetemi doktori értekezés, NME Gépészmérnöki Kar, Miskolc, 1984.

Liszkai Tamás, doktorandusz

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

Tel: +36-46-565111 / 2026, Fax: +36-46-367-828

E-mail: altliszk@gold.uni-miskolc.hu