



مقاله پژوهشی

Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>



ارتعاشات آزاد کشتی به کمک مدل تیر تیموشنکو با استفاده از روش مربع سازی تفاضلی

لیلا جوزایی، سحر دمیری، نسیم آل علی*، اعتمادالدین رابعی غلامی

گروه مهندسی کشتی سازی، دانشکده مهندسی دریا دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

نویسنده مسئول، پست الکترونیک: aleali@kmsu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۴/۱۰/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۶

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/jmst.2016.40944

چکیده

در این مقاله ارتعاشات آزاد کشتی به کمک تیر تیموشنکو بررسی و فرکانس‌های طبیعی و شکل مدهای آن بدست آورده شده اند. با توجه به اینکه معادلات فرکانسی تیر تیموشنکو غیرخطی می باشند، لذا از روش عددی مربع سازی تفاضلی، فرکانس‌ها و شکل مدها محاسبه شده اند. فرکانس‌های چند شناور با ابعاد و طول‌های متفاوت بدست آورده شده و با یکدیگر برحسب طول و ارتفاع و عرض مقایسه شده و تأثیر هر کدام از این پارامترها بر فرکانس بررسی شده است. این بررسی‌ها نشان می دهد که افزایش این پارامترها کاهش فرکانس را در بر دارد و برای شناورهایی که نسبت ارتفاع به طول بیشتری دارند، بهتر است که از مدل تیر تیموشنکو برای بررسی ارتعاشات آنها استفاده کرد که در آن اثرات برشی نیز در نظر گرفته می شوند.

واژگان کلیدی: ارتعاشات آزاد، کشتی، روش عددی اختلاف مربعی، تیر تیموشنکو.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



۱. مقدمه

(DQ) استفاده شده است. نتایج برای چند شناور محاسبه و مقایسه شده اند.

شناخت فرکانس‌های طبیعی و شکل مدهای کشتی با توجه به بارهای ارتعاشی موجود در کشتی‌ها از قبیل نیروهای محیطی و ماشین آلات موتورخانه، بسیار حائز اهمیت است. در این راستا، Senjanovic et al. (2007)، ارتعاشات پیچشی و خمشی شناورهای کانتینر را بررسی کردند. آنها معادلات کوپل شده پیچشی و خمشی را از روش تحلیلی حل کرده اند. همچنین Zhu et al. (2011)، آزمایشاتی روی ارتعاشات آزاد یک کشتی مدل در حوضچه کشش انجام داده و به محاسبه فرکانس‌های ارتعاش‌های خمشی افقی، عمودی و پیچشی و شکل مدهای آنها پرداخته و نتایج خود را با یک مدل عددی در نرم افزار آباکوس مقایسه کرده اند. Lin et al. (2009) نیز ارتعاشات و کنترل ارتعاشات سازه پیچیده کشتی را از طریق به کار بردن صفحات تقویت شده (Ribbed plate) بررسی کردند. Moan و Iijima (2008) ارتعاشات کشتی را با در نظر گرفتن یک مدل هیدرواستاتیک سه بعدی تحت بارهای امواج خطی و غیرخطی بررسی کرده اند. در این مقاله سعی شده است که فرکانس‌ها و شکل مدهای کشتی با استفاده از مدل تیر تیموشنکو بدست آورده شود. مزیت این مدل نسبت سایر مدل‌هایی که تاکنون استفاده شده است در نظر گرفتن اثرات برشی و ضخامت می باشد. از آنجایی که بدست آوردن فرکانس‌های طبیعی و شکل مدهای تیر تیموشنکو از طریق تحلیلی امکان پذیر نیست، لذا از روش عددی مربع سازی تفاضلی (Differential Quadrature):

۲. مواد و روش‌ها

کشتی با یک تیر یکنواخت توخالی با مقطع مستطیلی شکل مطابق با تئوری تیموشنکو مدل شده است (Hagedorn and DasGupta, 2007)، که در آن x, t, ρ, A, I, E, G ، به ترتیب مختصات طولی، زمان، چگالی، مساحت سطح مقطع، ممان اینرسی سطح مقطع، مدول الاستیسیته و مدول برشی می باشند. همچنین $A_s = \kappa A$ می باشد که در آن κ ضریب اصلاح (Correction Factor) برای یک تیر توخالی است (Amany and Pasini, 2009) و آن را می توان مساوی $1/96$ در نظر گرفت (رابطه ۱ و ۲).

همچنین $w(x, t)$ خیز تیر و $\psi(x, t)$ تغییر شکل زاویه ای هستند. با توجه به اینکه دو سر تیر آزاد است، شرایط مرزی نیز به صورت رابطه ۳ در نظر گرفته می شوند و با به کار بردن $w(x, t) = W(x)e^{i\omega t}$ و $\psi(x, t) = \Psi(x)e^{i\omega t}$ در معادلات (۱) تا (۳) ارتعاشات آزاد آنها به شکل زیر در رابطه های ۴ تا ۶ بدست می آیند.

$$\rho A w_{,tt} = G A_s (w_{,xx} - \psi_{,x}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\rho I \psi_{,tt} = G A_s (w_{,x} - \psi) + EI \psi_{,xx} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$(w_{,x} - \psi)_{x=0,L} = 0 \quad \text{و} \quad \psi_{,x}(x, t)_{x=0,L} = 0 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$-\rho A \omega^2 W = G A_s (W_{,xx} - \Psi_{,x}) \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$-\rho I \omega^2 \Psi = G A_s (W_{,x} - \Psi) + EI \Psi_{,xx} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$(W_{,x} - \Psi)_{x=0,L} = 0 \quad \text{و} \quad \Psi_{,x}(x)_{x=0,L} = 0 \quad \text{رابطه (۶)}$$

می کنیم (Ale Ali and Mohammadi, 2015.) (رابطه ۷ تا ۱۳).

سپس با روش مربع سازی تفاضلی (Differential Quadrature) یا اختصاراً DQ معادلات (۴) تا (۵) را گسسته سازی

$$(i, j = 1, 2, \dots, N)$$

$$-\rho A \omega^2 \{W_i\} = G A_s \left([A_{ij}^{(2)}] \{W_i\} - [A_{ij}^{(1)}] \{\Psi_i\} \right) \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$-\rho I \omega^2 \{\Psi_i\} = G A_s \left([A_{ij}^{(1)}] \{W_i\} - \{\Psi_i\} \right) + EI [A_{ij}^{(2)}] \{\Psi_i\} \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$\{A_{Nj}^{(1)}\}^T \{\Psi_j\} = 0 \text{ و } \{A_{1j}^{(1)}\}^T \{\Psi_j\} = 0 \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$\{A_{Nj}^{(1)}\}^T \{W_j\} - \Psi_N = 0 \text{ و } \{A_{1j}^{(1)}\}^T \{W_j\} - \Psi_1 = 0 \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که در آن

$$A_{ij}^{(1)} = \begin{cases} \frac{M(x_i)}{(x_i - x_j)M(x_j)} & i \neq j \\ -\sum_{j=1}^N A_{ij}^{(1)} & i = j \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$M(x_i) = \prod_{j=1, j \neq i}^N (x_i - x_j) \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

$$A_{ij}^{(r)} = \begin{cases} r \left[A_{ij}^{(r-1)} A_{ij}^{(1)} \frac{A_{ij}^{(r-1)}}{(x_i - x_j)} \right] & i \neq j \\ -\sum_{j=1}^N A_{ij}^{(r)} & i = j \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

و به همین ترتیب با افزایش تعداد مودها به تعداد گره ها یکی یکی اضافه می شود.

برخی پارامترهای هندسی بر فرکانس های طبیعی تأثیر بسزایی دارند. برای نشان دادن این تأثیرات هفت شناور انتخاب شده اند که مشخصات و فرکانس های آنها در جدول ۲ آورده شده است. همچنین شکل های ۳، ۴ و ۵ تأثیر به ترتیب طول، عرض و ارتفاع را بر فرکانس نشان می دهد. در همه این شکل ها فرکانس بر حسب افزایش مقادیر هندسی کاهش می یابد.

۴. بحث و نتیجه گیری

برای شناورهایی که نسبت ارتفاع به طول بیشتری دارند، بهتر است که از مدل تیر تیموشنکو برای بررسی ارتعاشات آنها استفاده کرد که در آن اثرات برشی نیز در نظر گرفته می شوند. این مدل تطابق خوبی با مدل مرجع (Senjanovic et al., 2007) دارد و نتایج نشان داد که با افزایش طول و عمق و عرض فرکانس کاهش می یابد. همچنین برای بهبود مدل به کار رفته می توان تیر را به صورت جدار نازک یا هیدروالاستیک در نظر گرفت.

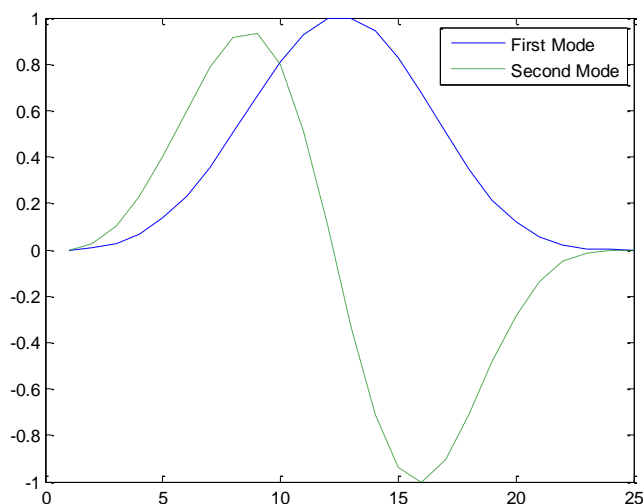
برای یافتن فرکانس ها، ابتدا W_1 ، W_N ، Ψ_1 و Ψ_N از معادلات ۹ و ۱۰ بدست آورده می شوند و با جایگزینی آنها در معادلات ۷ و ۸، این معادلات به مسأله مقدار ویژه تبدیل می شوند که با حل آنها فرکانس ها و شکل مودها بدست می آیند.

۳. نتایج

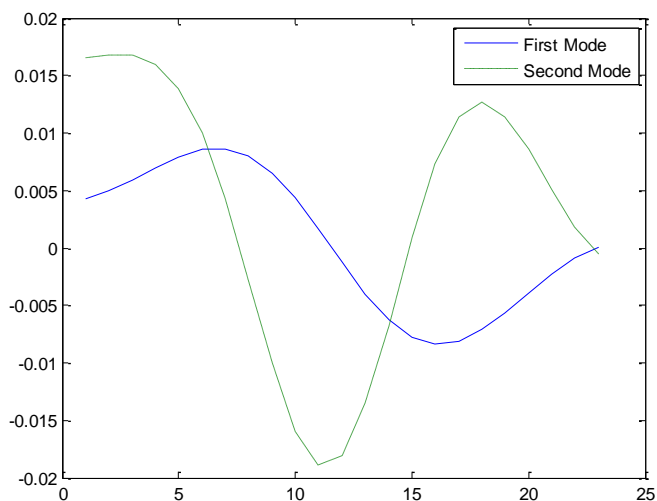
همان طور که قبلاً در مقدمه ذکر شد، Senjanovic et al. (2007)، ارتعاشات پیچشی و خمشی شناور کانتینر TEU7800 که مشخصات آن در جدول ۱ آورده شده است، را بررسی کرده و فرکانس های آن را محاسبه کرده اند. لذا برای اطمینان از صحت نتایج، فرکانس اول بدست آمده از مدل تیر تیموشنکو، با مرجع (Senjanovic et al., 2007) مقایسه شده است و همان طور که ملاحظه می شود؛ مقادیر فرکانس ها با یکدیگر تفاوت دارند که این اختلاف به دلیل تفاوت در مدل های ریاضی به کار برده شده است. شکل مودهای خمشی و زاویه ای برای دو مود اول ارتعاشی نیز در شکل های ۱ و ۲ رسم شده اند. همان طور که ملاحظه می گردد؛ شکل مود اول خمشی دو گره و زاویه ای سه گره را دارا می باشند

جدول ۱: مشخصات و فرکانسهای شناور کانتینر TEU7800

طول (m)	عرض (m)	ارتفاع (m)	جرم خطی (t/m)	فرکانس بدست آمده (rad/s)	فرکانس [۱] (rad/s)
۳۳۴	۴۲/۸	۲۴/۶	۵۵۲/۷	۵/۴۴۰۸	۵/۱۱۴



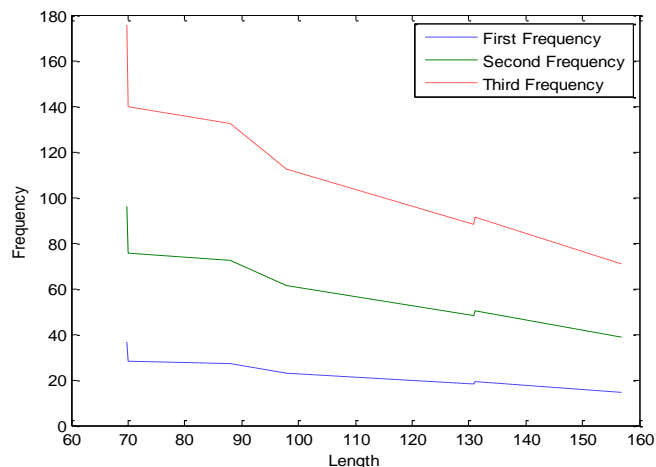
شکل ۱- مود خمشی



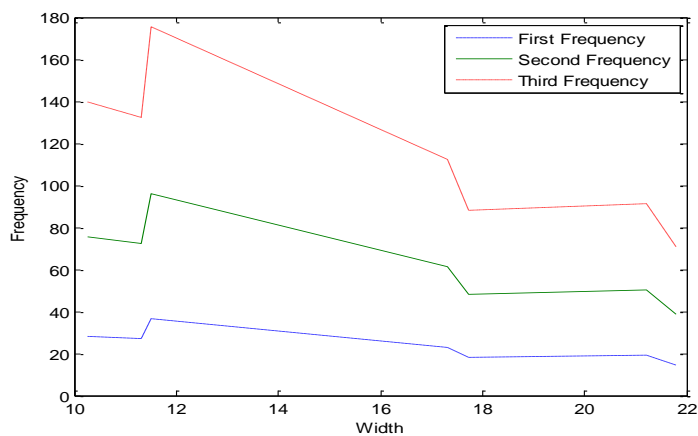
شکل ۲ - مود زاویه ای

جدول ۲- مشخصات هندسی و فرکانس های شناورهای انتخاب شده

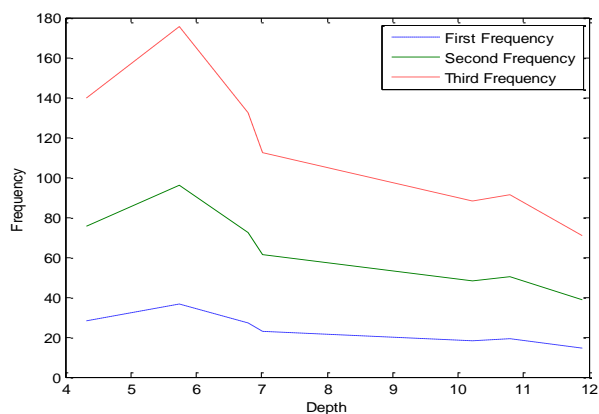
کشور	طول کلی	عرض	عمق(ارتفاع ساختمانی)	فرکانس اول	فرکانس دوم	فرکانس سوم
Holland	70.01	10.27	4.32	27.9216	75.4409	139.9697
germany2	69.8	11.5	5.75	36.5825	96.2968	175.5759
germany1	87.95	11.3	6.8	27.592	73.0711	133.6523
Turkey	97.8	17.3	7.02	22.9031	61.1329	112.2817
Romania	130.87	17.74	10.22	18.2679	48.3461	88.0691
japan1	131.02	21.2	10.8	19.1458	50.3467	91.4403
China	156.84	21.8	11.9	14.6055	38.8123	70.5466



شکل ۳- تغییرات فرکانس بر حسب طول شناورها



شکل ۴- تغییرات فرکانس بر حسب عرض شناورها



شکل ۵- تغییرات فرکانس بر حسب عمق (ارتفاع ساختمانی) شناورها

References:

- Ale Ali, N. and Mohammadi, A.K., 2015. Effect of thermoelastic damping in nonlinear beam model of MEMS resonators by differential quadrature method. *Journal of Applied and Computational Mechanics*, 1(3), pp.112-121.
- Amany, A. and Pasini, D., 2009. Material and shape selection for stiff beams under non-uniform flexure. *Materials & Design*, 30(4), pp.1110-1117.
- Hagedorn, P. and DasGupta, A., 2007. *Vibrations and waves in continuous mechanical systems*. John Wiley & Sons.
- Iijima, K., Yao, T. and Moan, T., 2008. Structural response of a ship in severe seas considering global hydroelastic vibrations. *Marine structures*, 21(4), pp.420-445.
- Lin, T.R., Pan, J., O'Shea, P.J. and Mechefske, C.K., 2009. A study of vibration and vibration control of ship structures. *Marine Structures*, 22(4), pp.730-743.
- Senjanović, I., Čatipović, I. and Tomašević, S., 2007. Coupled flexural and torsional vibrations of ship-like girders. *Thin-Walled Structures*, 45(12), pp.1002-1021.
- Zhu, S., Wu, M. and Moan, T., 2011. Experimental investigation of hull girder vibrations of a flexible backbone model in bending and torsion. *Applied Ocean Research*, 33(4), pp.252-274.



Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>

Original Article



Free vibration of the ship with Timoshenko beam model using DQ method

Leila Jozaee, Sahar Damiri, Nasim Ale Ali *, Etemadeddin Rabei

Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Faculty of Marine Engineering, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

*Corresponding Author E-mail: aleali@kmsu.ac.ir

Received: 7 September 2015

Revise Date: 28 December 2015

Accepted: 19 December 2016

DOI: 10.22113/jmst.2016.40944

Abstract

In this paper, free vibration of the ship with Timoshenko beam model is investigated and natural frequencies and mode shapes are obtained. Since the frequency equations of Timoshenko beam are nonlinear, for obtaining the frequencies and mode shapes, numerical method, differential quadrature method with discretization is used. Frequencies of some vessels with different geometries such as length, height and width are obtained and versus length, height and width are compared and effect of these parameters on the frequencies are investigated. These investigations show that by increasing these parameters the frequencies are decreased and for the vessels that have a large ratio of height to length, the Timoshenko beam model should be used for vibration investigation that the shear effect is considered.

Key Words: free vibration, ship, DQ numerical method, Timoshenko beam

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

