بررسی اثر هیدروالاستیک در تغییر خمشی شاهتیر بدنه در پدیده کوبش سینه شناور به سطح آب

مصطفی یوسف نیا ** ، محمدرضا حیرانی نوبری ۲، پرویز قدیمی ۲، حسن قاسمی ۴

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی دریا – دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ mrnobari@aut.ac.ir ۲ استاد، دانشکده مهندسی مکانیک – دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ mrnobari@aut.ac.ir ۳ استاد، دانشکده مهندسی دریا – دانشگاه صنعتی امیرکبیر ۴ استاد، دانشکده مهندسی دریا – دانشگاه صنعتی امیرکبیر

اطلاعات مقاله	چکیدہ
<i>تاریخچه مقاله:</i> تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۲۹	کوبش سینه ^۱ موجب تاثیرات عمومی و منطقه ای بر شناور میگردد و نقش مهمی در طراحی سازهای شناور دارد. در این مقاله اثر عمومی کوبش سینه شناور بر سطح آب که ویپینگ ^۲ نامیده میشود با در نظر گرفتن هیدروالاستیسیته بررسی خواهد شد. بدین منظور با در نظر گرفتن سیال ایده آل، غیر ویسکوز و تراکم نابذیر نیروهای ناشی از بدیده کوش تعیین میشوند. سی از انتخاب مدار تم مناسب،
<i>كلمات كليدى:</i> هيدروالاستيک نيروى كوبش سينه شاهتير بدنه روش تفاضل محدود آناليز گذرا	ویساور و ترجیه چهیر یروندی علی از پدین توبیق علیق ای سرتما پی سرتما پس از اعداب اس ایر اعداب از معادله ارتعاشی تیر کشتی به منظور توصیف تأثیرات عمومی هیدروالاستیک استخراج می گردد. از ارتعاشی تیر به تحلیل هیدروالاستیکی پدیده کوبش میانجامد. برای حل معادله ارتعاشی از دینامیک سیالات محاسباتی و روش تفاضل محدود استفاده می شود. برای معتبرسازی نتایج حاصل از روش تفاضل محدود، شاهتیر کشتی بصورت تیر یک بعدی بر بستر الاستیک در نرم افزار ANSYS مدل می گردد و با اعمال نیروی کوبش در انتهای تیر تغییر شکل خمشی استخراج می شود.

Hydroelastic Effect on Hull Girder Deformation in Bow Flare Water Impact

Mostafa Yousefnia¹, MohammadReza Heirani Nobari², Parviz Ghadimi³, Hassan Ghassemi⁴

¹MSc, Department of Marine Technology, Amirkabir University of Technology; m.yousefnia@aut.ac.ir

² Professor, Department of Mechanical Engineering, Amirkabir University of Technology; mrnobari@aut.ac.ir

³ Professor, Department of Marine Technology, Amirkabir University of Technology

⁴ Professor, Department of Marine Technology, Amirkabir University of Technology

ARTICLE INFO

Article History: Received: 26 Dec. 2017 Accepted : 19 May 2018

Keywords: Hydroelastic Bow Flare Slamming Force Hull Girder Beam Finite Difference Method Transient Analysis

ABSTRACT

Slamming loads are important in the structural design of high speed vessels. Slamming can cause global and local effects on the ship structure. Here global effect of slamming (bow flare water impact) means whipping considering hydroelasticity investigated. Considering ideal, non-viscous and non-compressible fluid, bow flare impact loads is developed after determination Bow flare impact forces, with considering of proper beam model and exerting condition due to hydroelasticity, new form of beam deflection model is derived. In deriving of the beam deflection equation, hydroelasticity is considered, thus solving beam equation leads to hydroelastic analysis of bow flare slamming. Finite difference method is used for solving this equation. In order to validate the computation of results, the third party software ANSYS is used. The ship hull girder is represented by a uniform onedimensional beam that is supported by a uniform elastic foundation. Time depending load is applied as a pressure on end beam and deflection is calculated.

۱– مقدمه

$$m(x)\frac{\partial^{2}w}{\partial t^{2}} + \frac{\partial^{2}}{\partial x^{2}}\left[EI(x)\frac{\partial^{2}w}{\partial x^{2}}\right] = f_{3}(x,t)$$
$$= f_{3}^{HD} + f_{3}^{ext}$$
(1)

 f_3^{HD} نیروی عمودی در طول واحد است. f_3^{HD} نیروی عمودی در طول واحد است. نیروی عمودی دو بعدی روی بدنه است که در نتیجه فشار دینامیکی ناشی از ارتعاشات بدنه ایجاد می شود و برای شناوری که با سرعت U حرکت می کند به صورت زیر بیان می گردد:

$$f_{3}^{HD} = -\left(\frac{\partial}{\partial t} + U \frac{\partial}{\partial x}\right) \left[a_{33}\left(\frac{\partial w}{\partial t} + U \frac{\partial w}{\partial x}\right)\right] \tag{7}$$

با در نظر گرفتن تغییرات بویانسی ناشی از خمش تیر^۴، مدل جدیدی از معادله ارتعاشی تیر بدست می آید که اثرات متقابل سیال و سازه (هیدروالاستیسیته) در آن لحاظ شده است.

$$(m + a_{33})\frac{\partial^{2}w}{\partial t^{2}} + 2a_{33}U\frac{\partial^{2}w}{\partial x\partial t} + U\frac{da_{33}}{dx}\frac{\partial w}{\partial x}$$
$$+U^{2}\frac{\partial}{\partial x}(a_{33}\frac{\partial w}{\partial x}) + \rho gbw + \frac{\partial^{2}}{\partial x^{2}}\left[EI\frac{\partial^{2}w}{\partial x^{2}}\right] = f_{3}^{ext} \qquad (\texttt{``)}$$

در این معادله تغییر شکل تیر کوچک در نظر گرفته شده است w .در راین معادله تغییر شکل تیر کوچک در نظر گرفته شده است W .در رابطه (۳)، x مختصات طولی کشتی، wتغییر شکل عمودی، m(x) جرم بدنه به ازای طول واحد، EI(x)سختی خمشی، d عرض خیس شده مقطع و a_{33} جرم اضافه سختی خمشی، d عرض خیس شده مقطع و ϕ_{33} جرم اضافه حرکت هیو در فرکانس بی نهایت است (شرط $0=\varphi$ بر روی سطح آزاد) که با استفاده از روش لوئیس تعیین می گردد.

برای حل معادله فوق نیاز به شرایط تکیه گاهی دو سر تیر و شرایط اولیه تیر است. شرایط اولیه تیر مشتمل بر تغییر شکل خمشی اولیه صفر و سرعت ارتعاشی اولیه صفر در طول تیر میباشد. شرایط انتهای تیر مشتمل بر نیروی برشی صفر و ممان خمشی صفر در دو انتهای کشتی است. با توجه به اینکه نیروی برشی و ممان خمشی به ترتیب متناسب با $\partial^2 w / \partial x^2$ و $2 x^2 / w^2$ است، در دو انتهای کشتی شرایط زیر صادق است:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0, \ \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0 \tag{(f)}$$

۳- نیروهای وارد بر جسم شناور در پدیده کوبش در فاز ورود به آب و فازخروج از آب بر مسئله ورود به آب فرضیات زیر حاکم است: ۱- سیال ایده ال، غیر ویسکوز و تراکم ناپذیر است. ۲- ورود به آب سریع صورت می گیرد، از اینرو: ۱لف) شتاب سیال پیرامون جسم بسیار بیشتر از شتاب گرانش است. ب) ضرایب جرم اضافه برای حالتی که فرکانس موج زیاد است (فرکانس بی نهایت) محاسبه می گردد.

پدیده کوبش از مهمترین پدیدههایی است که در اثر برخورد موج به سینه کشتی اتفاق می افتد و موجب اثرات عمومی و منطقهای بر کشتی می گردد. تاثیر عمومی کوبش را ویپینگ^۲ مینامند. ویپینگ پاسخ های الاستیک گذرا از تغییر شکلهای انعطاف پذیر شاهتیر بدنه می اشد. هنگامیکه مدت زمان اعمال نیروی برخورد هم مرتبه با پایین ترین پریود طبیعی شاهتیر بدنه باشد ویپینگ رخ میدهد. در نظر گرفتن هیدروالاستیسیته در پدیده کوبش بدین معناست که جریان سیال و عکس العمل سازه ای بطور همزمان در نظر گرفته شود. به بیان دیگر، ارتعاشات الاستیک، جریانی از سیال همراه با میدان فشار ایجاد میکنند و همچنین نیروهای هیدرودینامیکی بر ارتعاشات الاستیک سازهای اثر می گذارد. اهمیت هیدروالاستیسیته به فرکانس طبیعی سازه و مدت زمان اعمال نیروی اسلمینگ بستگی دارد. هیدروالاستیسیته در برخوردهای با سرعت بالا و پریودهای طبیعی بالاتر اهمیت به مراتب بیشتری دارد. در حالت کوبش سینه، هنگامیکه مقطع سینه وارد آب می شود، نیروهای محلی در اطراف سینه شناور تحت تاثیر هیدروالاستیسیته قرار ندارند. از اینرو هیدروالاستیسیته فقط در تحلیل عمومی شناورهای تک بدنه حائز اهمیت است. در این مقاله با اعمال اثرات هيدروالاستيسيته در معادله تير اويلر-برنولي، فرم جدیدی از معادله ارتعاشی تیر استخراج می شود که حل این معادله ارتعاشی به تحلیل هیدروالاستیکی شاهتیر بدنه میانجامد. با در نظر گرفتن سیال ایده آل، غیر ویسکوز و تراکم ناپذیر نیروهای ناشی از برخورد کل به صورت مجموع چهار نیرو شامل: نیروی کوبش، نیروی جرماضافه، نیروی هیدرواستاتیک و نیروی فرودکریلوف و در قالب برنامه کامپیوتری IMPACT LOAD تعیین می گردد. از روش تفاضل محدود برای حل معادله ارتعاشی تير اولر-برنولى اصلاح شده استفاده مىگردد و تحت برنامه کامپیوتری HYDROELASTIC تغییر شکل شاهتیر بدنه در شرایط مختلف تعیین می شود. برای معتبر سازی نتایج حاصل از روش تفاضل محدود و برنامه کامپیوتری HYDROELASTIC، از روش المان محدود و نرم افزار ANSYS استفاده شده است. در پایان نتایج حاصل از روش عددی تفاضل محدود و نتایج حاصل از محاسبات انجام شده توسط نرم افزار ANSYS با یکدیگر مقایسه می شود.

۲ – معادله ار تعاشی هیدروالاستیک شاهتیر بدنه کشتی از معادله تیر اولر-برنولی برای توصیف اثرات کلی هیدروالاستیک در شناورهای تک بدنه استفاده می گردد.

۳- ابعاد جسم به مراتب کوچکتر از طول موج است در نتیجه از نیروی انکساری^۵ چشم پوشی می شود.
 ۴- روی سطح آزاد 0 = φ است. بنابراین در اثر حرکت جسم شناور موجی تولید نمی شود و نیروی تشعشعی³ (دمپینگ) صفر می باشد.
 در هنگام ورود جسم به آب (شکل ۱) نیروهای وارد بر جسم شناور

به شرح زیر است: در منه ده *dA*: . . .: ...

$$F_{h3} = \rho g V + \rho V \ddot{\zeta} + A_{33} (\ddot{\zeta} - \ddot{\eta}) + \frac{dA_{33}}{dh} (\dot{\zeta} - \dot{\eta})^2 \quad (\Delta)$$



شکل ۱- ورود به آب در شرایط آب مواج

 $A_{_{33}}(\ddot{\zeta}-\ddot{\eta})^{2}$ ، در رابطه (۵)، $(\ddot{\zeta}-\dot{\eta})^{2}(dA_{_{33}}/dh)$ نیروی کوبش، (۵)، نیروی نیروی نیروی جرم اضافه، $\ddot{\zeta} = \rho V$ نیروی فرودکریلوف و $\rho g V$ نیروی بویانسی (هیدرواستاتیک) است.

با در نظر گرفتن مقطع گوهای مشابه مقطع سینه شناور (شکل ۲)، ضریب جرم اضافه (A₃₃) طبق روش ون کارمن برابر ²0.5 میباشد. نیروهای وارد بر جسم شناور در طول واحد بصورت زیر بازنویسی می گردد:

$$f_{h3} = \rho g A\left(x,t\right) - \frac{1}{2} \rho \pi c^2 \frac{dV_R}{dt} - \rho \pi V_R c \frac{dc}{dt} K_1$$
(\$)

در رابطه (۶)، (PgA(x,t) سطح مقطع غوطهور و PgA(x,t) مجموع نیروهای هیدرواستاتیک و فرودکریلوف میباشد. در فاز خروج از آب نیروی کوبش صفر است، از اینرو ضریب K_I در رابطه (۶) در فاز ورود به آب یک و در فاز خروج از آب صفر میباشد.



شکل۲- مقطع گوه ای سینه شناور تندرو تک بدنه

رابطه های (۵) و (۶) تحت برنامه کامپیوتری IMPACT LOAD برای تعیین نیروی برخورد مقاطع هندسی متداول شناورها فرمول نویسی شده است.

۴- معتبر سازی نتایج برنامه کامپیوتری IMPACT LOAD برای معتبرسازی نتایج حاصل از برنامه کامپیوتری IMPACT در تعیین نیروهای برخورد، نتایج حاصل از این برنامه کامپیوتری LOAD در تعیین نیروهای برخورد، نتایج حاصل از این برنامه کامپیوتری را با نتایج ارائه شده توسط فالتینسن [۱] در شرایط برخوردی مشابه مقایسه میگردد. بدین منظور در موجی با پریود برخوردی ۵ ثانیه و دامنه حرکت نسبی ۹ متر نیروی برخورد شامل نیروی جرم اضافه، نیروی کوبش و نیروی هیدرواستاتیک را بر روی گوههایی با زاویه عرضی ۲۰ درجه و۴۰ درجه که دارای عرض ۸ متر و ارتفاع برخورد ۹ متر از سطح آب هستند، محاسبه میشود. نتایج این محاسبات در شکل ۳ و شکل ۴ ارائه شده است. شایان ذکر است که برای صرف نظر از محاسبه اثرات خیسی عرشه^۹ دامنه حرکت نسبه اثرات خیسی عرشه⁹ دامنه حرکت نسبه میشود.







شکل ۴ – معتبرسازی نتایج برای برخورد گوه با زاویه عرضی ۲۰ درجه

مشاهده می گردد که نتایج حاصل از برنامه کامپیوتری در تعیین نیروهای هیدرودینامیکی با دقت بسیار زیادی با نتایج ارائه شده توسط فالتینسن مطابقت دارند، از اینرو این برنامه در شرایط مختلف پدیده کوبش سینه شناور مورد استفاده قرار می گیرد.

۵- محاسبه ارتعاش کشتی مورد مطالعه در اثر اسلمینگ

مشخصات عمومی کشتی آلومینیومی مورد مطالعه در جدول ۱ ذکر شده است و نمای کلی شناور و مقطع عرضی آن به ترتیب در شکل ۵ و شکل ۶ نمایش داده شده است. برای شبیه سازی پدیده کوبش، شرایط محیطی مطابق با جدول ۲ در نظر گرفته می شود. نیروی کل وارد برسینه کشتی در طی پدیده کوبش (نیروی گذرای تحریک) برای مقطع مورد مطالعه در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۷، پریود نیروی گذرای تحریک ۲/۲۷۵ ثانیه و فرکانس آن ۴۴/۰ هرتز میباشد. در ادامه با اعمال نیروی برخورد بر انتهای تیر کشتی و با استفاده از روش عددی تفاضل محدود در محیط نرم افزار MATLAB و همچنین مدلسازی و تحلیل در نرمافزار ANSYS، ارتعاش خمشی تیر کشتی محاسبه میشود.

جدول ۱- مشخصات عمومی شناور مورد مطالعه

مقدار	مشخصه
۱۰۰	طول کلی (متر)
٨٨	طول بین دو عمود (متر)
۱Y/۱	عرض (متر)
۱۱/۳	ارتفاع (متر)
λ/٣	ارتفاع دماغه از سطح آب (متر)
٣	آبخور (متر)
•/۵	ضريب بدنه
۱۹	سرعت کشتی (متر بر ثانیه)
۳۱/۸	زاویه مقطع سینه شناور^ (درجه)
17	وزن (تن)
108×1.5	تنش مجاز ألومينيوم (نيوتن بر متر مربع)
$\gamma \cdot \times \gamma \cdot \gamma$	مدول یانگ آلومینیوم (نیوتن بر متر مربع)
77	چگالی جرمی آلومینیوم (کیلوگرم بر متر مگعب)

جدول ۲- شرایط محیطی

مقدار	مشخصه
۶	پريود برخورد (ثانيه)
1/• 487	فرکانس زاویه ای برخورد (رادیان بر ثانیه)
۰/۱۶۷	فرکانس برخورد (هرتز)
٨/٣	دامنه حرکت نسبی (متر)



شکل ۵- نمای کلی شناور آلومینیومی مورد مطالعه-MDV 1200 Superseacat/ Fincantieri



شکل ۶- مقطع عرضی بدنه شناور آلومینیومی مورد مطالعه



شکل ۷– نیروی گذرای کل اعمال شده بر سینه شناور مورد مطالعه در پدیده اسلمینگ

۶- محاسبه ارتعاش کشتی به روش عددی تفاضل محدود

روش تفاضل محدود یکی از روشهای عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل است. منطق روش تفاضل محدود جایگزینی مشتقات با کسرهای جبری تفاضلی با استفاده از سری تیلور میباشد. در روش تفاضل محدود مورد استفاده در این مقاله از کسسته سازی به روش صریح^۹ استفاده شده است و جملات دیفرانسیلی بصورت تفاضل پیشرو در زمان و تفاضل مرکزی در زمان^{۱۰} تجزیه می گردند. معادله ارتعاشی الاستیک شاهتیر بدنه که در رابطه ۳ بیان شده است با توجه به توضیحات ارائه شده بصورت زیر تجزیه می گردد:

$$(m_{i} + a_{i}^{n})\frac{w_{i}^{n+1} - 2w_{i}^{n} + w_{i}^{n-1}}{\Delta t^{2}} + 2u a_{i}^{n}\frac{w_{i+1}^{n+1} - w_{i-1}^{n+1} - w_{i-1}^{n}}{2\Delta t \Delta x}$$

+ $u \cdot \frac{a_{i+1}^{n} - a_{i-1}^{n}}{2\Delta x} \cdot \frac{w_{i}^{n+1} - w_{i}^{n-1}}{2\Delta t} + u^{2}\frac{a_{i+1}^{n} - a_{i-1}^{n}}{2\Delta x} \cdot \frac{w_{i+1}^{n} - w_{i-1}^{n}}{2\Delta x} + u^{2}a_{i}^{n} \cdot \frac{w_{i+1}^{n} - 2w_{i}^{n} + w_{i-1}^{n}}{\Delta x^{2}} + \rho gb(i)w_{i}^{n} + EI(i) \cdot \frac{w_{i+2}^{n} - 4w_{i+1}^{n} + 6w_{i}^{n} - 4w_{i-1}^{n} + w_{i-2}^{n}}{\Delta x^{4}} + (V)$
$$\frac{EI(i) - 2EI(i) + EI(i-1)}{\Delta x^{2}} \cdot \frac{w_{i+1}^{n} - 2w_{i}^{n} + w_{i-1}^{n}}{\Delta x^{2}} = f^{ext}(x,t)$$

$$\begin{aligned} &\left(\frac{2u\,a_{i}}{2.\Delta t\,\Delta x}\right)w_{i+1}^{n+1} + \left[\frac{(m_{i}+u_{i})}{\Delta t^{2}} + \frac{u(u_{i+1}-u_{i-1})}{4.\Delta t\,\Delta x}\right]w_{i}^{n+1} + \\ &\left(\frac{-2u\,a_{i}^{n}}{2.\Delta t\,\Delta x}\right)w_{i-1}^{n+1} = \left\{ \left[\frac{2(m_{i}+a_{i}^{n})}{\Delta t^{2}} - \rho gb(i) - \frac{6EI(i)}{\Delta x^{4}} + \frac{2u^{2}a_{i}^{n}}{\Delta x^{2}} + 2\frac{EI(i+1) - 2EI(i) + EI(i-1)}{\Delta x^{4}}\right]w_{i}^{n} \\ &+ \left[\frac{-u^{2}(a_{i+1}^{n}-a_{i-1}^{n})}{4.\Delta t\,\Delta x} - \frac{u^{2}a_{i}^{n}}{4.\Delta t\,\Delta x} - \frac{u^{2}a_{i}^{n}}{\Delta x^{2}} + \frac{4EI(i)}{\Delta x^{4}} + \frac{2u\,a_{i}^{n}}{2.\Delta t\,\Delta x} \\ &- \frac{EI(i+1) - 2EI(i) + EI(i-1)}{\Delta x^{4}}\right]w_{i+1}^{n} + \left[\frac{u^{2}(a_{i+1}^{n}-a_{i-1}^{n})}{4.\Delta t\,\Delta x} - \frac{u^{2}a_{i}^{n}}{\Delta x^{2}} + \frac{4EI(i)}{\Delta x^{4}} - \frac{EI(i+1) - 2EI(i) + EI(i-1)}{\Delta x^{4}}\right]w_{i+2}^{n} \\ &+ \left\{\left[-\frac{(m_{i}+a_{i}^{n})}{\Delta t^{2}} + \frac{u(a_{i+1}^{n}-a_{i-1}^{n})}{4.\Delta t\,\Delta x}\right]w_{i}^{n-1}\right\} + f^{ext}(x,t) \end{aligned}$$

برای درک بهتر معادله ۶، این معادله به صورت رابطه ماتریسی زیر بیان می گردد.

$$[A]w^{n+1} = [B]w^{n} + [C]w^{n-1} + [f^{ext}(x,t)]$$
(9)
برای حل معادله فوق نیاز به شرایط اولیه و شرایط مرزی مسئله
میباشد.

۶-۱- بررسی شرایط مرزی و شرایط اولیه:
 ۱لف) شرایط مرزی
 بر روی نقاط مرزی ابتدایی و انتهایی تیر نیروی برشی و گشتاور
 خمشی صفر است.

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0 \rightarrow \frac{w_{i+1}^n - 2w_i^n + w_{i-1}^n}{\Delta x^2} = 0$$

$$\rightarrow w_{i-1}^n = 2w_i^n - w_{i+1}^n$$

$$\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0 \rightarrow \frac{w_{i+2}^n - 2w_{i+1}^n + 2w_{i-1}^n - w_{i-2}^n}{2\Delta x^3} = 0$$

$$\rightarrow w_{i-2}^n = 4w_i^n - 4w_{i+1}^n + w_{i+2}^n$$

ب) شرایط اولیه
کشتی در حالت سکون قرار دارد لذا:

$$\lambda = 0$$

 $\lambda = 0$
 $W_i^0 = 0$
 $Y = w_i^{0} = 0$
 $\lambda = \frac{w_i^{n+1} - w_i^{n}}{\Delta t}$
 $\lambda = 0 = \frac{w_i^{n+1} - w_i^{n}}{\Delta t}$
 $\lambda = 0$
 $\lambda = \frac{w_i^{n+1} - w_i^{n}}{\Delta t}$
 $\lambda = 0$
 $\lambda = 0$



۷- محاسبه ارتعاش کشتی با استفاده از نرم افزار ANSYS بطور متداول برای نشان دادن ارتعاش کشتی از مدل تیر پیوسته و یکنواخت استفاده میشود و شاهتیر بدنه کشتی بوسیله تیر یکنواخت یک بعدی مدل می گردد و تیر بوسیله فونداسیون الاستیک یکنواخت تقویت می شود. ضریب سختی k که نشان دهنده فنريت بويانسي آب است از حاصلضرب وزن مخصوص آب در سطح مقطع خیس شده تیر بدست می آید. فونداسیون کشتی c دربرگیرنده توزیع یکنواخت ضریب دمپینگ هیدرودینامیکی cمی باشد، ولی چون دمپینگ کوچک است و تاثیری بر ماکزیمم پاسخ ناشی از یک بارگذرا ندارد در این تحلیل از دمپینگ هیدرودینامیکی صرفنظر می شود. تیر دارای سختی یکنواخت EI است بطوريكه E مدول الاستيسيته و I ممان اينرسي مقطع میباشد. تیر تحت تاثیر تابع توزیع نیروی f(x,t) قرار می گیرد که برای حالت مورد مطالعه بار کوبش است. برای مدل کردن تیر از المان Beam-2D elastic 3 و براى تعريف بستر الاستيك از المان Combination-spring-damper 14 استفاده می شود. فاصله میان المانهای فنری یک متر است لذا با توجه به طول شناور از ۸۹ فنر برای مدل سازی بستر الاستیک شناور استفاده می گردد. نیروی وابسته به زمان در المان انتهای تیر بین نود های ۸۸ و ۸۹ اعمال می شود. با توجه به فیزیک مسئله از آنالیز گذرا استفاده می شود. انجام آنالیز گذرا نیازمند فهم مناسب از رفتار دینامیکی سازه میباشد، از اینرو در ابتدا میبایست آنالیز مودال انجام شود تا اطلاعات رفتار دینامیکی شناور از قبیل فرکانس طبیعی و مودهای ارتعاشی به دست آید. فرکانس طبیعی و مودهای ارتعاشی که از انجام آنالیز مودال به دست آمده است در جدول ۳ و شکل ۱۳ ارائه شده است. آنالیز دینامیکی گذرا روش مناسب جهت تعیین پاسخ-های دینامیک سازه تحت بارهای متغیر با زمان است. برای حالت مورد مطالعه نیروی کوبش به صورت نیروی متغیر با زمان در یک متر انتهای تیر وارد می گردد. برای مدلسازی و اعمال نیرو از روش ماکرونویسی در محیط ANSYS استفاده شده است. تغییر شکل خمشی در نقاط مختلف شاهتیر بدنه در شکلهای ۱۴ تا ۱۸ ارائه شده است.

جدول۳- فرکانس طبیعی و پریود طبیعی مدل مورد مطالعه

فرکانس طبیعی (هر تز)	شماره مود
•/۲٨٨	١
٠/٢٩١	٢
۲/۳۵۵	٣
8/474	۴
17/077	۵
۲ • /۵۷ •	۶
* • / ۵ • *	γ
	فرکانس طبیعی (هر تز) ۰/۲۸۸ ۰/۲۹۱ ۲/۳۵۵ ۶/۴۲۴ ۱۲/۵۲۲ ۲۰/۵۷۰ ۳۰/۵۰۳





با نرم افزار ANSYS





-1.25

-2.5

-3.75

-6.25

-5

0

.5

.25

1

زمان (s)

شکل ۱۴- محاسبه تغییر شکل خمشی پاشنه کشتی (x=•)

با نرم افزار ANSYS

.75

1.5

1.25

2

1.75

2.5

2.25



۸- مقایسه نتایج نرم افزار ANSYS و روش عددی تفاضل محدود در محاسبه ارتعاش کشتی

مقایسه نتایج حاصل از مدلسازی و تحلیل عمومی شاهتیر بدنه کشتی مورد مطالعه در نرمافزار ANSYS، با نتایج حاصل از حل معادله ارتعاشی هیدروالاستیک شاهتیر بدنه کشتی به روش عددی تفاضل محدود و در محیط برنامه MATLAB و برنامه کامپیوتری HYDROELASTIC در شکلهای ۱۹ تا ۲۳ ارائه شده است. نزدیکی پاسخ های ارائه شده از نرم افزارهای فوق که الگوریتم، روش و منطق متفاوتی دارند و دست یافتن به پاسخ های یکسان و منطقی نشانگر صحت فرضیات و روش بکارگرفته شده می باشد. با توجه به قابلیت برنامه HYDROELASTIC، می توان از این برنامه برای محاسبه تغییر شکل شاهتیر بدنه شناورهای مختلف استفاده کرد. برای شناورهایی که بطور دائم در معرض پدیده کوبش قرار دارند فهم دقیق رفتار سازه حائز اهمیت است.



پاشنه کشتی (x=•) در پدیده کوبش سینه





6. Fairlie-Clarke, A.C., Tveitnes, T., (2008) Momentum and gravity effects during the constant velocity water entry of wedge-shaped sections, j. Ocean Engineering, Vol. 35, No. 7, pp 706-716

7. Zhao, R., Faltinsen, O., (1993), *Water entry of twodimensional bodies*, j. Fluid Mechanics, Vol. 246, pp 593–612.

8. Faltinsen, O.M., Landrini, M., (2004), *Greco, M. Slamming in marine applications*, j. Engineering Mathematics, Vol. 48, pp 187–217.

9. Malenica S., Molin B., Remy F. & Senjanovic I., (2003), *Hydroelastic response of a barge to impulsive and non impulsive wave load*, 3rd. International Confference on Hydroelasticity, Oxford, UK.

10. Faltinsen, O.M., (1997), *The effect of hydroelasticity on ship slamming*, Philosophical Transactions of Royal Society A, Vol. 355, No. 1724, pp. 575-591

11. Kamlesh S. Varyania, Rama M. Gatigantib, Miroslaw Gerigkc, (2000), *Motions and slamming impact on catamaran*, j.Ocean Engineering, Vol.27, pp 729–747.

12. Andrianov, A.I., Hermans, A.J., (2005), *Hydroelasticity of a circular plate on water of finite or infinite depth*, j.Fluids and Structures, Vol. 20, pp 719–733

13. Koo, W.C., Kim, M.H., (2006), *Numerical simulation of nonlinear wave and force generated by a wedge-shape wave maker*, j. Ocean Engineering Vol. 33, pp 983–1006

14. Kvalsvold J., Faltinsen O., (1995), *Hydroelastic Modelling of Wet Deck Slamming on Multihull Vessels*, j.Ship Research, Vol. 39, pp. 225-239.

15. Bereznitski A., (2001), *Slamming & The Role of Hydroelasticity*, j. International Shipbuilding Progress, Vol. 48, No. 4, pp. 333-351.

16. Cointe, R., (1989), *Two-dimensional water-solid impact*, j. Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Vol. 111, pp109-114.

17. Yousefnia M., (2008), Hydroelastic analysis of monohulls hull girder deflection due to bow sections impacts with free surface, Master Thesis, Department of Marine Engineering, Amirkabir University of Technology, Iran. (In Persian)

18. MATLAB, The language of technical computing, 201

19. ANSYS® Academic Research Mechanical, Release 9.0

۹- نتیجه گیری

هدف از این مقاله بررسی ارتعاش خمشی شاهتیر کشتی با در نظر گرفتن تاثیر هیدروالاستیسیته و بدون در نظر گرفتن این تاثیر میباشد. در یک شرایط مشابه، مقایسه نتایج حاصل از برنامه میباشد. در یک شرایط مشابه، مقایسه نتایج حاصل از برنامه محدود در محیط نرم افزار MATLAB انجام شده است، با نتایج حاصل از مدلسازی و تحلیل در نرم افزار ANSYS همگرایی بسیار خوب نتایج حاصل را نشان میدهد. مشاهده گردید که تغییر شکل خمشی شاهتیر کشتی با در نظر گرفتن اثرات هیدروالاستیسیته بیشتر از حالتی است که این تاثیر نادیده گرفته میشود. با در اختیار داشتن نیروهای عمودی وارد بر سینه یا پاشنه شناور و با استفاده از برنامه HYDROELASTIC، تغییر شکل خمشی شاهتیر بدنه که نقش بسزایی در طراحی سازهای کشتی ایفا می کند با دقت بالایی محاسبه می گردد.

کليد واژگان:

1- Bow Impact, Slamming

2- Whipping

- 3- Flexible Hull Girder Deformation
- 4- Beam Deflection
- 5- Diffraction Force
- 6- Radiation Force
- 7- Deck Wetness
- 8- Deadrise Angle
- 9- Explicit
- 10- FTSC

مراجع:

1. Faltinsen, ODD M., (2005), *Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles*. 1th ed. Cambridge University Press.

2. Edward, V.Lewis., (1988), *Principles of Naval Architecture. Vol.II, Resistance, Propulsion and vibration.* 2th ed. Published by The Society of Naval Architects and Marine Engineers

3. Bertram, Volker., (2000), *Practical Ship Hydrodynamics*, 1th ed. Printed in Great Britain by PLANTA TREE.

4. Newman, J.N., (1977), *Marine Hydrodynamics*, 1th ed. London, MIT Press.

5. Von Karman, T., (1929), *The impact of seaplane floats during landing*, NACA TN 321.