Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی رفتار دینامیکی شناورها به روش اجزاء محدود

دکتر محمد علی لطف اللهی یقین
استادیار دانشکده فنی دانشگاه ارومیه

مهدی رستگار
دانشجوی کارشناسی ارشد ـ سازه

۱- مقدمه

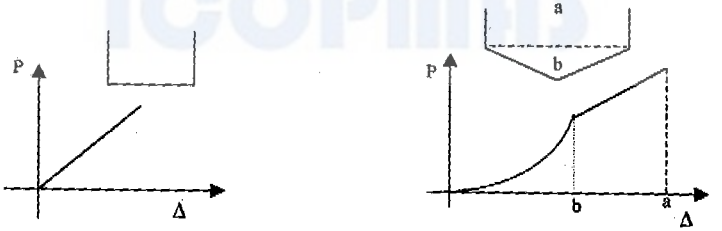
با پیشرفت صنعت کشتی‌سازی مباحث اصلی دینامیک شناورها و عکس‌العمل‌های کشتیها در دریاهای مختلف از جمله خسارات وارده بر قسمت جلویی سینه آنها در اثر پدیده اسلمینگ (Slamming) مورد توجه قرار گرفتند. اگر چه اصول فیزیکی حاکم بر حرکات کشتی در امواج چندان پیچیده نیست ولی معادلات و محاسبات مربوط به آن بسیار وقت‌گیر و مشکل میباشد. از طرف دیگر تجهیز و استفاده از آزمایشگاه‌های سازه‌های دریایی برای بررسی عملی رفتار دینامیکی شناورها مستلزم صرف هزینه‌های زیادی میباشد. از اینرو در راستای پیشرفت علوم کامپیوتری، نرم‌افزارهای متعددی برای مدلسازی و انجام تحلیلهای دینامیکی، ساخته شده و مورد استفاده قرار گرفتند. در این مقاله عوامل مختلف موثر بر یک شناور فرضی، توسط نرم افزار ANSYS 5.5 مدلسازی و اعمال شده است. سپس پاسخهای دینامیکی این شناور که شامل لنگر خمشی و نیروی برشی در نقاط مختلف و مورد نظر میباشد، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. [6]

۲- نحوه مدل‌بندی سیستم

شناورها میتوانند بصورت یک تیر آزاد (Free beam) در نظر گرفته شوند که روی سطح آب قرار گرفته و واکنشهای آنها تابع نوسانات دریاها میباشد. در حقیقت آب دریاها بمنزله تکیه گاه ارتجاعی (فنرمانند) برای شناورها است. شناور مفروض در تحقیق حاضر دارای مشخصات هندسی و فیزیکی آن بصورت زیر میباشد:

- طول شناور(L) : ۵۰ متر
- عرض شناور(B) : ۱۰ متر
- ارتفاع شناور(H) : ۵ متر
- ضخامت دیواره‌های شناور(t) : ۵ سانتیمتر
- مدول الاستیسیته $E = 2.1e6 \quad kg/cm^2$
- ضریب پواسون $\nu = 0.3$

در این تحقیق بجای آب دریا، از سیستم فنر استفاده شده است و فنرهای متعددی بجای آب، در زیر شناور تعبیه شده‌اند که سختی این فنرها به شکل مقطع شناور بستگی دارد. مطابق شکل (۱) در شناورهای با مقطع مستطیلی سختی فنرها ثابت بوده و در شناورهای با مقطع مقطع مثلثی سختی فنرها غیرخطی میباشد به عبارت بهتر رابطه بین تغییرمکان و نیروی فنرها سهمی خواهد بود.



مقطع مستطیلی — مقطع مثلثی و مستطیلی

شکل ۱- رابطه بین تغیر مکان و نیروی فنرها برای مقاطع مستطیلی و مثلثی

در مدلسازی این شناور با ANSYS از دو نوع المان استفاده شده است :

المان Beam2D برای مدلسازی بدنه شناور به همراه معرفی پارامترهای سطح مقطع تیر A ، ممان اینرسی مقطع I ، ارتفاع تیر H .

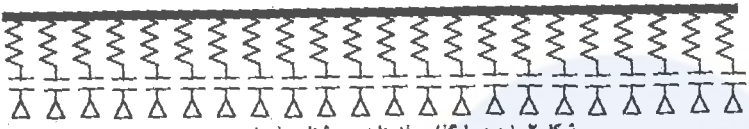
المان Combin40 که یک فنر با خصوصیات غیرخطی از جمله Damping و Gap میباشد و میتواند بصورت فنر یکطرفه عمل کرده و فقط در حالت فشار کار کند، بنابراین زمانیکه شناور از سطح آب جدا میشود خاصیتGap این المان باعث آزادی فنر شده و مشکل اعمال

www.SID.ir

Archive of SID

کشش توسط فنرها از بین خواهد رفت.

در این مدل طول شناور به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم شده است. به عبارت بهتر در هر ۵۰ سانتیمتر یک گره و یک فنر تعبیه شده است . این فنرها در زیر شناور قرار گرفته‌اند و سر دیگر آنها کاملا فیکس شده است. جزئیات جایگذاری فنرهای مذکور در زیر شناور در شکل(۲) نشان داده شده است. با داشتن سختی کل فنرها که از تعادل بین نیروی ارشمیدس و نیروی وزن شناور بدست میآید و تقسیم آن به تعداد فنرهای تعبیه شده، سهم سختی هر فنر مشخص میشود. لازم به ذکر است که سختی فنرهای ابتدا و انتهای شناور نصف بقیه خواهند بود.



شکل ۲- نحوه جایگذاری فنرها در زیر شناور مفروض

۲-۱- نحوه بارگذاری و آنالیز مدل

عمده بارهای اعمال شده روی شناورها ، وزن خود شناور و نیروهای حاصل از امواج میباشد که برای مدلسازی و اعمال این نیروها در زمان (t) و مکان (x,y) روی مدل شناور، از گامها و زیرگامهای بارگذاری (Steps and Substeps) نرم‌افزار Ansys و بهره‌گیری از حلقه های تکرار، استفاده میشود.

۲-۱-۱- امواج "Waves"

در این تحقیق امواج به دو صورت روی شناور اعمال شده اند : امواج سینوسی و امواج تصادفی

۲-۱-۱-۱- امواج سینوسی

براساس روابط تئوری موج Airy برای اعمال نیروهای حاصل از امواج که لحظه به لحظه مکان اعمال این نیروها روی شناور تغییر میکند ازحلقه های تکرار *Do....*Enddo و *If...*Then...*Endif و گامها و زیرگامهای بارگذاری که از ابزارهای قدرتمند Ansys هستند استفاده شده است. در این روش که بصورت فایل متنی نوشته میشود ابتدا مشخصات موج شامل زمان تناوب موج T ، فرکانس زاویه ای موج ω، عدد موجk ، ارتفاع موج H ، عمق دریا در محل مورد نظر h ، سطح موج η و شتاب ثقل g ، چگالی آب دریا ρ و عرض شناورB، برای نرم افزار مشخص میشوند. بدلیل اینکه وزن شناور یکی از پارامترهای مهم در برقراری تعادل شناور میباشد و هر لحظه موجود است، لذا برای اعمال این پارامتر، در شروع هر تحلیل به شناور فرصت کافی داده میشود تا تحت اثر وزن خود روی آب دریا یا به عبارت بهتر روی فنرها نوسان داشته و تعادل کامل بین وزن شناور و نیروی ارشمیدس که در حقیقت همان عکس‌العمل فنرهاست حاصل شود که طول این مدت در تمام تحلیلها ۵۰ ثانیه در نظر گرفته شده است. بعد از تعادل کامل و حاصل شدن تغیرمکان قائم ۱۱۶ سانتیمتر برای شناور مدلسازی شده، طبق آنچه که از فرمولها بدست میآید، نیروی موج بصورت زیر اعمال میشود :

ابتدا با استفاده از فرمول(۱)، در هر لحظه مقدار فشار آب موجود در هر گره از زیر شناور محاسبه میشود وسپس با ضرب آن در سطح مقطع هر المان مقدار نیروی وارده روی گره آن المان بدست میآید.

$$F = PA = \rho g A \frac{H}{2} \frac{\cosh ky}{\cosh kh} \cos(kx - \omega x) + \rho g (h - y) \qquad (1)$$

دو حلقه تکرار تودرتو در Ansys وظیفه کنترل زمان و مکان اعمال نیرو را دارند به طوریکه حلقه اول کنترل کننده زمان و حلقه دوم (حلقه داخلی) کنترل کننده مکان اعمال نیروی حاصل از موج میباشد. پایان تحلیل زمانی است که حلقه زمان به آخرین مقدار مشخص شده برای برنامه برسد. بعد از اتمام و ذخیره‌سازی نتایج کلیه آنالیزها ، پردازشگر Post26 عکس العمل های مربوطه را که شامل لنگرهای خمشی، نیروهای برشی و مقدار خیز قائم در نقاط مختلف و مورد نظر است، بر حسب زمان رسم میکند.

۲-۱-۱-۲- امواج تصادفی

امواجی که در دریاها وجود دارند بصورت تصادفی بوده و از قاعده و فرمول خاصی پیروی نمیکنند و بندرت پیش میآید که امواج سینوسی روی شناورها اثر بگذارند اما بکمک این امواج و بر اساس اصل جمع آثار قوا میتوان، اثر امواج تصادفی روی شناورها را نیز مورد مطالعه قرار داد.[5] مراحل تولید این امواج و اثر آنها روی شناور مدلسازی شده، توسط نرم‌افزار Ansys بصورت زیر میباشد:

ابتدا پنج موج اختیاری سینوسی که از تئوری موج Airy پیروی میکنند، با مشخصات معلوم و به شرح جدول (۱) انتخاب میشوند که تعداد آنها میتواند بیشتر هم باشد.

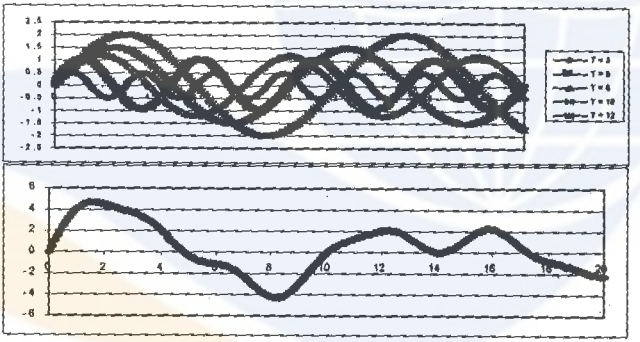
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ - مشخصات امواج سینوسی دلخواه

	پریود موج (ثانیه)	ارتفاع موج (متر)
موج اول	۳	۰/۵
موج دوم	۵	۱
موج سوم	۸	۱/۲
موج چهارم	۱۰	۱/۵
موج پنجم	۱۲	۲

سپس عدد موج k و فرکانس زاویه ای ω برای هر موج به طوز جداگانه توسط برنامه محاسبه میشود. دو حلقه تکرار تودرتو وظیفه کنترل زمان و مکان اعمال نیرو را دارند به اینصورت که Ansys در حلقه اول، زمان اعمال نیروی موج از لحظه شروع حلقه را باندازه نمو مشخص شده برای برنامه *dt* کنتل میکند و در حلقه دوم (حلقه داخلی) نیروی هر گره بر حسب موقعیت مکانی از جمع نیروهای حاصل از امواج سینوسی جدول (۱) به طور جداگانه و بر اساس فرمول (۱) بدست آمده و روی مدل شناور اعمال میشود. در شکل (۳) امواج سینوسی فرض شده و موج تصادفی حاصل از جمع این امواج، در یک زمان، رسم شده است. بعد از اتمام و ذخیره‌سازی نتایج کلیه آنالیزها ، پردازشگر Post26 عکس العملهای مربوطه را که شامل لنگرهای خمشی، نیروهای برشی و مقدار خیز قائم در نقاط مختلف و مورد نظر است، بر حسب زمان رسم میکند.



شکل ۳- نمودار پنج موج سینوسی و موج تصادفی حاصله

۳-۱-۲- اسلمینگ "Slamming"

اگر سرعت نسبی کف کشتی و سطح آب دریا به اندازه کافی زیاد باشد در زمان فرودآمدن کشتی به سطح آب پدیده اسلمینگ اتفاق میافتد. در اثر این پدیده تنشهای بزرگی بوجود میآیند که به مرور زمان باعث فرسودگی صفحه کف کشتی میشوند. در این تحقیق پدیده اسلمینگ بر اساس روش اجزاء محدود در شناور مورد نظر لحاظ شده و عکس‌العملهای سازه در مقابل این پدیده سنجیده شده است. فشار اسلمینگ در این تیپ شناورها با رابطه زیر بیان میشود: [1]

(P_{SL}: فشار اسلمینگ ، L : طول شناور)

$$for\ L \le 150m \qquad P_{SL} = 162\sqrt{L} \cdot C_1 \cdot C_{SL} \cdot C_A\left(\frac{1+C_{RW}}{2}\right) \qquad \left[\frac{kN}{m^2}\right] \qquad (۲)$$

در مدلسازی پدیده اسلمینگ، تغییرمکان، سرعت این تغییرمکان و مثلثی بودن توزیع نیروی حاصل از اسلمینگ روی کف شناور با استفاده حلقه‌های نیرومند Enddo*...Do* و Endif*...Then*...If* در نرم‌افزار Ansys انجام میشود. مراحل مختلف اعمال پدیده اسلمینگ به اینصورت است که بعد از تولید هندسه و قرارگرفتن فنرهای معادل در زیر شناور و وارد کردن خصوصیات فیزیکی سازه، درمرحله بارگذاری، نیروی هر گره در طول شناور از فرمول(۲) محاسبه شده و روی آن اعمال میشود. حلقه Do* کنترل‌کننده زمان بوده و حلقه If* نیرو را بصورت مثلثی اعمال میکند. پایان حلقه Do* زمانی است که نیروی محاسبه شده در گره وسط شناور به مقدار صفر رسیده باشد. پس از آن شناور ارتعاش آزاد کرده و در اثر میرایی، ارتعاشات آن بتدریج از بین میروند و نهایتا شناور به حالت پایدار میرسد. بعد از اتمام تحلیل، با ورود

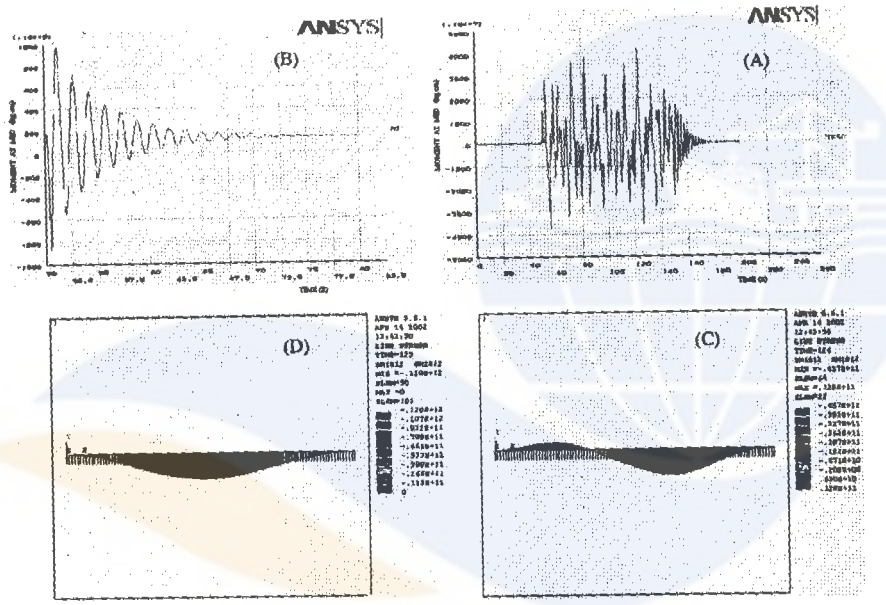
www.SID.ir

Archive of SID

به پردازشگر Post26 عکس‌العملهای مربوطه که شامل لنگرهای خمشی و نیروهای برشی در نقاط مختلف شناور و در زمانهای مورد نظر میباشند، رسم میشوند.

۳- نتایج

شکلهای ۴A و ۴B بترتیب نمودار لنگر خمشی شناور در اثر موج تصادفی فرض شده و پدیده اسلمینگ میباشند که در قسمت میانی این شناور برداشت شده‌اند. بیشترین مقدار لنگر خمشی در ثانیه ۱۲۳ اتفاق میافتد که مطابق شکل 4D در طول این شناور رسم شده است. ملاحظه میگردد که بیشترین مقدار این لنگر در وسط سازه روی میدهد. با مقایسه مقدار لنگر خمشی سازه، در ثانیه ۱۲۴ (شکل 4C) نسبت به حالت قبلی دیده میشود که مقدار آن کمتر شده و محل آن نیز تغییر کرده است.



شکل٤- نمودار لنگر خمشی وسط شناور بر اثر موج تصادفی مفروض و پدیده اسلمینگ به همراه مقادیر مختلف آن در طول شناور در ثانیه‌های ۱۲۳ و ۱۲٤

٤- مراجع

[1] Bishop, R.E.D., "Hydroelasticity of Ships." , Syndics of Cambridge University , First Edition , 1979 , New york .

[2] Clough, RAY.W. & Penzin, J., "Dynamics of Structures.", MC GRAW HILL , Second Edition , 1993 .

[3] Dawson, H.D., " Offshore Structural Engineering.", PRENTICE-HALL, 1983, USA .

[4] Derrett, D.r., "Ship Stability for Masters and Mates.", Butterworth-Heinemonn Ltd , fourth Edition , 1990 .

[5] Faltinsen, O.M., "Sea Loads on Ships and Offshore Structures.", Syndicate of the University of Cambridge, First Edition, 1990, New york .

[۶] مولف : Lloyd, A.R.J.M. ، مترجم : سیف ، محمدسعید "دینامیک کشتی" انتشارات دانشگاه هرمزگان ، چاپ اول ، مهر ۱۳۷۶ .

[۷] سیف ، مهدی ـ سیف ، محمد سعید " اصول طراحی کشتی " انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، چاپ اول ، زمستان ۱۳۷۳ .

www.SID.ir

Archive of SID

Dynamic Behavior of Vessels Assessed by Limited Elements Method

Dr. Mohammadali Lotfollahi Yaghin[1], Mahdi Rastgar[2]

1. Assistant Professor, Technical Faculty, Urmia University

2. MSc in Marine Structures

Abstract

With the progress of ship building industry, the main topics of vessel dynamics and reactions in differing sea conditions, including the damage to the bow resulting from the slamming phenomenon were brought into focus. While the physical principles governing ship movements in the waves are not complicated, the equations and measurements required in this regard are rather difficult and time-consuming. On the other hand, equipping and using marine structure laboratories for practical consideration of vessels' dynamic behavior requires heavy costs, for which reason several software packages have been developed and provided for modeling these structures and conducting dynamic analyses. In this paper, the different factors affecting a hypothetical vessel have been modeled and analyzed, using the software ANSYS 5.5, and the dynamic solutions for that vessel have been considered, including bending moment and shear force in different points.

Keywords: dynamic behavior, vessel reaction, bending moment, shear force

www.SID.ir