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

تحلیل رفتار دینامیکی اجسام شناور با استفاده از روش المان مرزی

حسن رابین
عضو هیات علمی گروه مهندسی دریا دانشگاه خلیج فارس(بوشهر)

چکیده

در این مقاله ابتدا سازه های شناور و مزایا و معایب آنها بطور اجمال معرفی و سپس به دینامیک اجسام شناور پرداخته شده است . در نهایت فرمولاسیون تابع پتانسیل حاکم بروش المان مرزی توضیح و نتایج برنامه کامپیوتری برای یک نمونه پانتون ارائه و مقایسه شده است. با توجه به اینکه این نمونه بطور عملی ساخته و اجرا شده است ، مقایسه نشان میدهد که نتایج کامپیوتری به نتایج واقعی نزدیک میباشند .

مقدمه :

از جمله سازه های شناور می توان به سکو های شناور ،پلهای شناور ، بندرهای شناور، اسکله های شناور ، بندرهای شناور ، موج شکن های شناور و کشتی ها اشاره کرد که همگی نسبت به سازه های ثابت همنام خود دارای مزایا و معایبی میباشند . از مزایای آنها می توان به اقتصادی بودن از لحاظ مواد و ساخت ، قابلیت اجرا در آبهای عمیق ، قابلیت نصب سریع ، قابلیت انتقال ، عدم مشکلات جزر و مدی ،عدم مشکلات فونداسیون ، عدم مشکلات خوردگی (Errosion) و از معایب آنها می توان به احتمال خرابی در مواقع طوفانی نیاز بیشتر به تعمیر و نگهداری اشاره داشت.

عموماً نیروی موج ، طراحی سازه های شناور را دیکته می کند ؛ اما طراح نباید بارهای وارده از قبیل باد . تغییرات آب و ضربه ناشی از تصادم را از نظر دور بدارد.

در طراحی سازه های شناور سعی بر آن است که اختلاف فاز بین پریود موج دریا و پریود حرکت عرضی (غلتشی) سازه تا حد ممکن زیاد شود تا بدین وسیله از دامنه نوسانات و دامنه موج عبوری کاسته شود . بطور کلی طراحی سازه های شناور بخاطر وابسته بودن فاکتورها به یکدیگر ، یک عملیات تکراری و پیچیده می باشد .

واژه های کلیدی

Floating Structure, Floating Breakwater, Boundary Element

دینامیک اجسام شناور

تحلیل فرکانسی ، جسم مهار شده را با یک سیستم خطی که شامل جرم ، فنر و میراکننده می باشد مشابه سازی می کند . تحلیل مذکور به تئوری ارتعاشات شبیه بوده و شامل حل معادله زیر می باشد :

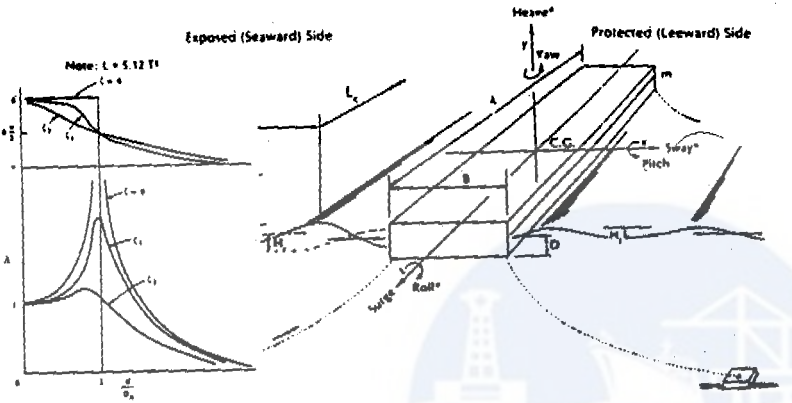
$$[m+a]\{\ddot{x}\}+[b]\{\dot{x}\}+[c]\{x\}=\{F_{(t)}\} \qquad (1)$$

ترمهای سمت چپ دستگاه معادلات کوپله فوق موجب از بین رفتن نیروهای ناشی از حرکت جسم در آب ارام می شوند . جرم افزوده (a) موجب زائل شدن نیروی هیدرودینامیکی مربوط به شتاب جسم در آب آرام می گردد . متشابهاًضریب استهلاک (b) نیروی هیدرودینامیکی متناسب با سرعت جسم در آب آرام را ارائه می دهد . a و b ضرایب هیدرودینامیکی نیز خوانده شده و تابعی از شکل جسم ، فرکانس حرکت و عمق آب می باشد . ثابت فنر (c) ضرائب بر گرداننده هیدرواستاتیکی و مقاومت خطی شده مهارها را نشان می دهد . F(t) نیروی متغیر سینوسی موج بوده و با فرض اینکه جسم بطور صلب نگهداشته شده است محاسبه می شود . این نیرو تابعی از شکل جسم ، دامنه ، فرکانس و جهت موج است .

نیروی بازگرداننده هیدروستاتیکی از مفاهیم اساسی مهندسی کشتی سازی محاسبه و ضرائب هیدرودینامیکی و نیروی موج از تئوری Strip (Frank 1967) و یا تئوری هیدردینامیکی Diffraction (Van Ortmerssen 1967) بدست می آیند .

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- حرکات سازه شناور

شکل۲- فاکتور بزرگنمائی و اختلاف فاز سیستم خطی

روابط نیروی موج ، حرکت جسم و اختلاف فاز بین آنها به شکل زیر تعریف می شوند .

(۲)

$$F_{(t)} = \sin(\sigma t) \qquad (۳)$$

$$x = |X| \sin(\sigma t + \phi)$$

f دامنه نیروی موج ، X دامنه حرکت، σ فرکانس زاویه ، ϕ اختلاف فاز بین جابجای و نیرو می باشد .

در شکل (۲) فاکتور بزرگنمایی و اختلاف فاز بر اساس $\frac{\sigma}{\sigma_n}$ نشان داده شده است . دیده میشود که در نزدیکی فرکانس طبیعی سازه ، ضریب بزرگنمائی بزرگ شده و شرایط تشدید اتفاق می افتد .

حل عددی تابع پتانسیل

جهت محاسبه پتانسیل و در نتیجه بررسی رفتار اجسام شناور می توان از روشهای عددی مانند تفاضل محدود ، المان محدود و المان مرزی بهره جست در این نوع وسائل روش المان مرزی (BEM) روش مناسبتری می باشد . اساس این روش بر قضیه گرین نهاده شده است .در تحلیل عددی رفتار اجسام شناور سیال غیر لزج ، غیر قابل تراکم و غیر چرخشی فرض می شود . با تعریف تابع پتانسیل سرعت و با استفاده از معادله پیوستگی داریم :

(۴)

$$\Delta^2 U_i = 0$$

پتانسیل سرعت موج تابشی به شکل زیر است :

(۵)

$$U_0 = \mathrm{Re}\left(u_0 e^{-i\sigma t}\right) \qquad (۶)$$

$$u_0 = \frac{iga_0}{\sigma} \frac{Coshk(z+h)}{\cosh kh} e^{i(k_1 x + k_2 y)}$$

κ که عدد موج خوانده می شود از رابطه Dispersion قابل محاسبه است .

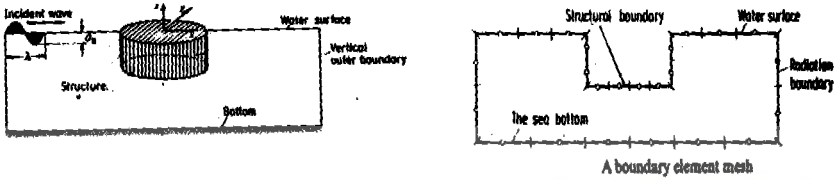
(۷)

$$Tanhkh = \frac{\sigma^2}{\kappa g}$$

U تابع پتانسیل diffraction و a_0 دامنه موج می باشند .

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- تعریف مسئله و المان بندی BEM

شرایط مرزی بصورت زیر تعریف می شود :

$$\frac{\partial u}{\partial n} + pu - q = 0 on 2 \qquad (۹)$$

جدول ۱- شرایط مرزی

مرز	p	q
سطح آزاد	$\frac{(\sigma)^2}{g}$	0
مرز های جانبی	-ik	0
بستر	0	0
سطح جسم	0	$\frac{\partial u_0}{\partial n} + n.v$

تابع گرین به شکل زیر خواهد شد :

$$\int_\Omega w\nabla^2 u d\Omega = \int_\Gamma \left(\frac{\partial u}{\partial n} + pu - q\right) w d\Gamma \qquad (۱۰)$$

w تابع وزن بوده و برای حالت دو بعدی به شکل زیر تعریف می شود :

$$w = \frac{1}{2\pi} Ln \frac{1}{r} \qquad (۱۱)$$

بعد از دو بار انتگرال گیری به معادله زیر می رسیم .

$$c_i u_i + \int \left(\frac{\partial w}{\partial n} + pw\right) u d\Gamma = \int_\Gamma wq d\Gamma \qquad (۱۲)$$

$$\{F_{6\times 1}\} = \mathrm{Re}\left[\left[ip\sigma \int_{\Gamma_i} \{n_{6\times 1}\} U_i d\Gamma\right]^{-im}\right] \qquad (۱۳)$$

$$a_{ij} = \frac{\rho}{\sigma} \int_\Gamma \mathrm{Im}(u) n_i d\Gamma \qquad (۱۴)$$

$$b_{ij} = -\rho \int_\Gamma \mathrm{Re}(u) n_i d\Gamma \qquad (۱۵)$$

a_{ij} و b_{ij} جرم افزوده و استهلاک افزوده در جهت I بخاطر حرکت جسم در جهت j و F نیروی موج می باشند . با داشتن مقادیر فوق می توان معادله نیوتون را حل کرده و میزان جابجایی و ضریب انتقال موج (نسبت ارتفاع موج عبوری به ارتفاع موج دریا) را محاسبه نمود . در اینجا برنامه FB که به منظور تحلیل عددی اجسام شناور به روش المان مرزی نوشته است برای یک موج شکن شناور پانتونی اجرا شده و نتایج آن به صورت منحنی بر حسب پریود موج دریا ارائه و با نتایج مرجع [8] مقایسه شده اند .

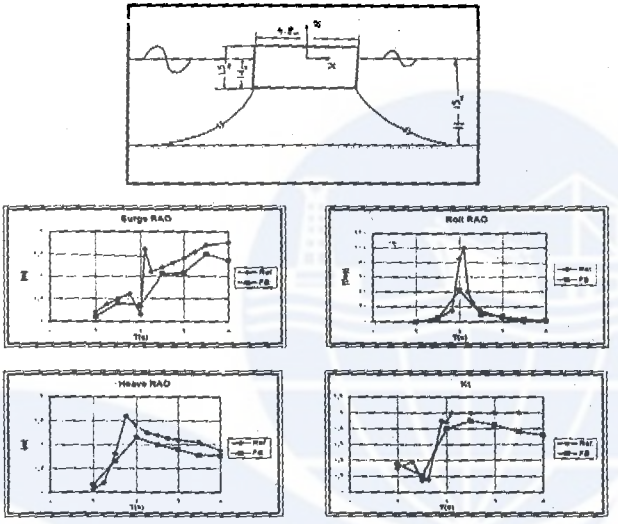
این نمونه در Puget Sound آمریکا بطور عملی ساخته و نتایج عددی و واقعی آن ارائه گردیده است و نتایج بدست آمده از نرم افزار FB به نتایج واقعی نزدیکتر هستند .

در موج شکن های شناور میزان انتقال موج مطرح است . ضریب انتقال (Kt) نسبت ارتفاع موج عبوری به ارتفاع موج تابشی می باشد . ضریب مذکور با پریود موج رابطه مستقیم و با نسبت عرض سازه به طول موج و آبخور آن رابطه معکوس دارد . موج شکن شناور با برگشت دادن انرژی موج بوسیله توربولانس موجب کاهش ارتفاع موج می گردد .

www.SID.ir

Archive of SID

در موج شکن های شناور میزان انتقال موج مطرح است . ضریب انتقال (Kt) نسبت ارتفاع موج عبوری به ارتفاع موج تابشی می باشد . ضریب مذکور با پریود موج رابطه مستقیم و با نسبت عرض سازه به طول موج و آبخور آن رابطه معکوس دارد . موج شکن شناور با برگشت دادن انرژی موج بوسیله توربولانس موجب کاهش ارتفاع موج می گردد .



شکل٤- نتایج بدست آمده از نرم افزار FB و نتایج مرجع [8]

نتیجه گیری

نتایج عملی و آزمایشگاهی انواع سازههای روی هم رفته رضایت بخش بوده و بخاطر مزایایی که دارند توجه مهندسین را بخود جلب کرده اند . هزینه این سازه ها در مقایسه با سازه های ثابت بسیار پایین می باشند . در حل عددی بخاطر مزایایی که روش المان مرزی دارد (از جمله تعداد المانهای کمتر) از آن استفاده شده و برنامه کامپیوتری جهت حل دو بعدی نوشته شده است . دیده می شود که جوابها در پریودهای مختلف (غیر از پریود طبیعی سیستم) نزدیک بهم می باشند

مراجع :

1- *Planning and Design Guidelines for Smal Cart Harbors 1992 .*
2 - *Computation of Wave Force on 3 - Dimensional off Shore Structures . Brebbia .*
3- *Marine Structures Engineering , 1994 , Gregory P . Tsinker .*
4- *Topices in Boundary Element Research , C . A . Brebbia .*
5- *Journal the Waterways and Harbors Division , ASCE , Vol . 95 , No . WW3 , August , 1969*
6- *Journal of Waterway , Port , Coastal and Ocean Engineering Vol . 117 . No . 2, March / April , 1991*
7- *Journal of Waterways , Port , Coastal , and Ocean Engineering Vol . 111 , No .2 March , 1985*
8- *Coastal Hydrodynamics , U .S . Army Coastal Engineering Research Center*

By : Kozo Bando , Choule J . Sonu , Peter J . Grace .

www.SID.ir

Archive of SID

Dynamic Behavior Analysis of Floating Objects Using Boundary Elements Methods

Hossein Abin

Marine Engineering Department, Persian Gulf University (Bushehr)

Abstract

This paper initially introduces floating structures and their advantages and disadvantages briefly, and proceeds to consider the dynamics of floating objects. The formulation of a potential function governing boundary elements method is later explained, and the results of a software system for this purpose is presented and compared for a pontoon prototype. The findings of the study show that the computer results are more akin to the real conditions, even though the prototype was designed and constructed with realistic data.

Keywords: floating structure, floating breakwater, boundary element

www.SID.ir