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

حل عددی اثرات غیر خطی امواج آب حول یک استوانه افقی و بزرگ در دریا با استفاده از یک روش بهبود یافته در حوزه زمان

علیرضا حسین نژاد دوین
استادیار
زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده مهندسی شهید نیک بخته گروه مهندسی مکانیک.

محمد سعید سعیدی
دانشیار
اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مکانیک

۱- مقدمه

اجسام استوانه‌ای بزرگ یکی از اجزاء اصلی سازه‌های دریایی را تشکیل می‌دهد. این سازه‌ها در استخراج نفت و گاز در دریا، مخازن دریایی، مهندسی بندر، موج‌شکن‌های شناور، ساخت اسکله‌ها و پلها و استخراج انرژی اقیانوس استفاده می‌شود. با توجه به عواقب ناگوار جانی و مالی ناشی از خرابی و انهدام این سازه‌ها و همچنین طراحی بهینه اقتصادی لازم است تحقیقات و دقت کافی در طراحی آنها انجام شود. در بررسی اثر امواج بر سازه‌های بزرگ دریایی چنانچه عدد مشخصه کیولگان – کارپنترکمتر از 2.2 باشد نیروهای هیدرودینامیکی وارد بر سازه که منشاء لزجت داشته باشند در مقایسه با نیروهای وارده ناشی از اینرسی و شتاب جریان ناچیز بوده و میتوان برای تحلیل مسئله جریان امواج حول جسم را پتانسیل منظور کرده و با استفاده از تئوری پراش (Diffraction) نیروهای هیدرودینامیکی وارد بر سازه را محاسبه نمود. تئوری خطی امواج برای اکثر موارد طراحی نتایج قابل قبولی می‌دهد، ولی در پاره‌ای از شرایط از جمله وقتی که شیب موج زیاد باشد تئوریهای خطی امواج از جمله تئوری خطی پراش برای تحلیل مسئله کافی نبوده و استفاده از تئوری غیر خطی پراش ضروری می‌شود. سه روش عمده بدین منظور تنبال شده است، روش اول بر اساس حل مرتبه دوم برای امواج منظم با استفاده از روش اختلالی در حوزه فرکانس می باشد [۳]. روش دوم بر اساس حل غیر خطی کامل و استفاده از روش گام برداری زمانی است که در آن شرایط مرزی سطح آزاد در روی آن بطور لحظه‌ای اعمال می‌شود [۱ و ۴]. نیاز به زمان محاسباتی زیاد ، حساسیت به ناپایداری و خطاهای عددی باعث شده‌اند که روش فوق کمتر مورد استفاده قرار گیرد. در روش سوم از روش اختلالی همراه با گام برداری زمانی (حوزه زمان) استفاده شده است [۲]. در این روش مسئله مورد نظر با مرز متحرک به مسئله‌ای با مرزهای ثابت تقلیل پیدا می‌کند و دستگاه معادلات حاصل از معادله انتگرالی با استفاده از پنل بندی سطح فقط یک بار حل می‌شود یعنی دیگر نیازی به محاسبه ماتریس‌های ضرایب در هر گام زمانی وجود نخواهد داشت. همچنین روش سوم برای بررسی اثرات غیر خطی امواج آب حول اجسام دو بعدی در سال ۲۰۰۰ توسط سعیدی، م. و پویا، و. بکار برده شد [۵]. آنها در اعمال شرط مرزی تشعشعی سرعت موج را تابع زمان و مکان در نظر گرفتند و برای اعمال آن از نقاط داخل مرز تشعشعی علاوه بر نقاط روی مرز نیزاستفاده کردند. همچنین برای محاسبه مشتقات عددی مورد نیاز در شرایط مرزی غیر خطی سینماتیکی و دینامیکی سطح آزاد از تفاضل رو به عقب استفاده کردند و در نتیجه علاوه بر هر نقطه در سطح آزاد دو نقطه نیز در داخل مرز حوزه حل بکار گرفتند [۵]. در روش عددی بهبود یافته که در کار حاضر برای بررسی اثرات غیر خطی امواج آب حول یک جسم دو بعدی با مقطع دایره‌ای، که سطح آزاد آب را بطور قائم قطع کرده و تا نیمه آن داخل آب می‌باشد، استفاده شده است در شرط مرزی تشعشعی سرعت موج ثابت فرض شده و همچنین برای محاسبه عددی مشتقات مورد نیاز در روی سطح آزاد فقط از نقاط روی مرز استفاده شده است [۶]. این روش باعث شده است که زمان محاسباتی و حافظه مورد نیاز کامپیوتر به میزان قابل توجهی کاهش یابد. در ضمن مقایسه نتایج حل حاضر با نتایج موجود انطباق خوبی را نشان می‌دهد.

۲- فرمول بندی و روش عددی

با استفاده از روش اختلالی ، دو دستگاه معادله مرتبه اول و دوم حاصل شده و حوزه حل با مرز متغیر به حوزه ای با مرز ثابت تقلیل پیدا می‌کند. سپس در حل هر یک از این دو دستگاه پتانسیل سرعت جریان، مجموعی از دو پتانسیل موج برخوردی و موج پراکنده شده در نظرگرفته می‌شود. معادلات انتگرالی حاصل از قضیه گرین با استفاده از پنل بندی سطح و گام‌برداری زمانی حل می‌شود. فرمول بندی مسئله مشابه مرجع [۶] بوده با این تفاوت که در شرط مرزی تشعشعی برای امواج پراکنده شده مرتبه اول و دوم از سرعت موج ثابت که از رابطه پراکندگی موج استوکس بدست می‌آید استفاده شده است. همچنین در محاسبات عددی مشتقات مورد نیاز در روی سطح آزاد فقط از نقاط سطحی استفاده شده است [۷]. موج برخوردی نیز موج استوکس مرتبه ۲ فرض شده است. برای انجام محاسبات مورد نیاز یک برنامه رایانه‌ای با الگوریتم بهبود یافته نوشته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۳- نتایج

در نتایجی که ارائه می‌شود شعاع استوانه افقی a، طول موج برای موج برخوردی L، عدد موج $k=2\pi/L$، ارتفاع موج برخوردی مرتبه اول H دامنه موج برخوردی مرتبه اول A، ارتفاع موج نسبت به سطح ایستایی η و عمق دریا d می‌باشد. ابتدا اثر پارامترهای مختلف از جمله مقدار گام زمانی، تعداد پنل، طول حوزه حل، زمان تعدیل بر حل حاصل و همگرایی آن بررسی شده است [۷]. در شکل (۲- پ) نیروی افقی وارده بر استوانه افقی برای حالت $H/L=0.1$ ، $ka=0.6$ و $kd=\pi$ بر حسب زمان رسم شده و با نتایج مرجع [۲] در قسمت (الف) قابل مقایسه است. نتایج مقایسه نشان می‌دهد که حل حاضر و حل مرجع فوق کاملاً بر هم منطبق می‌باشد. شکل فوق همچنین نشان می‌دهد اثرات غیر خطی باعث افزایش حدود ۲۰ درصد در مقدار ماکزیمم نیرو شده است. برای نیروی قائم وارده بر استوانه افقی در مسئله فوق نیز انطباق خوبی بین حل حاضر و مرجع [۲] مشاهده شده است .در مورد مؤلفه قائم نیرو اثرات غیر خطی در مقادیر ماکزیمم منفی قابل توجه است [۷]. نتایج شکل (۲- ب) نشان می‌دهد پس ازحدود یک پریود جواب پایدار یا همگرا حاصل می‌شود

همچنین مقایسه خیز موج تا مرتبه اول و تا مرتبه دوم در بالا دست استوانه افقی با مشخصات $H/L=0.1$ ،$ka=0.6$ و $kd=\pi$ حاصل از حل حاضر و مرجع [۲] نشان می‌دهد که نتایج با اختلاف کمتر از یک درصد بر هم منطبق می‌باشند. اثرات مرتبه دوم باعث ۲۳ درصد افزایش در خیز موج در بالا دست استوانه افقی شده است. در پایین دست استوانه خیز موج کمتر از بالا دست بوده و اختلاف قابل توجهی بین خیز موج حاصل از حل تا مرتبه اول و حل تا مرتبه دوم مشاهده نمی‌شود [۷].

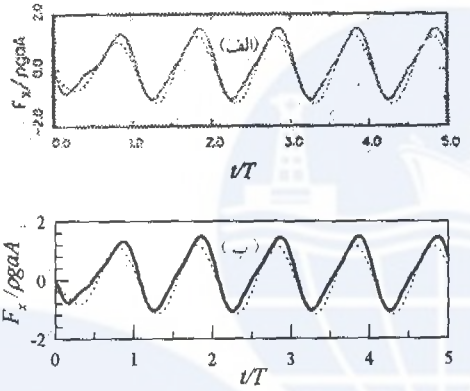
در شکل (۳) پروفیل موج تا مرتبه اول و تا مرتبه دوم در پریود پنجم، $t/T=5$، برای حالت $H/L=0.1$ ، $ka=0.6$ و $kd=\pi$ رسم شده است. مشاهده می‌شود اثرات غیر خطی و مرتبه دوم باعث ناهمواری سطح موج و افزایش خیز موج می‌شود. در بالا دست جسم امواج برخوردی و پراکنده شده در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند و با عث تشکیل امواج شبه ایستا و افزایش ارتفاع موج حاصل می‌شوند اما در پایین دست جسم امواج پراکنده شده و برخوردی در یک جهت حرکت نموده و ترکیب آنها باعث تشکیل امواجی با ارتفاع کمتر نسبت به امواج بالا دست می‌شوند.

در جدول (۱) و شکلهای (۴) و (۵) سه حالت برای محاسبه نیروی افقی وارد بر استوانه افقی و خیز موج در بالا دست استوانه با مشخصات $H/L=0.1$ ، $ka=0.6$ و $kd=\pi$ مطالعه شده است. نتایج جدول نشان می‌دهد که استفاده از سرعت موج ثابت (حالت۲) به تنهایی باعث کاهش ۲۸ درصد در حافظه‌کامپیوتری مورد نیاز و کاهش ۱۱ درصد در زمان محاسبه نسبت به حالت ۱ شده است. شکلهای مذکور نشان می‌دهدکه نتایج حاصل از حل با فرض سرعت موج ثابت و استفاده از نقاط داخلی در روی سطح آزاد کاملاً با نتایج حاصل از در نظر گرفتن سرعت موج متغیر و استفاده از نقاط داخلی بر هم منطبق است. همچنین نتایج جدول فوق نشان می‌دهد استفاده از سرعت موج ثابت و عدم استفاده از نقاط داخلی در سطح آزاد منجر به ۵۴ درصدکاهش درحافظه کامپیوتری مورد نیاز و۵۰ درصد کاهش در زمان محاسبه می‌شود. البته نتایج حاصل برای نیروی افقی و خیز موج در حالت ۳ جدول، همچنانکه در شکلهای مذکور نشان داده شده، حداکثر ۵ درصد اختلاف با حالت ۱ یا ۲ جدول فوق را نشان می‌دهد.

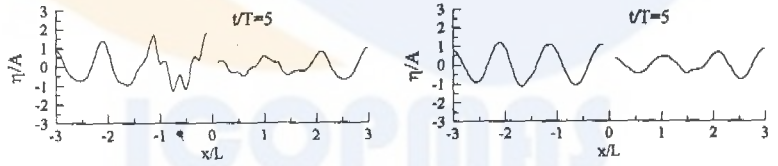
www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱- یک نمونه از پنل بندی حوزه حل حول استوانه افقی



شکل ۲- نیروی افقی موج وارده بر استوانه افقی بر حسب زمان برای حالت H/L=0.1 ، ka=0.6 و kd=π .... حل تا مرتبه اول ، □ حل تا مرتبه دوم، (الف) مرجع [۲]. (ب) کار حاضر.



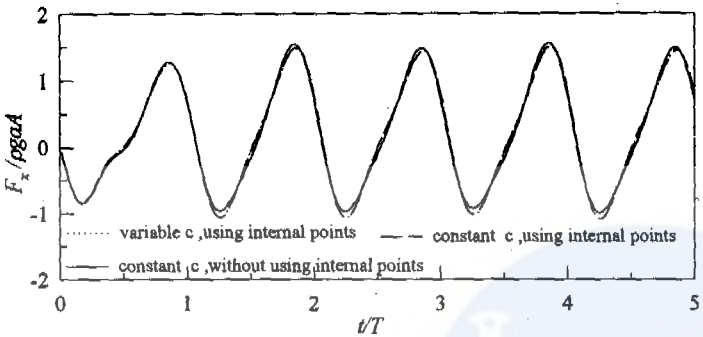
شکل ۳- تغییرات پروفیل موج سطح آزاد تا مرتبه اول و دوم بر حسب زمان حول استوانه افقی برای حالت H/L=0.1 ، ka=0.6 و kd=π . سمت راست حل تا مرتبه اول ، سمت چپ حل تا مرتبه دوم.

جدول ۱- بررسی اثر c ثابت و c متغیر و استفاده یا عدم استفاده از نقاط داخلی در سطح آزاد در زمان حل و حافظه مورد نیازبرای استوانه افقی با مشخصات H /L=0.1 ، ka=0.6 و kd=π .

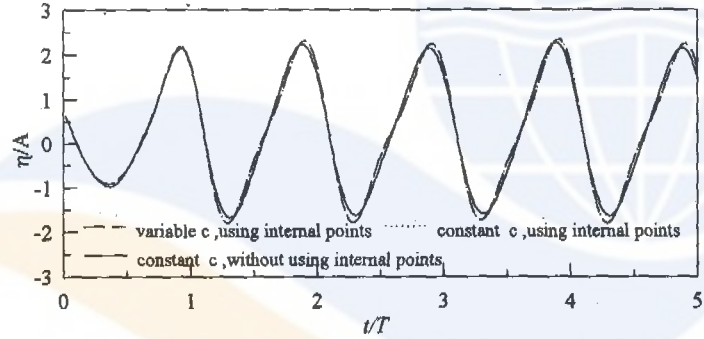
حالت	c متغیر	c ثابت	استفاده از نقاط داخلی	عدم استفاده از نقاط داخلی	درصد کاهش حافظه مورد نیاز نسبت به حالت ۱	درصد کاهش زمان مورد نیاز نسبت به حالت۱
۱	+		+		۰	۰
۲		+	+		۲۸	۱۱
۳		+		+	۵۴	۵۰

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- اثرc و استفاده از نقاط داخلی در روی سطح آزاد بر تغییرات مؤلفه افقی نیروی بدون بعد تا مرتبه دوم برحسب زمان نسبی روی استوانه افقی برای حالت H/L=0.1 ، ka=0.6 و kd=π .



شکل ٥- اثرc و استفاده از نقاط داخلی بر تغییرات خیز موج تا مرتبه دوم بر حسب زمان نسبی روی استوانه افقی برای حالت H/L=0.1 ، ka=0.6 و kd=π .

٤- مراجع

[1] Isaacson, M., "Nonlinear wave effects on fixed and floating bodies," J.Fluid Mech., Vol. 120, 1982, pp.267-281.

[2] Isaacson, M., and Cheung, K. F., "Second-order wave diffraction around two dimensional bodies by time-domain method," Applied Ocean Research, Vol. 13, No. 4, pp. 175-186, 1991.

[3] Keriebel, D. L., " Nonlinear wave interaction with a vertical cylinder, part I. diffraction theory," Ocean Engineering (pergamon), Vol. 17, No. 4, 1990, pp.345-377.

[4] Skourup, J., Sterndorff, M. J., and Hansen, E. A., "A 3-d nonlinear boundary element model for wave-structure interaction," Computer Modelling in Ocean ngineering, 1991, pp. 57-67.

[5] Saidi, M. S. and Pouya, V. "Numerical analysis of second order wave diffraction on two-dimensional bodies", Iranian Journal of Science and Technology, Vol. 24, No. 3, 2000, pp. 269-282.

[۶] پویا، وحید، "پراش غیر خطی امواج حول اجسام ثابت"، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۷۵، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[۷] حسین نژاد دوین، علیرضا، "تحلیل هیدرودینامیکی اثرات غیر خطی امواج آب روی اجسام بزرگ در دریا"، ۱۳۸۰، پایان نامه دکتری، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان.

www.SID.ir

Archive of SID

Numerical Solving of Waves Nonlinear Effects around a Big Horizontal Cylinder Using an Improved Method in Time Domain

A Hossein Nejad Dovin

Sistan & Baluchistan University

M S Saeidi

Assistant Professor, Isfahan Technical University

Abstract:

Big cylindrical objects constitute the main part of marine structures. These structures are used in extraction of oil and gas in sea, ports engineering, building jetties and bridges, extracting energy from ocean and in floating breakwaters and tanks. Considering various unfortunate consequences that the destruction of these structures may have and the optimum and economical structure designing, it is necessary to do enough researches in designing these structures. In the improved numerical method which is used for investigating the nonlinear effect of waves around a two-dimensional object with the circular section, which cuts the surface water vertically, in the radiative border condition the wave speed is assumed to be fixed and for numerical calculation of needed derivatives on the free surface, the on-border spots have been used. This method helped in significantly decreasing the calculation time and the computer memory.

Key words: nonlinear effects, horizontal cylinder, marine structures, improved method

www.SID.ir