



سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی رانی 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.



محاسبه ضرایب هیدرودینامیکی سکوی TLP با استفاده از روش انتگرال مرزی

محمد سعید سعیدی
دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده در این مقاله حل برخورد امواج دریا با دو نوع سکوی TLP با استفاده از تئوری پراش خطی و در قلمرو فرکانسی و روش انتگرال مرزی انجام و ضرایب هیدرودینامیکی محاسبه شده‌اند. برای حل سطح سکوی پناهی بندی شدن و روی هر پائل توزیع یکنواختی از چشمه سه بعدی قرار داده شده است. با استفاده از مقارن بودن سکوی نسبت به صفحه قائم، تنها یک چهارم سکوی پناهی بندی شد و با اعمال این ویژگی در برنامه محاسباتی، عملاً زمان محاسبات به کمی بیش از یک پنجم تقلیل پیدا کرد. برای انجام محاسبات برنامه DIFRACFD نوشته شد. این برنامه شش مؤلفه نیرو و گشتاور وارد بر سکوی به علاوه عناصر تانسور جرم مجازی و میرایی حرکت با شش درجه آزادی سکوی را محاسبه می‌نماید. در این مقاله محاسبات برای دو نوع سکوی انجام شده است.

مقدمه

سکوی های نوع TLP (Tension Leg Platform) به منظور اکتشاف، استخراج و بهره برداری از منابع نفتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تحلیل دینامیکی این سکوی ها تحت تاثیر امواج دریا به داشتن ضرایب هیدرودینامیکی سکوی نیاز دارد. ضرایب هیدرودینامیکی با روشهای تجربی و عددی قابل محاسبه هستند. در این مقاله روش عددی مورد توجه بوده و مسئله را در حالتی در نظر می‌گیریم که استفاده از تئوری پراش خطی مجاز باشد و به علاوه روش قلمرو فرکانس ترجیح داده شده است.

مدلسازی ریاضی و روش عددی حل معادلات

سکوی TLP را در یک موقعیت دلخواه در نظر می‌گیریم. پتانسیل کل مجموعه به سه جزء تفکیک می‌شود.

$$\Phi = \Phi^{(I)} + \Phi^{(S)} + \Phi^{(R)}$$

$\Phi^{(I)}$ معرف موج برخوردی، $\Phi^{(S)}$ معرف موج پراکنده شده و $\Phi^{(R)}$ معرف امواج منتشر شده در اثر حرکت جسم شناور میباشد که خود ترکیبی از شش مؤلفه ناشی از شش مؤلفه حرکتی می‌باشد. معادلات حاکم بصورت زیر هستند.

$$\nabla^2 \Phi = 0$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} - \frac{\omega^2}{g} \Phi = 0$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = V_n$$

که ω فرکانس موج و V_n معرف مؤلفه نرمال سرعت لحظه ای جسم شناور می‌باشد. در اینجا از روش انتگرال مرزی استفاده شده و سطح جسم را به پائل های تحت تقسیم نموده و روی هر پائل توزیع یکنواختی از چشمه قرار داده می‌شود. اگر $f(\xi, \eta, \zeta)$ معرف قدرت چشمه و تابع گرین G معرف پتانسیل چشمه به قدرت واحد باشد نتیجه می‌شود.

$$\Phi(x, y, z) = \frac{1}{4\pi} \int_{S_g} f(\xi, \eta, \zeta) G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta) ds$$

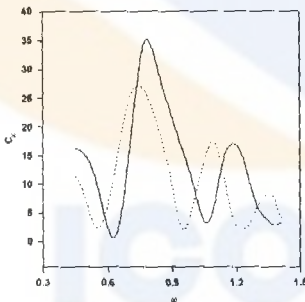
با استفاده از تابع گرین وی هاوزن و لیتون [۱] و اعمال شرط مرزی روی سطح جسم منجر به یک معادله انتگرالی می‌شود. با استفاده از پناهی بندی معادله انتگرالی بیخ یک دستگاه معادلات جبری خطی تبدیل میشود که از حل آن ضرایب $f(\xi, \eta, \zeta)$ و سپس پتانسیل سرعت بدست می‌آیند. بعلاوه برای بالا بردن دقت محاسبات، انتگرال کمپات روی سطح هر پائل با استفاده از روش پیشنهادی نویسن [۲] که یک روش نیمه تحلیلی است محاسبه شده است.

نتایج

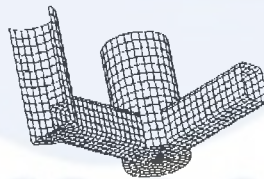
به منظور حل مسائل پراش سه بعدی خطی برنامه DIFRACFD به زبان فورترن نوشته شد. برای کنترل دقت نتایج برنامه برای اجسام شناور، مسئله برای مدلی از یک شناور مکعب مستطیلی حل و با نتایج عددی مرجع [۳] مقایسه شدند. ملاحظه شد نتایج هر دو به خوبی بر هم منطبق هستند. با توجه باینکه سکو های مورد نظر چند پایه بوده و امواج پراکنده شده از پایه ها با یکدیگر تداخل می کنند، می بایستی دقت برنامه در مدل کردن تداخل امواج بررسی می شد. در این رابطه برای حالتی که پایه ها بشکل استوانه های قائم، عمود و مجزا باشند حل تحلیلی وجود دارد [۴]. لذا مسئله برای حالتی نزدیک به هندسه سکو ها اجرا شد. در این حالت چهار استوانه در یک آرایش مربعی که محور هر استوانه در یک رأس مربع قرار داده شده مورد بررسی قرار گرفت. ملاحظه شد در محدوده عدد پراش انتخابی نتایج ایندو با دقت خوبی بر یکدیگر منطبق هستند. به منظور انجام محاسبات مربوط به سکو های مورد نظر، با توجه به اینکه سکو های انتخابی دارای دو صفحه تقارن عمود بر سطح آب هستند، برنامه DIFRACFD بگونه ای تکمیل شد که بتواند با اطلاعات یک چهارم شکل و ضرایب هندسی آن بتواند مسئله را برای کل سکو حل کند. بدین ترتیب حافظه کامپیوتری مورد نیاز به یک چهارم و زمان اجرای برنامه به کم بیش از یک پنجم تقلیل داده شد. در شکل (۱) پل بندگی یکی از سکو ها با تعداد ۴۱۴۰ پسل نشان داده شده است. انتخاب پسل های بیشتر تاثیر ناچیزی در نتایج داشت. بعنوان نمونه در شکل (۲) نیروی سرج وارد بر سکو ها آورده شده است. حضور قله ها در رابطه با امواج هستند که نصف طول موج آنها مضرری از فاصله بین مراکز پایه های سکو ها هستند. همچنین سایر ضرایب نیرویی و ضرایب جرم مجازی و ضرایب میرایی محاسبه شدند.

مراجع

- [1] - Wehausen, J.V. and Laitone, E.R., "Surface Waves", *Encyclopedia of Physics*, Vol. 9. Springer-Verlag, Berlin, 446-778, 1960.
 [2] Newman, J.N., "Distribution of sources and normal dipoles over a quadrilateral panel", *J. of Engineering Mathematics* 20 (1986) 113-126.
 [3] - Newman, J.N. "The exciting forces on fixed bodies in waves", *Journal of Ship research*, 8, 10-17, 1962.
 [۴] - سعیدی، محمد سعید، "تحلیل برخورد امواج دریا با مجموعه ای از استوانه های ثابت"، مجموعه مقالات دومین کنفرانس هیدرولیک ایران. دانشگاه علم و صنعت ایران، آبانماه ۱۳۷۸.



شکل ۲- تغییرات نیروی سرج وارد بر سکو بر حسب فرکانس موج منظم، — سکوئی الف، ... سکوئی ب



شکل ۱- پل بندگی سکوی الف