



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.



تحلیل موج سازه های امواج نا منظم با استفاده از تئوری پراش خطی

احمد نظری
 کارشناس ارشد

محمد سعید سعیدی
 دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک
 دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده سه نوع موج ساز پیستونی، فلیبی و گوه ای مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از تئوری پراش خطی، میدان جریان حاصل از حرکت موج ساز حل شده است. سپس توابع تبدیل هر موج ساز برای امواج هارمونیک بدست آمده و با انتخاب طیف امواج نا منظم طیف نوسانی موج ساز برای ایجاد موج نا منظم مورد نظر محاسبه شده است.

مقدمه

در طراحی سازه های دریایی ضرایب هیدرودینامیکی از اهمیت خاصی برخوردارند. یکی از راههای تعیین این ضرایب روش های آزمایشگاهی بوده است. موج ساز های متنوعی در آزمایشگاه های هیدرودینامیک مورد استفاده قرار می گیرند که رایج ترین آنها موج سازهای نوع پیستونی، فلیبی و گوه ای است. در این مقاله این سه نوع موج ساز مورد بررسی قرار گرفته و با حل میدان جریان ضرایب تبدیل محاسبه شده و سپس با انتخاب طیف امواج نا منظم، طیف نوسانی موج ساز بدست آمده است.

معادلات جریان

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = 0, \quad z = -h$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} - \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0, \quad z = 0$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + g\eta = 0, \quad z = 0$$

بعلاوه شرط مرزی تشعشع و همچنین روی سطح هر موج ساز باید شرط مرزی سرعت نسبی صفر ارضاء شود. در مورد موج ساز پیستونی و فلیبی معادله لاپلاس را با روش جداسازی متغیرها حل کرده پتانسیل سرعت و نسبت دامنه موج، H ، به دامنه موج ساز، S_0 ، بدست می آید [۱]

$$\phi(x, z, t) = A \cosh(k_1(h+z)) \sin(k_1 x - \sigma t) + \cos(\sigma t) \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{-k_2 n x} \cos(k_2 n(z+h))$$

$$\frac{H}{S_0} = \frac{4 \sinh(kh)}{\sinh(2kh) + 2kh} (\sinh(kh) + \frac{\cosh(kl) - \cosh(kh)}{k(h-l)})$$

در روابط فوق ϕ پتانسیل سرعت، η برافیل موج، k عدد موجی، σ فرکانس موج، h عمق آب و l طول موج ساز فلیبی است. موج ساز گوه ای دارای حرکت نوسانی عمودی نسبت به سطح ساکن آب می باشد. گوه ممکن است شکل و اندازه های مختلفی داشته باشد اما نوع مثلثی شکل آن متداولتر است. در خصوص حل مسئله موج ساز گوه ای می توان به کار ونگ [۳] و وو [۴] اشاره نمود. ونگ با استفاده از نگاشت همدیس کانتور سطح موج ساز را به یک دایره تبدیل و با اعمال شرایط مرزی جواب تحلیلی به دست آورده است. در این تحلیل اثر عمق آب دیده نمی شود و لذا نتایج آن با نتایج تجربی برای عمقهای کم با اختلاف روبرو می شود. در روش وو این اثر دیده می شود لیکن جواب به یک حل تحلیلی منجر نمی شود و با استفاده از روشهای عددی حل می شود. در این مقاله از روش وو و یک گوه با سطح مقطع مثلثی استفاده شده است. معادلات حاکم مطابق با معادلات قسمت قبل است. پتانسیل سرعت ϕ با استفاده از روش تقریبی (Boundary Collocation Method : BCM) بدست می آید. روش BCM براساس ترکیب خطی از توابعی است که جوابهای

مسئله می‌باشند و ضرایب مجهول این ترکیب را می‌توان با به کار بردن روش حداقل مربعات برای نقاط مختلف که بر روی سطح صفحه موج ساز در نظر گرفته می‌شوند به دست آورد [۱].

$$\phi(x, z, t) = A_0 \cosh(ky) \cos(kx - \omega t) + \cos(\omega t) \sum_{n=1}^m A_n \cos(k_n y) e^{-k_n x}$$

برای محاسبه ضرایب A_0 و A_n سطح شیبدار گوه و همچنین فاصله بین رأس گوه تا کف کانال را به فواصل مساوی تقسیم کنیم. با مشخص شدن این ضرایب تابع پتانسیل را می‌توان محاسبه نمود. با استفاده از شرط مرزی سطح آزاد پروفیل موج و سپس نسبت دامنه موج Q به دامنه حرکت گوه S به دست می‌آید.

$$Q_s = \frac{a}{s} = \text{Abs}[-i C_1 kh \sinh(kh)] \quad , \quad C_1 = \frac{A_0}{\omega sh}$$

اگر فرض کنیم که موج دریا به صورت ترکیب خطی از تعداد زیادی امواج منظم باشد در اینصورت می‌توان دامنه موج در هر فرکانس گسسته را به دامنه حرکت صفحه موج ساز تبدیل نمود. از معادله فوق رابطه بین $S_{\eta\eta}(\omega_n)$ طیف گسسته انرژی سطح آب و $S_{wb}(\omega_n)$ طیف گسسته انرژی صفحه موج ساز بدست آمده و امواج نامنظم شبیه سازی میشوند.

$$S_{\eta\eta}(\omega_n) = (Q_m)^2 S_{wb}(\omega_n)$$

نتایج

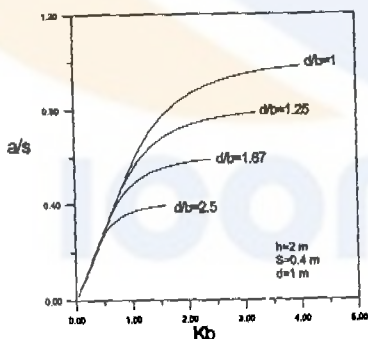
در شکل (۱) نسبت دامنه موج به دامنه حرکت صفحه موج به ازاء مقادیر مختلف پارامتر عمق نسبی (kh) برای دو نوع موج ساز پیوستنی و همچنین موج ساز فلپی که در کف کانال لولا شده نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که در عمق بسیار کم هر دو منحنی به صورت خطوط مستقیم هستند. در شکل (۲) نسبت دامنه موج به دامنه حرکت گوه که تابعی از عمق نسبی kh و نسبت d/b می‌باشد برای مقادیر مختلف d/b رسم شده است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که برای تولید امواج با طول موجهای بزرگ (مقادیر کوچک kh) نسبت دامنه موج به دامنه حرکت گوه فقط تابعی از فرکانس حرکت گوه بوده و مستقل از شکل هندسی گوه (نسبت d/b) می‌باشد. لیکن در طول موجهای کوچکتر (kh بزرگ) شکل هندسی گوه تأثیر زیادی در دامنه موج تولید شده دارد. به طوری که در این محدوده برای تولید امواج با ارتفاع بزرگتر باید از گوه‌های با نسبت d/b کوچکتر استفاده نمود.

مراجعه

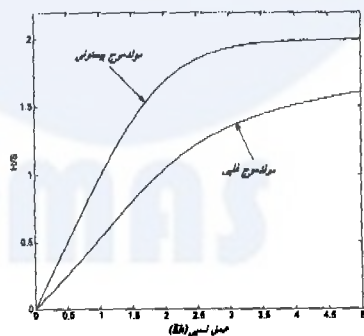
[۱]- نظری، احمد، "تحلیل هیدرودینامیکی مولد موج" رساله کارشناسی ارشد "دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، زمستان ۱۳۷۶.

[2]- Wang, S. "Plunger-type wavemakers: theory and experiment," Journal of Hydraulic Research, Vol 12, No.3, pp 357-388, 1974.

[3]- Wu, Y. C. "Plunger-type wavemaker theory," Journal of Hydraulic Research, Vol 26, No.4, pp 483-491, 1088.



شکل ۲- نسبت دامنه موج به دامنه حرکت گوه



شکل ۱- نسبت دامنه موج به دامنه حرکت صفحه موج ساز