

حل تحلیلی برخورد یک مقطع نامتقارن گوه ای شکل به سطح آب

سید مهدی سلیمان نیا^۱، پرویز قدیمی^۲، عباس دشتی منش^۳، محمد امین فیض چکاپ^۴

pghadimi@aut.ac.ir

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
 ۲- استاد یار دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر - pghadimi@aut.ac.ir
 ۳- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
 ۴- کارشناس ارشد (فارغ التحصیل)، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

مسئله برخورد سینه شناورهای تندرو به سطح آب از مهمترین پدیده های سازه ای می باشد که یک شناور در طول دوران کاری خود دائماً با آن مواجه می گردد. محققان بسیاری در همین راستا و به کمک روش های گوناگون به بررسی این پدیده پرداخته اند. در این مقاله، مساله برخورد نامتقارن یک مقطع دوبعدی گوه ای شکل به سطح آب مورد مطالعه قرار گرفته است. جهت تحلیل پدیده یادشده در حالت نامتقارن، از تعدادی روابط تحلیلی استفاده شده که نحوه رسیدن به روابط مذکور به اختصار بیان گردیده است.

در نهایت، روابط تحلیلی به دست آمده جهت تعیین توزیع فشار و ماکزیمم مقدار آن، بر روی گوه هایی با زوایای رأس مختلف بکار گرفته شده اند. نتایج حاصل، نشان دهنده توافقی خوبی میان نتایج به دست آمده و نتایج حاصله از تحقیقات دیگر محققین می باشد. در نهایت، با تحلیل نتایج بدست آمده، واکنش توزیع فشار نسبت به تغییرات هندسی و فیزیکی در مسأله کوبش مورد مطالعه قرار گرفته است.

واژگان کلیدی

روش تحلیلی، گوه، برخورد نامتقارن، توزیع فشار

تاریخ دریافت مقاله : ۹۰/۱۰/۱۸
 تاریخ پذیرفته شدن مقاله : ۹۱/۳/۲۰

۱- مقدمه

در شناورهای با سرعت بالا، یکی از مهمترین نیروهای وارد بر سازه، نیروی کوبش ناشی از برخورد به سطح آب می‌باشد. کوبش از دو جهت برای طراحان حائز اهمیت می‌باشد، ابتدا، در تحلیل رفتار دینامیکی شناور، زیرا این پدیده در اثر ایجاد نیروهای شدید در جلوی شناور باعث ایجاد شتابهای منفی در حرکت کشتی گشته و بر روی حرکت شناور بسیار تأثیرگذار می‌باشد. از طرف دیگر، نیروهای ناشی از این پدیده یکی از مهمترین نیروهای خارجی وارده بر بدنه شناور می‌باشد و به همین سبب باید در طراحی سازه‌ای به ویژه در طراحی محلی سازه شناور، مورد توجه واقع گردد. این نیرو باعث ایجاد خرابی‌های محلی شدید در قسمت جلوی شناورها گشته و در شرایط بسیار حاد، کمانش عرشه‌های میانی در اثر تأثیر این پدیده دور از انتظار نیست. لازم به توضیح است که نیروی ناشی از ضربه کوبش با افزایش سرعت شناور به شدت افزایش می‌یابد.

از طرف دیگر، عدم تقارن بدنه و متعاقباً ضربات نامتقارن بر کشتی می‌تواند در روند تأثیرات کوبش، نقش اساسی داشته باشد. به علت تحریک امواج و فشار باد روی سوپرستراکچر، حرکت رول کشتی باعث می‌شود که قسمت جلوی بدنه کشتی همواره تحت برخورد نامتقارن باشد، لذا در مقایسه با ضربه‌ی هیدرودینامیکی متقارن، تأثیر ضربه نامتقارن روی واکنش سازه جدی‌تر به نظر می‌رسد، زیرا سطح فشار دینامیکی در یک زمان کوتاه افزایش می‌یابد.

هووا [1] اهمیت این مسئله را هنگام مشخص کردن مشکلات ارزیابی بارهای طراحی برای شناورهای تندرو، با استفاده از روشهای تئوریک، دریافت. روزن و رودگرسون [2] هنگام اندازه‌گیری فشار هیدرودینامیکی، با استفاده از یک قایق مدل با اندازه واقعی در امواج به این موضوع رسیدند که امواج جلویی سطح فشار بیشتری نسبت به سطح امواج، به خاطر شرایط نامتقارن دارند. این مسئله تاکنون به

کمک روش‌های عددی، حل تشابهی و کارهای آزمایشگاهی، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. نخستین بار وان کارمن [3] مسئله برخورد یک گوه به سطح آب را براساس تئوری مومنوم مورد مطالعه قرار داد. در تئوری وان کارمن، از بلند شدن سطح آب و اثر ثقل چشم‌پوشی شده است. در سال ۱۹۳۲، واگنر [4] تحقیقات جدیدی را در این زمینه آغاز کرد. او در تحقیقات خود، اثر بالاروی سطح آب را در نظر گرفت. در روش واگنر، برای زوایای بالا آمدگی کوچک با فرض عدم وجود هوای محبوس، مقادیر بهتری برای نیروی هیدرودینامیکی و ماکزیمم فشار بدست می‌آید. در این روش در محل برخورد سطح آزاد به بدنه، سینگولاریتی وجود دارد.

بسیاری از محققان براساس روش واگنر فعالیت‌های مختلفی را انجام داده‌اند. واتانابه [5] در سال ۱۹۸۶ با منطبق کردن حل جریان روی بدنه در ناحیه ریشه اسپری و حل واگنر در ناحیه خارجی سینگولاریتی را حذف نمود. با این وجود حل ناحیه داخلی از دقت خوبی برخوردار نبود. کونته و آرماند [6] در سال ۱۹۸۷ با منطبق کردن جوابهای بدست آمده از روش واگنر در دو ناحیه داخلی و خارجی این سینگولاریتی را حذف نمودند. هاویسون [7] در سال ۱۹۹۱ روش کونته و آرماند را به نحوی توسعه داد تا جوابگوی محدوده وسیعتری از بدنه‌ها باشد. کونته [8] در سال ۱۹۹۱ روش هاویسون را برای دو نوع گوه با زاویه رأس بزرگ و کوچک بکار برد. فالتینسن [9] در سال ۲۰۰۲ نواحی داخلی و خارجی متفاوتی را نسبت به کار واگنر در نظر گرفت.

در مقاله حاضر، برای محاسبه توزیع فشار نامتقارن کوبش، یک روش ساده تنظیم شده که تعمیم یافته تئوری واگنر است و توسط توپوما [10] ارائه شده است. فرمول ارائه شده از همان روشی تبعیت می‌نماید که توسط آقای واگنر برای گوه‌ی در حال ورود به آب در حالت متقارن استفاده شده است. یکی از فرضیات در نظر گرفته شده در ارائه‌ی نحوه‌ی توزیع

$$(M + M_{zz})V - MV = \int_V F dt \quad (2)$$

لذا نیروی کوبش در هر لحظه از رابطه ی $\frac{d}{dt}(M_{zz}V)$ حاصل می‌گردد. مشاهده می‌شود که این نیرو مستقیماً به M_{zz} و میزان تغییرات آن در زمان وابسته می‌باشد.

با فرض ایده‌آل بودن سیال، می‌توان بیان نمود که حرکت سیال در طول فرآیند غیر چرخشی خواهد بود و یک پتانسیل سرعت ϕ وجود خواهد داشت. جرم افزوده در جریان انتقال انرژی با رابطه زیر بهن پتانسیل سرعت وابسته خواهد بود:

$$M_{zz} = \frac{\rho}{V'} \iint \phi \frac{\partial \phi}{\partial \eta} ds. \quad (3)$$

همچنین پتانسیل سرعت معادله لاپلاس را ارضا خواهد نمود:

$$\nabla^2 \phi = 0. \quad (4)$$

اگر شرایط سطح آزاد به صورت خطی با استفاده از شرایط اولیه غیر مختلط با جسم تخمین زده شود، در آنصورت در این ناحیه شرایط مرزی هم پتانسیل در نظر گرفته خواهد شد:

$$\phi = 0.$$

بر روی بدنه جسم نیز، خواهیم داشت:

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = V_n. \quad (5)$$

واگنر، همچنین بالا آمدگی سیال اطراف گوه را در نظر گرفت و مبتنی بر آن، حرکت سیال را مورد بررسی قرار داد. در شکل (۱)، پارامترها و فرضیات او قابل مشاهده می‌باشد.

فشار ناشی از کوبش بر روی گوه، شکل پروفیل آب در ناحیه‌ی برخورد می‌باشد که این شکل براساس تئوری کوبش آقای واگنر در نظر گرفته شده است. اگرچه این روش از یک دیدگاه ساده مشتق شده، نتایج حاصل از آن در مقایسه با یک روش عددی پیچیده تر که از اسکولان [11] مشتق شده، قابل قبول می‌باشد. وانگ [12] اهمیت تاثیر عدم تقارن ورود شناور به آب را هنگام بررسی‌های خود پیرامون رفتار سازه تحت نیروهای ناشی از کوبش، دریافت.

در مطالعه حاضر، ابتدا به ارائه روش تحلیلی که منتج به استخراج فرمول توپاما برای محاسبه توزیع فشار ناشی از کوبش نامتقارن می‌گردد، پرداخته می‌شود. سپس، با ارائه برنامه‌ای کامپیوتری، توزیع فشار ناشی از کوبش گوه، در شرایط فیزیکی متفاوت مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- روش تحلیلی

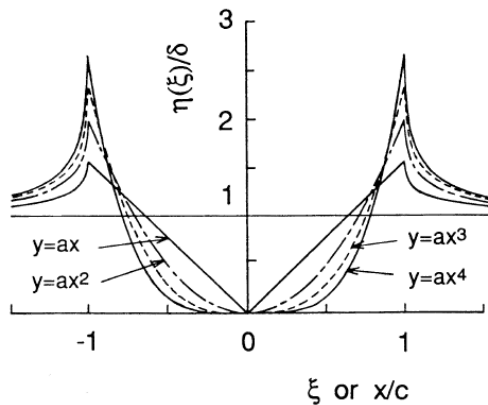
واگنر به بررسی جریان سیال اطراف یک گوه در حال ورود به آب با سرعت ثابت پرداخت، که در آن جرم واحد طول گوه m می‌باشد. اساس کار او بر روی ایده اولیه وان کارمن بوده که در طول پدیده برخورد، مومنتم گوه در حال سقوط به جرمی از آب که در صفحه‌ی فرضی حاصل از تقاطع تصویر گوه و سطح آب پدید می‌آید، منتقل می‌شود.

مومنتم جسم هنگام برخورد با سطح آب $M.V_0$ می‌باشد، در حالی که M جرم گوه و V_0 سرعت جسم در لحظه برخورد است. در طول نفوذ جسم به درون آب، سرعت آن کاهش خواهد یافت ($V < V_0$) و جرم آن بر اثر اینرسی آب در اطراف خود در حال افزایش می‌باشد. به این افزایش وزن (M_{zz})، وزن افزوده اطلاق می‌شود. با در نظر گرفتن حضور نیروهای خارجی نظیر گرانش، بویانسی، اصطکاک،... معادله مومنتم به صورت زیر خواهد بود:

$$M\dot{V} + \frac{d}{dt}(M_{zz}V) = F \quad (1)$$

که برای V داریم:

نظر گرفته که در شکل (۲) به نمایش درآمده است. میزان بالا آمدگی آب در اطراف شناور برای اشکال پیشنهادی واگنر در معادلات ۱۰ تا ۱۳ ارائه شده است.



شکل (۲) سطح آب انباشته شده بر اساس تئوری واگنر

(۱) حالت خطی:

$$y = ax, \frac{c}{c_1} = \frac{\pi}{\tau} = 1.571$$

$$\frac{\eta(\xi)}{\delta} = \xi \sin^{-1}\left(\frac{1}{\xi}\right) \quad (10)$$

(۲) معادله‌ی درجه ۲:

$$y = ax^2, \frac{c}{c_1} = \sqrt{2} = 1.414$$

$$\frac{\eta(\xi)}{\delta} = 2\xi(\xi - \sqrt{\xi^2 - 1}) \quad (11)$$

(۳) معادله‌ی درجه ۳:

$$y = ax^3, \frac{c}{c_1} = \left(\frac{3\pi}{4}\right)^{\frac{1}{3}} = 1.331$$

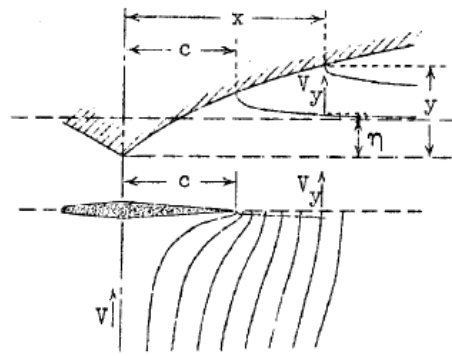
$$\frac{\eta(\xi)}{\delta} = 1.5\xi[\xi^2 \sin^{-1}(1/\xi) - \sqrt{\xi^2 - 1}] \quad (12)$$

(۴) معادله‌ی درجه ۴:

$$y = ax^4, \frac{c}{c_1} = \left(\frac{5\pi}{4}\right)^{\frac{1}{4}} = 1.279$$

$$\frac{\eta(\xi)}{\delta} = \left(\frac{5}{4}\right)\xi[\xi^2 - \sqrt{\xi^2 - 1}(\xi^2 + 0.5)] \quad (13)$$

۳- محاسبه فشار کوبش بر روی بدنه‌ی غیر متقارن
تویاما از جمله اول از حالات ارائه شده توسط واگنر برای حالت غیرمتقارن استفاده نمود. شماتیک گوهی



شکل (۱) شماتیک ورودی گوه متقارن به درون آب

باتوجه به شکل و فرضیات او، سرعت بالا آمدن سیال را در سطح آزاد در نقطه‌ی X از مرکز جسم در حال سقوط، به صورت زیر در نظر گرفت:

$$V_y = \frac{V}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{x^2}}} \quad (6)$$

با انتگرال‌گیری از این سرعت نسبت به زمان، میزان بالا آمدگی سیال را خواهیم داشت:

$$\eta = \int_0^x V_y dt = \int_0^x \frac{V dt}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{x^2}}} \quad (7)$$

با استفاده از تغییر متغیر، نتیجه گرفته میشود که:

$$dt = \frac{1}{\frac{dc}{dt}} dc \Rightarrow \eta = \int_0^c \frac{V}{\frac{dc}{dt}} \frac{dc}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{x^2}}} \quad (8)$$

□ ، میزان بالا آمدگی آب است، هنگامیکه عرض خیس شده C دارای شرایط $X > C$ می باشد. از آنجا که C با زمان افزایش می یابد، □ همواره در حال افزایش در نقطه‌ی X می باشد. تا زمانی که $y = \square$ و همچنین $C = X$ حاکم باشد، خواهیم داشت:

$$y = \int_{c=0}^{c=X} u \frac{dc}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{x^2}}} \quad (9)$$

که در آن y میزان بالا آمدگی قسمت تحتانی جسم و

$$u = \frac{V}{\frac{dc}{dt}}$$

نسبت سرعت می باشد. واگنر، شکل ۴ استاندارد را برای بدنه‌ی شناور در حالت دوبعدی در

$$\begin{aligned} \bar{\eta}(\mu, \xi) &= \frac{\eta}{\delta} \\ &= \int_1^{\xi} |\xi - \mu\eta| \left[\xi^2 - 2\mu\xi + (\mu^2 - 1)\eta^2 \right]^{-\frac{1}{2}} d\eta \\ &= \begin{cases} \xi A_1 - \mu A_2, & \xi > \mu + 1 \\ -\xi A_1 + \mu A_2, & \xi < \mu - 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (17)$$

که در آن، ثابت‌های A_1 ، A_2 از فرمول‌های زیر حاصل می‌شود.

$$A_1 = \frac{1}{\sqrt{1-\mu^2}} \left[\sin^{-1} \frac{1-\mu^2+\mu\xi}{|\xi|} - \sin^{-1} \frac{\mu\xi}{|\xi|} \right] \quad (18)$$

$$A_2 = \frac{1}{\sqrt{1-\mu^2}} \left[|\xi| - (\xi^2 - 2\mu\xi + \mu^2 - 1)^{\frac{1}{2}} - \mu\xi A_1 \right] \quad (19)$$

فرمول شماره‌ی (۱۷) توزیع مناسبی از نحوه‌ی بالا آمدگی سطح آب در اطراف گوه‌ی ورودی به آب ارائه می‌دهد. با جایگزینی مقادیر $\xi = \mu \pm 1$ در معادله‌ی ۱۷، خواهیم داشت:

$$\frac{\eta_2}{\delta} = \frac{\frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \mu - \mu\sqrt{1-\mu^2}}{(1-\mu)\sqrt{1-\mu^2}} \quad (20)$$

$$\frac{\eta_1}{\delta} = \frac{\frac{\pi}{2} + \sin^{-1} \mu + \mu\sqrt{1-\mu^2}}{(1+\mu)\sqrt{1-\mu^2}} \quad (21)$$

که در آن، η_1, η_2 میزان بالا آمدگی آب در لبه‌ی بدنه شناور می‌باشد که در شکل (۳) قابل رویت است.

از طرف دیگر، با توجه به شکل ارائه شده برای تشریح ورود نامتقارن گوه به درون آب شکل (۳)، می‌توان

برای روابط زیر را ارائه نمود:

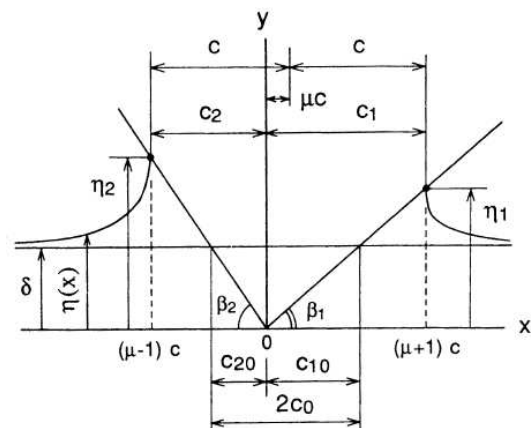
$$\eta_1 = (1 + \mu)c \tan \beta_1 \quad (22)$$

$$\eta_2 = (1 - \mu)c \tan \beta_2 \quad (23)$$

با جایگزینی روابط ۲۲ و ۲۳ در معادلات ۲۰ و ۲۱ و با در نظر گرفتن $R = \frac{\tan \beta_1}{\tan \beta_2}$ خواهیم داشت:

$$\sin^{-1} \mu + \mu\sqrt{1-\mu^2} = \frac{\left(\frac{\pi}{2}\right)(R-1)}{R+1} \quad (24)$$

ورودی به آب در حالت غیر متقارن در شکل (۳) مشخص می‌باشد.



شکل (۳) شماتیک گوه نامتقارن نفوذ کننده در سطح آب

با فرض آن که جریان آب اطراف بدنه‌ی شناور در حالت ایده‌آل و سرعت ورود شناور ثابت بوده، میزان سرعت آب اسپری شده در اطراف بدنه‌ی شناور ورودی به آب، برحسب میزان اندازه‌ی حالت نامتقارنی برای نقطه‌ی x^* از مرکز گوه‌ی ورودی به آب، از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود.

$$v_y(x) = V \left\{ 1 - \left[\frac{c}{x-\mu c} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (14)$$

حال، با انتگرال‌گیری از این سرعت برحسب زمان، میزان بالا آمدگی سطح آب در اطراف گوه، $\eta(x)$ حاصل می‌شود:

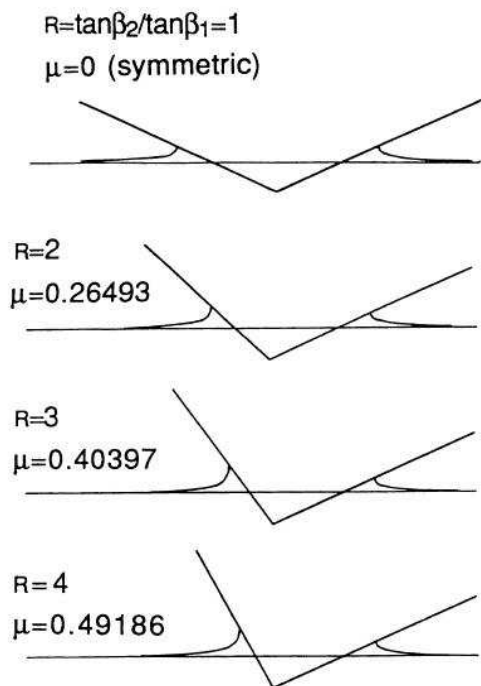
$$\eta(x) = \int_0^x v_y(x) dt \quad (15)$$

با در نظر گرفتن سرعت گستردگی v و ثابت گرفتن v/V برای $\eta(x)$ ، داریم:

$$\eta(x) = \frac{V}{v} \int_0^c \left\{ 1 - \left[\frac{u}{x-\mu u} \right]^2 \right\}^{1/2} du \quad (16)$$

با بی بعد کردن کردن پارامترها و جایگزینی $x/c = \xi$ ، $u/c = \eta$ ، $Vc/v = \delta$ در رابطه‌ی بالا، داریم:

همچنین، تأثیرات تغییرات R و به دنبال آن μ بر سطح آب بالا آمده در شکل (۵)، به نمایش درآمده است. در این شکل نوع بالا آمدگی آب برای تغییرات R از ۱ تا ۴ ارائه شده است.



شکل (۵) تغییر شکل سطح آب در حالات مختلف نامتقارنی

۴- محاسبه توزیع فشار ناشی از کوبش

پتانسیل سرعت در اطراف یک صفحه تخت از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\phi(x) = -V[c^2 - (x - \mu c)^2]^{1/2} \quad (31)$$

که میزان سرعت در طول صفحه به صورت زیر خواهد بود:

$$q = \frac{\partial \phi}{\partial x} = \frac{V\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \quad (32)$$

که در آن $\xi = \frac{(x-\mu c)}{c}$ می‌باشد.

در این معادله، $\xi = 0$ نماینده نقطه میانی گوه ورودی به آب می‌باشد و تغییرات ξ نشانگر تغییر در مختصات است.

با حل معادله برنولی خواهیم داشت:

با توجه به اینکه میزان مقادیر اندازه حالت نامتقارنی در اکثر مواقع بسیار کوچکتر از یک می‌باشد ($|\mu| \gg 1$)، با کمی تقریب می‌توان اندازه حالت نامتقارنی را از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\mu = \left(\frac{\pi}{2}\right) (R - 1)/(R + 1) \quad (25)$$

تویوما برای بدست آوردن μ روابط تجربی زیر را، که حاصل حل تقریبی معادله (۲۴) می‌باشد، ارائه نمود:

$$\mu = \begin{cases} f(R) \cdot \frac{R-1}{R+1}, & R \geq 1 \\ f\left(\frac{1}{R}\right) \cdot \frac{R-1}{R+1}, & R < 1 \end{cases} \quad (26)$$

$$(27)$$

$$f(R) = \begin{cases} 0.00002 + 0.000001R + 0.0000001R^2, & 1 \leq R < 2 \\ 0.00002 + 0.00001R - 0.000001R^2, & 2 \leq R < 10 \\ 0.00002 + 0.00001R - 0.000001R^2, & 10 \leq R < 20 \end{cases}$$

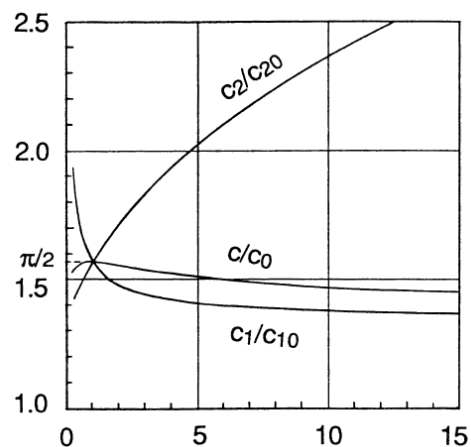
با استفاده از معادله (۲۴)، خواهیم داشت:

$$\frac{c_1}{c_0} = \frac{\pi}{\{(R+1)(1-\mu)\sqrt{1-\mu^2}\}} \quad (28)$$

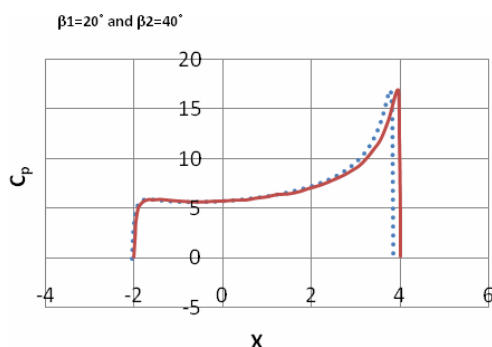
$$\frac{c_1}{c_0} = \frac{\pi R}{\{(R+1)(1+\mu)\sqrt{1-\mu^2}\}} \quad (29)$$

$$\frac{c}{c_0} = \frac{\pi R}{\{(R+1)^2(1-\mu^2)\sqrt{1-\mu^2}\}} \quad (30)$$

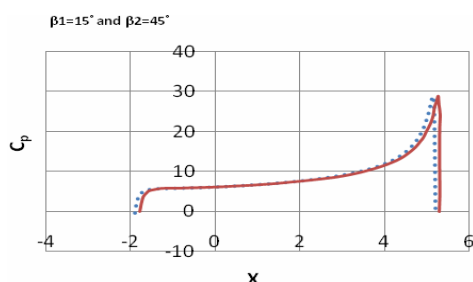
مقادیر معادلات (۲۸) الی (۳۰) در شکل (۴) برحسب تغییرات R نشان داده شده‌است.



شکل (۴) نسبت‌های عرضی خیس شدگی برای گوه نامتقارن



شکل (۷) گوه با ۱۰ درجه نامتقارنی



شکل (۸) گوه با ۱۵ درجه نامتقارنی

شکل‌های (۶) الی (۸) نمایانگر تطبیق مناسب نتایج خروجی از برنامه با نتایج ارائه شده در مقاله مرجع می‌باشند.

برای مشاهده واکنش توزیع فشار حاصل از کوبش نسبت به تغییر در پارامترهای مربوط به گوه، توزیع فشار برای گوه‌هایی با زوایای رأس ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ درجه محاسبه گردید. در اشکال (۹) الی (۱۱)، نحوه تغییر توزیع فشار بی بعد در زوایای هیل مختلف برای هریک از این گوه‌ها نشان داده شده است.

با اندکی دقت در نمودارهای حاصله، مشاهده می‌شود که با تغییر زوایای هیل گوه، میزان فشار در تمامی نقاط گوه رو به افزایش می‌باشد. این افزایش در تمام نقاط با رشدی ملایم همراه است. حال آنکه بیشینه فشار، با رشد شدیدی همراه می‌باشد. این امر، نشانگر این است که در تحلیل‌های سازه‌ای حول پدیده کوبش، بخش حائز اهمیت در مدل‌سازی نیروی وارد بر سازه، تخمین درست از میزان بیشینه فشار می‌باشد. برای مشاهده نحوه تغییرات بیشینه فشار در

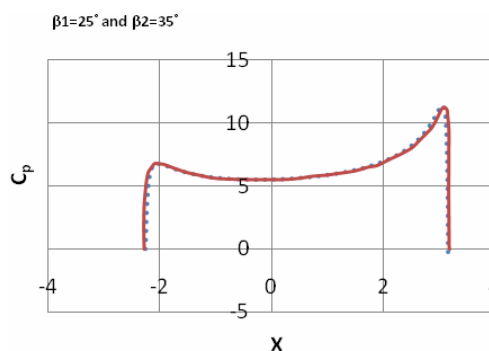
$$\frac{p}{\rho} = -\frac{q^2}{\gamma} - \frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{Vc(1+\xi\mu)}{\sqrt{1-\xi^2}} - \frac{V^2}{\gamma} \frac{\xi^2}{1-\xi^2} + \dot{V}c\sqrt{1-\xi^2} \quad (33)$$

در حالت $\mu = 0$ (حالت متقارن)، برای میزان پیک فشار با توجه به معادله (۳۳) خواهیم داشت:

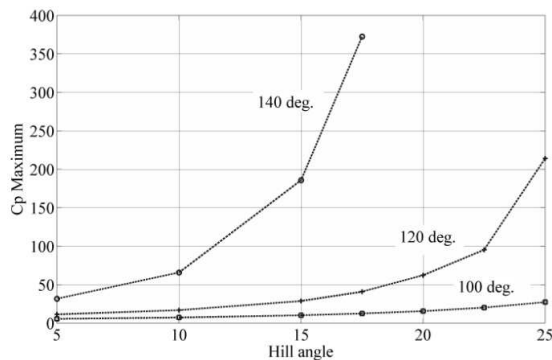
$$\frac{P_{max}}{\rho V^2} = 1 + \left(\frac{\pi}{\gamma}\right)^2 \cdot \cot^2 \beta \quad (34)$$

که این مقدار، با میزان حاصله از فرمول واگنر یکسان می‌باشد.

با استفاده از این روش، می‌توان نحوی توزیع فشار ناشی از کوبش را برای حالات متفاوت نامتقارنی مقطع گوه محاسبه نمود. در این مقاله، ما با استفاده از این روش، برنامه‌ای کامپیوتری را به کمک نرم‌افزار Matlab تهیه نموده‌ایم. در اشکال زیر، توزیع فشار بی بعد (C_p) ناشی از کوبش به دست آمده از این برنامه، برای گوه با زاویه رأس ۱۲۰ درجه در حالات مختلف از نامتقارنی، که با سرعت ثابت به درون آب سقوط می‌کند، در قیاس با مقاله مرجع [12] به نمایش در آمده است.



شکل (۶) گوه با ۵ درجه نامتقارنی



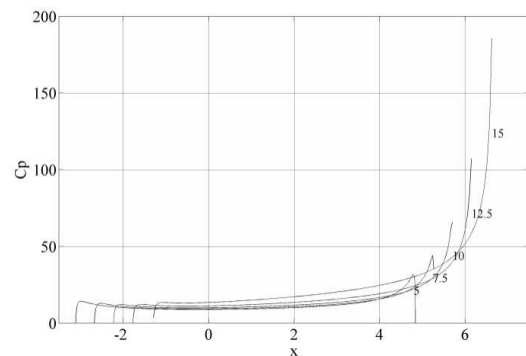
شکل (۱۲) نحوه تغییر در پیک فشار در اثر افزایش نامتقارنی برای زوایای رأس متفاوت

۵- نتیجه گیری

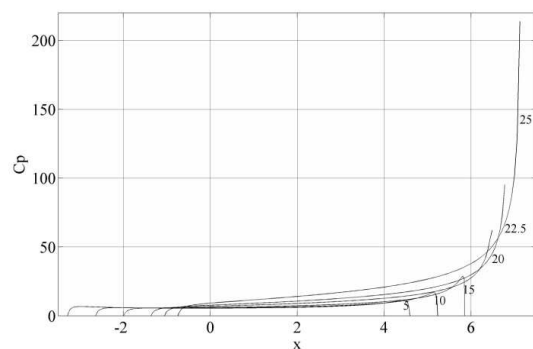
برخورد سینه شناورهای تندرو به سطح آب منجر به وقوع پدیده اسلمینگ می‌گردد. اغلب مطالعاتی که تاکنون صورت پذیرفته است، به تحلیل برخورد متقارن مقطع دوبعدی به سطح آب پرداخته‌اند. این در حالیست که در شرایط واقعی این پدیده به صورت نامتقارن اتفاق می‌افتد. بنابراین در این مقاله سعی بر آن بوده است که با استفاده از یک روش تحلیلی، پدیده برخورد نامتقارن یک گوه به سطح آب مورد مطالعه و بررسی قرار بگیرد. توزیع فشار و ماکزیمم مقادیر فشار برای گوه با زوایای رأس متفاوت به دست آورده شد. نتایج به دست آمده دارای توافق خوبی با کارهای پیشین است. مضافاً اینکه، نتایج نشان دهنده آن است که با افزایش میزان نامتقارنی گوه، میزان ماکزیمم فشار بر روی آن به شدت افزایش خواهد یافت. همچنین، نتایج حاصله مبین آن است که زاویه بالا آمدگی گوه تأثیر بسزایی در افزایش فشار حاصل از کوبش در یک حالت نامتقارنی ثابت، خواهد داشت. در کارهای آینده سعی بر آن خواهد بود که توزیع فشار وارد بر یک مقطع دوبعدی دلخواه در برخورد نامتقارن مورد مطالعه قرار بگیرد.

زوایای رأس مختلف، نمودار این تغییرات در شکل (۱۲) ارائه شده است.

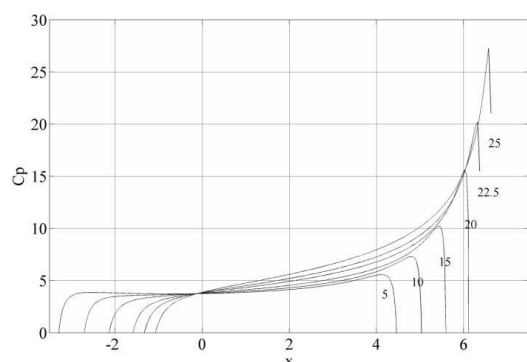
با مقایسه توزیع فشار در گوه‌های متفاوت، این نتیجه حاصل می‌شود که سطح کلی فشار با افزایش زاویه رأس، افزایش می‌یابد.



شکل (۹) توزیع فشار بی بعد بر روی گوه با زاویه رأس ۱۰۰ درجه در زوایای هیل مختلف.



شکل (۱۰) توزیع فشار بی بعد بر روی گوه با زاویه رأس ۱۲۰ درجه در زوایای هیل مختلف.



شکل (۱۱) توزیع فشار بی بعد بر روی گوه با زاویه رأس ۱۴۰ درجه در زوایای هیل مختلف.

۶- مراجع

- [1] Hua, J., "Issues in the Assessment of Design Slamming Pressure on High Speed Monohull Vessels," PRADS'98, Hague, Netherlands (1988).
- [2] Rose, A. and Rutersson, O., "Full-Scale Trials on a Small High Speed Naval Craft with Focus on Slamming," OME'98, Liaabon, Portugal (1998).
- [3] T. von Karman, "The impact on seaplane float during landing," NACA TN321, 1929.
- [4] H. Wagner (1932), "Über Stoß- und Gleitvorgänge an der Oberfläche von Flüssigkeiten," *ZAMM* 12, pp.193-215, 1932.
- [5] Watanabe, T., 1986, Analytical expression of hydrodynamic impact pressure by matched asymptotic expansion technique, Transactions of the West-Japan Society of Naval Architects, No. 71.
- [6] Armand and Cointe, 1987 J.-L. Armand and R. Cointe, Hydrodynamic impact analysis of a cylinder, *ASME Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering* **109** (1987), pp. 237-243.
- [7] Howison, S. D., Ockendon, J. R. & Wilson, S. K. 1991 Incompressible water-entry problems at small deadrise angles. *J. Fluid Mech.* 222, 215-230.
- [8] Cointe, R. 1991, Free surface flows close to a surface-piercing body, *Mathematical approaches in hydrodynamics*, Editor: T.Miloh, SIAM
- [9] Faltinsen, 2002 O.M. Faltinsen, Water entry of a wedge with finite deadrise angle, *Journal of Ship Research* **46** (2002), pp. 39-51.
- [10] Toyama, Y., "Two-dimensional Water Impact of Unsymmetrical Bodies," *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, Vol. 173 (1993)
- [11] Scolan, Y. -M., "Etude analytique et numerique de l'impact hydrodynamique sur des careens dissymetriques," *7e Journees De L'Hydrodynamique*, Marseille, Mars (1999).