

بررسی تاثیر فاصله و نسبت قطر پایه های دوکی شکل بر میزان نیروی وارده از امواج در گروه پایه ها در حالت چیدمان منظم

محمد قطاربنده^۱، مهدی بهداروندی عسکر^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران سازه های دریایی دانشکده مهندسی دریا گروه سازه های هیدرولیکی و دریایی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲- استادیار گروه سازه های دریایی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، sazhenteghal@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۵

چکیده

در این پژوهش در راستای بهینه سازی سازه های دریایی با تغییر شکل آن و تغییر فواصل، نیرو در تک ستون های گروه پایه ها مورد بررسی قرار گرفت در این پژوهش برای مقطع ستون ها از شکل دوک استفاده گردید زیرا شکل دوک دارای هیدرو دینامیک بهتری در مواجهه با امواج استهمچنین به بررسی دقیق تر شکل در چهار زاویه راس مواجهه با امواج با زوایای 30° ، 45° ، 60° و 90° درجه پرداخته شد و سپس هر کدام از این اشکال دوکی شکل را در پنج فاصله مختلف طولی و عرضی برابر مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در قالب نمودارهایی در این مقاله آمده است این پنج فاصله که به صورت نسبت بی بعد S/D نشان داده می شوند عبارت اند از ۱٫۸، ۲٫۹، ۴، ۵٫۵ و ۹ نتایج نشان میدهد که میزان نیرو با زاویه راس نسبت مستقیم دارد و با فاصله ستون ها از یکدیگر نسبت عکس دارد.

واژه های کلیدی: نیروی امواج، گروه پایه ها، FLOW 3D، پایه های دوکی شکل، مدل های عددی

مقدمه

با اینکه علم فراساحلی شاخه ای جدیدی در علوم محسوب می شود اما تاکنون برحسب ضرورت مطالعات متعددی روی بالا روی امواج در شیب را بررسی کرده اند مانند سواحل، اسکله ها، فانوس های دریایی، جزایر مخروطی دریایی و سکوها های دریایی. ثابت و شناور که خلاصه ای از آن را در زیر آورده ایم. نتایج مطالعات بر روی بالا روی موج و نیروهای وارده بر سازه های دریایی را می توان به سه گروه بر اساس محدوده خاص از پارامترهای بدون بعد و برنامه های کاربردی که مورد بررسی قرار گرفته اند تقسیم کرد. گروه اول که شامل چهار مطالعه اول با توزیع ارتفاع موج در اطراف جزایر دایره ای شکل بزرگ و فانوس های دریایی که در اثر امواج دچار تنش شده اند. آزمون هایی برای طیف های نامحدود از پارامترهای

اندرکنش موج با یک پارامتر پراکنده Ka بیش از ۰/۶ بود. هر سه تحقیق انجام شده را می توان با تئوری پخش خطی نشان داد. دینگ و یانگ در سال ۲۰۱۴ با تجزیه و تحلیل فرکانس بالا روی امواج در سیلند های عمودی به این نتیجه رسیدند که برهم کنش امواج غیر خطی با سازه ها باعث ایجاد ابلا روی در فرکانس های بالا می شود. وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۲ با مطالعه آزمایشگاهی اندرکنش بین امواج و سیلند های عمودی بالاروی امواج را مورد بررسی و پایش قرار دادند و به نتایج مختلفی دست یافتند. تئوری آیزاکسون (۱۹۷۸) یک رویکرده نظری موج کانویدال با برآورد بالاروی در سیلندر بزرگ دایره ای در آب کم عمق پیشنهاد کرد و نشان داد که اگر چه نظریه کنویدال ناقص تر از نظریه بالا روی موج است اما از تئوری پخش خطی بهتر و کامل تر است.

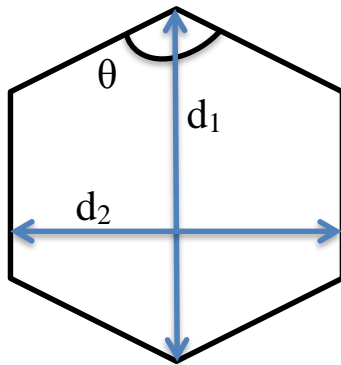
مواد و روش ها

در این تحقیق چهار حالت از شکل دوک برای هرچه بهتر شدن حالت هیدرودینامیک پایه سکوو های دریایی بررسی شده است که تفاوت این چهار حالت در زاویه راس آن است که آن را با θ نمایش می دهیم (شکل شماره ۱). همچنین همانطور که در شکل ۲ قابل مشاهده است، ۹ پایه دوکی شکل در سه ردیف که هر ردیف دارای سه ستون است قرار گرفته اند نحوه قرار گیری ستون ها به صورت کاملا منظم و پشت سر هم می باشد برای درک بهتر مطالب گروه پایه با دو نماد نامگذاری شده است که در یک ردیف این نامگذاری با حروف A,B,C است و در ردیف دیگر با اعداد ۱و۲و۳ نامگذاری شده است بدین صورت که منظور از ستون A2 یعنی ستون وسط از ردیف اول که در شکل شماره ۲ قابل مشاهده است. در این تحقیق از چهار زاویه راس استفاده شده است که در جدول شماره ۱ قابل مشاهده می باشد. هرچه میزان زاویه راس بیشتر باشد میزان تیزی شکل کمتر و هرچه میزان زاویه راس کمتر باشد شکل سوزنی تر است و تیزی آن نیز بیشتر است.

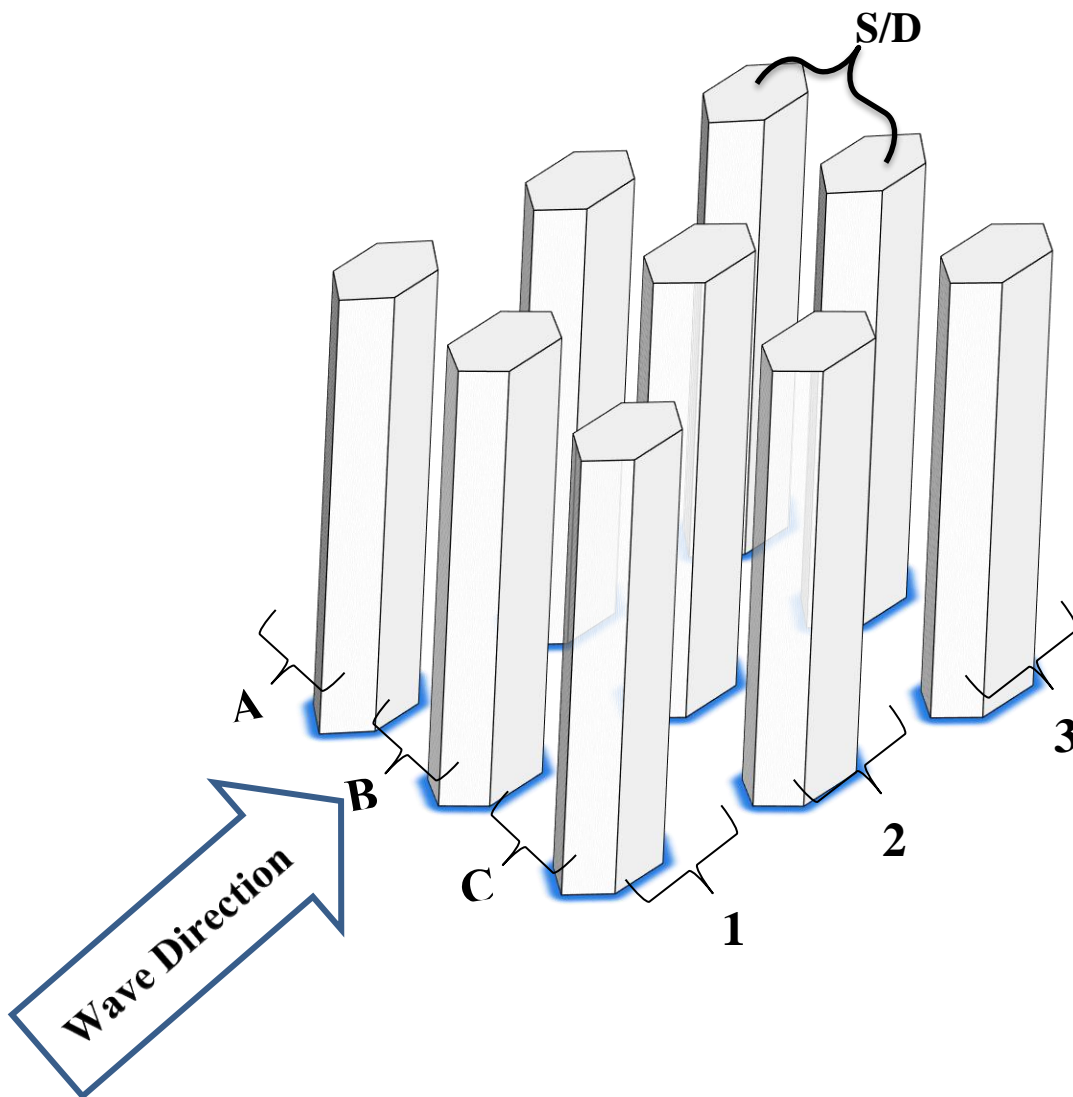
مطالعات انجام شده توسط گالمیر و هالرمیر (۱۷۹۲) هالرمیر (۱۷۹۱) و هانی و هریبیچ (۱۷۱۲) این افراد توزیع ارتفاع موج را در اطراف شمع نازک مورد بررسی قرار دادند که در آن پارامتر های پراکندگی کوچک بودند و اثرات جریان معمولاً قالب بود. گالوین و هالرمیر (۱۹۷۲) به بررسی پدیده بالا روی موج در اطراف انبوهی از مقاطع مورد بررسی قرار گرفت و اشاره کرد که توزیع بالاروی موج در اطراف استوانه مدور متقارن بوده است. هانی و هریبیچ (۲۰۱۰) به بررسی پدیده بالاروی موج در اطراف شمع عمودی و شیب دار پرداختند در این مطالعه داده های بالاروی موج به عنوان تابعی از ماکزیمم سرعت تخمین زده شده با استفاده از سرعت تاج موج تحت یک شکل منظم غیر خطی ارائه شده. از دیدگاه هیدرولیکی در مقاله مذکور تفسیر بالاروی موج در این پارامتر های ارتفاع و سرعت مکزیمم ملموس تر می باشد اگرچه نتایج برای یک رنج خیلی محدود از پارامتر های بی بعد خارج از رژیم پراکندگی بوده است جایه بسی تعجب است که پراکندگی بسیار کمی در نتایج مشاهده می شود.

جدول - زوایای راس استفاده شده در پایه های دوکی شکل

۴	۳	۲	۱	زاویه های راس
$\theta = 90^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 30^\circ$	ضرایب



شکل ۱- شکل شماتیک مقطع دوک



شکل ۲- شکل شماتیک چیدمان ستون ها با مقطع دوک به طور منظم

جدول ۲- حالت های مختلف زوایای راس دوک و فاصله نسبی

نسبت فاصله به قطر متوسط دوک در فواصل طولی و عرضی مساوی در حالت منظم S/D	زاویه راس θ	نوع هندسه پایه
حالت ۵	حالت ۴	دوک

نسبت قطر ها به فاصله ستون ها به صورت S/D نشان داده شده است که S فاصله مرکز تا مرکز هر کدام از پایه ها است و D میزان قطر متوسط برابر است با $D=(d1+d2)/2$ در این تحقیق ضرایب S/D برابر است با ۱/۸ ، ۲/۹ ، ۴ ، ۵/۵ و ۹ این بدان معناست که برای هر کدام از زوایای راس بالا با پنج ضریب آورده شده بررسی صورت می گیرد. حساسیت مدل عددی به نحوه شبکه بندی، همواره یکی از مسائل مهم در مطالعات عددی بوده است ، همانطور که از جدول شماره ۳ استنباط می گردد ، برای کالیبره

کردن مدل با توجه به اندازه مش ها ، سه نوع اندازه مش مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و با توجه به میزان خطای بدست آمده از هر کدام اندازه مش بندی نهایی ۰/۴ متر انتخاب گردید درصد خطای مورد قبول در مدلسازی عددی زیر ۷٪ است لذا مش بندی شماره ۳ به عنوان مش بندی قابل قبول در این مدلسازی مورد استفاده قرار گرفت. در این مدلسازی از نرم افزار FLOW-3D استفاده شده است و هندسه مدل ها ابتدا در نرم افزار اتوکد سه بعدی رسم گردیده و سپس به مدل FLOW-3D انتقال داده شده است.

جدول ۳- تعداد شبکه ها و میزان خطا در کالیبراسیون مدل عددی

شماره مدل	اندازه mesh block	تعداد Mesh block	میزان بالا روی از کف	درصد خطا	Ok or Fail
1	1.40	42000667	53.907	11.8%	Fail
2	0.90	5691000	51.607	7.8%	Fail
3	0.4	13507032	49.63	5.2%	Ok

در نرم افزار flow 3d از تقریب تفاضل و حجم محدود برای محاسبه زمانی و مکانی متغیرها در معادلات حرکت استفاده شده است. معادلات دیفرانسیلی که باید حل شوند در قالب مختصات دکارتی (X,Y,Z) نوشته میشود. نوع موج انتخاب شده از نوع موج مرتبه پنج استوکس با طول موج ۳۳ متر و

ارتفاع موج ۴/۷ متر می باشد. معادلات حاکم در دو سیستم مختصات کارتزین (x,y,z) و مختصات استوانه ای (r,θ,z) تعریف شده اند. معادله پیوستگی جرم در حالت کلی بصورت زیر تعریف شده است (دیلمی و بهداروندی عسکر، ۲۰۱۶).

$$V_F \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho u A_x) + R \frac{\partial}{\partial y} (\rho v A_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho w A_z) + \zeta \frac{\partial \rho u A_x}{x} = R_{DIF} + R_{SOR} \quad (1)$$

در اینجا V_F نسبت کسر حجمی فضای باز به جریان، ρ دانسیته سیال، R_{DIF} ترم نفوذپذیری آشفتگی، R_{SOR} ترم چشمه می‌باشد. (u, v, w) مولفه‌های سرعت در راستای x, y, z یا r, θ, z هستند. (A_x, A_y, A_z) برابر مساحت کسری محیط به جریان در راستاهای x, y, z است. ضریب R به سیستم مختصات انتخابی وابسته است. Flow 3d یکی از قدرتمندترین نرم افزارهای شبیه‌ساز میدان جریان و انتقال حررات در زمینه دینامیک سیالات محاسباتی محسوب می‌شود. این نرم افزار بر پایه روش حجم محدود که یک روش بسیار قوی و مناسب در

روش‌های دینامیک سیالات محاسباتی می‌باشد، بنا شده است. در دینامیک سیالات محاسباتی معادلات ناویر استوکس و معادله پیوستگی برای هر سلول محاسباتی حل می‌گردند. نرم افزار قابلیت شبیه‌سازی مدل‌های یک، دو و سه‌بعدی انتقال، لزجت، تشعشع، فرسایش و غیره در محیط‌های پیوسته و متخلخل را دارا می‌باشد (ابراهیمی و بهداروندی، ۲۰۱۵).

معادلات ممنتوم (ناویر-استوکس) برای مولفه‌های

سرعت سیال در سه راستای (x, y, z) به شرح زیر

میباشند

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left\{ uA_x \frac{\partial u}{\partial x} + vA_y R \frac{\partial u}{\partial y} + wA_z \frac{\partial u}{\partial z} \right\} - \zeta \frac{A_y v^2}{xV_F} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + G_x + f_x - b_x - \frac{R_{SOR}}{\rho V_F} (u - u_w - \delta u_s) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left\{ uA_x \frac{\partial v}{\partial x} + vA_y R \frac{\partial v}{\partial y} + wA_z \frac{\partial v}{\partial z} \right\} + \zeta \frac{A_y uv}{xV_F} &= -\frac{1}{\rho} \left(R \frac{\partial P}{\partial y} \right) + G_y + f_y - b_y - \frac{R_{SOR}}{\rho V_F} (v - v_w - \delta v_s) \\ \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left\{ uA_x \frac{\partial w}{\partial x} + vA_y R \frac{\partial w}{\partial y} + wA_z \frac{\partial w}{\partial z} \right\} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + G_z + f_z - b_z - \frac{R_{SOR}}{\rho V_F} (w - w_w - \delta w_s) \end{aligned} \quad (2)$$

در معادله شماره ۲ (G_x, G_y, G_z) شتاب‌های جرمی، (f_x, f_y, f_z) شتاب‌های ناشی از لزجت، (b_x, b_y, b_z) افت جریان در محیط‌های دارای خلل و فرج در راستای (x, y, z) و ترم سمت راست مربوط به تزریق جرم در سرعت صفر است. $U_w = (u_w, v_w, w_w)$ مولفه‌های سرعت ترم چشمه و $U_s = (u_s, v_s, w_s)$ مولفه‌های سرعت سیال در چشمه نسبی در خود چشمه می‌باشد (رشیدی نسب و بهداروندی، ۲۰۱۷).

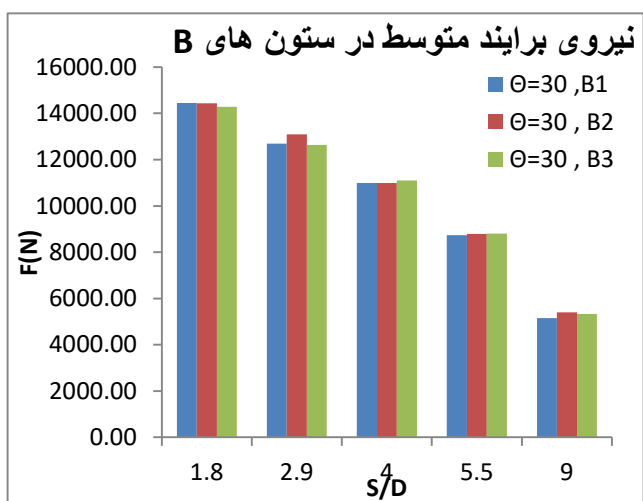
بحث و نتیجه گیری

با توجه به اینکه نیروی وارده به سازه‌های دریایی با میزان بالاروی و به تبع تخریب رابطه مستقیم دارد و همانطور که در نتایج این پژوهش در شکل‌های

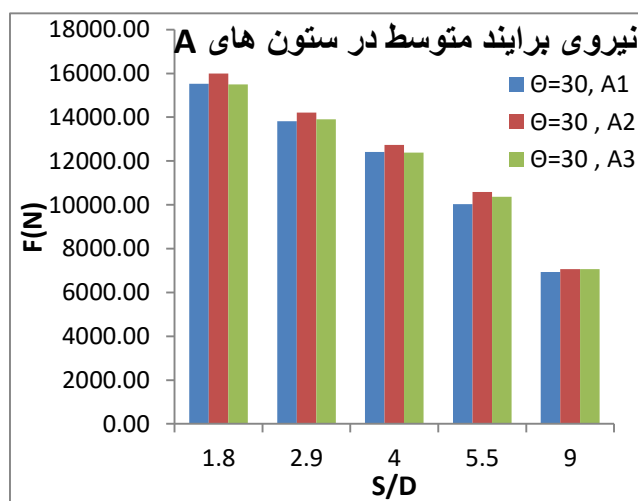
شماره ۳ تا ۲۵ مشاهده می‌شود، نیروی وارده به تک تک پایه‌ها که توسط نرم افزار با توجه به نیروی موج محاسبه شده است تابع درجه راس دوک می‌باشد یعنی درجه راس دوک هرچه بیشتر باشد میزان نیرو و بالا روی بیشتر است یعنی کمترین نیرو مربوط به زاویه راس ۳۰ درجه و بیشترین آن مربوط به زاویه راس ۹۰ درجه است. دلیل این پدیده این است که با افزایش زاویه راس در دوک میزان سطح مقطع برخورد با موج بیشتر می‌شود و در نتیجه میطان بالا روی و نیرو نیز افزایش می‌یابد. همچنین در هر ردیف مثلا در ردیف‌های A و B و C، در پایه‌های وسط یعنی در پایه‌ی شماره ۲ بیشترین نیرو نسبت به پایه‌های هم ردیف وارد می‌شود. علت این پدیده این است که با تنگ‌تر شدن مجاری عبور موج برای پایه شماره ۲ از هر ردیف

که توسط پایه های شماره ۱ و ۳ اتفاق افتاده است سرعت عبوری از پایه شماره ۲ افزایش می یابد و لذا با افزایش سرعت نیروی وارد به پایه های شماره ۲ افزایش می یابد. که این پدیده در پایه A2 مشهودتر از پایه های B2 و C2 است. زیرا تا موج به پایه های ردیف B و C برسد مقداری از انرژی آن مستهلک شده می شود. همچنین با افزایش میزان فاصله بین پایه ها

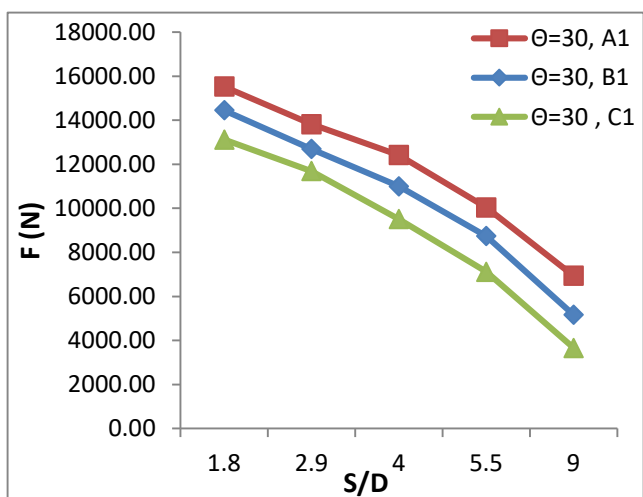
میزان نیروی وارد به پایه ها کاهش می یابد به طوری که بیشترین نیروها مربوط به $(S/D)=1.8$ است و کمترین نیروها مربوط به $(S/D)=9$ است. شاید بتوان دلیل این پدیده را این طور عنوان کرد که با کم بودن میزان فاصله بین پایه ها میزان بالاروی و در نتیجه مساحت تماس با پایه ها افزایش می یابد که باعث افزایش میزان نیروی وارده به پایه ها می شود.



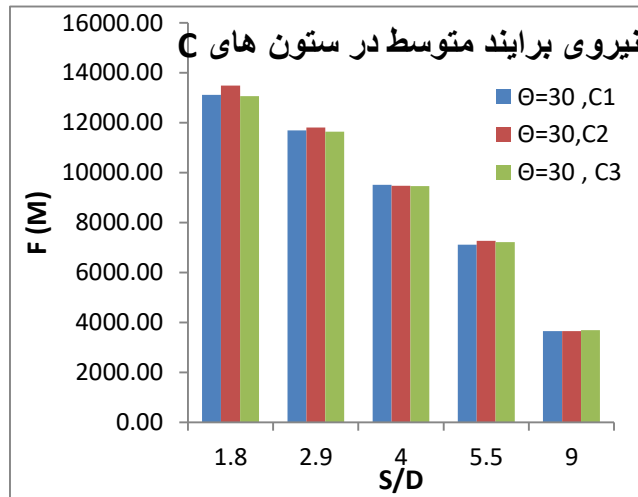
شکل ۴: نیروی متوسط وارد به ردیف B حالت منظم $\theta=30$



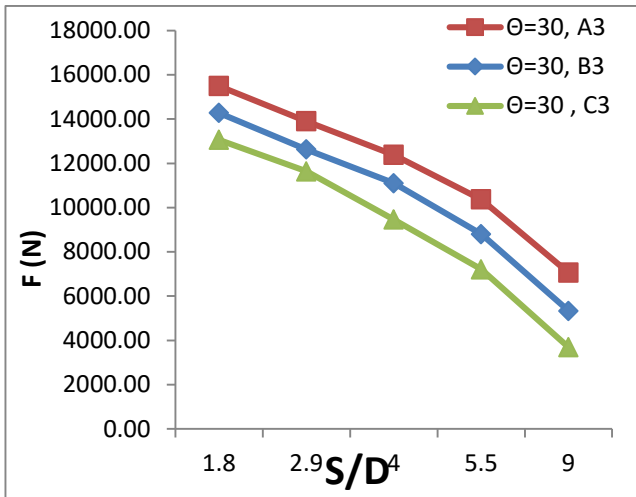
شکل ۳: نیروی متوسط وارد به ردیف A حالت منظم $\theta=30$



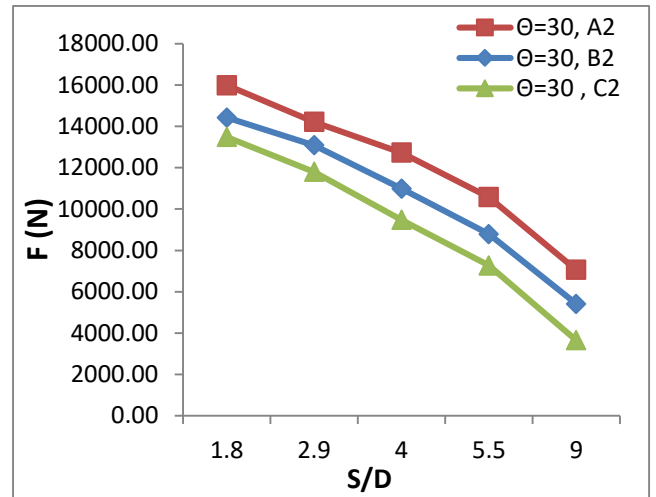
شکل ۶: نیروی متوسط وارد به ردیف ۱ حالت منظم $\theta=30$



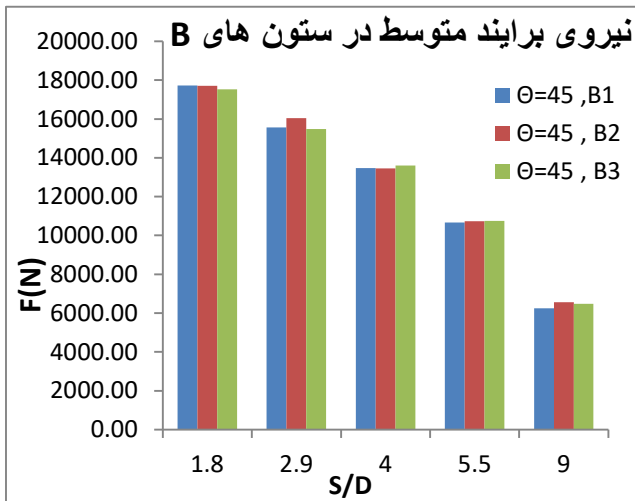
شکل ۵: نیروی متوسط وارد به ردیف C حالت منظم $\theta=30$



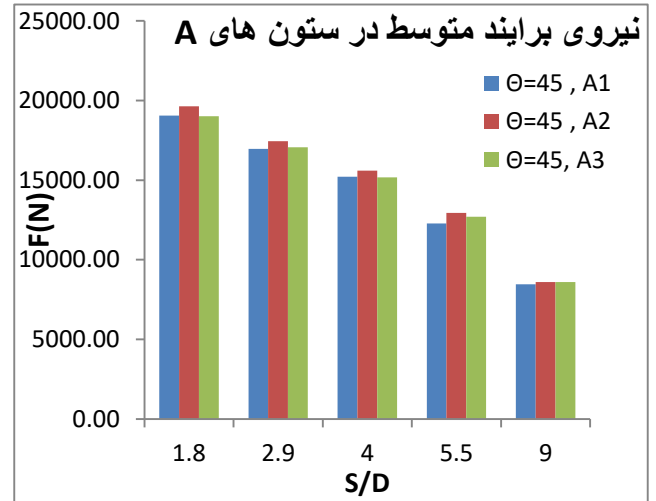
شکل ۸- نیروی متوسط وارد به ردیف ۳ حالت منظم $\theta=30$



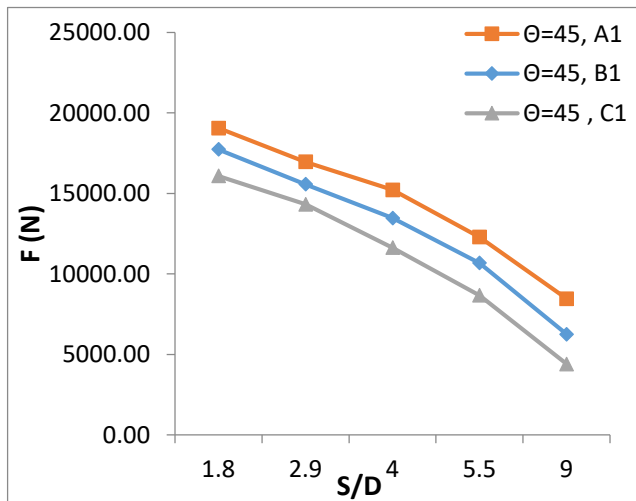
شکل ۷- نیروی متوسط وارد به ردیف ۲ حالت منظم $\theta=30$



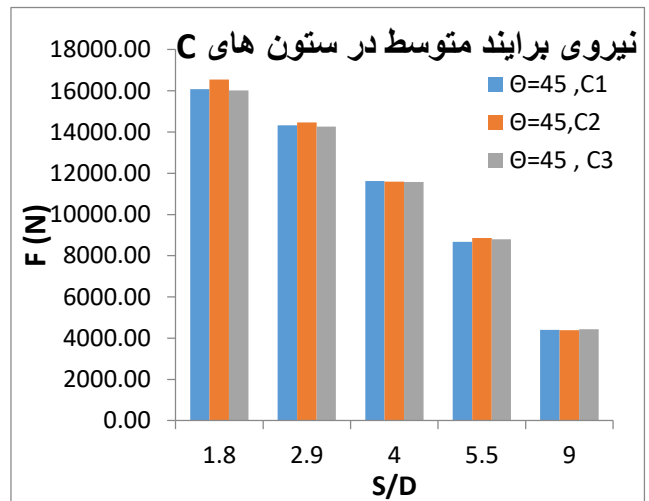
شکل ۱۰- نیروی متوسط وارد به ردیف B حالت منظم $\theta=45$



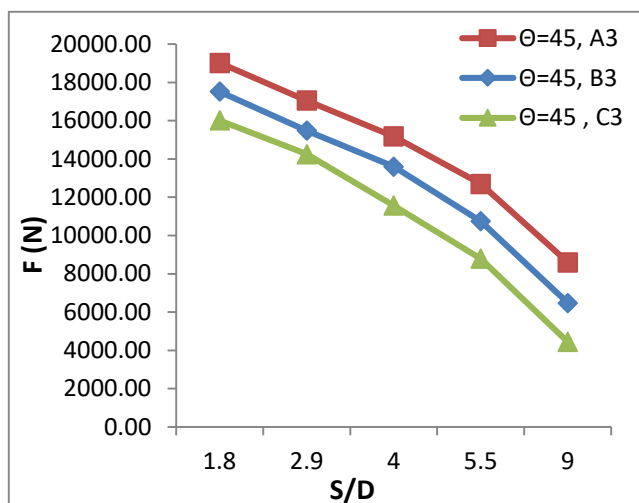
شکل ۹- نیروی متوسط وارد به ردیف A حالت منظم $\theta=45$



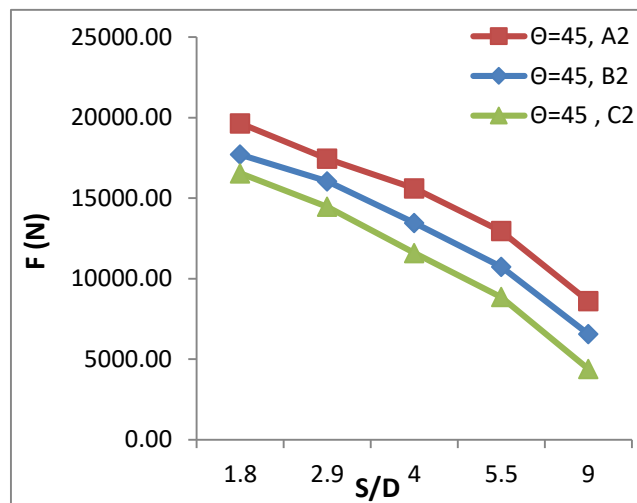
شکل ۱۲- نیروی متوسط وارد به ردیف ۱ حالت منظم $\theta=45$



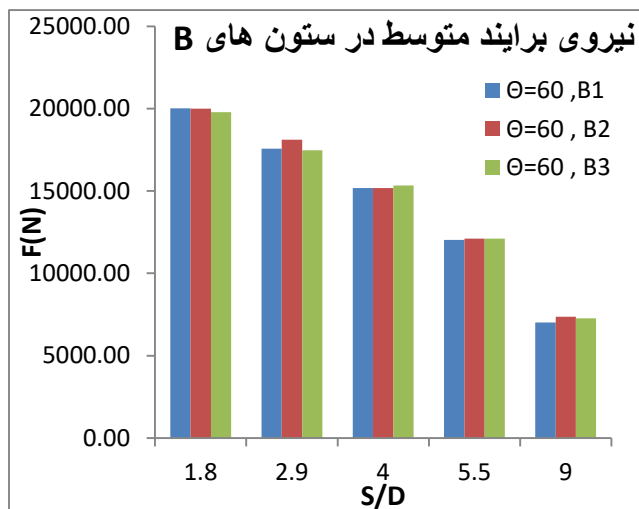
شکل ۱۱- نیروی متوسط وارد به ردیف C حالت منظم $\theta=45$



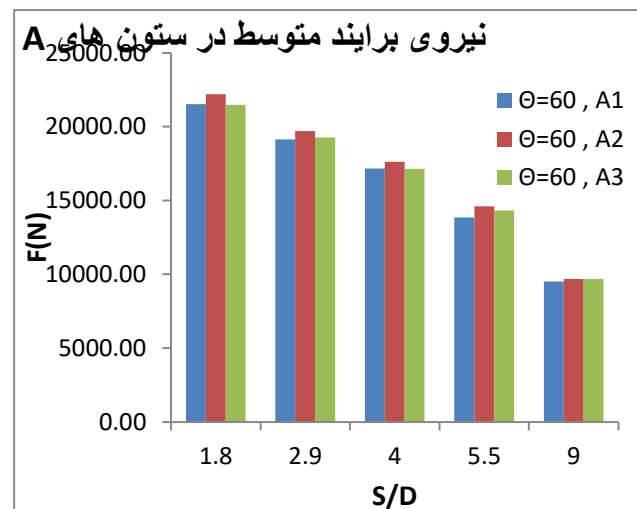
شکل ۱۴- نیروی متوسط وارد به ردیف 3 حالت منظم $\theta=45$



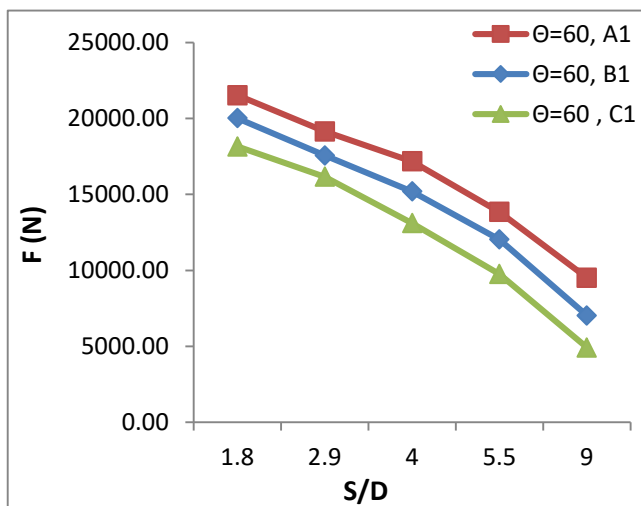
شکل ۱۳- نیروی متوسط وارد به ردیف 2 حالت منظم $\theta=45$



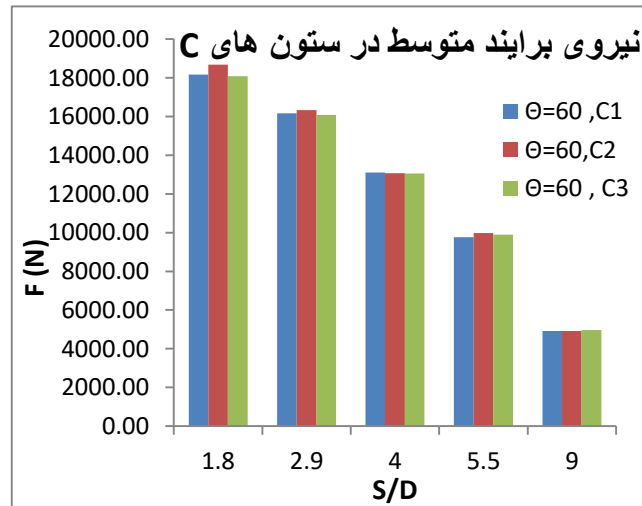
شکل ۱۶- نیروی متوسط وارد به ردیف B شکل دوک حالت منظم $\theta=60$



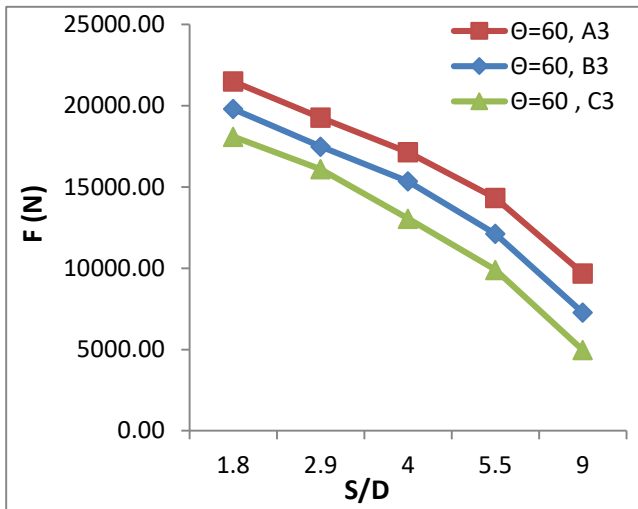
شکل ۱۵- نیروی متوسط وارد به ردیف A شکل دوک حالت منظم $\theta=60$



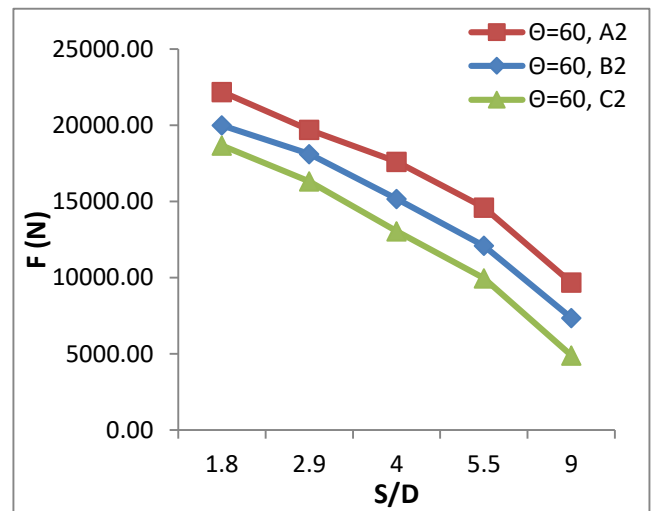
شکل ۱۸- نیروی متوسط وارد به ردیف 1 شکل دوک حالت منظم $\theta=60$



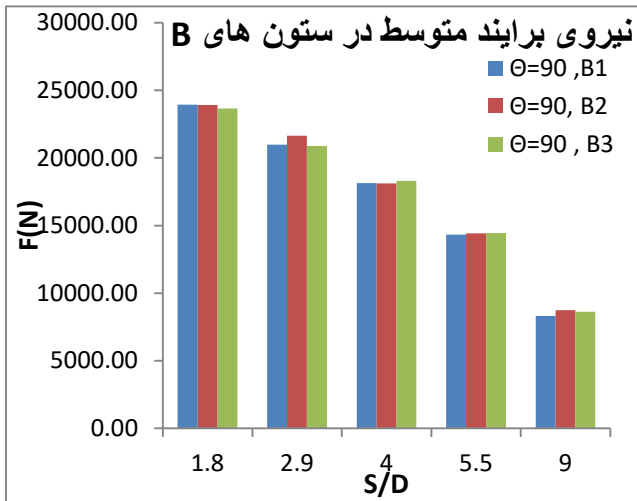
شکل ۱۷- نیروی متوسط وارد به ردیف C شکل دوک حالت منظم $\theta=60$



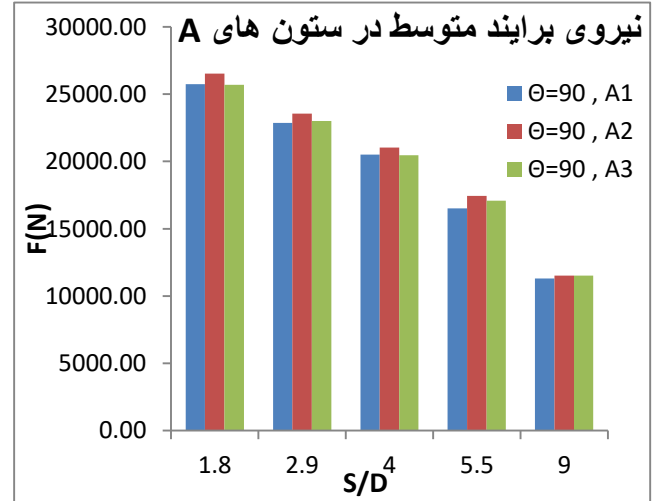
شکل ۲۰- نیروی متوسط وارد به ردیف 3 شکل دوک حالت منظم $\theta=60$



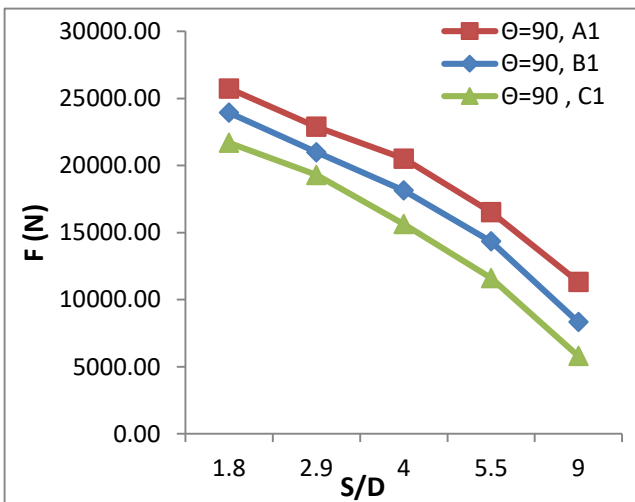
شکل ۱۹- نیروی متوسط وارد به ردیف 2 شکل دوک حالت منظم $\theta=60$



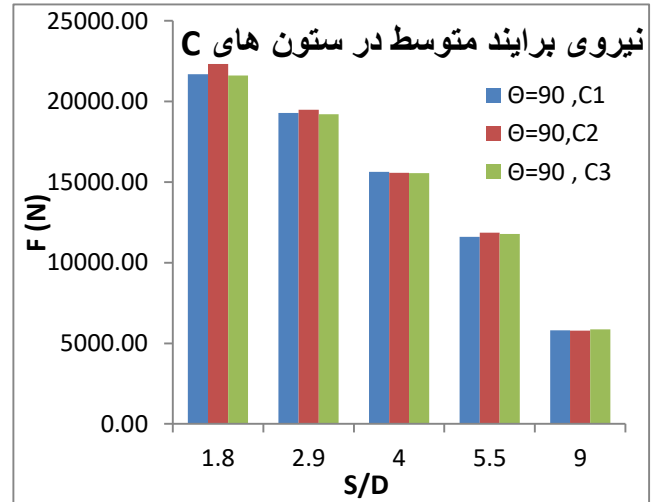
شکل ۲۲- نیروی متوسط وارد به ردیف B شکل دوک حالت منظم $\theta=90$



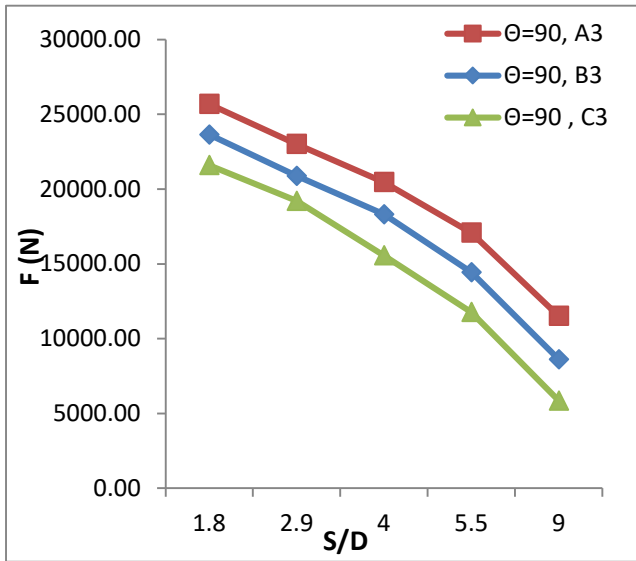
شکل ۲۱- نیروی متوسط وارد به ردیف A شکل دوک حالت منظم $\theta=90$



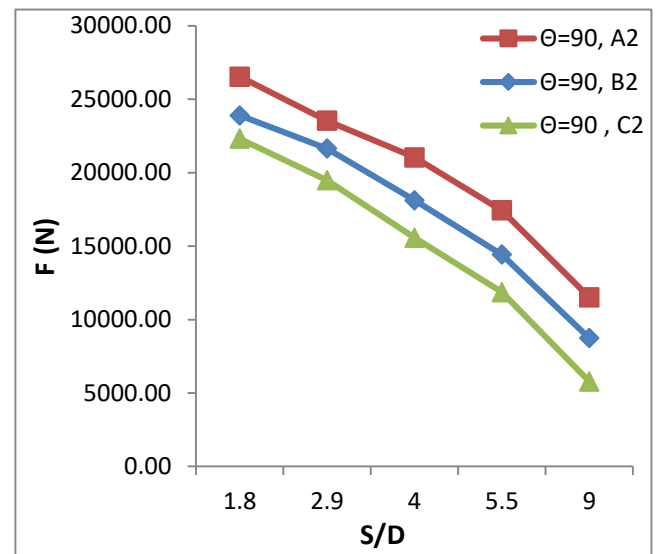
شکل ۲۴- نیروی متوسط وارد به ردیف 1 شکل دوک حالت منظم $\theta=90$



شکل ۲۳- نیروی متوسط وارد به ردیف C شکل دوک حالت منظم $\theta=90$



شکل ۲۶- نیروی متوسط وارد به ردیف ۳ شکل دوک حالت منظم $\theta=90$



شکل ۲۵- نیروی متوسط وارد به ردیف ۲ شکل دوک حالت منظم $\theta=90$

منابع

- 1.M.Ghatarband and M. Behdarvandi Askar (2016). "Investigation of the Effect of the Circular Stands Diameters of Marine Structures and the Distances between Them on Wave Run-up and Force." Marine Science 6(1): 11-15.
- 2.Yanfei Deng, Jianmin Yang, Longfei Xiao and Yugao Shen .(2014) "Frequency analysis of wave run-up on vertical cylinder in transitional water depth" Ocean Systems Engineering, Vol. 4, No. 3 (2014) 201-213.
- 3.J.X., Wang, Z. and Shu-xue, L. (2012), "Experimental Study of interactions between multi-directional focused waves and vertical circular cylinder, Part I: Wave run-up", Coast. Eng., 64, 151-160.
- 4.Isaacson, M. (1978). "Wave runup around large circular cylinder." / WtrwaysPort, Coast, and Oc. Div., ASCE, 104(1), 69-79.
- 5.Hallermeier, R. J., (1976). "Nonlinear flow of wave crests past a thin pile." JWtrways., Harbors and Coast. Engrg. Div., ASCE, 102(4), 365-377.
- 6.Galvin, C. J., and Hallermeier, R. J. (1972). "Wave run-up on vertical cylinders "" Proc. 13th Int. Conf. on Coast. Engrg., ASCE, 1955-1974.
- 7.Haney, J. P., and Herbich, J. B. (1982). "Wave flow around thin piles and pilegroups."/. Hydr. Res., 20(1), 1-14.
- 8.Rashidinasab, M. and M. Behdarvandi Askar (2017). "Modeling the Pressure Distribution and the Changes of Water Level around the Offshore Platforms Exposed to Waves, Using the Numerical Model of Flow 3D." Computational Water, Energy, and Environmental Engineering 06(01): 97-106.
- 9.Bahadori, S. and M. Behdarvandi Askar (2016). "Investigating the Effect of Relative Depth and Relative Roughness on Momentum Transfer in Symmetric Rectangular Compound Channels with Varius Relative Width." International Journal of Hydraulic Engineering 5(1): 1-8.

- 10.Ebrahimi, A., et al. (2015). "Investigation of Various Random Wave Run-up Amounts under the Influence of Different Slopes and Roughnesses." Environment Conservation Journal 16(Special Issue): 301-308.
- 11.Deilami-Tarifi, M., et al. (2016). "Modeling of the Changes in Flow Velocity on Seawalls under Different Conditions Using FLOW-3D Software." Open Journal of Marine Science 6: 317-322.