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
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
ICOPMAS 2010
10- 8 آذر ماه (تهران)

ارزیابی مقدار روگذری بر اساس مدلسازی فیزیکی در مقایسه با نتایج روابط و مدلهای پارامتری
مطالعهٔ موردی: موجشکن های جدید بندر انزلی

سید عباس موسوی بهنام ، کارشناس ارشد طراحی ، شرکت سازه پردازی ایران ، s.abbas.mousavi@gmail.com
ابوالفضل علی عسگری ، مدیر تخصصی مطالعات ، شرکت سازه پردازی ایران ، Aliasgari@SazehPardazi.com
ناصر سعادتخواه ، مدیر پروژه ، شرکت سازه پردازی ایران ، saadatkhah@SazehPardazi.com

کلید واژه: روگذری، موجشکن، مدل فیزیکی

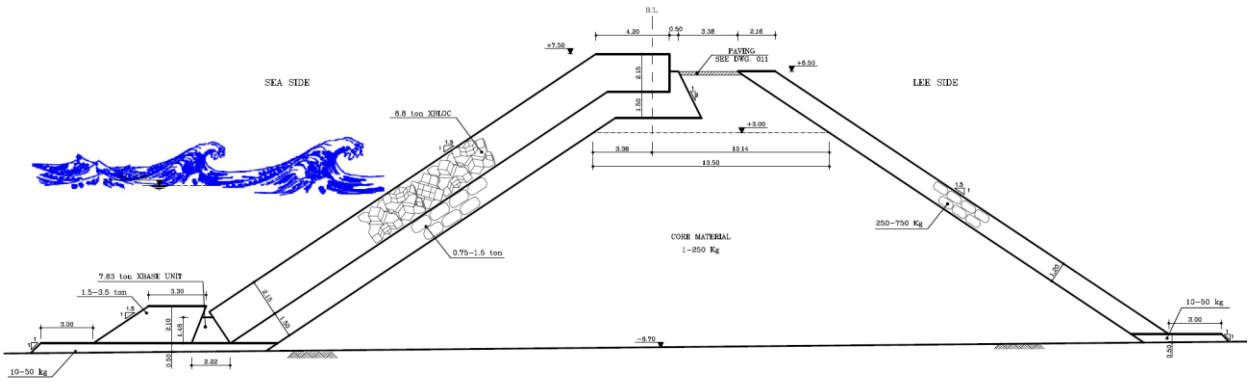
1- مقدمه

تعیین مقدار روگذری از روی موجشکن تأثیر بهسزایی در بهینه کردن مقطع موجشکن دارد. بهطور معمول در طراحی موجشکن تراز تاج بر اساس معیاری که برای روگذری مشخص شده، تعیین می‌گردد. این معیار بر اساس کاربری پشت موجشکن و نیز پایداری شیب سمت حوضچه بدست می‌آید. تاکنون روابط زیادی جهت تعیین مقدار روگذری از روی موج شکن ارائه شده است که هر کدام از آنها بسته به شرایط فیزیکی مقطع و شرایط هیدرودینامیکی، نتایج متفاوتی را ارائه می‌کنند و ممکن است در برخی شرایط نتایج نزدیک به واقعیتی ارائه کنند و در شرایط دیگری نتایج نادرستی دهند.

در این مقاله مقادیر روگذری اندازه‌گیری شده در مدل فیزیکی موج شکن جدید بندر انزلی، در مقایسه با روابط مختلفی که جهت محاسبه مقدار روگذری توسط افراد مختلف ارائه شده، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

2- موجشکن بندر انزلی

در مطالعات طرح توسعه بندر انزلی با توجه به مقایسه های فنی و اقتصادی گزینه های مختلف، گزینه موج شکن توده سنگی متداول با آرمور بتنی تک لایه به عنوان موج شکن مناسب برای این پروژه انتخاب شده است. با توجه به تجربیات محدود استفاده از آرمورهای تک‌لایه و نیز توصیه‌های کلی در خصوص انجام مدلسازی فیزیکی برای اطمینان از عملکرد سازه موج شکن به خصوص از جنبه‌های پایداری و روگذری، دو مقطع به ترتیب در موجشکنهای جدید شرقی و غربی بندر، برای انجام مدلسازی فیزیکی انتخاب گردیدند. نمونه مقاطع انتخابی موجشکن‌های غربی و شرقی (مقاطع قبل از هد موجشکن) که در مدل آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به‌ترتیب در شکلهای 1 و 2 آورده شده است.



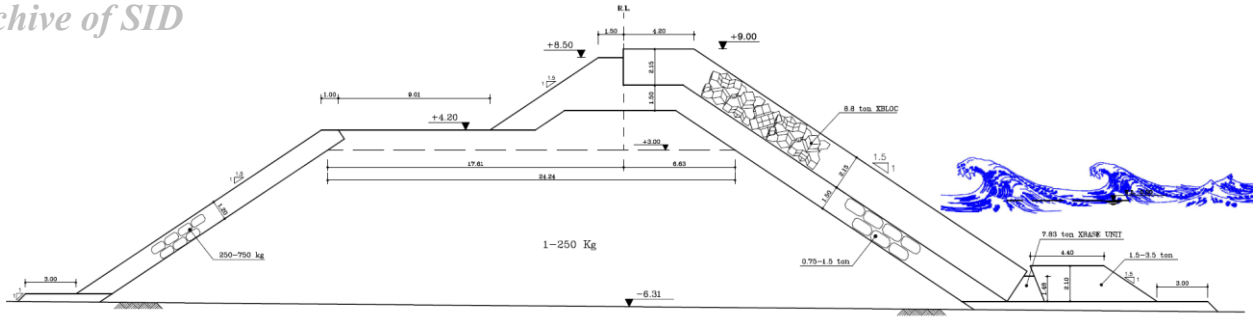
شکل 1) مقطع عرضی نمونه موجشکن غربی

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

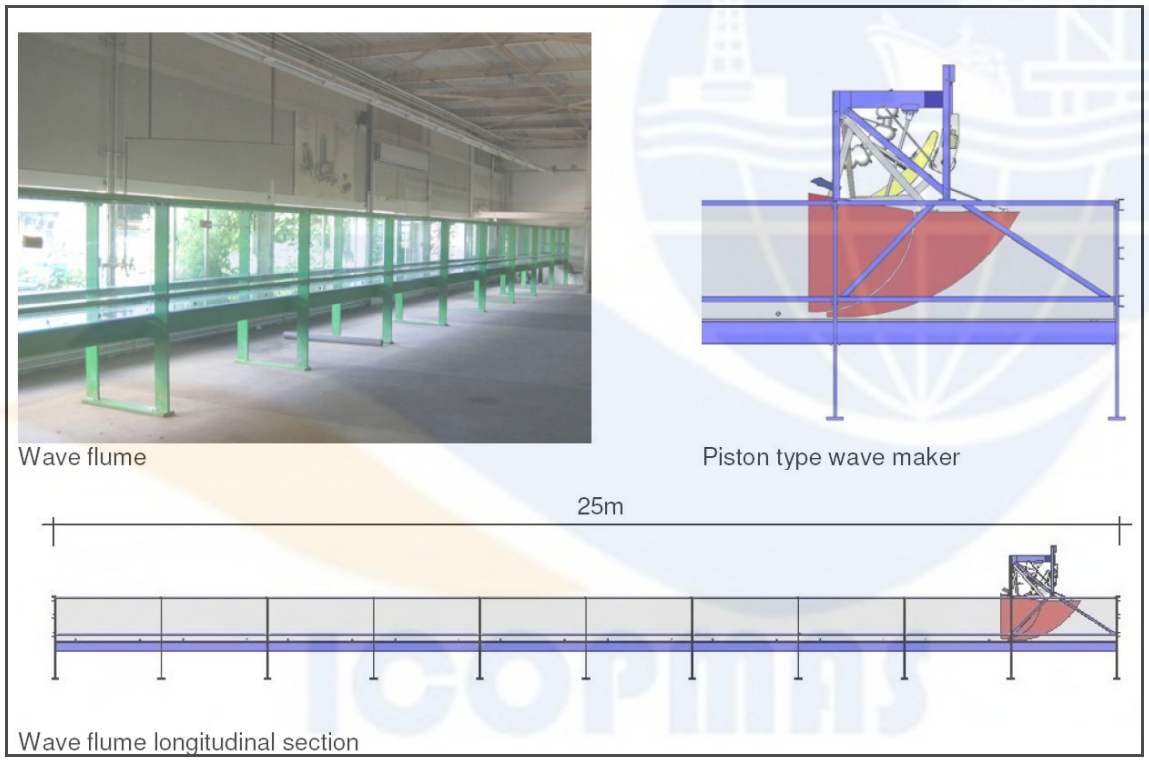
Archive of SID



شکل 2) مقطع عرضی نمونه موج شکن شرقی

3- مدل فیزیکی موج شکن

آزمایش‌های مدل فیزیکی موج‌شکن بندر انزلی توسط شرکت DMC[1] در هلند انجام شده است. مدل آزمایشگاهی موجشکن از نـوع دو بعـدی و در مقیاس حدود 1:50 ساخته شده است. فلوم مورد استفاده دارای طول 25 متر و عرض 0/6 متر می‌باشد که مجهز به مولـد مـوج طیفـی از نوع پیستونی جاذب می‌باشد (شکل 3). مدل مقطع موج شکن ساخته شده به همراه روش اندازه گیری مقـدار روگـذری در شـکل 4 نشـان داده شده است.



شکل 3) فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده جهت انجام مدل فیزیکی موج شکن انزلی

[1] Delta Marine Consultants

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

شکل 4) مدل فیزیکی مقطع موج شکن

4- روابط مورد استفاده برای تخمین روگذری

روش‌هایی که برای محاسبه مقدار روگذری مورد استفاده قرار می‌گیرند عموماً بر پایه یک رابطه نمایی مشابه رابطه (1) می‌باشند:

$$q = Ae^{(BR_C)} \quad (1)$$

که ضرایب A و B، بسته به روش مورد استفاده، تابعی از پارامترهایی است که شرایط موج بر روی سازه مانند شیب، عرض بـرم و ... را توصـیف می‌کند. همچنین روگذری تابعی از ارتفاع آزاد (R_c) می‌باشد که برابر نسبت ارتفاع تاج به سطح آب می‌باشد. در ادامه دو رابطـه متـداولی کـه بـر اساس رابطه فوق بسط یافته، آورده شده است.

4-1 - رابطه Van Der Meer & Janssen (1995)

Van Der Meer & Janssen (1995) برای محاسبه روگذری دو رابطه بسته به مقدار پارامتر تشابه شکست، ξ_{op}، ارائه کرده‌اند. رابطـه (2) برای حالتی است که موج در حال شکست بوده و رابطه (3) برای حالت موج خارج از محدوده شکست می‌باشد. در این پروژه با توجـه بـه عمـق نسبتاً زیاد آب در مقاطع مورد نظر، پارامتر تشابه شکست در همه شرایط بزرگتر از 2 می‌باشد؛ بدین مفهوم که موج در شرایط خـارج از محـدوده شکست قرار دارد.

$$\frac{q}{\sqrt{gH_S^3}}\sqrt{\frac{S_{op}}{\tan\alpha}} = 0.06\, e^{\left(-5.2\frac{R_C}{H_S}\frac{\sqrt{S_{op}}}{\tan\alpha}\frac{1}{\gamma_r\gamma_b\gamma_h\gamma_\beta}\right)} \quad \text{For } \xi_{op} \le 2 \quad (2)$$

$$\frac{q}{\sqrt{gH_S^3}} = 0.2\, e^{\left(-2.6\frac{R_C}{H_S}\frac{1}{\gamma_r\gamma_b\gamma_h\gamma_\beta}\right)} \quad \text{For } \xi_{op} > 2 \quad (3)$$

که در این روابط H_s ارتفاع موج برخوردی به مقطع موج شکن، S_{op} تندی موج در آب عمیق و $\tan\alpha$ شیب بدنه موج شکن می‌باشند.

4-2 - رابطه TAW (2002a)

در رابطه TAW (2002a) مشابه رابطه قبل، روگذری بوسیله دو رابطه‌ای که توسط Van Der Meer بسط داده شده است، توصیف می‌شـود. رابطه (4) برای موج درحال شکست (ξ_{op}2>) بوده که مقدار روگذری با افزایش پارامتر شکست بیشتر می‌شـود و رابطـه (5) بـرای امـواج غیـر شکنا (ξ_{op}2>) می‌باشد. این روابط برای محدوده وسیعی از شرایط موج قابل استفاده می‌باشد.

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = \frac{0.067}{\sqrt{\tan\alpha}}\,\gamma_b\,\xi_{m-1,0}\, e^{\left(-4.30\frac{R_C}{H_{m0}}\frac{1}{\xi_{m-1,0}\gamma_b\gamma_f\gamma_\beta}\right)} \quad \text{For } \gamma_b\xi_{op} \le 2 \quad (4)$$

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0.20\, e^{\left(-2.30 \frac{R_C}{H_{m0}} \frac{1}{\gamma_f \gamma_\beta}\right)} \quad (5)$$

For $\gamma_b \xi_{op} > 2$

4-3 – نرم افزار شبکه عصبی CLASH

نرم افزار CLASH با به‌کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی بر اساس 10 هزار آزمایش اندازه‌گیری روگذری بر روی انواع سازه‌ها، توسط Delft Hydraulic Institute بسط داده شده است. با توجه به اینکه غالب داده‌های به‌کار رفته در شبکه عصبی برای موج‌شکن‌های توده سنگی بوده است، بنابراین انتظار می‌رود نتایج این نرم‌افزار برای این نوع موج‌شکن‌ها دارای دقت مناسبی می‌باشد. پارامتر هایی که این نرم افزار جهت محاسبه روگذری در نظر می گیرد شامل: ارتفاع، پریود و زاویه برخورد موج، عمق مقطع، شیب، عرض سکو در صورت وجود، ارتفاع آزاد و عرض تاج موج شکن می باشد.

5- برنامه آزمایش‌ها

آزمایش‌های صورت گرفته بر روی مقاطع موج‌شکن غربی و شرقی، برای امواج با دوره بازگشت 1، 10، 100 ساله و نیز موج با ارتفاع 120 درصد ارتفاع موج 100 ساله (شرایط بیش بارگذاری)، با ترازهای مختلف آب 1/0-، 0/0، 1/5+ و 2/5+ متر نسبت به تراز متوسط آب دریای خزر انجام شده است. در جدول 1 برنامه آزمایش‌ها برای هر دو مقطع غربی و شرقی آورده شده است.

جدول 1) جدول برنامه آزمایش ها

شماره آزمایش	تراز آب MSL	ارتفاع موج برخوردی H_{m0} at -10m	پریود پیک T_p	شرایط موج
1	-1/00	3/90	10/7	موج 1 ساله
2		4/70		موج 10 ساله
3		5/20		موج 100 ساله
4		6/25		بیش بارگذاری
5	0/00	3/90		موج 1 ساله
6		4/70		موج 10 ساله
7		5/20		موج 100 ساله
8		6/25		بیش بارگذاری
9	+1/5	3/90		موج 1 ساله
10		4/70		موج 10 ساله
11		5/20		موج 100 ساله
12		6/25		بیش بارگذاری
13	+2/5	3/90		موج 1 ساله
14		4/70		موج 10 ساله
15		5/20		موج 100 ساله
16		6/25		بیش بارگذاری

در طول همه آزمایش‌ها امواج نامنظم بر اساس طیف موج JONSWAP تولید شده است. تعداد امواج برخوردی در هر آزمایش برابر 1000 موج معادل 3 ساعت طوفان در مدل واقعی در نظر گرفته شده است. این تعداد برای بدست آوردن توصیف قابل اعتمادی از امواج کافی می‌باشد.

6- نتایج محاسبات

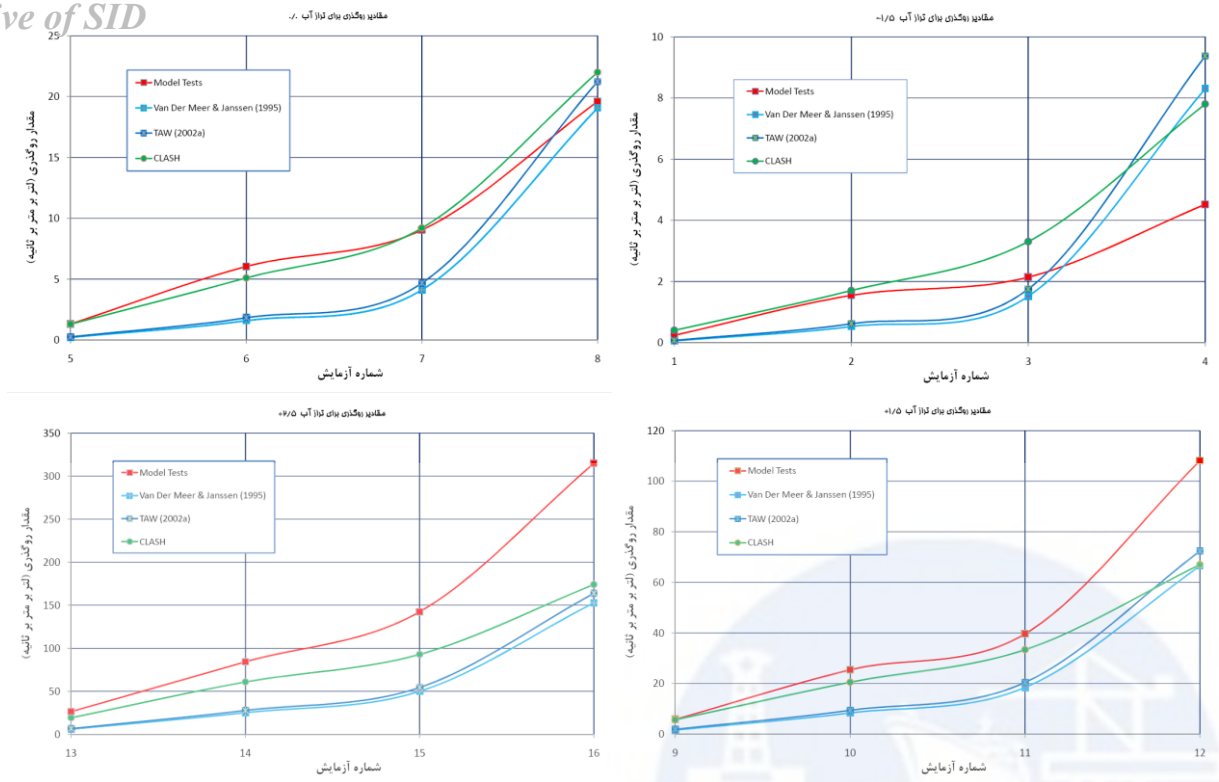
نتایج محاسبات روگذری صورت گرفته با استفاده از روابط و نرم افزار ذکر شده (CLASH) در مقایسه با نتایج آزمایش‌های مدل فیزیکی برای هر یک از آزمایش‌های انجام شده مطابق جدول (1)، به صورت گراف ترسیم شده که برای هر یک از مقاطع موج‌شکن غربی و شرقی به ترتیب در شکل‌های 5 و 6 ارائه شده است.

www.SID.ir

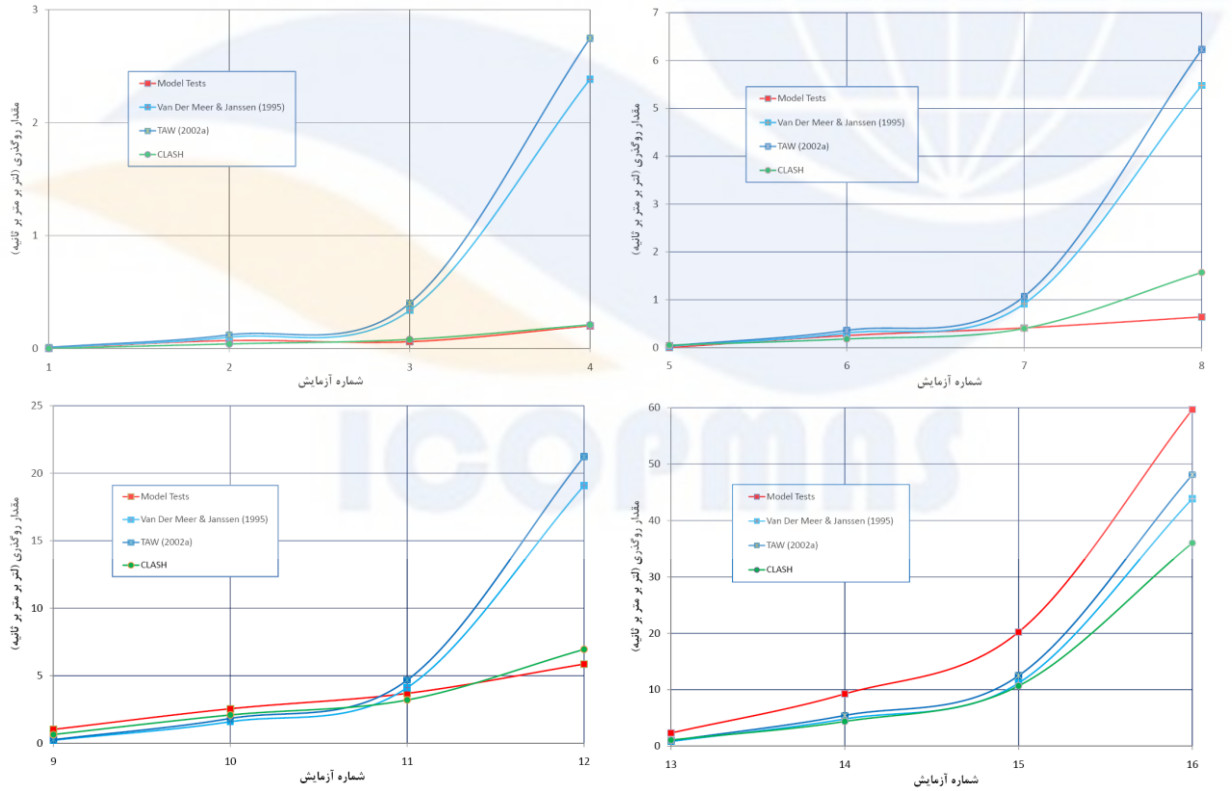
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID



شکل 5) نتایج محاسبات مقدار روگذری در مقایسه با نتایج مدل آزمایشگاهی برای مقطع موج‌شکن غربی



شکل 6) نتایج محاسبات مقدار روگذری در مقایسه با نتایج مدل آزمایشگاهی برای مقطع موج‌شکن شرقی

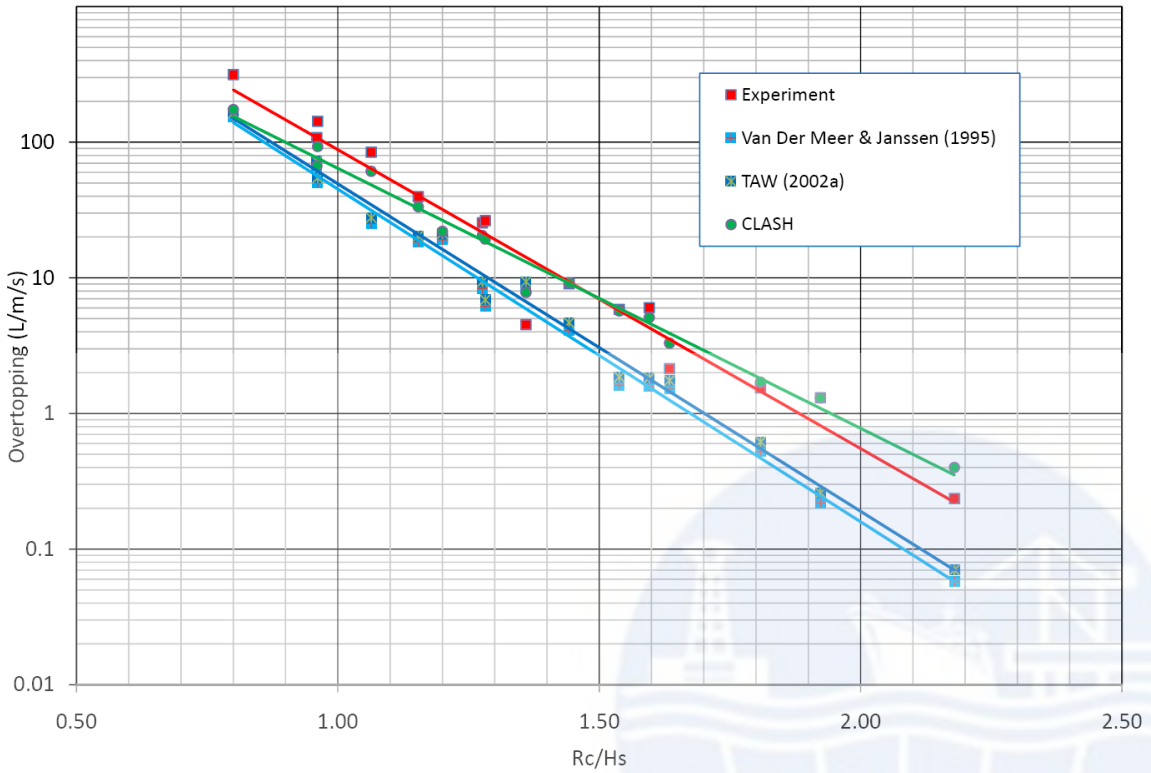
با استفاده از نمودارهای فوق امکان ارزیابی مناسب نتایج هر یک از روابط تجربی و نرم‌افزار CLASH در مقایسه با نتایج مدل فیزیکی وجود ندارد. بنابراین لازم است با استفاده از نتایج مقادیر روگذری نمودارهایی ترسیم شود که بتوان به سهولت در مورد نتایج روگذری ناشی از روابط

www.SID.ir

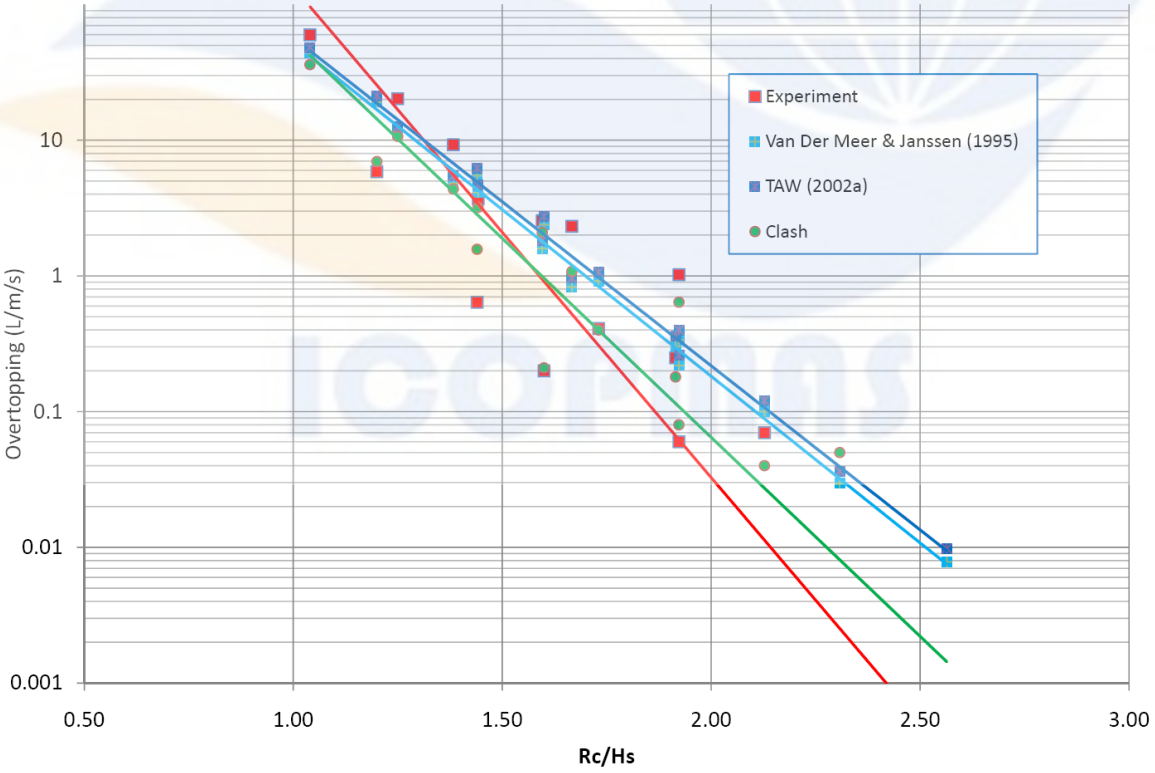
www.SID.ir

Archive of SID

فوق قضاوت کرد. بر این اساس برای هر یک از مقاطع، کلیه نتایج به صورت نموداری تنظیم شده که در آن نسبت ارتفاع آزاد R_c به ارتفاع موج برخوردی در برابر مقدار روگذری آن به صورت نمایی ترسیم شده است (شکل 7 و 8).



شکل 7) نمودار مقدار بی‌بعد نسبت ارتفاع آزاد به ارتفاع موج در برابر مقدار روگذری برای مقطع موج شکن غربی



شکل 8) نمودار مقدار بی‌بعد نسبت ارتفاع آزاد به ارتفاع موج در برابر مقدار روگذری برای مقطع موج شکن شرقی

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

7- نتیجه‌گیری

در این مطالعات نتایج حاصل از اندازه‌گیری روگذری بر اساس مدل فیزیکی موج‌شکن با روابط تجربی مختلف و نیز نرم‌افزاری که جهت محاسبه مقدار روگذری از روی موج‌شکن ارائه شده، مقایسه شده است. این مقایسه نشان می‌دهد که برای موج‌شکن‌های بندر انزلی مناسب‌ترین روش محاسباتی جهت تعیین مقدار روگذری، استفاده از نرم‌افزار شبکه عصبی CLASH می‌باشد. به نظر می‌رسد دقت قابل قبول این نرم‌افزار جهت محاسبه روگذری به این علت است که عمده آزمایش‌های روگذری مورد استفاده در تهیه این نرم افزار بر روی موج‌شکن‌های توده سنگی متداول صورت گرفته، که موج‌شکن بندر انزلی نیز از همین نوع می‌باشد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که مقادیر روگذری ناشی از محاسبات در مقایسه با نتایج مدل فیزیکی در محدوده‌ای از مقادیر بر هم منطبق بوده و در خارج از این محدوده نتایج متفاوتی بدست می‌آید. برای بدست آوردن این محدوده از نموداری که پارامتر بی‌بعد نسبت ارتفاع آزاد به ارتفاع موج (R_c/H_s) در مقایسه با مقدار روگذری را نشان می‌دهد، استفاده شده است. این نمودارها نشان می‌دهد که اگر نتایج محاسبات روگذری با استفاده از نرم افزار CLASH در مقایسه با نتایج اندازه‌گیری‌های مدل فیزیکی به عنوان مبنای مقایسه مد نظر قرار گیرد، در صورتی که پارامتر بی‌بعد R_c/H_s در حدود 1/5 باشد، محاسبات روگذری دارای دقت مناسبی خواهد بود. اگر این پارامتر بزرگتر از این حدود باشد، نتایج محاسبات بیشتر از مقادیر مدل فیزیکی خواهد بود.

به طور کلی می‌توان استنباط کرد که برای مقادیر متعارف روگذری که در طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از نتایج محاسباتی و به‌ویژه استفاده از نرم افزار CLASH منجر به نتایج قابل اعتمادی خواهد شد؛ ولی برای مقادیر زیاد روگذری، محاسبات نتایج کمتری در مقایسه با مدل فیزیکی بدست خواهد داد.

8- تقدیر و تشکر

در پایان از زحمات بی دریغ و همکاری شایسته مدیریت و معاونت فنی اداره کل بنادر و دریانوردی استان گیلان، مهندس کوهساری و مهندس شعبانپور، شرکت ساختمانی پرهام، آقایان مهندس خدابخشی و یزدانی و کارشناسان شرکت DMC، به خصوص آقای Pieter Bakker تشکر و قدردانی می نماییم.

9- مراجع

[1]- شرکت مهندسین مشاور سازه پردازی ایران، (1386) مطالعات مرحله دوم طراحی موج شکن بندر انزلی

[2]- Delta Marine Consultants (DMC), (2009), 2D Model Tests of Anzali Port, Report number:X00239-rap-u-0001

[3]- Workpackage 8 E.M. Coeveld M.R.A. van Gent B. Pozueta, (June 2005), Manual NN_OVERTOPPING 2 Clash

[4]- CIRIA, London, (2007), The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition), Publisher C683

www.SID.ir

www.SID.ir