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

Archive of SID

دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
۲۹ آبان لغایت ۱ آذر ۹۱ (تهران-ایران)

ارزیابی پایداری شیب داخلی موج‌شکن تحت تاثیر روگذری، بر اساس مدلسازی فیزیکی و مقایسه با روابط تجربی مطالعهٔ موردی: موج شکن‌های طرح توسعهٔ بندر انزلی

سید عباس موسوی بهنام[۱] ، ناصر سعادتخواه[۲] ، عقیل حاج مومنی[۳]

کلید واژه: موج شکن، مدل فیزیکی، پایداری شیب داخلی، روگذری

چکیده

در مقاله حاضر به بررسی تأثیر روگذری بر پایداری شیب سمت حوضچه مقطع موج شکن بر اساس مدلسازی فیزیکی دوبعدی موج‌شکن‌های طرح توسعه بندر انزلی پرداخته می‌شود. در این مقاله پس از معرفی جزئیاتی از طرح اولیه مقطع موج شکن بندر انزلی، نتایج آزمایش‌های مدل فیزیکی صورت گرفته بر روی آن ارائه شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان‌دهنده عدم پایداری شیب سمت حوضچه تحت تأثیر روگذری در مقطع اولیه موجشکن غربی بود. راهکارهای ارائه شده جهت ایجاد پایداری این بخش از مقطع شامل استفاده از آرمورهایی با تناژ بیشتر و حتی استفاده از آرمورهای بتنی Xbloc در شیب سمت حوضچه و نیز افزایش تراز تاج بود. آزمایش‌های صورت گرفته بر روی هر یک از این راهکارها نشان داد که تنها در دو روش استفاده از آرمور بتنی و افزایش تراز تاج پایداری شیب داخلی تامین شده و در حالت استفاده از آرمور سنگی با تناژ بیشتر، لغزش و جابجایی سنگ وجود خواهد داشت. علاوه بر این در این مطالعه، روابط تجربی موجود در مراجع مختلف جهت کنترل پایداری شیب داخلی مقطع موج شکن ارائه شده و با نتایج آزمایش های مدل فیزیکی مورد مقایسه قرار گرفته است.

مقدمه

شیب برگشتی از اجزاء مهم یک موج شکن توده سنگی است که معمولاً کمتر در طراحی‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. علت اهمیت این لایه در موج شکن‌های توده سنگی، آسیب‌پذیری آن تحت تاثیر روگذری موج از روی موج شکن و نیز عبور امواج از بدنه موج شکن می‌باشد. پایداری شیب لایه حفاظ موج شکن در سمت حوضچه بر اساس دو عامل امواج ناشی از تفرق و حرکت شناورها و روگذری موج از سمت دریا تعیین می‌گردد. معمولاً با توجه به آرامش داخل حوضچه، امواج ناشی از حرکت شناورها و نیز امواج ناشی از تفرق، ممکن است تنها بخش‌های انتهایی موج شکن (نزدیک هد) را که تحت تاثیر امواج با ضریب تفرق بزرگتری قرار دارند، تحت تأثیر قرار دهد. آنچه از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و در این مقاله با ارائه نتایج مدل آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است، تاثیر روگذری بر پایداری شیب داخلی موج‌شکن می‌باشد. در حال حاضر روابط محدودی در رابطه با طراحی لایهٔ آرمور داخلی بر اساس میزان روگذری ارائه شده و تنها در یک رابطه اثر مشخصات هندسی مقطع

[۱] – کارشناسی ارشد سازه های دریایی - مهندسین مشاور سازه پردازی ایران – A.Mousavi@sazehpardazi.com
[۲] – مدیر پروژه - مهندسین مشاور سازه پردازی ایران – Saadatkhah@sazehpardazi.com
[۳] – مدیر مطالعات بخش سواحل - مهندسین مشاور سازه پردازی ایران – Hajmomeni@sazehpardazi.com

www.SID.ir

Archive of SID

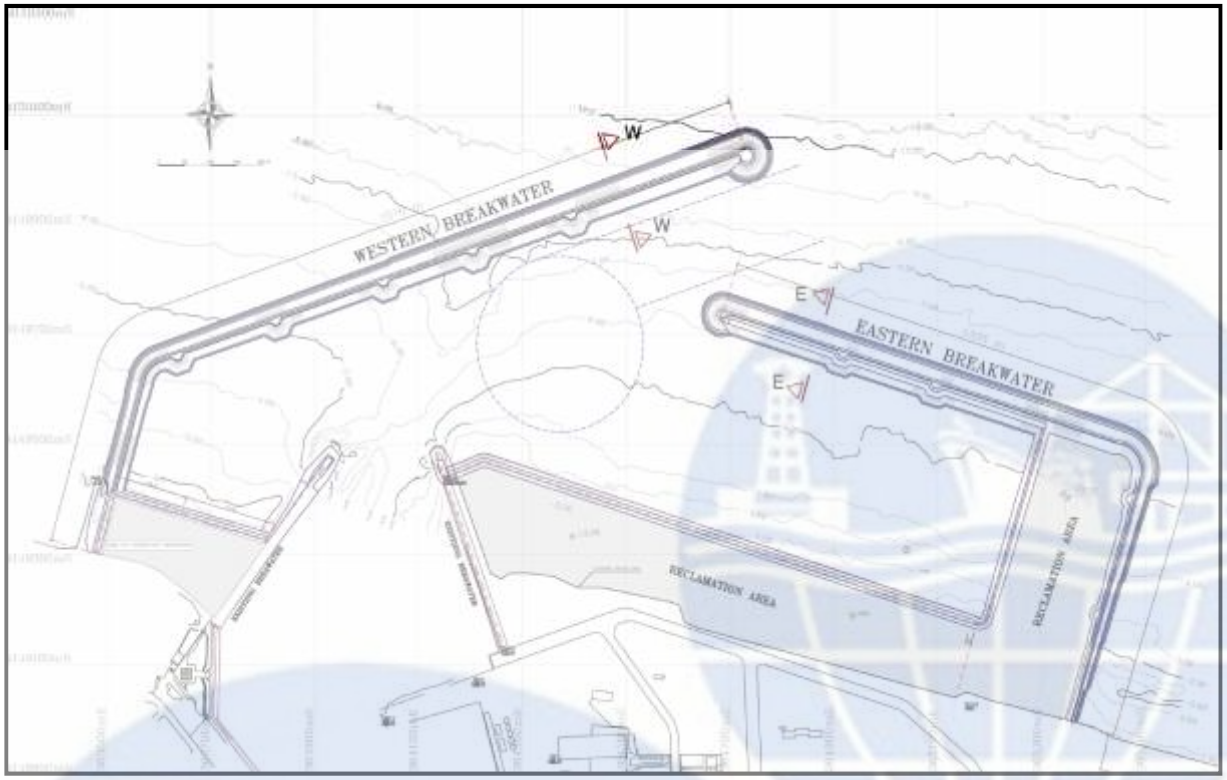
موج‌شکن در نتایج آن منظور شده است. بنابراین با توجه به مطالعات محدود در این زمینه، انجام آزمایش مـدل فیزیکـی منجـر بـه اطمینـان از پایداری این بخش از سازه موج‌شکن خواهد شد.

www.SID.ir

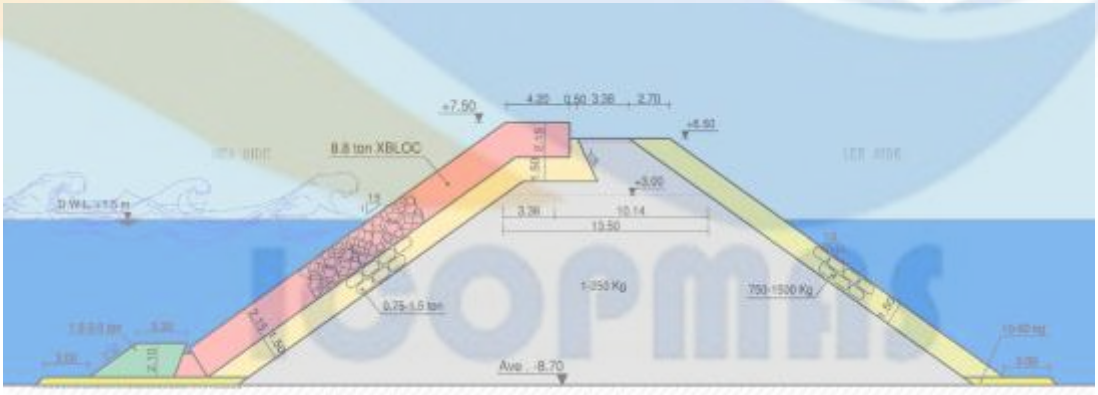
Archive of SID

مقاطع اولیه موج شکن بندر انزلی

پلان نهایی طرح توسعه بندر انزلی در شکل ۱ نشان داده شده است. در این مطالعه مقطع اصلی هر یک از موج‌شکن‌های اصلی (غربی) و فرعی (شرقی) موج‌شکن انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته است (شکلهای ۲ و ۳) [۱].



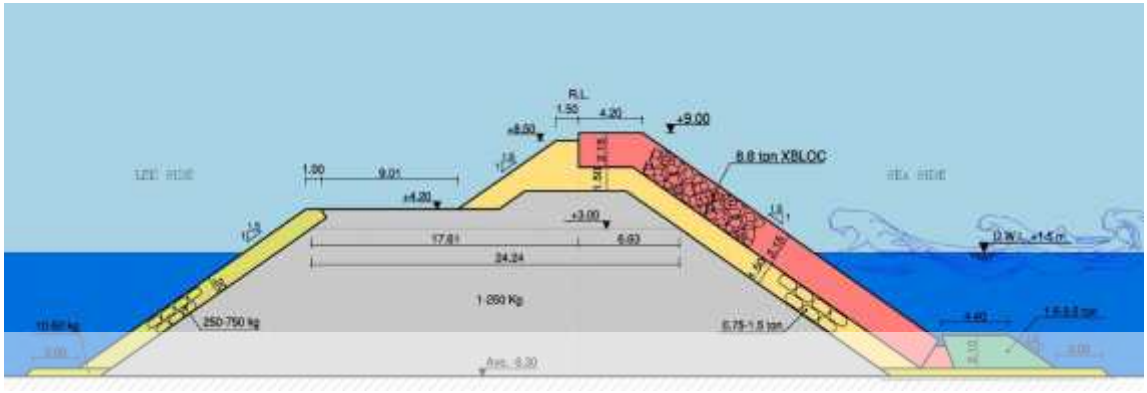
شکل ۱) پلان موج شکن های بندر انزلی به همراه موقعیت مقاطع نمونه



شکل ۲) مقطع نمونه موج شکن غربی (W-W)

www.SID.ir

Archive of SID

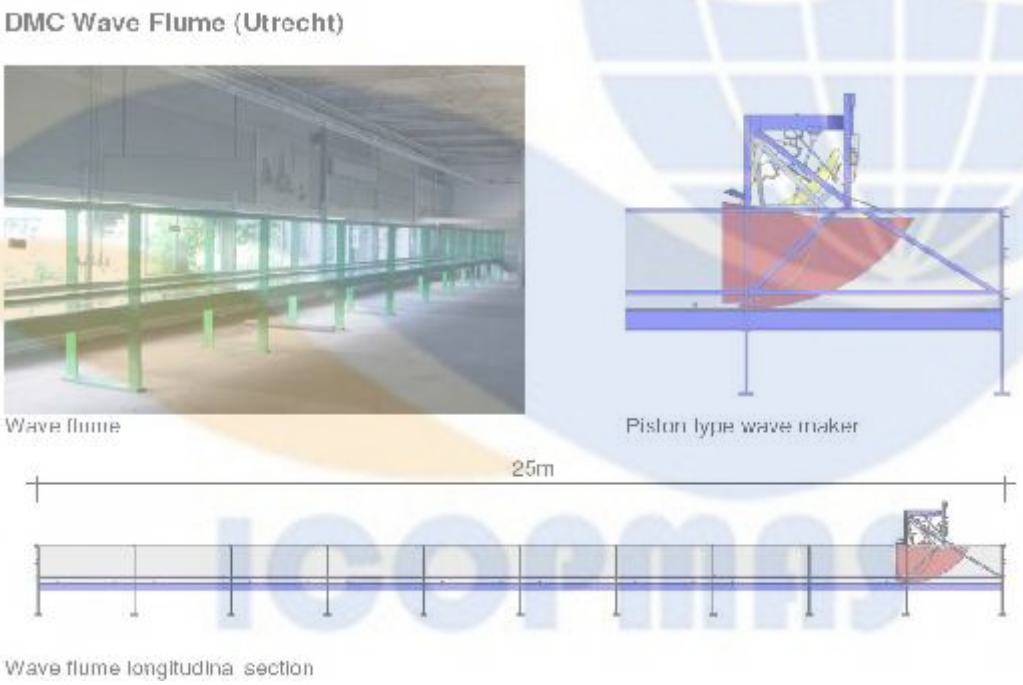


شکل ۳) مقطع نمونه موج شکن شرقی (E-E)

آزمایش های مدل فیزیکی [۲]

فلوم مدل فیزیکی

آزمایش‌های مدل فیزیکی موج‌شکن بندر انزلی توسط شرکت DMC[۴] در هلند انجام شده است. مدل آزمایشگاهی موج‌شکن از نوع دو بعدی و در مقیاس حدود ۱:۵۰ ساخته شده است. فلوم مورد استفاده دارای طول ۲۵ متر و عرض ۰/۶ متر می‌باشد که مجهز به مولد موج طیفی از نوع پیستونی جاذب می‌باشد (شکل ۴).



شکل ٤) فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده جهت انجام مدل فیزیکی موج شکن انزلی

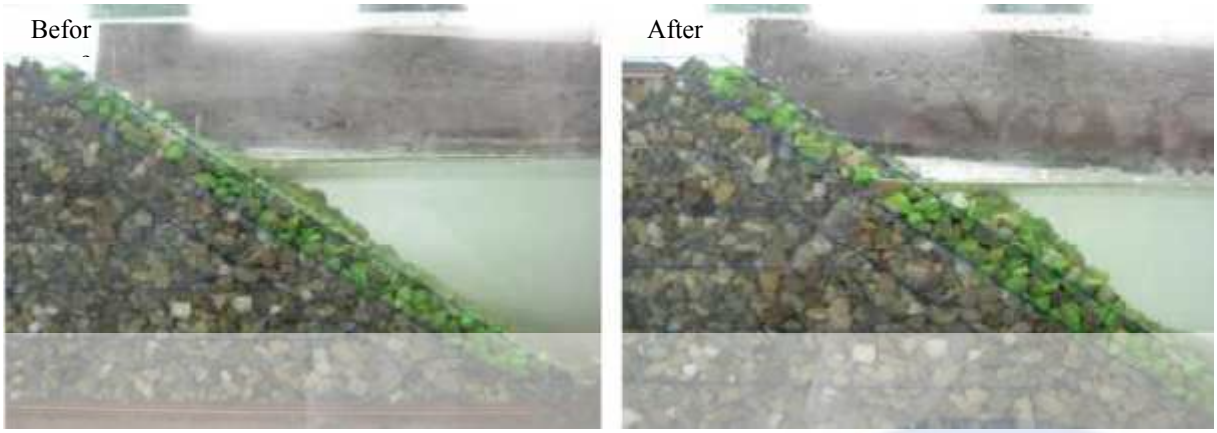
نتایج آزمایش ها

نتایج سری آزمایش‌های صورت گرفته بر روی مقطع موج‌شکن غربی نشان داد که شیب داخلی مقطع تحت اثر روگذری ناپایدار بوده و منجر به آسیب شدید آن می‌گردد. در این مقطع آسیب شدید لایه حفاظ سمت حوضچه تحت تاثیر روگذری منجر به نمایان شدن مغزه گردید (شکل ۵).

[۴] Delta Marine Consultants

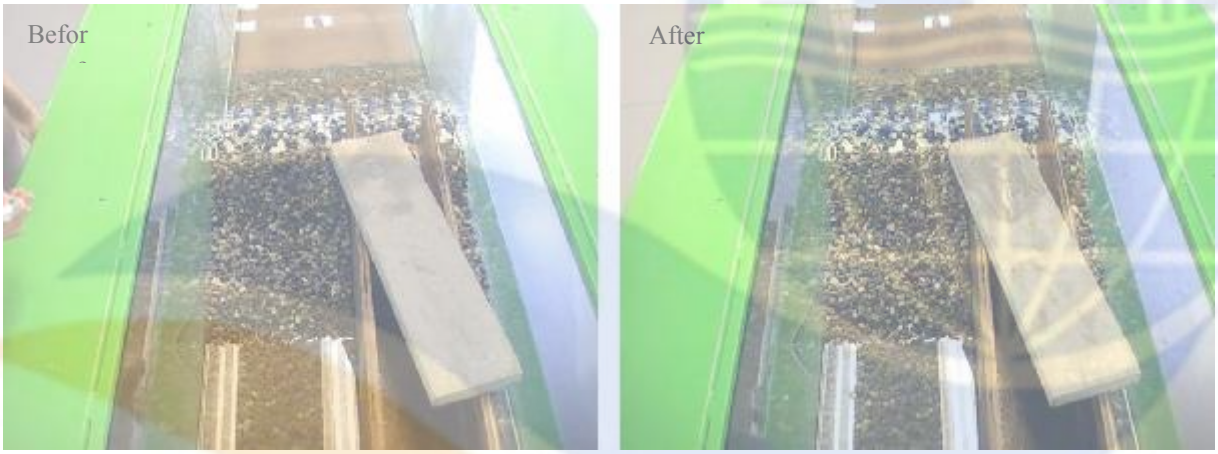
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵) پروفیل لایه حفاظ داخلی موج شکن غربی قبل و بعد از انجام آزمایش

در طول سری آزمایش های صورت گرفته بر روی مقطع نمونه موج‌شکن شرقی آسیب کمی در شیب داخلی مقطع روی داد. در طول سری آزمایش هایی با بار اضافه، ارتفاع موج شدیدتر از موج طرح، آسیب شیب داخلی در هر سری آزمایش افزایش یافت. آسیب رخ داده در بدترین حالت منجر به جابجایی ۶ عدد آرمور Xbloc از تاج به شیب داخلی و تغییر شکل شیب داخلی گشت.



شکل ٦) شیب داخلی موج شکن شرقی قبل و بعد از انجام آزمایش

راهکارهای افزایش پایداری شیب داخلی

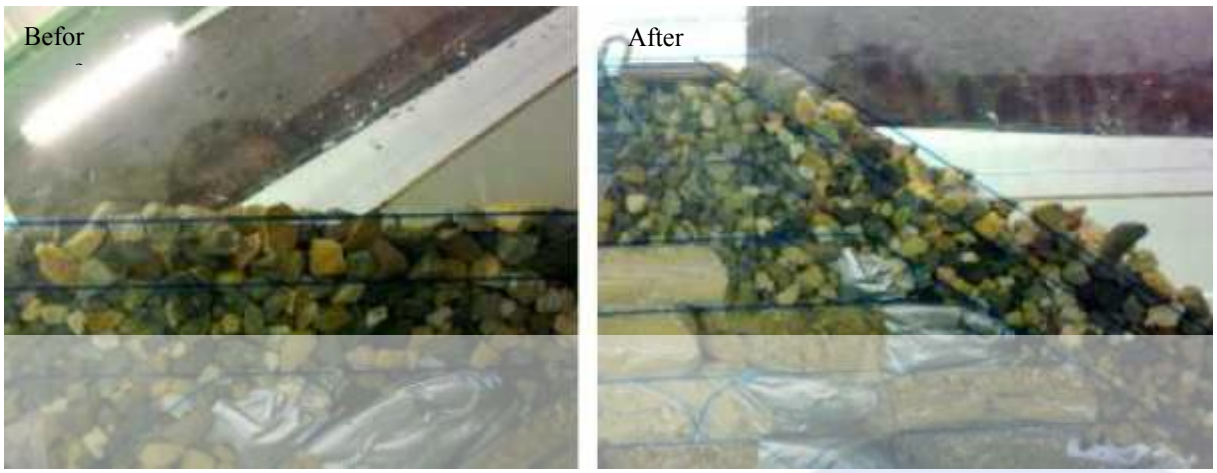
بر اساس نتایج آزمایش ها، شیب داخلی مقطع موج شکن شرقی به دلیل تراز تاج بالا و عرض بیشتر مقطع دارای پایداری مناسب بوده ولی در موج شکن غربی این بخش از مقطع ناپایداری می باشد. بر این اساس در ادامه راهکارهای افزایش پایداری شیب داخلی مقطع موج شکن غربی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

افزایش تناژ سنگ لایه حفاظ داخلی

تناژ لایه حفاظ سمت حوضچه در طرح اولیه مقطع نمونه موج‌شکن غربی برابر ton ۱,۵–۰,۷۵ می‌باشد. با توجه به آسیب‌های رخ داده در طول آزمایش‌ها برای مقطع نمونه موج شکن غربی تناژ سنگ به ton ۳,۵–۱,۵ افزایش داده شد. نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بر روی این مقطع نیز نشان دهنده عدم پایداری شیب داخلی تحت تاثیر روگذری می‌باشد. بر این اساس به نظر می‌رسد افزایش تناژ تاثیر چندانی در افزایش پایداری شیب داخلی نداشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

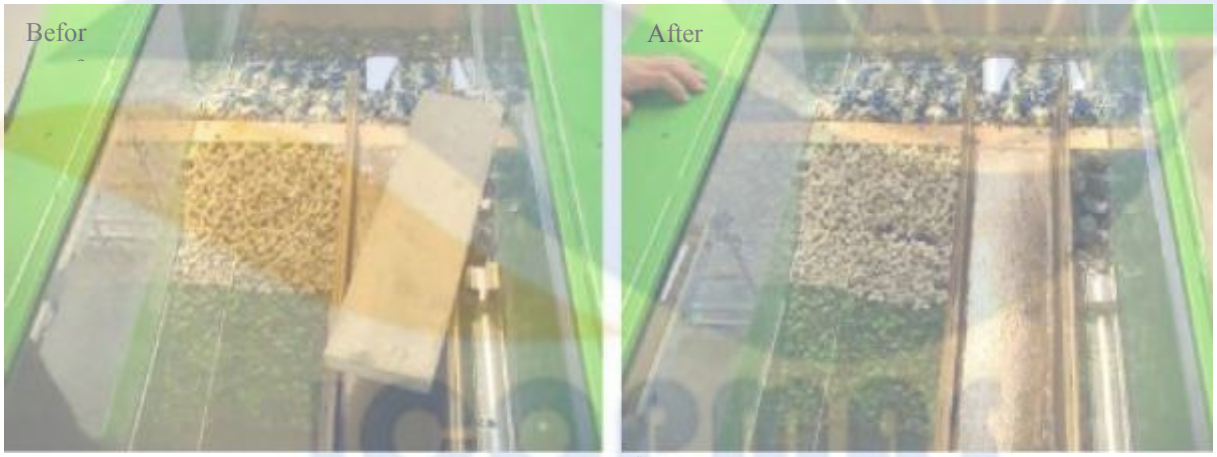


شکل ۷) شیب داخلی موج شکن غربی با لایه حفاظ t ۳,۵-۱,۵ قبل و بعد از انجام آزمایش

استفاده از آرمور بتنی

استفاده از آرمور Xbloc به جای سنگ از پیشنهادهایی بود که به منظور تأمین پایداری شیب داخلی ارائه گردید. در ابتـدا آرمـور Xbloc ۱,۱ m^3 مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد در صورتی که امتداد لایه حفاظ تا عمق $۰,۵H_s$ زیر تراز آب امتداد یابد، شیب داخلی به دلیل آسیب لایه‌های سنگی پایین‌تر از آرمور بتنی ناپایدار خواهد بود (شکل ۸). در صورتی که امتداد لایه حفاظ بتنی تا عمق $۱H_s$ زیر تـراز آب امتداد یابد شیب داخلی پایدار خواهد شد، اما مقداری نشست در لایه رخ خواهد داد.

با توجه به ناپایداری‌های رخ داده برای مقطع فوق، طرح استفاده از آرمور Xbloc ۱,۴ m^3 مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایش‌های صورت گرفته بر روی این مقطع نشان دهنده پایداری مناسب لایه حفاظ داخلی پوشیده شده با این نوع آرمور می‌باشد.



شکل ۸) شیب داخلی با آرمور Xbloc ۱,۱ m^3 قبل و بعد از آزمایش

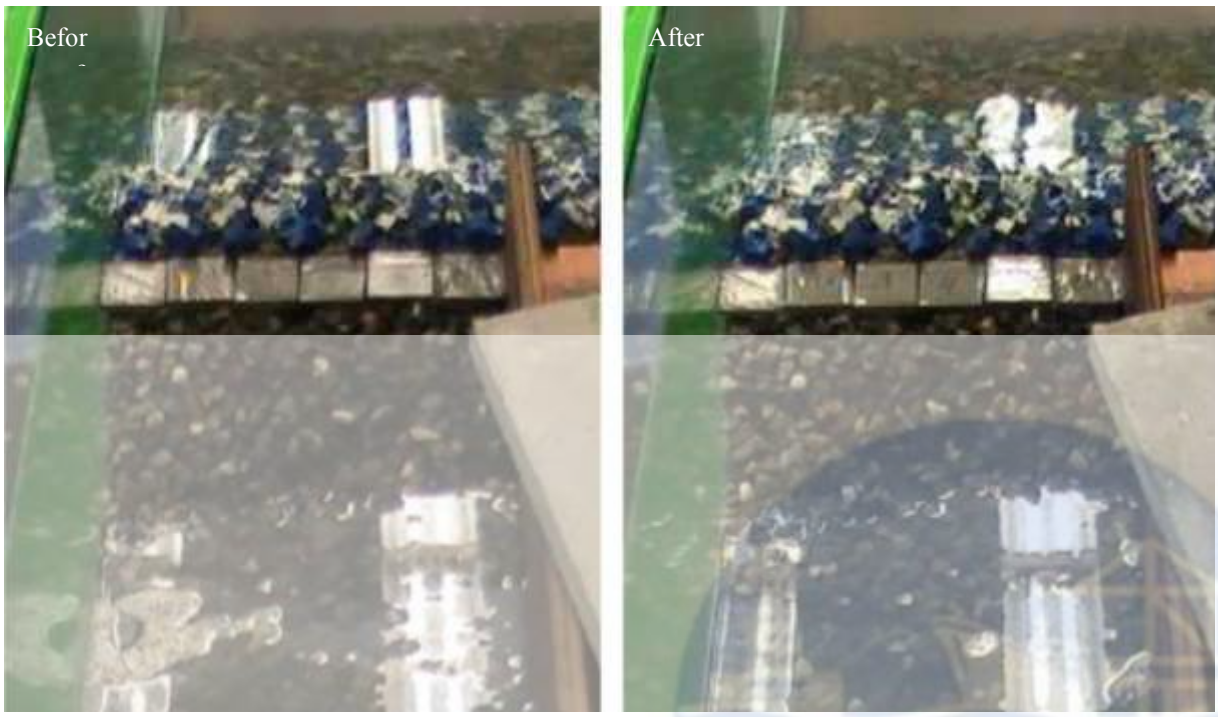
افزایش تراز تاج موج شکن

گزینه دیگر برای پایدار کردن شیب داخلی کاهش مقدار روگذری با افزایش تراز تاج می‌باشد. تراز تاج در مقاطع اولیه برابـر ۷,۵ m+ نسـبت بـه تراز مبنا، صفر اشل بندر انزلی می‌باشد. در طرح پیشنهادی تراز تاج به ۹,۰+ متر افزایش داده شد. نتایج آزمایش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که با وجود افزایش تراز تاج و کاهش مقدار روگذری، لایه آرمور داخلی آسیب پذیر بوده و مغزه موج‌شکن در پایان آزمایش‌ها نمایان شده است.

به منظور کاهش آسیب در این طرح، شیب داخلی از ۱V:۱,۵H به ۱V:۲H کاهش داده شد. با وجود کاهش شیب، آسیب‌هایی با شدت کمتر در لایه حفاظ داخلی رخ داد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹) شیب داخلی با افزایش تراز تاج به ۹٫۰m+ قبل و پس از آزمایش

بررسی روابط تجربی موجود

برای طراحی لایه حفاظ سمت حوضچه در مقاطع موج‌شکن تحت تأثیر روگذری، روابط محدودی وجود دارد. تنها رابطه‌ای که در مراجع معتبر ارائه شده، رابطه Van Gent and Pozueta (۲۰۰۵) می‌باشد که در CIRIA C۶۸۳, ۲۰۰۷ [۳]، به چاپ رسیده است. در این رابطه با توجه به شرایط مقطع تناژ سنگ مورد نیاز محاسبه می‌گردد.

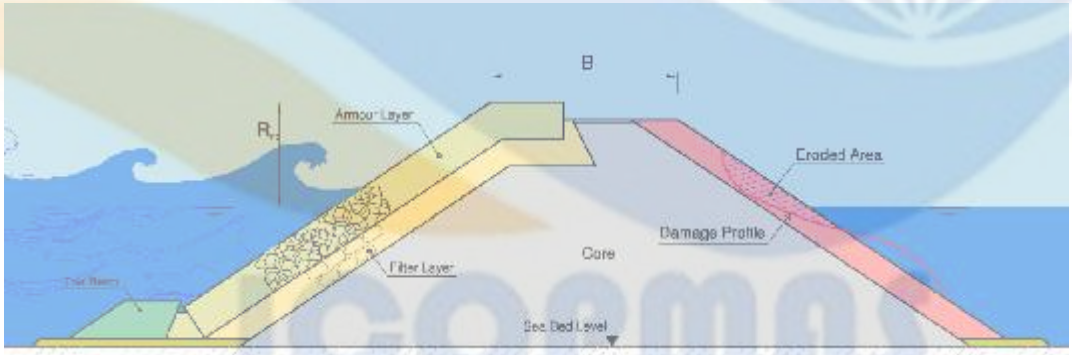
رویکردی که به منظور اطمینان از پایداری شیب داخلی مقطع موج‌شکن تا پیش از این وجود داشته و در حال حاضر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد اعمال محدودیت‌هایی در مقدار روگذری می‌باشد. محدودیت‌های روگذری با هدف اطمینان از پایداری تاج و شیب برگشتی موج‌شکن که در CEM [۴] وجود دارد در شکل ۱۰ آورده شده است. بر اساس این شکل در صورتی که شیب برگشتی محافظت نشده باشد، مقدار روگذری ۵۰-۲۰ lit/s منجر به آسیب مقطع می‌گردد. در صورتی که شیب برگشتی کاملاً حفاظت شده باشد، مقدار روگذری بیشتر از ۵۰lit/s منجر به آسیب آن خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱۰) ضوابط تعیین مقدار روگذری

در رویکرد محدود کردن مقدار روگذری، امکان تعیین تناژ سنگ مورد نیاز وجود نداشته و مفهوم حفاظت کامل شیب برگشتی مشخص نمی باشد. در رابطه ای که توسط Van Gent and Pozueta (۲۰۰۵) ارائه شده است با تعیین مقدار آسیب مجاز، S_d می توان تناژ سنگ مورد نیاز حفاظت شیب برگشتی را تعیین کرد.



شکل ۱۱) مفاهیم اولیه پایداری شیب برگشتی

(۱)

که در آن:

$u_{1\%}$: بیشترین سرعت آب در پشت تاج موج شکن برای امواج متجاوز از ۱٪ امواج برخوردی

B : عرض تاج

$R_{u1\%}$: ارتفاع Run-up محاسباتی ناشی از امواج متجاوز از ۱٪ امواج برخوردی است.

در زمان طراحی مقاطع موج شکن های بندر انزلی با رویکرد محدود کردن مقدار روگذری، این مقدار به ۱۵ lit/s در موج شکن غربی محدود شده بود. رابطه مورد استفاده به منظور محاسبه مقدار روگذری Van Der Meer & Janssen (۱۹۹۵) بود که در مقایسه با نتایج مدل های آزمایشگاهی مقدار روگذری محاسباتی کمتری بدست آمده است. بر اساس بررسی های صورت گرفته استفاده از نرم افزار شبکه عصبی CLASH به منظور محاسبه مقدار روگذری بیشترین انطباق را با نتایج اندازه گیری های آزمایش ها دارد [۵].

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج محاسبه تناژ سنگ سمت حوضچه در صورت استفاده از رابطه Van Gent and Pozueta (۲۰۰۵) برای مقطع موج شکن غربی با دو تراز ۷٫۵ m+ و ۹٫۰ m+ و موج شکن شرقی با تراز ۹٫۰ m+ در جدول ۱ ارائه شده است. در این رابطه جهت انطباق بیشتر با نتایج آزمایش های مدل فیزیکی مقدار آسیب مجاز به کمتر از ۰٫۵ محدود شود.

جدول ۱) تعیین تناژ لایه حفاظ در سمت حوضچه در مقابل روگذری

Sec.	H_S (m)	γ_r	S_d	Crest Elv. (m)	R_C (m)	B (m)	$R_{u۱}$ % (m)	$U_{۱٪}$	$D_{n۵۰}$ (m)	$W_{n۵۰}$ (Kg)
West - ۰۱	۵٫۲	۰٫۴۹	۰٫۵	+۷٫۵۰	٦٫۰	۱۰٫۰	۹٫۳٤	۸٫۱٦	۱٫۱۱	۳۲٤۳
West - ۰۲				+۹٫۰	۷٫۵	۸٫۳۰	۹٫۳٤	٦٫۲۳	۰٫۸۲	۱۳۰۱
East				+۹٫۰	۷٫۵	۲۰	۹٫۳٤	۵٫۲۲	۰٫٦۸	۷٦٤

نتیجه گیری

در این مقاله پایداری شیب برگشتی مقاطع موج شکن بندر انزلی با استفاده از نتایج آزمایش های مدل فیزیکی مورد ارزیابی قرار گرفته است. مقاطع مورد نظر شامل مقطع اصلی هر یک از موج شکن های غربی و شرقی می باشد. در این مقاطع تراز تاج اولیه با توجه به معیار روگذری متفاوت برای هر یک به ترتیب ۷٫۵ m+ و ۹٫۰ m+ تعیین شده بود. نتایج آزمایش های صورت گرفته نشان داد که شیب داخلی مقطع موج شکن شرقی پایداری دارای پایداری مناسب بوده ولی در موج شکن غربی ناپایدار می باشد. جهت افزایش پایداری شیب برگشتی در این مقطع راه حل هایی شامل استفاده از سنگ با تناژ بیشتر، استفاده از آرمور بتنی و افزایش تراز تاج مطرح شده و هر کدام به صورت مستقل مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آزمایش ها نشان داد که استفاده از آرمور بتنی منجر به بیشترین پایداری گشته و افزایش تراز تاج پس از آن دارای پایداری نسبتاً مناسبی می باشد.

ضوابط و روابط آیین نامه ای در زمینه پایداری شیب داخلی مقطع موج شکن در ادامه ارائه شد. بر این اساس تنها یک رابطه جهت تعیین تناژ سنگ شیب برگشتی مقطع موجود می باشد و اگر آسیب مجاز کمتر از ۰/۵ تعیین شود، اطمینان کافی برای پایداری شیب داخلی در برابر روگذری وجود خواهد داشت. در صورتی که از معیار روگذری برای اطمینان از پایداری شیب برگشتی استفاده می شود لازم است رابطه ای که دارای دقت مناسب باشد مورد استفاده قرار گیرد. بدین منظور با توجه به مقایسه های صورت گرفته توصیه می شود نرم افزار شبکه عصبی CLASH مورد استفاده قرار گیرد.

مراجع

[۱]- شرکت مهندسین مشاور سازه پردازی ایران، (۱۳۸۶) مطالعات مرحله دوم طراحی موج شکن بندر انزلی

[۲]- Delta Marine Consultants (DMC), (۲۰۰۹), ۲D Model Tests of Anzali Port, Report number:X۰۰۲۳۹-rap-u-۰۰۰۱

[۳]- CIRIA, London, (۲۰۰۷), The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (۲nd edition), Publisher C٦٨٣

[٤]- CEM (۲۰۰۵), Coastal Engineering Manual

[۵]- موسوی بهنام، ع.، (۱۳۸۹) ارزیابی مقدار روگذری بر اساس مدلسازی فیزیکی در مقایسه با نتایج روابط و مدلهای پارامتری – مطالعه موردی: موج شکن های جدید بندر انزلی، نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی

www.SID.ir

Archive of SID

Stability Evaluation of Breakwater Inner Slope under Overpassing, Based on Physical Modeling and Comparing with Experimental Relations

(Case Study: Breakwaters in Anzali Port Development Plan)

S. A. Mousavi Behnam
Ms in marine structures, Iran Sazeh Pardazi Consulting Engineers
A.Mousavi@sazehpardazi.com

N. Saadatkhah
Project manager, Iran Sazeh Pardazi Consulting Engineers
Saadatkhah@sazehpardazi.com

A. Haj Momeni
Director of coasts studies, Iran Sazeh Pardazi Consulting Engineers
Hajmomeni@sazehpardazi.com

Abstract:

The present article investigates the effect of overpassing on stability of basin' left slope on breakwater section based on two-dimensional physical modeling of breakwaters in in Anzali Port development plan. After giving some details about primary plan of Anzali Port breakwater, the result of physical modeling will be presented. The result reveals the instability of basin-ward slope which was influenced by overpassing on the first section of the west breakwater. The solutions suggested for stabilization of this part of breakwater section are: using armour with higher tonnage and even using Xblock concrete armour on basin-ward slope and increasing the crest level. The experiments on the suggested solutions show that using just two of those suggestions (using concrete armour and increasing the crest level) ensures the inner slope stability and in condition of using stony armour with higher tonnage, there will be the possibility of slippage and stone movement. Moreover, the experimental relationships for controlling the inner slope stability of breakwater section, which were mentioned in various sources, are presented and compared with the results of physical model experiments.

Key words: breakwater, physical model, inner slope stability, overpassing

www.SID.ir