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

بسمه تعالی

# بررسی امکان کاهش عرض مغزه موج شکن های سنگریزه ای در ایران

**رضا حاجی محمدی:** کارشناس ارشد سازه های دریائی وهمکار شرکت جهاد تحقیقات آب وآبخیز داری Email: rezahadji@gmail.com

**علی فاخر:** دانشیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران و همکار مهندسین مشاور هندسه پارس Email:afakher@ut.ac.ir

**چکیده :**

با بررسی پروژه های موج شکن در کشور و مقایسه با نمونه های خارج از کشور مشخص می شود که عرض های مغزه در داخل، معمولابیشتر از انواع مشابه در خارج کشور می باشند لذا تحقیق ارائه شده در این مقاله انجام شد. این تحقیق با بررسی مراجع وآیین نامه های مختلف جهت تعیین اثر عرض موج شکن بر رفتار آن آغاز شد سپس خلاصه بررسی ها نشان داد که عامل تعیین کننده عرض مغزه موج شکن ، متغیرهای هیدرولیکی یا ژئو تکنیکی نبوده وعامل اصلی فراهم آوردن امکان فعالیت مطمئن ماشین آلات در روی موج شکن می باشد که طراحان مختلف هر کدام از زاویه ای به این موضوع توجه نموده اند. در ادامه تحقیق بررسی هائی درخصوص ماشین آلات متداول در ایران برای اجرای موج شکن وروشهای کاهش عرض مغزه انجام گردید که به نظر می رسد موجب کاهش عرض موج شکنها وکم کردن هزینه های آنها باشد.

## 1- مقدمه:

موج شکن های خرده سنگی شیب دار معمولترین نوع موج شکن می باشد مقاطع آن از لایه های مترس ، مغزه ، پنجه و همچنین لایه فیلتربرای جلوگیری از فرار مغزه و آرمور بعنوان لایه حفاظتی تشکیل شده است[1] تحقیق در مورد امکان کاهش عرض مغزه می تواند از نظر اقتصادی اهمیت داشته باشد این اهمیت وقتی بیشتر می شود که کیفیت مغزه بالارود و مقدار مجاز ریز دانه درآن کنترل شود. امروز دربسیاری از موج شکن ها ی در حال احداث در کشور ، کیفیت مغزه از نظر مقدار ریز دانه در حد استاندارد نیست زیرا پیمانکاران به دلیل عدم بکارگیری تجهیزات مناسب در معدن [9] قادر به کنترل مقدار ریزدانه نیستند.

## 2- روش تحقیق:

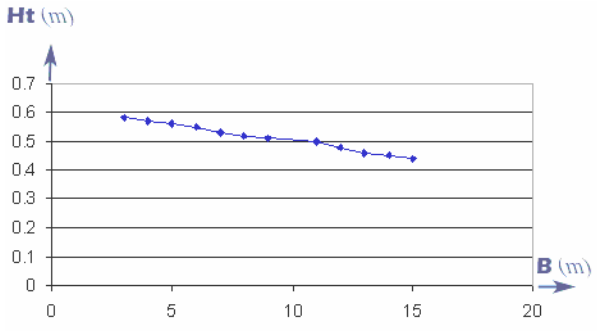
**2-1 - مطالعه آماری عرض موج شکن های اجراء شده:** بمنظور کسب اطلاعات دقیق از بنادرداخلی ، بازدید های محلی زیادی انجام و اطلاعات مختلفی کسب شد. جدول پیوست (الف) این مقاله خلاصه اطلاعات مورد مطالعه و شکل (2) نشان دهنده عرض مغزه است جهت مقایسه عرض موج شکن های اجراء شده ، آماره های مختلف در جداول (1) و (2) درج شده اند نگاه اولیه به این آماره ها بالا بودن نسبی عرض موج شکن های کشور در مقایسه با نمونه های دیگردر کشور های خارجی را نشان می دهد. البته چون دسترسی به اطلاعات موج شکن های خارجی بعنوان هدف این تحقیق نبود فقط چند نمونه موج شکن خارجی بعنوان مثال مورد بررسی قرار گرفت.

**2-2 - مطالعه حداقل عرض موج شکن از نظر رفتارهای هیدرودینامیکی** دراین قسمت از تحقیق با استفاده از مراجع مختلف به عوامل موثر در تعیین عرض مغزه ناشی ازعملکرد هیدرودینامیکی توجه شده است. عرض موج شکن از نظر رفتار هیدرودینامیکی بر دو پدیده عبور موج از درون بدنه موج شکن وهمچنین روگذری موج از بالای آن موثر می باشد لذا متغییرهای

عبور و روگذری موج [3] به طور مستقل و یا توام برای موج شکن های نفوذ پذیر و نفوذ ناپذیر و برای سطوح صاف و ناصاف بررسی شده است شرح جزئیات کار در مرجع [12] آمده است. در اینجا اجمالا براساس داده های مربوط به چند بندر صیادی در داخل کشور ، اثر عرض موج شکن در رفتار هیدرو دینامیکی مطالعه شده است برای مثال شکل (1) اثر عرض را بر ارتفاع موج عبوری ( $H_t$ ) از موج شکن بر اساس روابط مرجع[5] برای موج شکن زر آباد نشان می دهد

| حداقل عرض (متر) | 6 | 7 | 8 | 8/5 | 9 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| فراوانی(تعداد) | 2 | 6 | 7 | 2 | 5 | 1 |

جدول 1- فراوانی موج شکن های موردبازدید داخلی با عرض های متفاوت




. شکل1- اثر تغییرات عرض برروی ارتفاع موج عبوری در موج شکن زر



www.SID.ir

Archive of SID

آباد

جدول 2- عرض موج شکن های مورد مطالعه

| ردیف | مجموعه مورد نظر | حد اقل عرض مغزه (متر) | |
|---|---|---|---|
| | | میانگین | تفاوت دربارکترین وعریض ترین موج شکن |
| 1 | سی موج شکن مورد مطالعه دراین تحقیق | 7/6 | 8 |
| 2 | شش موج شکن در کشورهای خارجی | 6 | 7 |
| 3 | بیست وسه موج شکن داخلی بازدید شده | 7/9 | 5 |

همچنین اثر عرض در موج شکن پروژه گوکسر طبق روابط این مرجع بررسی شد و نشان داد که تغییر عرض از سه متر تا پانزده متر موجب تغییر ارتفاع موج عبوری از 3٪ الی 23٪ متر می شوددر شکل (2 ) عرض لایه مغزه موج شکن ها بطور مستقل از دیگر اطلاعات در محور قائم مورد توجه قرار گرفته است موج شکن های ذکر شده در پیوست این مقاله از نظر عمق آب و دیگر مشخصات شرایط مشابهی دارند و علی القاعده نباید تفاوت زیادی بین عرض آنها باشد ( البته بدلیل مسائل حرفه ای ازدرج نام کامل طراحان خودداری شده است و برا ی اینکه پروژه های طراحی شده توسط طراحان مختلف قابل مقایسه باشند هر گروه با حروف اختصاری مختلف مشخص شده اند).با توجه به شکل ( 1) مشخص میشود عرض موج شکن در ارتباط با موج ایجاد شده حاصل از عبور موج کم تاثیر می باشد. این روش برای مراجع دیگر [8] و [7] و [6] نیز انجام گرفت و نتایج مشابه بدست آمد

**2-3- مطالعه حداقل عرض موج شکن از نظر اجراء:**

**2-3-1-ماشین آلات مورد استفاده در ایران:** در طی بازدید از تعدادی پروژه های احداث موج شکن ، آمار ماشین آلات اجرائی در پانزده بندر دسته بندی گردید تا معمول ترین ماشین آلات مورد استفاده در این پروژه ها مشخص گردد در جدول (3) نوع این ماشین آلات ذکر شده است . موج شکن تمامی بنادری که این آمار در آنها ثبت شده است صرفا از طریق خشکی اجرا می شوند. یعنی ماشین آلات اجرا ء از طریق دریا در این جدول نیامده است.

جدول 3- پراکندگی ماشین آلات مورد استفاده در بنادر احداثی کشور

| ردیف | ماشین آلات | تعداد بندر مورد مشاهده |
|---|---|---|
| 1 | بیل مکانیکی | 15 بندر |
| 2 | لودر | 15 بندر |
| 3 | جرثقیل 40 تا 60 تنی | 11 بندر |
| 4 | جرثقیل 80 تا 120 تنی | 9 بندر |
| 5 | کامیون سنگین | 13 بندر |
| 6 | دامتراکت | 7 بندر |
| 7 | گراپ (چنگک قابل نصب برجرثقیل و بیل مکانیکی) | 14 بندر |
| 8 | قایق سبک | 9 بندر |
| 9 | باکت سرندی لودر | 13 بندر |
| 10 | گریزلی | 1 بندر |

.

**2-3-2- سرعت وزمان کارکرد ماشین آلات:** در جریان بازدیدها ،فرم هائی تهیه گردید ودر اختیار مهندسان اجرایی قرار داده شد .بخشی از اطلاعات این فرمها در جدول پیوست ( ب ) ارائه شده است. حداقل و حداکثر سرعت ماشین آلات در روی موج شکن ثبت شده است. البته بعضی از آنها در محیط های دیگر مثلا روی یک جاده صاف و عریض می توانستند با سرعت های بیشتری حرکت کنند.

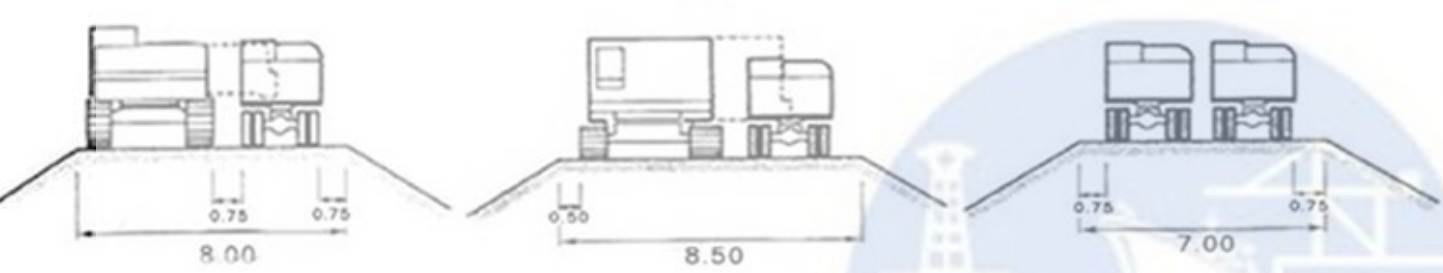
**2-3-3- بررسی ساده حداقل عرض مورد نیاز**با فرض اینکه در روش اجراء از راه خشکی عامل تعیین کننده عرض موج شکن تردد ماشین آلات می باشد و بیشترین عرض مورد نیاز تردد روی موج شکن مربوط به کامیون ها از کنار بیل مکانیکی یا جرثقیل است همچنین تمهیداتی مثل



www.SID.ir

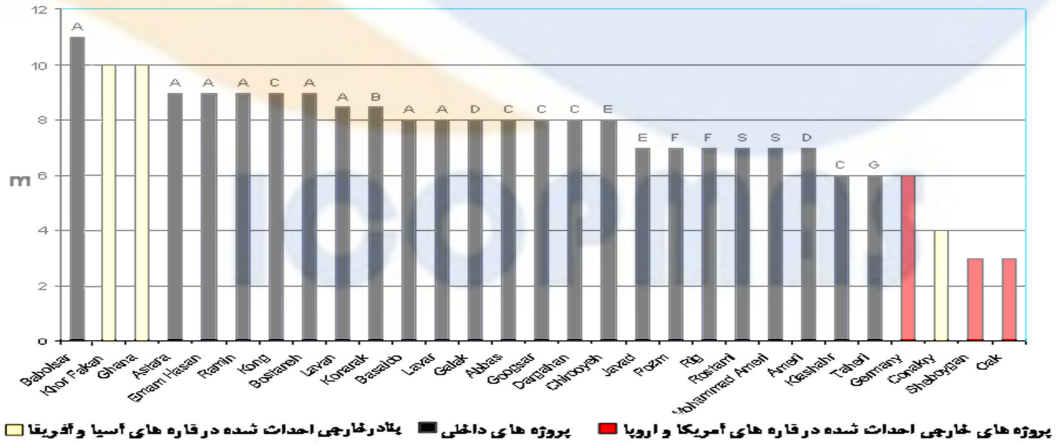
Archive of SID

اجرای پارکینگ و نظائر آن که بعدا خواهد آمد بکاربرده نشده است طبق مرجع [5] و شکل (3) توصیه حداقل عرض برابربا 8/5 متر مـی شـود البتـه اگر بجای جرثقیل فقط بیل در کنار کامیون باشد این عرض به 8 متر هم کاهش خواهد یافت . اگر شکل (2) ملاحظه گردد ، مشخص مـی شـود کـه تعدادی از عرض ها در حدود 8 متر است یعنی مهندسان ایرانی تا کنون عمدتا ترجیح داده اند که عرض عبور مورد نیاز را در سراسر طول موج شـکن در حین اجراء فراهم کنند. البته اگر طوری برنامه ریزی انجام شود که نیاز به عبور کامیون ازکنار جرثقیل حذف شود یا تمهیدات دیگر بکـاربرده شـود امکان کاهش بیشترعرض درنقشه های اجرائی فراهم خواهد شد




شکل 3- فضای مورد نیاز برای عبورماشین آلات حمل واستقرار

**2-3-4- راندمان استقرار درایران**به منظور به دست آوردن سرعت متداول دستگاه های استقرار دهنده سنگ درروی موج شکن ، با بهره گیری از اطلاعات جمع آوری شده وبا توجه به تجربیات به دست آمده از مجریان در کارهای مشابه در کارگاه های ساخت موج شکن راندمان متوسطی برای استقرار سنگ توسط ماشین آلات مربوطه بدست آمد و مشخص گردید جهت استقرار هرمترمکعب از قطعات سنگ بـا اسـتفاده ازجرثقیـل وچنگـک از لحظه بار گیری سنگ از روی موج شکن تا استقرار کامل به طور متوسط چهار دقیقه در متر مکعب طبق جدول(4) نیاز میباشـد. (ایـن زمـان متوسـط مربوط به زمان مفید دستگاه وآماده بودن تمامی شرایط کارگاهی وجوی می باشد) درجدول (5 ) سرعت متوسط کاری دستگاه جرثقیل طبق آمـار چنـد کارگاه نشان داده شده است با توجه به این جدول در شرایطی که زمانهای هدر رفته وجود نداشته باشد یـک دسـتگاه جرثقیـل در ده سـاعت بیـشتر از یکصد وپنجاه مترمکعب سنگ لایه فیلتر را نمی تواند استقرار دهد.




شکل 2- مقایسه آماری کمترین عرض لایه مغزه موج شکن های طراحی شده توسط طراحان مختلف



www.SID.ir

Archive of SID

وبرطبق آمارموجود از پروژه های اجراء شده درکشور ، راندمان معقول حدود شصت درصد می باشد . جمع بندی اینکه اگر چه افزایش عرض می تواند سرعت عبور ماشین آلات از کنار هم را افزایش دهد ولیکن باید به سرعت استقرار توجه نمود. در بسیاری از شرایط سرعت استقرار سنگ تعیین کننده می باشد وافزایش سرعت عبور ماشین آلات از کنار هم تاثیر ندارد

جدول 4- متوسط زمان مورد نیاز برای استقرار هرمترمکعب از قطعات سنگ

| نوع فعالیت | زمان مورد نیاز برای انجام |
|---|---|
| تنظیم چنگک روی سنگ. | 30″ |
| بلند کردن سنگ | 20″ |
| تنظیم زاویه افقی. | 35″ |
| تنظیم زاویه قائم. | 20″ |
| پایین بردن سنگ. | 25″ |
| رها سنگ و آزاد کردن چنگک. | 15″ |
| تنظیم بوم جهت برداشتن سنگ بعدی. | 30″ |
| جمع (چهار دقیقه درمترمکعب) | ~ 4′ |

جدول 5 - متوسط سرعت استقرار سنگ توسط جرثقیل ، بدست آمده از آمار چند کارگاه

| لایه | وزن سنگ (تن) | دستگاه | سرعت استقرار $(m^3/hr)$ | ابزارجنبی |
|---|---|---|---|---|
| فیلتر | 1/5 ~ 2/5 | جرثقیل | 15 | گراپ |
| پاشنه | 0/5 ~1 | جرثقیل | 24 | سبد |
| مترس | 0/ 001 ~ 0/1 | جرثقیل | 36 | سبد |

**3- روشهای تجربه شده در کارگاههای اجرائی:** در اینجا برخی روشها که پس از همفکری با مجریان به اجراء در آمده و نتیجه موفق داشته اند ذکر میگردد.

**3-1- اجرای شیب تند تر درلایه مغزه در مرحله اول** : معمولا عرض بالای لایه مغزه قبل از شیب زنی بعلت ماهیت دمپ مصالح بیشتر است لذا برخی مجریان برای افزایش عرض مورد نیاز تردد ماشین آلات تصمیم گرفته اند اجرای لایه فیلتر درسمت داخل یابه عبارت دیگر اجرای شیب مغزه را به زمان بعد منتقل نموده و از بابت این موضوع عرض بدست آمده افزایش مناسبی بدست آورد .

**3-2- احداث پارکینگ:** به منظور ایجاد امکان دور زدن کامیون های حامل سنگ در فواصلی از طول موج شکن (حدود 250 متر) بکار رفته است و در پایان جمع آوری می شود.

**3-3- استفاده از بیل با بازو های بلند:** جایگزینی جرثقیل با بیل بازو بلند عرض مورد نیاز را کاهش خواهد داد.

**3-4- اجرای دو مرحله ای لایه مترس** : در ابتدای کار استفاده از جرثقیل در کارگاه حذف می شود بدینصورت که لایه مترس (تا فواصلی که امکان اجرا توسط بیل بازو بلند وجود دارد)در مرحله اول اجراء شود و مابقی سنگهای این لایه (لا یه نهایی مترس ) در پایان کار از انتهای بازو با جرثقیل شروع به چیدن می گردد.لذا در این صورت نیاز عبور کامیون از کنار جرثقیل حذف می شود.

**3- 5- حرکت کامیون با دنده عقب** : می توان باایجاد یک هماهنگی طوری برنامه ریزی نمود که کامیون حمل کننده سنگ قدری از مسیر را با دنده عقب حرکت کرده ونیاز به دور زدن کامیون در روی بازو حذف گردد.

**3-6- انتخاب دقیق تراز اجرائی مغزه** : این کار با مطالعه دقیق جزر و مد در فصل اجرای موج شکن میسر است چنانچه بتوان مغزه را در تراز پائین تر اجراء کرد ، میتوان عرض بیشتری بدست آورد آنگاه برای زمان بهره برداری ضروری می باشد که تراز مغزه افزایش داده شود و بقیه مغزه در مرحله بعد اجراء گردد.

**3-7-استفاده از سطح روی لایه فیلتر** : پس از اجراء وتسطیح روی سطح افقی این لایه، بیل مکانیکی یا جرثقیل به آرامی روی آن قرار گرفته و به اجرای لایه های سنگ پایین تر می پردازد.



www.SID.ir

Archive of SID

**3- 8- اجرای دو مرحله ای لایه فیلتر** : می توان به منظور کاهش فضای مورد نیاز ماشین آلات روی موج شکن طوری برنامه ریزی کرد که استقرار و اجرای لایه فیلتردر رقوم پایین تر توسط جرثقیل گراپ دار اجراء گردد و از آن رقوم بالاتر به ماموریت جرثقیل خاتمه داده و با جایگزینی آن با بیل مکانیکی مابقی لایه فیلتر بااین دستگاه اجراء گردد در واقع لایه فیلتر در دو مرحله اجراء شود.

**3-9- مغزه ریزی ممتد با استفاده از حفاظت موقت:** چنانچه ریسک مربوطه بررسی وقابل قبول باشد مغزه ریزی متوقف نمی شود وتا انتهای بازویا تا طول زیادی ادامه یافته و سپس با استقرار یک دستگاه جرثقیل سنگین در انتهای کار بدون نیاز به عبور کامیون از کنار جرثقیل حفاظت نهائی کار از انتهاء به طرف ابتداء اجراء و تکمیل می گردد.

**3-10- موکول نمودن وظایف جرثقیل به پایان کار:** در صورتی که لایه های مختلف بدون حضور جرثقیل استقراریافته ومابقی کار که میبایست توسط جزثقیل انجام شود از انتهاء به عقب انجام شود نیاز به عبور کامیون از کنار جرثقیل از بین می رود.

## 4- نتیجه گیری از بخش های مختلف تحقیق

**الف** – متوسط عرض موج شکن های اجراء شده در کشور از متوسط عرض موارد مشابه اجراء شده در خارج خصوصا امریکا واروپا بیشتر است

**ب** – با توجه به اینکه موج در سواحل ایران اکثرا پریود کمتر از20 ثانیه دارند وموج شکن های معمول عموما دارای لایه مغزه نفوذ ناپذیر هستند لذا عامل تعیین کننده برای عرض، عبور موج وروگذری آن نبوده و متغییر های تعیین کننده ایجاد امکان فعالیت ماشین آلات می باشد.

**ج** – چنانچه بخواهیم امکان تردد ماشین آلات از کنار هم در تمام طول موج شکن را فراهم کنیم حداقل عرض در حدود 8 الی 8/5 متر می شود ولی با پیش بینی امکاناتی مثل پارکینگ ونظائر آن می توان عرض را به شش متر هم رساند.

**د** –افزایش عرض می تواند موجب افزایش سرعت ماشین آلات از کنار هم شود ولی لزوما موجب زیاد شدن سرعت ساخت موج شکن نمی شود زیرا در بسیاری از مواقع سرعت نصب قطعات تعیین کننده است .

## 5- مراجع:


[1] بهنیا ، کامبیز(1369) " کارهای دریائی"، جلد اول ،موسسه انتشارات وچاپ دانشگاه تهران

**[2]** Baird Engineering , The Design of Breakwater of Sheboygan Port , Canada( 1998).

[3] چگینی ، وحید (1377) ":راهنمای طراحی موج شکن ها "، جلد اول ، چاپ اول ، انتشارات شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری ، چاپ نشر و بوم .

**[4]** U.S. Army Corps of Engineers (1984) , "Shore Protection Manual"., U.S.Government printing Office, Washington.D.C.

**[5]**CIRIA (1995) , "Manual on the Use of rock in Hydraulic Engineering " , .A.A Balkement Roterdam , Brookfild.

**[6]** British Standard(1997), Maritime Structures, B.S 6349 , Part7.

**[7]** U.S. Army Engineer Research and Development CenterEngineers Research and Development Center waterways Experiment station , Vicks burg , Ms,W.E.S .

**[8]** U.S.ArmyEng.Research and development Center (2003) ,"Coastal Engineering Manual , Coastal and Hydraulics laboratory , Vicksburg, .

**[9]** فاخر ، علی (1383) " اجرای سازه های دریایی " ، ویرایش ششم ، انتشارات واحد جزوات درسی پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران .

**[10]** بهنیا، ابوالحسن و بهنیا ،کامبیز( مترجمین) ، (1376) " روش های کلی اجراء" ، جلد.اول ، موسسه انتشارات وچاپ دانشگاه تهران

**[11]** آقا کوچک ، علی اکبر و رزمخواه ، آرش (1374) ، "راهنمای کاربرد سنگ در مهندسی سواحل سازه های ساحلی، روشها و ابزار طراحی " ، انتشارات مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری .

**[12]** حاجی محمدی ، رضا (1385)" مطالعه حداقل عرض مغزه موج شکنهای سنگریزه ای " ، پایان نامه کارشناسی ارشدرشته عمران سازه هایِ دریائی ، فاخر ، علی(راهنما) ، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران.




5

www.SID.ir

Archive of SID

## 6- پیوستها

پیوست الف–اطلاعات موج شکن های مورد مطالعه

| ردیف | نام بندر | موقعیت | کمترین عرض موج شکن (m) | کد روی تراز مغزه (m) | M.H.H.W (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | زرآباد (گالک) | غرب چابهار | 8 | 4 | 2.85 |
| 2 | پزم | غرب چابهار | 7 | 3 | 2.5 |
| 3 | رمین | شرق چابهار | 9 | 5 | 2.5 |
| 4 | کنارک | چابهار | 8.5 | 4.5 | 2.5 |
| 5 | گوگسر | شرق هرمزگان | 8 | 3.4 | 2.65 |
| 6 | عباس | بندر عباس | 8 | 4.3 | 3.45 |
| 7 | باسعیدو | قشم | 8 | 4.5 | 4 |
| 8 | درگهان | قشم | 8 | 4.6 | 4 |
| 9 | چیرویه | غرب لنگه | 8 | 3 | 1.9 |
| 10 | لاوان | لاوان | 8.5 | 4 | 3 |
| 11 | کنگ | لنگه | 9 | 3.7 | 2.4 |
| 12 | بستانه | لنگه | 9 | 4 | 2.5 |
| 13 | جوادالائمه | غرب هرمزگان | 7 | 2.7 | 1.65 |
| 14 | رستمی | شرق بوشهر | 7 | 3.2 | 2.5 |
| 15 | محمد عامری | شرق بوشهر | 7 | 3.5 | 2.5 |
| 16 | لاورساحلی | شرق بوشهر | 8 | 4 | 3 |
| 17 | طاهری | شرق بوشهر | 6 | 3.5 | 2.04 |
| 18 | ریگ | غرب بوشهر | 7 | 3 | 2 |
| 19 | امام حسن (ع) | غرب بوشهر | 9 | 4 | 2.4 |
| 20* | آستارا | آستارا | 9 | 1 | - |
| 21* | کیاشهر | کیاشهر | 6 | 1.1 | - |
| 22* | بابلسر | بابلسر | 11 | 1 | - |
| 23 | عامری | شرق بوشهر | 7 | 3 | 2.5 |

. * : کد روی تراز مغزه ذکر شده برای بنادر اطراف دریای خزر بر مبنای تراز متوسط آب دریا ، (26.3-) میباشد



www.SID.ir

Archive of SID

پیوست ب- عرض اجرائی تعدادی ازماشین آلات وتجهیزات احداث موج شکن مستقر در پروژه های مختلف

| ردیف | نام دستگاه | حداقل سرعت روی موج شکن (km/h) | حداکثر سرعت روی موج شکن (km/h) | طول دستگاه(متر) (a) | عرض دستگاه در حین حرکت(متر) (b) | عرض دستگاه در حین عملیات اجرایی(متر) (c) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | جرثقیل 120 تن | _ | 1 | 9.43 | 4.00~ 4.92 | 7.75~ 8.67 |
| 2 | جرثقیل 100 تن | _ | 2 | 8.68 | 4.00 ~ 4.92 | 7.25 ~ 8.17 |
| 3 | جرثقیل 80 تن | _ | 3 | 7.67 | 3.50 ~5.00 | 6.42 ~ 7.92 |
| 4 | جرثقیل 60 تن | _ | 3 | 7.25 | 3.00 ~ 4.60 | 5.90~ 7.50 |
| 5 | جرثقیل 40 تن | _ | 5 | 6.61 | 2.55 ~ 4.00 | 5.27~ 6.72 |
| 6 | دامتراکت | 10 | 25 | 7.80 | 3.60 | 3.60 |
| 7 | بیل مکانیکی دوو 420 | _ | 5 | 6.27 | 3.35 | 5.33 |
| 8 | لودر | 10 | 40 | 6.68 | 2.68 | 2.68 |
| 9 | کامیون | 15 | 30 | 6.00 | 2.50 | 2.50 |
| 10 | بیل 912 هپکو زنجیری | _ | 5 | 3.90 | 2.60 | 3.53 |
| 11 | بیل 962 زنجیری | _ | 5 | 6.30 | 4.90 | 7.30 |
| 12 | جرثقیل کوبلکو 75 تن | _ | 3 | 6.30 | 4.90 | 6.90 |
| 13 | جرثقیل لیما 65 تن | _ | 3 | 6.00 | 4.40 | 6.50 |
| 14 | جرثقیل امریکن 150 تن | _ | 1 | 6.80 | 5.30 | 6.80 |



www.SID.ir

Archive of SID

# Study of Minimum width of Core in Rubble – Mound Breakwaters

The traditional width of designed core layers of breakwaters in Iran is often more than the similar kinds outside the country. Therefore, this study focused in the minimum with of core in the breakwaters. This width has reached to 11m and even more in some projects. Pervious studies showed that Iranian breakwaters are generally constructed by Land base methods. The dominant factors on the width of core are not hydraulic or geo-technical variables, but providing the possibility of assured activity of machinery on the breakwater is the important factor. Also, the results showed that the width can be less than the current rate in most of Iranian breakwaters. It is concluded that the width could be reduced using suitable constriction methods such as implementation of a core layer in two levels, use of horizontal surface of the filter layer, implementation of an steep slope of core in the first stage, use of temporary protection and delaying the use of heavy crane for deployment of stone to the end of the work. The above-mentioned methods can be a suitable for reducing the width of breakwaters and their expenses.

**Keywords**: *mound breakwaters, width, land-based method, layer, horizontal surface*

www.SID.ir