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)

معرفی آیین نامه ملی برای کاربرد سنگ در موج شکن ها و سازه های حفاظت

مهدی شفیعی فر، دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس، shafiee@modares.ac.ir
ایرج رحمانی، استادیار، دانشگاه تربیت مدرس ، iraj.Rahmani@gmail.com
محمد رضا نیکودل، استادیار، دانشگاه تربیت مدرس، nikudelm@yahoo.com
ناصرحافظی مقدس، دانشیار، دانشگاه صنعتی شاهرود، nhafezi@shahroodut.ac.ir

کلید واژه‌ها: موج شکن، سازه حفاظت سواحل، کاربرد سنگ، آیین نامه ملی.

1- مقدمه

در احداث موج شکنها و سازه‌های حفاظت توده سنگی، بهره‌گیری از امکانات محلی و دسترسی به مصالح مناسب و با صرفه اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از آنجا که معمولا" حجم مصالح مصرفی در موج شکنها و پروژه های حفاظت سواحل بسیار بالاست، جهت پایین آوردن هزینه ساخت و همچنین پایین آوردن ریسک خرابی سازه ها، سنگ به عنوان یکی از کاربردی ترین و اصلی ترین مصالح مصرفی در این پروژه ها محسوب می گردد. معیارهای اصلی انتخاب سنگ در این گونه پروژه ها شامل مقاومت، دوام، بلوک دهی، مشخصات فیزیکی، سازگاری با محیط، قابل دسترس بودن، شرایط اجرایی، هزینه استخراج، حمل، استقرار و اثرات زیست محیطی می باشد. از میان ویژگیهای مذکور، دوام سنگ و مقاومت آن در برابر عوامل مخرب و مهاجم حاکم بر محیط های دریایی از مهمترین خصوصیاتی است که مصالح مورد استفاده در ساخت سازه های دریایی باید از آن برخوردار باشند. ضرورت شناخت مصالح سنگی مصرفی و دوام آنها در سازه های دریایی زمانی مشخص می گردد که به فهرست تعداد قابل ملاحظه‌ای از سازه های تخریب شده، به علت کاربری مصالح سنگی نامرغوب و بی دوام توجه شود. هزینه سنگین ساخت و نگهداری و همچنین مرمت و بهسازی چنین سازه هایی، لزوم شناخت عملکرد مصالح مصرفی و دوام آنها را در شرایط محیط دریا بیش از پیش آشکار می نماید.

در حال حاضر معیارهای ملی برای انتخاب و کاربرد مصالح سنگی در سازه های دریایی در کشور وجود ندارد ومعمولا از استانداردها، ضوابط و پیشنهادهایی که عمدتاً مربوط به کشورهای دیگر نظیر انگلیس، هلند، ژاپن و آمریکا می باشد استفاده می شود. با توجه به اینکه این استانداردها و ضوابط برای شرایط آب و هوایی و با لحاظ منابع قرضه همان کشورها تدوین شده‌اند، لذا استفاده از آنها در طراحی پروژه های داخل کشور محدودیتها و مشکلاتی را به وجود آورده است. به گونه‌ای که انتخاب سنگ منطبق با استانداردهای فوق الذکر، اغلب باعث افزایش بسیار زیاد هزینه های اجرایی می‌شود. این مساله باعث شده بعضاً مشاورین و پیمانکاران در راستای کاستن از هزینه بالای حمل سنگ، مجبور به نادیده گرفتن قسمتهایی از این استانداردها و معیارها بر اساس قضاوتهای خود شوند؛ چرا که حداقل برخی از مشخصات کیفی مصالح سنگی موجود در منطقه عمدتاً در بازه مورد قبول اکثر این استانداردها نمی گنجد. این درحالی است که بررسیها نشان می دهد برخی از این مصالح سنگی، که از نظر بسیاری از دستور العملها و آیین نامه‌های متداول خارجی، مردود و غیر قابل قبول به شمار می‌آیند؛ وقتی که در شرایط آب دریا واقع شوند و یا در موقعیت مکانی مناسبی روی موج شکن قرار گیرند، می توانند عملکرد مطلوبی را از خود نشان دهند. با توجه به فقر مناطق ساحلی از نظر مصالح سنگی مرغوب، این مساله می تواند از جنبه اقتصادی بسیار حایز اهمیت باشد.

علاوه بر نداشتن استاندارد ملی قابل قبولی که با توجه به شرایط آب و هوایی سواحل کشور و با در نظر گرفتن وضعیت معادن موجود در منطقه، ضوابط و معیارهای انتخاب سنگ مناسب را ارایه نماید، عدم اطلاع دقیق و کامل از وضعیت سنگهای موجود در منطقه و نحوه عملکرد آنها در

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط دریایی مورد نظر، باعث شده که در برخی از موارد طراحان در طرحهای خود بضاعت معادن سنگ محل احداث موج شکن را مد نظر قرار نداده و صرفاً با اتکا به تجارب و سوابق قبلی خود در مناطق دیگر و با استناد به ضوابط تجربی طراحی که عموماً مربوط به کشورهای دیگر هستند طرحهای غیر اقتصادی ارائه نمایند. در حالی که در صورت اطلاع از وضعیت سنگهای موجود در منطقه و شناخت تجربیات ارزنده رفتار آنها می توان با بعضی تمهیدات خاص در مورد نحوه اجرا و استقرار مصالح، از همان مصالح موجود در منطقه استفاده نمود و هزینه های سنگین حمل مصالح را بر پروژه تحمیل نکرد.

با توجه به مطالب فوق، ضرورت تهیه و تدوین آیین و ضوابط ملی با توجه به تجارب دهه های اخیر و نتایج پژوهش های صورت گرفته کاملا مشخص می باشد. در این راستا و باتوجه به اهمیت موضوع و به جهت گسترش روزافزون بنادر و موج شکن ها و سازه های حفاظتی در سواحل کشور و فقر مناطق ساحلی از جهت تأمین مصالح سنگی مناسب، پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری تهیه و تدوین استاندارد برای کاربرد سنگ در موج شکن ها و سازه های حفاظتی را در قالب یک پروژه تحقیقاتی با همکاری دانشگاه تربیت مدرس به انجام رسانده است. در این مقاله نحوه رسیدن به معیارهای مناسب و ویژگیهای آیین نامه تدوین شده برای کاربرد در موج شکن ها و سازه های حفاظت کشور ارایه می گردد.

2- روش تحقیق و تعیین معیارها

اهداف مورد نظر از تدوین آیین نامه مورد نظر شامل ارایه معیار برای کاربرد سنگ در سازه های دریایی جهت استفاده مناسب و بهینه از معادن سنگ موجود در سواحل کشور، افزایش کارآیی و دوام این سازه ها و کاهش هزینه‌های سنگین حمل مصالح از معادن دوردست بوده است. در این راستا سعی شده است ضمن بررسی وضعیت موج شکنها و سازه‌های حفاظت توده سنگی ساخته شده در سواحل کشور و تجزه و تحلیل آماری نتایج آزمایشهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی انجام شده بر روی نمونه های اخذ شده از این موج شکنها و معادن آنها و همچنین استفاده از نتایج مربوط به سایر مطالعات و پژوهشهای انجام گرفته، عملکرد سنگ در چنین سازه‌هایی مورد ارزیابی قرار گیرد. سپس با بررسی استانداردهای بین المللی و مقایسه وضعیت سنگهای به کار رفته در موج شکنها و معادن آنها با استانداردهای بین المللی، معیارهای مناسب ملی ارایه گردیده و آیین نامه لازم تدوین شده است.

3- اطلاعات و منابع مورد استفاده

به منظور تامین اهداف پروژه و تهیه آیین نامه منطبق با شرایط کشور ابتدا تلاش گردید اطلاعات، داده ها و گزارش های موجود در رابطه با وضعیت موجود موج شکن ها و سایر سازه های توده سنگی در سواحل کشور جمع آوری و مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند. در این رابطه ضمن بازدید میدانی از موج شکن ها و سازه های حفاظت ساخته شده در سواحل شمالی و جنوبی کشور، وضعیت و مشخصات سنگ های بکار رفته و عملکرد سنگ در محیط دریا مورد بررسی قرار گرفتند. برای ارزیابی دقیق عملکرد سنگ در موج شکنهای کشور اقدامات زیر بعمل آمده است [1]:

- جمع آوری و بررسی گزارش مطالعاتی تعداد قابل توجهی از موج شکن ها و سازه های حفظت کشور،
- جمع آوری و دسته بندی گزارشهای مشاهدات میدانی موج شکنها و سازه های حفاظت از لحاظ عملکرد سنگ،
- جمع آوری اطلاعات معادن سنگ مورد استفاده جهت احداث موج شکن ها،
- بازدید میدانی و صحرایی از تعداد زیادی از موج شکن های توده سنگی ساخته شده در سواحل خلیج فارس، دریای عمان و دریای خزر و معادن سنگ مورد استفاده برای احداث آنها.
- جمع آوری و بررسی نتایج آزمایشهای مختلف انجام گرفته بر روی نمونه‌های تهیه شده از سازه های مختلف و معادن مرتبط آنها،
- بررسی عملکرد سنگ های بکار رفته در موج شکن ها و مشخص نمودن خرابی احتمالی بر اثر کاربرد سنگ نامناسب
- جمع آوری نتایج موجود آزمایشهای مکانیکی، شیمیایی و دوام داری بر روی سنگ های بکار رفته در موج شکن ها و معادن مرتبط با آنها و انجام آزمایش های تکمیلی
- تحلیل و ارزیابی مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در موج شکن ها و سازه های حفاظت کشور، [2،3]

4- مقایسه اطلاعات و داده های موجود کشور با استانداردهای بین المللی

با توجه به اینکه استانداردها و ضوابط موجود برای کاربرد سنگ در سازه های دریایی عمدتاً مربوط به کشورها و مناطق دیگر نظیر انگلیس [4]، هلند [5]، ژاپن [6] و اروپا [7] می باشند و برای شرایط آب و هوایی و لحاظ کردن منابع قرضه همان مناطق تدوین شده‌اند، استفاده از آنها در طراحی پروژه های داخل کشور محدودیتها و مشکلاتی را به وجود می آورد. در جدول (1) معیار ها، ضوابط و استانداردهای کاربرد سنگ در

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

سازه های دریایی و ساحلی جهت مقایسه آورده شده اند. همانطور که مشاهده می‌گردد معیارهای ارائه شده را می توان در دو گروه مقادیر حدی و گروه رده بندی سنگها تقسیم بندی نمود. غالب معیارهای انتخاب سنگ، تنها مقادیر حدی را ارائه می دهند. در این روش محـدوده مناسـب و نامناسب بر اساس یک یا چند پارامتر مشخص می گردد. در این گروه از معیارها، بطور معمول مشخصات یک سنگ خوب به عنـوان حـد قابـل قبول در نظر گرفته می شود. بعنوان مثال مشخصات حدی ارائه شده توسط پول و همکاران در حد سنگهای خوب طبقه بندی CUR می باشـد. در بین معیارهای ذکر شده مراجع [5]، [7] و [11] به رده بندی سنگها پرداخته اند.

نتایج رده بندی نمونه های موجود از موج شکن ها و سازه های حفاظت ساخته شده در سـواحل جنـوب کشـور بـر اسـاس برخـی از معیارهـای گزینش سنگ ارایه شده توسط دیگران در جدول (2) درج شده است. بررسی این جدول نشان می دهد که از نظر معیارهای گزینش سنگ بطور متوسط بیش از 79 درصد سنگهای آهکی و بیش از 97 درصد سنگهای لوماشل در موج شکنهای جنوب کشور، غیرقابل قبول می باشند [1]. نتایج بررسیها نشان می دهد براساس معیارهای فیزیکی استاندارد های بین المللی، سنگهای آهکـی مـورد اسـتفاده در مـوج شـکن هـا شـرایط نامناسبی دارند و فقط حدود 30 درصد آنها مورد تایید قرار می‌گیرند. در حـالی کـه از نظـر معیارهـای دوام‌داری و مقـاومتی حـدود 50 درصـد نمونه‌ها در رده قابل قبول قرار می‌گیرند و از نظر سلامت شیمیایی نزدیک به 100 درصد نمونه‌ها مورد قبول واقع شده‌اند. نتایج بیانگر آن است که معیارهای موجود برای کاربرد برخی از سنگ ها مناسب نبوده و ضرورت دارد با توجه به مشخصات سـنگ هـای قابـل دسـترس در منـاطق ساحلی کشور معیارهای مناسب برای سنگ های مختلف بصورت جداگانه ارایه شود.

جدول 1) مقایسه مهمترین معیارهای انتخاب سنگ مناسب از نظر آیین نامه های مختلف و افراد صاحبنظر

محقق/ استاندارد		وزن مخصوص خشک (t/m3)	جذب آب (٪)	سایش لس آنجلس در 500 دور (٪)	ارزش ضربه (٪)	سلامت سنگ در سولفات منیزیم در 5 سیکل (٪)
Walking (1977)		>2.6	<3	_	<30	<18
Fookes &Poole (1984) [8]		>2.6	<2.5	_	<16	<12
Lutton & Erickson [9] (1992)		>2.6	<1.2	<35	_	<2
استاندارد BS [4]		>2.6	<3	<18	<30	<18
جلالی و همکاران (1369) [10]		>2.55	<3	<18	<13	_
CUR 2000 [5]	عالی	>2.9	<0.5	_	_	<2
	خوب	2.6-2.9	0.5-2	_	_	2-12
	متوسط	2.3-2.6	2-6	_	_	12-20
	ضعیف	<2.3	>6	_	_	>20
Rock Manual 2007 [7]	عالی	>2.7	<0.5	<15	-	<2
	خوب	2.5-2.7	0.5-2	15-25	_	2-10
	متوسط	2.3-2.5	2-6	25-35	_	10-30
	ضعیف	<2.3	> 6	> 35	_	>30
نیکودل (1369) [11]	امتیاز خیلی بالا	>2.7	<1	<10	<10	<1
	امتیاز بالا	2.5-2.7	1-2.5	10-14	10-13	1-2
	امتیاز متوسط	2.3-2.5	2.5-4	14-18	13-15	2-3
	امتیاز کم	2.1-2.3	4-6	18-24	15-18	3-5
	امتیاز خیلی کم	<2.1	>6	>24	>18	>5

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

جدول 2) درصد غیر قابل قبول بودن نمونه ها ی مورد مطالعه بر اساس معیارهای موجود

معیار	سنگهای آذرین	سنگهای آهکی	سنگهای لوماشل
Walking (1977)	25	58	89
Fookes &Poole (1984)	32	79	97
Lutton & Erickson (1992)	52	90	99
Morrison & Louisjlee (1986)	9	70	97
استاندارد BS	5	79	99
جلالی و همکاران (1369)	20	89	99

5- مرور فصول آیین نامه

در این آیین نامه، معیارها و راهنمای‌های لازم جهت کاربرد سنگ در موج شکن ها و سازه های حفاظت که عمده مصالح آنها سنگ باشد، ارایه شده است. در ضمن توصیه های این آیین نامه قابل کاربرد در سایر کارهای دریایی نظیر پوشش لوله های دریایی و حفاظت در مقابل آبشستگی سازه های دریایی می باشند.

آیین نامه در 5 فصل و 4 پیوست تنظیم شده است. در فصل دوم ملزومات و ملاحظات طراحی سازه های توده سنگی ارایه گردیده و شرایط محیطی و نحوه جمع آوری داده های لازم مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل سوم کلیاتی در رابطه با طراحی موج شکن ها و سازه های حفاظت ارایه شده است. در فصل چهارم پارامترهای فیزیکی، مکانیکی و دوام داری مصالح سنگی بررسی شده و آزمایش های لازم برای ارزیابی کیفیت و دوام داری سنگ تشریح شده است. در فصل پنجم معیارهای رده بندی و انتخاب سنگ برای کاربرد در کارهای دریایی ارایه شده است. در این رابطه با استفاده از نتایج تحقیقات قبلی در خصوص ارزیابی کیفی سنگ های مورد استفاده در موج شکن ها و سازه های حفاظت سواحل شمال و جنوب کشور، معیار انتخاب و کاربرد سنگ در کارهای دریایی کشور به دو روش: "رده بندی و امتیاز دهی" و "مقادیر حدی" پیشنهاد شده است. انتخاب و کاربرد سنگ بر اساس معیارهای روش اول صورت می گیرد، ولی باید معیارهای مقادیر حدی را نیز ارضاء نماید. در بخش بعدی نحوه رده بندی بطور اختصار بیان می شود.

6- مبانی تدوین معیار رده بندی سنگ ها

همانگونه که اشاره شد، معیارهای رده بندی ارایه شده در این آیین نامه با در نظر گرفتن عملکرد واقعی سنگ های بکار رفته در سازه های دریایی کشور می باشد. در این راستا جهت رسیدن به معیار مناسب بصورت زیر عمل شده است:

الف- ارزیابی صحرایی نمونه ها

ب- رده بندی نسبی نمونه های آزمایش

ج- مقایسه نتایج ارزیابی صحرایی و آزمایشگاهی

د- تعیین معیار رده بندی

سیستم رده بندی مناسب باید ضمن داشتن دقت بالا در تفکیک سنگها، ساده و براحتی قابل استفاده باشد. تعداد زیاد پارامترها موجب پیچیدگی و محدود شدن کاربرد سیستم خواهد بود. در اینجا پارامترهای مورد استفاده در رده بندی به چهار گروه زیر تقسیم شده و در هر گروه تعدادی از آزمایش ها بعنوان معیار تعیین شده است.

- پارامترهای فیزیکی (دانسیته خشک، جذب آب، تخلخل)
- پارامترهای مقاومتی (مقاومت تک محوری، اندیس بار نقطه ای)

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

- پارامترهای دوام داری مکانیکی(سایش لس آنجلس، ارزش ضربه، دوام فرانکلین)
- پارامترهای دوام داری شیمیایی (مقاومت در برابر سولفاتها)

با توجه به اهمیت دوام‌داری شیمیایی در عملکرد کلی سنگ و همچنین عدم وجود رابطه سیستماتیک بین دوام‌داری شیمیایی و سایر خصوصیات سنگ این پارامتر بصورت مستقل در طبقه‌بندی بکار گرفته می شود.

با توجه به دامنه تغییرات پارامتر ها، در جداول (3) تا (5) نحوه امتیازدهی به پارامترها و رده بندی سنگ ها در سه گروه سنگی آمده است. با توجه به امتیازاتی که هر گروه سنگ از جدول مربوطه کسب کند، رده سنگ مربوطه مشخص می گردد. بطور مثال اگر جمع امتیازات یک نمونه سنگ آهکی 70 باشد این سنگ در رده B یا سنگ آهکی مقاوم می باشد.

جدول 3) نحوه امتیازدهی به پارامترها در رده های A تا E برای سنگ های آهکی و ماسه سنگی (معیار آیین نامه ملی)

پارامتر	خصوصیات	رده				
		E بسیار ضعیف	D ضعیف	C متوسط	B مقاوم	A بسیار مقاوم
پارامترهای فیزیکی	جذب آب (٪)	>18	12-18	6-12	3-6	<3
	دانسیته (KN/m3)	<16	16-18	18-22	22-24	<24
	امتیاز	5	10	15	20	25
پارامترهای مقاومتی	اندیس بار نقطه ای (Mpa)	<1	1-2	2-3	3-4	>4
	مقاومت تک محوری (Mpa)	<8	8-20	20-40	40-60	>60
	امتیاز	5	10	15	20	25
پارامترهای دوام داری مکانیکی	ارزش ضربه ای (٪)	>45	35-45	20-35	10-20	<10
	شاخص دوام (15 سیکل) (٪)	<80	80-85	85-90	90-95	>95
	سایش لس آنجلس (٪)	>65	50-65	35-50	25-35	<25
	امتیاز	5	10	15	20	25
پارامترهای دوام داری شیمیایی	افت وزنی در سولفات (٪)	>20	16-20	8-16	4-8	<4
	امتیاز	5	10	15	20	25
جمع امتیازات		**0-20**	**20-40**	**40-60**	**60-80**	**80-100**

9- معیارهای مقادیر حدی پارامترهای مختلف

علاوه بر روش رده بندی، مقادیر حدی شامل مقادیر حداکثر و یا حداقل قابل قبول خصوصیات نمونه سنگی برای استفاده در کارهای دریایی کشور مطابق جدول (6) ارایه شده است. در صورتی که هر یک از خصوصیات نمونه سنگ مورد نظر پایین تر از مقدار حدی ارایه شده باشد، صرف نظر از سایر خصوصیات، نمونه فوق مناسب نبوده و نباید استفاده شود.

10- ویژگیهای معیار های توصیه شده

همانگونه که اشاره شد در این آیین نامه برای سه گروه سنگهای آذرین، آهکی- ماسه سنگی و لوماشل بصورت مجزا معیار ارائه شده است، این در حالی است که در سایر طبقه بندیها به نوع سنگ توجهی نشده است. در ضمن معیارهای ارزیابی و انتخاب سنگ ها، بر مبنای عملکرد آن ها در محیط دریا، نتایج کارهای پژوهشی و با در نظر گرفتن واقعیت های معادن کشور ارایه شده اند.

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

معیارهای پیشنهادی برای سنگهای آذرین اختلاف زیادی با سایر معیارهای انتخاب سنگ ندارند؛ اما در بخش سنگهای آهکی و بخصوص لوماشل معیار پیشنهادی با سایر معیارها اختلاف زیادی دارد. معیار رده بندی پیشنهادی برای سنگهای آذرین و آهکی تقریبا مشابه با رده بندی CUR است.

سنگهای لوماشل در رده بندی CUR در گروه متوسط و ضعیف قرار می گیرند و از نظر سایر معیارها در بخش غیر قابل قبول طبقه بندی می‌گردند. در رده بندی پیشنهادی، حدود 24 درصد از سنگهای لوماشل مورد استفاده در سواحل جنوب کشور در گروه مقاوم و خیلی مقاوم، 50 درصد در گروه متوسط و مابقی در گروه ضعیف طبقه بندی می‌شوند. بررسی صحرایی عملکرد نمونه های لوماشل در موج شکنها با قدمت 1 تا 30 سال نیز موید عملکرد متوسط این سنگها می باشد.

سنگهای لوماشل ضعیف و خیلی ضعیف جهت لایه آرمور مناسب نمی باشند. این گروه از سنگها سیمان شدگی ضعیف دارند و بافت سنگ درشت می باشد و حاوی قطعات مارن یا رس سنگ هستند. قطعات درشت آنیزوتروپی شدید مقاومی را در این سنگها ایجاد می کنند، بطوریکه در جهت موازی لایه بندی مقاومت و دوام کمتری را نشان می دهند.

جدول 4) نحوه امتیازدهی به پارامترها در رده های A تا E برای سنگ های لوماشل (معیار آیین نامه ملی)

پارامتر	خصوصیات	رده				
		E بسیار ضعیف	D ضعیف	C متوسط	B مقاوم	A بسیار مقاوم
پارامترهای فیزیکی	جذب آب (٪)	>24	18-24	12-18	6-12	<6
	دانسیته (KN/m3)	<15	15-17	17-19	19-21	>21
امتیاز		5	10	15	20	25
پارامترهای مقاومتی	اندیس بار نقطه ای (Mpa)	<1	1-1.5	1.5-2.5	2.5-4	>4
	مقاومت تک محوری (Mpa)	<7	7-10	10-25	25-40	>40
امتیاز		5	10	15	20	25
پارامترهای دوام داری مکانیکی	ارزش ضربه ای (٪)	>60	45-60	30-45	15-30	<15
	شاخص دوام (15 سیکل) (٪)	<65	65-75	75-85	85-90	>90
	سایش لس آنجلس (٪)	>75	60-75	45-60	30-45	<30
امتیاز		5	10	15	20	25
پارامترهای دوام داری شیمیایی	افت وزنی در سولفات (٪)	>22	18-22	14-18	10-14	<10
امتیاز		5	10	15	20	25
جمع امتیازات		**0-20**	**20-40**	**40-60**	**60-80**	**80-100**

11- توصیف رده بندی سنگ ها و دامنه کاربرد آنها

در جدول (7) توصیف سنگ شناسی برای سنگ های آذرین و موارد کاربرد آنها آورده شده است. بزرگترین نقطه ضعف سنگهای آذرین که آنها را در گروه ضعیف قرار می‌دهد، وجود میکرودرزه‌ها در سنگ می‌باشد. سنگهای واقع در سواحل جنوب کشور ایران عموماً در حاشیه و یا داخل گنبدهای نمکی قرار دارند و همراه با بالا آمدن نمک، در برخی موارد به سطح زمین راه یافته اند. لذا فشارهای تکتونیکی شدیدی را متحمل

www.SID.ir

Archive of SID

شده‌اند و درز و ترک مویی را کم و بیش نشان می‌دهند. در شرایطی که املاح گچ و نمک در لابه لای درزو ترک سنگ نهشته شده باشد شرایط سنگ بحرانی‌تر می‌باشد.

سنگهای گروه ضعیف در طبقه‌بندی سنگهای آذرین، جهت لایه آرمور مناسب نیستند و در مورد سنگهای گروه متوسط نیز باید با تمهیداتی بکاربرده شوند. بعنوان مثال این گروه از سنگها در محدوده جزرومدی که بطور متناوب خشک و مرطوب می‌شوند نباید استفاده شوند.
سنگهای آهکی در سواحل جنوبی ایران محدوده وسیعی از سنگها شامل آهک با ناخالصی ناچیز تا سنگ آهک ناخالص یا مارن آهکی و آهکهای تخریبی را در بر می‌گیرند. مقاومت و دوام داری سنگ آهک علاوه بر درجه خلوص آن تابع پارامترهای دیگری نظیر درجه تراکم، سخت شدگی، درجه تبلور، ریز بافت‌ها، ریز شکستگی‌ها و غیره دارد. در معیار پیشنهادی سنگهای آهکی بر اساس نتایج آزمایشات به پنج گروه تقسیم شده‌اند. رده ضعیف و خیلی ضعیف غیر قابل کاربرد در لایه آرمور می‌باشند. گروه مقاوم و خیلی مقاوم در تمام بخشهای لایه آرمور قابل استفاده هستند و رده متوسط در بخشهای خاصی از لایه آرمور قابل استفاده می‌باشند. در جدول (8) توصیف سنگ شناسی و موارد کاربرد رده‌های مختلف سنگی نشان داده شده است.

لوماشل سنگ آهکی سرشار از فسیل می‌باشند. تخلخل بالا، دانسیته پایین، مقاومت کم از مشخصه اصلی این سنگها می‌باشد. سنگهای لوماشل در طبیعت بصورت میان لایه‌های با ضخامت چند سانتیمتر تا چند متر همراه با مارن، ماسه‌سنگ و شیل مشاهده می‌گردد. بطور استثناء لوماشل به ضخامت زیاد و توده‌ای شکل نیز وجود دارد.

مقاومت سنگهای لوماشل تابعی از بافت سنگ، درصد سیمان شدگی، جنس سنگدانه‌ها، درجه تراکم سنگ، ریز بافت‌ها و غیره دارد. سنگهای لوماشل خوب سیمانی شده و متراکم با بافت ریز، مقاومت بالایی در حد سنگهای آهکی از خود نشان می‌دهند. در حالیکه سنگهای لوماشلی با سیمان ضعیف رسی و غیر متراکم بسادگی در آب باز می‌شوند و شبه خاک هستند. در معیار پیشنهادی سنگهای لوماشل مشابه سنگهای آهکی به پنج رده خیلی ضعیف تا خیلی مقاوم تقسیم شده‌اند. در جدول (9) مشخصات هر رده و موارد کاربرد آن ارائه شده است.

12- جمع بندی و نتیجه گیری

در این مقاله ضمن معرفی اجمالی آیین نامه کاربرد سنگ در موج شکن ها و سازه های حفاظت کشور، مبانی معیار های پیشنهادی و نحوه رسیدن به آنها تشریح شده است. اهداف مورد نظر از تدوین آیین نامه شامل ارایه معیار برای کاربرد سنگ در سازه های دریایی جهت استفاده مناسب و بهینه از معادن سنگ موجود در سواحل کشور، افزایش کارآیی و دوام این سازه ها و کاهش هزینه‌های سنگین حمل مصالح از معادن دوردست بوده است. مهمترین ویژگیهای معیارهای ارایه شده در این آیین نامه عبارتند از:

- در نظر گرفتن عملکرد سنگ های بکار رفته در موج شکن ها و سازه های حفاظت سواحل کشور
- در نظر گرفتن واقعیت های معادن کشور
- استفاده از داده ها و نتایج کارهای پژوهشی
- ارایه معیار جداگانه برای سه گروه سنگهای آذرین، آهکی- ماسه سنگی و لوماشل
- ارایه مقادیر حدی شامل مقادیر حداکثر و یا حداقل قابل قبول خصوصیات نمونه سنگی علاوه بر روش رده بندی.

در ضمن توصیف رده بندی سنگ ها و دامنه کار برد آنها در قسمت های مختلف موج شکن ها و سازه های حفاظت ارایه شده است. انتظار می رود بکار گیری معیار ها و توصیه های ارایه شده در آیین نامه در طراحی و اجرای سازه های دریایی کشور، ضمن افزایش دوام و کار آیی، منجر به صرف جویی قابل توجهی در اجرای این سازه ها گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

جدول5) نحوه امتیازدهی به پارامترها در رده های A تا E سنگ های آذرین (معیار آیین نامه ملی)

پارامتر	خصوصیات	رده			
		D ضعیف	C متوسط	B مقاوم	A بسیار مقاوم
پارامترهای فیزیکی	جذب آب (٪)	>4	2-4	1-2	<1
	دانسیته (KN/m3)	<22	22-24	24-26	>26
امتیاز		10	15	20	25
پارامترهای مقاومتی	اندیس بار نقطه ای (Mpa)	<4	4-7	7-10	>10
	مقاومت تک محوری (Mpa)	<50	50-100	100-150	>150
امتیاز		10	15	20	25
پارامترهای دوام داری مکانیکی	ارزش ضربه ای (٪)	>15	10-15	5-10	<5
	شاخص دوام (15 سیکل) (٪)	<97	97-98	98-99	>99
	سایش لس آنجلس (٪)	>20	16-20	12-16	<12
امتیاز		10	15	20	25
پارامترهای دوام داری شیمیایی	افت وزنی در سولفات (٪)	>5	2-5	1-2	<1
امتیاز		10	15	20	25
جمع امتیازات		20-40	40-60	60-80	80-100

جدول6) مقادیر حدی مورد قبول برای پارامترهای مختلف

	حداکثر جذب آب٪	حداقل دانسیته خشک KN/M3	حداقل اندیس بار نقطه‌ای خشک (Mpa)	حداقل مقاومت تک محوری خشک (Mpa)	حداکثر سایش لس آنجلس (%)	حداکثر ارزش ضربه ای (%)	سلامت سنگ (%)	شاخص دوام (%)
سنگ لوماشل	21	16	1.25	8	60	45	20	70
سنگ آهکی – ماسه‌سنگی	15	17	1.5	14	50	35	18	80
سنگ آذرین	6	23	4	50	30	15	7	90

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

جدول 7) خصوصیات و موارد کاربرد رده‌های مختلف سنگهای آذرین

رده سنگ	توصیف لیتولوژیکی	موارد کاربرد
ضعیف	توف رسی، آگلومرای هوازده، توف ریولیتی هوازده، سایر سنگهای آذرین بیرونی همراه با میکرودرزها	غیر قابل استفاده در لایه آرمور، عموماً جهت مغزه و فیلتر قابل استفاده می‌باشند.
متوسط	توف ریولیتی، سایر سنگهای آذرین با هوازدگی متوسط-کم (واجد کانیهای دگرسانی می‌باشند)	جهت بخشهای غیر حساس لایه آرمور قابل استفاده می‌باشد، برای فیلتر و مغزه مناسب است.
مقاوم	سنگهای آذرین بیرونی و درونی با هوازدگی کم	در تمام بخشهای موج شکن قابل استفاده می‌باشد.
خیلی مقاوم	سنگهای آذرین بیرونی و درونی با هوازدگی ناچیز	در تمام بخشهای موج شکن قابل استفاده می‌باشد.

جدول 8) خصوصیات و موارد کاربرد رده‌های مختلف سنگهای آهکی- ماسه‌سنگی

رده سنگ	توصیف لیتولوژیکی	موارد کاربرد
خیلی ضعیف	مارن آهکی، آهک تخریبی یا ماسه‌سنگ با سیمان شدگی ضعیف، در آب بتدریج باز می‌شود و با چکش زمین شناسی بسادگی خرد می‌شود.	غیر قابل استفاده برای بخشهای مختلف موج شکن
ضعیف	آهک مارنی و ماسه سنگ با سیمان شدگی متوسط، در حالت خشک مقاوم است ولی در حالت اشباع با چکش زمین‌شناسی براحتی خراش عمیق بر می‌دارد.	بعضاً برای مغزه قابل استفاده می‌باشند.
متوسط	آهک نسبتاً متراکم، ماسه‌سنگ آهکی، آهک تخریبی ریز دانه. در طبیعت حالت نیمه صخره‌ای و زاویه دار هستند.	برای مغزه، فیلتر و بخشهای غیر حساس موج شکن بخصوص در زیر آب قابل استفاده می‌باشد.
مقاوم	آهک متراکم، ماسه‌سنگ آهکی خوب سیمانی شده و متراکم. در طبیعت صخره ساز است و برای استخراج نیاز به انفجار دارد.	برای همه بخشها قابل استفاده است.
خیلی مقاوم	ماسه‌سنگ با سیمان سیلیسی، آهک متبلور، دلومیت. شدیداً صخره ساز و نیاز به انفجار دارد.	برای همه بخشهای موج شکن قابل استفاده است.

جدول 9) خصوصیات و موارد کاربرد رده‌های مختلف سنگهای لوماشل

رده سنگ	توصیف لیتولوژیکی	موارد کاربرد
خیلی ضعیف	سنگ لوماشل با بافت درشت و سیمان شدگی ضعیف، دارای قطعات صفحه‌ای شکل مارن و رس سنگ	غیر قابل استفاده در موج شکن
ضعیف	لوماشل با بافت متوسط، سیمان‌شدگی ضعیف، با چکش زمین‌شناسی براحتی خرد می‌شود. در سطح آثار انحلال شدید مشاهده می‌گردد.	عموماً غیر قابل استفاده در موج شکن، بعضاً با تمهیداتی برای مغزه قابل استفاده می‌باشد.
متوسط	لوماشل نسبتاً متراکم ریزدانه، در طبیعت برجستگی ها را تشکیل داده، در سطح آثار انحلال مشاهده می‌شود.	قابل کاربرد در مغزه و فیلتر و نیز برای بخشهای غیر حساس و زیر آب در لایه آرمور
مقاوم	لوماشل ریز دانه متراکم، کاملاً سیمانی شده، تشکیل توپوگرافی صخره‌ای در طبیعت داده است.	قابل کاربرد در بخشهای مختلف موج‌شکن
خیلی مقاوم	لوماشل کاملاً متراکم با سیمان آهکی، صخره ساز	قابل کاربرد در بخشهای مختلف موج‌شکن

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

تقدیر و تشکر

در تهیه و تدوین آیین نامه حاضر از نتایج تحقیقات و تجربیات صاحب‌نظران، کارشناسان و مجریان کارهای دریایی کشور در دو دهه اخیر استفاده شده است. در این راستا بخصوص نظرات و تجربیات آقای مهندس رسول یزدانی از شرکت ساختمانی پرهام، آقای مهندس ذوالفقار خیروری از شرکت پژوهش عمران راهوار، آقای محمد رضا نیلی و آقای مهندس ابراهیم جلیلوند از سازمان شیلات ایران و آقای مهندس محمد سعید سجادپور در پیش‌برد پروژه بسیار موثر بوده است.

از مدیریت محترم شرکت سازه‌پردازی ایران بخصوص مساعدت‌های آقایان مهندس علی اکبر حافظی و مهندس عباس حسینیان که نتایج پروژه تحقیقاتی سنگ در سواحل جنوب کشور و گزارش‌های مطالعات پروژه‌های بندری در شمال کشور را در اختیار قراردادند صمیمانه تشکر و قدردانی می گردد.

همچنین لازم است از مسئولین محترم پژوهشکده حمل و نقل که امکان تهیه آیین نامه را فراهم نمودند و ناظرین محترم پروژه آقایان دکتر مجید مرادی و مهندس مهدی پارنج که با نظرات ارزنده خود باعث ارتقاء کیفی شدند صمیمانه سپاس‌گزاری و قدردانی بعمل آید.

مراجع

[1] مهندسین مشاور سازه پردازی، گزارش پروژه تحقیقاتی عملکرد سنگ در موج شکن ها و سازه های حفاظت سواحل جنوب کشور (1385).

[2] حسنلی، حمید رضا؛ (1383). «ارزیابی عملکرد موج شکنهای توده سنگی سواحل شمالی خلیج فارس (استان بوشهر)»، پایان نامه کارشناسی ارشد سازه های دریایی به راهنمایی مهدی شفیعی فر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

[3] امینی، مصطفی؛ شفیعی فر ، مهدی؛ رحمانی، ایرج؛ (1387)، « ارزیابی وضعیت سنگهای آذرین استفاده شده در موج شکنهای توده سنگی جنوب کشور بر اساس معیارهای ارزیابی کیفیت سنگ»، مجموعه مقالات هشتمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، تهران، ایران.

[4] British Standard, BS 6349-Maritime structures, Part 1: Code of practice for general criteria, 2002.

[5] CUR (2000), Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering, the Netherlands Centre for Civil Engineering Research and Codes, CUR report 154.

[6] OCDI (2002), The Overseas Coastal Area Development Institute, Japan, Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan. Ahrens, J. P. 1987. "Characteristics of Reef Breakwaters," Technical Report CERC-87-17, U.S. Army.

[7]CIRIA/CUR/CETMEF, "The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering", C683, Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), London, 2007.

[8] Fookes, P.G., Poole, A.B. 1984. Some preliminary considerations on the selection and durability of rock and concrete materials for breakwaters and coastal protection works. Quarterly journal of Engineering Geology, Vol. 14, pp. 97-128.

[9] Lutton, R.J., Erickson R.L., "Problems with armor-stone quality on Lakes Michigan, Huron, and Erie", In: Durability of stone for rubble mound breakwaters, American Society for Civil Engineers, New York, 1992, pp. 115-136.

[10] جلالی، حسین و همکاران. 1366. گزارش بررسی پایداری و پایابی موج شکنها و شیبهای حفاظتی بندر کشتی سازی، وزارت صنایع سنگین، جلد دوم.

[11] نیکودل، محمدرضا؛ «مطالعه معیارهای شناخت زوال پذیری سنگ»، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس، 1369.

www.SID.ir

www.SID.ir