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

ارزیابی وضعیت سنگهای آذرین استفاده شده در موج‌شکنهای توده‌سنگی جنوب کشور بر اساس معیارهای ارزیابی کیفیت سنگ

مصطفی امینی مزرعه‌نو
دانشگاه تربیت مدرس
amini_maz@modares.ac.ir

مهدی شفیعی‌فر
دانشگاه تربیت مدرس
shafiee@modares.ac.ir

ایرج رحمانی
پژوهشکده حمل و نقل
iraj.rahmani@gmail.com

مقدمه

از آنجا که معمولاً حجم مصالح مصرفی در موج شکنها و پروژه‌های حفاظت سواحل بسیار بالاست، جهت پایین آوردن هزینه ساخت و همچنین کاهش ریسک خرابی سازه‌ها، سنگ به عنوان یکی از کاربردی‌ترین و اصلی‌ترین مصالح مصرفی در این پروژه‌ها محسوب می‌گردد. از میان معیارهای اصلی انتخاب سنگ در این گونه پروژه‌ها ، دوام سنگ و مقاومت آن در برابر عوامل مخرب و مهاجم حاکم بر محیط‌های دریایی از مهمترین خصوصیاتی است که مصالح مورد استفاده در ساخت سازه‌های دریایی خصوصاً موج شکنها باید از آن برخوردار باشند.

در ایران گزارشهای متعددی از خرابی سازه‌های دریایی خصوصاً موج‌شکنهای توده‌سنگی در دست است. تخریب شاخه شرقی موج شکن صیادی رستمی، موج‌شکن ابوموسی، موج شکن بندر چابهار، موج شکن حوضچه کارخانه کشتی سازی خلیج فارس در بندرعباس و قسمتی از ابتدای بازوی موج‌شکن بندر طاهری مواردی است که بررسیهای به عمل آمده نشان می‌دهد قسمت عمده این تخریبها مربوط به استفاده از مصالح سنگی نامرغوب و بی‌دوام می‌باشد. هزینه سنگین ساخت و نگهداری و همچنین مرمت و بهسازی چنین سازه‌هایی، لزوم شناخت عملکرد مصالح مصرفی و دوام آنها را در شرایط محیط دریا بیش از پیش آشکار می‌نماید.

از سوی دیگر معیارهای ارزیابی کیفی سنگ مناسب در کشور ما، با استفاده از استانداردها، ضوابط و پیشنهادهایی که عمدتاً مربوط به کشورهای دیگر می‌باشند انجام می‌پذیرد. با توجه به اینکه این استانداردها و ضوابط برای شرایط آب و هوایی و با لحاظ موجودیت معادن سنگ همان کشورها تدوین شده‌اند، لذا استفاده از آنها در طراحی پروژه ها ی داخل کشور مشکلاتی را به وجود آورده است. به گونه ای که بعضاً در انتخاب سنگ مناسب، مشاورین و پیمانکاران مجبور به نادیده گرفتن قسمتهایی از این استانداردها و معیارها شده‌اند؛ چرا که مشخصات فیزیکی و شیمیایی مصالح سنگی موجود در منطقه در بازه قابل قبول اکثر این استانداردها نمی‌گنجد. در حالی که بررسیها نشان می‌دهد که برخی از این مصالح سنگی، که از نظر بسیاری از دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های بین المللی، مردود و غیر قابل قبول به شمار می‌آیند، وقتی که در شرایط آب دریا واقع شوند و یا در موقعیت مکانی مناسبی روی موج‌شکن قرار گیرند، می‌توانند عملکرد مطلوبی را از خود نشان دهند. با توجه به فقر مناطق ساحلی کشور از نظر مصالح سنگی مرغوب، توجه به این مساله می‌تواند از جنبه اقتصادی بسیار حایز اهمیت باشد.

در این تحقیق سعی بر این است که با بررسی تعداد قابل ملاحظه ای از موج شکنهای توده‌سنگی سواحل خلیج فارس و دریای عمان، تحلیل آماری نتایج آزمایشهای فیزیکی و مکانیکی انجام شده بر روی نمونه‌های اخذ شده از این موج‌شکنها و معادن سنگ آنها و در ادامه تطبیق نتایج آزمایشها با مشاهدات صحرایی ثبت شده و نیز در نظر گرفتن عملکرد ظاهری سنگ در لایه آرمور، معیارهای بین المللی ارزیابی سنگ بر مبنای ساختار سنگهای سواحل جنوب ایران کنترل گردد. معیاری را می‌توان مناسب دانست که با عملکرد مشاهده شده از سنگهای به کار رفته در سازه‌های ساحلی، تطابق و هماهنگی لازم را داشته باشد.

سابقه تحقیق :

مطالعه و تحقیق در مورد وضعیت و عملکرد سنگهای مورد استفاده در سازه‌های ساحلی و حفاظتی جنوب کشور از دیرباز مورد توجه محققین و زمین‌شناسان داخلی بوده است و در همین راستا کارهای قابل توجهی انجام شده است.

جلالی (۱۳۶۷)، اهمیت دوام سنگ در موج‌شکنهای توده‌سنگی را به تفصیل مورد بررسی قرار داده و برای سنگهای آذرین گنبد گچین که تأمین کننده مصالح موج‌شکنهای حوضچه کشتی سازی خلیج فارس بوده‌اند، معیاری به صورت رد یا قبول کردن سنگ ارائه نموده است[۱].

نیکودل (۱۳۶۹) مطالعات گسترده‌ای بر روی ۲۱ نمونه از سنگهای آذرین (شامل گرانیت و بازالت) و رسوبی (شامل ماسه سنگ و سنگ آهک) مربوط به گنبدهای نمکی گچین و انگوران در استان هرمزگان، که جهت احداث موج‌شکنهای شهید رجایی و کارخانه کشتی‌سازی خلیج فارس از آنها استفاده شده، و نیز جزیره هرمز، که در ساخت موج‌شکن صیادی این جزیره مورد استفاده قرار گرفته، انجام داده است. با بررسیهای آزمایشگاهی و

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهدات صحرایی، در نهایت معیاری به صورت یک سیستم امتیازدهی برای ارزیابی کیفیت سنگ، به منظور استفاده از آن در لایه هـــا ی مختلـف موجشکنهای توده‌سنگی پیشنهاد شده است [۲].

یثربی و صفری (۱۳۷۷) نیز در تحقیقی گسترده، با مطالعات زمین شناسی و بررسی سازندهای مختلف سواحل جنوبی کـشور و نمونـه بـرداری از برخی معادن واقع در این سواحل و انجام آزمایشهای مختلف، تمام سنگهای به کار رفته در سـاخت مـوجشـکنهای جنـوب کـشور را بـه پـنج دسـته سنگهای آهکی (آهک، آهک مارنی و آهک ماسه‌ای)، ماسه سنگ، سنگهای آذرین، فلیش و نهشته‌های سخت شده کواترنری تقسیم کرده اند. سپس وضعیت این سنگها را از نظر خواص فیزیکی و دوام‌داری با یکدیگر و همچنین با آیین‌نامه‌ها و معیارهای ارزیابی موجود، مورد مقایسه قرار داده‌اند. در نهایت با توجه به اینکه فقط بعضی از سنگهای آذرین (در منطقه بندر عباس) و فلیشها (در منطقه چابهـار) از نظـر تمـام شاخـصهای ارزیـابی در حـد مطلوب قرار دارند و اکثر سنگهای به کار رفته (نهشته‌های سخت شده کواترنری) وضعیت نامطلوبی دارند، لزوم تدوین آیین‌نامه‌ای داخلی بـا در نظـر گرفتن مسایل اقتصادی و وضعیت سازندهای سواحل جنوبی کشور، مورد تأکید قرار گرفته است [۳].

حسنلی (۱۳۸۳) عملکرد سنگهای آهکی مورد استفاده در موجشکنهای توده‌سنگی استان بوشهر (۱۲ موجشکن) را مورد بررسی قـرار داده اسـت. وی با انجام آزمایشهای مختلف بر روی ۶۴ نمونه برداشت شده از این موجشکنها و نیز با در نظر گرفتن مشاهدات صحرایی تیم کارشناسی، توانـسته به تفکیک نوع سنگ، عملکرد آنها را توصیف نماید و عوامل و شرایط مؤثر بر رفتار هر نوع سنگ را توضیح دهد [۴].

ناصحی (۱۳۷۶) نیز در تحقیقی مشابه با انجام آزمایشهای مربوط به ارزیابی خواص فیزیکی، مقاومتی و دوام داری سنگها و نیز انجـام مطالعـات سنگ شناسی میکروسکوپی و بررسی کیفی به روش انکسار اشعه ایکس (XRD) بر روی حداکثر ۳۸ نمونه سنگ آهکی و ماسه سنگ برداشت شـده از ۹ موجشکن توده‌سنگی استان سیستان و بلوچستان، علاوه بر مقایسه عملکرد این سنگها در موجشکنهای مربوطه، معیاری به همان صورت سیستم امتیازدهی دکتر نیکودل، پیشنهاد نموده است. در این معیار از ۹ آزمایش ارزیابی کیفیت سنگ استفاده شده است [۵].

امانیان (۱۳۸۴) نیز با بررسی ۴۸ نمونه از سنگهای آذرین به کار رفته در ۷ موجشکن توده‌سنگی استان هرمزگان، تأثیر ویژگیهای بـافتی و کـانی شناسی را بر خواص مقاومتی و دوام داری سنگهای آذرین مورد مطالعه قرار داده و با ایجاد ارتباط و همبستگی بین شاخصهای هوازدگی و ویژگیهای مقاومتی سنگها، اثر هوازدگی را در کاهش مقاومت و دوام سنگهای آذرین، ارزیابی نموده است [۶].

توکلی (۱۳۶۶) از دیدگاه یک مهندس معدن، به ارزیابی خواص مقاومتی و دوام داری سنگها برای استفاده در مـوجشـکن پرداختـه و بـر اسـاس شرایط موجشکن مورد مطالعه (موجشکن بندر جاسک) از سنگهای موجود در منطقه، با کیفیت‌ترین و مرغوب‌ترین سنگ را معرفی نموده است [۷].

تحقیقات انجام شده در داخل کشور هر چند با ارزش و بسیار مفید می‌باشند اما هر یک به صورت موردی به یک نـوع سـنگ خـاص و یـا یـک منطقه خاص از سواحل جنوبی کشور پرداخته و از این جهت نتایج آن را نمی‌توان به تمام انواع سنگهای مـورد اسـتفاده در سرتاسـر سـواحل جنـوبی تعمیم داد. مطالعات جلالی، نیکودل و امانیان بیشتر روی سنگهای آذرین به کار رفته در موج شکنهای استان هرمزگان متمرکز می‌باشد. حسنلی صرفا روی سنگهای آهکی موجشکنهای استان بوشهر مطالعه نموده و ناصحی نیز تحقیقـات خـود را بـه سـنگهای رسـوبی اسـتان سیـستان و بلوچـستان اختصاص داده است. از سوی دیگر نمونه گیری و انجام آزمایشهای مهندسی سنگ در هیچ یک از این تحقیقات به گستردگی و تنوع تحقیـق حاضـر نبوده است. البته در این مقاله صرفاً به بررسی نتایج بدست آمده از این تحقیق در مورد سنگهای آذرین سواحل جنوبی پرداخته شده است. بحث کامل در مورد سایر انواع سنگها و سایر نتایج این تحقیق در مرجع ۹ ارائه شده است.

روش تحقیق :

مراحل اولیه این تحقیق شامل جمع آوری اطلاعات در مورد موقعیت هر موجشکن، پارامترهای طراحی آن، معادن مورد استفاده، نحـوه طراحـی، ساخت و ترمیم (در صورت انجام) بوده است. سپس یک تیم کارشناسی جهت بررسی وضعیت هر موجشکن به منطقـه اعـزام گردیـد تـا گزارشـی از مودهای خرابی، علل تخریب، نوع مصالح به کار رفته، کیفیت مصالح و ... برای هر موجشکن تهیه شود.

در ادامه، از هر موجشکن در مقاطع مختلف طولی شامل هد، قسمت قوسی شکل و قسمت ابتدایی بازوی اصلی و نیز در مقاطع مختلـف عرضـی شامل نواحی مغروق، جزر و مدی و پاشش آب (بالای جزر و مدی) بلوکهایی از سنگ به عنوان نمونه انتخاب شد. در نمونه‌برداری سعی شـده کـه از تمام انواع سنگهای مختلف موجود در هر موجشکن نیز حداقل یک نمونه تهیه شود. جدول (۱) وضعیت نمونه‌برداری و آمار نمونه‌های تهیه شده از هر موجشکن را نشان می‌دهد. در این جدول فقط نمونه‌برداری از موجشکنهایی که در ساخت آنها از سنگهای آذرین استفاده شده، مورد نظر بـوده اسـت. همچنین از معادن سنگ مورد استفاده جهت احداث هر موجشکن، نمونه‌برداری گردید. جدول (۲) معادن مورد مطالعه و موجشکنهای استفاده کننده از هر معدن و تعداد نمونه‌های برداشت شده از هر معدن را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- وضعیت نمونه‌برداری از موج‌شکنهای سواحل جنوبی کشور

نام موج‌شکن	منطقه برداشت در پلان	تعداد نمونه بلوکی آذرین برداشت شده از هر یک از نواحی مختلف در مقطع عرضی موج‌شکن		
		بالای جزر و مدی	جزر و مدی	غرقابی
باهنر	وسط بازو	۲	۲	۲
بستانه	وسط بازو	۲	۳	۴
	ابتدای بازو	۱	---	---
حسینه	هد	۴	۵	۴
	وسط بازو	۱	۱	۱
شهید رجایی	وسط بازو	۲	۹	۳
شناس	هد	---	۱	---
	وسط بازو	---	---	۱
لنگه	وسط بازو	۲	---	۱
کنگ	وسط بازو	---	۱	۲
مجموع تعداد نمونه در هر ناحیه از مقطع		۱۴	۲۲	۱۸
مجموع کل تعداد نمونه‌های آذرین		۵۴		

جدول ۲- آمار نمونه‌های گرفته شده از معادن مورد استفاده در احداث موج‌شکنهای سواحل جنوبی کشور

نام معدن	موج‌شکنهای استفاده کننده	تعداد نمونه بلوکی آذرین
کوهین (گنبد نمکی کنگ)	کنگ- لنگه	۱
قلات	رجایی- باهنر	۱
ایتالکو- صدرا (گنبد گچین بندر عباس)	رجایی- باهنر	۴
گنبد حسینه	حسینه	۲
مولو	بستانه - شناس	۲
	مجموع تعداد نمونه‌ها	۱۰

در هنگام نمونه‌برداری، یک شناسنامه برای هر نمونه بلوکی تهیه شد و در آن تمام مشخصات ظاهری نمونه ثبت گردید. این مشخصات شامل موارد زیر می‌باشد :

۱- نام موج‌شکن یا معدن محل برداشت نمونه

۲- محل برداشت نمونه در مقاطع طولی (هد، قسمت قوسی شکل یا قسمت ابتدای بازوی اصلی) و مقاطع عرضی (ناحیه مغروق، جزر و مدی، بالای جزر و مدی یا خشک)

۳- نوع سنگ (تشخیص اولیه)، میزان تراکم و تخلخل، رنگ سطحی و رنگ قسمت شکسته شده (سطح تازه) سنگ

۴- تشکیل یا عدم تشکیل جلبک و صدف روی سطح سنگهای داخل آب و میزان آن

۵- میزان گردگوشه شدن، حفرات انحلالی، پوسته پوسته شدن، خردشدگی و شکستگی سنگ

۶- مقاومت سنگ در برابر ضربه چکش زمین‌شناسی

۷- عمق شیار ایجاد شده به کمک چکش زمین‌شناسی روی سنگ

۸- درزه و شکافهای اولیه و ثانویه موجود در سنگ

۹- وجود یا عدم وجود رگه‌های ضعیف در نمونه بلوکی

۱۰- ریز دانه یا درشت دانه بودن سنگ

۱۱- وجود یا عدم وجود فسیل در سنگ و میزان آن

www.SID.ir

Archive of SID

سپس در آزمایشگاه از هر نمونه بلوکی تعداد زیادی مغزه تهیه شد. عکسهایی از نمونه بلوکی و نیز از مغزه‌های آن تهیه و به شناسنامه نمونه ضمیمه گردید. آزمایشهای مختلف فیزیکی، مکانیکی و ارزیابی دوام (هر آزمایش بر روی حداقل سه مغزه تهیه شده از هر نمونه بلوکی) انجام شد. جدول (۳) آزمایشهای انجام شده و تعداد نمونه‌سنگ بلوکی مورد استفاده در هر آزمایش را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که از هر یک از نمونه‌های بلوکی که تعداد آنها در این جدول آورده شده است، حداقل ۳ مغزه جهت انجام آزمایش تهیه شده است.

همچنین مقاطع نازک میکروسکوپی از بعضی نمونه‌ها تهیه شد و مطالعات سنگ شناسی و پتروگرافی بر روی آنها انجام گرفت. نتایج آزمایشهای انجام شده در چهار مرحله مورد کنترل و بازنگری و تجدید نظر قرار گرفت و پس از تأیید نهایی، آنالیزهای آماری مختلف، بر روی داده‌ها انجام شد.

در مقاله حاضر با بررسی نتایج آزمایشهای مختلف انجام شده بر روی سنگهای آذرین و مقایسه این نتایج با معیارهای مختلف ارزیابی که توسط محققین مختلف و آیین‌نامه‌های مربوطه ارائه شده است، وضعیت سنگهای آذرین به کار رفته در سازه‌های ساحلی جنوب ایران از دیدگاه این معیارها مشخص می‌شود. در ادامه با توجه به اینکه بر اساس مشاهدات میدانی، عملکرد این سنگها در حفظ دوام و پایداری سازه مورد مطالعه قرار گرفته، میزان انطباق و سازگاری این معیارها با شرایط اقلیمی و ساختار سنگهای رسوبی مناطق جنوبی کشور و به بیان دیگر میزان کارآمدی آنها جهت ارزیابی سنگهای آذرین و انتخاب سنگ مناسب، مورد تامل قرار گرفته است.

جدول ۳- آزمایشهای مکانیک سنگ انجام شده در آزمایشگاه و تعداد نمونه بلوکی مورد استفاده در هر آزمایش

آزمایش انجام شده	تعداد نمونه آذرین	آزمایش انجام شده	تعداد نمونه آذرین
درصد جذب آب	۵۴	مدول الاستیسیته خشک	۴۱
درصد تخلخل	۵۴	مدول الاستیسیته اشباع	۴۱
وزن مخصوص اشباع	۵۴	شاخص دوام (۵ سیکل)	۱۸
وزن مخصوص خشک	۵۴	شاخص دوام (۱۰ سیکل)	۱۸
وزن مخصوص دانه ای	۵۴	شاخص دوام (۱۵ سیکل)	۱۸
مقاومت کششی	۳۱	سلامت شیمیایی سنگ (۵ سیکل)	۳۱
شاخص بار نقطه ای خشک	۴۸	سلامت شیمیایی سنگ (۱۰ سیکل)	۲۹
شاخص بار نقطه ای اشباع	۴۶	سلامت شیمیایی سنگ (۱۵ سیکل)	۶
مقاومت تک محوری خشک	۴۱	ارزش ضربه	۴۳
مقاومت تک محوری اشباع	۴۱	سایش لس آنجلس	۲۹

ارزیابی کیفیت سنگهای آذرین بر اساس معیارهای مختلف انتخاب سنگ

در این بخش، نتایج آزمایشهای مربوط به سنگهای آذرین به کار رفته در موج‌شکنهای سواحل جنوبی کشور و نیز سنگهای آذرین معادن مختلفی که از آنها در ساخت این موج‌شکنها استفاده شده، با معیارهای ارزیابی پیشنهادی توسط محققین و یا آیین‌نامه‌های مختلف، کنترل گردیده و درصد سنگهای معتبر و مورد قبول بر اساس هر معیار مشخص می‌شود. جدول (۵) معیارهای ارزیابی لوتون[1] و درصد سنگهای مناسب جهت کاربرد در سازه‌های دریایی از دیدگاه وی را نشان می‌دهد[۱۲].

جدول ۵- مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موج‌شکنها و معادن با معیار لوتون

آزمایش	معیار تقریبی برای مناسب بودن سنگ	درصد نمونه‌های مورد قبول (موج‌شکن)	درصد نمونه‌های مورد قبول (معدن)
چگالی حجمی	>۲/۶	۲۳/۹۱	۰
جذب آب (٪)	<۱/۲	۳۲/۶۱	۰
سلامت سولفات منیزیم (۵ سیکل) (٪)	<۲	۹۶/۴۳	۶۶/۶۷
سایش لس آنجلس (٪)	<۲۵	۹۵/۰۰	۸۸/۸۹

[1] Lutton

www.SID.ir

Archive of SID

همانگونه که در این جدول دیده می‌شود، چنانچه از معیار ارزیابی لوتون استفاده کنیم، درصد نمونه‌هایی که بر اساس پارامترهای سلامت شیمیایی و مقاومت سایشی، برای استفاده در سازه دوام قابل قبولی دارند، با درصد نمونه‌های مورد قبول بر اساس شاخصهای فیزیکی تفاوت فاحشی خواهد داشت. می‌دانیم که آزمایش سلامت شیمیایی سنگ، شاخص خوبی برای شکستگی‌های ناشی از هوازدگی نمک می‌باشد؛ بنابراین در شرایط آب و هوای گرم که امکان تبلور نمک وجود دارد و به خصوص برای سنگهایی که به دلیل میکروشکستگی‌های فراوان و یا حفرات با اندازه کوچک، میزان جذب آب قابل توجهی دارند، این آزمایش معیار مناسبی برای ارزیابی دوام سنگ در شرایط بهره‌برداری است. بر اساس اعداد و ارقام ستون سوم جدول (۵) چنین به نظر می‌رسد که هرچند سنگهای آذرین به کار رفته در سازه‌های ساحلی جنوب کشور از نظر درصد جذب آب و دانسیته چندان مناسب به نظر نمی‌رسند؛ اما از نظر سلامت شیمیایی در برابر محلولهای خورنده که یکی از فاکتورهای بسیار مهم دوام‌داری مصالح سنگی است و نیز از لحاظ مقاومت سایشی سنگ که با آزمایش سایش لس‌آنجلس ارزیابی می‌گردد، وضعیت بسیار مناسبی دارند.

از سوی دیگر چنانچه درصد نمونه‌های مورد قبول برداشت شده از معادن (ستون چهارم جدول) و موجشکنها (ستون سوم جدول) را با یکدیگر مقایسه کنیم، خواهیم دید که برخلاف انتظار نمونه‌های مربوط به موجشکنها نسبت به نمونه‌های برداشت شده از معادن وضعیت نسبتاً بهتری دارند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که قرار گرفتن سنگهای آذرین در شرایط بهره‌برداری و محیط دریا به خصوص ناحیه غرقابی موجشکن، باعث کاهش تأثیر عوامل فرسایش و در نتیجه بهبود سلامت سنگ می‌گردد.

جدول (۶) معیار ارزیابی سنگ جهت استفاده در سازه‌های دریایی را از دیدگاه CUR2000 نشان می‌دهد[۱۲]. این معیار، سنگها را بر اساس مقادیر هر یک از پارامترهای فیزیکی، مقاومتی و شیمیایی به ۴ گروه عالی، خوب، متوسط و ضعیف تقسیم می‌کند. همچنین درصد نمونه‌های مناسب مربوط به موجشکنها و معادن برای هر پارامتر ارزیابی، در این جدول ارائه شده است. چنانکه در این جدول مشاهده می‌شود بر اساس پارامترهای درصد جذب آب و دانسیته، بالغ بر ۵۰ درصد نمونه‌های برداشت شده از موجشکنها در گروههای متوسط و ضعیف قرار گرفته و کمتر از ۱۰ درصد آنها در گروه عالی دسته‌بندی شده‌اند. در میان نمونه‌های مربوط به معادن، درصد سنگهای با رده‌بندی متوسط و ضعیف خیلی بیشتر است و تقریباً تمام نمونه‌ها را شامل می‌شود.

در مورد پارامتر سلامت شیمیایی سنگ، وضعیت کاملاً متفاوت است. بر اساس این پارامتر تقریباً هیچ نمونه‌ای در گروههای متوسط و ضعیف قرار نگرفته و در عوض بالای ۹۰ درصد نمونه‌های موجشکنها و ۶۰ درصد نمونه‌های معادن در رده عالی قرار گرفته‌اند. پارامتر اندیس بار نقطه‌ای خشک نیز وضعیت تقریباً مشابهی دارد؛ یعنی نسبت به پارامترهای فیزیکی درصد جذب آب و دانسیته، شرایط بهتری دارد و بر اساس این شاخص، بالاترین درصد نمونه‌ها به جای گروههای متوسط و ضعیف در دو گروه عالی و خوب قرار می‌گیرند. همچنین در مجموع، درصد نمونه‌های دارای شرایط مطلوب که از موجشکنها برداشت شده‌اند نسبت به معادن خیلی بیشتر است.

جدول ٦- مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موجشکنها و معادن با معیار CUR2000

آزمایش		عالی	خوب	متوسط	ضعیف
چگالی سنگ ρ_r (t/m^3)		>۲/۹	۲/۶-۲/۹	۲/۳-۲/۶	<۲/۳
درصد نمونه‌های مورد قبول	موجشکن	۴/۳۵	۱۹/۵۷	۵۴/۳۵	۲۱/۷۴
	معدن	۰	۰	۵۵/۵۶	۴۴/۴۴
جذب آب W_{ab} (%)		<۰/۵	۰/۵-۲/۰	۲/۰-۶/۰	>۶/۰
درصد نمونه‌های مورد قبول	موجشکن	۶/۵۲	۴۳/۴۸	۳۹/۱۳	۱۰/۸۷
	معدن	۰	۱۱/۱۱	۷۷/۷۸	۱۱/۱۱
سلامت سولفات منیزیم MSS (%)		<۲	۲-۱۲	۱۲-۳۰	>۳۰
درصد نمونه‌های مورد قبول	موجشکن	۹۶/۴۳	۳/۵۷	۰	۰
	معدن	۶۶/۶۷	۳۳/۳۳	۰	۰
اندیس بار نقطه‌ای $I_{S(50)}$ (MPa)		> ۸	۴/۰-۸/۰	۰/۵-۴/۰	<۱/۵
درصد نمونه‌های مورد قبول	موجشکن	۵۳/۸۵	۳۵/۹۰	۱۰/۲۶	۰
	معدن	۶۶/۶۷	۲۲/۲۲	۱۱/۱۱	۰

www.SID.ir

Archive of SID

معیارهای انتخاب سنگ لایه آرمور اصلی از دیدگاه آیین نامه بریتانیا (BS) و وضعیت سنگهای آذرین سواحل جنوبی بر اساس این معیارها در جدول (۷) ارائه شده است[۱۲]. لازم به ذکر است که برای لایه‌های غیر از لایه آرمور اصلی، معیارهای پذیرش می‌تواند کمتر از مقادیر این جدول باشد. این معیارها بر اساس دو پارامتر فیزیکی (درصد جذب آب و دانسیته)، سه پارامتر مقاومتی (مقاومت تک محوری، شاخص بار نقطه‌ای و مقاومت کششی)، دو پارامتر دوام‌داری (ارزش ضربه و سایش لس‌آنجلس) و یک پارامتر سلامت شیمیایی تنظیم شده است. همانطور که در معیارهای لوتون و CUR2000 نیز دیده شد، پارامتر فیزیکی دانسیته در مقایسه با سایر پارامترها وضعیت بسیار نامساعدی دارد و حدود ۸۰ درصد نمونه‌های موج‌شکنها و اکثر نمونه‌های معادن مردود می‌باشند؛ در حالیکه معیار ارائه شده یرای پارامتر جذب آب حدود ۴۰ درصد نمونه‌ها را نامناسب ارزیابی می‌کند. در میان پارامترهای مقاومتی نیز مقاومت کششی برزیلی و مقاومت فشاری تک محوری وضعیت نامناسبی دارند و برای درصد زیادی از نمونه‌ها کمتر از حد قابل قبول آیین‌نامه می‌باشند. این در حالی است که بر اساس شاخص بار نقطه‌ای، درصد نمونه‌های مناسب از دید آیین‌نامه حدود ۹۰ درصد است و بنابراین نسبت به دو پارامتر مقاومتی دیگر وضعیت بهتری را از خود نشان می‌دهد. پارامتر سلامت شیمیایی در برابر محلول سولفات و نیز پارامترهای دوام‌داری سایش لس‌آنجلس و ارزش ضربه‌ای که به ترتیب پایداری مصالح در برابر سایش و ضربه را نشان می‌دهند، نسبت به همه پارامترهای مطرح شده قبل، وضعیت بسیار مناسبتری دارند و تقریباً تمام مصالح مورد آزمایش از نظر آیین‌نامه، مقاومت قابل قبولی در برابر عوامل اصلی شیمیایی و فیزیکی زوال یعنی هوازدگی نمک، سایش و ضربه دارند و در نتیجه دوام مورد انتظار را خواهند داشت. همچنین افزایش درصد نمونه‌های قابل قبول پس از قرار گرفتن آنها در شرایط بهره‌برداری در اینجا نیز به چشم می‌خورد.

جدول ۷- مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موج‌شکنها و معادن با دیدگاه آیین نامه بریتانیا

آزمایش	معیار مناسب بودن سنگ	درصد نمونه‌های مورد قبول (موج‌شکن)	درصد نمونه‌های مورد قبول (معدن)
چگالی	>۲/۶	۲۳/۹۱	۰
جذب آب (٪)	<۳	۶۵/۲۲	۵۵/۵۶
ارزش ضربه سنگدانه‌ها (AIV) (٪)	<۳۰	۱۰۰	۱۰۰
سلامت سولفات منیزیم (٪)	<۱۸	۱۰۰	۱۰۰
مقاومت تک محوری (UCS) (MPa)	>۱۰۰	۶۱/۲۹	۵۰/۰۰
شاخص بار نقطه‌ای ($I_{S(50)}$)	>۴	۸۹/۷۴	۸۸/۸۹
مقاومت کششی برزیلی (MPa)	>۱۰	۴۳/۳۳	۶۲/۷۵
سایش لس آنجلس (٪)	<۳۵	۱۰۰	۸۸/۸۹

دو ضابطه نیز از آیین نامه NEN 5180 مربوط به کشور هلند برای انتخاب سنگ مناسب در لایه آرمور در جدول (۸) آورده شده است[۱۲]. با مراجعه به این جدول مشاهده می‌شود که عدم کسب حداقل دانسیته پیشنهادی این آیین‌نامه، همچنان باعث از رده خارج شدن بیش از ۵۰ درصد مصالح می‌گردد در حالی که تمام نمونه‌های برداشت شده از موج‌شکنها و معادن از لحاظ مقاومت ضربه‌ای که فاکتور تعیین کننده‌ای در دوام سنگ در برابر پدیده‌های فیزیکی زوال است، مورد قبول این آیین‌نامه هستند.

جدول ۸- مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موج‌شکنها و معادن بر اساس آیین نامه هلند

آزمایش	معیار مناسب بودن سنگ	درصد نمونه‌های مورد قبول (موج‌شکن)	درصد نمونه‌های مورد قبول (معدن)
چگالی خشک	>۲/۵	۴۳/۴۸	۲۲/۲۳
ارزش ضربه (AIV) (٪)	<۴۰	۱۰۰	۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

والکینگ[1] (۱۹۹۷)، برای تشخیص مناسب بودن سنگهای لایه آرمور ارقام ذکر شده در جدول (۹) را به عنوان معیار ارائه داد [۱۳]. پول و فوکس[2] (۱۹۸۴) نیز شاخصهای ارائه شده در جدول (۱۰) را پیشنهاد نمودند [۱۲]. در این دو مورد نیز همانند معیارهای قبل مشاهده می‌شود که درصد کمی از مصالح مورد آزمایش از نظر پارامتر فیزیکی دانسیته، مناسب جهت استفاده هستند. همچنین درصد جذب آب به عنوان دومین پارامتر دارای درصد قبولی پایین، مطرح می‌باشد. اما تقریباً تمام مصالح مورد آزمایش، سلامت شیمیایی و مقاومت ضربه‌ای قابل قبول دارند.

جدول ۹- مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موج‌شکنها و معادن با معیار والکینگ

آزمایش	معیار مناسب بودن سنگ	درصد نمونه‌های مورد قبول (موج‌شکن)	درصد نمونه‌های مورد قبول (معدن)
سلامت سولفات منیزیم (٪)	<۱۸	۱۰۰	۱۰۰
جذب آب (٪)	<۳	۶۵/۲۱	۵۵/۵۶
وزن مخصوص(t/m^3)	>۲/۶	۲۳/۹۱	۰
ارزش ضربه AIV (٪)	<۳۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۱۰- مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موج‌شکنها و معادن با معیار پول و فوکس

آزمایش	معیار مناسب بودن سنگ	درصد نمونه‌های مورد قبول (موج‌شکن)	درصد نمونه‌های مورد قبول (معدن)
سلامت سولفات منیزیم (٪)	<۱۲	۱۰۰	۱۰۰
جذب آب (٪)	<۲/۵	۵۴/۳۵	۳۳/۳۳
وزن مخصوص(t/m^3)	>۲/۶	۲۳/۹۱	۰
ارزش ضربه AIV (٪)	<۱۶	۹۷/۰۶	۱۰۰

جدول (۱۱) معیارهای انتخاب سنگ مناسب از دیدگاه موریسون و لویس‌جلی[3] (۱۹۸۶) را نشان می‌دهد [۱۲]. با توجه به این جدول در می‌یابیم که بر اساس این معیار، تقریباً تمام نمونه‌های مورد آزمایش از نظر مقاومت سایشی و سلامت شیمیایی وضعیت مطلوب و قابل قبولی دارند؛ در حالی که درصد جذب آب همچنان به عنوان نقطه ضعف این سنگها مطرح می‌باشد.

جدول ۱۱ - مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موج‌شکنها و معادن با معیار موریسون و لویس‌جلی

آزمایش	معیار مناسب بودن سنگ	درصد نمونه‌های مورد قبول (موج‌شکن)	درصد نمونه‌های مورد قبول (معدن)
سلامت سولفات منیزیم (٪)	<۵	۹۶/۴۳	۱۰۰
جذب آب (٪)	<۲	۵۰/۰۰	۱۱/۱۱
سایش لس آنجلس (٪)	<۴۵	۱۰۰	۱۰۰

جدول (۱۲) معیار پیشنهادی نیکودل (۱۳۶۹) را نشان می‌دهد که به صورت یک سیستم امتیازدهی می‌باشد. این سیستم امتیازدهی از ۷ پارامتر مختلف جهت تعیین کیفیت سنگ استفاده شده و سنگها در محدوده‌های بسیار ضعیف تا عالی تقسیم بندی شده‌اند. در این معیار، پارامترهای در نظر گرفته شده برای ارزیابی سنگ، وزن‌دهی شده‌اند و هر یک بخشی از ۱۰۰ امتیاز کل را به خود اختصاص داده‌اند [۲].

[1] Walking
[2] Pool & Fooks
[3] Morrison & Louisjlee

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۲ - معیار امتیازدهی نیکودل

خصوصیت	رده				
	عالی	خوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف
دانسیته خشک	>2.7	2.5 – 2.7	2.3 – 2.5	2.1 – 2.3	< 2.1
امتیاز	10	8	6	4	2
جذب آب (٪)	< 1	1 – 2.5	2.5 - 4	4 - 6	> 6
امتیاز	13	10	8	4	2
اندیس بار نقطه‌ای (MPa)	> 10	7.5 - 10	5 – 7.5	2.5 - 5	< 2.5
امتیاز	15	12	9	6	2
ارزش ضربه (٪)	< 10	10 - 13	13 - 15	15 - 18	> 18
امتیاز	12	10	6	2	1
افت وزنی در سولفات (۵ سیکل) (٪)	< 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	> 5
امتیاز	15	13	10	6	2
افت وزنی در سایش لس آنجلس (٪)	< 10	10 - 14	14 - 18	18 - 24	> 24
امتیاز	15	12	9	5	2
مطالعات سنگ شناسی	سنگ آذرین متراکم و یکنواخت، فاقد نقاط ضعف	سنگ آذرین متراکم و تقریباً یکنواخت، فاقد هوازدگی یا هوازدگی مختصری در مقطع میکروسکوپی	سنگ آذرین نسبتاً متراکم، سنگهای رسوبی سخت با اندکی هوازدگی قابل مشاهده	سنگ تقریباً متراکم، سنگهای رسوبی سخت با هوازدگی قابل ملاحظه، وجود کانیهای قابل حل	سنگ کاملا هوازده، وجود کانیهای قابل حل بیش از ۱۰ درصد، تخلخل بیش از ۱۵ درصد
امتیاز	20	15	12	8	4
جمع امتیازات	100	80	60	35	15

توصیف رده	عالی	خوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف
امتیاز رده	90-100	75 - 90	55 - 75	25- 55	< 25

در جدول (۱۳) وضعیت سنگهای آذرین معادن و موج‌شکنهای سواحل جنوبی، بر اساس هر یک از شاخصهای مورد استفاده در این معیار به تفکیک مشخص شده است. همان طور که انتظار می‌رود در مورد پارامتر سلامت سولفات، بیش از ۹۰ درصد مصالح مورد آزمایش در محدوده‌های عالی و خوب قرار گرفته‌اند. اگر پارامتر سلامت سولفات که متناظر با زوال شیمیایی سنگ است را کنار بگذاریم، دومین پارامتر که نسبت به سایرین وضعیت بهتری دارد، مقاومت ضربه‌ای مصالح است که متناظر با زوال فیزیکی سنگ می‌باشد و بر اساس آن تمام نمونه‌های برداشت شده از معادن و بیش از ۸۰ درصد نمونه‌های موج‌شکنها در گروههای عالی و خوب دسته‌بندی شده‌اند.

www.SID.ir

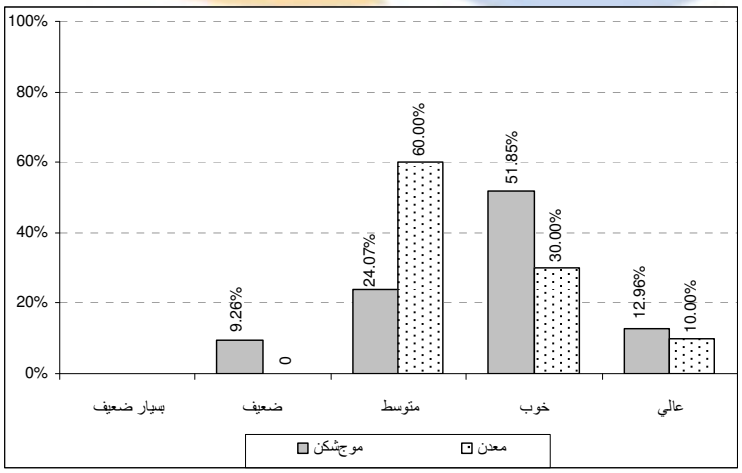
Archive of SID

جدول ۱۳ - مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موج‌شکنها و معادن با معیار نیکودل (بر اساس هر یک از شاخصها)

خصوصیت		درصد نمونه‌های مورد قبول بر اساس هر شاخص				
		عالی	خوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف
دانسیته خشک	موج‌شکن	۱۹/۵۷	۲۳/۹۱	۳۴/۷۸	۱۹/۵۷	۲/۱۷
	معدن	۰	۲۲/۲۲	۳۳/۳۳	۴۴/۴۴	۰
جذب آب	موج‌شکن	۲۶/۰۹	۲۸/۲۶	۲۳/۹۱	۱۰/۸۷	۱۰/۸۷
	معدن	۰	۳۳/۳۳	۴۴/۴۴	۱۱/۱۱	۱۱/۱۱
اندیس بار نقطه ای	موج‌شکن	۲۰/۵۱	۳۸/۴۶	۲۳/۰۸	۱۵/۳۸	۲/۵۶
	معدن	۳۳/۳۳	۳۳/۳۳	۱۱/۱۱	۲۲/۲۲	۰
ارزش ضربه	موج‌شکن	۶۴/۷۱	۲۳/۵۳	۸/۸۲	۲/۹۴	۰
	معدن	۶۶/۶۷	۳۳/۳۳	۰	۰	۰
افت وزنی در سولفات (۵ سیکل)	موج‌شکن	۷۵/۰۰	۲۱/۴۳	۰	۰	۳/۵۷
	معدن	۶۶/۶۷	۰	۳۳/۳۳	۰	۰
افت وزنی در سایش لس آنجلس	موج‌شکن	۵/۰۰	۲۵/۰۰	۴۰/۰۰	۲۵/۰۰	۵/۰۰
	معدن	۲۲/۲۲	۲۲/۲۲	۱۱/۱۱	۳۳/۳۳	۱۱/۱۱
مطالعات سنگ شناسی	موج‌شکن	۴۴/۴۴	۴۶/۳۰	۹/۲۶	۰	۰
	معدن	۷۰	۳۰	۰	۰	۰

از سوی دیگر چنانچه مصالح رده‌های ضعیف و بسیار ضعیف را کاملاً غیرقابل استفاده و مصالح رده متوسط را در شرایط مرزی و برای انتخاب، علی‌السویه در نظر بگیریم، در این صورت پارامتر افت وزنی در آزمایش سایش لس‌آنجلس نامناسبترین وضعیت را در بین تمام پارامترها دارد؛ به طوری که بر اساس این پارامتر، ۳۰ درصد نمونه‌های موج‌شکنها مردود و ۴۰ درصد آنها در رده متوسط قرار گرفته‌اند و توزیع نمونه‌ها در این ۵ رده به توزیع نرمال نزدیک شده است. در مورد نمونه‌های مربوط به معادن وضعیت از این هم نامساعدتر است و درصد نمونه‌های غیرقابل قبول از ۳۰ درصد به حدود ۴۵ درصد افزایش پیدا کرده است.

شکل (۱) وضعیت سنگهای آهکی را با در نظر گرفتن تمام شاخصهای ارائه شده در معیار نیکودل به صورت همزمان و لحاظ کردن مجموع امتیاز مربوط به این شاخصها نشان می‌دهد.



شکل ۱ - مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موج‌شکنها و معادن با معیار نیکودل (بر اساس همه شاخصها)

www.SID.ir

Archive of SID

همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود چنانچه مجموع امتیازها مدنظر قرار گیرد، هیچ نمونه‌ای در محدوده بسیار ضعیف قرار نگرفته و بیش از ۶۰ درصد نمونه‌های موج‌شکنها و ۴۰ درصد نمونه‌های معادن در محدوده‌های عالی و خوب جای خواهند گرفت. همچنین بیشترین درصد نمونه‌های معادن (۶۰ درصد) در رده متوسط و بیشترین درصد نمونه‌های برداشت شده از موج‌شکنها (۵۲ درصد) در رده خوب دسته‌بندی می‌شوند که این امر تأیید دیگری است بر افزایش سلامت و دوام سنگهای آذرین پس از قرارگیری آنها در شرایط بهره‌برداری.

جلالی و همکاران (۱۳۷۶) با توجه به آزمایشهای انجام شده بر روی سنگهای آذرین کوه گچین در غرب بندرعباس که تامین کننده مصالح سنگی موج‌شکنهای بندر کشتی‌سازی خلیج فارس بوده، معیارهای جدول (۱۴) را برای ارزیابی کیفیت این سنگها ارائه داده‌اند. همان طور که از این جدول مشاهده می‌شود پارامترهای دوام‌داری ارزش ضربه و سایش لس‌آنجلس و نیز پارامتر مقاومتی شاخص بار نقطه‌ای در مورد بیش از ۷۰ درصد نمونه‌ها مورد قبول این معیار می‌باشد. در مورد مشخصات فیزیکی نیز هرچند جذب آب درصد بالایی از نمونه‌ها مورد تأیید است ولی از نظر پارامتر وزن مخصوص وضعیت نامناسبی را شاهد هستیم و بیش از ۶۵ درصد نمونه‌های موج‌شکن و تقریباً تمام نمونه‌های معادن حد نصاب لازم را کسب نکرده‌اند.

جدول ١٤ – مقایسه وضعیت سنگهای آذرین مربوط به موج‌شکنها و معادن با معیار جلالی و همکاران

آزمایش	معیار مناسب بودن سنگ	درصد نمونه‌های مورد قبول (موج‌شکن)	درصد نمونه‌های مورد قبول (معدن)
سایش لس‌آنجلس (٪)	<۱۸	۷۰/۰۰	۵۵/۵۶
جذب آب (٪)	<۳	۶۵/۲۲	۵۵/۵۶
ارزش ضربه AIV (٪)	<۱۲	۷۹/۴۱	۱۰۰
شاخص بار نقطه‌ای ($I_{S(50)}$) (MPa)	>۶	۷۱/۷۹	۶۶/۶۷
وزن مخصوص(t/m^3)	>۲/۵۵	۳۴/۷۸	۰

ارزیابی کیفیت سنگهای آذرین بر اساس مشاهدات میدانی به عمل آمده

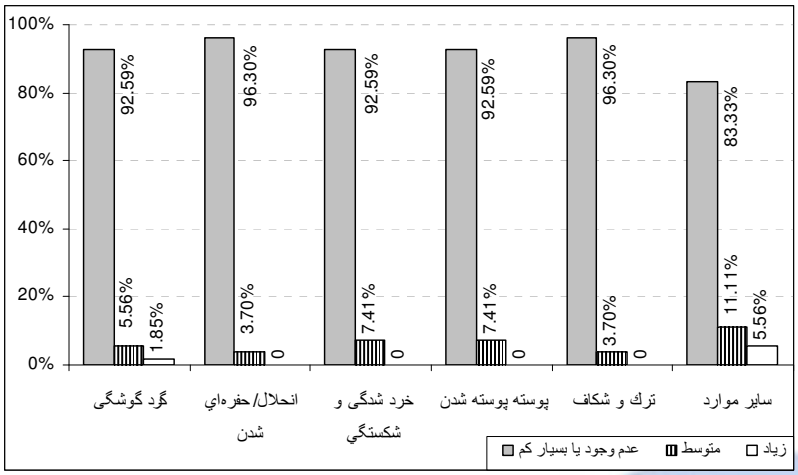
در بخش قبل تنها نتایج آزمایشهای انجام شده بر روی نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه، مدنظر قرار گرفت و بر همین اساس وضعیت سنگهای آذرین مورد استفاده در موج‌شکنهای جنوب کشور از دیدگاه محققین و آیین‌نامه‌های مختلف مطالعه و بررسی شد. در این بررسی مشخص شد که سنگهای آذرین مورد آزمایش، از نظر پارامترهای سلامت شیمیایی و مقاومت سایشی و ضربه‌ای از وضعیت بسیار خوبی برخوردارند؛ اما در عین حال بیش از نیمی از آنها حد نصاب لازم را در مورد پارامترهای فیزیکی و مقاومتی کسب نکردند و چنانچه همه شاخصهای مطرح شده در هر یک از معیارهای ارزیابی را به صورت همزمان در نظر بگیریم، متوجه می‌شویم که درصد قابل توجهی از این سنگها قابلیت استفاده در سازه موج‌شکن را پیدا نخواهند کرد و در صورت استفاده، باید فرسایش سنگ و اثرات منفی آن را انتظار داشت. در حالی که مشاهدات میدانی به عمل آمده خلاف این مطلب را ثابت می‌کند.

همانطور که قبلاً گفته شد هنگام نمونه‌برداری از موج‌شکنها، مشخصات ظاهری مربوط به هر نمونه ثبت شده است. بر اساس این مشاهدات، انواع مختلف فرسایش شامل گردگوشگی، انحلال و حفره حفره شدن، تورق و پوسته پوسته شدن، خردشدگی و شکستگی و در نهایت ترک و شکاف در نظر گرفته شده و هر نمونه مربوط به موج‌شکن از نظر میزان فرسایش در یکی از سه گروه کم، متوسط و زیاد دسته‌بندی شده است. بر اساس این دسته‌بندی، می‌توان درصد نمونه‌های قرار گرفته در هر یک از این گروههای سه گانه را به صورتی که در شکل (۲) نشان داده شده مشخص کرد.

همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود درصد بسیار پایینی از نمونه‌ها دچار فرسایش زیاد شده‌اند و بالای ۹۰ درصد نمونه‌های روی موج‌شکن، در شرایط بدون فرسایش یا فرسایش بسیار کم به سر می‌برند. از سوی دیگر همه انواع فرسایش ذکر شده در این شکل به میزان تقریباً یکسانی در بین نمونه‌های موج‌شکنها اتفاق افتاده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ – بررسی میزان فرسایش ظاهری در نمونه‌های موج‌شکن بر اساس مشاهدات میدانی

از سوی دیگر در بازدیدهای به عمل آمده، علاوه بر ثبت وضعیت ظاهری مربوط به هر نمونه بـه صـورت جداگانـه، هـر مـوج‌شـکن نیـز از نظـر مودهای خرابی به طور کلی مورد بررسی قرار گرفت. در این بازدیدها با در نظر گرفتن انواع خرابیهای پیش‌آمـده و بـا بررسـی مـستندات مطالعـاتی، طراحی و اجرایی، تحقیق از مردم محلی در مورد مشکلات و ناکارآمدیهای سازه و نیز منظور کردن دلایل ترمیم (چنانچه موج‌شکن ترمیم شده باشد) سعی گردید عوامل احتمالی این تخریبها مشخص شوند. دلایل مختلفی اعم از طراحی و یا اجرایی برای هر یک از انواع خرابی سـازه در نظـر گرفتـه شد و بر اساس شواهد و قرائن، مستندترین و محتمل‌ترین دلایل پیشنهاد شد. از آنجا که در این مقالـه در مـورد کیفیـت و مرغوبیـت مـصالح مـورد استفاده در موج‌شکنها بحث می‌شود، فقط خرابیهایی که به احتمال قوی از نامناسب بودن مصالح سنگی مورد استفاده ناشی شده‌اند، مدنظر قرار گرفته است.

بر این اساس چنانچه موج‌شکنهایی که در آنها از سنگهای آذرین به تنهایی یا در کنار مصالح سنگی آهکی استفاده شده است را در نظر بگیـریم، در هیچکدام نامرغوب بودن مصالح آذرین عامل تخریب، ناپایداری و یا ناکارآمدی موج‌شکن نبوده است. بعـلاوه در مـوج‌شـکنهایی کـه از سـنگهای آذرین به تنهایی در لایه آرمور استفاده شده مانند موج‌شکن بستانه و یا در موج‌شکنهایی که برای ترمیم آنها سنگهای آذرین مورد استفاده قرار گرفتـه مانند موج‌شکن حسینه، عملکرد کلی موج‌شکن بسیار خوب ارزیابی شده است.

بنابراین با وجود اینکه بر اساس برخی پارامترهای فیزیکی و یا مقاومتی در معیارهای ارزیابی موجود، درصد زیادی از سنگهای آذرین مورد بحـث، دوام لازم را جهت استفاده در موج‌شکن ندارند؛ اما وضعیت ظاهری این سنگها پس از سالها قرار گرفتن در معرض شرایط محیطی دریا و نیز عملکـرد مناسب موج‌شکنهای ساخته شده با این مصالح، بیانگر این مطلب است که تقریباً اکثر این سنگها علیرغم مشخصه‌های فیزیکی و مقاومتی پایین (بـر مبنای قضاوت معیارهای موجود)، وقتی در داخل آب و در شرایط بهره‌برداری قرار می‌گیرند عملکرد مناسبی از خود نشان می‌دهند.

بحث و نتیجه‌گیری

چنانچه نتایج آزمایشهای مکانیک سنگ انجام شده بر روی نمونه‌های آذرین مربوط به موج‌شکنهای جنوب کشور و معادن آنهـا را بـا معیارهـای ارزیابی متداول بین‌المللی (که توسط محققین و یا آیین‌نامه‌های مختلف پیشنهاد شده است) مقایسه کنیم، خواهیم دید کـه هرچنـد سـنگهای آذریـن منطقه از نظر مشخصه‌های فیزیکی (دانسیته و درصد جذب آب) و مقاومتی (اندیس بار نقطه‌ای، مقاومت کششی و مقاومت فشاری تک محوری)، در وضعیت بسیار مطلوبی قرار ندارند؛ ولی از لحاظ سلامت شیمیایی و پارامترهای دوام‌داری (ارزش ضربه، سایش لس‌آنجلـس و شـاخص دوام) شـرایط بسیار خوبی دارند. اختلاف فاحش درصد نمونه‌های مورد قبول بر اساس شاخصهای سلامت شیمیایی، سایش لس‌آنجلس و ارزش ضـربه، نـسبت بـه درصد نمونه‌های مورد قبول بر اساس سایر شاخصها که در اکثر قریب به اتفاق معیارهای موجود شاهد آن بودیم، گواه این مدعا می‌باشد.

از سوی دیگر مشاهدات میدانی به عمل آمده از وضعیت ظاهری نمونه‌ها و نیز سرویس‌دهی قابل قبول موج‌شکنهای احداث شده با این مصالح و عدم مشاهده تخریب یا ناکارآمدی سازه به دلیل زوال و فرسایش این مصالح در طول بیش از ۱۰ سال عمر مفید سـازه، مـا را متقاعـد مـی‌کنـد کـه نمی‌توان صرفاً بر اساس عدم کفایت مشخصه‌های فیزیکی و مقاومتی این سنگها از دیدگاه معیارهای متداول، حکم بـه نامناسـب بـودن آنهـا جهـت استفاده در سازه‌های ساحلی داد و بهتر است بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه و مطالعات مشابه و بهره‌گیری از تجربیات گذشـته در زمینـه

www.SID.ir

Archive of SID

طراحی موج‌شکنها و با تکیه بر عملکرد واقعی مصالح در سازه‌های احداث شده، معیار جدیدی برای ارزیابی کیفیت سنگهای آذرین به صورت بومی تدوین نمود.

فهرست مراجع

۱. جلالی، حسین؛ «اهمیت دوام سنگ در پایداری موج شکن های سنگریزه‌ای»، *اولین کنفرانس بین المللی بنادر وسازه های دریایی*، ۱۳۶۷.

۲. نیکودل، محمدرضا؛ «مطالعه معیارهای شناخت زوال پذیری سنگ»، *پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی*، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۶۹.

۳. یثربی، سید شهاب الدین؛ صفری، حجت الله؛ «بررسی معیارهای کنترل کیفیت سنگ در موج شکن ها با نگرشی ویژه به منطقه خلیج فارس و دریای عمان»، *سومین کنفرانس بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی*، ۱۳۷۷.

۴. حسنلی، حمید رضا؛. «ارزیابی عملکرد موج شکنهای توده سنگی سواحل شمالی خلیج فارس (استان بوشهر)»، *پایان نامه کارشناسی ارشد سازه های دریایی*، دانشکده فنی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۳.

۵. ناصحی، سید علیرضا؛ «تعیین معیارهای مناسب برای کاربرد سنگ در احداث سازه های دریایی جنوب شرق ایران (چابهار)»، *پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی*، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶.

۶. امانیان، مهدی؛ «پترولوژی سنگهای آذرین به کار رفته در موج شکن های استان هرمزگان»، *پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی*، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۴.

۷. توکلی، محسن؛ «انتخاب و استخراج سنگ مناسب برای احداث موج شکن بندر جاسک»، *پایان نامه کارشناسی ارشد معدن*، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ۱۳۶۶.

۸. جلالی، حسین؛ نیکودل، محمدرضا؛ ناصحی، سید علیرضا؛ «زوال و دوام مصالح سنگی در موج شکنهای منطقه چابهار»، *سومین کنفرانس بین المللی سواحل* بنادر و سازه های دریایی، ۱۳۷۷.

۹. امینی مزرعه‌نو، مصطفی، «بررسی عملکرد سنگ در موج‌شکنهای توده‌سنگی سواحل شمالی خلیج فارس»، *پایان نامه کارشناسی ارشد سازه های دریایی*، دانشکده فنی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۵.

10. ISRM, Suggested method for determining water content, porosity, density, absorption and related properties and swelling and slake durability index properties, Int. society for rock mechanics, 1972, p. 211.
11. 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.
12. CIRIA/CUR, *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*, Construction Industry Research and Information Association, London, 2000, CIRIA Spec Publ 83/CUR Report 154.
13. Fookes, P.G., Poole, A.B. "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, 1981, pp. 97-128.

www.SID.ir

Archive of SID

Igneous Rocks Used in Rock Mass Breakwaters of Southern Iran Based on Rock Quality Criteria

M. Mazraehno

M. Shafieefar

I. Rahmani

Abstract

Since huge amounts of materials are used in construction of breakwaters and other protective structures of coastal areas, rock is regarded as a fundamental material in such projects. The main reason for utilizing the rock is that it can reduce structure destruction risk as well as the overall cost of project implementation. Since rocks are resistant and durable, no invasive factors in maritime environment can overcome them. So, it is deemed reasonable to build breakwaters using the rock. This article seeks to have a review on a sizeable number of rock mass breakwaters in Persian Gulf as well as to conduct an analysis on physical and mechanical test results which have done on sample breakwaters and their quarries. Finally, the observations were matched with the same samples gathered from deserts in order to evaluate international criteria for rock quality based on rock structure of Iranian southern coasts. A criterion that best matches to the rocks used in coastal structures will be the best one.

Keywords*: materials, breakwaters, rock, rocks*

www.SID.ir