هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران
دانشگاه صنعتی شاهرود، شهریور ۱۳۹۰

ارزیابی ارتباط بین ویژگی های فیزیکی و دوام داری سنگ های مصرفی در موج شکن جدید بندر انزلی

وحیده توحیدی
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی، گروه زمین شناسی داشکده علوم پایه، مشهد
محمد غفوری
عضو هیأت علمی دانشگاه فردوسی، گروه زمین شناسی دانشکده علوم پایه، مشهد
غلامرضا لشکری پور
عضو هیأت علمی دانشگاه فردوسی، گروه زمین شناسی دانشکده علوم پایه، مشهد
محمدرضا نیکودل
عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس، گروه زمین شناسی داشکده علوم پایه، تهران

چکیده

بررسی ویژگی های سنگ های مصرفی در سازه های دریایی به دلیل عدم امکان بازسازی آن ها از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. بنابراین ارزیابی ویژگی های مهندسی آن ها از اصول اولیه کار است. در این راستا ارزیابی ویژگی های فیزیکی نقش مهمی دارند. در این تحقیق ارتباط بین خصوصیات فیزیکی و میزان دوام داری سنگ های استخراج شده از ۱۱ معدن جهت کاربرد در موج شکن جدید بندر انزلی بررسی شده است. بدین منظور از سنگ های دپو شده در بدنه ی موج شکن و همچنین از دو معدن تأمین کننده ی سنگ برای موج شکن نمونه برداری صورت گرفت. آزمایشات تعیین خواص فیزیکی شامل دانسیته و وزن مخصوص، جذب آب و تخلخل بر روی نمونه ها صورت گرفت. همچنین به منظور تعیین شاخص دوام، آزمایش تعیین شاخص دوام وارفتگی در ۱۵ سیکل بر روی نمونه ها انجام شد. در نهایت مشخص شد که هرچه سنگ خواص فیزیکی بهتری داشته باشد، دوام داری آن افزایش می یابد.

کلمات کلیدی: مصالح سنگی، ویژگی های فیزیکی، دوام داری، موج شکن جدید بندر انزلی

The Evaluation of relationships between physical properties and durability of rocks used in new breakwater of port of Anzali

V.Tohidi
MS student of Ferdowsi University of Mashhad
M.Ghafoori
Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad
Gh.R.Lashkaripoor
Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad
M.R.Nikudel
Department of Geology, Tarbiat Modarres University

Abstract: The investigation in properties of used rocks in marine structures has an important role, because there's no possibilities to reconstruction. Therefore, the evaluation of their engineering

properties is one of the primary principles. To achieve this, the evaluation of physical properties has an important role. In this paper, the relationship between physical properties and durability of rocks quarried from 11 mines, have been studied. In order to this, sampling has been made from stockpile in the breakwater and 2 resource mines. The determination tests for physical properties include density, specific gravity, water absorption and porosity have been made. Also, to determine the durability index, the Slake Durability test has been made in 15 cycles. Finally it is found that better physical properties result in more durability index.

Keywords: Rock aggregates, Physical properties, Slake durability, New breakwater of Anzali port

۱ مقدمه

سنگ، یکی از مصالح اصلی مورد استفاده در ساخت موج شکن ها می باشد که آن را از هسته تا آرمور در مراحل و لایه های مختلف با دانه بندی های متفاوت مصرف می کنند. شفیعی فر و همکاران(۱۳۸۸) دوام سنگ را به عنوان پایداری یک سنگ جهت حفظ خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خود در سرویس دهی فنی تعریف می کنند. Latham et al.(2006) معتقدند که در واقع دوام، تعادلی بین مقاومت ذاتی مصالح و پیشروی نیروهای تأثیر گذار در طول زمان سرویس دهی است. به عقیده ی امانیان و همکاران(۱۳۸۷) مقاومت ذاتی مصالح تابع خواص و ویژگی های آن است. این ویژگی ها عبارتند از ترکیب کانی شناسی و بافت، صفحات ضعف، شکستگی های داخل سنگ، درجه ی آلتراسیون کانی ها، اندازه ی دانه، شکل دانه، دانسیته ی فشردگی سنگ، درجه ی درهم شدگی، نوع کنتاکت ها و میزان و نوع سیمان یا خمیره(در صورت موجود بودن). یکی از راه های بررسی تأثیر این ویژگی ها بر روی دوام سنگ، آزمایش های تعیین خواص فیزیکی است. چرا که خواص فیزیکی، یعنی دانسیته و وزن مخصوص، جذب آب و تخلخل سنگ، خود تابعی از ویژگی های ذاتی سنگ است. هرچه سنگ خواص فیزیکی بهتری داشته باشد، دوام داری آن نیز افزایش می یابد.

پایداری سازه موج شکن، مشروط به سکون و پایدار ماندن قطعات سنگی در محل قرار گیری آن هاست. از جمله عوامل پایداری سنگ ها در لایه ی آرمور، داشتن وزن مخصوص بالاست(شفیعی فر و همکاران، ۱۳۸۸). وزن مخصوص پایین می تواند نشانگر درز و شکاف و تخلخل بیشتر و هوازدگی شدیدتر باشد. همچنین تخلخل و جذب آب بیشتر، باعث تشدید عملکرد عوامل هوازدگی می شود.

یک شاخص بسیار مناسب برای نشان دادن حساسیت سنگ در مقابل تر و خشک شدن متوالی و تأثیرات شیمیایی آب، شاخص دوام وارفتگی است که روش تعیین آن توسط فرانکلین و چاندرا در سال ۱۹۷۲ ارائه گردید و در واقع مقاومت سنگ در برابر فرآیند تر و خشک شدن را نشان می دهد. هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، میزان فرسایش، انحلال و خرد شدن سنگ در برابر هوازدگی کمتر است. انجام این آزمایش روی سنگ هایی که در بدنه یا کرانه های سنگ قرار می گیرند و یا سنگ های مصرفی در ساخت موج شکن ها الزامی است. یکی از شاخص هایی که برای رده بندی سنگ ها مورد استفاده قرار می گیرد، شاخص دوام داری گمبل(۱۹۷۱) است(فهیمی فر و سروش، ۱۳۸۰). در این تحقیق نیز از این شاخص استفاده شده است.

۲ منطقه ی مورد مطالعه

بندر انزلی از بنادر مهم و استراتژیک شمال ایران به شمار می رود که از اهمیت ویژه ای در منطقه برخوردار است. پروژه ای تحت عنوان توسعه ی بخش دریایی بندر انزلی شامل احداث موج شکن جدید(شرقی) و اطاله ی موج شکن غربی در دست اجراست. بندر انزلی در ۴۹ درجه و ۲۸ دقیقه ی طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه ی عرض شمالی، در حاشیه ی شهرستان انزلی و در واقع در بخش غربی کرانه ی جنوبی دریای خزر، در کم ارتفاع ترین منطقه ی جلگه ی وسیع گیلان واقع شده است. شهرستان انزلی از شمال به دریای خزر و از

جنوب به تالاب انزلی ختم می شود. بازوهای موج شکن انزلی در طرفین خروجی تالاب انزلی واقع شده و در حقیقت هر کدام در یک طرف از شهر احداث می گردند(مهندسین مشاور سازه پردازی ایران، ۱۳۸۷).

۲-۱ منطقه ی نمونه برداری

سنگ های مورد استفاده در این موج شکن از معادن مختلفی تهیه شده اند. از جمله معادن رودبار، لوشان و اردبیل، که قسمت اعظم این معادن دربردارنده ی سنگ های آذرین و دو نمونه نیز سنگ های رسوبی هستند. محل و نام معدن، نام سنگ و محل نمونه گیری در جدول شماره ی (۱) ارائه شده است.

جدول۱- معرفی معادن و محل نمونه گیری

ردیف	شماره نمونه	نام معدن	محل معدن	نام سنگ	محل نمونه گیری
۱	۱	چگینی	لوشان	هیالوآندزیت	بازوی شرقی موج شکن
۲	۲	فکوری	لوشان	آندزیت	بازوی شرقی موج شکن
۳	۳	شهسواری	لوشان	هیالوآندزیت پورفیری	بازوی شرقی موج شکن
۴	۴	نمین	اردبیل	توف آندزیت	بازوی شرقی موج شکن
5	۶	کلار	اردبیل	آندزیت	بازوی شرقی موج شکن
۶	۷	اندبیل	خلخال	آندزیت	بازوی شرقی موج شکن
۷	۸	سنج بدله	خلخال	آندزیت	بازوی شرقی موج شکن
۸	۹	ایثارگران	رودبار	تراکی آندزیت	معدن ایثارگران
۹	۱۰	پرهام	لوشان	تراکی آندزیت	معدن پرهام
۱۰	۱۳	آهک مارنی	اردبیل	بایومیکرایت	بازوی غربی موج شکن
۱۱	۱۴	آهک نمین	اردبیل	بایو پل اسپارایت	بازوی غربی موج شکن

۳ بررسی خصوصیات فیزیکی و دوام داری

بررسی ویژگی های فیزیکی و دوام داری سنگ، با استفاده از آزمایشات زیر بر روی ۱۱ نمونه از سنگ های معادن مختلف صورت گرفته است. این آزمایشات شامل موارد زیر هستند:

- آزمایش تعیین دانسیته خشک و اشباع(ISRM)
- آزمایش تعیین وزن مخصوص(ISRM)
- آزمایش تعیین میزان تخلخل(ISRM)
- آزمایش تعیین شاخص دوام(ASTM D 4644)

در تعیین شاخص دوام از دستگاه تعیین شاخص دوام وارفتگی با دو استوانه استفاده شده است.

در جدول شماره ی (۲) مقادیر بدست آمده از آزمایشات تعیین خواص فیزیکی بر روی نمونه ها ارائه شده است.

جدول۲- خصوصیات فیزیکی نمونه ها

ردیف	شماره نمونه	γ_d	γ_{sat}	G_s	جذب آب (٪)	تخلخل (٪)
۱	۱	۲.۴۲	۲.۴۴	۲.۴۷	۱.۸۶	۳.۷۶
۲	۲	۲.۴۸	۲.۵۰	۲.۵۰	۰.۷۸	۱.۵۰
۳	۳	۲.۴۰	۲.۴۱	۲.۴۴	۰.۷۴	۱.۷۷
۴	۴	۲.۴۴	۲.۴۷	۲.۴۶	۲.۸۱	۵.۸۲
۵	۶	۲.۳۲	۲.۳۴	۲.۳۷	۲.۴۰	۴.۹۸
۶	۷	۲.۴۳	۲.۴۶	۲.۵۰	۳.۰۸	۶.۴۷
۷	۸	۲.۴۱	۲.۴۳	۲.۴۵	۱.۱۶	۲.۳۸
۸	۹	۲.۴۰	۲.۴۴	۲.۴۸	۳.۳۴	۷.۰۳
۹	۱۰	۲.۴۶	۲.۴۷	۲.۴۶	۰.۵۰	۰.۹۰
۱۰	۱۳	۲.۴۳	۲.۴۴	۲.۴۴	۰.۴۴	۰.۸۳
۱۱	۱۴	۲.۴۵	۲.۴۶	۲.۴۵	۰.۲۱	۰.۴۱

در جدول شماره ی (۳)، شاخص دوام داری نمونه ها ارائه شده است. در بخش بعد، به رده بندی سنگ ها بر اساس شاخص گمبل(Gamble,1971) و ارتباط بین شاخص دوام و خصوصیات فیزیکی پرداخته شده است.

جدول ۳- شاخص دوام داری نمونه ها در سیکل های مختلف

ردیف	شماره نمونه	شاخص دوام سیکل۱ (٪)	شاخص دوام سیکل۲ (٪)	شاخص دوام سیکل۵ (٪)	شاخص دوام سیکل۱۰(٪)	شاخص دوام سیکل۱۵ (٪)
۱	۱	۹۹.۵۲	۹۹.۲۶	۹۹.۰۱	۹۸.۸۹	۹۸.۴۷
۲	۲	۹۹.۸۰	۹۹.۵۸	۹۹.۴۴	۹۹.۱۵	۹۸.۷۳
۳	۳	۹۹.۵۴	۹۹.۳۸	۹۸.۸۹	۹۸.۷۹	۹۸.۶۱
۴	۴	۹۹.۳۵	۹۹.۱۱	۹۷.۹۹	۹۷.۳۰	۹۶.۵۲
۵	۶	۹۹	۹۷.۹۸	۹۶.۳۳	۹۴.۷۶	۹۳.۴۱
۶	۷	۹۹.۴۸	۹۹.۳۴	۹۷.۹۴	۹۶.۹۰	۹۵.۷۰
۷	۸	۹۹.۴۸	۹۹.۰۸	۹۸.۳۰	۹۷.۰۴	۹۶.۰۵
۸	۹	۹۹.۶۰	۹۹.۴۰	۹۸.۳۸	۹۷.۸۴	۹۷.۲۱
۹	۱۰	۹۹.۷۱	۹۹.۳۱	۹۹.۰۴	۹۸.۸۴	۹۸.۴۸
۱۰	۱۳	۹۹.۷۷	۹۹.۴۴	۹۹.۱۷	۹۸.۸۸	۹۸.۵۹
۱۱	۱۴	۹۹.۴۳	۹۹.۱۵	۹۸.۷۶	۹۸.۱۶	۹۷.۶۱

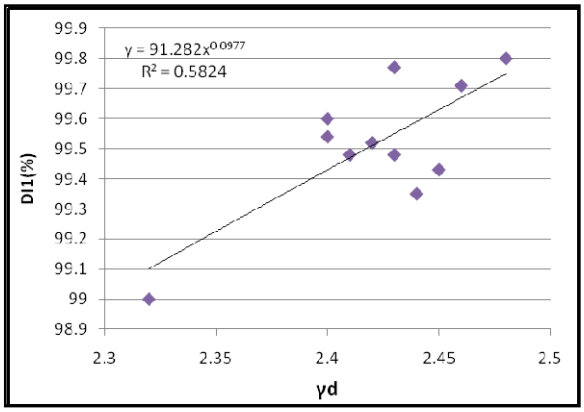
شاخص دوام وارفتگی در سیکل دوم، از جمله شاخص هایی است که برای رده بندی سنگ ها مورد استفاده قرار می گیرد. Franklin & Chandra, 1972 نیز سنگ ها را بر اساس شاخص دوام در سیکل اول رده بندی نمودند. هر دوی این رده بندی ها در جدول شماره ی (۴) ارائه شده است.

جدول ۴- رده بندی سنگ ها بر اساس شاخص دوام وارفتگی سیکل اول فرانکلین و چاندرا(۱۹۷۲) و سیکل دوم گمبل(۱۹۷۱)

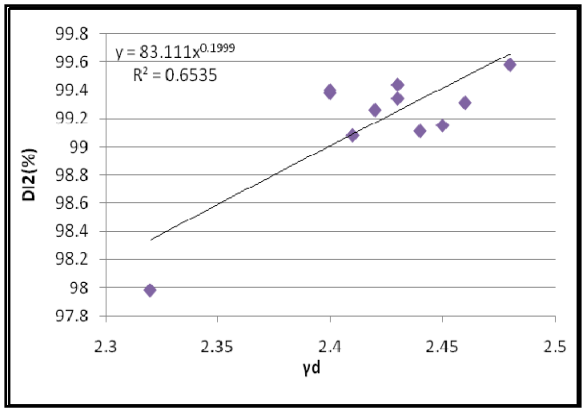
شاخص دوام وارفتگی سیکل اول فرانکلین و چاندرا(٪)	رده بندی	شاخص دوام وارفتگی سیکل دوم گمبل(٪)	رده بندی
۰-۲۵	خیلی ضعیف	۰-۳۰	خیلی ضعیف
۲۵-۵۰	ضعیف	۳۰-۶۰	ضعیف
۵۰-۷۵	متوسط	۶۰-۸۵	متوسط
۷۵-۹۰	مقاوم	۸۵-۹۵	کمی مقاوم
۹۰-۹۵	خیلی مقاوم	۹۵-۹۸	مقاوم
۹۵-۱۰۰	شدیداً مقاوم	۹۸-۱۰۰	خیلی مقاوم

۴ بررسی نتایج و ارتباط بین پارامترهای مختلف

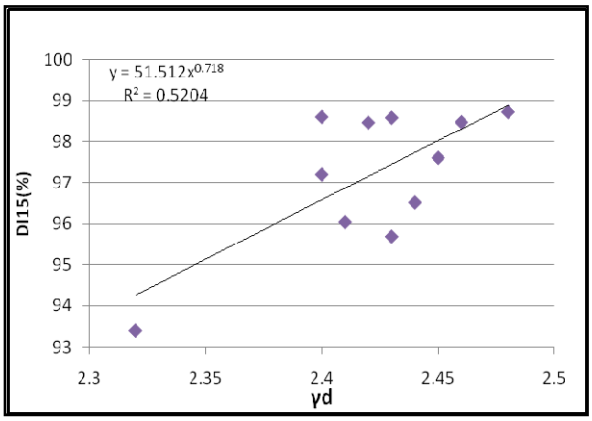
در شکل شماره ی (۱)، ارتباط دانسیته ی خشک(γ_d) و شاخص دوام در سیکل های اول، دوم و پانزدهم و در شکل شماره ی (۲)، ارتباط بین وزن مخصوص(G_s) و شاخص دوام در سیکل های ذکر شده ارائه شده است.



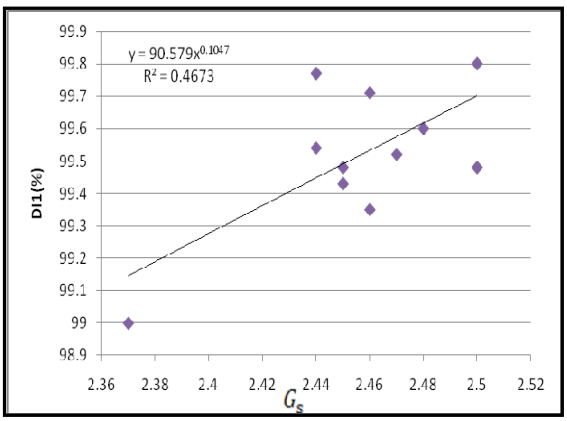
شکل ۱- الف) ارتباط بین دانسیته خشک و شاخص دوام در سیکل ۱



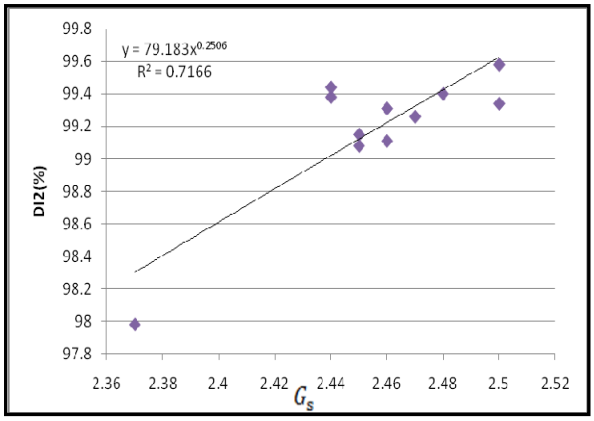
شکل ۱-ب) ارتباط بین دانسیته خشک و شاخص دوام در سیکل ۲



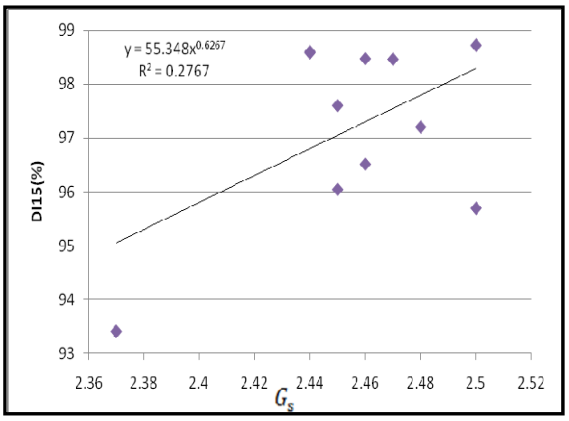
شکل ۱-ج) ارتباط بین دانسیته خشک و شاخص دوام در سیکل ۱۵



شکل ۲-الف) ارتباط بین وزن مخصوص و شاخص دوام در سیکل ۱



شکل ۲-ب) ارتباط بین وزن مخصوص و شاخص دوام در سیکل ۲



شکل ۲-ج) ارتباط بین وزن مخصوص و شاخص دوام در سیکل ۱۵

طبق طبقه بندی فرانکلین و چاندرا که بر اساس شاخص دوام در سیکل اول صورت می گیرد، تمامی نمونه ها در رده ی شدیداً مقاوم قرار می گیرند. طبق طبقه بندی گمبل، تمام نمونه ها به جز نمونه ی شماره ی ۶، در رده ی خیلی مقاوم قرار دارند و نمونه ی شماره ی ۶ در رده ی مقاوم قرار می گیرد. اگر انتخاب سنگ ها از نظر دوام برای موج شکن، تنها بر اساس سیکل اول و دوم صورت بگیرد، در طول زمان سرویس دهی، ممکن است کارایی مورد نظر را نداشته باشند. وقتی آزمایش دوام وارفتگی، تا سیکل پانزدهم ادامه می یابد، مشاهده می شود که برخی نمونه ها از رده ی خیلی مقاوم خارج شده و در رده ی مقاوم یا حتی کمی مقاوم قرار می گیرند؛ مانند نمونه ی شماره ۶ و ۷. که ممکن است در مورد سنگ هایی با ویژگی های سنگ شناسی دیگر، این اختلاف بیشتر نیز باشد. اما از آنجا که انجام ۱۵ سیکل آزمایش برای نمونه های مختلف، زمان بر و در بسیاری از مواقع، با توجه به نتایج حاصله، غیر ضروری است، می توان فاکتورهای دیگری را به صورت موازی با آزمایش شاخص دوام وارفتگی بررسی کرد. از جمله ی این فاکتورها، ویژگی های فیزیکی نمونه ها، به ویژه وزن مخصوص و جذب آب است.

نمونه ی شماره ی ۶، که کمترین وزن مخصوص را داراست و جذب آب و تخلخل بالایی را نشان می دهد، بیشترین کاهش وزن را نیز در پایان سیکل پانزدهم داراست(DI_{15}=93/41). این در حالی است که طبق رده بندی گمبل در سیکل دوم، در رده ی مقاوم قرار می گیرد. اما نمونه های شماره ی ۱، ۲، ۳، ۱۰ و ۱۳، بعد از ۱۵ سیکل نیز همچنان در رده ی خیلی مقاوم قرار می گیرند. وقتی وزن مخصوص و جذب آب این نمونه ها را به طور همزمان در نظر بگیریم، مشاهده می کنیم که این نمونه ها وزن مخصوص نسبتاً بالایی داشته و جذب آب خیلی کمی دارند.

اگرچه ضریب همبستگی بین خصوصیات فیزیکی(مانند دانسیته خشک و وزن مخصوص) و شاخص دوام داری، در سیکل دوم بالاترین مقدار را دارد، اما با توجه به اینکه بعد از ۱۵ سیکل برخی نمونه ها از نظر رده بندی، جایگاه ضعیف تری را نسبت به سیکل دوم پیدا می کنند، بهتر است تعداد سیکل ها با توجه به خواص فیزیکی سنگ ها مشخص شود. بنابراین ارائه ی یک سیستم رده بندی که خواص فیزیکی و شاخص دوام داری سنگ را به طور همزمان در نظر بگیرد، می تواند نتایج مناسب تر و قابل اطمینان تری ارائه داده و از اتلاف وقت و هزینه نیز جلوگیری نماید.

۵ نتیجه گیری

- طبق رده بندی گمبل، تمام نمونه ها به جز یک مورد(نمونه ۶) در رده ی خیلی مقاوم قرار دارند.
- بعد از سیکل پانزدهم، برخی نمونه ها همچنان در رده ی خیلی مقاوم قرار گرفته ولی برخی دیگر رده ی پایین تری را نشان می دهند.
- وزن مخصوص و جذب آب از جمله خصوصیات فیزیکی مناسب برای بررسی همزمان با شاخص دوام وارفتگی سنگ ها برای رسیدگی به نتایج قابل اطمینان است.
- نمونه هایی که در پایان پانزده سیکل، کاهش وزنی بیشتری نشان می دهند، وزم مخصوص کمتر و جذب آب بیشتری دارند.
- برای ارائه ی یک سیستم رده بندی مناسب به منظور انتخاب سنگ، توجه به خصوصیات فیزیکی سنگ ها و شاخص دوام آن ها، می تواند سودمند باشد.

۶ مراجع

امانیان، مهدی، حافظی مقدس، ناصر، نیکودل، محمدرضا، شریفی تشنیزی، ابراهیم و مهدیزاده شهری، حسین، (۱۳۸۷). "ارزیابی خصوصیات مقاومتی و دوام داری سنگ های آذرین بر اساس اندازه ی دانه ها، مطالعه ی موردی موج شکن شهید رجایی".

فهیمی فر، احمد، سروش، حامد، (۱۳۸۰). " آزمایش های مکانیک سنگ، مبانی نظری و استانداردها"،مرکز نشر پرفسور حسابی.

شفیعی فر، مهدی، نیکودل، محمدرضا و حافظی مقدس، ناصر، (۱۳۸۸). " آیین نامه کاربرد سنگ در موج شکن ها و سازه های حفاظت"، وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش و تحقیقات فناوری، پژوهشکده ی حمل و نقل.

مهندسین مشاور سازه پردازی ایران، (۱۳۸۷). "پروژه احداث موج شکن های جدید بندر انزلی و ساخت دایک های لایروبی، گزارش منابع قرضه".

Franklin, J.A., and Chandra, R., (1972), “The Slake-Durability Test”, Int. J. Rock Mec. Min. Sci. Vol. 9, pp. 325-341.

Latham, J.P., Lienhart, D. and Dupray, S. (2006). “ Rock quality, durability and service life prediction of armourstone ”, Engineering geology, 87, 122-140.