تحقیقات بتن
سال دهم، شمارهٔ چهارم
زمستان ۹۶
ص ۸۱– ۷۱
تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۴

بررسی پارامترهای مقاومت و دوام قطعات بتنی غیرمسلح ساخته شده با ماسه لایروبی شده خلیج فارس

محسن بیننده *
دانشجوی کارشناسی ارشد عمران دانشکده فنی‌مهندسی دانشگاه هرمزگان
شهره شاهنوری
استادیار دانشکده فنی مهندسی دانشگاه هرمزگان
سید طاها طباطبایی عقدا
عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی واحد خلیج فارس(بندرعباس)
سیروس ارشادی
استادیار دانشکده فنی مهندسی دانشگاه هرمزگان

چکیده
تهیه سنگ‌دانه مصرفی در بتن که حدود سه- چهارم از حجم بتن را تشکیل می‌دهد، امروزه به موضوعی چالش برانگیز برای توسعه پایدار به دلیل مسائل زیست‌محیطی تبدیل‌شده است. یکی از مناسب‌ترین راه‌کارها به‌ویژه در مناطق ساحلی دریاها و اقیانوس‌ها استفاده از ماسه لایروبی دریا (DMS) برای ساخت بتن می‌باشد. در پژوهش حاضر، با توجه به اینکه در جزیره‌ها و برخی از نقاط حاشیه خلیج‌فارس منابع و معادن شن و ماسه طبیعی مناسبی برای ساخت بتن وجود ندارد، مطالعه‌ای آزمایشگاهی روی نمونه‌های بتنی غیرمسلح ساخته‌شده با ماسه لایروبی دریا انجام‌شد تا بدین‌وسیله هزینه‌های ساخت بتن به‌طور قابل‌توجهی کاهش یابد. در این تحقیق از سه نوع سیمان پرتلند (پوزولانی ویژه، تیپ II وتیپ V)، الیاف و سرباره استفاده شده است همچنین آزمایش‌های انجام‌شده عبارتند از: آزمایش مقاومت فشاری، جذب آب و عمق نفوذ آب، که نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد استفاده از ماسه لایروبی خلیج فارس تا محدوده ۲۵ درصد، بجای ماسه معدنی نتایج مناسبی را از لحاظ مکانیکی و پایایی به دنبال دارد.

واژه‌های کلیدی: **بتن غیرمسلح، ماسه لایروبی دریا، دوام، پایایی، مقاومت فشاری.**

* نویسنده مسئول: binandeh.1988@gmail.com

۱- مقدمه

نیازمندی‌های اقتصادی و ویژگی‌های منحصر بفرد بتن این ماده را مناسب‌ترین مصالح برای اکثر زیرساخت‌های جهان کرده است. نظر به این‌که حجم زیاد مصالح موردنیاز در ساخت بتن از معادن و یا رودخانه‌ها تهیه می‌گردند و استفاده از این منابع دارای محدودیت‌ها و هزینه زیاد استخراج و حمل‌ونقل می‌باشند، همچنین باتوجه به کمبود مصالح سنگی به‌ویژه در بسیاری از جزیره‌ها و بندرها، یک راه‌حل راهبردی و جای‌گزین، استفاده از ماسه دریا به‌جای ماسه معادن برای تولید بتن می‌باشد. استفاده از ماسه حاصل‌شده از لایروبی بنادر در بتن منجر به امکان استفاده و مدیریت حجم وسیعی از ماسه لایروبی می‌گردد. این موضوع در کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از ریزگردها نیز مؤثر و مهم است. بنابراین برای رفع چالش کمبود منابع طبیعی، تولید بتن سازگار با محیط‌زیست و کاهش هزینه تولید، با استفاده از ماسه لایروبی شده دریا (DMS)[1]، یک‌راه حل بسیار مناسب می‌باشد. سنگ‌دانه‌ها اسکلت بتن را ایجاد می‌کنند. حدود سه–چهارم از حجم بتن‌های معمولی به‌وسیله سنگدانه‌ها اشغال‌شده است. اما، به بیان دقیق، سنگدانه‌ها واقعاً بی‌اثر نیستند زیرا خصوصیات فیزیکی، گرمایی و گهگاه شیمیایی آن می‌تواند روی عملکرد بتن تأثیر گذارد [۱].

سنگدانه به‌عنوان کاهنده هزینه تولید بتن شناخته می‌شود، که امروزه به موضوعی چالش‌برانگیز برای توسعه پایدار تبدیل‌شده است. مبرم‌ترین موضوع در این زمینه، اثرات زیست‌محیطی تولید سنگدانه می‌باشد. در بسیاری از مناطق جهان محدودیت قانونی در بهره‌برداری از گودال‌ها و معادن وجود دارد. برای مثال در بخش‌هایی از جنوب غربی انگلستان، عرضه سنگدانه به‌قدری کم است که برای تأمین نیاز، ناچار به واردات آن از میدلندز، ایرلند و کانال مانش می‌باشند. همچنین تناژ بالای سنگدانه‌های دریایی[2] برای ساخت در محل‌های که با کمبود مواجه هستند، مورداستفاده قرار می‌گیرد. دولت بریتانیا ۱/۶ پوند مالیات برای هر تن سنگدانه با منشأ زمینی می‌گیرد ولی این مالیات برای سنگدانه‌های دریایی یا بازیافتی وجود ندارد، و احتمالاً در آینده با رشد فشارهای محیط‌زیستی این موضوع افزایش یابد. ازآنجاکه سنگدانه‌ها به‌طورکلی در حجم بالا، مصالح ارزانی هستند، پیامدهای اقتصادی برای تولید بتن از سنگدانه‌های حمل‌ونقلی، برای مسافت‌های طولانی بهتر آشکار می‌شود. با توجه به مشکلاتی که درزمینه استفاده از منابع موجود درخشکی برای تهیه سنگدانه‌های مورداستفاده از بتن گفته شد، منابع دریایی می‌تواند در آینده به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان جایگزین معادن موجود در خشکی مورد بهره‌برداری قرار گیرد [۲].

یکی از مناسب‌ترین راه‌کارها، خصوصاً در مناطق ساحلی دریاها و اقیانوس‌ها استفاده از سنگدانه‌های دریایی برای ساخت بتن می‌باشد. با توجه به اینکه عملیات لایروبی (بزرگ‌کردن و عمیق کردن کانال‌های دسترسی رسیدن به آب‌های عمیق) معمولاً برای حفظ فعالیت‌های مربوطه و تسهیل در پهلوگیری کشتی‌ها در بسیاری از بندرهای سراسر دنیا اجتناب‌ناپذیر می‌باشد، می‌توان از رسوبات حاصل از این عملیات به‌عنوان سنگدانه در ساخت بتن استفاده نمود [۳].

بنابراین با توجه به حیاتی بودن استفاده از سنگدانه‌های دریای به‌ویژه در بعضی کشورها که با محدودیت شدید منابع طبیعی مواجه هستند، پژوهشگران بر آن شدند که برای استفاده هر چه مفیدتر، باتوجه به معیارهای مختلف، خصوصاً پایایی، تحقیقات گسترده‌ای را روی عملکرد این سنگدانه‌ها انجام دهند.

چاپمن و همکاران [۴] با مطالعاتی که بر روی DMS انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که از مواد لایروبی شده دریا می‌توان در ساخت بتن استفاده کرد. در این مطالعه ثابت‌شده است که وجود صدف در ماسه دریا، مقاومت یا نفوذپذیری بتن را مختل نمی‌کند ولی ممکن است به دلیل پوسته‌پوسته شدن کارایی را کاهش دهد. لیمیرا و همکاران [۵] یک کار آزمایشگاهی برای بررسی عملکرد ماسه لایروبی دریا (DMS) برای استفاده در پوشش پیاده‌رو بندرگاه انجام دادند. در این تحقیق از سه نوع رویه بتنی مختلف برای روسازی پیاده‌رو بندر استفاده شد و تأثیر ماسه لایروبی دریا از بندر سن کارلس اسپانیا به‌عنوان ماسه در تولید بتن تجزیه‌وتحلیل گردید و خواص آن تعیین شد. این سه رویه بتنی شامل C1، نمونه بتن شاهد، C2، بتن تولیدشده با DMS اصلاح‌شده به‌عنوان ریزدانه و C3 بتن ساخته‌شده با DMS اصلاح‌شده به‌عنوان ریزدانه

[1] Dredged Marine Sand

[2] Marine Aggregates

مسلح شده با الیاف پلاستیکی[1] می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که خصوصیات تازه و سخت شده بتن تولیدشده با DMS (C2) به بتن شاهد نزدیک است.

بااین‌وجود نگرانی‌هایی در مورداستفاده از سنگدانه‌های دریایی مرتبط با حضور کلرایدها و صدف‌های دریایی وجود دارد. با توجه به اینکه در جزیره‌ها و برخی از نقاط حاشیه خلیج‌فارس[2] در کشور ایران منابع شن و ماسه طبیعی مناسبی برای ساخت بتن وجود ندارد، درصورتی‌که بتوان از ماسه دریا به‌عنوان یک ریزدانه در تولید بتن استفاده نمود، می‌توان ضمن پاسخگویی به این نیاز و جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست هزینه‌های ساخت بتن را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. بر این اساس هدف از این تحقیق، بررسی عملکرد DMS این منطقه به‌عنوان بخشی از ماسه مصرفی در بتن غیرمسلح می‌باشد.

۲- روش انجام تحقیق

۲-۱- مواد مورد استفاده در پژوهش

• ماسه لایروبی دریا

ماسه لایروبی دریا مورد استفاده در این پژوهش، از مصالح حاصل از لایروبی که از محدوده اسکله شهید رجایی بندرعباس تهیه گردیده با رد شدن از الک نمره ۴(۴/۷۵ میلی‌متر) در آزمایشگاه، با درصدهای وزنی مختلف جایگزین ماسه معدن شده است.همچنین لازم به ذکر است که در هر متر مکعب ماسه لایروبی خلیج فارس مقدار ۶۳ کیلوگرم آن را صدف‌های دریایی پوشش میدهد. آزمایش شیمی ماسه لایروبی بندر شهید رجایی در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

• شن بادامی، نخودی و ماسه شسته از معدن میناب

شن (شامل دو نوع نخودی و بادامی) و ماسه طبیعی مصرفی برای استفاده در انواع نمونه‌های بتنی مورد آزمایش، از معدن شن و ماسه میناب استفاده گردیده است.

• سیمان

در این پژوهش از سه نوع سیمان شامل،سیمان پرتلند پوزولانی ویژه، سیمان پرتلند تیپ دو (II) و سیمان پرتلند تیپ پنج (V) تولید کارخانه سیمان ممتازان کرمان استفاده شد.

جدول ۱- مقادیر عناصر فلزات سنگین در ماسه لایروبی شده منطقه شهید رجایی(ppm)

عناصر	کادمیوم	کبالت	کروم
مقدار	< 0.5	6	26
عناصر	سرب	فسفر	منگنز
مقدار	7	469	571
عناصر	اسکاندیم	آنتیموان	توریم
مقدار	2	4	2
عناصر	مس	آهن	روی
مقدار	10	>3%	17
عناصر	گوگرد	کلسیم	سدیم
مقدار	1428	> 3%	9
عناصر	قلع	وانادیم	ایتریم
مقدار	< 1	24	5
عناصر	نیکل	آرسنیک	نیکل
مقدار	21	10	21
عناصر	لانتان	لیتیم	لانتان
مقدار	5	4	5

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی محلول در ماسه لایروبی شده منطقه شهید رجایی(٪)

سدیم اکسید	آلومینیوم اکسید	اکسید منیزیم	سولفات	کلراید
0.58	3.3	3.21	0.33	0.193

• الیاف

در این آزمایشات از الیاف کورتا سوزنی از جنس شیشه بر پایه استاندارد[ASTM C1116] تولیدی شرکت نانو نخ و گرانول سیرجان استفاده گردیده است. کاربرد این الیاف در قطعات پیش‌ساخته سبک بتنی (غیرمسلح) می‌باشد و به‌صورت مقاومت و مدول بالا با مواد هموپلیمر و کوپلیمر نانو خاص تولید می‌گردد. مقدار مصرف این نوع الیاف ۰/۵ تا ۲ کیلوگرم در هر مترمکعب می‌باشد[۶].

• سرباره کوره بلند ذوب‌آهن اصفهان

در جدول ۳ ترکیبات شیمیایی سرباره کوره ذوب‌آهن اصفهان مورداستفاده در این پژوهش ارائه‌شده و میزان ۱۵٪ وزنی جایگزین سیمان گردیده است. وزن مخصوص سرباره کوره‌ذوب‌آهن اصفهان

[1] Plasti Fibres

[2] Persian Golf

۲۷۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب و سطح مخصوص آن بسته به نحوه‌ی آسیاب کردن آن حدود ۲۲۰۰ گرم بر سانتیمتر مربع است [۷].

جدول ۳- ترکیبات شیمیایی سرباره کوره ذوب‌آهن اصفهان[۷]

ترکیب شیمیایی	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO
درصد (%)	۳۸/۱	۳۳	۸/۸	۰/۳۵	۹/۶
ترکیب شیمیایی	SO_3	K_2O	Na_2O	TiO_2	Mn_2
درصد (%)	۴/۶۵	۰/۷۵	۰/۴۵	۰/۴۴	۳/۸۶

• فوق‌روان کننده

فوق‌روان کننده مصرفی بر پایه پلی کربکسیلات اسید بوده و دارای استانداردهای ASTM C-494 و ISIRI-2930 می‌باشد [۸ و ۹].

۲-۲- طرح‌های اختلاط

با توجه به تعداد آزمایش‌های موردنظر و درصدهای مختلف طرح-های اختلاط(درصد ماسه لایروبی شده دریا جایگزین ماسه طبیعی) همچنین انواع تیپ سیمان، تعداد نمونه‌ها به این شرح است که تعداد نمونه‌های هر طرح بتن ۷۲ نمونه می‌باشد، که با توجه به ۳ تیپ سیمان جمع کل نمونه‌ها ۲۱۶ نمونه(۲۴ طرح اختلاط) می-باشد. طرح اختلاط‌ها شامل بتن شاهد، بتن ۱۵٪ ماسه دریا، بتن ۲۵٪ ماسه دریا، بتن ۲۵٪ ماسه دریا و سرباره، بتن ۲۵٪ ماسه دریا همراه با الیاف، بتن ۳۵٪ ماسه دریا، بتن ۵۰٪ ماسه دریا و بتن ۱۰۰٪ ماسه دریا می‌باشد که این درصدها، میزان جایگزین ماسه معدن می‌باشد. در جدول ۴ مقادیر واحد حجم مصالح مصرفی، تعداد نمونه و نام گذاری نمونه‌ها برای ساخت هر عنوان آزمایش ارائه شده است.

جدول ۴- طرح اختلاط نمونه‌های آزمایش

طرح	نام مخفف	سیمان (kg/m^3)	آب (kg/m^3)	شن (kg/m^3)	ماسه طبیعی (kg/m^3)	ماسه دریا (kg/m^3)	سرباره (kg/m^3)	الیاف (kg/m^3)	تعداد نمونه برای هر تیپ سیمان
نمونه شاهد	C1D0 C2D0 C5D0	۴۰۰	۱۶۰	۸۶۰/۳	۸۶۰/۳	–	–	–	3 3 3
نمونه با ۱۵٪ DMS	C1D15 C2D15 C5D15	۴۰۰	۱۶۰	۸۶۰/۳	۷۳۱/۳	۱۲۹/۰۴	–	–	3 3 3
نمونه با DMS٪۲۵	C1D25 C2D25 C5D25	۴۰۰	۱۶۰	۸۶۰/۳	۶۴۵/۲۳	۲۱۵/۰۷	–	–	3 3 3
نمونه با ۲۵٪ DMS + سرباره ذوب‌آهن	C1D25P C2D25P C5D25P	۴۰۰	۱۶۰	۸۶۰/۳	۸۴۵/۲۳	۲۱۵/۰۷	۶۰	–	3 3 3
نمونه با ۲۵٪ DMS + الیاف	C1D25F C2D25F C5D25F	۴۰۰	۱۶۰	۸۶۰/۳	۸۴۵/۲۳	۲۱۵/۰۷	–	۲	3 3 3
نمونه با ۳۵٪ DMS	C1D35 C2D35 C5D35	۴۰۰	۱۶۰	۸۶۰/۳	۵۵۹/۱۹	۳۰۱/۱۰	–	–	3 3 3
نمونه با ۵۰٪ DMS	C1D50 C2D50 C5D50	۴۰۰	۱۶۰	۸۶۰/۳	۴۳۰/۱۵	۴۳۰/۱۵	–	–	3 3 3
نمونه با ۱۰۰٪ DMS	C1D100 C2D100 C5D100	۴۰۰	۱۶۰	۸۶۰/۳	–	۸۳۰/۳	–	–	3 3 3

۲-۳- اختلاط مصالح و ساخت نمونه‌ها

در هر مرحله از ساخت، ابتدا میزان رطوبت نسبی مصالح سنگی بر اساس استاندارد ASTM C566 تعیین و پس از اصلاح طرح اختلاط، مصالح توزین و مخلوط شد .دمای بتن تازه در محدوده ۲۱ الی ۲۸ درجه سلسیوس و اسلامپ در محدوده ۱۲ الی ۱۵ سانتی‌متر قرار داشت. برای مقاومت فشاری و نفوذپذیری از نمونه-های مکعبی ۱۵×۱۵ و برای آزمایش جذب آب، نمونه‌های ۱۰×۱۰ ساخته شد. برای عمل‌آوری، پس از ساخت نمونه‌ها به مدت ۲۸ روز به‌صورت غرق‌آبی، آزمایش‌های مربوطه بر روی نمونه‌ها انجام گرفت.

۳- بررسی و تحلیل نتایج آزمایشگاهی

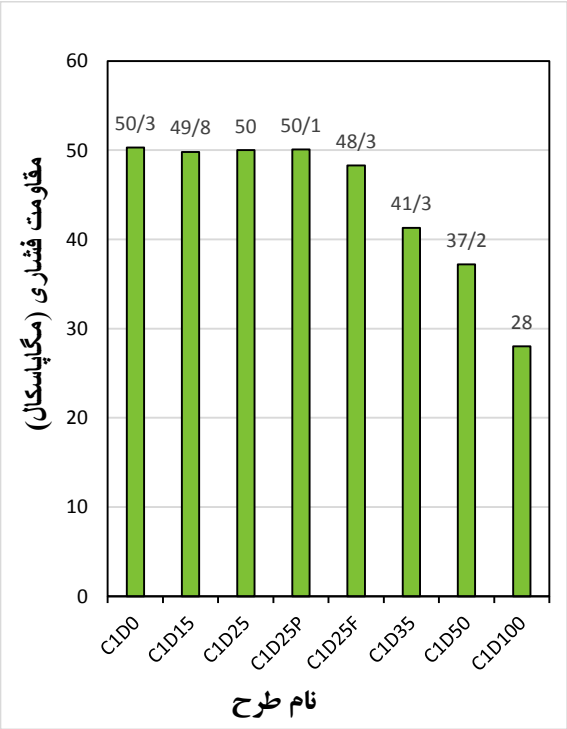
در ابتدا به بررسی نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوره نمونه‌های بتنی پرداخته می‌شود. سپس بررسی عملکرد نمونه‌ها تحت آزمایش جذب آب و آزمایش تعیین عمق نفوذ آب انجام شده است.

۳-۱- نتایج آزمایش مقاومت فشاری

در ابتدا به بررسی مهم‌ترین مشخصه مکانیکی نمونه‌های مورد آزمایش یعنی مقاومت فشاری پرداخته می‌شود. نتایج برای هر سه نوع سیمان (پوزولانی ویژه، II، V) مصرفی به‌صورت مجزا ارائه‌شده و در آخر در یک نمودار کلی نتایج حاصل از هر سه آزمایش برای مقایسه در کنار هم قرار می‌گیرند[۱۰].

۳-۱-۱- نتایج نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند پوزولانی ویژه

نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی سیمان پوزولانی ویژه در شکل ۱ ارائه گردیده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مقاومت نمونه‌های حاوی ۱۵ و ۲۵ درصد ماسه لایروبی دریا جای‌گزین ماسه طبیعی حاصل از معادن در خشکی با مقاومت فشاری نمونه شاهد، مقدار یکسانی دارد، درنتیجه استفاده از این ماسه تا ۲۵ درصد اثری بر مقاومت ندارد. ولی با افزایش بیشتر آن به ۳۵ درصد اثر محسوسی روی مقاومت فشاری دارد. برای مقادیر ۳۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد ماسه لایروبی دریا میزان کاهش مقاومت به ترتیب برابر با ۱۸، ۲۷ و ۴۵ درصد نمونه شاهد خواهد بود. همچنین از مقایسه نتایج نمونه‌های C1D25P که دارای ۱۵ درصد پوزولان و C1D25F که دارای الیاف است با نمونه C1D25 این‌گونه دریافت می‌شود که این میزان پوزولان باعث بهبود اندک مقاومت می‌شود ولی استفاده از الیاف موجب کاهش مقاومت فشاری نمونه می‌گردد. C1D25این‌گونه دریافت می‌شود که این میزان پوزولان باعث بهبود اندک مقاومت می‌شود ولی استفاده از الیاف موجب کاهش مقاومت فشاری نمونه می‌گردد.



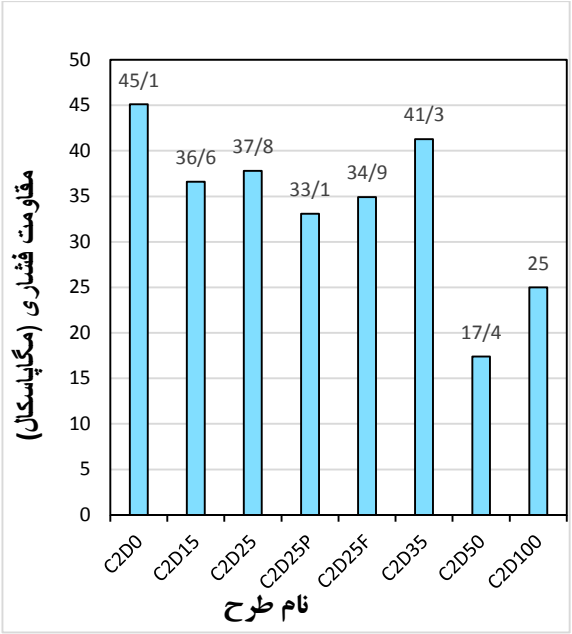
شکل ۱- نمودار میله‌ای حاصل از نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند پوزولانی ویژه

۳-۱-۲-نتایج نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند تیپ II

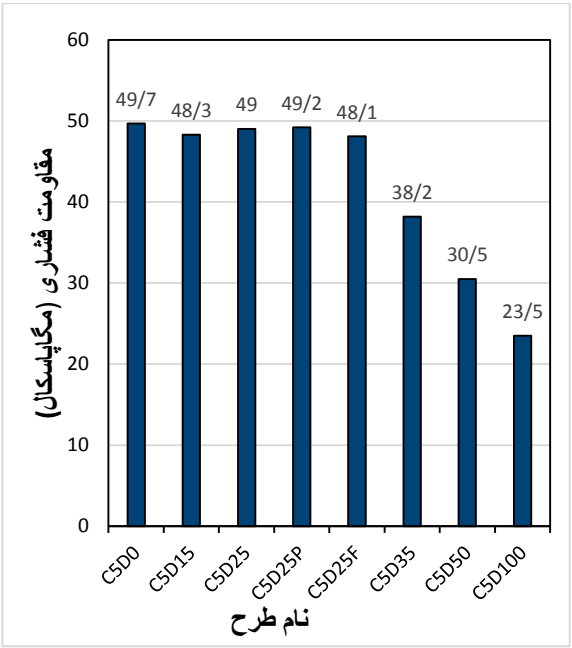
در این آزمایش نیز مشاهده می‌شود که تا ۲۵ درصد استفاده از ماسه لایروبی دریا تأثیر منفی محسوسی روی مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته‌شده با این تیپ سیمان ندارد. میزان کاهش مقاومت نمونه C2D25 نسبت به نمونه شاهد تنها ۱ درصد اندازه‌گیری شده است.

۳-۱-۳- نتایج نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند تیپ V

نتایج حاصل از آزمایش تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی سیمان پرتلند تیپ V در شکل ۳ گزارش شده‌اند. نتایج حاصل از این طرح نیز، همانند دو طرح قبل به این شرح است که نمونه‌های با ۲۵ درصد ماسه لایروبی دریا مقاومت تقریباً یکسانی با نمونه شاهد دارند.



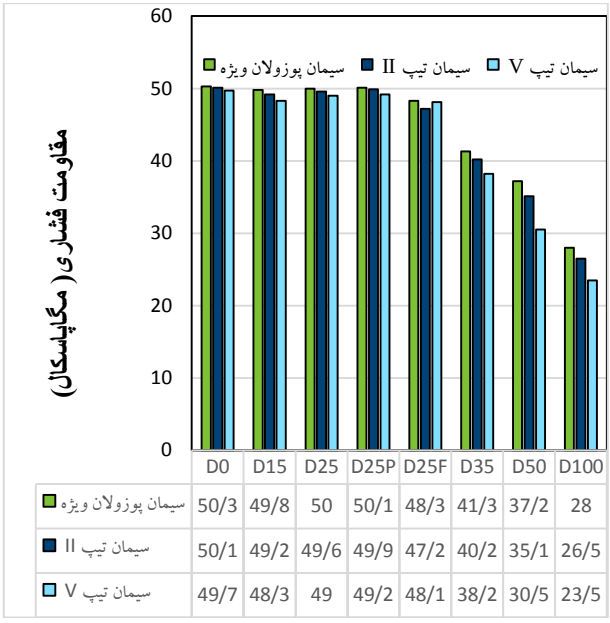
شکل ۲- نمودار میله‌ای حاصل از نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند تیپ II



شکل ۳- نمودار میله‌ای حاصل از نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته شده باسیمان پرتلند تیپ V

۳-۱-٤- مقایسه نتایج آزمایش مقاومت فشاری

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، نوع سیمان تأثیر قابل‌توجهی روی مقاومت فشاری نمونه‌ها ندارد و برای طرح‌های اختلاط یکسان، نتایج تقریباً یکسانی حاصل‌شده است. بااین‌وجود نمونه‌های ساخته شده باسیمان پرتلند پوزولانی ویژه دارای مقادیر مقاومت فشاری بیشتری نسبت به دو نوع سیمان دیگر دارد.



	D0	D15	D25	D25P	D25F	D35	D50	D100
سیمان پوزولان ویژه	50/3	49/8	50	50/1	48/3	41/3	37/2	28
سیمان تیپ II	50/1	49/2	49/6	49/9	47/2	40/2	35/1	26/5
سیمان تیپ V	49/7	48/3	49	49/2	48/1	38/2	30/5	23/5

شکل ۴- مقایسه نتایج حاصل از آزمایش تعیین مقاومت فشاری سه نوع سیمان

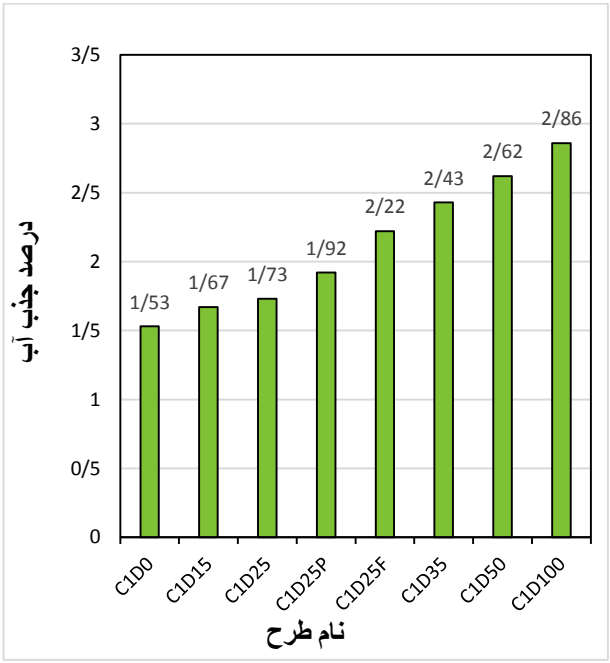
۳-۲- نتایج آزمایش جذب آب

این آزمایش که بر اساس ASTM C642 انجام می‌گیرد، در دو گام خشک کردن و اشباع بر روی نمونه‌های ۱۰×۱۰ سانتی‌متر انجام می‌شود. ابتدا جرم خشک نمونه با قرار دادن آن در آون در دمای ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت حداقل ۲۴ ساعت، تعیین می‌گردد. بعد از خارج کردن نمونه از آون، تا رسیدن به دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری می‌شود و سپس جرم آن تعیین می‌گردد. در گام دوم جرم اشباع نمونه پس از استغراق در آب در دمای تقریبی ۲۱ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۴۸ ساعت به‌دست می‌آید. جذب آب یکی از مشخصات بتن است که بیانگر خصوصیات ریزساختار آن ازلحاظ خلل و فرج و پیوستگی آن‌ها باهم است. اکثر واکنش‌های مخربی که در بتن به‌مرور زمان اتفاق می‌افتد به علت نفوذ آب است و همواره آب یک عامل آغازکننده یا تسریع‌کننده واکنش‌های مخرب در بتن بوده است[۱۱].

۳-۲-۱- نتایج نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند پوزولانی ویژه

نتایج حاصل از آزمایش تعیین درصد جذب آب برای نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند پوزولانی ویژه در شکل ۵ نشان داده‌شده است. نتایج حاصل‌شده نشان می‌دهد که با افزایش درصد ماسه لایروبی دریا، میزان درصد جذب آب بتن افزایش می‌یابد. میزان

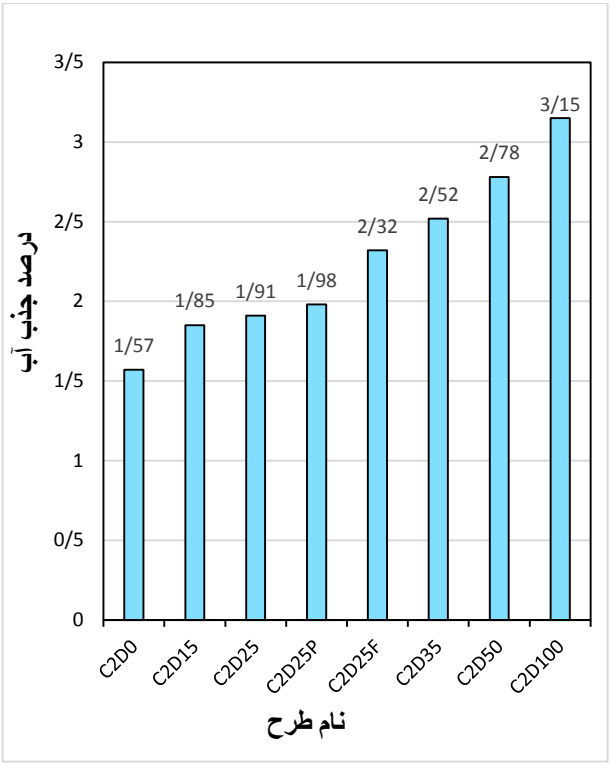
افزایش نمونه‌های C1D15 و C1D25 نسبت بهنمونه شاهد، C1D0، به ترتیب برابر با ۹ و ۱۳ درصد می‌باشد، که عدد قابل‌توجهی است. با افزایش بیشتر مقدار ماسه لایروبی دریا از ۲۵ درصد به ۳۵ درصد میزان تأثیر منفی این ماسه نیز بیشتر می‌شود. برای نمونه‌های C1D35، C1D50 و C1D100، درصد افزایش این پارامتر به ترتیب برابر با ۵۹، ۷۱ و ۸۷ درصد نمونه شاهد خواهد بود، یعنی با جای‌گزینی ماسه لایروبی دریا به‌جای ماسه طبیعی معدن، این پارامتر نزدیک به دو برابر نمونه شاهد می‌شود. همچنین دیده می‌شود که نمونه‌های حاوی پوزولانی و الیاف تأثیر مثبتی روی درصد جذب آب بتن ساخته‌شده با این ماسه ندارد.



شکل ۵- نمودار نتایج آزمایش تعیین درصد جذب آب نمونه‌های حاوی سیمان پرتلند پوزولانی ویژه

۳-۲-۲- نتایج نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند تیپ II

همان‌طور که در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد، در نمونه‌های حاوی سیمان پرتلند تیپ II، افزودن DMS به مخلوط بتن به‌جای ماسه معدنی، درصد جذب آب را افزایش می‌دهد. برای C2D15 میزان درصد جذب آب برابر با ۱/۸۵ و برای C2D25 برابر با ۱/۹۱ می‌باشد، که نسبت به نمونه شاهد که دارای درصد جذب ۱/۵۷ می‌باشد، درصد افزایش این پارامتر به ترتیب برابر با ۱۸ درصد و ۲۱ درصد می‌باشد. با افزایش مقدار DMS به ۵۰ درصد ماسه معدنی، میزان جذب آب، تا ۷۷ درصد نمونه شاهد افزایش می‌یابد که نشان از نرخ بالای رشد این فاکتور دارد.



شکل۶- نتایج آزمایش تعیین درصد جذب آب نمونه‌های حاوی سیمان پرتلند تیپ II

۳-۲-۳- نتایج نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند تیپ V

در این نمونه‌ها نیز همانند نمونه‌های ساخته‌شده با سیمان‌های پوزولان ویژه و تیپ II، در نمونه‌های با ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزینی DMS در مخلوط‌های بتنی، درصد جذب آب نسبت به نمونه شاهد نزدیک‌تر است.

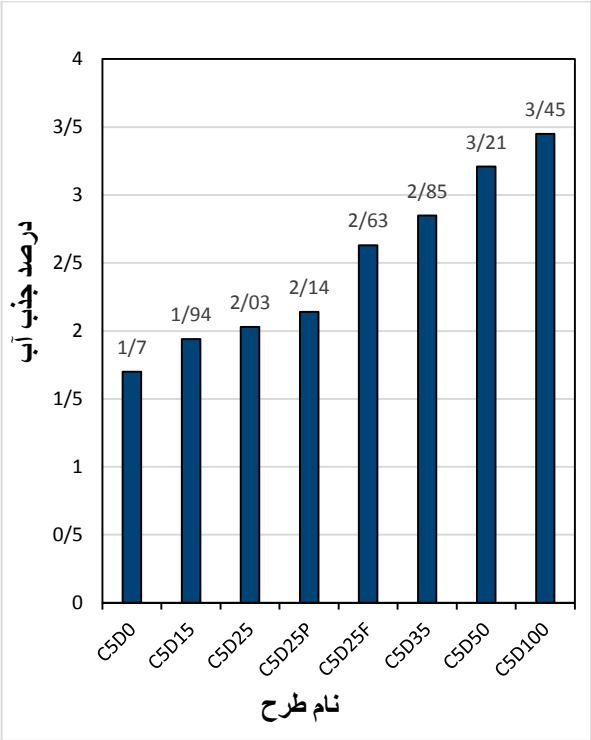
۳-۲-٤- مقایسه نتایج آزمایش درصد جذب آب

در شکل ۸ نمودار نتایج حاصل از آزمایش درصد جذب آب برای هر سه نوع سیمان برای مقایسه نشان داده‌شده است. از مقایسه این نتایج به‌روشنی مشخص است که استفاده از سیمان پرتلند پوزولانی ویژه عملکرد بهتری نسبت به دو نوع سیمان دیگر دارد. همچنین دیده می‌شود که با افزایش میزان DMS در این نوع سیمان، نرخ افزایش درصد جذب آب نسبت به دو سیمان دیگر ملایم‌تر است.

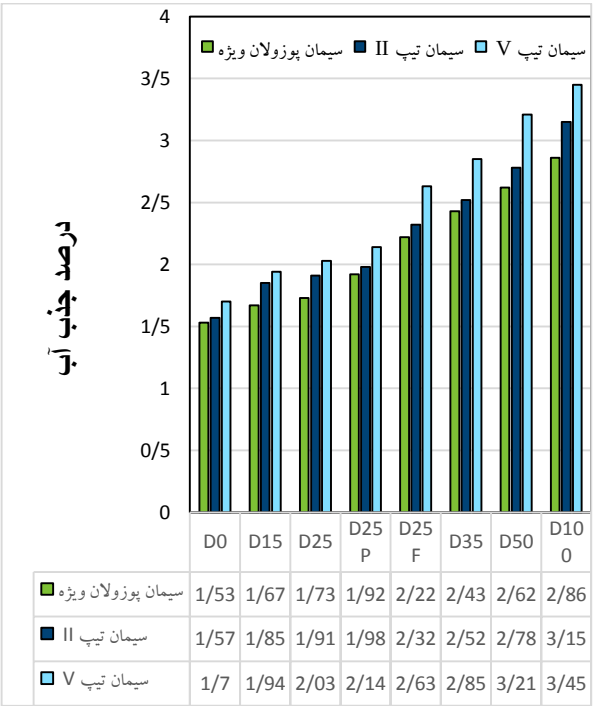
۳-۳- نتایج آزمایش تعیین عمق نفوذ آب

یکی از مسائل مهم در طراحی سازه‌های جدید و ارزیابی سازه‌های بتنی موجود، دوام بتن می‌باشد. تعیین نفوذپذیری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین معیارهای بررسی دوام بتن در آیین‌نامه‌های مختلف مورد

توجه قرارگرفته است. نتایج حاصل از آزمایش تعیین عمق نفوذ آب که یکی از شاخص‌های مهم نفوذپذیری در آیین‌نامه‌ها می‌باشد، در زیر ارائه گردیده است[۱۲].



شکل ۷- نمودار نتایج آزمایش تعیین درصد جذب آب نمونه‌های حاوی سیمان پرتلند تیپ V



شکل ۸- مقایسه نتایج حاصل از آزمایش تعیین درصد جذب آب برای هر سه نوع سیمان

جدول ۵- مقادیر مجاز عمق نفوذ آب در شرایط مختلف محیطی بر اساس آیین نامه ملی پایایی بتن[۱۳]

شرایط محیطی	A	B , C	F و E ،D
عمق نفوذ آب بعد از ۲۸ روز(mm)	حداکثر ۵۰	حداکثر ۳۰	حداکثر ۱۰

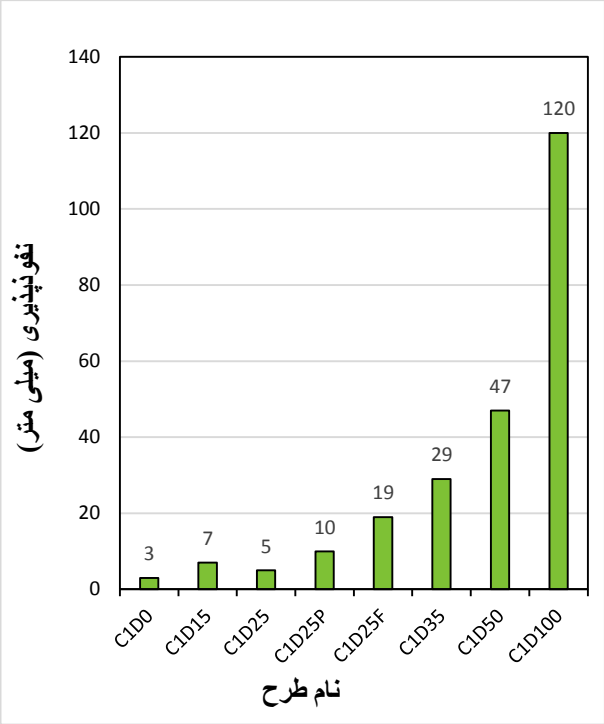
جدول -: دسته‌بندی شرایط محیطی محل احداث سازه بر اساس آیین‌نامه پایایی بتن[۱۳]

طبقه بندی	دسته-بندی	شرایط
متوسط	A	سازه‌های رو زمینی که در معرض خطر نفوذ یون کلرید بر اثر وزش بادهای دارای یون‌های نمک نیستند.
	B	سازه‌های روزمینی در نواحی نزدیک به ساحل و در معرض بادهای دارای یون‌های کلرید.
شدید	C	قسمت‌هایی از سازه که در تماس با خاک است و بالای ناحیه مؤیینگی خاک واقع شده است و یا قسمت‌هایی که در دائماً در زیر آب دریا هستند.
فوق‌العاده شدید	D	قسمت‌هایی از سازه که در تماس با خاک مهاجم هستند و در زیر سطح آب زیرزمینی واقع شده است.
	E	سازه‌های دریایی(دارای قسمت‌هایی در ناحیه جزر و مدی و ناحیه پاشش هستند)
	F	سازه‌های نگهدارنده آب و تصفیه خانه فاضلاب

۳-۳-۱- نتایج نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند پوزولانی ویژه

نتایج حاصل از آزمایش عمق نفوذ آب برای نمونه‌های ساخته‌شده با سیمان پرتلند پوزولانی ویژه در شکل ۹ نشان داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، برای نمونه‌های تا ۲۵ درصد جای‌گزینی ماسه لایروبی دریا میزان عمق نفوذ آب کنترل‌شده است، ولی با افزایش بیشتر DMS، این برگ خرید با شیب شدیدتری

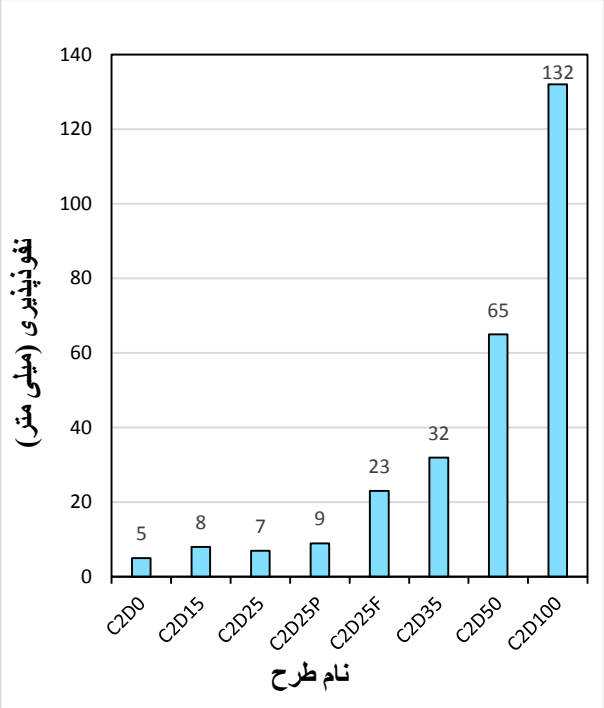
افزایش می‌یابد. شکل ۹ به وضوح این شیب افزایش عمق را نمایش می‌دهد. مقدار عمق نفوذ برای نمونه‌های C1D15 و C1D25 که به ترتیب برابر با ۷ و ۵ میلی‌متر حاصل‌شده است، نشان می‌دهد که برای هر نوع شرایط آب و هوایی مهاجم بر اساس آیین‌نامه ملی پایایی بتن ایران، این مقادیر قابل‌قبول می‌باشد. برای نمونه دارای پوزولان یعنی C1D25P نیز می‌تواند قابل‌قبول باشد. ولی برای نمونه دارای الیاف و نمونه‌های دارای درصد بیشتر از ۲۵ درصد جای‌گزینی DMS در محیط‌های با خورندگی فوق‌العاده شدید نامناسب می‌باشند.



شکل ۹- نمودار نتایج آزمایش تعیین عمق نفوذ آب برای نمونه-های حاوی سیمان پرتلند پوزولانی ویژه

۳-۳-۲- نتایج نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند تیپ II

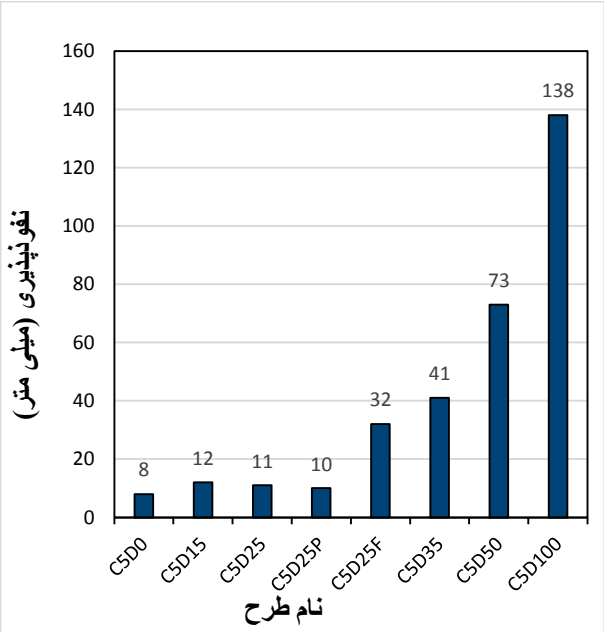
نتایج آزمایش عمق نفوذ آب برای نمونه‌های حاوی سیمان پرتلند تیپ II در شکل ۱۰ نمایش داده‌شده است. نتایج حاصل‌شده نشان از عملکرد مطلوب نمونه‌های ساخته‌شده با ۱۵ و ۲۵ درصد ماسه لایروبی دریا دارد و افزایش بیشتر آن عملکرد مناسب نمونه‌ها را به همراه نخواهد داشت. همچنین دیده می‌شود که نمونه دارای ۲۵ درصد ماسه لایروبی دریا به همراه ۱۵ درصد پوزولان پاسخ مناسبی دارد.



شکل ۱۰- نمودار نتایج آزمایش تعیین عمق نفوذ آب برای نمونه‌های حاوی سیمان پرتلند تیپ II

۳-۳-۳- نتایج نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان پرتلند تیپ V

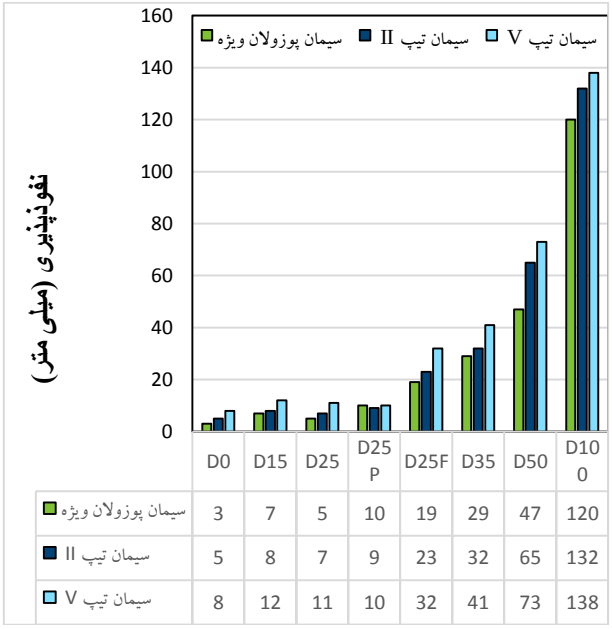
نتایج حاصل از نمونه‌های ساخته‌شده باسیمان تیپ V نیز همانند دو نوع سیمان قبل، نشان از عملکرد مطلوب نمونه‌های بتنی ساخته‌شده با ۱۵ و ۲۵ درصد ماسه لایروبی دریا دارد. در شکل ۱۱ نتایج به‌دست‌آمده، نشان داده‌شده‌اند.



شکل ۱۱- نمودار نتایج آزمایش تعیین عمق نفوذ آب برای نمونه‌های حاوی سیمان پرتلند تیپ V

۳-۳-٤- مقایسه نتایج آزمایش تعیین عمق نفوذ آب

از این نمودار نیز مشخص است که برای هر سه نوع سیمان، استفاده از ماسه لایروبی دریا تا ۲۵ درصد نتیجه مطلوبی دارد.



	D0	D15	D25	D25P	D25F	D35	D50	D100
سیمان پوزولان ویژه	3	7	5	10	19	29	47	120
سیمان تیپ II	5	8	7	9	23	32	65	132
سیمان تیپ V	8	12	11	10	32	41	73	138

شکل ۱۲- مقایسه نتایج حاصل از آزمایش تعیین عمق نفوذ آب برای هر سه نوع سیمان

٤- نتیجه گیری

در این مقاله عملکرد DMS برای ساخت بتن غیر مسلح بررسی شد، به این منظور از ۲۴ طرح اختلاط بتن که حاوی سه نوع سیمان(پوزولانی ویژه، تیپ II و تیپ V)،سرباره و الیاف نیز بودند استفاده گردید، خلاصه نتایج به‌دست آمده به شرح زیر می‌باشد:

۱- در بین نمونه‌های ساخته شده با ۱۵ و ۲۵ درصد جای‌گزینی DMS نتایجی تقریباً مشابهی در آزمایش مقاومت فشاری در مقایسه با طرح‌های شاهد را به ارمغان آورده است.

۲- در آزمایش درصد جذب آب و آزمایش تعیین عمق نفوذ آب نیز نمونه‌های با ۱۵ و ۲۵ درصد DMS نتایجی تقریباً مشابه نمونه شاهد حاصل گردید.

۳- در بین سیمان‌ها، سیمان پرتلند پوزولانی ویژه، نتایج بهتری را کسب کرده است. سیمان پرتلند تیپ II نیز نتایج بهتری را نسبت به سیمان پرتلند تیپ V داشته است.

۴- نتایج آزمایش‌های مختلف روی نمونه‌های با ۲۵ درصد DMS به‌جای ماسه طبیعی و با ۱۵ درصد پوزولانی به‌جای سیمان عملکرد قابل قبولی را داشته است.

۵- نتایج نمونه‌های ساخته‌شده با الیاف، دارای افت قابل‌توجهی می‌باشد و عملکرد آن مثبت ارزیابی نشده است.

٥- مراجع

[1]. Neville, A., Brooks, J.; "Concrete Technology"; Tata McGraw Hill, New Delhi, 1986.

[2]. Alexander, M., Sidney, M.; "Aggregates in Concrete"; Talyor & Francis, London, 2010.

[3]. Kallis, G, David, B.; "The EU Water Framework Directive Measures and Implications"; Vol. 3, Issue. 2, pp. 125-142, 2001.

[4]. Chapman, G.P., Roeder, A.R.; "The Effect of Sea Shells in Concrete Aggregates"; London, Vol. 4, No. 2, pp. 71-79, 2008.

[5]. Limeira, J., Agullo, L.; "Dredged Marine Sand in Concrete an Experimental Section of a Harbor Pavement"; Construction and Building, Vol. 24, No.6, pp. 863-870. 2010.

[6]. "Standard Specifcation for Fiber-Reinforced Concrete"; ASTM C1116 West Conshohocken, Vol. 6, No. 4, 2010.

[۷]. مستوفی نژاد، د.، نظری منفرد، ح؛ «افزودن سرباره و پودر سنگ آهک به بتن جهت افزایش دوام آن در محیط سولفاتی»؛ پژوهشنامه حمل ونقل، دوره سوم، شماره دوم، ص ۵۶-۶۹، ۱۳۸۵.

[8]. "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete"; ASTM C494, American Society of Testing Materials, 2010.

[۹]. استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران؛ «بتن –موادافزودنیشیمیایی–ویژگی‌ها، ISIRI»؛ ۱۳۹۳.

[10]. "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens"; ASTM C39, American Society of Testing Materials, 2009.

[11]. " Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete"; American Society of Testing Materials, 2006.

[12]. Testing hardened concrete. Depth of penetration of water under pressure, BS EN 12390-8, 2009.

[۱۳]. مجموعه استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمانی ایران "آیین نامه ملی پایایی بتن در محیط خلیج‌فارس و دریای عمان" نشریه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، شماره ۲۲۸، ۱۳۸۵.

Study of resistance and durability parameters of non-reinforced concrete blocks made of Persian Gulf dredged sand

Mohsen Binandeh *
M.Sc Student, Faculty of Civil Engineering, Hormozgan University
Shore Shahnoori
Assistant professor, Faculty of Civil Engineering, Hormozgan University
Seyed Taha Tabatabaei Aghda
Building, Housing, Road Development Academic Staff
Cyrus Ershadi
Assistant professor, Faculty of Civil Engineering, Hormozgan University

Abstract
Preparation of aggregate, as an essential ingredient that forms three-fourth of the concrete volume is an issue for the environment and the sustainable development. One of the most appropriate solutions, especially in the coastal areas of seas and oceans is to use the marine aggregates particularly the dredged aggregates, dredging the sand from the sea (DMS) for producing concrete.In this research, with due attention to the fact that there is no proper sand for concrete in some coastal areas of Persian Gulf and the Gulf islands, an experimental study has been carried out in order to develop a method to produce non-reinforced concrete, focusing on the application of the DMS. This method would also economize the expenses. In addition, for cementitious materials' preferences and influences, three different types of cement, which are also known as the most appropriate ones for the applicable concrete in the mentioned areas, are studied; Portland Pozzolana cement, type II and type V. Conducted experiments on the concrete samples include uniaxial compressive strength tests, water absorption, determination of water penetration depth of cubic samples.Results show that from the mechanical and durability point of view, using the DMS as a substitution aggregate is best to be kept up to 25 percent of the total aggregate volume.

Keywords: Non-reinforced concrete, Dredged marine sand, Durability,Stability, Compressive strength.

* Corresponding Author: binandeh.1988@gmail.com