یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

بررسی تجربی تأثیرات خاک قرمز رنگ بر بتن پودری حاوی ماسه بادی در جهت تولید بتن رنگی

حسین کیخسروی[۱] علی حیدری[۲] معصومه هاشم پور[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران keikhosravy1083@yahoo. com

۲- دانشیارگروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران aliheidari@eng. sku. ac. ir

۳- دانشجوی دکترا، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران m. hashempour@aut. ac. ir

چکیده

بتن به عنوان پرکاربردترین مصالح ساختمانی همواره مورد توجه محققان حوزه عمران قرار دارد. ابداع روش‌هایی در جهت بهبود عملکرد شیمیایی، فیزیکی، مکانیکی و حتی ظاهری بتن یکی از چالش برانگیزترین موضوعات مرتبط با بتن است. در این مطالعه تأثیرات استفاده از نوعی خاک قرمز در بتن پودری حاوی ماسه بادی، اعم از خواص مکانیکی و کیفیت رنگ مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس خاک قرمز در نسبت‌های ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد (نسبت به سیمان) به بتن اضافه شد و خواص مکانیکی آن نظیر مقاومت فشاری، خمشی و جذب آب بررسی گردید. نتایج بررسیها نشان داد مقاومت فشاری با اضافه کردن خاک با افتی در حدود ۱۵ درصد مواجه میشود، اما در مقاومت خمشی تغییر محسوسی رخ نمیدهد. همچنین مشخص گردید که جذب آب به طور محسوسی کاهش پیدا میکند. نتایج بررسی ظاهری کیفیت رنگ نیز نشان داد اضافه کردن ۱۰ درصدی خاک قرمز نمیتواند در بستر سیمان پرتلند معمولی و سنگدانه آهکی حاضر کیفیت خوبی داشته باشد و لازم است بستر بتن به ترکیبات شفاف و بی رنگ تغییر داده شود.

کلمات کلیدی: بتن، بتن پودری، بتن رنگی، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، جذب آب

۱. مقدمه

کاربرد وسیع بتن و استفاده از افزودنی‌ها به طور خاص، خود گویای اهمیت تحقیق و مطالعه در این زمینه است. لزوم به کارگیری مواد طبیعی بومی و اهمیت مسائل اقتصادی و مصرف بهینه منابع مالی از یک سو و اصل مهم حفظ محیط زیست از سوی دیگر، یک راه بی پایان برای بررسی و مطالعه را باز نموده و ضرورت انکارناپذیری از تحقیق گسترده پیرامون مسائل مختلف آن را زنده نگاه می‌دارد. انتشار گزارش‌های علمی و مقالات پژوهشی در مورد افزودنی‌ها در بتن در سال‌های دهه ۱۹۴۰ میلادی آغاز شد که از میان آنها می‌توان به نخستین گزارش تفضیلی کمیته فنی شماره ۲۱۲ مؤسسه ACIدر سال ۱۹۴۴ میلادی و اولین سمپوزیوم ASTM با عنوان اثر افزودنی‌های کاهنده آب و کنترل گیرش بتن در سال ۱۹۵۶ میلادی اشاره کرد. استفاده از سرباره‌های کوره نیز ضمن تغییر در رنگ بتن باعث افزایش مقاومت فشاری بتن در مقایسه با سیمان سفید در دراز مدت شده و سبب واکنش‌های پوزولانی سرباره کوره می‌گردد. در این مطالعه از بتن پودری استفاده شده است. ایده استفاده از بتن پودری در اوائل دهه ۸۰ میلادی ظهور پیدا کرد. مطالعات نشان داده نقطه ضعف اغلب بتن‌ها در ناحیه انتقال (ناحیه اتصال خمیر سیمان و سنگدانه) می‌باشد. به علت وجود سطح وسیعی از سنگدانه‌ها رشد کریستال‌های سیمان در این ناحیه متوقف و این سبب جمع شدگی آب موضعی در این ناحیه می‌گردد. بنابراین در این ناحیه تخلخل و نفوذپذیری زیاد می‌شود[1]. در تحقیقی دیگر از ماسه بادی به عنوان جایگزین ماسه و از آب پساب شهری به عنوان آب مصرفی در تولید بتن پودری استفاده شده است. در این تحقیق نشان داده شد که در نمونه‌های ساخته شده با ماسه بادی دانه بندی شده، بتن با افزایش مقاومت فشاری همراه بوده است[2]. در مورد مواد افزودنی رنگی جهت ساخت بتن‌های رنگی، تحقیقات بسیاری با روش‌های مختلف انجام شده است. در اواخر قرن بیستم برخی از تولیدکنندگان بتن در امریکا با اختلاط بعضی از رنگدانه‌ها و بتن موفق به ساخت بتن رنگی شدند. هر چند چندان یکنواخت و پایدار نبود، ولی این یک پایه مطالعاتی برای تحقیقات بعدی در کاربرد رنگدانه‌های سرامیکی و سایر رنگدانه‌های پودری قرار گرفت. در مطالعه‌ای دیگر به نحوه جایگزینی بتن‌های رنگی به جای سنگ‌های تزیینی در معماری شهری پرداخته شد. در این پژوهش نشان داده شده که با استفاده از شیوه‌های مدرن و نوین می‌توان ازرنگدانه‌های معدنی استفاده نموده و بتن رنگی با مقاومت فشاری مطلوب و در حد استاندارد تهیه نمود و به خوبی در طراحی معماری شهری به کار برد[3]. در یک کار تحقیقاتی و تجربی برای بدست آوردن یک رنگدانه پوزولانی از یک نوع گل سرخ که از بازمانده‌های صنایع آلومینیومی است، استفاده شده است. دفع این بازمانده اغلب مشکل وبسیار هزینه براست. آنها برای بدست آوردن یک رنگ قرمز با دوام، این ماده را با مقدار مناسبی کلسیم در محدوده حرارتی ۶۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد پخت کردند و به اصطلاح یک گل سرخ کلسینه تولید کردند که در مصرف بتن رنگی یک رنگ یکنواخت قرمز سوخته در ترکیب با سیمان سفید در محدوده یا ۱۱ درصد به دست آمد. نتایج آزمایش‌ها نشان از قابل قبول بودن محدوده مقاومتی بتن حاصل داشت[13]. در یک کار تجربی و آزمایشگاهی چند محقق به بررسی مقایسه‌ای بتن پودری حاوی ماسه بادی کرمان و پودر سنگ پرداخته، مقاومت فشاری این نوع بتن را با درصدهای مختلف این ماسه و پودر سنگ بدست آوردند. آن‌ها همچنین دریافتند که میتوان این ماسه را جایگزین مواد سنگی دیگر در بتن پودری نمود[4]. محققان دیگری با اضافه کردن ماسه بادی مناطق کویری به بتن پودری، در آزمون‌های مقاومت فشاری و کششی و خمشی متوجه این شدند که بیشترین مقاومت‌ها مربوط به بتن با ۱۰۰ درصد سیلیس و کمترین مقاومت به بتن با ۱۰۰ درصد ماسه بادی بوده، اما می‌توان با جایگزین کردن درصدهایی از ماسه بادی به جای سیلیس ضمن حفظ مقاومت به صرفه جویی مطلوبی نیز دست یافت[5]. همچنین در طی یک تحقیقی به بررسی انواع ماسه بادی در ایران پرداخته شد و خصوصیات شیمیایی و مکانیکی مورد مطالعه قرار گرفت. در آنجا خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ماسه

بادی در سرزمین‌های مختلف بررسی گردید[6]. در یک کار آزمایشگاهی دیگر به بررسی اثرات یک نوع خاک از یکی از معادن آباده بر بتن پرداخته و مشخص گردید که این خاک می‌تواند به عنوان پوزولان جایگزین بخشی از سیمان شود. همچنین معلوم گردید، نفوذپذیری بتن حاصل به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد[7]. مطالعات موردی دیگری نیز پیرامون این نوع خاک‌ها انجام شده است، از جمله تحقیقی که در مورد خواص خاک نسوز معدن استقلال آباده را انجام شده و در این مطالعه اثرات خاک نسوز بر حدود اتربرگ، نسبت باربری کالیفرنیا و غیره بررسی شده است[8]. تاثیر سیلیکات سدیم بر خواص مکانیکی و فیزیکی بتن حاصل از خاک نسوز و سرباره نیز موضوع مطالعه بوده است. در این مطالعه روی مقاومت فشاری بتن حاصل مطالعه شده، بررسی جامعی نیز بر روی زمان گیرش بتن انجام گرفته است. همچنین میزان مقاومت در برابر کربوناسیون بررسی گردید[9]. همچنین در پژوهشی دیگر از یک نوع خاک سیاه نسوز از معدن مهران آباده در بتن استفاده شده است. در این پژوهش از این خاک به عنوان پوزولان استفاده گردیده و جهت کنترل خواص مکانیکی بتن حاصل نمونه‌هایی با عیارهای مختلف و همچنین درصدهای مختلف خاک نسوز (پوزولان) ساخته شده و آزمایش‌هایی جهت تعیین نفوذپذیری و دوام بتن حاصل انجام شده است[10]. در یک کار تحقیقی دیگر از خاک نسوز کربنی به عنوان ماده جایگزین فیلر در بتن خودم تراکم استفاده گشته است. در این تحقیق به ویژه با آزمایشات گوناگون و تغییر درصد این نوع خاک در بتن مشخص گردید که این جایگزینی در بتن‌ها با عیار سیمان پایین اثر بخشی بالاتری نسبت به بتن‌ها با عیار سیمان بالا دارد[11]. در یک مطالعه و تحقیق دیگری نشان داده شد که کاربرد خا ک قرمز جزیره هرمز چه اثراتی بر مقاومت فشا ری بتن داشته و دوام آن را چگونه تغییر می‌دهد[12]. باتوجه به مطالعات انجام شده اثر خاک نسوز قرمز بر خواص ظاهری و مکانیکی بتن حاوی ماسه بادی بررسی نشده است، لذا در این مطالعه این امر هدف اصلی مطالعه تجربی قرار گرفت.

۲. مواد و مصالح

مصالح به کار رفته در این تحقیق عبارتند از: سیمان پرتلند، آب، ماسه بادی، خاک قرمز به همراه فوق روان کننده. کلیه مراحل ساخت نمونه و همچنین آزمایش‌های مربوطه همگی در آزمایشگاه بتن و مصالح دانشگاه شهرکرد انجام گرفته است.

۲. ۱. سیمان

سیمان مصرفی در کلیه مراحل این پژوهش از نوع یک ۴۲۵-۱ کارخانه سیمان شهرکرد بوده است. کیفیت مطلوب سیمان شهرکرد نظیر نرمی بالا، انبساط نسبتاً کم و مقاومت مطلوب از دلایل کاربرد این نوع سیمان می‌باشد. تجربه عملکردهای قبلی خصوصاً در مورد افزایش دوام و اندازه دانه‌های آن در انتخاب این نوع سیمان موثر بوده است. وزن مخصوص واقعی این نوع سیمان حدود ۳/۱۲ گرم بر سانتی متر مکعب بوده، اندازه دانه‌های آن نیز بین ۵ تا ۷۵ میکرون می‌باشد. جرم ظاهری آن ۱/۲۸ گرم بر سانتیمتر مکعب تخمین زده شده است. ترکیب سیمان مصرفی با آزمون "XRF" در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول ۱. آنالیز شیمیایی سیمان مصرفی

SiO_2	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	K_2O	TiO_2	SO_3	MnO	Na_2O
۱۶/۹	۶۶/۹۸	۳/۹۹	۳/۲۹	۱/۴۳	۰/۶۶	۰/۳۷	۳/۰۱	۰/۲	۰/۱۶۵

نتیجه LOI این سیمان (افت سرخ شدگی) برابر ۲/۰۳۷ بوده که از حداکثر مجاز در مبحث ۹ مقررات ملی که ۳ است، کمتر می‌باشد. در حالت کلی این سیمان با ظوابط مندرج در استاندارد ۳۸۹ به خوبی مطابقت دارد.

۲. ۲. ماسه بادی

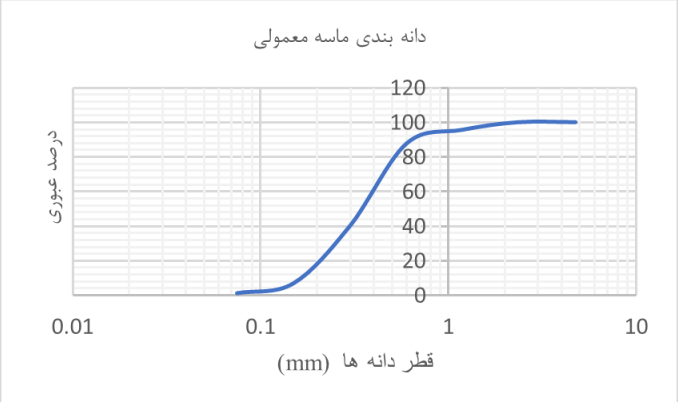
ماسه بادی ماسه‌ای است که در نزدیکی سواحل یا دره‌ها و یا رودخانه‌ها شکل می‌گیرد و به نوعی می‌توان گفت محصول حرکت دهی توسط باد است. غالباً دارای مقاومت مناسبی است، اما به سبب دانه‌های ریز در بتن‌های معمولی کاربرد چندانی ندارد. در رنگ‌های مختلف در طبیعت وجود دارند و بسته به نوع رنگ، کاربردهای مختلفی در صنعت ساختمان نیز یافته است. بعضی از انواع آن بسیار گران است و در ترکیب با سیمان جسم بسیار محکم و با دوامی تولید می‌کند. ماسه کاربردی در این پروژه از منطقه عمومی داران اصفهان تهیه شده است. وزن ظاهری این توع ماسه در حدود ۱/۳۵ گرم بر سانتیمترمکعب بوده است. جذب آب و رطوبت طبیعی آن به ترتیب ۸/۱ و ۰/۵ درصد می‌باشد. نیز چگالی این نمونه ماسه بادی حدود ۲/۴۵ است. نتیجه آزمون "XRF" این ماسه در جدول شماره ۲ بیان شده است.

جدول ۲- آنالیز شیمیایی ماسه بادی مصرفی

SiO_2	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	K_2O	TiO_2	SO_3	Cl	Na_2O
۴۴/۹۲	۲۲/۴۸	۵	۸/۵	۲/۰۳	۱/۶۶	۰/۷۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۱/۷۳

نتیجه LOI این ماسه ۱۲/۰۶ درصد بوده است.

دانه بندی در مورد مصالح سنگی بتن اهمیت ویژه‌ای دارد. نتیجه آزمون دانه بندی برای این ماسه بادی در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- منحنی دانه بندی ماسه بادی

مطابق منحنی فوق ۹۰ درصد دانه‌ها بین ۱۰۰ تا ۸۰۰ میکرون بوده است و این نشان دهنده ساختار ریز این نوع ماسه می‌باشد.

۲. ۳. آب مصرفی

آب مصرفی در همه مراحل ساخت و عمل آوری آب شرب شهرکرد بوده است. . این آب با PH ۷/۸، دارای ۴۰mg/l کلر و ۲۹mg/l سولفات بوده واز استانداردهای مجاز برخوردار می‌باشد. مطابق استاندارد ایران(۱-۱۲۲۸۴ و ۲-۱۲۲۸۴) چنانچه از آب شرب برای مخلوط بتن استفاده می‌شود، نیازی به کنترل‌های مضاعف کیفیت آن نخواهد بود.

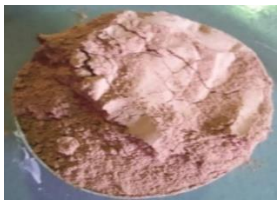
۲. ۴. فوق روان کننده

به سبب کاربرد بتن پودری در این مطالعه استفاده از فوق روان کننده امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. استفاده از فوق روان کننده‌ها به جهت کاهش بیشتر نسبت آب به سیمان در بتن باعث بهبود ویژگی‌هایی نظیر روانی، مقاومت فشاری و خمشی، ضریب کشسانی و دوام بتن می‌شود. در این قسمت از یک نوع فوق روان کننده بر پایه پلی کربوکسیلات اتر استفاده شده که به شدت کاهش دهنده آب است. مقدار مجاز مصرف آن مطابق کاتالوگ مصرفی یک درصد وزنی سیمان قید شده که در این پژوهش با حداکثر آن یعنی یک درصد استفاده می‌شود. این ماده که محصولی از شرکت البرز شیمی آسیا است، دارای رنگی تقریبا روشن و جرم حجمی ظاهری حدود ۱/۰۹۵ گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد. در کنترل‌های انجام شده استاندارد ASTM C494 را به خوبی رعایت کرده است.

شکل ۲- فوق روان کننده مصرفی

۲. ۵. خاک قرمز

این نوع خاک که از منطقه عمومی لردگان در استان چهارمحال و بختیاری بین لردگان و بروجن برداشت شده است. شکل ظاهری آن به رنگ قرمز و دارای رگه‌هایی از رنگ سفید که احتمالاً به سبب وجود آهک می‌باشد، در آن دیده می‌شود. در پروسه انتخاب این خاک از خاک مناطق دیگر نیز بازدید شد و این خاک به سبب رنگ قرمز و فراوانی آن در منطقه انتخاب گردید. وزن حجمی ظاهری آن در حدود ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب و چگالی آن در حدود ۲/۱۴ می‌باشد این خاک به صورت کلوخه‌های نسبتاً نرم در محیط یافت می‌شود و به سبب استفاده از آن در بتن بایستی به وسیله آسیاب به ذراتی در حدود ۱ میکرون تبدیل شود و همین دلیل در آزمایشگاه شرکت ریکا و به وسیله دستگاه آسیاب گلوله‌ای سیاره‌ای به اندازه یک تا پنج میکرون تبدیل گردید. این خردایش برای هر محموله ۳۵۰ گرمی حدود ۵ ساعت زمان می‌برد. اندازه ذرات خاک به آن سبب اهمیت دارد که ذرات سیمان مصرفی در حدود ۱۰ تا ۷۵ میکرون بوده و در ترکیب بتن به خوبی اثر خود را نشان خواهد داد. همچنین هر چه ذرات خاک ریزتر باشند، تأثیر احتمالی تغییر رنگ بتن بیشتر خواهد بود.



شکل ۳- خاک قرمز مصرفی

آنالیز شیمیایی این خاک در جدول شماره ۳ نمایش داده شده است. این آنالیز به روش XRF که قبلاً برای ماسه و سیمان توضیح داده شد انجام گردیده است.

جدول ۳- آنالیز شیمیایی خاک قرمز

SiO_2	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	K_2O	TiO_2	SO_3	MnO	Na_2O
۳۹/۰۲	۱۸/۸۷	۷/۵۵	۷/۷۹	۴/۵۳	۱/۵۱	۰/۸۲۴	۰/۲۹۵	۰/۱۴۳	۰/۰۷۲

نتیجه LOI این خاک ۱۸/۹۸ درصد بوده است.

۳. آزمایش ها

۳. ۱. مقاومت فشاری و خمشی

جهت بدست آوردن نمونه‌های بهتر برای قراردادن به عنوان نمونه‌های شاهد چند طرح اختلاط با درصدهای مختلف از مواد ساخته می‌شود. طرح اختلاط این نمونه‌ها به تعداد ۷ عدد و با حرف B به همراه اندیس‌های مربوطه که معرف درصد ماسه به سیمان است، در جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

جدول۴ - طرح اختلاط با ماسه بادی

نام نمونه	ماسه به سیمان	آب به سیمان	فوق روان کننده به سیمان
B_1	۱	۰/۲۹	۰/۰۱
$B_{1.25}$	۱/۲۵	۰/۳۲	۰/۰۱
$B_{1.5}$	۱/۵	۰/۳۳	۰/۰۱
$B_{1.75}$	۱/۷۵	۰/۴	۰/۰۱
B_2	۲	۰/۴۶	۰/۰۱
$B_{2.25}$	۲/۲۵	۰/۵۵	۰/۰۱
$B_{2.5}$	۲/۵	۰/۵۵	۰/۰۱

نمونه‌ها در هر طرح به تعداد ۹ عدد و به ابعاد ۵x۵x۵ تهیه می‌شود. ابتدا ماسه ماسه و سیمان به وسیله ترازوی دیجیتالی توزین شده و به مدت ۳ دقیقه به صورت خشک به وسیله میکسر کوچک مخلوط شده، سپس آب و فوق روان کننده توزین و به صورت مخلوط درآمده، به آرامی به مواد داخل میکسر اضافه می‌گردد. این مرحله نیز به مدت ۳ دقیقه در دور کند و ۳ دقیقه در دور تند مخلوط می‌گردند.

سپس بتن حاصل به آرامی داخل قالب‌ها که از قبل تمیز و روغنکاری شده ریخته می‌شود. در این زمینه از استاندارد ASTM C192 استفاده شده است.

شکل ۴- جک تعیین مقاومت بتن، میکسر کوچک، دستگاه توزین

همچنین جهت براورد مقاومت خمشی در هر مرحله از قالب‌هایی به ابعاد ۱۶x۴x۴ استفاده شده است. در شکل شماره ۵ نمونه‌ای از قالب‌های ریخته شده نمایش داده شده است.

شکل ۵- قالب برای مقاومت خمشی، قالب برای مقاومت فشاری

کلیه نمونه‌ها پس از یک روز در دمای آزمایشگاه باز شده و جهت عمل آوری در حوضچه آب قرار می‌گیرند. در شکل شماره ۶ نمونه‌ای از این حوضچه‌ها نشان داده شده است.

شکل۶- حوضچه آب جهت عمل آوری بتن

سپس در بازه‌های زمانی ۹۰، ۵۶، ۴۲، ۲۸، ۱۴، ۷، ۱ روزه بوسیله جک مخصوص شکسته و مقاومت آنها بدست می‌آید. جهت تعیین مقاومت نمونه‌ها از ضوابط و شرایط استاندارد ASTM C109 بهره گرفته شده است. شکل شماره ۷ نمونه‌های تحت آزمون‌های مقاومت فشاری و خمشی نشان داده شده است.

شکل ۷- نمونه‌های تحت آزمون خمشی و فشاری در محفظه مخصوص

در ادامه نیز جدول شماره ۵ مقادیر مقاومت‌ها را نمایش می‌دهد

جدول ۵- مقاومت نمونه ها

نام نمونه	مقاومت فشاری(MPa)							مقاومت خمشی(MPa)
	۱ روزه	۷ روزه	۱۴ روزه	۲۸ روزه	۴۲ روزه	۵۶ روزه	۹۰ روزه	۲۸ روزه
B_1	۲۵/۲	۵۱/۲	۶۵/۵	۴۸/۸	۵۵/۴	۴۱/۳	۵۵/۶	۱۵/۴۷
$B_{1.25}$	۱۶/۲	۳۸/۹	۴۰/۵	۴۶	۳۴/۸	۲۷/۷	۴۰/۸	۱۳/۶۶
$B_{1.5}$	۱۱/۳	۲۲/۷	۲۶/۶	۳۸/۳	۳۶/۷	۲۹	۲۶/۱۸	۱۲/۶۳
$B_{1.75}$	۸/۴	۲۵/۱	۲۹/۷	۳۰/۸	۳۱/۱۶	۲۶	۳۲/۸	۱۲/۳۸
B_2	۷	۱۹/۱	۲۳/۸	۲۴/۶	۲۰/۹	۲۳/۳	۲۳	۱۱/۶۰
$B_{2.25}$	۶/۲	۲۲/۴	۲۵/۶	۱۹/۴	۲۹/۲	۲۷/۹	۲۵/۴	۱۱/۳۴
$B_{2.5}$	۵/۷	۱۶/۲	۲۱/۱	۲۴/۹	۱۹/۸	۲۴/۲	۲۰/۶	۱۰/۳۱

در این مرحله با بهینه‌سازی نمونه‌های اخیر دو طرح مخلوط جدید به نام‌های B1 و B2 با نسبت‌های بهینه شده به عنوان شاهد و در ادامه با اضافه کردن خاک با درصدهای ۵، ۷/۵ و ۱۰ نمونه‌های اصلی ساخته می‌شوند. در جدول شماره ۶ این طرح‌ها نمایش داده شده است. حرف M در این جدول نشان خاک و اندیس آن درصد خاک نسبت به سیمان را بیان می‌کند.

جدول ۶- طرح‌های اختلاط

نام نمونه	سیمان/ ماسه	سیمان/ آب	سیمان/ خاک	فوق روان کننده
B1M0	۱/۲۰۷	۰/۳۳۸	۰/۰	۰/۰۱
B1M5	۱/۲۰۷	۰/۳۳۸	۰/۰۵۰	۰/۰۱
B1M7. 5	۱/۲۰۷	۰/۳۳۸	۰/۰۷۵	۰/۰۱
B1M10	۱/۲۰۷	۰/۳۳۸	۰/۱۰	۰/۰۱
B2M0	۱/۳۷۰	۰/۴۰	۰/۰	۰/۰۱
B2M5	۱/۳۷۰	۰/۴۰	۰/۰۵۰	۰/۰۱
B2M7. 5	۱/۳۷۰	۰/۴۰	۰/۰۷۵	۰/۰۱
B2M10	۱/۳۷۰	۰/۴۰	۰/۱۰	۰/۰۱

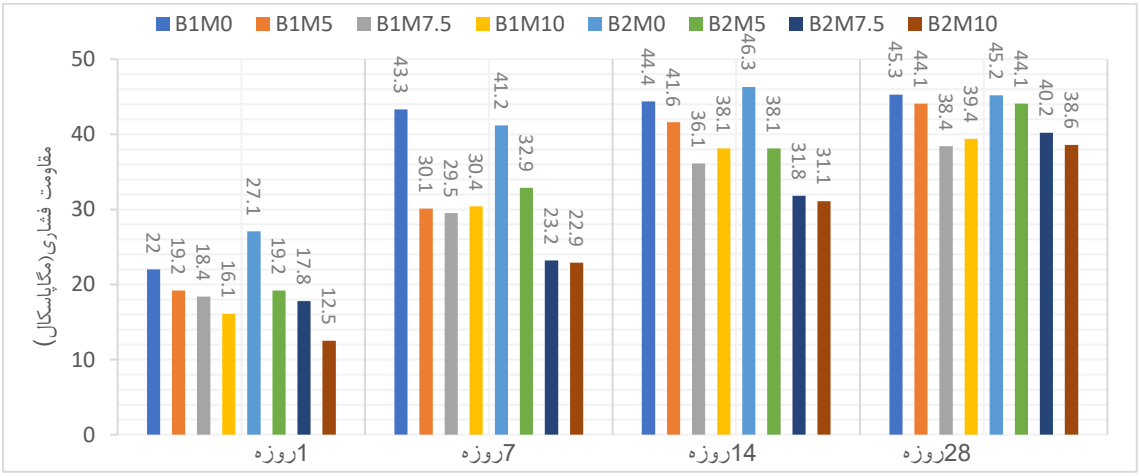
۳. ۲. جذب آب

برای انجام آزمون جذب آب مطابق استاندارد ASTM C642 از نمونه‌های عمل آوری ۲۸ روزه استفاده شد. پس از توزین، نمونه‌ها به تناوب در آون گذاشته و به مدت ۲۴ ساعت با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد نگهداری می‌شوند و تا وقتی اختلاف وزن قبل از ورود به آون و ورود مجدد آن به آون از ۰/۵ درصد کمتر نشده، ادامه می‌یابد. نمونه‌ها در این مرحله در ۴۸ ساعت به این شرایط رسیدند. سپس نمونه‌های خشک شده، وزن گردیده، به مدت ۲ روز در آب غوطه ور می‌شوند. بعد از آن سطح نمونه‌ها خشک شده دوباره وزن می‌گردند، تفاضل وزن‌ها در این مرحله و مرحله کاملا خشک به صورت درصد نسبت به خشک، جذب آب را بیان می‌کند.

شکل ۸- گرمخانه

۴. نمایش نتایج

نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های شاهد و اصلی حاوی خاک در شکل شماره ۹ نمایش داده شده است:

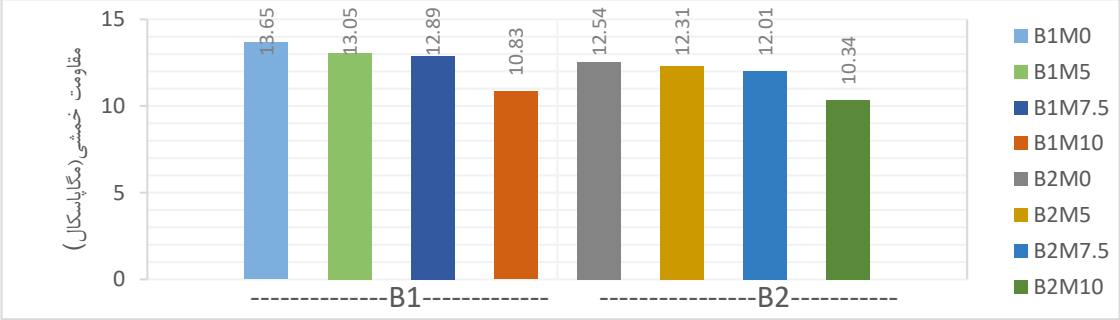


شکل ۹- مقاومت فشاری نمونه‌های شاهد و اصلی

در شکل اخیر مقایسه نمونه‌های بتن پودری با ماسه بادی حاوی خاک و بدون خاک انجام گرفته است. با اضافه شدن خاک در همه حالات مقاومت فشاری کاهش یافته است. در مقایسه نمونه‌های حاوی خاک نمونه دارای ۵ درصد خاک بهینه‌ترین حالت بوده است. به این ترتیب که با افزایش مقدار خاک از ۵ درصد به ۷/۵ درصد و سپس به ۱۰ درصد مقاومت فشاری رو به نزول بوده است. به نظر می‌رسد با توجه به اینکه ماسه بادی از فیلر کافی برای بتن برخوردار بوده، اضافه شدن خاک فیلر مخلوط را بیش از پیش اضافه نموده و عملا

سیمان نتوانسته دانه‌ها را بخوبی در بر بگیرد و بنابراین باعث ضعف در بتن شده و مقاومت را پایین آورده است. این وضعیت برای همه بازه‌های زمانی نیز صادق بوده است. به هر حال نمونه B1M5 در مجموع نمونه‌های حاوی خاک، با مقدار ۴۴/۱ مگاپاسکال دارای بهترین نتیجه بوده است.

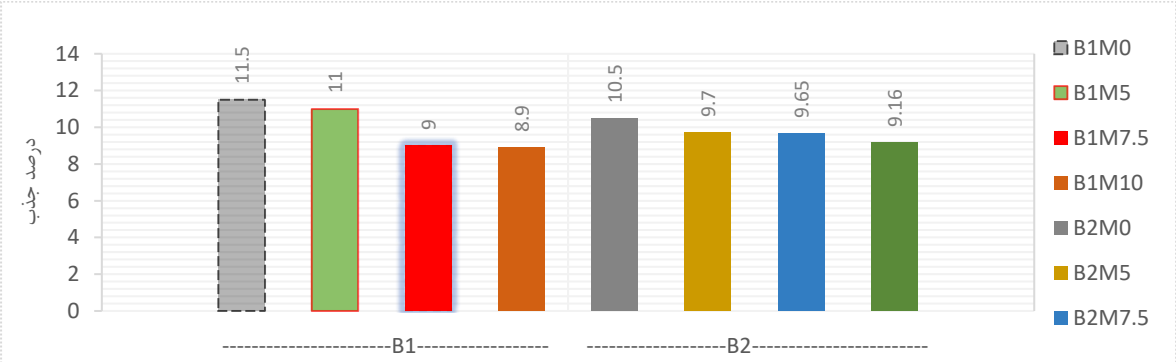
نتایج مقاومت خمشی نمونه‌های شاهد و اصلی حاوی خاک در شکل ۱۰ نمایش داده شده است:



شکل ۱۰- مقاومت خمشی نمونه‌های شاهد و اصلی

همه نمونه‌ها در سن ۲۸ روزه مورد آزمون بوده است. تمام نمونه‌های اصلی نسبت به نمونه شاهد متناظر خود دارای افت مقاومت خمشی بوده اند. علت آن به حد زیادی به ریز ساختار بودن ماسه بادی بر می‌گردد. با اضافه شدن خاک به مخلوط بتن، ظاهراً فیلر بتن زیادتر شده است. نمونه B1M5 در حالت حاوی خاک بالاترین مقدار را بدست آورده و این مقدار ۱۳/۰۵ مگاپاسکال بدست آمده است. .

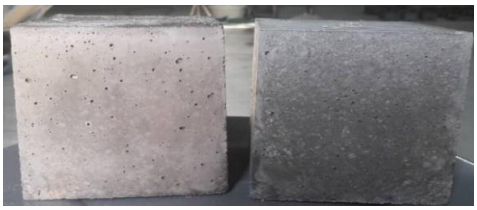
نتایج ناشی از آزمون جذب آب برای نمونه‌های در شکل ۱۱ نشان داده شده است:



شکل ۱۱- درصد جذب آب نمونه‌های شاهد و اصلی

ظاهراً بیشترین جذب آب بین مصالح، مربوط به ماسه بادی می‌باشد. خود ماسه بادی به شدت جاذب آب بوده و از این منظر مصالح خوبی به نظر نمی رسد، هر چند در نسبت‌های ماسه به سیمان کم تا مساوی یک، جسم توپرتری درست می‌کند و مصارف ویژه‌ای نیز در ساختمان دارد که دیگر مصالح گاهی توانایی آن را نخواهند داشت. با اضافه شدن خاک مطابق پیش بینی قبلی از میزان جذب آب

کم شده، هر چند مقدار تغییر در این بخش نیز آنچنان زیاد نیست. نمونه B2M10 با ۹/۱۶ درصد جذب آب در این بخش بهترین عملکرد را داشته است. یکی از اهداف این تحقیق بررسی احتمال رنگ دهی خاک قرمز بر بتن پودری حاوی ماسه بادی بوده است. در خلال آزمون‌های مختلف سعی شده این تغییرات نیز بررسی گردد. در زمینه رنگ دهی به بتن نتیجه خاصی حاصل نگردیده است. هر چند در نمونه‌های با ۱۰ درصد خاک مقداری تغییر رنگ مشاهده می‌شود، ولی این میزان ناچیز می‌باشد. همچنین در سنین بالاتر این تغییرات رنگ نامحسوس‌تر نیز می‌شود. در آنالیز شیمیایی خاک میزان اکسید آهن که عامل اصلی رنگ دهی در این خاک است، کم بوده، توانایی فام بخشی به رنگ قرمز در مقابل رنگ کاملا تیره سیمان مصرفی را ندارد.



شکل ۱۲- میزان تغییر رنگ در بتن با ۱۰ درصد خاک

به طور کلی به علت اینکه بتن پودری فاقد درشت دانه بوده، طبیعی است که دارای سطح ویژه بسیار زیادتری از بتن معمولی باشد و از طرف خاک بایستی بتواند دوره این دانه‌ها را پوشش دهد. به علت اینکه سطوح دانه‌ها بسیار وسیع شده توانایی این کار را در میزان قابل قبول برای رنگ دهی نخواهد داشت. لازم به یادآوری است که خاک تاثیر شیمیایی روی بتن نخواهد داشت و به صورت مخلوط با آن قرار می‌گیرد. در مخلوط بتن فقط سیمان و آب مصرفی بر هم تاثیر شیمیایی دارند و خمیر سیمان تولید می‌کنند که نوعی چسب است و مواد سنگی را بایستی به یکدیگر بچسباند. اضافه کردن مواد طبیعی به جهت رنگ دهی در حالت مخلوط قرار می‌گیرند، بنابراین بایستی به صورت طبیعی در کنار دانه‌های دیگر قرار گرفته و نقش خود را ایفا کنند.

۵. نتیجه گیری

در این پژوهش سعی شده تأثیرات کاربرد خاک قرمز منطقه لردگان بر بتن پودری بررسی شود. نتایج این بررسی به شکل خلاصه در زیر آورده شده است:

۱. کاربرد این خاک مقاومت فشاری را در همه نمونه‌ها کم نموده است. نمونه B1M5 که دارای ۵ درصد خاک در نمونه شاهد B1 است بهترین عملکرد را نشان داده است.

۲. - مقاومت خمشی نمونه‌های اصلی نسبت به نمونه‌های شاهد تغییرات محسوسی نشان نداده است. بهترین نمونه در این خصوص نیز نمونه B1M5(نسبت به نمونه شاهد) بوده است.

۳. - کاربرد این خاک در بتن در همه نمونه باعث کاهش جذب اب بتن شده است اما بیشترین کاهش مربوط به نمونه B1M10 بوده است. جذب آب در این نمونه ۸/۹ درصد بوده که کاهشی در حدود ۸ درصد را نشان می‌دهد.

۴. - در زمینه تغییر رنگ بتن، نتیجه چندان محسوس نبود. به نظر می‌رسد بستر نسبتاً تیره سیمان پرتلند تیپ ۱-۴۲۵ نتوانسته فام بخشی خوبی داشته باشد. لذا بایستی بستر را با سیمان‌های روشن‌تر و سفید تغییر داد.

۶. منابع

[1]. علیرضا خالو، محمود ایراجیان، ۱۳۸۲، طراحی وکنترل مخلوط‌های بتن، مؤسسه اطلاعات علمی دانشگاه شریف، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

[2]. علی اکبر پورقاسمی ساغند، محمدعلی دشتی رحمت آبادی، محمد پورقاسمی شاغند، ، ۱۳۹۹، اثر پساب تصفیه شده بر ویژگی‌های بتن پودری واکنشی ساخته شده از ماسه بادی طبیعی، دانه بندی شده و شسته شده بومی مناطق کویری ایران، کنفرانس بین المللی عمران، معماری، توسعه و بازآفرینی زیرساخت‌های شهری در ایران، تهران، ایران

[3]. علیرضا فیض نژادسیادهنی، محمد قنیری، سیدیاسر خلیلی، ۱۳۹۰، بررسی زیباشناختی استفاده از بتن رنگی در مبلمان شهری بتن رنگی اختراعی، همایش ملی سازه، راه، معماری، چالوس، ایران

[4]. محسن شمس الدینی، رامین طباطبایی میرحسینی، ۱۳۹۶، بررسی مقایسه‌ای مقاومت فشاری بتن خودتراکم حاوی مواد پودری ماسه بادی کرمان و مواد پودری سنگی، پنجمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار، مؤسسه آموزش عالی مهر اروند، تهران، ایران

[5]. مجید کریمی، محمدعلی دشتی رحمت آبادی، ۱۳۹۶، بررسی ویژگی‌های بتن گوری واگنشی ساخته شده از ماسه بادی فراوری شده بومی مناطق کویری ایران اولین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در علوم و مهندسی، مؤسسه آموزش عالی اقبال لاهوری، مشهد، ایران

[6]. محمدحسین تقوی، سعید احمدی، مجتبی احمدی، ۱۳۹۹، مطالعه و آزمایشگاهی مشخصات مکانیکی و مقاومتی خاک‌های ماسه‌ای ایران، هشتمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار، مؤسسه آموزش عالی خاوران، تهران، ایران

[7]. علیرضا چراغی، داوود قایدیان، ۱۳۹۹، بررسی تأثیر استفاده از پوزولان خاک سیاه نسوز معدن مهران آباده بر مشخصات مکانیکی و نفوذپذیری بتن، دهمین کنفرانس ملی شهرسازی معماری عمران و محیط زیست، شیروان، ایران

[8]. مجتبی گل نشین، مهدی مخبری، ۱۳۹۹، بررسی تأثیر خاک نسوز بر نسبت باربری کالیفرنیا در رس‌های حساس، هفتمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران معماری و مدیریت شهری، تهران، ایران

[9]. سید حسن موسوی، آزاده زایری، ۱۳۹۲، تأثیر سیلیکات سدیم روی خواص فیزیکی و مکانیکی بتن حاصل از ضایعات خاک نسوز و سرباره، پنجمین کنفرانس ملی بتن ایران، انجمن بتن ایران، تهران، ایران

[10]. علیرضا چراغی، علی اکبر حکمت زاده، ۱۳۹۷، بررسی تأثیر استفاده از پوزولان خاک سیاه نسوز معدن مهران آباده بر مشخصات نفوذپذیری بتن، ششمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار ایران، مؤسسه آموزش عالی مهر اروند، تهران، ایران

[11]. مجتبی گل نشین، محمد مخبری، داوود قایدیان، ۱۳۹۸، تأثیر استفاده از خاک نسوز کربنی بعنوان فیلر بر کارایی بتن خود متراکم، نخستین کنفرانس بین المللی شهر هوشمند چالش‌ها و راهبردها، مؤسسه آموزش عالی آپادانا شیراز، شیراز، ایران

[12]. سعید سالاری پاشغی، سید طاها طباطبایی، ۱۳۹۷، بررسی تأثیر بکارگیری خاک سرخ هرمز بر مقاومت فشاری بتن رنگی، دهمین کنفرانس ملی بتن، انجمن بتن ایران، تهران، ایران

[13]. Pera, J. , Boumaza, R. , J Ambroise, J. , 1997. Development of Pozzolanic Pigment from Red Mud, Cement and Concrete Research