Archive of SID

نشریه علمی-پژوهشی "مهندسی معدن"

Iranian Journal of Mining Engineering
(IRJME)

دوره چهارم، شماره هفتم، سال ۱۳۸۸، صفحه ۳۵ تا ۴۲

Vol. 4, No.7, 2009, pp.35-42

بررسی آزمایشگاهی تاثیر نوع و میزان کانی‌های رسی بر مقاومت فشاری بتن پلاستیک

احمد طاهرشمسی[۱*]، آرش بختیاری*[۲]، نیلوفر بینازاده[۳]

۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، Tshamsi@aut.ac.ir
۲- دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، Arash.bakhtiary@gmail.com
۳- دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(دریافت ۲۱ دی ۱۳۸۷ ، پذیرش ۱۷ مرداد ۱۳۸۸)

چکیده

خاک رس به علت داشتن خصوصیات تورم، نفوذپذیری کم و وفور آن در طبیعت همواره در ساخت سازه‌های هیدرولیکی سبک و سنگین مورد توجه بوده است. از رس‌ها در ساخت جزء آب بند سدها که هسته سد خاکی، دیوارهای آب بند، پرده تزریق و کف پوش‌های رسی می‌باشد و همچنین ساخت سازه‌های هیدرولیکی سبک مانند پوشش کانال‌ها استفاده می‌شود. در این مقاله سعی شده است که اثر دو نوع کانی رس بر مقاومت فشاری بتن پلاستیک ساخته شده از آنها، مورد بررسی قرار گیرد. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که در صورت استفاده از معیار مقاومت فشاری نمونه‌ها برای ارزیابی حدود تأثیرگذاری نوع رس بر ویژگی‌های مکانیکی بتن پلاستیک، افزودن رس بنتونیتی پیامدهای مطلوب‌تری نسبت به رس کائولینیتی در بتن پلاستیک دارد. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق یک رابطه تجربی برای تخمین مقاومت فشاری بتن پلاستیک بر پایه دو پارامتر عیار رس (نسبت کانی رس به ماسه) و سن نمونه ارائه شده است.

کلمات کلیدی

بتن پلاستیک، مقاومت فشاری، بنتونیت، کائولینیت.

* عهده‌دار مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

رس‌ها کانی‌هایی هستند که اندازه ذرات تشکیل دهنده آنها کمتر از ۲ میکرومتر است. کانی‌های تشکیل دهنده رس موجب بروز خاصیت چسبندگی می‌شود. ذرات رس از نظر الکتروشیمیایی فعال هستند و با مخلوط شدن با آب خاصیت چسبندگی از خود نشان می‌دهند در صورتی که کانی‌های درشت دانه‌تر این خصوصیت را ندارند.

از دیدگاه شیمیایی، کانی‌های رس غالباً سیلیکات‌های آلومینیم و یا آهن و منیزیم است. همچنین بعضی از آنها عناصر قلیایی و یا قلیاهای خاکی را به عنوان اجزای اصلی شامل می‌شوند. این کانی‌ها کریستالی بوده و اتم‌های آنها با الگوی خاصی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند[۱].

استفاده از سیمان برای اصلاح برخی از ویژگی‌های رس در کاربری‌های مهندسی سابقه‌ای طولانی دارد. احتمال قوی می‌رود ذهنیت‌های اولیه برای اصلاح خاک‌های رس‌دار تحت تأثیر فنآوری شفته آهکی بوده است. البته این فناوری از زمان‌های بسیار دور در کارهای ساخت و ساز مورد استفاده بوده است. کاربری‌های مهندسی رس پهنه گسترده‌ای دارد که یکی از آنها در سازه‌های هیدرولیکی می‌باشد. رس‌ها به علت داشتن خصوصیات تورمی و نفوذپذیری کم و با توجه به اینکه به وفور در طبیعت یافت می‌شود، همواره در ساخت سازه‌های هیدرولیکی سبک و سنگین مورد توجه بوده است. از رس‌ها در ساخت اجزاء آب بند سدها (هسته سد خاکی، دیوارهای آب بند، پرده تزریق و کف‌پوش‌های رسی) و همچنین ساخت سازه‌های هیدرولیکی سبک مانند پوشش کانال‌ها بهره گرفته می‌شود[۲].

از آنجا که کنترل نشت به جهت عملکرد ایمن سدهای خاکی بسیار با اهمیت است لذا اجزاء آب بند این نوع سدها از مواد رسی انتخاب می‌شود. در صورتی که برای ساخت جزء آب بند سدهای خاکی از بتن معمولی استفاده شود به علت صلبیت این بتن، همزمان با تغییر شکل بدنه سد و پی آن، دیواره آب بند با بتن معمولی تخریب می‌شود. لذا در انتخاب این نوع آب بندها از مصالحی استفاده می‌شود که اولا نفوذناپذیر باشند، ثانیا دارای مقاومت کافی و سختی متناسب با ساختگاه بدنه سد را داشته باشد و در برابر تغییر شکل‌های حاصله مقاومت کند. قابل قبول بودن سازگاری کرنش دیواره آب بند و خاک اطراف باعث می‌شود که اضافه تنشی بر روی دیوار به‌وجود نیاید و همچنین اجازه می‌دهد که بتن و خاک اطراف با هم و بدون جدایش با یکدیگر عمل نمایند[۳].

عاملی که باعث بروز خصوصیات متفاوت از بتن معمولی در بتن پلاستیک می‌شود حضور رس از نوع بنتونیت در این مصالح است. نسبت آب به سیمان بالا و حضور رس در این نوع از بتن وجه تمایز این نوع بتن و بتن معمولی است. بنتونیت موجود در بتن باعث می‌شود که بتن پلاستیک شکل‌پذیری بیشتری از خود نشان دهد. همچنین وجود بنتونیت باعث می‌شود که نفوذپذیری بتن افزایش یابد. حضور رس منجر به کاهش مقاومت فشاری بتن پلاستیک نیز می‌شود. البته به این نکته نیز باید توجه داشت که افزایش مقاومت همراه با کاهش شکل‌پذیری بتن خواهد شد که مطلوب نیست[۳].

کارونا‌راتنه[1] و همکاران در پژوهشی کاربردی به امکان‌پذیری استفاده از ترکیب بنتونیت و کائولینیت به جای بنتونیت خالص در ساخت پوشش‌های رسی نفوذ ناپذیر پرداخته‌اند. انگیزه انجام این پژوهش، کمبود رس بنتونیت خالص در جنوب آسیا و در مقابل فراوانی رس کائولینیت در این منطقه عنوان شده است [۴]. نتایج این پژوهش نشان داده است که خصوصیات تحکیم‌پذیری بنتونیت خالص و مخلوط بنتونیت با کائولینیت به نسبت ۱:۱ بسیار نزدیک به هم است. همچنین میزان نفوذپذیری مخلوطی از این دو نوع رس به نفوذپذیری بنتونیت خالص بسیار نزدیک است. آزمایش‌های نفوذپذیری نشان‌داده‌اند که نفوذپذیری مخلوط بنتونیت با کائولینیت به نسبت ۱:۱، ۳/۷۵ برابر بیشتر از مقدار نفوذپذیری بنتونیت خالص است. نهایتا با اتکا به یافته‌های بالا، نتیجه‌گیری شده است که مخلوط بنتونیت و کائولینیت به نسبت ۱:۱ می‌تواند جایگزین مناسبی برای بنتونیت خالص باشد[۴].

در سال ۲۰۰۵ استاوریداکیس[2] چگونگی تأثیرگذاری افزودن سیمان بر خواص خاک‌های متشکل از کائولینیت، بنتونیت و ماسه را مورد بررسی قرار داده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که افزودن سیمان به چنان خاک‌هایی می‌تواند موجب بهبود مشخصات دوام و مقاومت فشاری آنها شود. دیگر یافته‌های این پژوهش نشان داده‌اند که در کاربری‌های تثبیت خاک، برای آنکه بنتونیت به خصوصیات مناسب مقاومت و دوام برسد میزان سیمان بیشتری نسبت به بقیه رس‌ها نیاز دارد و کائولینیت با مقدار مقرون به صرفه‌تری از سیمان به خصوصیات مطلوب می‌رسد [۵].

۲-مواد و روش‌ها

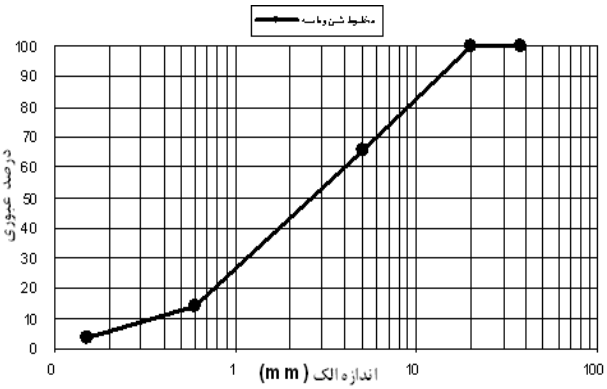
۲-۱- خصوصیات مصالح بکار رفته

سنگدانه مصرفی در این تحقیق اعم از مصالح ریز دانه و درشت دانه از نوع شکسته بوده و از شرکت متوساک تهیه

www.SID.ir

Archive of SID

شده‌اند و به صورت خشک در بتن استفاده شده‌اند. در تمام آزمایش‌ها برای از بین بردن اثر پارامترهای غیر مرتبط با اهداف پژوهش، سنگدانه‌های مصرفی دارای یک دانه‌بندی ثابت بوده‌اند. مشخصات دانه‌بندی این مصالح بصورت بارزی در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱: منحنی دانه بندی

۲-۲- سیمان و آب

در کلیه مراحل این پژوهش، سیمان تیپ ۲ کارخانه سیمان تهران استفاده شده است و برای ساخت بتن پلاستیک آب آشامیدنی شهر تهران بکار برده شده است.

۲-۳-مواد کلوئیدی

در ابتدا مقرر شده بود که در این مطالعه تاثیر سه نوع رس مختلف شامل بنتونیت، کائولینیت و ایلیت مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور نیز علاوه بر تهیه کائولینیت و بنتونیت از بازار مصالح در تهران، اقدام به تهیه ایلیت از سه قرضه مختلف شد. قرضه‌های شناسایی شده عبارتند از، ساختگاه سد عنبران در نزدیکی شهر نمین، قرضه ریزدانه‌ای از مصالح چسبنده واقع در مخزن سد ماملو در منطقه پارچین ورامین و قرضه شناسایی شده برای تأمین مصالح هسته سد اندبیل در نزدیکی خلخال. لیکن در عمل هیچ کدام از قرضه‌های شناسایی شده دارای رس با درصد خلوص مناسب تشخیص داده نشد تا بتوان یافته‌های آزمایشگاهی با دو نوع رس دیگر را مقایسه کرد. ایلیت استخراج شده از قرضه اول به علت داشتن مواد آلی نسبتاً زیاد و ایلیت دو قرضه دیگر نیز بعلت داشتن مقادیر زیادی از سیلت، غیر مناسب تشخیص داده شدند. شایان ذکر است که بر روی هیچ یک از رس‌ها تست اشعه ایکس (X ت Ray Test) انجام نشد و تعیین نوع رس مورد استفاده متکی به آزمایش‌های مبنا (تعیین حدود خمیری و روانی) در آزمایشگاه خاک بوده است. از این رو در این تحقیق ناگزیر، از بررسی چگونگی تأثیرگذاری ایلیت صرف نظر شد و این بخش از آزمایش‌ها از برنامه مطالعه حذف شد.

برای نشان دادن ویژگی‌های دو نوع دیگر از مصالح کلوئیدی مصرفی، نمونه‌هایی از کائولینیت و بنتونیت فرآوری شده مورد استفاده در آزمایش‌ها انتخاب شده و بر روی آنها آزمایش‌های استاندارد حدود اتربرگ انجام شد.

یافته‌های این آزمایش‌ها در جدول ۱ و بصورت معیارهای حدود روانی و خمیری ارائه شده‌اند. شایان ذکر است که آزمایش حد روانی بوسیله جام کاساگرانده و حد خمیری با بهره‌گیری از روش فتیله کردن تعیین شده‌اند[۶].

جدول ۱: ویژگی‌های رس‌های مورد استفاده

نوع رس مصرفی	حد روانی LL	حد خمیری PL	نشانه خمیری PI
بنتونیت	۱۱۲/۸	۳۳/۹۴	۷۸/۸۶
کائولینیت	۸۰/۳۴	۳۳/۳۳	۴۷/۰۱

۲-۴- طرح اختلاط

کاوش در ادبیات فنی مرتبط با کاربری‌های بتن پلاستیک در سدسازی نشان می‌دهد که به علت وجود محیط‌های متفاوتی که بتن پلاستیک در آن اجرا می‌شود و اهمیت هماهنگی رفتار بتن پلاستیک و محیط اطراف آن، طرح‌های اختلاط بسیار متنوعی جهت ساخت بتن پلاستیک پیشنهاد شده است. در این پژوهش توصیه کمیسیون جهانی سدهای بزرگ (ICOLD) مورد استفاده قرار گرفت[۷] و [۸]. خلاصه این طرح اختلاط به شرح ذیل است:

بنتونیت	۲ تا ۱۲٪ وزن آب مصرفی
آب	۴۰۰ تا ۵۰۰ لیتر در مترمکعب
سیمان	۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در متر مکعب
مصالح سنگی	کمتر از ۱۵۰۰ کیلوگرم در متر مکعب
نسبت سیمان به آب	کمتر از ۰/۳

علاوه بر این توصیه‌های مندرج در مأخذ شماره [۹] رعایت شده است که بشرح ذیل است:

نسبت آب به مواد جامد	حدود ۲٪
مقدار مجاز سیلت (ناخالصی)	حدود ۱۵٪

چون در این پژوهش بررسی نوع رس بر خواص بتن پلاستیک مورد نظر بوده است، لذا در کلیه مراحل طراحی و ساخت نمونه‌ها نسبت رس به ماسه (عیار رس) تغییر داده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

لیکن سایر اجزاء طرح اختلاط ثابت نگه داشته شد تا با حذف اثرات آنها در معیارهای ارزیابی، بتوان نتیجه تغییرات عیار رس بر خواص بتن پلاستیک را ارزیابی کرد. از طرفی چون مقرر بود نمونه‌های تولید شده با امکانات موجود آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گیرد، لذا با هدف تسریع در انجام مشاهدات، از کمترین مقدار آب توصیه شده برای طرح اختلاط استفاده شود. در نتیجه طرح اختلاط به صورت جدول ۲ در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که در این تحقیق درصد مواد کلوئیدی به ماسه به عنوان پارامتر بی بعد عیار رس معرفی شده است.

بنابراین تفاوت سه طرح اختلاطی که در هر سری از آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت، فقط در عیار مواد کلوئیدی آن بود. در مجموع ۶ طرح اختلاط مختلف جهت ساخت بتن استفاده شد.

پس از انتخاب طرح اختلاط و با توجه به آنکه درصد جذب آب برای بنتونیت بیشتر از کائولینیت است یک مخلوط آزمایشی مقدماتی با استفاده از کائولینیت ساخته شد تا طرح اختلاط انتخابی تدقیق شود. در نمونه‌های ساخته شده با مخلوط آزمایشی یاد شده، چون اسلامپ نمونه‌ها به حدود ۲۶ سانتی‌متر می‌رسید، لذا برای کاهش اسلامپ، مقدار آب موجود در طرح اختلاط به ۳۰۰ لیتر در متر مکعب کاهش و این مقدار در تمامی مخلوط‌ها ثابت نگه داشته شد.

جدول ۲: طرح اختلاط انتخابی برای تولید نمونه‌های بتن پلاستیک

اجزاء تشکیل دهنده مخلوط	در متر مکعب	
	مقدار	واحد
آب(طرح اولیه)	۴۰۰	لیتر
آب(طرح نهایی)	۳۰۰	لیتر
سیمان	۱۲۰	کیلوگرم
مواد کلوئیدی	۱۶ ۳۲ ۴۸	کیلوگرم
شن	۴۵۰	کیلوگرم
ماسه	۹۰۰	کیلوگرم
سیلت	۱۵۰	کیلوگرم

۲-۵- تهیه نمونه‌ها

به منظور نیل به اهداف این پژوهش و انجام آزمایش‌های مقاومت فشاری تک محوری، لازم بود تا شماری از نمونه‌های بتن پلاستیک ساخته شوند. در این راستا برای هر طرح اختلاط ۱۲ نمونه مکعبی با ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر جهت اندازه‌گیری مقاومت فشاری در سنین ۷ ، ۲۸ و ۹۰ روزه در نظر گرفته شد.

به منظور تولید یک مخلوط مشخص از بتن پلاستیک، ابتدا مواد کلوئیدی مورد استفاده در آن مخلوط بمدت ۴۸ ساعت در مقداری از آب طرح اختلاط در درون ظرف‌های در بسته (برای پرهیز از تبخیر)، خیسانده می‌شد. این مرحله از عملیات اختلاط در کارهای ساخت بتن پلاستیک در کارگاه‌های سدسازی نیز دقیقاً رعایت می‌شود و هدف از انجام آن، عمل‌آوری کانی‌های رس در محیط آب و رسیدن آنها به تعادل شیمیایی در سطح بلورها است[۵]. سپس برای تولید مخلوط و ساخت نمونه‌ها، خمیر بدست آمده از خیساندن رس به همراه سیلت و باقیمانده آب طرح اختلاط به صورت گل درآورده شده و به سنگدانه‌ها و سیمان در مخلوط کن، افزوده می‌شدند.

پس از آماده شدن مخلوط و رسیدن آن به یکنواختی لازم، اسلامپ بتن پلاستیک اندازه‌گیری می‌شد تا در صورت تطبیق با مقادیر اسلامپ بارز اقدام به ساخت نمونه‌ها شود. برای ساخت نمونه‌ها مقداری کافی از مخلوط چنان در درون قالب‌ها ریخته می‌شد تا کمترین هدرروی را داشته باشد.

شایان ذکر است که برای ساخت نمونه‌ها در قالب مکعبی، بتن ریزی در دو لایه انجام می‌شد. پس از ریختن هر لایه بر روی میز ویبره، عملیات فشرده کردن با ارتعاش انجام می‌شد. قالب‌ها پس از ۲۴ ساعت باز شده و تمامی نمونه‌ها در محلی محفوظ و از قبل تعیین شده با شرایط یکسان عمل‌آوری می‌شدند.

۲-۶-عمل‌آوری نمونه‌ها

اصولاً عمل‌آوری نمونه‌ها به دو منظور انجام می‌شود. اولاً برای فراهم آوردن رطوبت کافی برای انجام واکنش‌های سیمان که نیاز به رطوبت مناسب دارد تا از ایجاد ترک‌های پلاستیک روی سطح بتن جلوگیری شود. ثانیاً برای ایجاد دمای مناسب و مقابله با مسایل حرارتی بتن. با توجه به اینکه هدف از انجام آزمایش‌ها در این پژوهش مقایسه بین رفتار مکانیکی بتن‌های پلاستیک ساخته شده از رس‌های متفاوت و عیارهای متفاوت آن بوده است، لذا برنامه آزمایش‌ها چنان تعیین شد که تمامی نمونه‌ها در شرایط یکسان و در محلی معین در آزمایشگاه بدون در نظر گرفتن روش خاصی برای عمل‌آوری نگهداری شوند.

۲-۷-نتایج اندازه‌گیری مقاومت فشاری نمونه‌ها

نمونه‌های ساخته شده از مخلوط‌های مختلف بتن پلاستیک که قبلا شرح داده شد، پس از عمل‌آوری و در سنین از پیش تعیین شده بر طبق برنامه تحقیق، تحت آزمایش مقاومت

www.SID.ir

Archive of SID

فشاری قرار داده شدند. با رعایت روش استاندارد شرح داده شده در ASTM C39 جهت اندازه‌گیری مقاومت فشاری تک محوری از یک دستگاه پرس ۲۰ تن با جزئیاتی متعارف برای آزمایشگاه‌های بتن، استفاده شد. شایان ذکر است که مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی شکل بتن پلاستیک ساخته شده در این پژوهش، در سنین ۷ ، ۲۸ و ۹۰ روزه اندازه‌گیری و ثبت شده‌اند. برای سهولت انتساب مقادیر به نمونه‌های مختلف، به هر کدام از طرح‌های اختلاط، یک شناسه تخصیص داده شد که چگونگی آن در جدول ۳ ارائه شده است.

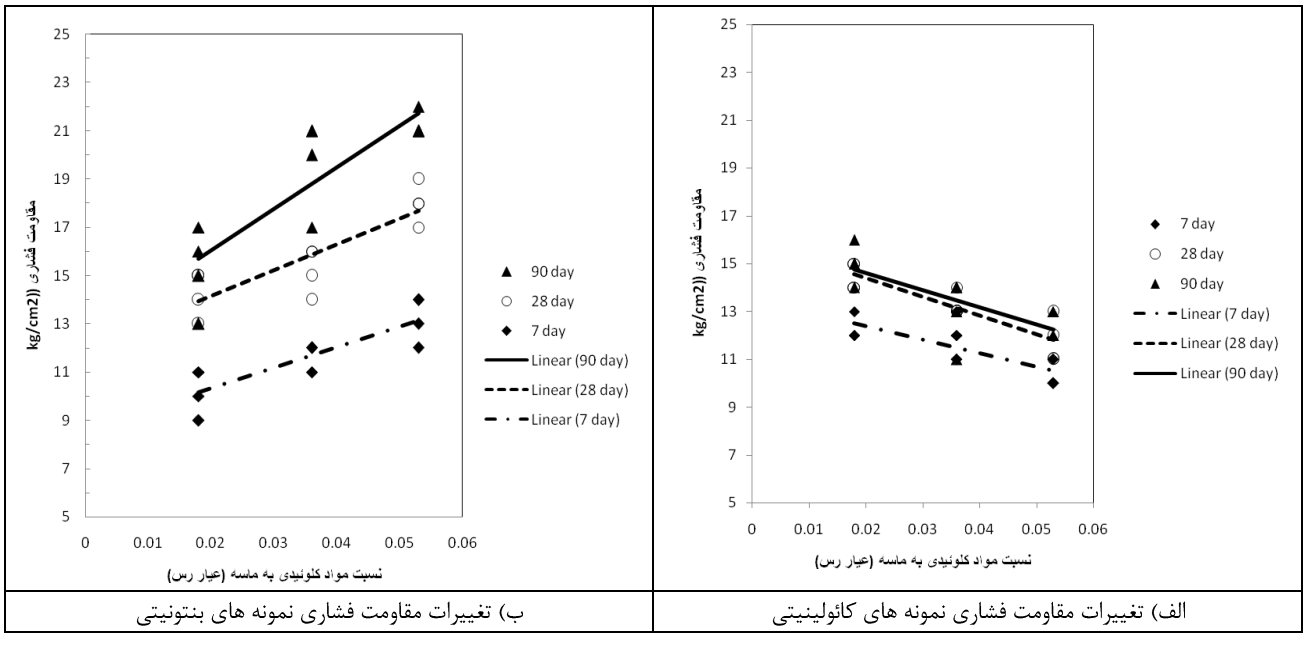
نتایج آزمایش برای نمونه‌های یاد شده در جدول ۴ آورده شده است. با بهره‌گیری از مقادیر بدست آمده برای مقاومت فشاری نمونه‌ها در سنین مختلف، اقدام به ترسیم منحنی‌های تغییرات مقاومت فشاری در مقابل زمان شد. این منحنی‌ها در شکل ۲ نشان داده شده‌اند.

جدول ۳ : شناسه‌های تخصیص داده شده به میزان رس مصرفی در طرح اختلاط

شناسه	ویژگی درطرح اختلاط	مقادیر در یک متر مکعب
B-48	بنتونیت	۴۸
B-32	بنتونیت	۳۲
B-16	بنتونیت	۱۶
K-48	کائولینیت	۴۸
K-32	کائولینیت	۳۲
K-16	کائولینیت	۱۶

جدول ۴: نتایج مقاومت فشاری نمونه‌ها

کد طرح	اسلام پ (cm)	مقاومت ۷ روزه (Kg/cm^2)				مقاومت ۲۸ روزه(Kg/cm^2)				مقاومت ۹۰ روزه (Kg/cm^2)			
B-48	۱۶.۵	۱۴	۱۲	۱۴	۱۳	۱۷	۱۸	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۱	۲۱
B-32	۲۱	۱۲	۱۱	۱۲	۱۱	۱۶	۱۵	۱۴	۱۶	۱۷	۲۱	۲۱	۲۰
B-16	۲۲	۹	۱۱	۱۰	۱۱	۱۳	۱۵	۱۵	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۳
K-48	۲۰	۱۰	۱۰	۱۱	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۳	۱۲	۱۳	۱۲	۱۳
K-32	۲۰.۵	۱۳	۱۲	۱۱	۱۲	۱۳	۱۳	۱۴	۱۳	۱۴	۱۳	۱۱	۱۴
K-16	۲۱.۵	۱۲	۱۳	۱۲	۱۲	۱۵	۱۴	۱۵	۱۴	۱۶	۱۵	۱۴	۱۵



الف) تغییرات مقاومت فشاری نمونه های کائولینیتی

ب) تغییرات مقاومت فشاری نمونه های بنتونیتی

شکل ۲ : تغییرات مقاومت فشاری نمونه ها

www.SID.ir

Archive of SID

۳-بحث

یکی از عوامل مهم موثر بر پارامترهای مقاومتی بتن‌های سیمانی، چگونگی عمل‌آوری نمونه‌ها است. به طوری که عمل‌آوری در روزهای نخست تاثیر بسیار زیادی بر روی مقاومت فشاری بتن دارد. در مکان‌هایی که بتن پلاستیک اجرا می‌شود امکان عمل‌آوری به شکل مرسوم آن وجود ندارد ولی چون معمولاً مکان‌هایی که در آن بتن پلاستیک اجرا می‌شود، زیر سطح ایستابی قرار دارند (منطقه پی سد) بنابراین ممکن است اینگونه تصور کرد که نوعی عمل‌آوری غیرعمدی صورت می‌گیرد. ازطرفی چون در قسمت‌هایی که بالای سطح ایستابی قرار می‌گیرند امکان عمل‌آوری وجود ندارد لذا در این گونه نواحی هیچگونه فرآیندی که قابل قیاس با عمل‌آوری‌های متعارف باشد رخ نمی‌دهد.

مشاهدات بعدی بر روی تغییرات پارامترهای مقاومتی این نمونه‌ها در مقابل گذشت زمان نشان دهنده واقعیتی بوده که نیاز به تفسیر – ویا احتمالاً تعبیر – ویژه دارد.

همانگونه که قبلاً اشاره شد، خصوصیات فیزیکوشیمیایی رس‌ها به‌عنوان افزودنی‌های ویژه که در طرح اختلاط بتن پلاستیک به کار گرفته شده‌اند، باعث بروز رفتار متفاوتی نسبت به بتن معمولی شده است. اولین تاثیر این مواد بر روی اسلامپ بتن مشاهده شده است که با وجود نسبت آب به سیمان و اجزای یکسان در طرح اختلاط‌های مختلف دارای انواع متفاوت از کانی‌های رسی، فقط تحت تأثیر تفاوت نوع رس، اسلامپ‌های متفاوتی نشان داده شدند. احتمالاً این امر این گونه قابل تفسیر است که آب طرح اختلاط، توسط مواد کلوئیدی جذب شده است. از طرفی چون قابلیت جذب آب بنتونیت به‌دلیل ساختمان کانی‌شناسی آن به مراتب بیشتر از کائولینیت است. به همین سبب نیز اسلامپ بتن‌های ساخته شده از بنتونیت کمتر از نمونه‌های نظیر ساخته شده از کائولینیت بوده است. روی دیگر سکه در این تفسیر این است که این مشاهدات حاکی از آن می‌باشند که در درون ماتریس چندفازی نمونه‌های ساخته شده از بنتونیت، آب بیشتری ذخیره شده است.

اگر پارامتر مقاومت فشاری مورد بررسی دقیق‌تر قرار گیرد، همان‌طور که در نتایج آزمایش‌ها مشخص شده، نمونه‌های ساخته شده از بنتونیت با گذشت زمان به ویژه پس از ۲۸ روز، افزایش مقاومت قابل ملاحظه‌ای را نشان داده‌اند. درحالیکه مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته شده از کائولینیت تقریباً ثابت مانده و تغییر محسوسی را نشان نداده‌اند.

از ترکیب این دو بحث با یکدیگر می‌توان اینگونه جمع‌بندی کرد که جذب آب کانی رسی از دو جهت می‌تواند بر تغییرات مقاومت موثر باشد، وجود مواد کلوئیدی باعث جذب بخشی از یون‌های فعال (بویژه کلسیم) سیمان شده و کمتر شدن تعداد واکنش‌های هیدراتاسیون سیمان را نتیجه می‌دهد.

در شرایطی که آب از طریق عمل‌آوری برای بتن تامین نشود، وجود آب ذخیره شده توسط کانی‌های رسی و آزاد شدن تدریجی بخشی از این آب‌ها تحت تأثیر انرژی واکنش‌های شیمیایی، می‌تواند آب لازم جهت تکمیل واکنش‌های هیدراتاسیون سیمان را فراهم آورد. بدین ترتیب رس خود عامل عمل آوری نمونه‌ها شده است.

بنابراین وجود کانی‌های رسی و قابلیت‌های متفاوت آنها درجذب آب، ممکن است منجر به ایجاد تغییراتی در پارامترهای مقاومتی و بخصوص مقاومت فشاری نمونه‌ها شود. در مورد نمونه‌های ساخته شده از بنتونیت افزایش مواد کلوئیدی باعث افزایش مقاومت فشاری نمونه‌ها شده و به نظر می‌رسد که جذب آب بر جذب کلسیم برتری داشته است. در صورتی که در مورد نمونه‌های ساخته شده از کائولینیت عکس این اتفاق رخ داده است. به این معنی که جذب کاتیون بر جذب آب غلبه کرده است که با توجه به جذب آب کم کائولینیت این مسئله قابل توجیه می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله در یک تحقیق آزمایشگاهی تاثیر دو نوع رس بنتونیت و کائولینیت بر مقاومت فشاری بتن پلاستیک بررسی شد. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که از نظر تأثیرگذاری ساختار کانی‌شناسی رس‌های مختلف بر ویژگی‌های مکانیکی بتن پلاستیک که برای کاربری‌های پی‌سازی سدهای خاکی اهمیت دارند. تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های آزمایش شده وجود دارد. اضافه کردن عیار رس (نسبت رس به ماسه) برای دو نوع کانی بنتونیت و کائولینیت نتایج مختلفی را در برداشته است. در این تحقیق با افزودن عیار رس بنتونیت، مقاومت بتن پلاستیک به میزان ۲۰ تا ۳۵ درصد اضافه شده است. شیب این تغییرات مقاومت با افزایش سن نمونه‌های بتنی بیشتر شده است. همچنین با افزایش سن نمونه‌های بتن با عیار ثابت رس، مقاومت فشاری آنها نیز افزوده شده است. روند تغییر مقاومت فشاری برای رس کائولینیت حالتی متفاوت را از خود نشان داده است. در این کانی رس با اضافه شدن عیار رس مقاومت فشاری نمونه‌ها در حدود ۱۶ درصد کاهش یافته است.

www.SID.ir

Archive of SID

میزان این تاثیر در رس کائولینیت در سنین مختلف نمونه‌های بتنی تقریبا یکسان بوده است. در رس کائولینیت نیز با افزایش سن نمونه‌ها با یک عیار ثابت، مقاومت آنها افزوده شده است.

بر طبق یافته‌های این تحقیق، در صورت استفاده از معیار مقاومت فشاری نمونه‌ها برای ارزیابی حدود تأثیرگذاری نوع رس بر ویژگی‌های مکانیکی بتن پلاستیک، مشاهدات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که در محدوده اعتبار یافته‌های این تحقیق، رس بنتونیت پیامدهای مطلوب‌تری نسبت به رس کائولینیت در بتن پلاستیک دارد.

تحلیل همبستگی بین دو متغیر مستقل عیار رس در نمونه (نسبت وزنی رس به ماسه) و سن نمونه از یک سو و متغییر وابسته مقاومت فشاری از سوی دیگر به یک بیان ریاضی پارامتریک از چگونگی اثرگذاری رس بر ویژگی‌های مکانیکی بتن پلاستیک می‌توان دست یافت که در محدوده اعتبار یافته‌های این تحقیق، شکل عمومی زیر را برای رس مونت‌مورینولیت دارد:

$$S = 8.017 + 0.077 * T + 2.563 * C \qquad (۱)$$

که در این معادله C عیار رس (نسبت وزنی رس به ماسه)، T سن نمونه و S مقاومت فشاری نمونه‌ها است.

این رابطه برای رس کائولینیت به صورت زیر است:

$$S = 14.2 + 0.024 * T - 1.486 * C \qquad (۲)$$

لازم به ذکر است که روابط پیشنهاد شده در بازه نتایج این تحقیق حاصل شده‌اند.

از دیدگاه تأثیرگذاری عیار هر یک از انواع رس‌های مورد آزمایش بر معیار اسلامپ معرف بارز قابلیت کارآیی مخلوط تازه است. مشاهدات آزمایشگاهی در این تحقیق برتری مخلوط‌های ساخته شده با بنتونیت برای دامنه نسبتاً گسترده‌ای از نسبت‌های آب به سیمان را نشان می‌دهد. بطوریکه دامنه تغییرات نمونه‌های ساخته شده با کائولینیت تقریباً نسبت به تغییر عیار رس بی‌تاثیر است. در حالی که نمونه‌های ساخته شده از بنتونیت بازه وسیع‌تری از تغییرات را نسبت به تغییر عیار رس نشان داده‌اند.

خصوصیات کانی‌شناسی رس‌ها، ممکن است بر محدودیت‌های اعمال شده بر روی واکنش‌های شیمیایی سیمان (مثلاً حذف رطوبت در دوران عمل‌آوری) هم تأثیرگذار باشند. به نظر می‌رسد که اگر نمونه‌ها در طول دورانی که برای رسیدن به یک سن مشخص طی می‌کنند، در فضای خشک نگهداری شوند، رس مونت‌موریلونیت با پس دادن بخشی از آب جذب شده در میان لایه‌های بلورهای خود بتواند از توقف واکنش‌های شیمیایی (بدلیل خشکی محیط) جلوگیری کرده و به بالا رفتن پارامترهای مقاومتی نمونه‌ها کمک کند. لیکن در شرایطی کاملا مشابه، نمونه‌های ساخته شده با استفاده از رس کائولینیت نتوانسته‌اند افزایش مشابهی در پارامترهای مقاومتی نمونه‌ها ایجاد کنند. اهمیت این موضوع در آن است که برای شرایط متعارف کارگاهی که با عملیات خشک اندازی[۳]، پی سد عاری از آب نگه داشته می‌شود و ممکن است تراز آب زمینی در صورت استفاده از دیگر انواع رس‌ها نیاز به تنظیم داشته باشد و یا بالعکس.

ترتیب توالی عملیاتی متداول برای ساخت مخلوط بتن پلاستیک که در هنگام ساخت نمونه‌های اصلی این تحقیق دقیقاً رعایت شده است، ممکن است که نقشی در ویژگی‌های مکانیکی بتن پلاستیک داشته باشد. یعنی نمونه‌های مقدماتی که برای توجیه و تدقیق روش تحقیق در آغاز کارهای آزمایشگاهی ساخته شده بودند، نشان داده‌اند که بدون رعایت ترتیب توالی عملیاتی متداول (مثلاً آماده سازی رس با پیش خیساندن[۴] آن)، ویژگی‌های مکانیکی بتن پلاستیک تحت تأثیر قرار می‌گیرد. از این رو یکی از پتانسیل‌های پژوهشی آتی ممکن است تمرکز بر روی بهینه‌سازی روش‌های آماده کردن هریک از انواع رس‌ها باشد. همچنین با توجه به مشاهدات آزمایشگاهی و اثرات عمل‌آوری بر روی تغییر پارامترهای مکانیکی بتن پلاستیک، بررسی دقیق‌تر و عمیق‌تر بر چگونگی تاثیر عمل آوری می‌تواند موضوع مناسبی برای پژوهش‌های آتی باشد.

در تحقیق حاضر عیار رس موجود در بتن پلاستیک به سه مقدار مشخص محدود شده است و بازه کوچکی از تغییرات عیار بتن پلاستیک را در بر دارد. بزرگتر کردن بازه مذکور ممکن است منجر به نتایج بهتر و دقیق‌تری شود که بررسی آن لازم به نظر می‌رسد.

منابع

[1] Mitchell, J. K.; 1976; "F*undamentals of Soil Behavior*".

[۲] بینازاده، ن، ۱۳۸۶؛ "**بررسی اثر نوع کانی رس بر تغییر شکل پذیری/لایه بندی بتن پلاستیک به عنوان جزء آب بند پی سدهای بزرگ**"؛ پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

[3] REMR*; 1992; "*Design procedure for plastic concrete cut off walls*", Technical Note GT-SR-1.3.

www.SID.ir

Archive of SID

[4] Karunaratne, G. P., Chew, S. H., Lee, S. L. and Sinha, A.N.; 2001; "*Bentonite-Kaolinite Clay*

[5] Stavridakis, E.I; 2005; "*Presentation and Assessment of Clay Influence on Engineering Parameters of Cement-Treated Clay Mixtures*"; J. EJGE** -0508.

[6] Bowles, J.E.; 1979; "*Physical & Geotechnical Properties of Soil*"; McGraw-Hill Book Company, New York.

[7] ICOLD***; 1985; "*Filling materials for watertight cut off walls*"; International Committee of Large Dams, Paris, 1985, Bulletin No. 51.

[8] ICOLD; 1986; "*Soil-Cement*"; International Committee of Large Dams, Paris, 1986, Bulletin No. 54.

Liner"; Geosynthetics International, Vol. 8, No. 2.

[9] Penman, A. D. M.; 1985; "*The Waterproof Element for Embankment Dams*"; Journal of Water Power & Dam Construction.

(*) Repair Evaluation Maintenance and Rehabilitation Research program was initiated in 1984. The REMR Bulletins was published from 1984 to 1998 as the information exchange newsletter of U.S.Army Corps of Engineers. See website: www.wes.army.mil

(**) Electronic Journal of Geotechnical Engineering. See Website: www.ejge.com

(***) International Commission of Large Dams

پی‌نوشت‌ها

[1] Karunaratne
[2] Stavridakis
[3] Dewatering
[4] Pre-wetting

www.SID.ir