



بررسی تاثیر پوزولان طبیعی بر خواص بتن پلاستیک

*مجتبی نورپور، رضا کارباتی اصل، یوسف زندی

دانشجوی سال آخر مهندسی عمران-عمران و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

دانشجوی سال آخر مهندسی عمران-عمران و عضو انجمن علمی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

noorpour_eng@yahoo.com

rezakarbatiasl@yahoo.com

zandi_engineer@yahoo.com

چکیده

یکی از روش‌های آب بندی سدها استفاده از دیوارهای آب بند می‌باشد. این نوع دیوارها شکل پذیر و دارای نفوذپذیری پایین می‌باشند که برای اجرای آن از بتن پلاستیک به روش پانلی استفاده می‌شود. استفاده از پوزولان‌های طبیعی که جز مواد افزودنی معدنی به حساب می‌آیند، در انواع مختلف بتن مرسوم می‌باشد. افزودن این مواد به بتن در اکثر موارد باعث بهبود برخی خواص آن از قبیل روانی، ویسکوزیته بتن سازه، کاهش نفوذپذیری، افزایش شکل پذیری، افزایش مقاومت دراز مدت، دوام بویژه در برابر سولفات‌ها و کاهش قیمت آن می‌گردد. کاربرد این مواد افزودنی معدنی در بتن پلاستیک تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته و در کشور ما می‌شود گفت تحقیق جامعی در این مورد انجام نشده است. هدف اصلی در این پروژه استفاده از پوزولان طبیعی توف سبلان در بتن پلاستیک جهت دستیابی به مدول الاستیسیته مطلوب بدون کاهش مقاومت فشاری می‌باشد. همزمان با این هدف کاهش نفوذ پذیری بتن پلاستیک نیز مد نظر بوده است. در این مقاله علاوه بر تاثیر پوزولان طبیعی توف سبلان، اثرات سیمان پوزولانی تولید شده با این نوع توف (سیمان پوزولانی اردبیل) بر روی خواص بتن پلاستیک مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه‌های بتن پلاستیک با درصدهای متفاوت پوزولان و سیمان پوزولانی تهیه (۲۶۷ نمونه) و اثر نوع و میزان پوزولان افزوده شده بر خواص بتن‌های تهیه شده مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشانگر بهبود خواص بتن پلاستیک از قبیل کاهش نفوذپذیری، کاهش مدول الاستیسیته و افزایش دوام در برابر عوامل مخرب ضمن حفظ مقاومت فشاری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بتن پلاستیک، پوزولان طبیعی، توف سبلان، مدول الاستیسیته، نفوذ پذیری، مقاومت فشاری، دوام

۱-مقدمه

با توجه به توسعه روز افزون جوامع و لزوم استفاده صحیح و بهینه از منابع طبیعی و حفاظت از آن، احداث سازه‌هایی نظیر دیوارهای آب بند ضروری به نظر می‌رسد. دیوارهای آب بند موانع زیر سطحی عمودی هستند که برای کاهش یا توقف جریان آبهای زیر زمینی به منظور ذخیره سازی یا حفاظت آن طراحی می‌شوند. اولین دیواره آب بند با استفاده از بنتونیت در ترمینال ایسلند به سال ۱۹۴۸ به عمق ۱۵ متر به اجرا درآمد. بیش از ۵۰ سال است که از اختلاط خاک بنتونیت جهت ساخت دیوار آب بند استفاده می‌شود. استفاده از مخلوط سیمان و بنتونیت به منظور ماده ی چسباننده و ساخت آن، بیش از ۲۰ سال است که در اروپا، آمریکا و برخی کشورهای آسیایی از جمله ژاپن رایج شده است. (۲۰۱) در کشور کانادا از سال ۱۹۵۷ و در آمریکا از سال ۱۹۶۲ از این تکنیک استفاده شده است. در کشور ژاپن در سال ۱۹۵۹ این تکنولوژی مورد بررسی قرار گرفت. تا سال ۱۹۹۱ در ۷۰ سد بزرگ جهان دیوار آب بند ساخته شد و در همان سال در ژاپن تنها در ۲ سد از دیوار آب بند استفاده شده است. هم اکنون متوسط مصرف سالانه این نوع بتن، در کشور ژاپن 3 m^3 ۲۰۰۰۰۰ در سال می‌باشد. (۴ و ۳) در ساخت دیوارهای آب بند که ممکن است به عنوان جزئی از سدها باشند با به طور جداگانه احداث شوند می‌توان از مصالح و مواد مختلفی استفاده نمود. یکی از گزینه‌های مناسب برای دیوارهای آب بند، می‌تواند بتن پلاستیک باشد. بتن پلاستیک بتنی است که از ترکیب آب، سیمان و بنتونیت، شن و ماسه و گاهی خاک رس بدست می‌آید از نظر مصالح تشکیل دهنده، تفاوت بتن پلاستیک با بتن‌های معمولی، وجود



بنتونیت و نسبت بالای آب به سیمان در آن است این دو عامل باعث می‌شوند که بتن پلاستیک در ضمن دارا بودن خاصیت آب بندی، مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته بسیار کمتری نسبت به بتن‌های معمول داشته و بنابراین انعطاف پذیرتر باشد. در زمینه‌ی این نوع بتن در دنیا و به ویژه در ایران تحقیقات جامعی نشده و بیشتر کارهای صورت گرفته، بررسی‌های موردی مرتبط با پروژه‌های انجام شده بوده است. به عنوان نمونه پس از اجرای سد کرخه در ایران که دیوار آب بند آن از جنس بتن پلاستیک می‌باشد، در چند سال اخیر بررسی‌های در این زمینه انجام شده و مقالاتی در این زمینه ارائه گردیده است. (۷و۶) از طرفی استفاده از پوزولان‌های طبیعی که جز مواد افزودنی معدنی به حساب می‌آیند، در انواع مختلف بتن مرسوم می‌باشد. افزودن این مواد به بتن در اکثر موارد باعث بهبود برخی خواص آن از قبیل روانی، ویسکوزیته بتن سازه، کاهش نفوذپذیری، افزایش شکل پذیری، افزایش مقاومت دراز مدت، دوام بویژه در برابر سولفات‌ها و کاهش قیمت آن می‌گردد. کاربرد این مواد افزودنی معدنی در بتن پلاستیک تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته و در کشور ما می‌شود گفت تحقیق جامعی در این مورد انجام نشده است. از جمله این تحقیقات می‌توان به ثمین و همکاران (۷) که به بررسی درصدهای متفاوت پوزولان مصنوعی میکروسیلیس و پوزولان طبیعی دیاتومیت بر روی خواص بتن پلاستیک پرداخته است، اشاره کرد. در این تحقیق نتایج نشانگر بهبود خواص بتن پلاستیک از قبیل کاهش مدول الاستیسیته، کاهش نفوذپذیری و دوام در برابر عوامل مخرب ضمن حفظ مقاومت لازم فشاری می‌باشد. (۷و۸) هدف اصلی در این پروژه استفاده از پوزولان طبیعی توف سبلان در بتن پلاستیک جهت دستیابی به مدول الاستیسیته مطلوب بدون کاهش مقاومت فشاری می‌باشد. همزمان با این هدف کاهش نفوذ پذیری بتن پلاستیک نیز مد نظر بوده است.

۲- مصالح مورد استفاده و روش آزمایشگاهی

۲-۱- مقدمه

بدلیل اینکه توف سبلان به وفور در منطقه‌ی اردبیل یافت می‌شود. و با توجه به ملاحظات اقتصادی کاربرد پوزولان‌ها در صنعت بتن و ضرورت شناخت اثر این پوزولان بر خصوصیات بتن پلاستیک، سیمان پوزولانی کارخانه سیمان اردبیل و همچنین درصدهای مختلف پوزولان (۱۰ و ۲۰ و ۳۰) به صورت جایگزین وزنی سیمان صوفیان (سیمان کنترل) انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این پروژه تعداد ۴۵ طرح اختلاط با مواد سیمانی، نسبت آب به سیمان و مقدار بنتونیت متفاوت تهیه و در محیط‌های عادی و سولفات دار عمل‌آوری شدند. سپس خواص بتن تازه و سخت شده مورد بررسی قرار گرفتند.

۲-۲- آب

آب مورد استفاده در این پروژه آب شرب تبریز می‌باشد.

۲-۳- سیمان مورد استفاده در این پروژه :

۱- سیمان تپ دوکارخانه سیمان صوفیان دارای چگالی نسبی ۳,۱۵

۲- سیمان پوزولانی کارخانه سیمان اردبیل دارای چگالی نسبی ۳,۱

علامت اختصاری برای پنج نوع ماده سیمانی بکار گرفته شده به ترتیب زیر می‌باشد:

۱- سیمان صوفیان با علامت اختصاری SCC۱

۲- سیمان پوزولانی اردبیل با علامت اختصاری APSC

۳- سیمان صوفیان + ۱۰ درصد پوزولان توف سبلان با علامت اختصاری SCC +10%P

۴- سیمان صوفیان + ۲۰ درصد پوزولان توف سبلان با علامت اختصاری SCC +20%P

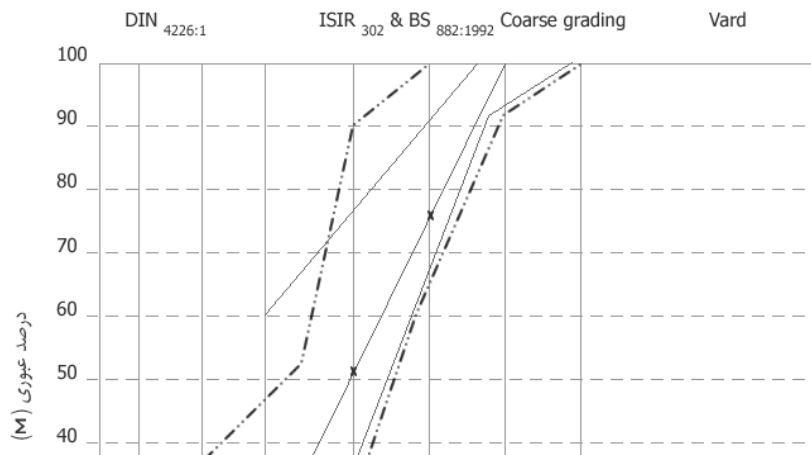
۵- سیمان صوفیان + ۳۰ درصد پوزولان توف سبلان با علامت اختصاری SCC +30%P

پوزولان‌های اضافه شده بصورت جایگزین وزنی سیمان مصرفی می‌باشد.

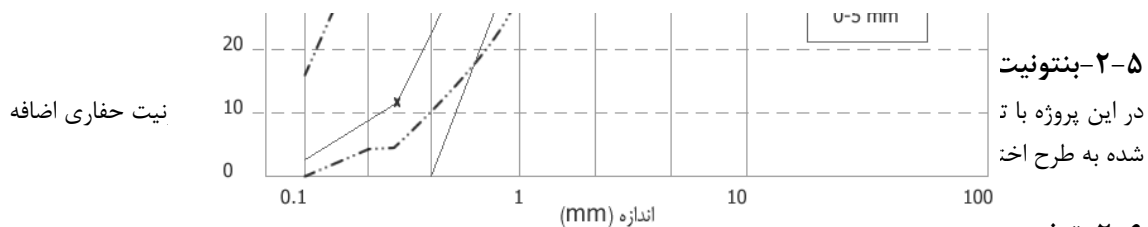


۴-۲- سنگدانه های انتخابی و میزان آنها

شن نخودی رودخانه ای شسته تولیدی کارخانه ماسه شویی و بتن آماده انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. همچنین در این پروژه ریز دانه (ماسه) رودخانه ای مورد استفاده قرار گرفت. بدلیل اینکه منحنی دانه بندی ماسه مصرفی در محدوده توصیه شده توسط ASTM قرارنگرفته بود لذا ماسه مصرفی را با گذراندن از الک نمرة ۴ اصلاح گردید (۹).



شکل ۱: منحنی دانه بندی ماسه اصلاح شده و نشده و محدوده ی مجاز توصیه شده ASTM



۵-۲- بنتونیت

در این پروژه با توجه به این شرایط و به دلیل اینکه منحنی دانه بندی بنتونیت مصرفی در محدوده توصیه شده ASTM قرار نگرفته بود، بنتونیت مصرفی را با گذراندن از الک نمرة ۱۰۰ اصلاح گردید (۱۰).

۶-۲- توف سبزن

در این پروژه از توف سبلان مورد استفاده در کارخانه سیمان اردبیل که معدن آن واقع در ۵ کیلومتری شهرستان نمین قرار دارد به عنوان پوزولان طبیعی استفاده شده است. سپس این پوزولان آسیاب و از الک نمرة ۱۰۰ رد شد. استاندارد ASTM-C618 توصیه کرده که مجموعه سه اکسید اصلی (SiO_2 ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3) باید بیشتر از 70% باشد. و حداکثر افت سرخ شدن به 10 درصد محدود می شود، که افت سرخ شدن توف مورد استفاده ۳،۸۵٪ و مجموعه سه اکسید اصلی (3/5 - 17 - 61) 81/5 درصد بوده که در محدوده های استاندارد ASTM-C618 قرار گرفته است (۱۰).

۷-۲- طرح اختلاط ها

اساس طرح اختلاط بتن پلاستیک دیواره ای آب بند بر نتایج آزمایشگاهی استوار می باشد. بویژه تاکید روی ترکیب مخلوط و رفتار تنش-کرنش بتن پلاستیک در طراحی برای حذف یا کم کردن روش سعی و خطا در طرح اختلاط بتن پلاستیک می باشد.



به دلیل آنکه تاکنون استاندارد مشخصی برای مصالح پلاستیک تهیه نگردیده است، روش‌های کنترل آزمایشگاهی بر اساس استانداردهای کشورهای فرانسه، آلمان و استاندارد بتن و خاک انگلیس و همچنین استاندارد آمریکایی نظیر API مورد استفاده قرار می‌گیرند. اهداف اصلی در این تحقیق دستیابی به مدول الاستیسیته ی مطلوب بدون کاهش مقاومت می باشد که همزمان با این هدف کاهش نفوذپذیری بتن پلاستیک نیز مد نظر بوده است. بنابراین می توان مدول الاستیسیته و نفوذپذیری را به عنوان مشخصات اصلی مطلوب برای بتن پلاستیک منظور کرد. جدول او ۲ و ۳ به عنوان نمونه ای از ۴۵ طرح اختلاط مورد استفاده در این تحقیق می باشد.

در این تحقیق تعداد ۴۵ طرح اختلاط با مواد سیمانی ($C=200\text{Kg/m}^3$) نسبت آب به سیمان $w/c=(1.5,2,2.5)$ ، بنتونیت

($B=30,40,50\text{Kg/m}^3$) و نسبت درشت دانه به ریز دانه برابر یک، تهیه و در محیط عمل آوری عادی و سولفات (حاوی ۱۰٪

شماره طرح اختلاط	مواد انتخابی	نسبت آب به سیمان	پوزولان (p)	آب (w)	شن (G)	ماسه (S)	بنتونیت (B)	سیمان (C)	اسلامپ (cm)	قیف مارش (sec)
۱	Sec1	۱,۵	-	۳۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۳۰	۲۰۰	۷,۵	۱۰۴
۲	Sec1	۲	-	۴۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۳۰	۲۰۰	۲۰	۶۵
۳	Sec1	۲,۵	-	۵۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۳۰	۲۰۰	۲۲	۲۶
۴	Sec1	۱,۵	-	۳۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۴۰	۲۰۰	۶,۵	رد نشد
۵	Sec1	۲	-	۴۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۴۰	۲۰۰	۱۷	۱۲۴
۶	Sec1	۲,۵	-	۵۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۴۰	۲۰۰	۲۲	۷۲
۷	Sec1	۱,۵	-	۳۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۵۰	۲۰۰	۴,۵	رد نشد
۸	Sec1	۲	-	۴۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۵۰	۲۰۰	۱۸	رد نشد
۹	Sec1	۲,۵	-	۵۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۵۰	۲۰۰	۲۰	۱۲۶

سولفات سدیم) عمل آوری شدند. (۱۳ و ۱۲ و ۱۱)

جدول ۱: طرح اختلاط بتن پلاستیک (سیمان صوفیان)

جدول ۲: طرح اختلاط بتن پلاستیک (اردبیل)

شماره طرح اختلاط	مواد انتخابی	نسبت آب به سیمان	پوزولان (p)	آب (w)	شن (G)	ماسه (S)	بنتونیت (B)	سیمان (C)	اسلامپ (cm)	قیف مارش (sec)
۱۰	APSC	۱,۵	-	۳۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۳۰	۲۰۰	۱۰,۵	۱۰۰
۱۱	APSC	۲	-	۴۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۳۰	۲۰۰	۲۰,۵	۶۰
۱۲	APSC	۲,۵	-	۵۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۳۰	۲۰۰	۲۲	۲۴



رد نشد	۵,۵	۲۰۰	۴۰	۷۵۰	۷۵۰	۳۰۰	-	۱,۵	APSC	۱۳
۱۲۰	۱۸,۵	۲۰۰	۴۰	۷۵۰	۷۵۰	۴۰۰	-	۲	APSC	۱۴
۷۴	۲۲	۲۰۰	۴۰	۷۵۰	۷۵۰	۵۰۰	-	۲,۵	APSC	۱۵
رد نشد	۳,۵	۲۰۰	۵۰	۷۵۰	۷۵۰	۳۰۰	-	۱,۵	APSC	۱۶
رد نشد	۱۵	۲۰۰	۵۰	۷۵۰	۷۵۰	۴۰۰	-	۲	APSC	۱۷
۱۲۴	۲۱	۲۰۰	۵۰	۷۵۰	۷۵۰	۵۰۰	-	۲,۵	APSC	۱۸

شماره طرح اختلاط	مواد انتخابی	نسبت آب به سیمان	پوزولان (p)	آب (w)	شن (G)	ماسه (S)	بتنویت (B)	سیمان (C)	اسلامپ (cm)	قیف مارش (sec)
جدول ۳: طرح اختلاط بتن پلاستیک (سیمان صوفیان +۱۰ درصد پوزولان)										
۲۰	Scc+p ₁	۲,۵	۲۰	۵۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۳۰	۱۸۰	۲۲	۲۶
۲۲	Scc+p ₁	۱,۵	۲۰	۳۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۴۰	۱۸۰	۴,۵	رد نشد
۲۳	Scc+p ₁	۲	۲۰	۴۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۴۰	۱۸۰	۱۷,۵	۱۲۴
۲۴	Scc+p ₁	۲,۵	۲۰	۵۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۴۰	۱۸۰	۲۲	۷۲
۲۵	Scc+p ₁	۱,۵	۲۰	۳۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۵۰	۱۸۰	۳	رد نشد
۲۶	Scc+p ₁	۲	۲۰	۴۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۵۰	۱۸۰	۱۶	رد نشد
۲۷	Scc+p ₁	۲,۵	۲۰	۵۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۵۰	۱۸۰	۲۰,۵	۱۲۶

۷-۲- مراحل ساخت نمونه ها و آزمایش های مربوطه

برای تهیه ی نمونه ها ابتدا ۲۴ ساعت قبل مقدار بتنویت مورد نیاز در ۸۵٪ مقدار آب طرح اختلاط را به کمک دستگاه مخلوط کن دور بالا مخلوط شد، که مدت زمان اختلاط با بتنویت حدود ۳۰ دقیقه بود. به طوری که مخلوط فاقد کلوخه های بتنویت گردد. بعد از ۳۰ دقیقه آزمایش قیف مارش انجام شد. (آزمایش قیف مارش آزمایشی است که بوسیله ی API برای ارزیابی گران روی دوغاب، آب و نفت و گل استاندارد شده است) بعد سنگدانه های (شن و ماسه) مصرفی را که حدود ۲۴ ساعت قبل از اختلاط در شرایط فوق اشباع قرار داده بودیم را به مخلوط اضافه کردیم. سپس سیمان و مقدار پوزولانی را اضافه کرده دوباره به مدت ۱ دقیقه عمل اختلاط را انجام دادیم و بعد دوغاب بتنویت را به مخلوط اضافه کردیم و عمل اختلاط را به مدت ۲ دقیقه ی دیگر ادامه دادیم. بعد از عمل اختلاط کارایی مخلوط ها را با استفاده از اسلامپ (ASTM C143) اندازه گیری کردیم. (۱۴ و ۱۵)

بعد از سنجش کارایی بتن پلاستیک، در هر طرح به تعداد ۱۲ عدد قالب ۱۰×۱۰×۱۰ سانتی متر و تعداد ۴ عدد قالب استوانه ای به قطر ۷,۹ سانتی متر و به ارتفاع ۲,۵ سانتی متر (این ابعاد مربوط به قالب های نمونه های استوانه ای مربوط به دستگاه نفوذپذیری مورد نظر می باشد) را انتخاب و روی میز لرزاننده قرار داده، داخل هر کدام از آنها در حدود نصف قالب بتن ریختیم و به مدت ۲۰ ثانیه میز لرزاننده را روشن و مجددا قالب را کاملا با بتن پر کرده، این بار میز لرزاننده را به مدت ۲۰ ثانیه روشن

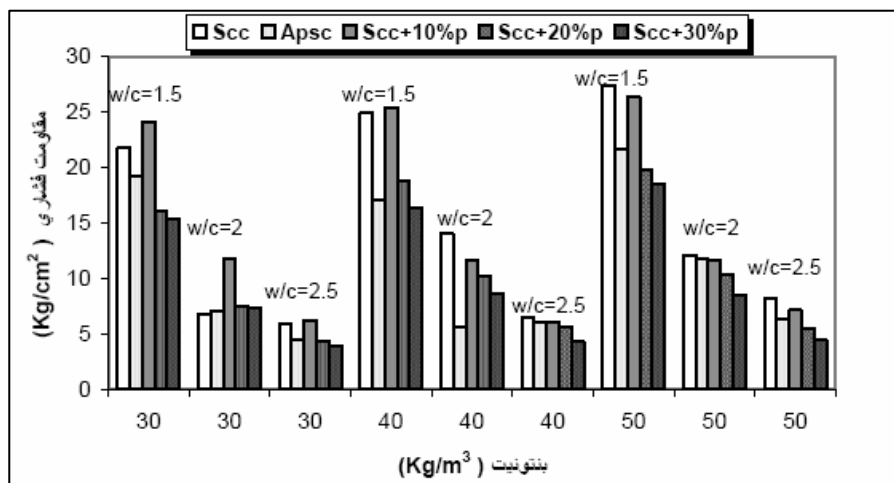


کردیم تا مجموعه قالب و بتن داخل آن مرتعش شده و بدین طریق حباب‌های هوا خارج شوند. بعد از ۲۴ ساعت قالب‌ها را باز کردیم و تعداد ۹ عدد از بتن‌های ۱۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر و ۲ عدد از نمونه‌های استوانه‌ای را داخل آب با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ عدد از نمونه‌های ۱۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر و ۲ عدد از نمونه‌های استوانه‌ای را داخل آب حاوی ۱۰ درصد سولفات سدیم قرار دادیم. برای اطمینان از میزان سولفات محلول عمل آوری محیط سولفات دار نمونه‌های محلول را به آزمایشگاه امور آب آذربایجان شرقی انتقال داده شد که میزان ۱۰ درصد مورد تایید قرار گرفت. بعد از عمل آوری در محیط مورد نظر نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال و مورد آزمایش مقاومت فشاری قرار گرفت. متأسفانه در حد فاصل آزمایشات ۷ روزه و ۲۸ روزه دستگاه مورد نظر خراب شد و حدوداً چند ماه تعمیرات آن زمان برد. لذا آزمایشات را در سنین ۱۵۰ روزه و بعد از کاهش ابعاد نمونه‌ها به ۷×۷×۷ سانتی‌متر انجام دادیم. (۱۶ و ۱۷)

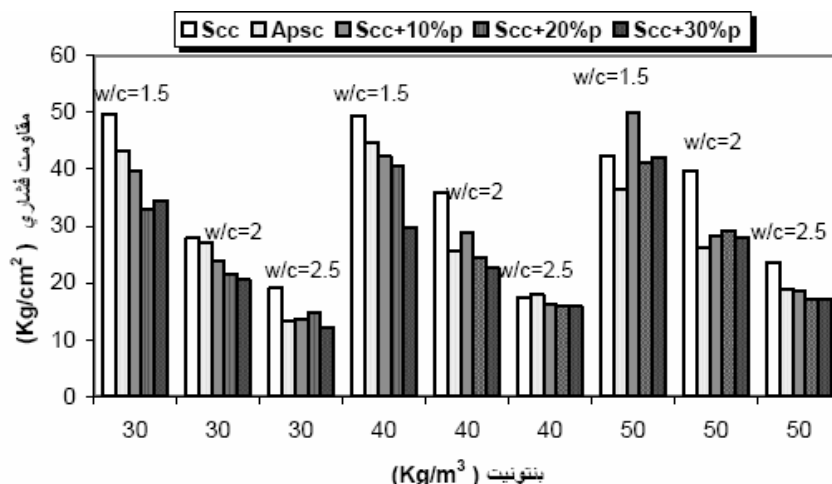
۳- نتایج آزمایشات

۳-۱- مقاومت فشاری

با جایگزینی پوزولان به جای سیمان با درصد‌های بالا (۳۰٪) کاهش مقاومت زیادی ملاحظه می‌شود. (۷ روزه، ۳۲،۲۲ درصد و ۱۵۰ روزه، ۲۷،۲۱ درصد). این کاهش مقاومت بخصوص در نسبت‌های آب به سیمان پایین محسوس‌تر می‌باشد. علت این امر می‌تواند عدم مشارکت پوزولان اضافی در واکنش‌های پوزولانی و باقی ماندن آن بصورت پرکننده در مخلوط بتن پلاستیک باشد. به عبارت دیگر بخشی از پوزولان جایگزین شده نمی‌تواند در واکنش پوزولانی با محصولات هیدراسیون سیمان شرکت کند و بصورت عمل نکرده در مخلوط باقی مانده و مقاومت آنرا کاهش می‌دهد. لذا از دیدگاه مقاومت فشاری با توجه به شکل‌های ۲ و ۳ می‌توان نتیجه گرفت که جایگزینی درصد بهینه بوده و جایگزینی افزون بر آن موجب کاهش بیشتر مقاومت می‌گردد. (۱۸)



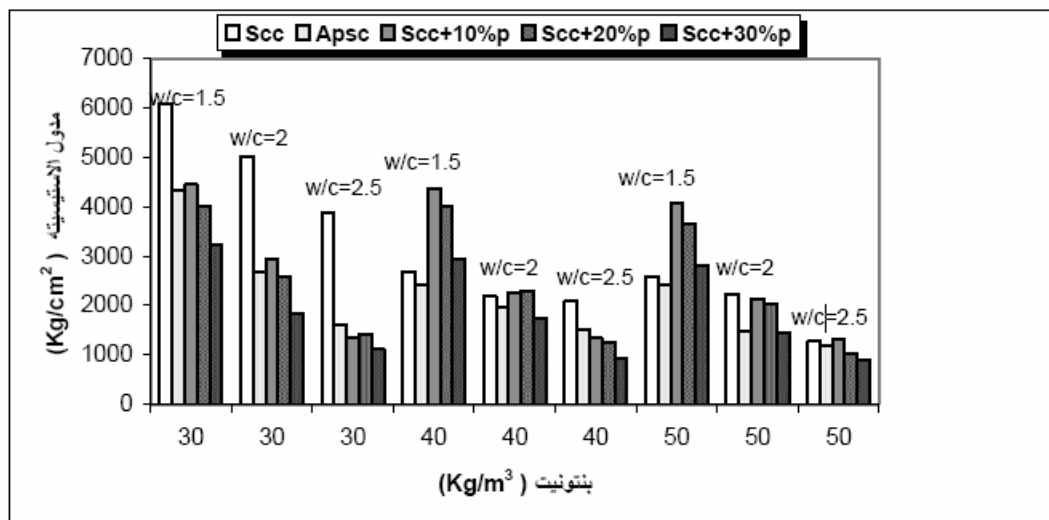
شکل ۲: مقایسه مقاومت فشاری برای سیمان و درصد‌های مختلف پوزولان با میزان افزایش بتونیت (۷ روزه)



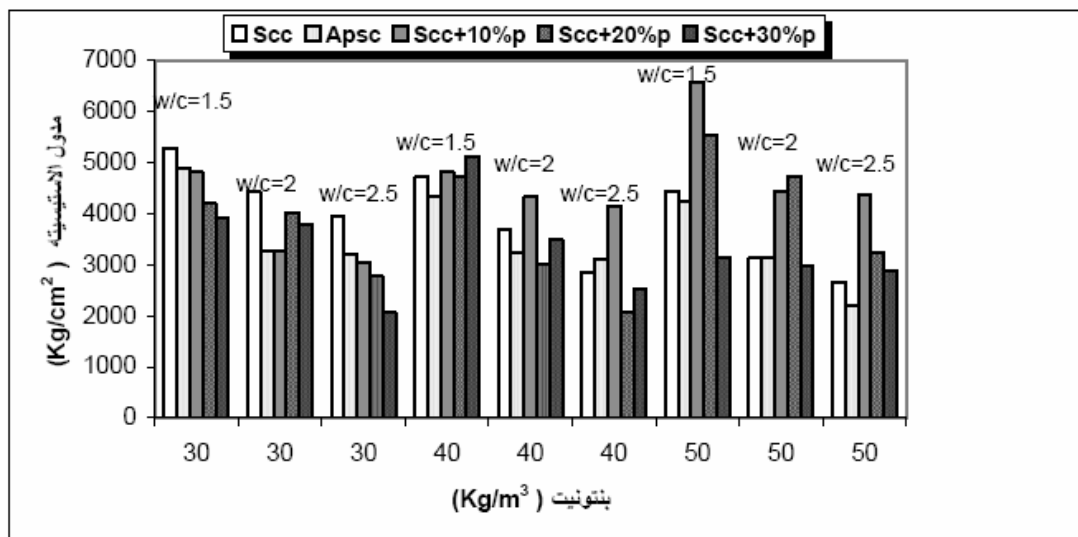
شکل ۳: مقایسه مقاومت فشاری برای سیمان و درصد های مختلف پوزولان با میزان افزایش بنتونیت ۱۵۰ روزه

۳-۲- تاثیر سیمان و درصدهای مختلف پوزولان به روی مدول الاستیسیته

بخشی از ترکیب سیمان اردبیل از پوزولان طبیعی تشکیل یافته که در سنین کم این پوزولان نمی‌تواند بطور کامل در فرآیند مقاوم سازی خمیر سیمان شرکت کند و بیشتر به صورت پرکننده عمل می‌کند و لذا از نظر مقاومتی و سخت شوندگی سیمان اردبیل همانگونه که در بخش مقاومت نمونه‌ها نیز مشهود است عملکرد ضعیف تری نسبت به سیمان صوفیان دارد و لذا می‌توان گفت در بتن‌های پلاستیک ساخته شده با این سیمان فاز سخت شده بتن ضعیف تر و در نتیجه مدول الاستیسیته بتن پلاستیک پایین ترمی باشد. همانگونه که در نمودارها مشخص است با افزایش پوزولان به سیمان صوفیان مدول الاستیسیته مخلوط‌ها کاهش پیدا می‌کند. لازم به ذکر است که این کاهش به همراه کاهش در مقاومت فشاری می‌باشد و با افزایش هر چه بیش تر درصد پوزولان جایگزین ما کاهش بیشتری را در مخلوط‌های با میزان بنتونیت کم و نسبت آب به سیمان زیاد شاهد هستیم. (شکل‌های ۴ و ۵)



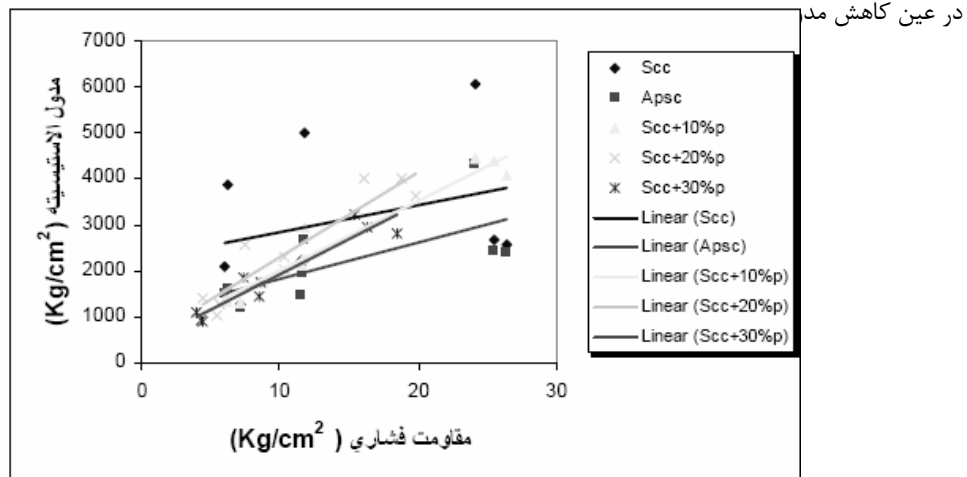
شکل ۴: مقایسه مدول الاستیسیته برای سیمان و درصد های مختلف پوزولان با میزان افزایش بنتونیت (۷ روزه)



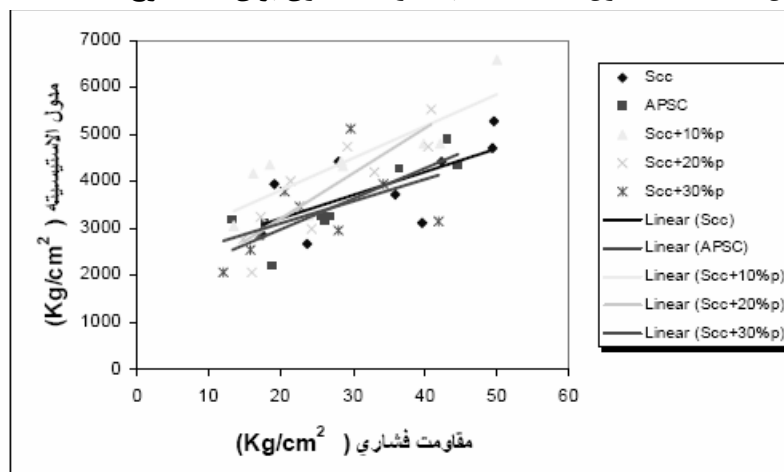
شکل ۵: مقایسه مدول الاستیسیته برای سیمان و درصد های مختلف پوزولان با میزان افزایش بنتونیت (۱۵۰ روزه)

۳-۳-رابطه مدول الاستیسیته با مقاومت فشاری بتن پلاستیک

یکی از اهدافی که در تولید بتن پلاستیک دنبال می‌شود افزایش مقاومت یا حفظ مقاومت در عین کاهش مدول الاستیسیته می‌باشد و یا به عبارتی دیگر بتن پلاستیک نرم و انعطاف پذیر با مقاومت نسبی خوب عملکرد بهتری خواهد داشت. همانگونه که از شکل های ۶ و ۷ مشخص می‌باشد خطوط نشان دهنده ارتباط مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته مخلوط های تهیه شده با سیمان پوزولانی اردبیل پایین تر از خطوط مربوط به سیمان صوفیان قرار دارند. به عبارت دیگر به ازای یک مقاومت فشاری ثابت مدول الاستیسیته بتن های پلاستیک تهیه شده با سیمان پوزولانی اردبیل پایین تر از نمونه های مربوط به سیمان صوفیان می‌باشد و این امر بخصوص در مورد مخلوط های دارای بنتونیت کم صادق می‌باشد. با مطالعه خطوط مربوط به ارتباط مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته بتن های پلاستیک تهیه شده با درصد های متفاوت جایگزینی سیمان صوفیان با پوزولان طبیعی توف سلان ملاحظه می‌گردد که هر قدر میزان پوزولان بیشتر می‌شود عملکرد بتن های پلاستیک تهیه شده از نظر حفظ مقاومت



شکل ۶: مقایسه مدول الاستیسیته با مقاومت فشاری برای کلیه طرح اختلاط ها ۷ روزه



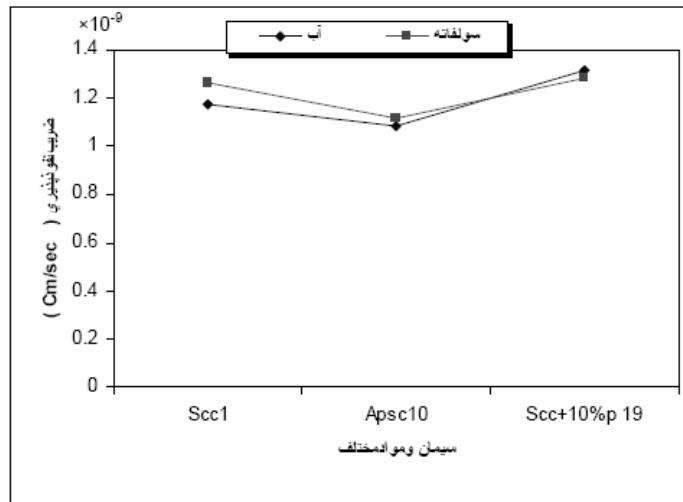


شکل ۷: مقایسه مدول الاستیسیته با مقاومت فشاری برای کلیه طرح اختلاط ها ۱۵۰ روزه

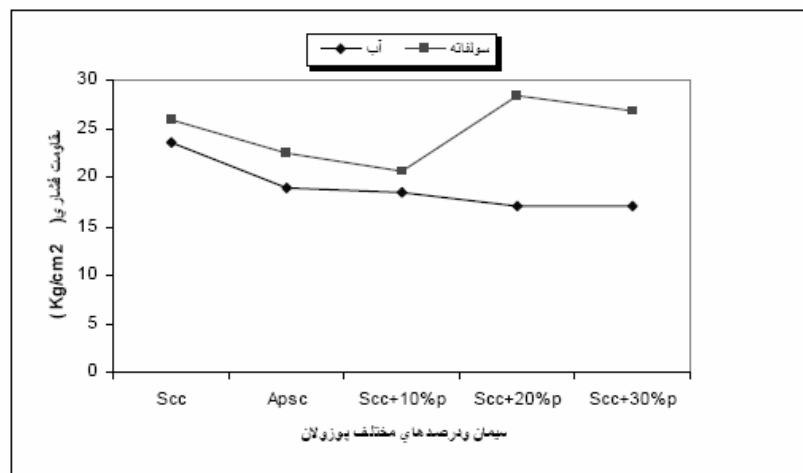
۳-۴- نفوذپذیری و دوام در برابر سولفات ها

با توجه به شکل ۸ و مقایسه مقادیر نفوذپذیری برای سه طرح انتخابی (سیمان صوفیان (scc1) و سیمان اردبیل (Apsc10) و جایگزینی ۱۰ درصد سیمان صوفیان با توف سبلان (Scc+10%P) می‌توان گفت که بتن پلاستیک ساخته شده با سیمان پوزولانی اردبیل ضریب نفوذپذیری پایین تری را در دو محیط عمل آوری عادی و سولفات نشان می‌دهد. همچنین بتن ساخته شده با سیمان صوفیان +۱۰ درصد پوزولان طبیعی توف سبلان در محیط سولفات عملکرد بهتری را داشته است. همچنین با مطالعه شکل ۹ ملاحظه می‌گردد که در محیط سولفات هر قدر درصد جایگزینی سیمان صوفیان با پوزولان طبیعی توف سبلان افزوده می‌شود، مقاومت نمونه‌های عمل آوری شده در سولفات افزایش می‌یابد.

این مطلب شاید به این علت باشد که حجم مولکولی CH (هیدروکسید کلسیم) تقریباً ۳۳,۲ccm می‌باشد در حالیکه حجم مولکولی سولفات سدیم هیدراته ۷۴,۳ ccm است و در حضور پوزولان و واکنش آن با CH و تشکیل CSH منافذ موجود در بتن پر شده و نسبتاً یک جسم توپر بوجود می‌آید که جلوی نفوذ افزاینده سولفات ها را گرفته و همچنین بر مقاومت بتن پلاستیک می‌افزاید.



شکل ۸: نفوذپذیری بتن پلاستیک و مقایسه آن در محیط سولفات دار





شکل ۹: تاثیر محیط عمل آوری سولفات دار روی مقاومت فشاری بتن پلاستیک ۱۵۰ روزه

۴- نتیجه گیری

- ۱- جایگزینی ۱۰ درصد پوزولان توف سیلان به صورت جایگزین وزنی سیمان بهینه بوده و جایگزینی افزون بر آن موجب کاهش بیشتر مقاومت می‌گردد.
- ۲- با افزایش درصد جایگزینی سیمان صوفیان با پوزولان طبیعی توف سیلان مدول الاستیسیته و کارایی مخلوط‌ها کاهش و مقاومت نمونه‌های عمل آوری شده در محیط سولفات دار افزایش می‌یابد ولی جایگزین کردن وزنی سیمان با پوزولان توف سیلان حتی به میزان ۳۰ درصد چندان تاثیری بر کارایی مخلوط بتن پلاستیک نداشته است.
- ۳- به ازای یک مقاومت فشاری ثابت و برای یک میزان بنتونیت ثابت، بتن پلاستیک ساخته شده با سیمان پوزولانی اردبیل در مقایسه با سیمان صوفیان در تمامی موارد مدول الاستیسیته کمتری را نشان داده است.
- ۴- بتن پلاستیک ساخته شده با سیمان پوزولانی اردبیل ضریب نفوذپذیری پایین تری را در دو محیط عمل آوری عادی و سولفات دار نشان می‌دهد.
- ۵- افزایش میزان بنتونیت در طرح‌های اختلاط تاثیر محسوسی بر روی مقاومت فشاری نداشته است، بلکه در مواردی باعث افزایش مقاومت فشاری نیز شده است.

۵- مراجع

1. Cleason Mark, H Daniel David, E. eyholt. Gerold 1997 colcium and sodium for Bentonite Hydraulid Contarhment applicatinng ,Journal of Geotechmical and geoenvivormtertal engineering 7123 N 5 .PP. 438-445.
- [2] " Filling Materials for Waterting Cut Off Walls",ICOLD , BULLETIN 51,1985
۳. ترابی غلامرضا، (۱۳۸۱) "روش طرح اختلاط بتن پلاستیک با اسلامپ ثابت" پایان نامه ی کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران سازه، دانشکده ی فنی دانشگاه صنعتی اصفهان
۴. نجم الدین نصراللهی، محمود رضا عبدی " استفاده از بتن پلاستیک در پروژه های عمرانی بویژه دیواره های آببند سدها " سمینار کارشناسی ارشد دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی ۱۳۸۲
- ۵- سفید گربائی، " بررسی عوامل موثر در جهت بهبود خواص بتن پلاستیک " پایان نامه ی کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی-دانشگاه تبریز
۶. ثمین هادی، (۱۳۸۳) " اثر پوزولان های طبیعی و میکروسیلیس بر روی خواص بتن پلاستیک " پایان نامه ی کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی-دانشگاه تبریز
۷. جمشیدی ابراهیم " روش اجرای دیوار آب بند سد کرخه " کارگاه تخصصی دیوار آب بند سد کرخه، آبان ۱۳۸۰
- ۸- مشعشعی هومن، علی اصغر میر قاسمی، (۱۳۸۰) " بررسی خصوصیات بتن پلاستیک " پایان نامه ی کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی-دانشگاه تهران.
9. Annual book of ASTM standards 1986, section 4, construction, volume 04.02 Concrete and Aggregates, ASTM C33-86, page 11, 12, 13 standard specification for concrete aggregates.
10. Annual book of ASTM standards 1986, section 4, construction, volume 04.02 Concrete and Aggregates, ASTM C618-85, page 385, 386, 387, 388 standard specification for fly ash and raw of calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in Portland cement concrete.



- ۱۱- صادق بهادری (۱۳۷۶) " طرح اختلاط بتن پلاستیک برای مقاومت و شکل‌پذیری معین و بررسی اثر مقدار بنتونیت (مطالعه موردی دیوار آب بند سد کرخه)، "؛ به راهنمایی: علی‌رضا خالو. پایان‌نامه (کارشناسی ارشد) -- دانشگاه صنعتی شریف
۱۲. براجا ام. داس " اصول مهندسی ژئوتکنیک " جلد اول- مکانیک خاک ترجمه ی شاپور طاحونی، موسسه ی انتشارات پارس آیین. (۱۳۸۸)
۱۳. مشخصات عمومی کارهای ساختمانی نشریه ی شماره ۵۵ ، معاونت امور فنی دفتر تحقیقات و معیار های فنی.
14. Annual book of ASTM standards 1986, section 4, construction, volume 04.02 Concrete and Aggregates, ASTM C 143-78, page 109, 110, 111, standard test for slump of Portland cement concrete.
۱۵. زندی ، یوسف ، آزمایش های بتن، تفسیر نتایج شیت های آزمایشگاهی طرح اختلاط بتن، انتشارات فروزش، چاپ دوم ، ۱۳۸۸ ص ۱۱۶۰ الی ۱۶۲
- 16- A.M. Neville and J.J. Broony "concrete technology " Lang man scientific and technical 1987.
17. Jefferis, S.A. (1981). "Bentonite – cement slurries for hydraulic cutoffs. "proc., 10th ICSMFE, A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands, PP. 435-440
18. Annual book of ASTM standards 1986, section 4, construction, volume 04.02 Concrete and Aggregates, ASTM C 39-86, page 24. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*

Abstract

One of the most common methods for watertighting in dams is to use cutoff or watertight walls. These types of walls should have high plasticity and low permeability. Developing these walls with such qualities requires using plastic concrete with paneling method .using natural pozzolan , as a type of mineral admixtures , in various kinds of concrete is a common procedure. Adding these materials to concrete in the majority of cases results in the improvement of some of its features such as workability ,viscosity of the fresh concrete ,decrease in permeability ,increase in plasticity and long-term strength ,durability against sulphates and lower cost. Application of these mineral admixtures in plastic concrete has been under-researched topic, and no comprehensive research has been conducted in this respect in Iran.

The main objective of the present study is to investigate the use of sabalan natural tuff in plastic concrete for developing a desirable modulus of elasticity without a decrease in compressive strength .the second aim of this study is to explore a decrease in permeability of plastic concrete. in addition to an investigation of the impact of sabalan natural pozzolan tuff on plastic concrete ,this study also looks at examining the effect of pozzolan cement ,made of this type of tuff ,on the qualities of plastic concrete .samples of plastic concrete with different percentages of pozzolan ,and pozzolan cement (267 samples) were made. Subsequently, the effects of the type and the amount of added pozzolan on the produced concretes were studied. The results indicate an improvement in the qualities of plastic concrete , improvements such as decrease in its permeability ,decrease in its modulus of elasticity, and increase in its durability against destructive factors, retaining its compressive strength.

Key words : plastic concrete, natural pozzolan, sabalan tuff, modulus of elasticity, permeability, compressive strength ,durability.