اثر املاح شیمیایی بر دوام بتن در کانال های آبیاری
(مطالعه موردی :کانال آبیاری ولکس رشت)

مهدی شادمند

کارشناس ارشد مهندسی سازه، مدیر فنی آزمایشگاه بتن و مصالح ساختمانی تحکیم بنای خزر

Shadmand90@yahoo.com

چکیده

با توجه به شرایط آب و هوایی و محیطی مناطق مختلف ایران و مساعد بودن زمین های زراعی، رشد و توسعه صنعت کشاورزی باید از الویت های اصلی دولت ها باشد. در این راستا نحوه آبیاری و زهکشی از معیار های اولیه توسعه این بخش خواهد بود. یکی از راه های صحیح آبیاری و زهکشی، پوشش بتنی کانال های آبرسانی می باشد که برای نگهداری آن در دراز مدت، شناسایی اثرات مواد شیمیایی موجود در آب و خاک بر مقاومت و دوام بتن ضروریست. چند سالی است که مسأله دوام بتن در محیط های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. مشاهده خرابی هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشور های در حال توسعه، مهندسان را به سمت طرح بتن هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است؛ به این صورت که همواره قبل از طرح اختلاط نهایی بتن، ابتدا باید آزمایشاتی در محیط های مختلف بر روی بتن صورت گیرد تا بهترین طرح جهت کاربرد، انتخاب گردد، هر چند که این عمل هزینه اولیه بیشتری دارد ولی می توان جلوی هزینه های خیلی بیشتر را در زمان نگهداری سازه گرفت؛ همانطور که در کانال آبیاری ولکس شاهد تعویض دوباره روکش بتنی بوده ایم. به همین منظور در پژوهش حاضر برای بررسی دوام بتن در شبکه های آبیاری، نمونه های بتنی از سه نوع دانه بندی مختلف و با سه تیپ سیمان یک، دو و پنج استفاده شد. نمونه ها پس از ساخت به مدت ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه در سه محیط آب معمولی، آب حاوی ۵ درصد سولفات و محیط واقعی (کانال آبیاری ولکس رشت) نگهداری شده و پس از بیرون آوردن از آب به منظور بررسی دوام بتن آزمایشاتی از قبیل مقاومت فشاری (۷و ۲۸ روزه) و درصد جذب آب بتن(۹۰ روزه) بروی هریک از آنها صورت پذیرفت. که در نهایت بهینه ترین طرح اختلاط جهت ساخت بتنی با دوام معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: شبکه های آبیاری و زهکشی، مقاومت فشاری بتن، درصد جذب آب ، املاح شیمیایی

۱- مقدمه

هر ساله بخش بزرگی از درآمد کشور صرف سرمایه گذاری در طرح های عمرانی و ملی بخصوص شبکه های آبیاری و زهکشی می شود. توسعه شبکه های آبیاری به منظور افزایش راندمان و جلوگیری از مشکلات و معضلات فراوانی از جمله هدر رفت آب، بالا آمدن سطح آب زیرزمینی، باتلاقی شدن مزارع می شود و علاوه بر آن عدم کشت محصول مناسب و شورشدن زمین ها موجب از بین رفتن تدریجی بافت خاک می گردد. با احداث شبکه های مدرن از مشکلات فوق کاسته شده و با حفر

زهکش ها و احداث کانال های بتنی و متعاقب آن بهره برداری صحیح و مصرف بهینه آب علاوه بر برداشت محصولات و جلوگیری از باتلاقی شدن اراضی در مجاور کانال های آبیاری سنتی می توان اراضی را احیاء کرد. در چند سال اخیر، با توجه به سرمایه گذاری انجام شده و طرح های دراز مدت دولت درتوسعه شبکه های آبیاری و زهکشی، ضروری است که بحث مقاومت و دوام بتن پوشش کانال ها بررسی گردد و در نهایت با ارایه راهکار مناسب و منطقی در حفظ سرمایه های ملی گام مثبت برداشته شود. تاکنون مطالعاتی بر روی دوام بتن انجام پذیرفته است که از جمله این مطالعات می توان به موارد زیر اشاره نمود. دوام سازه های بتنی در منطقه خلیج فارس که یکی از مهاجم ترین شرایط محیطی، از لحاظ دوام سازه های بتنی مسلح در دنیا محسوب می شودمورد مطالعه قرار گرفت وبا استفاده از نر م افزار DuraPGulf عمر مفید سازه های بتنی در منطقه خلیج فارس را تخمین زده شد [۱]. بررسی کاهش وزن و مقاومت فشاری نمونه های بتنی واقع در محیط های سولفات سدیم و سولفات منیزیم نشان دادکه هر دو محیط سولفات منیزیم و سدیم، باعث کاهش مقاومت نمونه ها می شوند، اما نمونه های قرار گرفته در سولفات منیزیم کاهش مقاومت بیشتری دارند. همچنین تغییر وزن نمونه های قرار گرفته در آب خالص و سولفات سدیم، پس از ۹۰ روز ناچیز بود؛ اما نمونه های واقع در سولفات منیزیم دارای تغییر وزن مشهود بودند[۲]. خواص مکانیکی بتن با استفاده از نسبت های مختلف پوزولان طبیعی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر این موضوع بود که جایگزینی ۲۰ درصد پوزولان طبیعی به جای سیمان سبب بهبود دوام بتن شده است[۳]. دوام نمونه های بتنی در موقعیت های خورنده متفاوت مغروق، جزر و مدی، پاششی، اتمسفری، محیط آزاد آزمایشگاه و حوضچه عمل آوری آب شیرین مورد بررسی قرار گرفت[۴]. مسائل مختلف و راه حل های ممکن پیرامون بروز خوردگی در سازه های دریایی و تأسیسات مورد بحث و بررسی قرار گرفت[۵] . آنچه که در تحقیقات گذشته دیده می شود اکثرا محدود به محیط های آزمایشگاهی می باشد، در صورتی که در این مطالعه علاوه بر فراهم آوردن محیط های آزمایشگاهی، مطالعه دوام نمونه های بتنی در محیط واقعی نیز صورت پذیرفته است.

۲- بازدید های اولیه از کانال آبیاری ولکس

بررسی های اولیه از کانال های انتقال آب این امکان را به ما خواهد داد که عملکرد شبکه های آبیاری و زهکشی را به خوبی شناسایی کرده و ارزیابی فنی آنها، به نحو مطلوبی صورت پذیرد تا پس از شناخت مشکلات و ضعف ها در ساخت کانال بتنی، راهکارهایی برای رفع تلفات ناشی از کنترل و توزیع آب معرفی گردد. در این راستا یک کانال آبیاری به نام "کانال آبیاری ولکس"در یکی از محله های قدیمی شهر رشت در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته است، قابل ذکر می باشد که آب این کانال از رودخانه سفیدرود استان گیلان سرچشمه می گیرد و به وسیله این کانال، کلیه آب مورد نیاز برای مزارع کشاورزی مناطق اطراف تامین می شود. پس از بررسی ها و بازدیدهای میدانی متوجه شدیم، مسئولین چندین بار به تعویض پوشش بتنی این کانال پرداختند که هزینه بسیار بالایی در پی داشته و حتی اخیراً نیز در برخی از قسمتهای کانال نیز ترک خوردگی هایی قابل مشاهده می باشد که این امر سبب هدر رفتن آب که یکی از ارزشمندترین منابع ملی به شمار می رود، می باشد. در این راستا قبل از انجام ساخت کانال بتنی، برای جلوگیری از هزینه های چند باره، باید آزمایش هایی بر روی بتن مصرفی صورت پذیرد تا بهینه ترین بتن جهت ساخت کانال های بتنی مورد استفاده قرار گیرد که این امر سبب جلوگیری از هدر رفتن آب و هم چنین مصالح مصرفی درساخت چند باره روکش های بتنی خواهد شد.

شکل ۱-کانال آبیاری ولکس شهر رشت

۳- مطالعات آزمایشگاهی

۳-۱- مصالح مصرفی

شن و ماسه مصرف شده در این طرح از نوع شکسته، تهیه شده از معدن پیک سنگ گستر گنجه رستم آباد واقع در ۶۴ کیلومتری شهر رشت تهیه گردیده که برای جلوگیری از تغییر دانه بندی حین انجام کار، کلیه مصالح مورد نیاز طرح در ابتدا تهیه و بصورت یکجا در آزمایشگاه بتن تحکیم بنای خزر دپو شد و نمونه برداری از مصالح سنگی پس از تهیه از معدن در آزمایشگاه تحکیم بنای خزر در شهر رشت طبق استاندارد ASTM-D75 انجام پذیرفت و آزمایش های مربوط به تعیین منحنی دانه بندی درشت دانه و ریز دانه روی آن ها انجام گرفت. فهرست آزمایش های انجام شده بر روی مصالح سنگی به شرح جدول (۱) می باشد :

جدول ۱- فهرست آزمایش های انجام شده بر روی مصالح سنگی

آزمایشات دانه بندی	ASTM-C136-84
تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح درشت دانه	ASTM-C127
تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح ریزدانه	ASTM-C128
تعیین وزن واحد حجم	ASTM-C129
تعیین هم ارز ماسه ای (SE)	ASTM-D2419

۳-۲- دانه بندی مورد استفاده برای شن و ماسه

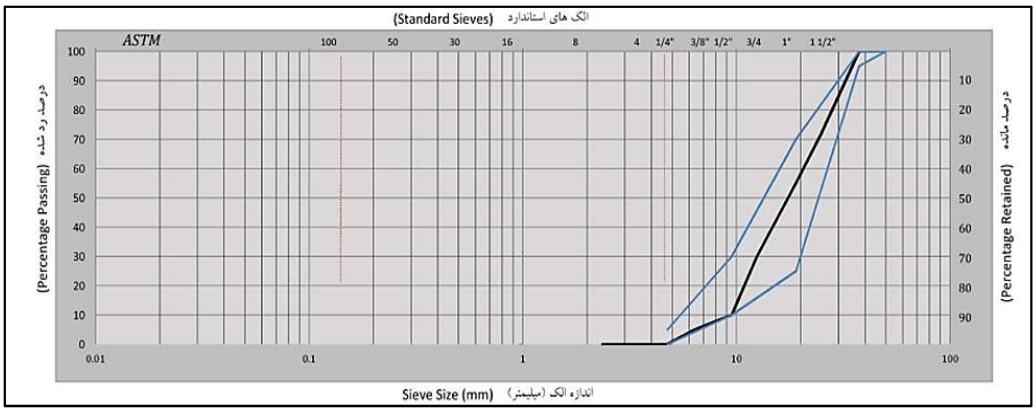
وزن مخصوص ظاهری ماسه در حالت اشباع با سطح خشک ۱,۸ تن بر متر مکعب و میزان جذب آب ۳,۲ درصد می باشد، برای اینکه تاثیر دانه بندی در طرح اختلاط بتن دیده شود از سه نوع دانه بندی مختلف ماسه استفاده نمودیم که هر کدام دارای مدول نرمی مختلفی بوده اند و نمودارهای دانه بندی هر کدام به تفکیک در اشکال (۲)، (۳) و (۴) ارائه شده است.

شکل۲- نمودار دانه بندی ماسه با مدول نرمی ۲,۹۲

شکل ۳- نمودار‌دانه بندی ماسه با مدول نرمی ۲,۸۵

شکل ۴- نمودار‌دانه بندی ماسه با مدول نرمی۲,۷۹

وزن مخصوص ظاهری شن در حالت اشباع با سطح خشک ۲,۰۵ تن بر متر مکعب و میزان جذب آب آن ۱,۹۸ درصد می باشد.کیفیت دانه بندی شن در شکل (۵) ارائه شده است. در طرح های اختلاط این پروژه نمودار دانه بندی شن ثابت نگه داشته شده است.



شکل ۵- نمودار دانه بندی شن

۳-۳- سیمان مصرفی

در این پروژه از سه تیپ سیمان پرتلند نوع I، II و V کارخانه سیمان تهران استفاده شده است که خصوصیات هر سیمان در این بخش گفته خواهد شد. سیمان پرتلند نوع I-۵۲۵ طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۸۹ ISIRI تولید و دارای مشخصات شیمیایی و فیزیکی همانند سیمان پرتلند نوع I-۳۲۵ می باشد. همچنین دارای مقاومت فشاری اولیه (۲ روزه) حداقل ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و مقاومت نهایی (۲۸ روزه) حداقل ۵۲۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد. این سیمان برای ساخت سازه های بتنی که نیاز به قالب برداری و بارگذاری بتن سریع می باشد، کاربرد داشته و علاوه بر قابلیت مصرف در بتن ریزی های معمولی، دارای کاربرد ویژه برای بتن ریزی های معمولی و حجیم در هوای سرد که نیاز به حفظ دمای بتن بیش از ۵ درجه سانتیگراد است، می باشد. با توجه به سخت شوندگی سریع، حرارت هیدراسیون تولید شده توسط این سیمان بیشتر بوده و لذا برای بتن ریزی های حجیم در فصل تابستان و هوای گرم توصیه نمی گردد و برای بتن ریزی های معمولی در هوای گرم نیز با رعایت حداکثر دمای بتن تا ۲۳ درجه سانتیگراد بهتر است با احتیاط مصرف شود. سیمان پرتلند نوع II طبق استاندارد ملی به شماره ۳۸۹ - ISIRI تولید می گردد. سیمان پرتلند نوع II برای ساخت بتن هایی که حرارت هیدراسیون متوسط در آنها ضروری بوده و حمله سولفات ها به آن ها در حد متوسط باشد، مورد استفاده قرار می گیرد. به سبب محدودیت فاز آلومینات وکمتر بودن فاز سه کلسیم سیلیکات در این سیمان، که سبب ایجاد خواص ویژه فوق الذکر می شود، مقاومت فشار اولیه و نهایی ملات استاندارد آن کمتر از سیمان پرتلند نوع I است. این سیمان در کلیه سازه های بتنی قابل استفاده می باشد و در محیط های آب و خاک که غلظت یون سولفات در حد متوسط (طبق آئین نامه بتن ایران برای شرایط محیطی متوسط در محیط آبی غلظت یون سولفات کمتر از ۱۲۰۰ ppm و در محیط خاکی کمتر از ۰٫۵ ٪ می باشد) است، کاربرد دارد. برای بتن ریزی در هوای نسبتاً گرم که خطر افزایش دمای بتن معمولی به بیش از ۳۲ درجه سانتیگراد و بتن حجیم به بیش از ۱۵ درجه سانتیگراد وجود دارد، این سیمان کاربرد گسترده دارد. برای استفاده در محیط های حاوی یون کلر و سولفات به طور همزمان و در محیط های حاوی غلظتهای زیاد یون سولفات و همچنین بتن ریزی در هوای سرد مصرف این سیمان توصیه نمی شود. به سبب پائین بودن فاز آلومینات (۵ ٪ >)، سیمان پرتلند نوع ۵ دارای مقاومت زیاد در برابر یون سولفات در محیط های آب و خاک می باشد. طبق آئین نامه بتن ایران (آبا)، در محیط های آبی سولفاتی شدید غلظت یون سولفات بیش از ۱۲۰۰ ppm و در محیط های خاکی سولفات شدید، بیش از۰/۵ ٪، وزنی خاک می باشد و لذا طبق این آئین نامه لازم است کلیه سازه های بتنی قرار گرفته در معرض آب و خاک، با سیمان نوع V ساخته شوند و در هر صورت برای محیط های سولفاتی بسیار شدید با غلظت سولفات بیش از ۲۵۰۰ ppm در آب و بیش از ۱ ٪ در خاک حتماً از سیمان نوع V استفاده گردد. تحقیقات نشان داده است بتن سیمان نوع V در برابر محیط های دارای کلر آسیب پذیر است و لذا اگر در محیط یون کلر همراه یون سولفات باشد، کاربرد این سیمان باید با احتیاط انجام شود و آزمون های لازم قبلاً انجام پذیرد. حد مقاومت

۳، ۷ و ۲۸ روزه برای این سیمان کمتر از سایر سیمان های پرتلند بوده و لذا برای سازه هایی که نیاز به مقاومت های زیادتر باشد، دارای محدودیت کاربرد است.

۳-۴- طرح اختلاط

برای بدست آوردن بتن با خصوصیات و عملکرد مورد نظر، اولین قدم انتخاب اجزای مصالح است. قدم بعدی روندی است که به تعیین اختلاط موسوم است و توسط آن ترکیب صحیح اجرای بتن بدست می آید. تعیین نسبت های اختلاط بتن، مرحله ای است که با آن می توان به ترکیب مناسب سیمان، سنگدانه ها، آب و مواد افزودنی برای ساخت بتن از طریق مشخصات مربوطه رسید. مهمترین نکته در تعیین شن و ماسه این موضوع می باشد که در تمامی نمونه ها نسبت شن به ماسه برابر G/S=0.832 بوده ولی همانگونه که در نمودارهای دانه بندی ماسه مشاهده می شود برای طرح اختلاط، ماسه با مدول نرمی مختلف را تعیین شده بدون اینکه تغییر محسوسی در نسبت شن به ماسه وجود داشته باشد. جزییات مخلوط بتن در جدول ۷-۸ ارائه شده است.

جدول ۲-مقادیر وزنی و حجمی برای تهیه یک مترمکعب بتن تازه در حالتی که مصالح کاملاً خشک باشند

نوع مصالح	مقدار حجمی Liter	مقدار وزنی kg	وزن واحد حجم
آب	۱۶۸	۱۶۸	۱
سیمان	۱۱۱,۱	۳۵۰	۳,۱۵
ماسه	۵۳۹	۹۴۴	۱,۷۵
شن	۵۴۵	۷۸۵	۱,۴۴
واتر پروف (Plast Proof N)	۱,۹۵	۱,۷۵	۱,۱
فوق روان کننده (Super Plasticizer130)	۴,۹۵	۵,۲۵	۱,۰۶

۴- بررسی آزمایشات انجام شده

برای بررسی دوام بتن آزمایشات مختلفی از قبیل تعیین مقاومت فشاری و درصد جذب آب نمونه ها در سه محیط مختلف، محیط آب معمولی، محیط حاوی ۵ درصد یون سولفات منیزیم و محیط واقعی انجام پذیرفت، قابل ذکر می باشد که برای هر آزمایش ۳ نمونه بتنی ساخته شده و دو نتیجه ای شرایط نزدیک به هم داشته انتخاب شده که در این بخش به آن اشاره می کنیم. اشکال (۶) و (۷) نحوه ی نگهداری نمونه ها در محیط های مختلف نشان داده شده است.

شکل ۶-نحوه نگهداری نمونه های بتنی در محیط آب معمولی

شکل ۷- نحوه نگهداری نمونه های بتنی در محیط واقعی (کانال آبیاری ولکس رشت)

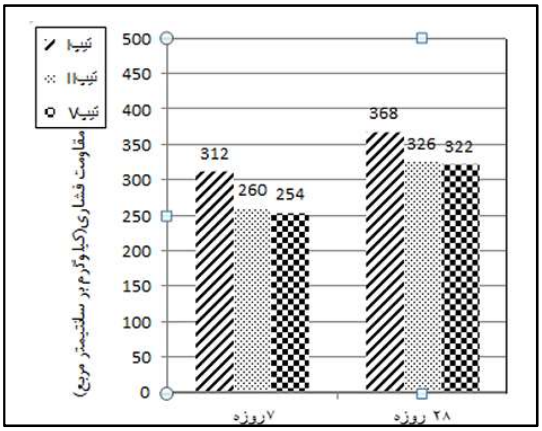
قابل ذکر می باشد که نحوه ی نگهداری نمونه ها در آبی که حاوی ۵ درصد یون سولفات منیزیم می باشد نیز همانند شکل (۶) می باشد، که تفاوت آن خالص بودن آب است.

۵- تحلیل و تجزیه نتایج

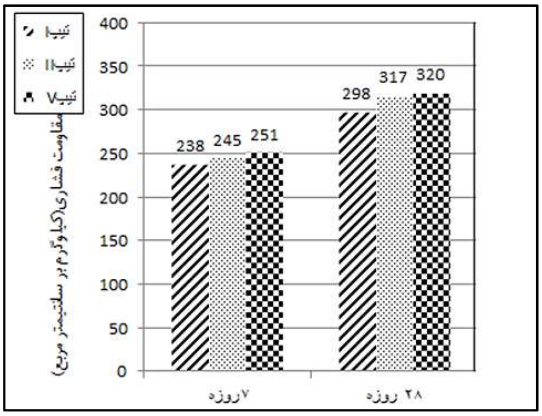
۵-۱- ارزیابی نتایج آزمایش مقاومت فشاری

نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری که در سنین مختلف برای سه تیپ سیمان و طرح اختلاط ثابت در سه شرایط مختلف انجام شد، در این قسمت مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

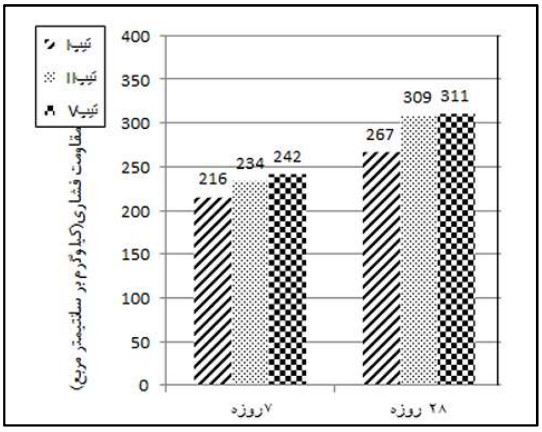
شکل۸ – نحوه ی شکست نمونه ها زیر جک فشاری



شکل ۹- نمودار مقاومت فشاری برای طرح یک در شرایط آزمایشگاهی



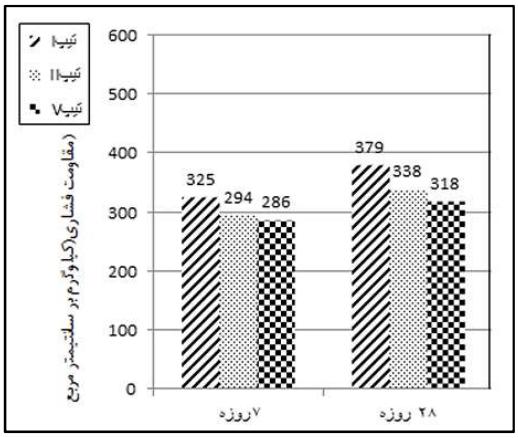
شکل ۱۰- نمودار مقاومت فشاری برای طرح یک در شرایط سولفاته



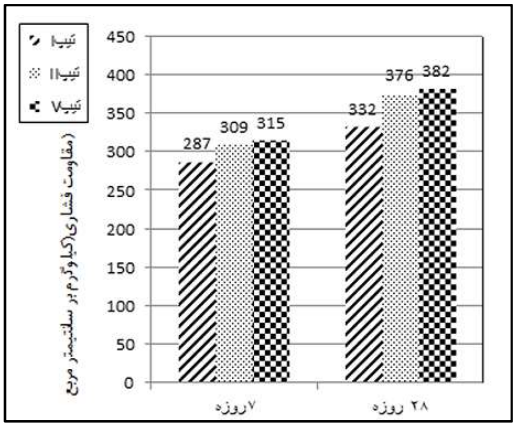
شکل ۱۱- نمودار مقاومت فشاری برای طرح یک در شرایط واقعی

همان طور که در نمودارهای اشکال ۹، ۱۰ و ۱۱ مشاهده می شود، در هر سه نمودار با افزایش زمان، مقاومت فشاری نیز افزایش پیدا می کند. نکته قابل توجه اینجاست که در شرایط آزمایشگاهی سیمان تیپ یک دارای افزایش مقاومت فشاری بیشتری نسبت به سایر نمونه ها می باشد. این درحالیست که این سیمان در شرایط محیط سولفاته و محیط واقعی با کاهش

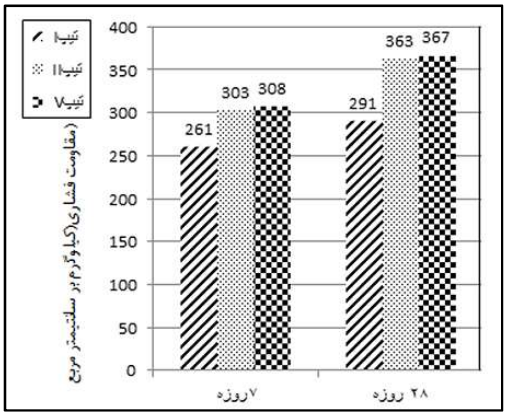
مقاومت فشاری نسبت به سایر نمونه ها رو به رو می شود. همچنین قابل ذکر است که سیمان تیپ پنج که در شرایط آزمایشگاهی مقاومت کمتری نسبت به سایر نمونه ها داشت، در محیط های مخرب دوام بیشتری از خود نشان داد.



شکل ۱۲-نمودار مقاومت فشاری برای طرح دو در شرایط آزمایشگاهی

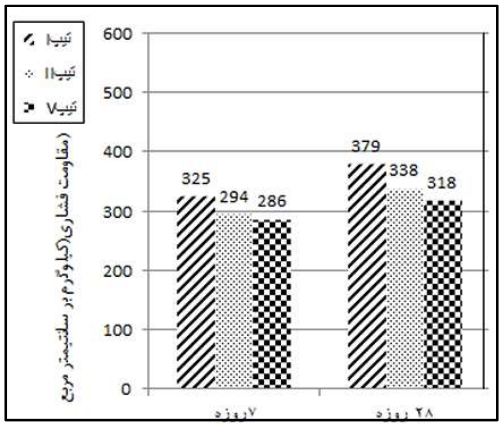


شکل ۱۳: نمودار مقاومت فشاری برای طرح دو در شرایط سولفاتی

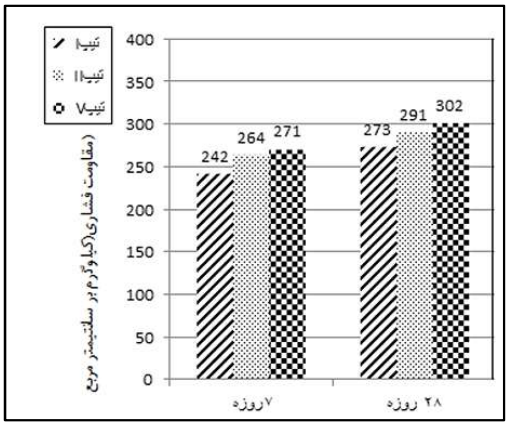


شکل ۱۴- نمودار مقاومت فشاری برای طرح دو در شرایط واقعی

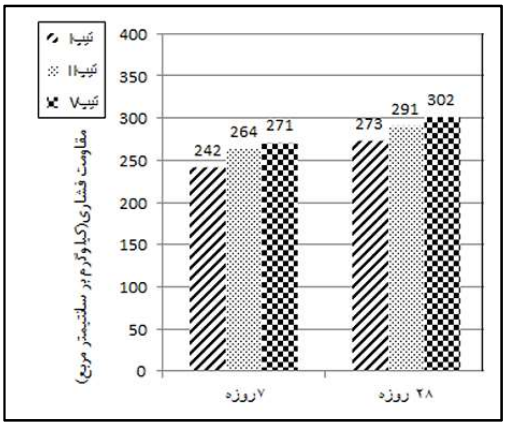
همان گونه که در نمودارهای شکل های(۱۲)، (۱۳) و (۱۴)مشاهده می شود در طرح اختلاط دو افزایش نسبی مقاومت در تمامی نمونه ها را نسبت به طرح اختلاط یک داریم. همچنین در طرح دو علاوه بر مسائل ذکر شده نکته قابل تامل این است که در سیمان های نوع ۲ و ۵ اختلاف چندانی بین مقاومت فشاری در نمونه ها دیده نمی شود.



شکل ۱۵- نمودار مقاومت فشاری برای طرح سه در شرایط آزمایشگاهی



شکل ۱۶- نمودار مقاومت فشاری برای طرح سه در شرایط سولفاتی

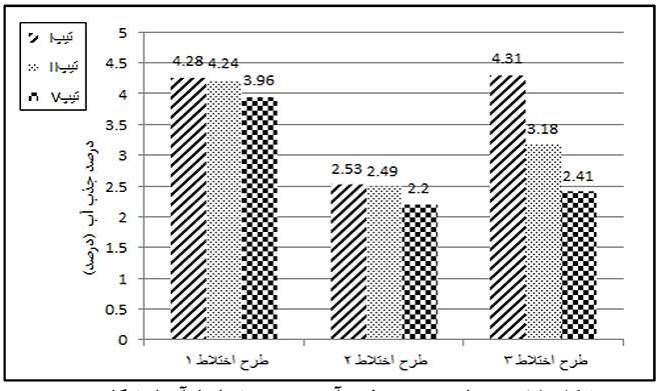


شکل ۱۷- نمودار مقاومت فشاری برای طرح سه در شرایط واقعی

از ملاحظه نمودارهای شکل (۱۵)،(۱۶) و (۱۷) این نتیجه حاصل می شود که در طرح سه، در شرایط آزمایشگاهی اختلاف بین نمودارهای مقاومت فشاری نسبت به طرح ۲ بیشتر بوده و این اختلاف فشار در سنین ۹۰ روزه نسبت به سنین ۷ و ۲۸ روزه بیشتر احساس می شود. همچنین مشاهده می شود سیمان های تیپ ۲ و ۵ در شرایط مخرب نسبت به سیمان تیپ ۱ دارای دوام بیشتری بوده اند.

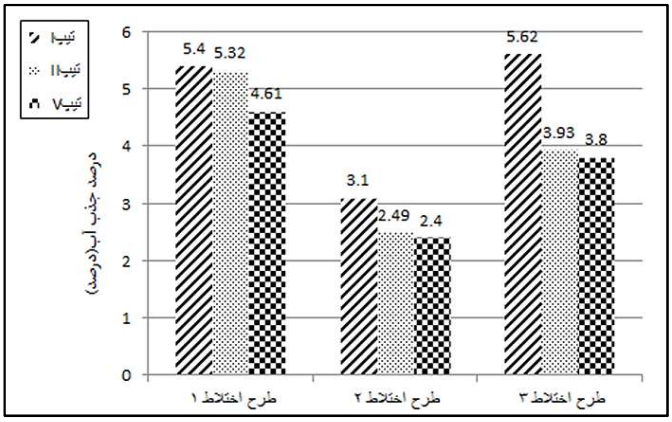
۵-۲- ارزیابی نتایج آزمایش درصد جذب آب بتن

نتایج حاصل از آزمایش تعیین درصد جذب آب بتن در سن ۹۰ روزه در نمودارهای اشکال (۱۸)، (۱۹) و (۲۰) ارائه گردیده است.

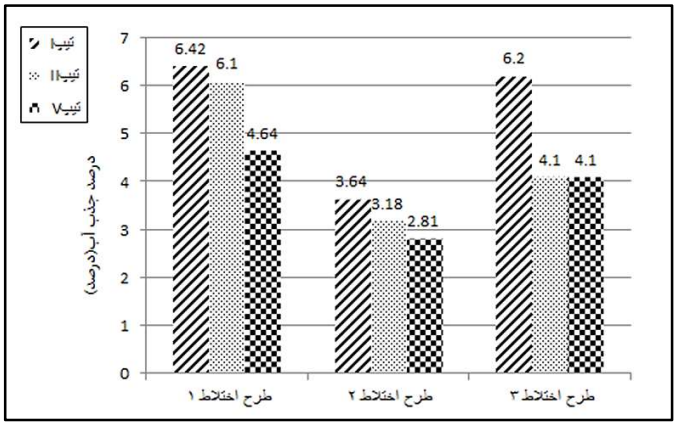


شکل ۱۸- نمودار درصد جذب آب بتن در شرایط آزمایشگاهی

همان طورکه مشاهده می گردد نمودار شکل (۱۸) بیانگر آن است که کمترین جذب آب در طرح اختلاط دو با استفاده از سیمان تیپ ۵ بدست می آید و همچنین می توان دریافت که طرح اختلاط یک تاثیر چندانی در پایین آوردن درصد جذب آب با سیمانهای مختلف ندارد.



شکل۱۹- نمودار درصد جذب آب بتن در شرایط سولفاتی



شکل ۲۰- نمودار درصد جذب آب بتن در شرایط واقعی

از مشاهده نتایج بالا متوجه می شویم، نمونه هایی که در محیط واقعی قرار گرفته نسبت به نمونه هایی که در محیط آب معمولی و سولفاته قرار گرفته اند دارای درصد جذب آب بیشتری هستند.بیشترین درصد جذب آب در طرح اختلاط ۳ ملاحظه می شود، و طرح اختلاط دو با سیمان تیپ ۵ کمترین درصد جذب آب در بتن را داشته است.

۶- نتیجه‌گیری

به طورکلی می توان از آزمایشات انجام شده نتایج زیر را بدست آورد :

۱- عامل اصلی خرابی نمونه های بتنی در محیط واقعی املاح زیاد موجود درآب بوده است.

۲- نتایجی که از آزمایش های مقاومت فشاری در محیط های مختلف بدست آمد، برای طرح اختلاط های مختلف تفاوت چشمگیری داشتند؛ به گونه ای که نمونه بتنی ساخته شده در محیط آزمایشگاهی (قرار گرفته در محیط آب معمولی) با سیمان تیپ ۱ پس از سن ۲۸ روز به مقاومت ۳۶۸ کیلو گرم بر سانتی متر مربع رسیده است. این در حالیست که مقاومت فشاری همین طرح اختلاط (نوع۱) با سیمان تیپ ۵ برای محیط واقعی سولفاته و مخرب بالاتر از سیمان تیپ ۱ در محیط مخرب بدست آمده است.

۳- در بین ۳ طرح اختلاط انتخابی در این پژوهش مقاومت فشاری طرح اختلاط ۳ با سیمان تیپ ۱ بیشتر از طرح اختلاط های دیگر در شرایط آزمایشگاهی بوده است. ولی در محیط های مخرب سیمان تیپ ۵ با طرح اختلاط نوع ۲ از انواع دیگر طرح اختلاط دارای مقاومت فشاری بالاتری بوده است و نتایج آن بیانگر این است که طرح اختلاط ۲ با سیمان تیپ ۵ دارای دوام بیشتری در محیط های مخرب هستند.

۴- حداکثر درصد جذب آب بتن برای سیمان های تیپ۱ و طرح اختلاط ۳ و۱ به ترتیب برابر۶,۲ درصد و ۶,۴۲ درصد بوده است. این موضوع بیانگر این است که این سیمان با این طرح دوام پایین تری نسبت به سایر طرح ها و دو نوع سیمان دیگر داشته است.

۵- به طور کلی تغییر در مقاومت فشاری و درصد جذب آب نمونه های موجود در محیط مخرب سولفاتی و واقعی نسبت به نمونه های موجود در محیط آب معمولی را می توان به عنوان معیاری جهت کنترل دوام بتن ها در محیط مخرب سولفاتی و واقعی در نظر گرفت.

۶- مخلوط کردن مصالح از قبیل سیمان، آب، شن و ماسه، افزودنی ها درعمل کار ساده ای اما تصور اینکه هر کسی میتواند بتن متناسب با سازه مورد نظر را بسازد اندیشه ای نادرست است. در تهیه بتن برای کانال های انتقال آب، صرفنظر از بعد سازه ای باید طرح اختلاط بر اساس دوام محاسبه گردد و برای تمامی مراحل عملیات بتن ریزی از نیروی انسانی مجرب

استفاده شود. توصیه میشود برای طراحی مخلوط بتن از کارشناس مرتبط استفاده گردد زیرا هر بتنی باید برای شرایط خاصی طراحی شود.

مراجع

۱- دوستی، علی؛ مرادی مرنی، فرید؛ شکرچی زاده، محمد، (۱۳۸۷)، «دوام بتن درمحیط خلیج فارس»، مرکز تحقیقات سازمان بنادر و دریانوردی، علمی تخصصی دریایی و بندری ص۲۱-۴۱.

2-Young-Shik, P., Jin-kook, S., Jae-Hoon, L. and Young-Shik, P. (2002) "Strength deterioration of high strength concrete in sulfate environment", Cement and Concrete Research, Vol. 24, pp. 305-316.

3- H.Afsoos Biria, P.Kaafi Siaestalkhi Improvement of Concrete's Durability and Permeability By Adding Natural Pozzolans1st International Congress on Durability of Concrete ,(ICD2012), Trondheim, Norway, RefrenceNo, ICDC2012-D12-00002IR,www.icdc2012.com.

۴- محمودی، امین؛ افشین، حسن؛ حکیمزاده، حبیب،(۱۳۸۸)، «بررسی دوام بتن مسلح در ناحیه پاششی(Splash Zone) و ناحیه اتمسفری(Atmospheric Zone) محیط دریایی خورنده شدید»، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران.

۵- پیدایش، منصور، (۱۳۸۳)، «کنترل خوردگی در سازه های دریایی و تاسیسات بندری، ششمین همایش بین المللی سواحل ، بنادر و سازه های دریایی».