نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۴، آذر - دی ۱۳۹۹، ص. ۱۷۷۱-۱۷۶۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 14, Oct.-Nov. 2020, p. 1762-1771

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی کاربرد پوشش بتنی بوم سازگار در کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر

رضا بهراملو[1*]، نادر عباسی[2]، قاسم اسدیان[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۳۱

چکیده

در این پژوهش با هدف دستیابی به پوشش بتنی سازگار و بادوام در مناطق سردسیر، ۹ مخلوط بتنی با ۳ سطح عیار سیمان، ۳ نسبت مختلف آب به سیمان و ۳ مقدار افزودنی حباب هواساز، تهیه نموده و آزمایش‌های مختلف در آزمایشگاه بر روی بتن تازه و سخت شده انجام گردید تا مخلوط بتنی بادوام مشخص گردد. عیارهای سیمان شامل ۳۲۵، ۳۵۰ و ۳۷۵ کیلوگرم در مترمکعب بتن، نسبت‌های آب‌به‌سیمان شامل ۰/۴، ۰/۴۵ و ۰/۵ و همچنین مقادیر هوازا شامل صفر درصد (شاهد بدون هوازا)، ۰/۰۱ و ۰/۰۳ درصد وزن سیمان تعیین گردید. بعد از تهیه مخلوط‌ها، آزمایش روی بتن تازه شامل تعیین اسلامپ، درصد هوای کل، چگالی و روی بتن سخت شده آزمایشهای جذب آب، مقاومت فشاری، مدول الاستیسیته و چرخه‌های یخزدن-آب‌شدن تا ۳۰۰ چرخه انجام شد. بر اساس نتایج آزمایش‌ها از بین ۹ طرح اختلاط ۳ طرح در مقابل یخبندان بادوام و با شرایط مناطق سردسیر سازگار بودند. این مخلوط‌ها به ترتیب :۱- مخلوطی با نسبت آب‌به‌سیمان ۰/۴، عیار سیمان ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب و بدون هوازا ، ۲- با نسبت آب‌به‌سیمان ۰/۴۵ و عیار سیمان ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب با افزودنی هوازا به اندازه ۰/۰۳درصد وزن سیمان و ۳- نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ و عیار سیمان ۳۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب بدون هوازا می‌باشند. همچنین نتایج نشان داد که با استفاده از ۱ تا ۲ کیلوگرم در مترمکعب روان‌کننده می‌توان نسبت آب‌به‌سیمان را به ۰/۴رساند و بدون استفاده از حباب هواساز پوشش بتنی بادوامی داشت.

واژه‌های کلیدی: اقلیم سرد، چرخه یخبندان-ذوب بتن، روان کننده، دوام، هوازا

مقدمه

بر اساس تعریف ارائه شده در فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی، پوشش کانال به معنای پوشاندن تمام یا قسمتی از بدنه کانال با مواد محافظت کننده برای جلوگیری از تراوش آب، تحمل فشار، کاهش فرسایش یا تقلیل اصطکاک بستر در جهت اصلاح شرایط جریان می‌باشد. دوام یا پایایی بتن متناظر با سن یا عمر خدمت رسانی آن در شرایط محیطی مشخص به شمار می‌آید. بدیهی است با تغییر شرایط محیطی حاکم بر بتن (به عنوان مثال یخزدن-ذوب شدن متناوب در مناطق سردسیر و یا عامل سولفات در مجاورت سواحل و یا تروخشک شدن متناوب در مناطق گرمسیر)، مفهوم دوام بتن تغییر می‌کند (تدین، ۱۳۹۰). بهراملو (۱۳۹۴) در بررسی شاخص‌های پوشش بتنی بادوام گزارش نمود که برای تخریب یک سازه بتنی در اثر یخبندان دو شرط هم‌زمان باید اتفاق افتد که یکی اشباع شدن بتن و دیگری بروز پدیده یخزدن-ذوب‌شدن پیاپی می‌باشد. ایشان نتیجه‌گیری نمود که در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری به دلیل تماس دائم با آب در صورت اجرا در مناطق سردسیر پدیده یخبندان-ذوب متناوب هم فراهم شده و در صورت استفاده از روش و مصالح مرسوم با توجه به افزایش ۱۱ درصد حجم آب داخل منافذدر هنگام یخبندان، به بتن فشار وارد شده و به مرور تخریب خواهد شد. در ایران و سایر کشورها، بتن بیش از سایر پوشش‌ها رواج یافته و مورد استفاده قرار گرفته است (سیاهی و همکاران، ۱۳۹۰). مزایای فوق برای آن دسته از پوشش‌های بتنی است که مطابق با استانداردهای تجویزی اجرا شده و دارای کیفیت و دوام مناسب باشد، در غیر این صورت این پوشش دچار ترک‌خوردگی و تخریب شده و خیلی از مزایای مطرح شده را نخواهد داشت (همانند مزایای کنترل تلفات نشت و زهدار شدن اراضی، رویش علف هرز، کاهش هزینه‌های بازسازی). طبق تعریف ACI 201 (۲۰۰۱)، دوام بتن حاوی سیمان پرتلند به توانایی آن برای

۱- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۲- استاد مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: r.bahramloo@areeo.ac.ir

مقابله با عوامل هوازدگی، تهاجم شیمیایی، سایش و یا هر فرآیندی که به آسیب‌دیدگی می‌انجامد، گفته می‌شود. بنابراین، بتن پایا بتنی است که تا حدود زیادی شکل اولیه و کیفیت و قابلیت خدمت‌رسانی خود را در شرایط محیطی حاکم حفظ نماید (فامیلی، ۱۳۹۱). تدین (۱۳۹۰) گزارش نمود که دوام بتن ابعاد مختلفی دارد که شامل:- پایایی در برابر عوامل فیزیکی (آتش، یخزدن-آب‌شدن متناوب، تبلور نمک‌ها)- پایایی در برابر تهاجم شیمیایی (سولفات‌ها، کربناسیون، تاثیر واکنش قلیایی‌ها با سنگدانه‌ها بر بتن)- پایایی در برابر عوامل مکانیکی (سایش، خلازایی)- تخریب در اثر خوردگی میلگرد، می‌باشد. یکی از خصوصیات مهم بتن خوب، پایائی و دوام آن است، به طوری- که اگر این مشخصه پائین‌تر از حد استانداردهای تجویزی باشد، در مدت کوتاهی طی فرایندهای مختلف فیزیکی، شیمیائی و مکانیکی ناشی از عوامل داخلی و یا خارجی و محیطی، دچار ترک‌خوردگی و تخریب می‌گردد. رمضانیانپور و شاه‌نظری (۱۳۶۸) خرابی‌های بتن را مربوط به عدم ساخت و نگهداری صحیح و همچنین نفوذ مایعات و گازهای مضر بر بتن که باعث ترکیبات شیمیایی مخرب می‌گردد، دانسته و انواع تخریب بتن را به سه دسته شامل: تخریب در اثر زنگ زدن آرماتور که یون کلر عامل اصلی آن است، تخریب در اثر سولفات‌ها و متورم شدن بتن، تخریب در اثر ترکیب قلیائی‌های سیمان و سیلیس برخی مواد سنگی بتن که به ندرت پدید می‌آید، تقسیم نمود. آن‌ها خرابی بتن سخت شده در اثر سیکل‌های مکرر ذوب و یخبندان در هوای سرد را به ترک‌های فرسایشی[۱]، پوسته شدن سطح بتن، تجزیه خمیر سیمان پرتلند، ترک‌خوردگی سطح گسترده[۲] و بیرون پریدگی[۳] تقسیم کردند. همچنین سازه‌های آبی نظیر کانال‌ها که در صورت عدم رعایت استانداردهای تجویزی طراحی و ساخت بتن، امکان جذب آب و اشباع شدن آن‌ها وجود دارد را آسیب پذیرتر از سایر سازه‌های بتنی دانسته و مکانیزم فرسایش هر یک از تقسیم‌بندی‌های مذکور را تشریح نمودند. رمضانیانپور و پیدایش (۱۳۷۱) در بررسی علل تخریب سازه‌های بتنی عوامل مخرب بتن را به دو دسته کلی شامل عوامل محیطی (فیزیکی، شیمیائی و مکانیکی) و عوامل داخلی (نفوذ پذیری، واکنش قلیائی سنگدانه‌ها، وجود املاح بیش از حد مجاز و تغییر حجم) تقسیم‌بندی نمودند. بهراملو (۱۳۸۳) در بررسی مسائل و مشکلات فنی کانال‌های آبیاری دشت همدان- بهار، نتیجه‌گیری نمود که یکی از مشکلات اساسی این کانال‌ها ترک‌خوردگی و تخریب شدید پوشش بتنی در اثر یخبندان می‌باشد. بهراملو (۱۳۸۶) عامل اصلی تخریب پوشش بتنی کانال‌های آبیاری را مقاومت فشاری پائین در اثر عدم توجه به استانداردهای ساخت و نگهداری بتن در اقلیم سرد گزارش نمود. بهراملو (۱۳۹۱) مقدار تلفات آب در کانال‌های بدون پوشش و پوشش‌دار بتنی در همدان را به ترتیب ۲/۳۹ و ۱/۷۴ متر مکعب در متر مربع در روز تعیین و نتیجه- گیری نمود که با روش اجرای و نگهداری و تکنولوژی موجود، کاربرد پوشش بتنی تاثیر معنی‌داری در کنترل تلفات نشت آب ندارد. در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در مناطق سردسیر با توجه به تماس دائمی این پوشش با آب و اشباع بودن و مهیا بودن شرایط یخبندان- ذوب متناوب (شکل ۱)، ضروری است اجزاء این پوشش بتنی به گونه‌ای تغییر داده شود که در سازگاری با شرایط این مناطق، دوام پوشش بتنی افزایش یافته و منجر به کنترل تلفات آب گردد.

مواد و روش‌ها

مشخصات مصالح مصرفی

سیمان، آب، مواد حباب‌زا و سنگدانه‌ها مهمترین مصالح مورد استفاده در مخلوط‌های بتنی این پژوهش بوده‌اند (رمضانیانپور و شاه‌نظری، ۱۳۹۰). در شکل ۲ اجزای بتن نشان داده شده است. در ادامه اجزاء بتن به کار رفته در این پژوهش، تشریح شده است. در تهیه مخلوط‌های مختلف بتن از آب شرب شهری استفاده شد. در طرح و تهیه مخلوط‌های بتنی این تحقیق، از سیمان پرتلند نوع ۲ هگمتانه استفاده شد.

مشخصات شیمیایی و فیزیکی سیمان پرتلند نوع ۲ به کار رفته در طرح اختلاط با استاندارد شماره ۳۸۹ ملی ایران (۱۳۹۵) انطباق دارد. رمضانیانپور و شاه‌نظری (۱۳۹۰) مقدار مصرف مواد هوازا[۴] را بین ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۵ درصد وزن سیمان توصیه نموده‌اند. آئین‌نامه بتن ایران (۱۳۸۳) مقدار هوای لازم برای بتنی با حداکثر اندازه سنگدانه ۱۹ میلیمتر در شرایط سردسیر را ۶ درصد توصیه نموده است. در این پژوهش مخلوط‌های بتنی برای سه حالت بدون حباب هواساز، ۰/۰۱ درصد و ۰/۰۳ درصد وزن سیمان حباب هواساز، تهیه گردید. سنگدانه‌های مصرفی شامل ریزدانه (ماسه) و درشت دانه (شن‌نخودی و بادامی) از نوع نیمه‌شکسته بوده و بر اساس آزمایشات اولیه مشخصات فنی سنگدانه‌های مصرفی در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به ضخامت پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری، بزرگترین قطر سنگدانه[۵] با قطر ۲۰ میلی‌متر انتخاب شده است.

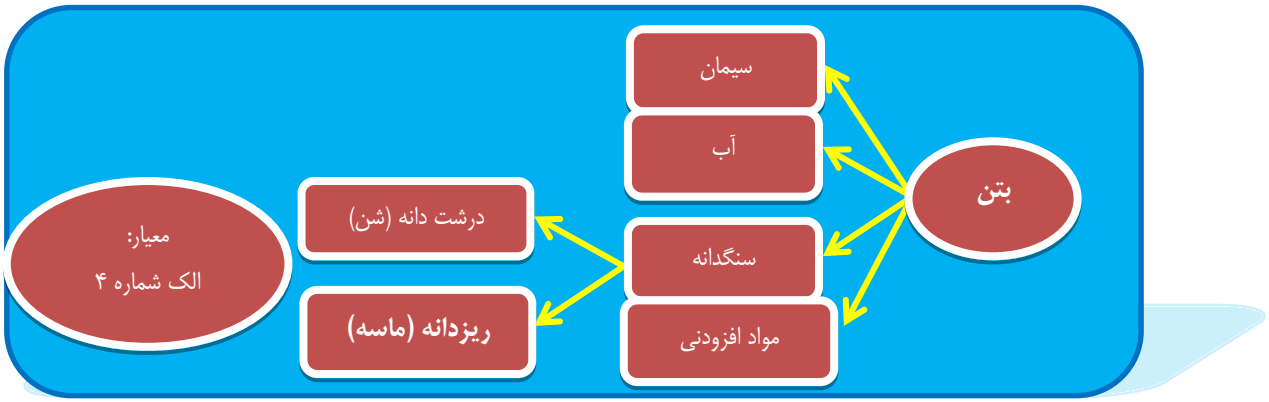
برای دستیابی به اسلامپ مود نظر مخلوط قابل استفاده در پوشش کانال‌های آبیاری از روان‌کننده استفاده شد (بین ۰/۱ تا ۰/۵ درصد وزن سیمان). در ادامه به برخی از معیارهای در نظر گرفته شده در مخلوط‌ها بتنی اشاره شده است:

با توجه به شیوه تراکم بتن در پوشش کانال‌ها و شیب‌های جانبی آن، اسلامپ مورد نظر در تهیه مخلوط‌های بتنی بین ۲ تا ۱۰

۱- D-line cracking
۲- Pattern Cracking
۳- pop out
۴- Air Entrainment Admixture
۵- Maximum Aggregates Diameter (MAD)

سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

شکل ۱- تاثیر تدریجی پدیده یخبندان-ذوب متناوب در تخریب کانال آبیاری سیاه‌کمر در منطقه سردسیر همدان



شکل ۲- اجزای تشکیل دهنده بتن

جدول ۱- مشخصات فنی سنگدانه‌های مصرفی در بتن

نوع سنگدانه	شن بادامی	شن نخودی	ماسه
اندازه (میلیمتر)	۱۹-۱۲	۱۲-۵	کمتر از ۵
چگالی اشباع (گرم بر سانتیمترمکعب)	۲/۶۸	۲/۶۷	۲/۶
درصد ظرفیت جذب آب اشباع(٪)	۰/۷	۰/۸	۳/۲
درصد وزنی مصرف در بتن	۳۰	۱۰	۶۰

برای نزدیکی به شرایط کاربردی پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری، مخلوط های بتنی در این پروژه با سه مقدار عیار سیمان ۳۲۵، ۳۵۰ و ۳۷۵ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر گرفته شد.

مطابق آئین‌نامه بتن ایران (۱۳۸۳) در طرح اختلاط بتن در مناطق سرد نسبت آب به سیمان نباید از ۰/۵ بیشتر باشد و از طرفی تهیه مخلوطی با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴ هم به دلیل عدم کارایی، عملی نیست. در این پژوهش، مخلوط‌های بتنی برای سه نسبت آب به سیمان ۰/۴(با استفاده از روان کننده)، ۰/۴۵ و ۰/۵ تهیه و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با توجه به موارد فوق در جدول ۲ طرح‌های مخلوط بتنی مورد بررسی، ارائه شده است. در این مخلوط-ها، عدد بعد از C مقدار عیار سیمان، عدد بعد از W نشانه نسبت آب به سیمان و عدد بعد از A نشان دهنده مقدار کاربرد حباب هواساز است.

در شکل ۴ تاثیر پارامترهای مختلف افزودنی هوازا، عیار سیمان و نسبت آب به سیمان بر مقدار جذب آب موئینه نشان داده شده است. مطابق نمودار A این شکل با افزودن هوازا مقدار جذب موئینه نیز افزایش یافته ولی این افزایش خطی نیست و بالاترین جذب آب موئینه برای مخلوطی با ۰/۰۱درصد هوازا بوده و با افزایش هوازا به ۰/۰۳ درصد مجددا جذب آب موئینه کمتر شده است. این تغییر به دلیل افزایش تخلخل همزمان با افزایش هوازا تا ۰/۰۱ و افزایش

اسلامپ و تراکم بهتر و کاهش تخلخل بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۳ درصد بوده است. در نمودار B این شکل مشخص است که افزایش عیار سیمان تاثیر زیادی در افزایش جذب آب موئینه داشته و بالاترین مقدار در عیار ۳۷۵ کیلوگرم سیمان در متر مکعب بوده است. با افزایش عیار سیمان بخش خمیری که محل جذب موئینه بتن می‌باشد افزایش خواهد یافت. به همین دلیل با افزایش عیار سیمان، جذب آب موئینه نیز افزایش یافته است. نمودار سمت راست شکل نیز نشان می‌دهد که با کاهش نسبت آب به سیمان از ۰/۵تا ۰/۴ مقدار جذب آب موئینه کاهش یافته است. با کاهش نسبت آب به سیمان، از مقدار تخلخل بتن کاسته شده و در نتیجه مقدار جذب آب موئینه نیز کاهش یافته است.

جدول ۲- طرح‌های مختلف بتن تهیه و بررسی شده در پروژه

شماره طرح	نوع متغیر	کد طرح	عیار سیمان Kg/m^3	W/C	حباب‌ساز مصرفی		روان کننده	
					درصد سیمان	gr/m^3	درصد سیمان	gr/m^3
۱		C325W0.5A0	۳۲۵	۰/۵	۰	۰	۰	۰
۲	حباب‌ساز	C325W0.5A1	۳۲۵	۰/۵	۰/۰۱	۳۲/۵	۰	۰
۳		C325W0.5A2	۳۲۵	۰/۵	۰/۰۳	۹۷/۵	۰	۰
۴		C325W0.45A0	۳۲۵	۰/۴۵	۰	۰	۰/۳	۹۷۵
۵	عیار سیمان	C350W0.45A0	۳۵۰	۰/۴۵	۰	۰	۰	۰
۶		C375W0.45A0	۳۷۵	۰/۴۵	۰	۰	۰	۰
۷		C350W0.4A0	۳۵۰	۰/۴	۰	۰	۰/۵	۱۷۵۰
۸	نسبت آب به سیمان	C350W0.45A0	۳۵۰	۰/۴۵	۰	۰	۰	۰
۹		C350W0.5A0	۳۵۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰

انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی

بعد از تهیه مخلوط‌ها، آزمایش روی بتن تازه شامل تعیین اسلامپ، درصد هوای کل، چگالی به روش استاندارد (۲۰۰۰) ASTM C642 انجام شده و در قالب‌های مختلف ریخته شد. نمونه‌ها بعد از ۲۴ ساعت از قالب‌ها باز و به مدت ۲۸ روز در آب عمل‌آوری شده و سپس روی بتن سخت‌شده آزمایش‌های لازم انجام شد. آزمایش‌های جذب آب (کوتاه مدت، نهایی و موئینه) با استاندارد انگلیسی (۱۹۸۳) BS 1881 انجام شد. مقاومت فشاری به روش استاندارد (۲۰۱۲) ASTM C39، مدول الاستیسیته دینامیک و آزمایش یخزدن-آب‌شدن به روش B در استاندارد (۲۰۰۳) ASTM C666انجام شد. آزمایش یخزدن-ذوب شدن روی نمونه‌ها تا ۳۰۰ چرخه یخبندان یا این‌که مدول الاستیسیته دینامیکی آنها به۶۰ درصد مقدار اولیه برسد (هرکدام که زودتر رخ دهد)، انجام شد. مقدار مدول الاستیسیته با استفاده از سرعت عبور پالس از آزمونه‌ها تعیین شد. برای این منظور در آزمایش یخزدن– ذوب‌شدن بعد از هر ۱۰ چرخه مقدار مدول الاستیسیته به روش فراصوت تعیین و ثبت شد. بتنی با دوام تلقی می‌گردد که پس از ۳۰۰ چرخه یخزدن– ذوب‌شدن مکرر، حداقل ۶۰ درصد مدول ارتجاعی دینامیکی را دارا باشد (وگاس و همکاران، ۲۰۰۹). مدول الاستیسیته دینامیکی نسبی از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$P_C = (\frac{n_1^{\,2}}{n^2}) \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن: n_1: فرکانس امواج عرضی در ابتدای آزمایش (صفر چرخه یخزدن–ذوب‌شدن)، n: فرکانس امواج عرضی در c چرخه یخزدن–ذوب‌شدن. مقدار فاکتور (DF) دوام از رابطه ۲ محاسبه می‌گردد:

$$DF = \frac{P_{dN} \times N}{M} \qquad (۲)$$

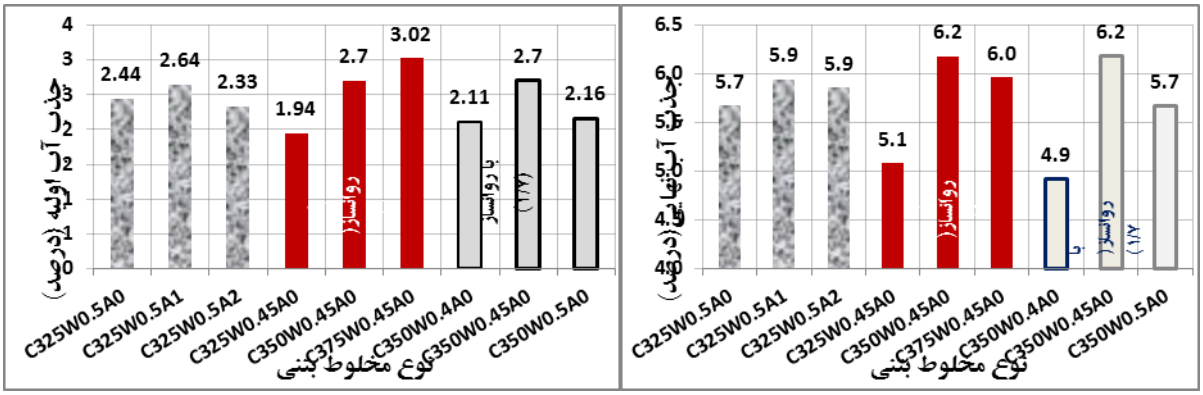
P_{dN}: مدول الاستیسیته دینامیکی نسبی در چرخه N (٪)، N: تعداد چرخه‌هایی که در آن مدول الاستیسیته دینامیکی در زمان تخریب (N چرخه) به حد خرابی می‌رسد و M: تعداد کل چرخه‌های انجام شده.

نتایج و بحث

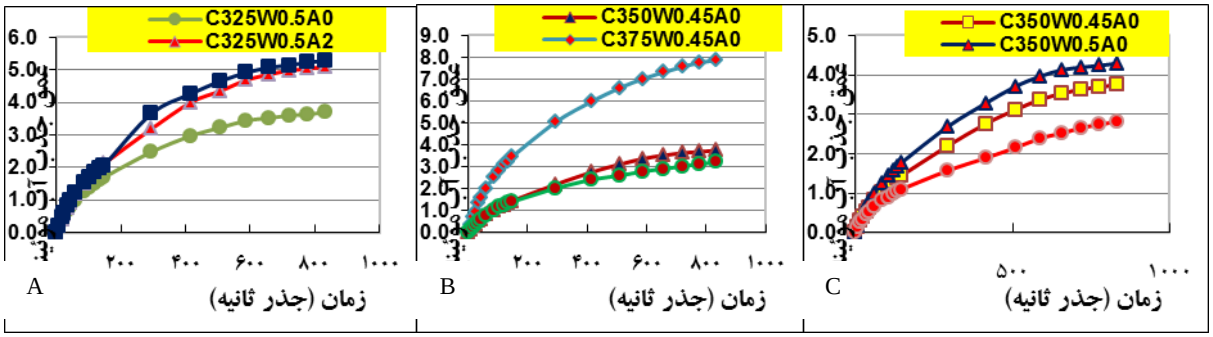
جذب آب حجمی

در شکل ۳ مقادیر جذب آب اولیه و نهایی آزمونه‌ها ارائه شده است. بر اساس این نمودارها ملاحظه می‌گردد که کمترین مقدار جذب آب حجمی مربوط است به دو مخلوط که نسبت آب به سیمان در آن‌ها ۰/۴۵ (با عیار سیمان ۳۲۵) و ۰/۴ (با عیار سیمان ۳۵۰) می‌باشد. این موضوع بیانگر رابطه مستقیم جذب آب با مقدار آب به

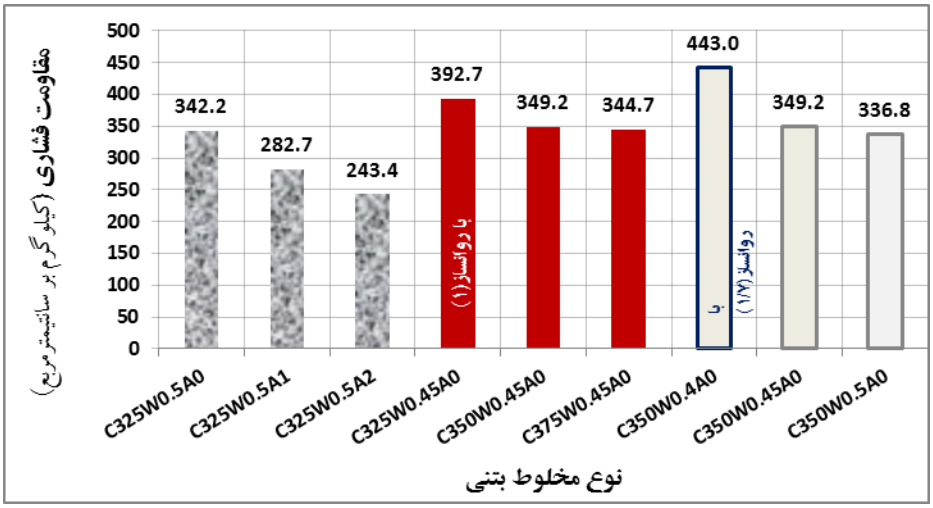
سیمان می‌باشد.



شکل ۳- مقادیر میانگین جذب آب اولیه آزمونه طرح‌های مختلف مخلوط بتنی



شکل ٤- بررسی تاثیر نسبت آب به سیمان بر مقدار جذب آب مویینه نسبت به زمان



شکل ۵- مقادیر مقاومت فشاری آزمونه‌های مخلوط‌های مورد آزمایش

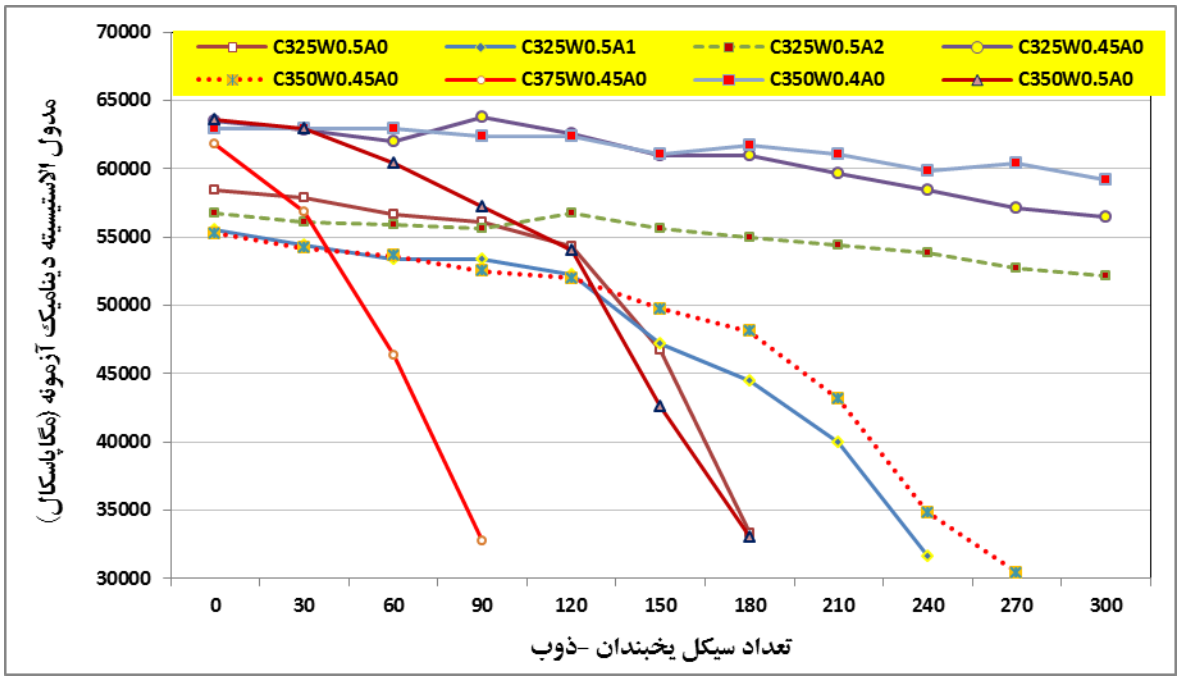
مقاومت فشاری

در نمودار شکل ۵ مقادیر مقاومت فشاری آزمونه‌ها ارائه شده است. مطابق این نتایج بالاترین مقدار مقاومت فشاری برای مخلوطی با نسبت آب‌به‌سیمان ۰/۴ با عیار سیمان ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده و معادل ۴۴۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. مطابق این نتایج ملاحظه می‌گردد که با افزایش هوای عمدی، افزایش عیار سیمان و افزایش نسبت آب به سیمان مقدار مقاومت فشاری کاهش یافته است. کمترین مقدار مقاومت فشاری (۲۴/۳ مگاپاسکال) مربوط به مخلوطی است که در آن از ۰/۰۳ درصد وزن سیمان هوازا استفاده شده است. آئین‌نامه بتن ایران (۱۳۸۳) و سیاهی و همکاران (۱۳۹۰)

حداقل مقدار مقاومت فشاری برای پوشش بتنی را ۳۵ مگاپاسکال توصیه نموده‌اند. بهراملو و همکاران (۱۳۹۹) گزارش نمودند که بین مقاومت فشاری به روش مخرب و روش غیرمخرب چهارنقطه‌ای ونر رابطه نمائی مستقیم با ضریب همبستگی ۸۷ درصد برقرار بوده و مقاومت فشاری را می‌توان از روش غیرمستقیم چهار نقطه‌ای ونر تعیین نمود.

نتایج مدول الاستیسیته دینامیکی

در شکل ۶ میانگین مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک آزمونه‌ها در چرخه‌های متناوب یخزدن- ذوب‌شدن ارائه شده است. در این نمودار ملاحظه می‌گردد که آزمونه هر یک از مخلوط‌های بتنی در یک چرخه مشخص و متفاوتی به ۶۰٪ مقدار اولیه رسیده و ۳ مورد از آنها تا ۳۰۰ چرخه را تحمل نموده‌اند که بیانگر دوام مناسب آنهاست.



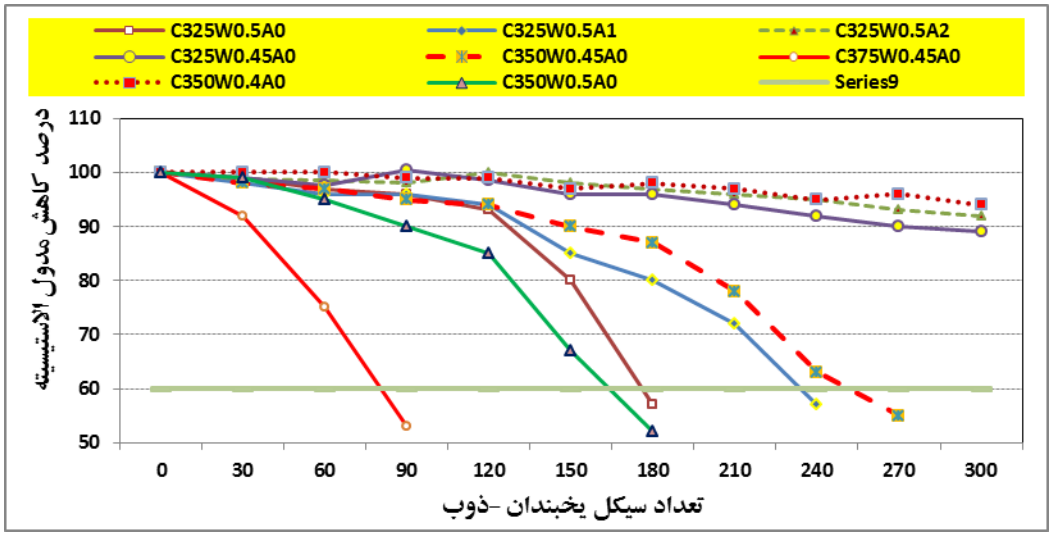
شکل ٦- میانگین مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک آزمونه‌های بتنی در چرخه‌های مکرر یخزدن- ذوب‌شدن

در شکل ۷ درصد کاهش مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک آزمونه‌ها در چرخه‌های متناوب یخزدن- ذوب‌شدن ارائه شده است. مطابق این نمودار همان‌طور که قبلا عنوان شد، بادوام‌ترین آزمونه مربوط است به بتنی با عیار سیمان ۳۵۰ و نسبت آب به سیمان ۰/۴ بدون هواز و بعد از آن مخلوطی با عیار ۳۲۵ و نسبت آب به سیمان ۰/۴۵در رده دوم از لحاظ دوام بوده است. همچنین آزمونه مخلوط بتنی با عیار ۳۲۵، نسبت آب به سیمان ۰/۵ و مقدار هوازای ۰/۰۳ درصد وزن سیمان از کاهش بسیار کمی برخوردار بوده و بیانگر دوام آن در شرایط چرخه‌های متناوب یخزدن-ذوب‌شدن می‌باشد. این سه نوع مخلوط بتنی در ۳۰۰ چرخه یخزدن- ذوب‌شدن کمتر از ۱۰ درصد کاهش در مدول الاستیسیته داشته‌اند. مقدار کاهش مدول الاستیسیته دینامیک مابقی مخلوطها، قبل از ۳۰۰ چرخه به بیش از ۶۰ درصد رسیده و بیانگر نداشتن دوام در مقابل این عامل مخرب محیطی می‌باشد.

فاکتور دوام در مقابل یخبندان

در جدول ۳ مقادیر میانگین چرخه‌های متناوب یخزدن- ذوب‌شدن لازم برای تخریب آزمونه هر مخلوط، تعداد کل چرخه‌های انجام شده و مقدار نسبی مدول الاستیسیته دینامیک و فاکتور دوام آن‌ها ارائه شده است. معیار تخریب آزمونه‌های بتنی کاهش مدول‌الاستیسیته به کمتر از ۶۰ درصد مقدار اولیه می‌باشد. طبق این جدول ملاحظه می‌گردد که تنها آزمونه ۳ مخلوط بتنی C325W0.5A2 ، C325W0.45A0 و C350W0.4A0 تعداد ۳۰۰ چرخه را بدون تخریب تحمل نموده‌اند. و لذا در شرایط محیط سردسیر برای کاربرد پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری سازگار و بادوام می‌باشند.

با توجه به مجموع نتایج حاصل از این تحقیق، برای اطمینان از داشتن پوشش بتنی بادوام در مقابل چرخه‌های یخزدن-ذوب‌شدن متناوب، در کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر همانند محل اجرای پژوهش (همدان)، بتن سخت شده در این کانال‌ها بایستی دارای شاخص‌های فنی مطابق جدول ۴ باشد.



شکل ۷- میزان کاهش مدول الاستیسیته دینامیک در چرخه‌های مختلف

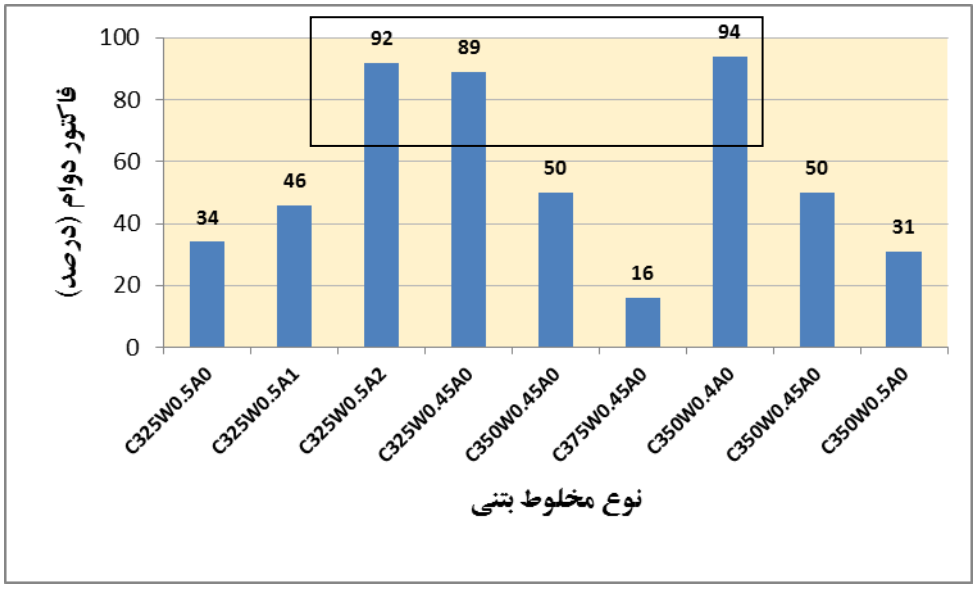
جدول ۳- میانگین مدول الاستیسیته دینامیک آزمونه‌ها در چرخه‌های مختلف یخ‌زدن-ذوب‌شدن

شماره طرح	نوع متغیر	علامت طرح	تعداد کل چرخه‌های یخ-زدن-ذوب‌شدن	تعداد چرخه های لازم برای تخریب	مدول الاستیسیته نسبت به شروع (٪)	فاکتور دوام (درصد)
۱		C325W0.5A0	۳۰۰	۱۸۰	۵۷	۳۴
۲	حباب‌ساز	C325W0.5A1	۳۰۰	۲۴۰	۵۴	۴۳
۳		C325W0.5A2	۳۰۰	۳۰۰	۹۲	۹۲
۴		C325W0.45A0	۳۰۰	۳۰۰	۸۹	۸۹
۵	عیار سیمان	C350W0.45A0	۳۰۰	۲۷۰	۵۵	۵۰
۶		C375W0.45A0	۳۰۰	۹۰	۵۳	۱۶
۷	نسبت آب به سیمان	C350W0.4A0	۳۰۰	۳۰۰	۹۴	۹۴
۸		C350W0.45A0	۳۰۰	۲۷۰	۵۵	۵۰
۹		C350W0.5A0	۳۰۰	۱۸۰	۵۲	۳۱

جدول ٤- شاخص‌های عملکردی برای پوشش بتنی بوم سازگار در کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر

نوع پارامتر	شاخص‌های بوم سازگار در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری	توصیه سایر منابع (آئین‌نامه پایائی (۱۳۸٤)، آبا (۱۳۸۳)، نشریه ۱۰۸ سازمان برنامه و بودجه
حداقل هوای کل بتن تازه(درصد)	۲/۵	۶
حداکثر جذب آب اولیه(درصد)	۲	۲
حداکثر جذب آب نهایی(درصد)	۵	۵
حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه (مگاپاسکال)	۲۴	۳۰
حداکثر نسبت آب به سیمان	۰/۴۵	۰/۵
حداقل هوازای مصرفی (درصد وزن سیمان)	۰/۰۳	-
حداقل مقاومت الکتریکی(اهم-متر)	۶۰	-
حداکثر عمق نفوذ آب (میلی‌متر)	۲۰	۳۰
حداکثر تخلخل (درصد)	۱۲	-
حداکثر اندازه سنگدانه (میلی‌متر)	۲۰	-
حداکثر جذب آب موئینه (میلی‌متر)	۳	-

در استاندارد ASTM C666 (۲۰۰۳) آزمایش یخزدن–آب‌شدن را تا ۳۰۰ چرخه و یا تا زمانی که مدول ارتجاعی به ۶۰ درصد مقدار اولیه خود کاهش یابد (هر کدام که زودتر اتفاق افتد)، ادامه داده می‌شود (فامیلی، ۱۳۹۱). هیچگونه ضابطه تایید شده‌ای برای پذیرش یا رد بتن بر حسب فاکتور دوام وجود ندارد ولی ضریبی کمتر از ۴۰ به این معنی است که احتمالا مقاومت بتن در برابر یخزدن– آب‌شدن رضایت بخش نخواهد بود، بین ۴۰ تا ۶۰ دامنه بتن‌های با عملکرد مشکوک می‌باشد، بیش از ۶۰ رضایت بخش خواهد بود (پیله ور، ۱۳۹۲). بر اساس روش کاشی و ویرز (۱۹۸۹) نیز در صورتی‌که مقدار فاکتور دوام بالاتر از ۶۰٪ باشد، بتن بادوام و اگر کمتر از ۴۰درصد باشد بدون دوام بوده و اگر بین این دو باشد، دارای کیفیت بینابین است. با توجه به این توصیه و با ملاحظه نمودار فاکتور دوام در شکل ۸ تعداد ۳ مخلوط بتنی به عنوان مخلوط‌های مناسب و بادوام مشخص شده است.



شکل ۸- مقادیر فاکتور دوام آزمونه مخلوط‌های مختلف

نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق ارائه مشخصات بتن قابل استفاده در پوشش کال‌های آبیاری در شرایط بومی مناطق سردسیر می‌باشد. به همین دلیل ۹ طرح مخلوط بتنی با مقادیر مختلف عیار سیمان و افزودنی حباب هواساز تهیه گردید و بر روی آنها آزمایش دوام در برابر یخزدن–ذوب‌شدن متناوب تا ۳۰۰ چرخه انجام شد. بر اساس مجموع این آزمایش‌ها مشخص گردید که مخلوط‌های بادوام در مقابل عامل مخرب محیطی مناطق سردسیر به ترتیب مخلوط‌های شماره طرح ۷، ۳ و ۴ در جدول شماره ۳ می‌باشد. یعنی مخلوط‌های: ۱- با عیار سیمان ۳۵۰ و نسبت آب به سیمان ۰/۴ بدون هوازا (مخلوط شماره ۷)، ۲- عیار سیمان ۳۲۵ و نسبت آب به سیمان۰/۵ و ۰/۰۳٪ وزن سیمان هوازا (مخلوط شماره ۳) و ۳- عیار سیمان ۳۲۵ و نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ بدون هوازا (مخلوط شماره ۴). همچنین از مجموع آزمایش‌ها می‌توان نتیجه‌گیری نمود که:

با کاهش نسبت آب به سیمان، مقاومت فشاری و دوام افزایش می‌یابد. لذا اگر به حد کافی نسبت آب به سیمان در بتن کاهش داده شود، می‌توان بدون نیاز به افزودن هوازا، به دوام مورد دست یافت.

افزودنی هوازا در بتن منجر به افزیش دوام در برابر یخزدن–ذوب‌شدن گردید و حداقل مقدار هوازا برای دستیابی به دوام در مخلوط بتنی پوشش کانال‌ها، ۰/۰۳ درصد وزن سیمان می‌باشد.

بین مقاومت فشاری و دوام در برابر یخزدن–ذوب‌شدن آن رابطه مستقیمی وجود ندارد.

افزایش عیار سیمان در بتن منجر به کاهش دوام بتن در برابر چرخه‌های یخزدن– ذوب‌شدن می‌گردد.

خلاصه شاخص‌های ضروری برای پوشش بتنی بوم سازگار مناطق سردسیر در جدول ۴ ارائه شده است.

منابع

بهراملو، ر. ۱۳۸۳. بررسی مسائل و مشکلات فنی و مدیریت بهره‌برداری در کانال‌های آبیاری دشت همدان– بهار. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۸۳/۱۱۶۵.

بهراملو، ر. ۱۳۸۶. بررسی علل تخریب بتن در پوشش کانال‌های آبیاری (مطالعه موردی در دشت بهار- همدان) . مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۸. شماره ۳. ص ۸۱-۹۲.

بهراملو، ر. ۱۳۹۱. ارزیابی اثربخشی پوشش بتنی بر کنترل تلفات نشت آب از کانال‌های آبیاری در استان همدان. مجله پژوهش آب ایران. سال پنجم. شماره ۱۱.

بهراملو، ر. ۱۳۹۴. بررسی و ارائه شاخص‌های جدید از دوام پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر. پایان‌نامه دکتری. گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان. ۲۰۰ صفحه.

بهراملو، ر. اسدیان، ق. و ناصری، ا. ۱۳۹۹. کاربرد روش غیرمخرب مقاومت الکتریکی چهار نقطه‌ای ونر در تعیین کیفیت پوشش بتنی کانال‌های آبیاری. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیری و زهکشی. شماره ۸۰. جلد ۲۱. ص: ۸۱-۹۸.

پیله‌ور، م. ع. ۱۳۹۲. ارزیابی دوام یخبندان بتن خودتراکم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی عمران دانشکده مهندسی. دانشگاه بوعلی سینا. ۱۹۲ صفحه.

تدین، م. ۱۳۹۰. ارزیابی دوام بتن. اولین کارگاه فنی بررسی کیفیت بتن سخت شده در پوشش کانال‌های آبیاری، روش‌ها و استانداردها. سازمان جهاد کشاورزی استان همدان. همدان. صفحه: ۵ تا ۲۶.

رمضانیانپور، ع.ا. و شاه‌نظری، م.ر. ۱۳۶۸. تکنولوژی بتن در هوای سرد و یخبندان. انتشارات علم وصنعت۱۱۰.

رمضانیانپور، ع.ا. و شاه‌نظری، م.ر. ۱۳۹۰. نویل آدام و جی.جی. بروکس (مولفین). تکنولوژی بتن. انتشارات علم و صنعت ۱۱۰. ۴۶۵ صفحه.

رمضانیانپور، ع.ا. و پیدایش، م. ۱۳۷۱. بررسی علل تخریب سازه‌های بتنی در بوشهر. مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن. سازمان برنامه و بودجه. دانشگاه تهران. ص: ۸۰-۹۴.

سازمان ملی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۹۵. ویژگی‌های سیمان پرتلند (تجدید نظر هشتم). استاندارد ملی ایران. شماره ۳۸۹.

سازمان برنامه و بودجه. ۱۳۸۳. آئین‌نامه بتن ایران. نشریه شماره ۱۲۰. ۴۳۶ صفحه.

سیاهی، م.ک.، فرهادی هیکویی، ع.، جعفری، ا.، ناشر، ح.، جعفری، م.ص.، معلمی، م.، دلال زاده، ع.ر.، بابایی، ع.ر.، داسدار، و. و اقبالی، م.۱۳۹۰. ساخت کانال‌های آبیاری، محدودیت‌ها و راه کارها. نشریه شماره ۱۴۵.کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۶۰ صفحه.

فامیلی، ه. ۱۳۹۱. ویژگی‌های بتن. نویل، آدام (مؤلف). انتشارات علم و صنعت ۱۱۰. ۸۱۹ صفحه.

ACI Cmmittee 201. 2001. Guide to Durable Concrete. American Concrete Institute. Farminton. Hills. Mich. 41 pp.

ASTM .2012. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylinder Concrete Specimens (ASTM C39/C39M)". American Society for Testing and Material (ASTM) International: West Conshohocken, PA, USA.

ASTM. 2003. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing. ASTM C 666, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, vol. 04-02.

ASTM. 2000. Standard Test Method for Density, Absorption and voids in Hardened Concrete. ASTM C 642. Annual book of ASTM Standards. Philadelphia. Vol. 04.02. PP: 8

BS 1881.1983. Test in concrete, part 122: Method for Determination of water absorption. British Standard. London. England.

Kashi, M.G. and Weyers, R.E. 1989. Freezing and Thawing Durability of High Strength Silica Fume Concrete. Structural Materials at Structures. San Francisco, CA, pp. 138-148.

Vegas, I., URRETA, J., Frias, M., and Garcia, R. 2009. Freeze-Thaw resistance of blended cements containing calcined sludge. Construction and Building Materials. 23: 2862-2868.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 14, Oct.-Nov. 2020, p. 1762-1771

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۴، آذر - دی ۱۳۹۹، ص. ۱۷۷۱-۱۷۶۲

Study of Compatible Concrete Lining for Irrigation Canals in Cold Regions

R. Bahramloo[۱], N. Abbasi[۲], G. Assadian[۳]

Recived: Apr.25, 2020 Accepted: Jul.21, 2020

Abstract

Concrete mix-design specifications for concrete lining of irrigation canals in different regions are often considered the same by designers. However, the destructive factors of durability and instability of this structure are not same in different environmental conditions and so separate designs must be presented in different conditions. In this study 9 types of concrete mixes including: 3 grades of cement level, 3 ratios of (W/C) ratios and 3values of AEA were prepared. To determine specifications of durable concrete for irrigation canals in cold regions, various laboratory experiments on fresh and hardened concrete was performed. Cement grades of 325, 350 and 375 kg/m^3 of concrete and w/c ratios of 0.4, 0.45 and 0.5, as well as AEA values of 0% (without AEA), 0.01 and 0.03% of cement weight was used. After preparing the concrete mixtures, different experiments on fresh concrete, including determination of slump, total air percentage, density and hardened concrete, including water absorption tests, compressive strength, modulus of elasticity and freezing-thawing cycles were performed up to 300 cycles. Based on the results, among the 9 concrete mixes samples, 3 mixes were durable in frost condition and were compatible with cold regions. These mixtures are as follows: 1- A mixture with a W/C ratio of 0.4, a cement grade of 350 kg/m^3 and without AEA, 2- with a W/C ratio of 0.45 and a grade of 350 kg/m^3 with 0.03% by weight of cement AEA, and 3- the W/C is 0.45 and the grade of cement is 325 kg/m^3 without AEA. It was also found that using 1 to 2 kg/m^3 of Concrete super plasticizer, the W/C ratio can be reduced to 0.4 and the concrete lining can be durable without using of AEA.

Keywords: AEA, Cold region, Durability, Freez-Thaw cycle, Plastyzer

۱- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
۲- Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj. Iran
۳- Assistant Professor, Natural Resources Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: r.bahramloo@areeo.ac.ir)