

## بررسی رابطه پارامترهای دوام و مقاومت فشاری در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری (مطالعه موردی در همدان)

رضا بهراملو و حسین بانژاد\*

\* نگارنده مسئول: همدان، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، گروه مهندسی آب، ص. پ. ۵۳۸-۷۶۱۷۵، تلفن: ۰۱۲-۳۴۴۲۴۰(۰۸۱)،

پایان‌نگار: hbanejad@basu.ac.ir

به‌ترتیب: دانشجوی دکتری سازه‌های آبی؛ و دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۱

### چکیده

بتن با دوام بتنی است که قابلیت خدمت‌رسانی خود را در طول عمر پروژه و در شرایط مختلف حفظ کند. بر اساس منابع موجود، برخی از پوشش‌های بتنی که در روزهای اولیه اجرا دارای مقاومت فشاری مناسبی هستند، به دلیل نداشتن دوام، بعد از مدت زمانی دچار تخریب شده‌اند. در این پژوهش، رابطه بین پارامترهای مختلف دوام (جذب آب اولیه، جذب آب نهایی، عمق نفوذ آب و تخلخل) با پارامتر مقاومت فشاری در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری وراینه و دینگله کهریز در استان همدان بررسی شده است. برای این منظور از پوشش بتنی این کانال‌ها به ترتیب ۱۵ و ۱۲ مغزه بتنی به قطر ۶۹ میلی‌متر و با طول متفاوت تهیه و پارامترهای دوام و مقاومت فشاری آنها در آزمایشگاه تعیین گردید. بر اساس نتایج این پژوهش مشخص شد که پاره‌ای از پارامترهای دوام با مقاومت فشاری مغزه‌ها، رابطه خطی ندارند که بتوان با بالا بودن مقاومت فشاری از دوام نمونه‌ها نیز اطمینان داشت. لذا در ارزیابی کیفیت دوام پوشش بتنی برای شرایط یخبندان، نمی‌توان تنها به مقاومت فشاری اکتفا کرد. از کل نمونه‌های تهیه شده در کانال‌های وراینه (۱۵ مغزه) و دینگله کهریز (۱۲ مغزه)، به ترتیب ۶ و ۴ مورد از مغزه‌ها (۴۰ و ۳۴ درصد) دارای مقاومت فشاری بالاتر از حداقل توصیه شده بودند. از بین مغزه‌هایی با مقاومت فشاری قابل قبول به ترتیب ۳ و ۲ نمونه (۵۰ درصد نمونه‌هایی با مقاومت فشاری قابل قبول) به‌رغم مقاومت بالا، مشخصات دوام قابل قبول را برای جلوگیری از تخریب در شرایط یخبندان و ذوب مکرر نداشتند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که عمق نفوذ آب و تخلخل متوسط مغزه‌ها بیش از ۲/۵ برابر و جذب آب اولیه و نهایی متوسط مغزه‌ها بیش از ۱/۵ برابر مقدار مجاز است که بیانگر فضاهای کرمو و متصل به همدیگر و محیط مناسب برای نفوذ و تجمع آب و ایجاد یخبندان و تخریب می‌باشد. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که برخی از نمونه‌ها با پارامترهای دوام مختلف (کمتر یا بیشتر از حد مجاز برای شرایط یخ زدن و ذوب شدن مکرر) دارای مقاومت فشاری نسبتاً ثابت هستند. از این رو با داشتن مقدار مقاومت فشاری قابل قبول نمی‌توان از با دوام بودن پوشش اطمینان داشت و برای این منظور لازم است آزمایش‌های خاص مربوط به دوام را اجرا کرد.

### واژه‌های کلیدی

پوشش بتنی، دوام، کانال‌های آبیاری، مقاومت فشاری، همدان

### مقدمه

نصف روز دما بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس نباشد (Famili, 2012). بر اساس آنالیز آماری داده‌های حرارتی، استان همدان دارای اقلیم سرد و یخبندان است

اقلیم سرد و یخبندان به محیطی گویند که دمای متوسط آن کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد و در بیش از

دوام پوشش بتنی بعد از اجرا می‌داند. طبق تعریف ای‌سی‌آی ۲۰۱<sup>۱</sup> (Anon, 2001)، دوام بتن حاوی سیمان پرتلند به توانایی آن برای مقابله با هوازدگی، تهاجم شیمیایی، سایش و یا هر فرآیندی گفته می‌شود که به آسیب‌دیدگی می‌انجامد.

بررسی‌های مامن‌پوش (Mamanpoush, 2000)، بهراملو (Bahramlou, 2007, 2012)، بهراملو و سیدان (Bahramlou & Seyedan, 2011)، تدین (Tadayon, 2011) و توصیه‌های نشریه ۱۰۸ سازمان برنامه و بودجه (Anon, 1995) نشان می‌دهد که پوشش بتنی به کار رفته در کانال‌های آبیاری که در ابتدا دارای مقاومت فشاری قابل قبولی بوده‌اند، بعد از گذشت مدت زمانی از اجرا به دلیل ناکافی بودن دوام آنها در شرایط مختلف محیطی، از جمله محیط سرد و یخبندان، دچار ترک‌خوردگی و تخریب شده‌اند. الزامات اساسی بتن خوب در حالت سخت شده عبارت است از مقاومت فشاری رضایت‌بخش و دوام کافی (Famili, 2012). آزمایش‌های دوام در ارزیابی کیفیت بتن، بسیار زمان‌بر، مخرب و پرهزینه‌اند و به‌همین دلیل در پروژه‌های اجرایی کمتر به کار می‌روند و بیشتر پارامترهای مقاومتی در آنها بررسی می‌شود و ملاک ارزیابی کیفیت بتن قرار می‌گیرد (Tadayon, 2011). رضانیان‌پور و شاه‌نظری (Ramezani pour & Shahnazari, 2012) عوامل مؤثر بر مقاومت بتن را شامل نسبت آب به سیمان، تخلخل، درجه تراکم، سن بتن، نسبت سنگدانه به سیمان (عیار سیمان)، کیفیت سنگدانه و حداکثر اندازه سنگدانه ذکر شده است. رضانیان‌پور و شاه‌نظری (Ramezani pour & Shahnazari, 1988) خرابی بتن سخت شده در اثر سیکل‌های مکرر ذوب و یخبندان در هوای سرد را در سازه‌های آبی (نظیر کانال‌ها که در صورت عدم رعایت استانداردهای تجویزی طراحی و ساخت بتن، امکان جذب آب و اشباع شدن آنها وجود دارد)

(Bahramlou & Banejad, 2014). مطابق اقلیم‌نمای آمبرژه، استان همدان دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است (Anon, 2011).

در بحث کیفیت پوشش بتنی در دستورالعمل‌ها، تاکنون مقاومت فشاری ملاک عمل بوده است؛ بر اساس آن بتن بادوام در محیط یخبندان بتنی است که مقاومت فشاری بالایی داشته باشد. بتن رایج‌ترین مصالح در پوشش کانال‌های آبیاری برای کنترل تلفات نشت آب است و ملاک ارزیابی کیفیت آن در شرایط مختلف محیطی، در عمل بر اساس مقدار مقاومت فشاری است. پوشش بتنی به لحاظ مزیت‌های اجرایی و دوام چه، در ایران و چه سایر کشورها، بیش از سایر پوشش‌ها رواج یافته است (Siahi et al., 2011). در حال حاضر پوشش بتنی کانال‌های آبیاری کشور بر اساس ضوابط و معیارهای فنی مندرج در نشریه ۱۰۸ (Anon, 1995). به اجرا در می‌آید. تدین (Tadayon, 2011) اعتقاد دارد که نشریه ۱۰۸ بسیار قدیمی است و در آن ضمن آنکه به مسأله دوام پوشش بتنی توجهی نشده، ملاک ارزیابی کیفیت را فقط مقاومت فشاری دانسته‌اند، در حالی که همواره بین مقاومت فشاری و دوام رابطه مستقیم وجود ندارد. در نشریه ۱۰۸ سازمان برنامه و بودجه (Anon, 1995) در بحث دوام بتن چنین گفته شده که بتنی که دارای مقاومت نسبتاً زیاد است و به نحو صحیح ریخته شده است، در شرایط محیطی معمولی، دوام کافی خواهد داشت. محمدی و شادمند (Mohammadi & Shadmand, 2013) در بررسی علل آسیب‌دیدگی و مکانیزم‌های کاهنده دوام پوشش بتنی کانال‌های آبیاری نتیجه‌گیری کردند که در کانال‌های آبیاری ضرورت دارد طراحی بر مبنای دوام باشد نه مقاومت. بهنام‌زاده (Behnamzadeh, 2011) یکی از عوامل اصلی ترک‌خوردگی و تخریب پوشش‌های بتنی در کانال‌های آبیاری کشور را اکتفا کردن به مقاومت فشاری (در دستورالعمل‌ها) و توجه نکردن به پارامترهای

محمول تر می‌دانند تا سایر سازه‌های بتنی. بهراملو (Bahramlou, 2007) در بررسی علل تخریب پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در دشت همدان نتیجه گرفته که عامل اصلی تخریب بتن، به رغم مقاومت قابل قبول آن در روزهای اول بتن‌ریزی، بی‌توجهی به پارامترهای دوام بتن در اقلیم سرد بوده و ذوب و یخبندان‌های مکرر در اثر نوسانات دمایی ایجاد شده است. اقلیم سرد و یخبندان به محیطی گویند که دمای متوسط کمتر از ۵ درجه سلسیوس بوده و در بیش از نصف روز دما بیشتر از ۱۰ درجه سلسیوس نباشد (Famili, 2012). بر اساس داده‌های هواشناسی، اقلیم استان همدان در ماه‌های آذر، دی و بهمن به‌طور کامل سرد و یخبندان است (Bahramlou & Banejad, 2014). العمودی و همکاران (Al-amoudi et al., 2009) با بررسی رابطه بین مقاومت فشاری و دوام بتن، نتیجه‌گیری کردند که مقاومت فشاری و پارامترهای دوام (مانند عمق نفوذ آب، جذب آب، میزان نفوذ گاز کلر و ضریب پخش گاز کلر) به نسبت آب به سیمان بستگی دارد. این محققان با ارائه روابطی نتیجه‌گیری کردند که مقاومت فشاری بتن با پارامترهای دوام در برابر خوردگی آرماتورهای بتن مسلح (عمق نفوذ آب، میزان نفوذ گاز کلر، ضریب پخش گاز کلر) رابطه معکوس دارد.

به دنبال گزارش‌های موجود در خصوص ناکارآمدی استناد به مقاومت فشاری به‌عنوان تنها عامل ارزیابی در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری، ضروری است رابطه بین مقاومت فشاری و پارامترهای دوام پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری بررسی شود تا مشخص گردد پوشش بتنی اگر دارای مقاومت فشاری قابل قبولی بود، آیا از لحاظ پارامترهای دوام نیز می‌تواند مورد تایید باشد یا خیر. در تحقیق حاضر این موضوع در پوشش بتنی کانال وراینه و دینگله کهریز از استان همدان، بررسی شده است.

منادی و همکاران (Menadi et al., 2009) مقاومت و دوام بتن حاوی پودر سنگ آهک را بررسی و نتیجه‌گیری کردند که بین مقاومت فشاری و میزان تخلخل بتن رابطه خطی معکوسی وجود دارد. پاروت (Parrot, 1992) با بررسی جذب آب در پوشش بتنی نتیجه گرفته است که با افزایش نسبت آب به سیمان و کاهش درصد رطوبت عمل‌آوری، مقدار جذب آب افزایش می‌یابد و همچنین جذب آب با میزان کاهش وزن و مقاومت فشاری رابطه خوبی دارد. بزکورت و یازچی‌اوقلو

1- Surface Resistivity (SR)

2- Water Penetration Depth (D)

3- Rapid Chloride Penetration (RCP)

## مواد و روش‌ها

روش اجرای این پژوهش شامل انتخاب کانال، بررسی اسناد و مدارک، بازدید از محل، مغزه‌گیری از پوشش بتنی و اجرای آزمایش‌های آزمایشگاهی است که در ادامه به تفصیل تشریح شده است.

### معرفی کانال‌های مورد بررسی و روش نمونه‌گیری

در این پژوهش، کانال‌های آبیاری وراینه در زیرحوزه آبخیز گاماسیاب از کرخه علیا در دشت نهاوند و دینگلک

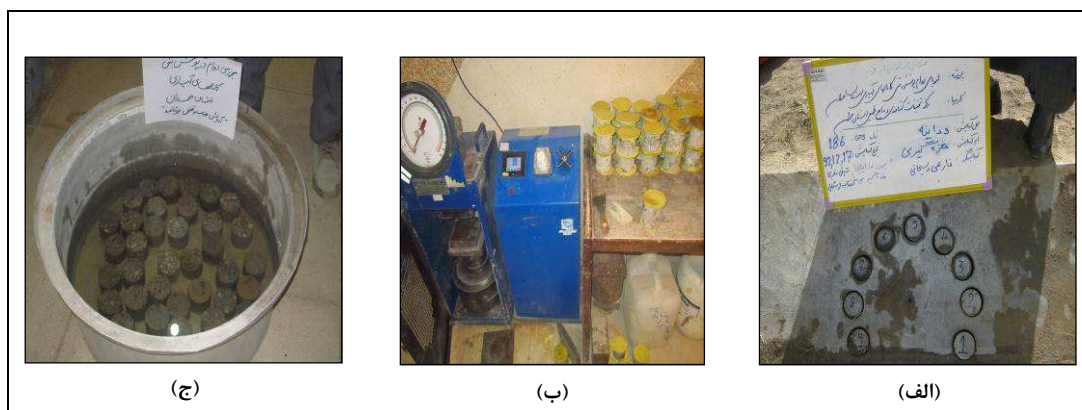
که‌ریز در دشت همدان - بهار از حوزه آبخیز قره‌چای (هر دو دارای گزارش مطالعات و دفترچه طراحی و اجرا) به‌عنوان مواد اصلی پژوهش انتخاب شدند. اسناد و مدارک طراحی، اجرا و بهره‌برداری شامل پارامترهایی از قبیل دبی طراحی کانال، طول کانال، ابعاد هندسی کانال، سال اجرا، ضخامت پوشش، مساحت اراضی تحت آبیاری، شکل مقطع و همچنین کلیه گزارش‌ها و نتایج آزمایش‌های انجام شده در این کانال‌ها هستند که مورد مطالعه قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱ - مشخصات عمومی کانال‌های مورد مطالعه

نام پارامتر	کانال وراینه	کانال دینگلک که‌ریز
علامت اختصاری	Var	Ding
جهت کانال	شرق به غرب	شرق به غرب
نوع مقطع	ذوزنقه	ذوزنقه
سال اجرا	۱۳۸۱	۱۳۷۹
طول (متر)	۱۸۰۰	۳۵۰۰
عرض کف (متر)	۰/۵	۰/۸
عمق (متر)	۰/۶	۱/۲۵
اراضی تحت پوشش (هکتار)	۳۰۰	انتقال آب شرب
دبی طرح (لیتر بر ثانیه)	۳۰۰	۲۰۰۰
مختصات محدوده مغزه‌گیری (UTM)	X: 259829 Y: 3774228	X: 286274 Y: 3855652

با مراجعه به محل کانال‌ها ابتدا وضعیت ظاهری پوشش بتنی بررسی و در سه نقطه از طول کانال مغزه‌گیری شد. در بالا و زیر خط داغاب جریان در بخش شیب‌دار (عمده مشکلات در بخش شیب‌دار کانال‌هاست) کانال وراینه و دینگلک که‌ریز به ترتیب تعداد ۱۵ و ۱۲ نمونه بتن سخت شده به روش مغزه‌گیری طبق استاندارد ASTM C-42 (Anon, 1997) با استفاده از دستگاه مغزه‌گیر استوانه‌ای تهیه گردید. قطر مغزه‌های بتنی تهیه

شده ۶۹ میلی‌متر و طول آنها، با توجه به ضخامت پوشش (حدود ۱۰ سانتی‌متر)، در هر نقطه متغیر است. در شکل ۱ نمونه‌ای از تصاویر مغزه‌گیری و نحوه اجرای آزمایش مقاومت فشاری و جذب آب نشان داده شده است. در محل، مشخصات مغزه‌های بتنی تهیه شده شامل: طول نمونه، یکنواختی دانه‌ها و وضعیت ظاهری از لحاظ متراکم یا کرم بودن بررسی و نمونه‌ها پس از کدگذاری به آزمایشگاه منتقل گردید.



شکل ۱- (الف) محل مغزه‌گیری، (ب) کلاهک‌گذاری و تعیین مقاومت فشاری، (ج) تعیین جذب آب و تخلخل

### انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی

در آزمایشگاه روی مغزه‌های بتنی آزمایش‌های تعیین چگالی، جذب آب اولیه، جذب آب نهایی، عمق نفوذ آب، مقاومت فشاری اجرا و درصد تخلخل تعیین شد؛ که روش و استانداردهای هر یک در ادامه تشریح شده است.

آزمایش‌های جذب آب به شکل‌های مختلفی وجود دارد. در این پروژه میزان درصد جذب آب اولیه (نیم ساعته) و نهایی (یک روزه)، جرم مخصوص و تخلخل مغزه‌های بتنی با روش ASTM C 642 (Anon, 2000a) روی مغزه‌های تهیه شده، تعیین شد. تخلخل مغزه‌ها از حاصل‌ضرب چگالی در جذب آب نهایی آنها تعیین گردید. برای تعیین عمق نفوذ آب در بتن از روش استاندارد اروپایی شماره ۸-۱۲۳۹۰ (Anon, 2000b) استفاده گردید. در این استاندارد، نمونه بتنی سه روز از سطح زیرین تحت فشار ۰/۵ مگاپاسکال (۵ بار) قرار می‌گیرد و پس از آن حداکثر عمق نفوذ آب بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود. بر اساس آیین‌نامه پایایی بتن ایران (Ramezaniapour & Poorkhorshidi, 2005) حداکثر

عمق نفوذ یافته در یک بتن خوب ۳۰ میلی‌متر تجویز شده است.

### نتایج و بحث

نتایج پژوهش شامل متوسط درصد جذب آب اولیه، جذب آب نهایی، چگالی، مقدار عمق نفوذ آب و مقاومت فشاری مغزه‌های بتنی تهیه شده از پوشش کانال مورد مطالعه است. در جدول‌های ۲ و ۳ تعداد مغزه‌های بتنی تهیه شده از کانال‌های بتنی مورد مطالعه و نتایج آزمایش‌های مختلف اجرا شده روی آنها ارائه شده است. در برخی از نمونه‌ها به دلیل تخلخل بالا و کیفیت پایین، اجرای آزمایش عمق نفوذ آب امکان‌پذیر نبود که در این جداول در مقابل آنها خط تیره گذاشته شده است.

برای بررسی ارتباط مقاومت فشاری با سایر پارامترهای دوام اندازه‌گیری شده در مغزه‌های بتنی، هریک از پارامترهای دوام نسبت به مقاومت فشاری، در یک دستگاه مختصات رسم و روابط آنها در شکل‌های ۲ تا ۵ ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های اجرا شده روی مغزه‌های بتنی کانال وراینه

شماره مغزه	مقاومت فشاری (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)	تخلخل (درصد)	چگالی (گرم بر سانتی‌مترمربع)	جذب آب اولیه (درصد)	جذب آب نهایی (درصد)	عمق نفوذ آب (میلی‌متر)
Var-1	۲۸۰	۱۱/۳	۲/۰۵	۵/۰	۵/۵	۶۰
Var-2	۲۰۰	۱۵/۷	۲/۱۵	۵/۲	۷/۳	-
Var-3	۳۱۷	۹/۵	۲/۱۲	۴/۲	۴/۵	۲۸
Var-4	۶۲	۱۸/۳	۲/۰۸	۵/۸	۸/۸	۸۰
Var-5	۱۵۱	۱۸/۸	۲/۰۹	۶/۰	۹/۰	-
Var-6	۳۰۵	۱۵/۲	۲/۲	۴/۰	۶/۹	۲۰
Var-7	۶۵	۱۸/۷	۲/۱۳	۷/۱	۸/۸	۱۱۰
Var-8	۲۰۰	۱۸/۳	۲/۱۵	۵/۵	۸/۵	-
Var-9	۲۹۰	۱۱/۳	۲/۳۰	۲/۵	۴/۹	۸۰
Var-10	۲۹۰	۱۳/۶	۲/۲۷	۴/۵	۶/۰	۷۵
Var-11	۳۲۰	۹/۲	۲/۳۵	۲/۸	۳/۹	۱۰
Var-12	۹۵	۱۹/۴	۲/۲۰	۳/۹	۸/۸	۶۷
Var-13	۳۲۰	۱۴/۶	۲/۴۴	۲/۰	۶/۰	۲۵
Var-14	۶۰	۱۹/۷	۲/۰۳	۸/۰	۹/۷	۸۷
Var-15	۲۷۰	۸/۷	۲/۳۴	۱/۷	۳/۷	۸
میانگین	۲۱۵	۱۴/۸	۲/۲	۴/۵	۶/۸	۵۴

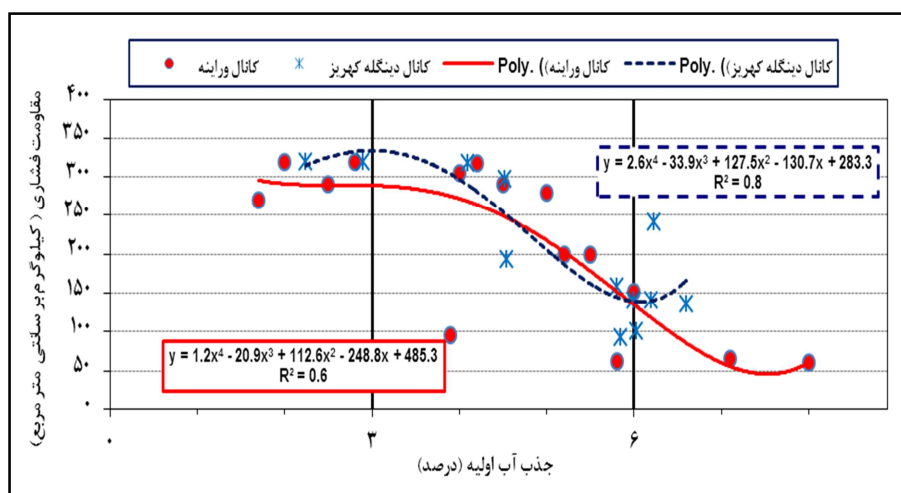
جدول ۳- نتایج آزمایش‌های اجرا شده روی مغزه‌های بتنی کانال دینگله کهریز

شماره مغزه	مقاومت فشاری (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)	تخلخل (درصد)	چگالی (گرم بر سانتی‌مترمربع)	جذب آب اولیه (درصد)	جذب آب نهایی (درصد)
Ding-1	۱۹۲	۱۸/۵	۲/۰۸	۴/۵	۷/۳
Ding -2	۳۱۹	۱۴/۵	۲/۲۰	۲/۹	۴/۰
Ding -3	۳۱۷	۱۳/۹	۲/۳۰	۴/۱	۵/۳
Ding -4	۱۳۵	۲۱/۴	۲/۰۸	۶/۶	۸/۵
Ding -5	۱۴۰	۲۰/۱	۲/۰۹	۶/۲	۸/۹
Ding -6	۱۵۸	۱۷/۰	۲/۱۱	۵/۸	۸/۶
Ding -7	۱۴۰	۱۹/۰	۲/۱۹	۶/۰	۷/۰
Ding -8	۲۹۷	۱۴/۰	۲/۲۵	۴/۵	۷/۴
Ding -9	۳۲۰	۱۳/۵	۲/۲۱	۲/۲	۴/۶
Ding -10	۹۳	۱۹/۵	۲/۱۸	۵/۹	۹/۰
Ding -11	۲۴۱	۱۵/۰	۲/۲۲	۶/۲	۷/۰
Ding -12	۱۰۰	۱۹/۰	۲/۲۰	۶/۰	۱۰/۰
میانگین	۲۰۴	۱۷/۰	۲/۰	۵/۱	۷/۳

۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است. در شکل ۲ دیده می‌شود که ۶ مورد (۴۰ درصد) از نمونه‌های کانال ویرانه و ۴ مورد (۳۴ درصد) از نمونه‌های کانال دینگله‌کهریز دارای مقاومت فشاری قابل قبول (نزدیک و بیش از حداقل مجاز) هستند. از ۶ و ۴ مورد گفته شده در بالا در کانال ویرانه و دینگله‌کهریز که مقاومت فشاری قابل قبول دارند، به ترتیب ۳ و ۲ مورد دارای جذب آب اولیه بالایی است و از لحاظ دوام بتن قابل قبول نیست. این موضوع بدان معنی است که در ارزیابی دوام بتن در منطقه سردسیر مورد مطالعه، تعیین مقاومت فشاری کفایت نمی‌کند و تضمین‌کننده دوام آن در طول عمر بهره‌برداری نخواهد بود.

### رابطه مقاومت فشاری و جذب آب اولیه

در شکل ۲ مقادیر مقاومت فشاری و جذب آب اولیه در آزمون‌های بتنی هر دو کانال مورد ارزیابی، ارائه شده است. مطابق این شکل، برای جذب آب اولیه از ۲ تا ۴ درصد، مقدار مقاومت فشاری در مغزه‌های هر دو کانال تغییر چندانی نداشته و تقریباً ثابت است و بعد از آن با رابطه نزدیک به خط نسبت معکوس با جذب آب اولیه دارد. بر اساس آیین‌نامه بتن ایران (Anon, 2005)، تدین (Tadayon, 2011) و استاندارد ۱۸۸۱ انگلستان (Anon, 1983) برای دوام بتن در شرایط یخ‌زدن و ذوب مکرر، مقدار مجاز حداکثر جذب آب اولیه ۳ درصد، و حداقل مقاومت فشاری مغزه‌های استوانه‌ای



شکل ۲- رابطه جذب آب اولیه و مقاومت فشاری مغزه‌های بتنی در کانال‌های مورد مطالعه

(Tadayon, 2011) و استاندارد ۱۸۸۱ انگلستان (Anon, 1983) برای دوام بتن در شرایط یخ‌زدن و ذوب مکرر مقدار مجاز حداکثر جذب آب نهایی ۵ درصد است. مطابق این شکل، ۶ مورد از نمونه‌های کانال ویرانه (۴۰ درصد) مقاومت فشاری قابل قبول (نزدیک و بیش از حداقل مجاز) دارند ولی از میان آنها تنها در ۴ مورد جذب آب نهایی کمتر از حداکثر قابل است. همچنین ۴ مورد از نمونه‌های کانال دینگله‌کهریز (۳۴ درصد) مقاومت فشاری

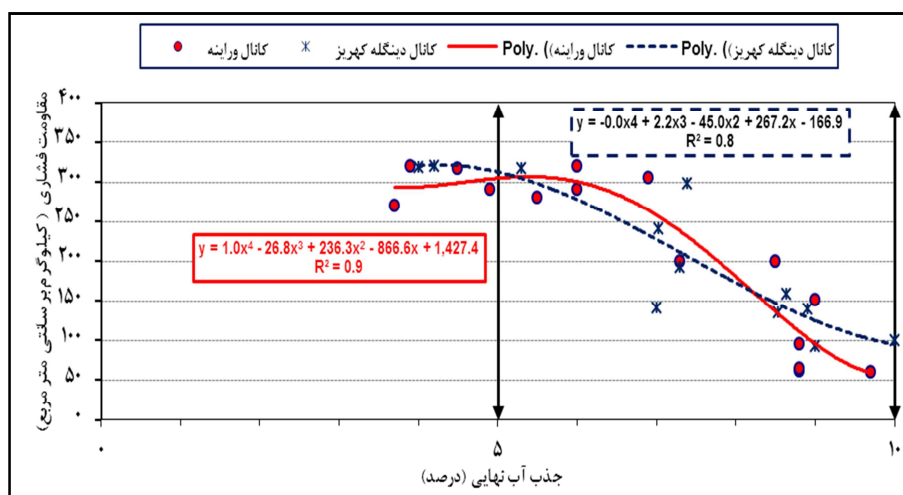
### رابطه مقاومت فشاری و جذب آب اولیه

در شکل ۳ مقاومت فشاری و جذب آب نهایی نسبت به هم برای مغزه‌های بتنی هر دو کانال رسم شده است. مطابق این شکل برای جذب آب نهایی از ۳/۵ تا ۶ درصد، مقدار مقاومت فشاری در هر دو کانال تغییر چندانی ندارد و تقریباً ثابت است و بعد از آن با رابطه نزدیک به خط نسبت معکوس با جذب آب نهایی دارد. بر اساس آیین‌نامه بتن ایران (Anon, 2005)، تدین

شادمند (Mohammadi & Shadmand, 2013) در بررسی علل آسیب‌دیدگی و مکانیزم‌های کاهنده دوام پوشش بتنی کانال‌های آبیاری نتیجه‌گیری کرده‌اند که برای اطمینان از عملکرد مناسب در کانال‌های آبیاری، طرح اختلاط باید بر مبنای دوام باشد نه مقاومت؛ نتایج حاصل از این پژوهش با گزارش این محققان نیز همخوانی دارد. بر اساس نمودار شکل ۱ و ۲، ادعای بزرگورت و یازچی‌اوقلو (Bozkurt & Yazicioglu, 2010) در این باره که مقاومت فشاری و جذب آب دارای رابطه معکوس معنی‌داری هستند، نمی‌تواند همواره درست باشد.

قابل قبول (نزدیک و بیش از حداقل مجاز) دارند ولی از میان آنها تنها در ۲ مورد جذب آب نهایی کمتر از حد اکثر قابل است که نشان می‌دهد ممکن است یک نمونه بتن دارای مقاومت فشاری قابل قبولی باشد ولی از لحاظ دوام قابل قبول نباشد. این نتیجه‌گیری تأکیدی است بر این موضوع که در ارزیابی کیفیت دوام بتن نمی‌توان تنها به مقاومت فشاری استناد کرد.

تدین (Tadayon, 2011) در بررسی دوام بتن گزارش نمود که در شرایط سرد مقاومت فشاری بالا به تنهایی دلیل بر دوام بتن نیست؛ نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با گزارش یاد شده همخوانی دارد. محمدی و



شکل ۳- رابطه جذب آب نهایی و مقاومت فشاری مغزه‌های بتنی در کانال‌های مورد مطالعه

بسنده کرد که باز هم تاییدی است بر نتایج تحقیقات تدین (Tadayon, 2011). نشریه ۱۰۸ سازمان برنامه و بودجه (Anon, 1995) بتنی را در منطقه سردسیر بادوام می‌داند که دارای مقاومت فشاری قابل قبولی باشد؛ که این موضوع با نتایج پروژه، که در راستای رد این تعریف از دوام در این نشریه است، تناقض دارد. همچنین شکل ۴ در تناقض با بخشی از نتایج العمودی و همکاران (Al-amoudi et al., 2009) و پاروت (Parrott, 1992) است؛ این محققان رابطه مقاومت فشاری و عمق نفوذ آب

### رابطه مقاومت فشاری و عمق نفوذ آب در مغزه‌ها

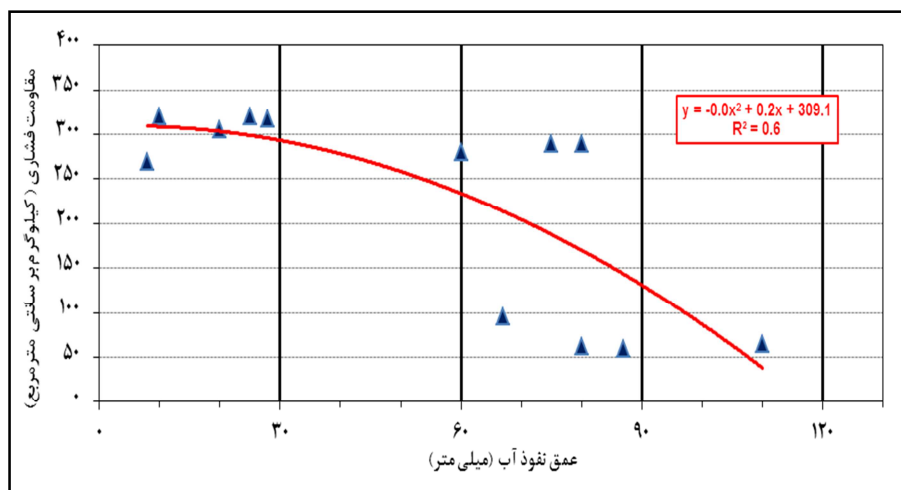
شکل ۴ مقدار عمق نفوذ آب در مغزه‌های بتنی را نسبت به مقاومت فشاری آنها نشان می‌دهد. مطابق این شکل اگر عمق نفوذ آب کمتر از ۳۰ میلی‌متر (حداکثر مجاز برای دوام در شرایط یخبندان) باشد، مقدار مقاومت فشاری ثابت است. لذا با اندازه‌گیری مقاومت فشاری نمی‌توان جذب آب ثابتی را نتیجه‌گیری کرد. این موضوع نیز بیانگر این است که نمی‌توان در ارزیابی کیفیت دوام بتن در شرایط سرد، تنها به اندازه‌گیری مقاومت فشاری



بررسی رابطه پارامترهای دوام و مقاومت فشاری...

جنس مصالح، نحوه بتن‌ریزی و عمل‌آوری بر آن تاثیر زیادی دارد و به‌همین دلیل است که داده‌ها در نمودار بسیار پراکنده هستند و ضریب همبستگی پایین است.

را خطی معکوس ارائه داده‌اند ولی در شکل ۴ دیده می‌شود که این رابطه خطی نیست. با توجه به اینکه در عمق نفوذ، آب تحت فشار وارد بتن می‌شود، بنابراین



شکل ۴ - رابطه عمق نفوذ آب و مقاومت فشاری مغزه‌های بتنی کانال وراینه

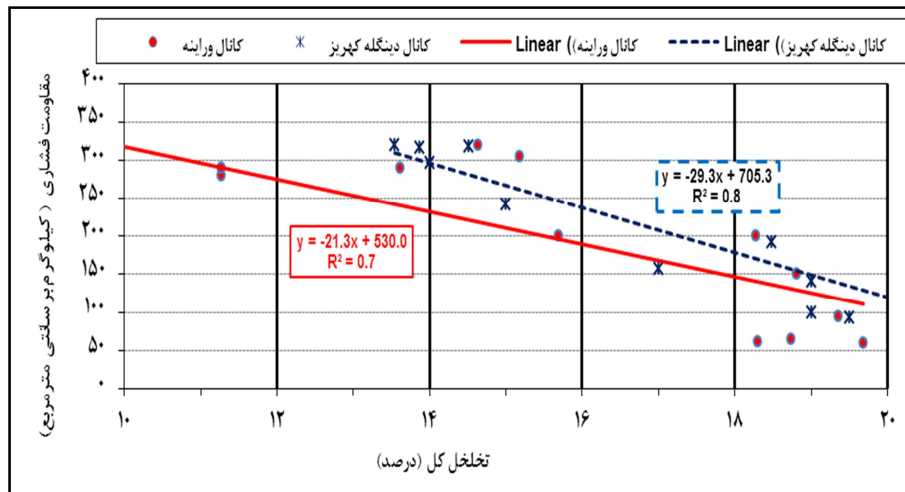
بتن فراهم می‌سازد که به کاهش دوام خواهد انجامید. نتیجه‌گیری از شکل ۵ تاییدی است بر نتایج فامیلی (Famili, 2012) برای مقادیر مقاومت فشاری بتن تا ۶۰ مگاپاسکال که به‌صورت خطی تعریف شده است.

#### رابطه چگالی و تخلخل مغزه‌ها

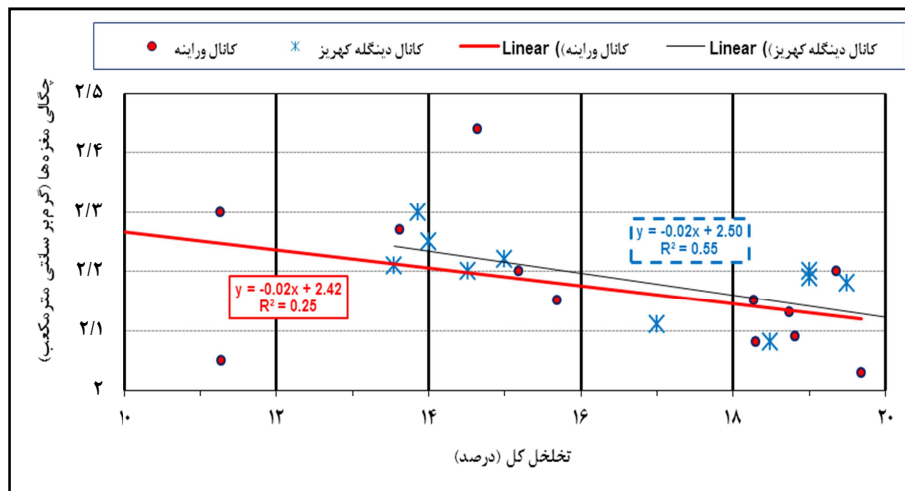
در شکل ۶ رابطه چگالی مغزه‌های بتنی و تخلخل آنها رسم شده که نشان‌دهنده رابطه خطی معکوس بین آنهاست. درجه پایین همبستگی بین این دو پارامتر را می‌توان به نوع سنگدانه‌ها ارتباط داد زیرا در نمونه‌های مختلف اخذ شده، نوع سنگدانه‌ها یکسان نیست. اگر در نمونه‌های مختلف از یک نوع سنگدانه با مشخصات خیلی نزدیک به هم استفاده گردد (موضوعی تقریباً غیر ممکن)، رابطه چگالی مغزه‌های بتنی و تخلخل همبستگی بیشتری خواهد داد.

#### رابطه مقاومت فشاری و تخلخل مغزه‌ها

شکل ۵ رابطه تخلخل کل مغزه‌های بتنی را نسبت به مقاومت فشاری آنها نشان می‌دهد. مطابق این شکل، با افزایش تخلخل، مقاومت فشاری به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. رمضانپور و شاه‌نظری (Ramazanianpour & Shahnazari, 2012) یکی از عوامل اصلی مؤثر بر مقاومت فشاری را تخلخل می‌دانند که در راستای نتایج این پروژه است. منادی و همکاران (Menadi et al., 2009) نیز در نتایجی مشابه نتیجه ارائه شده در شکل ۵، گزارش نمودند که بین تخلخل و مقاومت فشاری در بتن، رابطه خطی معکوس وجود دارد. با افزایش تخلخل، بخش جامد بتن (سنگدانه و خمیر سیمان که بار فشاری را تحمل می‌کنند) کاهش می‌یابد و لذا مقاومت نیز کاهش خواهد یافت. این موضوع زمینه ورود بیشتر آب و املاح منبسط‌شونده را به داخل



شکل ۵- رابطه تخلخل نسبت به مقاومت فشاری مغزه‌های بتنی در کانال‌های مورد مطالعه



شکل ۶- رابطه تخلخل و چگالی مغزه‌های بتنی در کانال‌های مورد مطالعه

## نتیجه‌گیری

را ندارند.  
 - مقاومت فشاری و چگالی بتن به کار رفته در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری مورد ارزیابی با تخلخل آنها رابطه خطی معکوس دارد.  
 - رابطه بین مقاومت فشاری و پارامترهای دوام (جذب آب اولیه، جذب آب نهایی، عمق نفوذ آب) همواره خطی نیست که بتوان نتیجه‌گیری کرد با افزایش مقاومت فشاری، دوام پوشش بتنی نیز افزایش می‌یابد (به‌خصوص در مقاومت‌های بالا).

خلاصه نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیر است:  
 - از ۱۵ مغزه بتنی کانال وراینه و از ۱۲ مغزه بتنی کانال دینگله کهریز، تنها به ترتیب ۶ و ۴ (۴۰ و ۳۴ درصد) دارای مقاومت فشاری بیش از حداقل قابل قبول (۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) هستند.  
 - حدود نیمی از مغزه‌هایی که دارای مقاومت فشاری قابل قبول هستند، برای مقابله با شرایط سرد منطقه دوام لازم

- بر اساس روابط بین مقاومت فشاری و پارامترهای دوام، پیشنهاد می‌شود که از قضاوت در خصوص دوام بتن در مقابل یخبندان و ذوب بر مبنای مقاومت فشاری خودداری شود و در پوشش بتنی علاوه بر کنترل مقاومت فشاری، کنترل پارامترهای دوام بتن در شرایط یخبندان نیز اجباری گردد.

- ضروری است برنامه ترمیم و بهسازی پوشش بتنی در بخش‌های تخریب شده و در معرض تخریب کانال‌های مورد ارزیابی را هرچه سریعتر به اجرا درآورد.

- پیشنهاد می‌شود پروژه‌های مشابه نیز برای ارزیابی دوام پوشش بتنی کانال‌ها در مقابل حمله مواد اسیدی، سولفات‌ها، کربنات‌ها و غیره تصویب و اجرا گردد.

- رابطه پارامترهای دیگر دوام بتن در شرایط سردسیری (سیکل‌های ذوب و یخبندان، مقاومت الکتریکی، جذب آب موئینه و...) نیز برای پوشش بتنی در پروژه‌های آتی بررسی شود.

- ضروری است در نشریه شماره ۱۰۸ سازمان برنامه و بودجه (Anon, 1995) بخش دوام پوشش بتنی کانال‌ها (صفحه ۶۷، بند ۳-۷ که در خصوص دوام بتن گفته شده است: بتنی که دارای مقاومت فشاری بالایی باشد در شرایط معمولی بادوام است)، تجدید نظر و مطالبی گنجانده شود که دوام پوشش بتنی را تضمین کند.

- نمونه‌هایی با پارامترهای دوام مختلف (کمتر یا بیشتر از حد مجاز برای شرایط یخ زدن و ذوب شدن مکرر) دارای مقاومت فشاری یکسانی هستند. یعنی با داشتن مقاومت فشاری بالا ممکن است دوام بتن قابل قبول یا غیر قابل قبول باشد و نمی‌توان صرفاً به استناد مقاومت فشاری بالا اطمینانی از دوام داشت.

- عمق نفوذ آب و تخلخل مغزه‌ها بیش از ۲/۵ برابر حداکثر مجاز (۳۰ میلی‌متر) است.

- جذب آب اولیه و نهایی مغزه‌ها، بیش از ۱/۵ برابر حداکثر مجاز (به ترتیب ۳ و ۵ درصد) و بیانگر فضا‌های کرم و متصل به همدیگر و محیطی مناسب برای نفوذ و تجمع آب است که پس از آن یخبندان و تخریب پیش می‌آید.

- با توجه به عدم تامین شرایط دوام پوشش بتنی در شرایط سرد منطقه، بخش‌هایی از پوشش‌های بتنی تخریب شده و بخش‌های دیگر نیز در معرض تخریب است.

- توصیه‌های ارائه شده در نشریه ۱۰۸ سازمان برنامه و بودجه (Anon, 1995)، به تنهایی جوابگوی دوام پوشش بتنی در شرایط سرد منطقه در کانال‌های مورد ارزیابی نبوده است. بر اساس نتایج این پژوهش، پیشنهادهای زیر قابل ارائه است:

## مراجع

- Al-amoudi, O. S., Al-kutti, W. A. Shamsad, A. and Maslehuddin, M. 2009. Correlation between compressive strength and certain durability indices of plain and blended cement concretes. *Cement Concrete Comp.* 31, 672-676.
- Anon. 1983. *Testin Concrete, part 122: Method for Determination of Water Absorption.* BS 1881. British Standard. London, England.
- Anon. 1995. *Technical Criteria in Irrigation and Drainage Networks, Common Technical Specifications.* Budget and Programing Organization. (in Farsi)

- Anon. 1997. Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete. ASTM C 42/C 42M-03. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
- Anon. 2000a. Standard Test Method for Density, Absorption and voids in Hardened Concrete. ASTM C 642. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
- Anon. 2000b. Testing Hardened Concrete. Part 8: Depth of Penetration of Water Under Pressure. EN 12390-9. European Committee for Standardization.
- Anon. 2001. Guide to Durable Concrete. ACI Cmmittee 201 (ACI 201.1R). American Concrete Institute. Farminton. Hills. Mich.
- Anon. 2005. Iranian Concrete Bylaw. Budget and Programing Organization. No. 120. (in Farsi)
- Anon. 2011. Hamedan Water Physiognomy. Hamedan Regional Water Co. 3<sup>th</sup> year. No. 30. (in Farsi)
- Bahramlou, R. 2007. Evaluation of failure factor causes of concrete lining in irrigation canals (case study in Hamean-Bahar plain). J. Agric. Eng. Res. 8(3): 81-92.
- Bahramlou, R. 2012. Effect of concrete lining in water seepage losses from irrigation canals in Hamedan province. J. Water Res. Iran. 6(11): 75-83. (in Farsi)
- Bahramlou, R. and Seyedan, S. M. 2011. Evaluation of economic in concrete linings of irrigation canals in cold climatic condition area. Iranian J. Irrig. Drain. 2(5): 254-262. (in Farsi)
- Bahramlou, R. and Banejad, H. 2014. Evaluation quality of durability in concrete lining of irrigation canals in cold climates (case study in Hamedan province). Iranian J. Irrig. Drain. 1(8): 171-179. (in Farsi)
- Behnamzadeh, A. H. 2011. Irrigation and drainage networks and necessity to pay attention to quality of hard concrete in lining of irrigation canals. First Workshop on Evaluation of Concrete Quality in Irrigation Canals Lining (Methods and Standards). Jahad Agiculture Organization of Hamedan. Iran. (in Farsi)
- Bozkurt, N. and Yazicioglu, S. 2010. Sterngh and capillary water absorption of lightweight concrete under different curing conditions. Indian J. Eng. Mater. S. 17, 145-151.
- Datta, T. K. and Zare, K. 1989. Durability of concrete in ocean environment. Proceedings of the First Seminar on the Role of Admixtures in the Development of Concrete Technology. Iran.
- Famili, H. 2012. Properties of Concrete. University of Science & Technology Pub. (in Farsi)
- Kearsley, E. P. and Wainwright, P. J. 2002. The effect of porosity on the strength of foamed concrete. Cement Concrete Res. 32, 233-239.
- Mamanpoush, A. R. 2000. Evaluation of technical and maintenance management problems in right side of Nekooabad irrigation networks of Zaiandehrood in Esfahan. Research Report. Agricultural Engineering Research Institute. (in Farsi)
- Menadi, B., Kenai, S., Khatib, J. and Ait-Mokhtar, A. 2009. Strength and durability of concrete incorporating crushed limeston sand. Constr. Build. Mater. 23, 625-633.
- Mohammadi, Y. and Shadmand, M. 2013. Evaluation of failure factors and reducer mechanism of concrete durability in irrigation canals. J. Retrofit. Rehab. Ind. 5, 59-64. (in Farsi)

- Parrott, L. J. 1992. Water absorption in cover concrete. *Mater. Struct.* 25, 284-292.
- Ramezaniapour, A. A. and Shahnazari, M. R. 1988. *Concrete Technology in Cold and Freezing Climate*. University of Science & Technology Pub. (in Farsi)
- Ramezaniapour, A. A. and Poorkhorshidi, A. R. 2005. *National Bylaw of Concrete Durability in Persian Gulf and Oman Sea Area (Proposal)*. Road, Housing & Urban Development Research Center (BHRC). No. 428. Tehran. Iran.
- Ramezaniapour, A. A. and Shahnazari, M. R. 2012. *Concrete Technology*. University of Science & Technology Pub. (in Farsi)
- Ramezaniapour A. A., Pilvar, A. R. Mahdikhani, M. and Moodi, F. 2011. Practical evaluation of relationship between concrete resistivity, water penetration, rapid chloride penetration and compressive strength. *Constr. Build. Mater.* 25, 2472-2479.
- Siahi, M. K., Farhadi Hikoei, A., Jafari, A., Nasher, H., Jafari, M. S., Moalemi, M., Dallalzadeh, A. R., Babaei, A. R., Dasdar, V. and Eghbali, M. 2011. *Construction of Irrigation Canals, Limits and Methods*. National Committee on Irrigation and Drainage. (in Farsi)
- Tadayon, M. 2011. *Concrete durability, standards and methods*. First Workshop on Evaluation of Concrete Quality in Irrigation Canals Lining (Methods and Standards). Jihad Agriculture Organization of Hamedan. Iran. (in Farsi)

## **Relationship between Compressive Strength and Durability in Concrete Linings of Irrigation Canals in Hamedan, Iran**

**R. Bahramlou and H. Banejad\***

\* Corresponding Author: Associate Professor, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Bou-Ali Sina University of Hamedan. P. O. Box: 76175-538, Hamedan, Iran. E-mail: hbanejad@basu.ac.ir  
Received: 5 April 2014, Accepted: 2 December 2014

Concrete is the most common material used to line irrigation canals and must maintain its durability for the lifetime of the canal. Compressive strength has been used as an index to control the quality of concrete; concrete that remains durable under freeze-thaw conditions is that with high compressive strength. Research has shown that concrete linings can show suitable compressive strength in the first days of existence, but begin to decompose after a period and lose the property of durability. The present study examined the relationship between compressive strength and the durability parameters of initial water absorption, final water absorption, water penetration depth and porosity in the Variyaneh and Dingel-e Kahriz irrigation canals in the province of Hamedan. Laboratory testing was carried out on 27 cores (69 mm in diameter; different lengths) extracted from the concrete linings of canals. The cores were prepared and their compressive strength and durability parameters were determined. The results show an inverse linear relationship between the compressive strength and density of the samples and their porosity. The durability parameters of initial water absorption, final water absorption, and water penetration depth showed no significant relationship. The results indicate that compressive strength is not sufficient for evaluation of the durability of concrete lining. Of the 27 cores, 40% had acceptable compressive strength. Of these, 50% showed acceptable durability parameters for exposure to freeze-thaw. The results also showed that the mean penetration depth and porosity of the samples were >2.5 times greater than the maximum recommended values and that the initial and total water absorption values were >1.5 times greater than the maximum recommended values. It is evident that the concrete linings will decompose more quickly than the anticipated lifetime from the influence of water and other expansive solute solutions in cold weather. It was noted that samples having similar compressive strengths had durability parameters that were greater or less than acceptable values. These results suggest that the compressive strength of concrete alone is insufficient to ensure durability and it is necessary to examine additional parameters affecting the lifetime of the concrete linings.

**Keywords:** Compressive Strength, Concrete Lining, Durability, Irrigation Canals