

## کاربرد روش غیرمخرب تعیین پارامترهای جذب آب و مقاومت فشاری پوشش بتنی کانال‌های آبیاری

رضا بهراملو<sup>۱\*</sup>، قاسم اسدیان<sup>۲</sup>، سعید گوهری<sup>۳</sup> و علی قدمی فیروزآبادی<sup>۴</sup>

۱ و ۴- استادیاران 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- استادیار بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران  
۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۸

### چکیده

کانال‌های انتقال و توزیع آب از سازه‌های آبی هستند که برای جلوگیری از تلفات نشت آب در مسیر جریان، بستر آنها با استفاده از پوشش بتنی غیرمسلح پوشش داده می‌شود. کیفیت این نوع پوشش‌ها اغلب با روش مخرب و پرهزینه مغزه‌گیری و انتقال مغزه‌ها به آزمایشگاه ارزیابی می‌شود. در این پژوهش، سه کانال اصلی قلعه‌قباد، نهر شعبان و جهان‌آباد از شبکه آبیاری نهر شعبان در نهاوند به دو روش مخرب و غیرمخرب ارزیابی شد. برای این منظور در مجموع ۶ کیلومتر از کانال‌های شبکه آبیاری نهر شعبان در نظر گرفته شد و در ۱۳ نقطه از آن به فواصل ۵۰۰ متری ۱۲ مغزه در هر مقطع و در کل ۱۵۶ مغزه تهیه گردید. در نقاط مورد نظر آزمایش عدد چکش اشمیت حاصل از به‌کارگیری آن نیز اجرا شد. در آزمایشگاه، مقاومت فشاری، جذب آب اولیه و جوشیده و جذب آب مویینه روی آنها آزمایش شد. روابط بین آزمایش غیرمخرب چکش اشمیت با هر یک از پارامترهای حاصل از آزمایش‌های آزمایشگاهی روی مغزه‌ها که به روش مخرب تهیه گردیده بودند، بررسی شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد بین مقادیر عدد چکش اشمیت با مقاومت فشاری رابطه‌ی نمایی مستقیم با ضریب همبستگی ۸۶ درصد برقرار است. همچنین، بین عدد چکش اشمیت و پارامترهای جذب آب اولیه، جوشیده و مویینه که از پارامترهای دوام پوشش بتنی در مناطق سردسیر هستند، رابطه‌ی توانی معکوس با ضریب همبستگی به ترتیب ۷۲، ۷۰ و ۷۱ درصد برقرار است. با توجه به این روابط با همبستگی مناسب، در کانال‌های آبیاری با پوشش بتنی، بدون مغزه‌گیری و تنها با آزمایش غیرمخرب چکش اشمیت در محل می‌توان مقادیر مقاومت فشاری، جذب آب اولیه، جوشیده و مویینه را برآورد کرد که از شاخص‌های دوام هستند. بین جذب آب نیم‌ساعته و جوشیده نیز رابطه‌ی مستقیم با ضریب همبستگی بالای ۹۵ درصد برقرار است. برای تعیین درصد آب جوشیده‌ی مورد استفاده در تعیین ظرفیت جذب آب که نیاز به بیش از ۳ روز زمان دارد می‌توان از نتایج جذب آب اولیه استفاده کرد. مشخص شد بین جذب آب جوشیده و مقاومت فشاری رابطه‌ی معکوس درجه ۳ با ضریب همبستگی بالای ۹۶ درصد برقرار است و با افزایش مقدار جذب آب، مقاومت فشاری کاهش می‌یابد. مطابق این نتیجه، کیفیت پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری بر مبنای روابط به‌دست آمده در این پژوهش، به روش غیرمخرب و با دقت بالایی قابل برآورد خواهد بود.

### واژه‌های کلیدی

آزمایش آزمایشگاهی، ارزیابی، چکش اشمیت، روش صحرائی، همبستگی

### مقدمه

تأمین‌کننده، مانند سدهای انحرافی را به محل مصرف با اهداف شرب یا کشاورزی منتقل می‌کنند. برای جلوگیری از تلفات نشت آب، بستر کانال‌ها با

کانال‌های انتقال و توزیع آب از سازه‌های آبی هستند که آب تأمین شده از طریق منابع

ملاک ارزیابی کیفیت پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در شرایط مختلف محیطی، در عمل همان است که در سازه‌های غیر آبی و پوشش بتنی کانال‌های آبیاری کشور عمل می‌شود که اساس این دو به ترتیب مقدار مقاومت فشاری و معیارهای فنی مندرج در نشریه ۱۰۸ است (Anon, 2014). در این نشریه، بتنی که دارای مقاومت فشاری نسبتاً زیاد باشد و به نحو صحیح اجرا شده باشد بتن با دوام معرفی شده است. رمضان‌یانپور و شاه‌نظری (Ramazanianpour & Shahnazari, 1988) خرابی بتن سخت شده بر اثر سیکل‌های مکرر ذوب و یخ‌زدگی در هوای سرد را در سازه‌های آبی (مانند کانال‌های آبیاری که امکان جذب آب و اشباع شدن آنها وجود دارد) محتمل‌تر می‌دانند تا در سایر سازه‌های بتنی. بهراملو (Bahramloo, 2007) در بررسی علل تخریب پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در دشت همدان با استفاده از مغزه‌گیری و آزمایش‌های مختلف روی آنها نتیجه گرفته است که به‌رغم مقاومت قابل قبول آن در روزهای اول بتن‌ریزی، مقاومت فشاری متوسط در بخش‌های ترک‌خورده حدود ۷۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است و این موضوع سبب تخریب آن می‌شود؛ او نتیجه‌گیری می‌کند که هزینه این نوع ارزیابی بالاست و پس از ترمیم محل‌های مغزه‌گیری نیز سازه به حالت اول برخواهد گشت و مقدار تلفات آب از این محل‌ها بیشتر از جاهای دیگر خواهد بود. تدین (Tadaiion, 2011) گزارش می‌دهد در نشریه ۱۰۸ به مسأله دوام پوشش بتنی توجهی نشده و ملاک ارزیابی کیفیت بتن تنها مقاومت فشاری است. در حالی که همواره بین مقاومت فشاری و پارامترهای دوام (مانند جذب آب) رابطه مستقیم وجود ندارد. آزمایش‌های ارزیابی دوام در تعیین کیفیت بتن بسیار

استفاده از مصالح مختلف مانند بتن، سنگ و ملات ماسه‌سیمان، اسفالت و غیره پوشش داده می‌شود. استفاده از پوشش بتنی در کانال‌های انتقال آب به لحاظ مزیت‌های اجرایی و دوام، در ایران و سایر کشورها بیش از سایر پوشش‌ها رواج داشته است (Siahi et al., 2011). بتن مورد استفاده در کانال‌های آبیاری از نوع غیر مسلح به ضخامت ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر است. الزامات اساسی بتن خوب در حالت سخت شده عبارت است از مقاومت فشاری رضایت بخش و دوام کافی (Anon, 2005). پس از اجرای هر سازه عمرانی، برای اطلاع از عملکرد مطلوب و کیفیت اجرا، ضروری است آن پروژه ارزیابی شود. برای ارزیابی پروژه‌های اجرا شده بتنی، آنها اغلب با استفاده از روش مخرب<sup>۱</sup> مغزه‌گیری می‌شوند و در آزمایشگاه روی آنها آزمایش‌های مختلف اجرا می‌شود. اگرچه در این روش نتایج نسبتاً واقعی و مستقیم از پارامترهای مورد نظر به دست می‌آید، ولی عوارضی هم دارد که گاهی به سختی قابل جبران هستند. از جمله این عوارض، آسیب رساندن به پروژه، هزینه بالا، نیاز به اکیپ و تجهیزات گسترده، و زمان‌بر بودن است که گاهی به توقف بهره‌برداری می‌انجامد. برای جلوگیری از این عوارض، می‌توان از روش‌های آزمایش غیرمخرب<sup>۲</sup> استفاده کرد. آزمایش مقاومت الکتریکی، اولتراسونیک و چکش اشمیت از این روش‌ها هستند. امروزه آزمایش‌های غیرمخرب بتن تأثیر و عملکرد مناسب و کاربردی در تعمیرات سازه‌های بتنی دارد. آزمایش‌های غیرمخرب بتن با در اختیار قرار دادن داده‌های مختلف سازه‌های موجود، به کارشناسان و متخصصان این امکان را می‌دهد تا در خصوص عملکرد، نیازها و روش‌های تعمیرات و بازسازی سازه‌های بتنی قضاوت و تصمیم‌گیری کنند.

1- Destructive Testing (DT)

2- Nondestructive Testing (NDT)

زمان‌بر، مخرب و پرهزینه‌اند و به‌همین دلیل در پروژه‌های اجرایی کمتر به‌کار برده می‌شوند و بیشتر پارامترهای مقاومتی بررسی و ملاک ارزیابی کیفیت بتن قرار می‌گیرند. فرهت و ساری‌بیگ (Ferhat & Saribiyik, 2010) در بررسی همبستگی بین آزمایش غیرمخرب چکش اشمیت و آزمایش مخرب مقاومت فشاری در ساختمان‌های در دست بهره‌برداری، ابتدا برای کالیبراسیون چکش اشمیت با عدد آن را روی چند نمونه مکعبی بتن ۲۸ تا ۹۰ روزه و تعدادی مغزه تهیه شده از سازه‌های بتن مسلح با مقاومت فشاری مشخص آزمایش کردند و نتیجه گرفتند که رابطه نصب شده بر بدنه چکش اشمیت نیاز به کالیبراسیون دارد و مقاومت فشاری به‌دست‌آمده باید در ضریب اصلاحی بین ۰/۵۱ تا ۰/۸۲ (به‌طور متوسط ۰/۶۲) ضرب شود. آنها در نهایت رابطه خطی مستقیم بین عدد چکش اشمیت قرائت شده در بتن‌های در دست بهره‌برداری و مقاومت فشاری مغزه‌های اخذ شده از آنها را ارائه دادند. آل‌واش (Alwash, 2017) در تحقیقی در خصوص نحوه برآورد مقاومت بتن در سازه‌های موجود با استفاده از روش غیرمخرب نتیجه‌گیری کرد که برای استفاده از چکش اشمیت در برآورد مقاومت فشاری بتن، بدون واسنجی به واقعیت نخواهیم رسید. برای واسنجی ضروری است از روش مخرب استفاده و پس از آن چکش اشمیت برای برآورد مقاومت فشاری در سایر نقاط پروژه به‌کار گرفته شود. طبق استاندارد مؤسسه تحقیقات بتن آمریکا (Anon, 2003) برای برقراری رابطه مناسب بین چکش اشمیت و مقاومت فشاری، حداقل به اخذ ۱۲ مغزه (در شش محل آزمایش با دو مغزه در هر محل) نیاز خواهد بود عباسی و همکاران

(Abbasi et al., 2015) با ارائه برنامه تحقیقات راهبردی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، نتیجه‌گیری نمودند که یکی از مشکلات اصلی شبکه‌های آبیاری تخریب پوشش بتنی کانال‌های آبیاری بوده و برای ارزیابی آنها به روش مستقیم نیاز به هزینه بالایی است. بهراملو و عباسی (Bahramloo & Abbasi, 2016) در بررسی تأثیر حباب هواساز بر جذب آب بتن نتیجه‌گیری نمودند که افزودن ۰/۰۳ درصد وزن سیمان از این ماده در عیارهای سیمان ۳۲۵ و ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش جذب آب و افزایش دوام بتن دارد. هدف از تحقیق حاضر به دست آوردن رابطه‌ای بین آزمایش غیرمخرب چکش اشمیت در صحرا با آزمایش‌های آزمایشگاهی مخرب مانند مقاومت فشاری و جذب آب مغزه‌های بتنی اخذ شده برای پوشش بتنی کانال‌های آبیاری است تا براساس آن بتوان کانال را با روش غیرمخرب ارزیابی کرد.

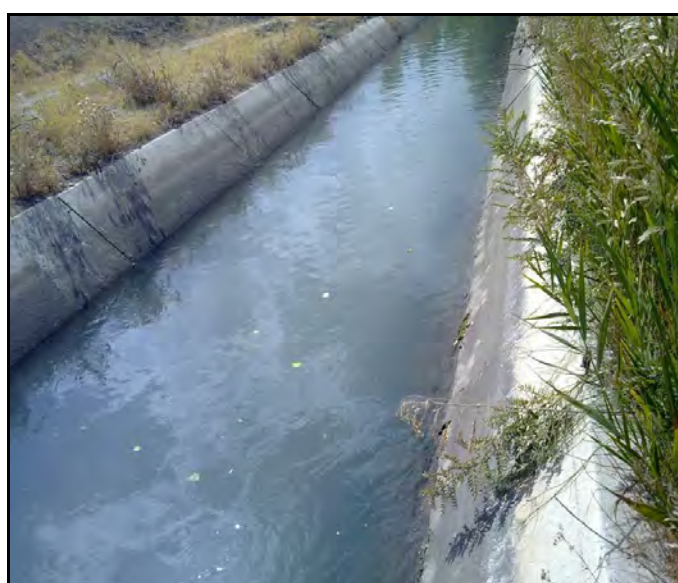
### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، ۶ کیلومتر از کانال‌های اصلی شبکه آبیاری نهر شعبان در ۳ قطعه قلعه‌قباد، شعبان و جهان‌آباد در نهاوند است. این کانال از بند انحرافی شعبان با ارتفاع ۳/۵ متر منسعب می‌شود که در مختصات  $(Y=3775625)$  و  $(X=262862)$  در سال ۱۳۶۳ احداث گردیده است. پوشش بتنی ۶ کیلومتر اول کانال در سال ۱۳۸۰ شروع و خاتمه یافته است. در جدول ۱ مشخصات کانال اصلی در محل آبیگری قلعه قباد در شبکه نهر شعبان ارائه شده است و شکل‌های ۱ و ۲ وضعیت ظاهری و مشخصات هندسی و هیدرولیکی کانال مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

جدول ۱- مشخصات هندسی و هیدرولیکی کانال مورد بررسی در دشت نهاوند

Table 1- Geometrical and hydraulic properties of studied canal in Nahavand plain

مشخصات هندسی Geometrical properties			وسعت اراضی تحت آبیاری		دبی Discharge (lit/sec)	مقطع کانال Cross section type	جنس پوشش Lining material	طول کانال Canal length (m)	نام شبکه Network name
شیب جانبی Side slope	عمق Depth (m)	عرض کف Bed (m)	هکتار) Land area (ha)						
1:1	1.5	1.4	2700	3000	دوزنقه trapezoidal	بتن درجا Situ concrete	5000	نهر شعبان Shaban river	



شکل ۱- وضعیت ظاهری قسمتی از کانال اصلی شبکه نهر شعبان در نهاوند

Fig. 1 The main canal of Shaaban irrigation canal in Nahavand network

کانال باشد. مختصات هر مقطع از کانال که برای مغزه‌گیری در نظر گرفته شده بود با استفاده از دستگاه GPS تعیین شد؛ این مختصات برای ۱۳ نقطه مورد نظر در کانال‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

#### مشخصات و موقعیت کانال‌های مورد ارزیابی

بعد از انتخاب کانال‌ها، از آنها بازدید و سعی شد مغزه‌گیری و آزمایش چکش اشمیت ابتدا، انتها و وسط کانال‌ها را دربرگیرد (یعنی حداقل ۲ تا ۳ مقطع از کانال را شامل شود) تا نماینده تقریباً مناسبی از



شکل ۲- موقعیت کانال آبیاری مورد ارزیابی

Fig. 2- Location of evaluated irrigation canal

جدول ۲- موقعیت و مختصات مقاطع کانال‌ها برای آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب

Table 2. Position and coordinates of canal sections for destructive and non-destructive experiments

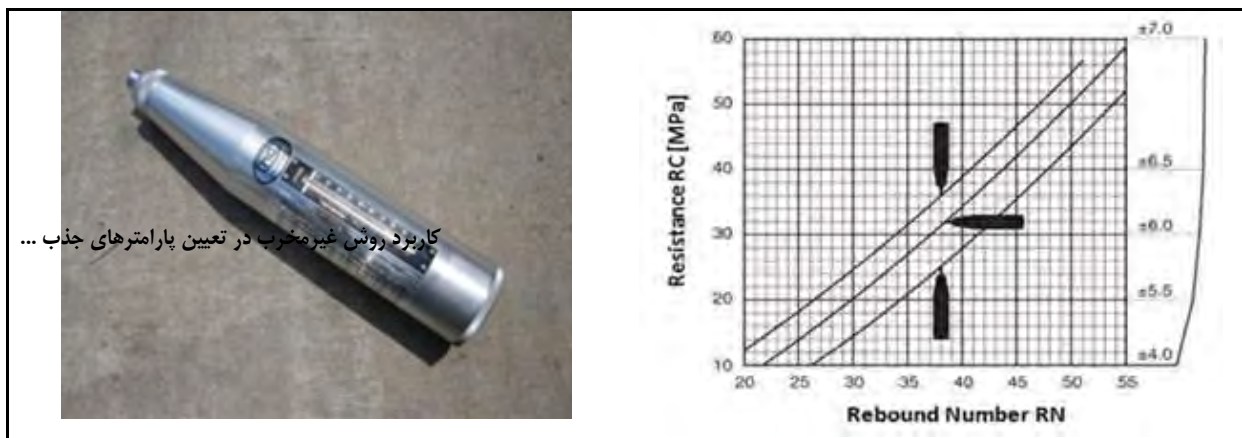
مختصات Coordinates (UTM)		کد کانال Canal Code.	نام محلی کانال Local canal name
X	Y		
263046	3775681	GH1	قلعه قباد
262772	3776121	GH2	Ghaleh Ghobad
262411	3776737	NSH1	نهر شعبان Shaban river
262299	3777241	NSH2	
262335	3777606	NSH3	
262086	3778060	NSH4	
261471	3778201	NSH5	
261256	3779031	JNA1	جهان آباد Jahan abad
261431	3779369	JNA2	
261967	3779687	JNA3	
262107	3779580	JNA4	
261656	3779758	JNA5	
261828	3779865	JNA6	

الف- آزمایش‌های غیرمخرب صحرائی

آزمایش چکش اشمیت<sup>۱</sup>

شیب‌دار کانال ۴۵ درجه است. نمودار مربوط به این حالت در این پژوهش استخراج شده‌است. با توجه به این‌که دستگاه چکش اشمیت اغلب برای تعیین مقاومت سطحی بتن یا سنگ است و نمودار نصب شده بر بدنه آن نیز بر این مبناست و آن‌هم به مرور زمان تغییر می‌کند؛ بنابراین ضروری است برای هر نوع سازه، کالیبراسیون لازم برای استفاده از آن در برآورد مقاومت فشاری در نظر گرفته شود.

چکش اشمیت مورد استفاده در این پژوهش از نوع آنالوگ با مارک پروسک<sup>۲</sup> سوئیس است که نمودار رابطه عدد برگشتی چکش با مقدار مقاومت فشاری، بر مبنای افقی یا قائم رو به بالا یا پایین چکش روی آن رسم شده‌است (شکل ۳). همان‌گونه که مشخص است، این نمودار فقط برای دو حالت قائم یا افقی رسم شده، در حالی‌که زاویه بخش



شکل ۳- چکش اشمیت (سمت چپ) و نمودار نصب شده بر بدنه آن (سمت راست) بر حسب جهت قرارگیری دستگاه  
Fig.3- Schmidt hammer (left) and diagram mounted on its body (right) according to the position of the device

سانتی‌متر به تعداد ۳۰ نقطه در یک مقطع اجرا و میانگین آنها برای آن مقطع در نظر گرفته شد.

مغزه‌گیری

با روش مغزه‌گیری طبق استاندارد ASTM C42 (Anon, 2003) با استفاده از دستگاه مغزه‌گیر استوانه‌ای در نقاط تعیین شده در جدول ۲، از پوشش بتنی کانال‌ها مطابق شکل ۴- ب نمونه‌گیری شد. قطر مغزه‌های بتنی تهیه شده ۶۹ میلی‌متر و طول آنها، با توجه به ضخامت پوشش (حدود ۱۰ سانتی‌متر)، در هر نقطه متغیر است. در ۱۳ نقطه از کانال‌های مورد ارزیابی

آزمایش چکش بازگشتی اشمیت آزمایشی است غیرمخرب که به دلیل سرعت و سهولت و هزینه پایین اجرا می‌شود و به سرعت در حال گسترش است. این آزمایش سختی سطح بتن را می‌سنجد و اگرچه رابطه‌ای منطقی بین سختی و مقاومت وجود ندارد ولی برای بتن‌های مشابه می‌توان رابطه تجربی را به دست آورد. در شکل ۴- الف، آزمایش چکش اشمیت در یکی از مقطع‌های کانال مورد ارزیابی (نهر شعبان) ارائه شده است. این آزمایش مطابق استاندارد ASTM C805 (Anon, 2002) در یک شبکه‌بندی ۵ در ۶ مورد به ابعاد هر یک ۴

1- Schmit Hammer

2- Proceq



ابعاد هر یک، تمامی ۱۵۶ مغزه به آزمایشگاه فرستاده شد.

و در هر مقطع حدود ۱۲ و در کل ۱۵۶ مغزه بتنی تهیه و پس از ثبت مختصات و مشخصات و تعیین



شکل ۴- الف) آزمایش چکش بازگشتی اشمیت و ب) مغزه‌گیریدر کانال قلعه‌قباد در شبکه نهر شعبان

Fig. 4- a) Schmidt hammer test and b) coring in Ghaleh Ghobad Canal in Shaaban irrigation network

طبق بند ۶۰۱ آیین‌نامه بتن ایران اجرا و مجدداً ابعاد آنها تعیین و قطر و ارتفاعشان ثبت شد. برای تعیین مقاومت فشاری، از دستگاه جک هیدرولیکی و طبق استاندارد ASTM C42 (Anon, 2003) استفاده شد. در شکل ۴، نمونه مغزه بتنی تحت آزمایش مقاومت فشاری نشان داده شده است.

### ب- آزمایش‌های آزمایشگاهی

#### تعیین مقاومت فشاری مغزه‌ها

در آزمایشگاه ابتدا بر اساس بند ۶۲۵ آیین‌نامه بتن ایران دو سر مغزه‌ها برش<sup>۱</sup> داده شد به‌گونه‌ای که نسبت طول به قطر این مغزه‌ها ۲ باشد. در مواردی که این نسبت ۲ به‌دست نمی‌آمد، از ضرائب ارائه شده در جدول ۳ استفاده شد و کپینگ (کلاهک‌گذاری<sup>۲</sup>) آنها

جدول ۳- ضریب اصلاح مقاومت فشاری بر اساس نسبت ابعاد آزمون‌ها

Table 3- Compressive strength correction coefficient based on the aspect ratio of the specimens

ضریب اصلاح مقاومت فشاری	نسبت طول به قطر مغزه
۰/۹۸	۱/۷۵
۰/۹۶	۱/۵۰
۰/۹۳	۱/۲۵
۰/۸۷	۱/۰

پس از آن به‌گونه‌ای در بالای سطح آب قرار داده شدند که ۲ تا ۴ میلی‌متر آنها داخل آب باشد. در این استاندارد برای تعیین عمق نفوذ آب مویینه از رابطه ۱ استفاده شده است.

#### آزمایش جذب آب مویینه

جذب آب مویینه، طبق استاندارد ASTM C1585 (Anon, 2004)، آزمایش شد. نمونه‌ها در دمای ۴۰ تا ۵۰ درجه سلسیوس در آون خشک و

تعیین گردید. در نتایج به‌دست آمده از این آزمایش معمولاً بعد از هشت روز تغییری دیده نشد و از این‌رو اندازه‌گیری‌ها مطابق این استاندارد بعد از آن خاتمه یافت.

### آزمایش جذب آب و چگالی

در این تحقیق، درصد جذب آب اولیه یا نیم-ساعته و جذب آب جوشیده مغزه‌های بتنی با روش ASTM C642 (Anon, 2000) تعیین شد. نسبت جذب آب اولیه و جوشیده به‌صورت وزنی است و از تقسیم کردن وزن آب جذب شده به وزن بتن خشک به‌دست می‌آید. برای تعیین جذب آب جوشیده، نمونه‌ها بعد از ۷۲ ساعت قرارگیری در آب، به‌مدت ۵ ساعت جوشانده می‌شوند و مقدار جذب آب تعیین می‌شود. در آیین‌نامه پایایی بتن ایران، حداکثر مقدار جذب آب اولیه و نهایی بتن در تماس با خاک به‌ترتیب ۳ و ۵ درصد توصیه شده است (Anon, 2006). در این تحقیق، جذب آب اولیه به روش BS 1881 part122 (Anon, 1983) مطابق شکل ۵ بوده است.

$$I = \frac{m_t}{A \times \rho} \quad (1)$$

که در آن،

$I$  = عمق نفوذ آب (میلی‌متر)،  $m_t$  = تغییر جرم نمونه بتنی در زمان  $t$  (گرم)،  $A$  = مساحت سطح مقطع آزمون‌ها (میلی‌متر)، و  $\rho$  = جرم مخصوص آب (۱/۰۰۱ گرم بر میلی‌متر مربع).

نمونه‌های مورد آزمایش استوانه‌ای به ارتفاع ۵ و قطر ۶/۹ سانتی‌متر بودند ولی برای دقت بیشتر در شروع آزمایش با استفاده از کولیس، مقادیر قطر و ارتفاع آزمون‌ها تعیین گردید. به‌جز سطح دایره‌ای پایین آزمون، دیگر قسمت‌های آنها عایق‌بندی شد و جرم خشک آنها با ترازو به‌دست آمد. پس از قرارگیری نمونه در ظرف آب، در زمان‌های مختلف و ترجیحاً پس از ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰، ۳۶۰ دقیقه و روز اول تا هشتم، وزن نمونه اندازه‌گیری و یادداشت شد. با داشتن اختلاف وزن در هر مرحله و سایر پارامترها، با استفاده از رابطه ۱ مقدار جذب آب موئینه بر حسب میلی‌متر



شکل ۵- آزمایش جذب آب مغزه‌های بتنی  
Fig. 5- Concrete cores water absorption test



### نتایج و بحث

نتایج این تحقیق شامل آزمایش‌های صحرایی عدد چکش اشمیت، مغزه‌گیری و تعیین ابعاد مغزه‌های بتنی و نیز نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی شامل مقاومت فشاری، جذب آب اولیه و جوشیده به شرح زیر ارائه شده است.

### نتایج آزمایش‌های صحرایی

در جدول ۴، نتایج میانگین مقادیر حاصل از آزمایش تعیین عدد چکش اشمیت در محل روی پوشش‌های بتنی ارائه شده است. مطابق این جدول، عدد چکش اشمیت بین ۲۵ تا ۴۵ و به‌طور متوسط ۳۸ است.

جدول ۴- مقادیر عدد چکش اشمیت در صحرا

Table 4- Schmidt hammer numbers in field

متوسط اعداد چکش اشمیت Mean Schmidt hammer numbers	کد کانال Canal Code.	نام محلی کانال Local canal name
35	GH1	قلعه‌قباد
40	GH2	Ghaleh Ghobad
37	NSH1	نهرشعبان Shaban river
42	NSH2	
40	NSH3	
25	NSH4	
42	NSH5	
45	JNA1	جهان آباد Jahan abad
44	JNA2	
38	JNA3	
26	JNA4	
44	JNA5	
38	JNA6	
38		میانگین Mean

### نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی

در جدول ۵، نتایج آزمایش‌های جذب آب اولیه (نیم ساعت)، جوشیده نهایی، جذب آب مؤئینه و همچنین مقاومت فشاری مغزه‌های تهیه شده از محل ارائه شده است. در این جدول، مقدار جذب آب اولیه مغزه‌های بتنی تهیه شده از پوشش مقطع‌های مورد ارزیابی بین ۲/۵ تا ۵/۷ و به‌طور متوسط ۳/۸ درصد و مقدار جذب آب جوشیده بین ۵/۵ تا ۱۰ و به‌طور متوسط ۷/۷ درصد دیده می‌شود. بهراملو و بان‌زاد (Bahramloo & Banejad, 2014) در تعیین شاخص بتن بادوام قابل استفاده در پوشش بتنی کانال‌های

انتقال آب در مناطق سردسیر در برابر سیکل‌های متناوب یخ‌زدن-ذوب شدن، حداکثر مقدار جذب آب اولیه و نهایی را ۳ و ۵ درصد توصیه کرده‌اند. مطابق این شاخص‌ها، ۱۰ مورد از مقاطع مورد ارزیابی فاقد دوام لازم هستند. طبق داده‌های ستون آخر جدول ۵، مقدار مقاومت فشاری ۳ مورد مغزه حاصل از هر ردیف بین ۱۰ تا ۳۲ و به‌طور متوسط ۲۲ مگاپاسکال است. با توجه به اینکه مقطع‌های مختلف را اکیپ‌های مختلف و در زمان‌های مختلف در طول سال اجرا کرده‌اند این اختلافات طبیعی و بیانگر غیریکنواختی در شیوه اجراها در مقاطعی است که

به دلیل رعایت نکردن شاخص‌های بتن بادوام در مناطق سردسیر دچار ترک خوردگی شده‌اند. کیفیت ظاهری پوشش بتنی نیز از سالم و بدون ترک بودن تا ترک خوردگی‌های نسبی و کامل، بازدیدهای محلی نیز بیانگر این موضوع است، متغیر است.

جدول ۵- مقادیر پارامترهای جذب آب و مقاومت فشاری مغزه‌های بتنی

Table 5- The amount of water absorption and compressive strength parameters of concrete core

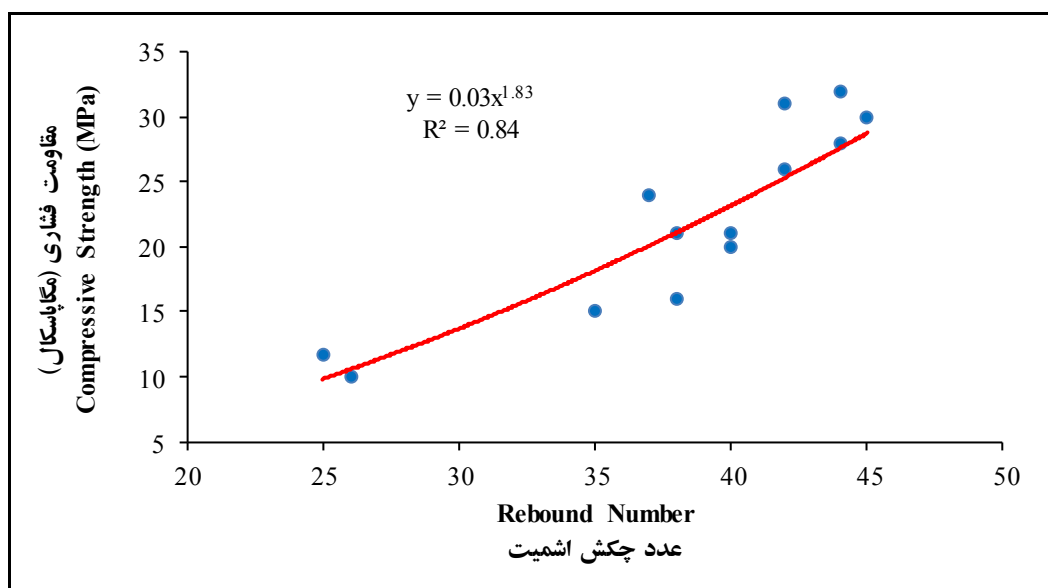
مقاومت فشاری (مگاپاسکال) compressive strength(Mpa)	جذب آب مویینه (م.م.) Capillary water absorption	جذب آب (درصد) water absorption(%)		کد کانال canal codes	نام محلی کانال Local canal name
		جوشیده Boiled	اولیه Boiled		
15	8	8.5	4	GH1	قلعه‌قباد
21	6.5	8	4	GH2	Ghaleh Ghobad
24	6	7	3.5	NSH1	نهرشعبان Shaban river
31	4	6	2.7	NSH2	
29	6.5	8.1	4	NSH3	
12	9.5	9.6	5.2	NSH4	
26	6	7.4	4	NSH5	
30	4.2	5.5	2.5	JNA1	جهان آباد Jahan abad
32	3	6	3	JNA2	
16	7.2	9	4.2	JNA3	
10	10	10	5.7	JNA4	
28	3	7	3.3	JNA5	
21	6	8	3.6	JNA6	
22	6.2	7.7	3.8		میانگین (Mean)

همکاران (Akash *et al.*, 2013) در بررسی کاربردی روش‌های غیرمخرب برای تعیین مقاومت فشاری بتن، تاثیر مصالح بتن، مخلوط و نحوه عمل‌آوری را بر عدد چکش اشمیت و سرعت عبور پالس بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقاومت فشاری مقدار عدد چکش اشمیت افزایش می‌یابد و رابطه مناسبی بین آنها برقرار است و با رسم کردن رابطه همبستگی بین آنها می‌توان مقدار مقاومت فشاری را از روی عدد چکش اشمیت تعیین کرد. زندببارئسی و خدایی (Zand-Babaraeisi & Khodaei, 2018) نیز با بررسی رابطه بین عدد چکش اشمیت و مقاومت فشاری روی نمونه‌های مکعبی تهیه شده در آزمایشگاه، نتیجه گرفتند که بین نتایج عدد برجهنگی چکش اشمیت و مقاومت فشاری بتن

در شکل ۶، رابطه بین اعداد چکش اشمیت حاصل از آزمایش غیرمخرب در محل روی پوشش بتنی کانال‌ها (داده‌های جدول ۴) و مقاومت فشاری مغزه‌های تهیه شده از همان نقطه (داده‌های ستون آخر جدول ۵) ارائه شده است. در این شکل دیده می‌شود بین این دو پارامتر رابطه‌ی نمایی مستقیم مناسبی با ضریب همبستگی ۸۶ درصد برقرار است. از این رو می‌توان با استفاده از آزمایش غیرمخرب چکش اشمیت، مقدار مقاومت فشاری را برای ارزیابی و کنترل کیفیت سازه پوشش بتنی کانال‌های انتقال آب برآورد کرد. با بررسی منابع مشخص می‌شود تا کنون روی پوشش بتنی کانال‌های آبیاری این بررسی صورت نگرفته ولی پژوهش‌ها در آزمایشگاه یا درباره سازه‌های دیگر نتایج مشابهی داشته‌اند. آکاش و

دستیابی به مقاومت فشاری سازه‌های مختلف، از آزمایش چکش اشمیت و سرعت عبور پالس روی سازه‌هایی با مخلوط‌های بتنی متفاوت نتیجه گرفتند که با افزایش بزرگترین قطر سنگدانه بتن، عدد چکش اشمیت افزایش می‌یابد و بین مقاومت فشاری و عدد چکش اشمیت رابطه خطی با همبستگی مناسبی برقرار است.

رابطه معنی‌داری به صورت معادله خطی درجه دوم با ضریب همبستگی ۷۸/۴ درصد وجود دارد و می‌توان از نتایج چکش اشمیت برای تعیین مقاومت فشاری بتن به عنوان یک آزمایش غیرمخرب و بررسی یکنواختی در قسمت‌های مختلف سازه استفاده کرد. آریوز و همکاران (Arioz *et al.*, 2009) در بررسی چگونگی استفاده از ترکیب روش‌های غیرمخرب برای

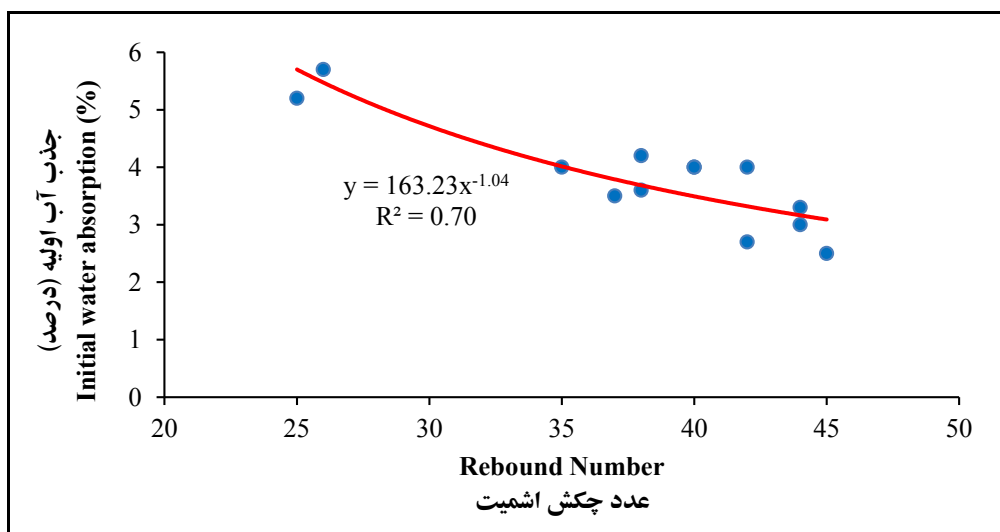


شکل ۶- رابطه بین مقاومت فشاری و عدد چکش اشمیت در مغزه‌های بتنی

Fig. 6- Relationship between compressive strength and rebound numbers in cores

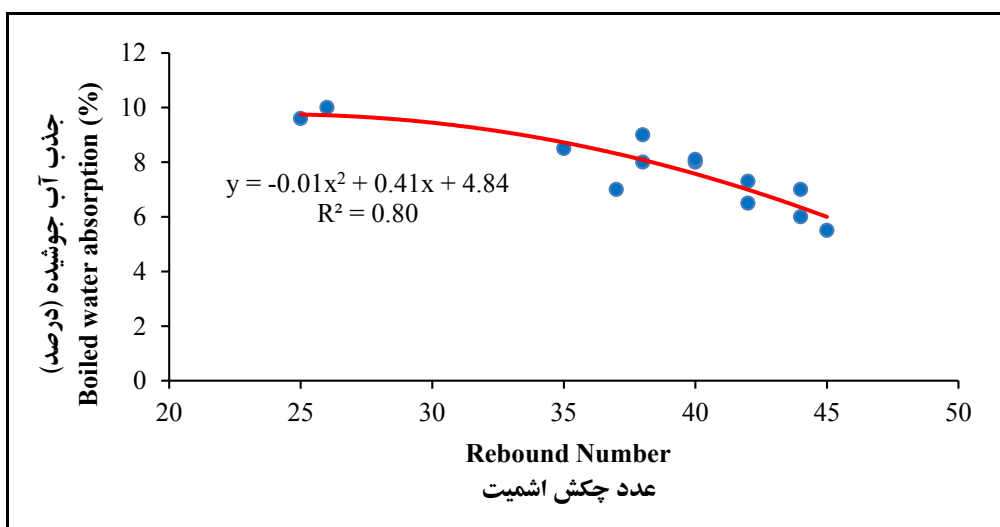
داشتن رابطه بین آنها می‌توان از هزینه و عوارض مغزه‌گیری جلوگیری و مقادیر آنها را بر مبنای مقدار اعداد چکش اشمیت برآورد کرد. صدرممتازی و طهمورسی (Sadr-Momtazi & Tahmorsi, 2018) گزارش داده‌اند که بین مقاومت الکتریکی و تخلخل، جذب آب موئینه و عمق نفوذ آب رابطه‌نمایی معکوس قابل قبولی برقرار است و با توجه به غیرمخرب بودن آزمایش مقاومت الکتریکی می‌توان از آن برای تعیین سایر پارامترهای دوام و مقاومت استفاده کرد.

در شکل‌های ۷ و ۸ رابطه بین اعداد چکش اشمیت در محل با مقادیر جذب آب اولیه (نیم ساعته) و جوشیده مغزه‌های اخذ شده در آزمایشگاه ارائه شده است. مطابق این نمودارها، رابطه معکوس نمایی مناسبی بین اعداد چکش اشمیت و جذب آب اولیه با ضریب همبستگی ۷۰ درصد وجود دارد. برای تعیین مقدار جذب آب اولیه که از پارامترهای لازم برای ارزیابی کیفیت دوام پوشش بتنی است نیاز به مغزه‌گیری است، در حالی که اعداد چکش اشمیت آزمایشی در محل و غیرمخرب است، از این رو با



شکل ۷- رابطه بین عدد چکش اشمیت و جذب آب اولیه

Fig. 7- Relationship between initial water absorption and rebound numbers

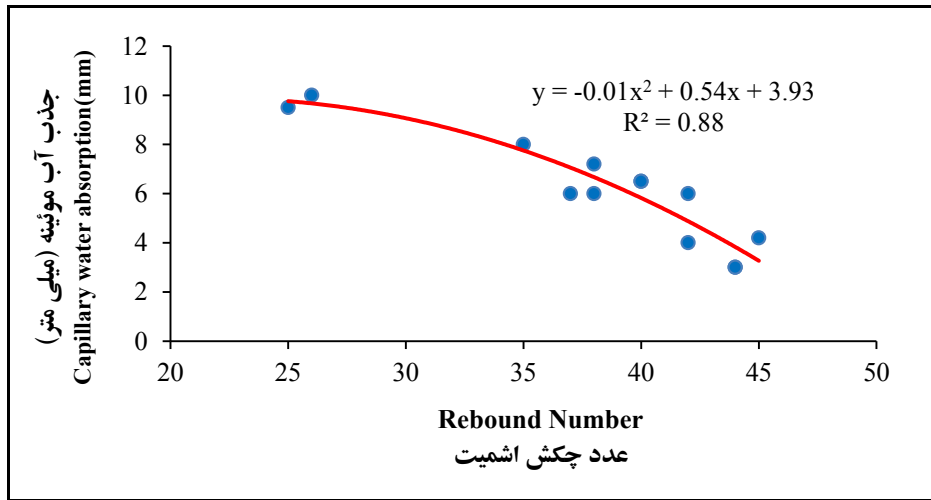


شکل ۸- رابطه بین اعداد چکش اشمیت و جذب آب جوشیده

Fig. 8- Relationship between boiled water absorption and rebound numbers

پارامترهای ضروری در ارزیابی کیفیت دوام بتن است و این آزمایش علاوه بر اینکه نیاز به تهیه مغزه بتنی دارد، بسیار زمان‌بر است، مطابق این نمودار در پوشش بتنی به کار رفته در کانال‌های آبرسانی با داشتن رابطه بین این آزمایش و اعداد چکش اشمیت، می‌توان این پارامتر را بدون تخریب تعیین کرد.

در شکل ۹، رابطه بین اعداد چکش اشمیت با جذب آب مویینه ارائه شده است. مطابق این شکل، رابطه نمایی معکوسی با ضریب همبستگی مناسب ۸۸ درصد بین این دو پارامتر برقرار است و با کاهش عدد چکش اشمیت مقدار جذب آب مویینه افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه آزمایش جذب آب مویینه از

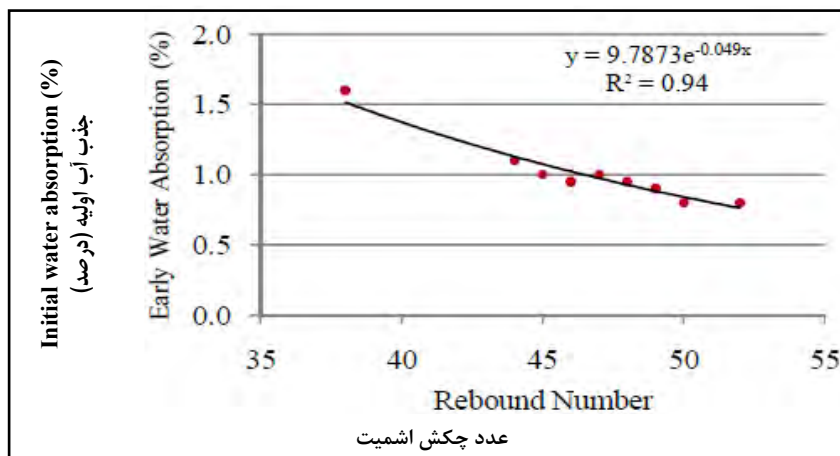


شکل ۹- رابطه عدد چکش با جذب آب موئینه

Fig. 9- Relationship between capillary water absorption and rebound numbers

بتن با سایر پارامترهای مرتبط نتیجه‌گیری کردند که برای کنترل کیفیت و تعیین یکنواختی بتن، می‌توان از آزمایش‌های غیرمخربی مانند چکش اشمیت یا تعیین سرعت امواج فراصوت در بتن استفاده کرد و نیز اینکه بین جذب آب اولیه و عدد چکش اشمیت رابطه‌ی نمایی معکوسی به‌صورت:  $y = 9.7873 * e^{-0.049x}$  با ضریب همبستگی ۹۴ درصد وجود دارد که در آن  $y$  مقدار جذب آب اولیه و  $x$  مقدار عدد چکش اشمیت است (شکل ۱۰).

اوکه و همکاران (Oke et al., 2017) در بررسی رابطه بین آزمایش مقاومت فشاری به روش مخرب و غیرمخرب، ۲۴ نمونه بتنی مکعبی با اضلاع ۱۵ سانتی‌متر تهیه و مقاومت فشاری را در ۱۲ نمونه با استفاده از جک به‌صورت مستقیم و در ۱۲ نمونه دیگر با استفاده از روش چکش اشمیت تعیین کردند و نتیجه گرفتند که بین این دو رابطه خطی مستقیم با ضریب همبستگی ۰/۹۸۸ وجود دارد. (Ramazanianpour & Vosoughi, 2012) در بررسی رابطه مقاومت فشاری



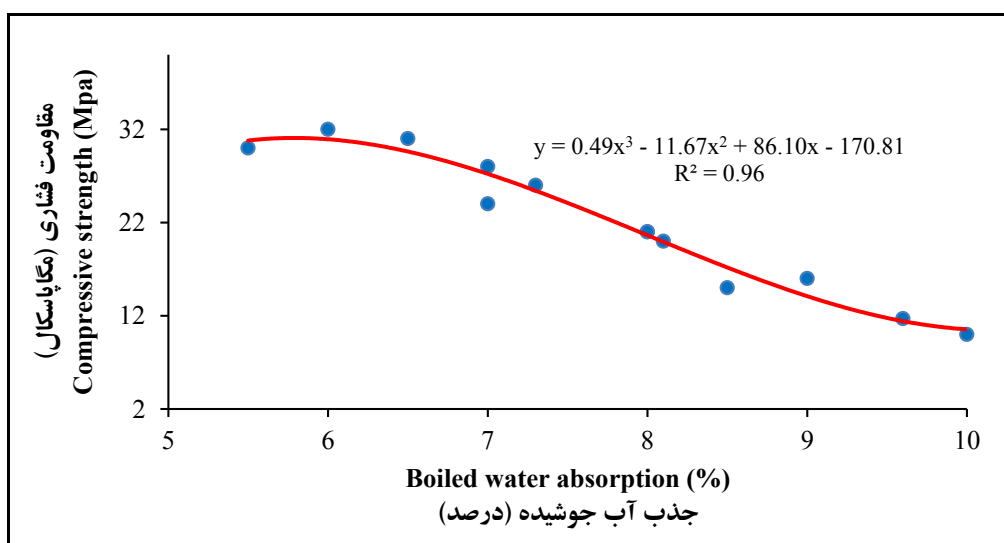
شکل ۱۰- رابطه بین جذب آب اولیه و عدد چکش اشمیت در نمونه‌های بتنی در آزمایشگاه

Fig. 10- Relationship between initial water absorption and rebound numbers in laboratory samples (Ramazanianpour & Vosoughi, 2012)

مقاومت فشاری نمی‌توان کیفیت دوام بتن را نیز ارزیابی کرد و ضروری است که مقدار جذب آب نیز بررسی شود. همه تحقیقات تا کنون روی سازه‌های بتن مسلح در ساختمان‌های مسکونی یا تجاری با طرح اختلاط و شیوه اجرایی متفاوت نسبت به پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری متمرکز بوده است؛ در خصوص کانال‌های آبیاری تاکنون تحقیقی نشده است. بتن به کار رفته در پوشش کانال‌های آبیاری از نوع غیرمسلح و بدون قالب‌بندی است و از لحاظ ضخامت (حداکثر ۱۰ سانتی‌متر) و اندازه سنگدانه (حداکثر ۲۰ میلی‌متر) با محدودیت مواجه است از این رو رابطه استخراج شده در این پژوهش نسبت به پژوهش‌های گذشته تفاوت دارد و تنها برای پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری قابل استفاده خواهد بود.

صدرممتازی و طهمورسی ( Sadr-Momtazi & Tahmorsi, 2018) در تحقیقات خود نتیجه‌گیری کردند که بین مقاومت فشاری با پارامترهای دوام شامل تخلخل، جذب آب و عمق نفوذ آب رابطه‌ی نمایی معکوس قابل قبولی برقرار است و با توجه به غیرمخرب بودن آزمایش مقاومت الکتریکی می‌توان از آن برای تعیین سایر پارامترهای دوام و مقاومت استفاده کرد.

در شکل ۱۱، رابطه‌ی بین جذب آب جوشیده و مقاومت فشاری مغزه‌ها ارائه شده است. مطابق این نمودار رابطه‌ی معکوس درجه ۳ با ضریب همبستگی ۰/۹۶ بین این دو پارامتر برقرار است. با توجه به این نمودار گاهی ممکن است، مقاومت فشاری ثابت و قابل قبول باشد ولی مقدار جذب آب جوشیده در حد مجاز حداکثر ۵ درصد یا بیشتر از آن باشد و تنها با



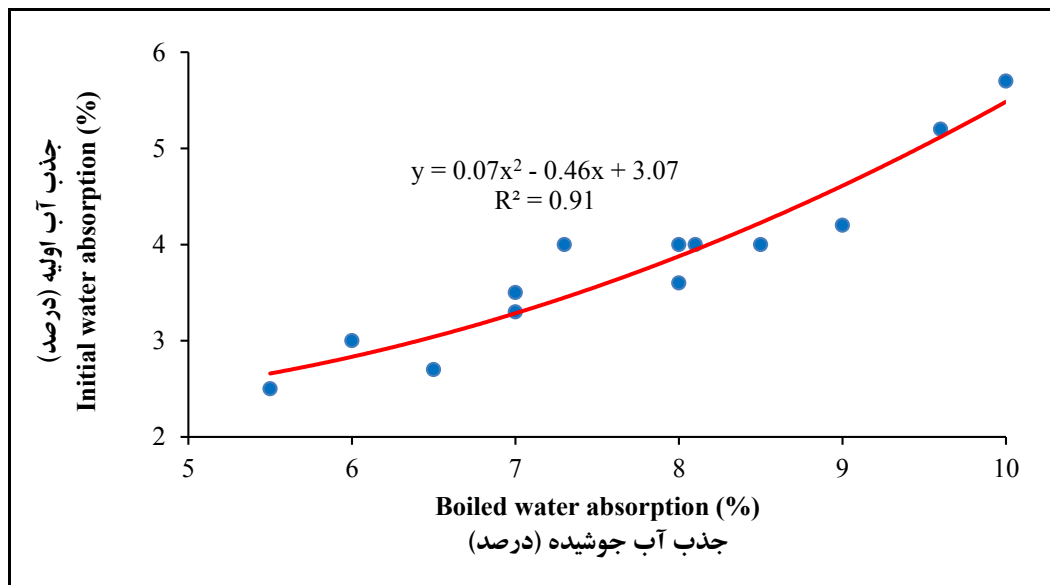
شکل ۱۱- رابطه‌ی بین مقاومت فشاری و جذب آب جوشیده

Fig. 11- Relationship between compressive strength and boiled water absorption

با دانستن این رابطه، بدون صرف زمان بیش از ۳ روز برای تعیین جذب آب جوشیده و تنها با اندازه‌گیری جذب آب نیم ساعت اولیه، مقدار جذب آب جوشیده را می‌توان با دقت مناسب برآورد کرد.

در شکل ۱۲ رابطه‌ی بین جذب آب اولیه و جوشیده مغزه‌های بتنی ارائه شده است. مطابق این نمودار، رابطه‌ی مستقیم مناسبی با ضریب همبستگی ۹۰ درصد بین جذب آب اولیه و جوشیده مغزه‌های بتنی اخذ شده از پوشش کانال‌های مورد ارزیابی وجود دارد.





شکل ۱۲- رابطه جذب آب اولیه و جوشیده

Fig. 6- Relationship between initial and boiled water absorption

مگاپاسکال است. علت این اختلاف، تفاوت در طرح اختلاط، شیوه اجرا، مجری و کیفیت نقاط مختلف در ۳ مورد از کانال‌های مورد بررسی است. مقاومت‌های فشاری پایین می‌تواند به رعایت نشدن شاخص‌های بتن بادوام در مناطق سردسیر ارتباط داشته باشد.

- مقادیر جذب آب اولیه مغزه‌های بتنی تهیه شده از پوشش کانال‌های مورد ارزیابی بین ۲/۵ تا ۵/۷ و به‌طور متوسط ۳/۸ درصد تعیین گردید. مقدار جذب آب جوشیده بین ۵/۵ تا ۱۰ و به‌طور متوسط ۷/۷ درصد است. در حالی‌که در آیین‌نامه پایایی بتن ایران، حداکثر مقدار مجاز جذب آب اولیه و نهایی برای بتن بادوام در مناطق سردسیر به ترتیب ۳ و ۵ درصد تعیین شده است. مطابق این نتایج، پوشش‌های بتنی در برخی از مقاطع دوام لازم را در برابر شرایط جوی سرد منطقه ندارند.

بین آزمایش غیرمخرب چکش و آزمایش مخرب مقاومت فشاری روی مغزه‌ها، رابطه‌نمایی مستقیم مناسبی با ضریب همبستگی ۸۶ درصد برقرار است. از این‌رو برای ارزیابی و کنترل کیفیت سازه پوشش بتنی کانال‌های انتقال آب می‌توان با

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش، به‌منظور استفاده از روش‌های غیرمخرب در ارزیابی پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری، ۱۳ مقطع از ۳ کانال اصلی انتقال آب در مناطق قلعه‌قباد، شعبان و جهان‌آباد به طول کل ۶ کیلومتر انتخاب شد. در نقاط مختلف این کانال‌ها آزمایش‌های زیر اجرا شد: آزمایش غیرمخرب چکش اشمیت (به تعداد ۱۲ نقطه در هر ۱۳ مقطع)، آزمایش مخرب مغزه‌گیری از همان نقاط (به تعداد ۱۲ نمونه از هر مقطع)، و آزمایش مقاومت فشاری ۳ مغزه در هر نقطه (در کل ۳۹ نمونه). طبق استاندارد آمریکایی (Anon, 2003) برای برقراری رابطه مناسب بین چکش اشمیت و مقاومت فشاری، حداقل نیاز به اخذ ۱۲ مغزه است.

بر اساس مجموع نتایج آزمایش غیرمخرب چکش اشمیت در محل پروژه‌ها و مقاومت فشاری و پارامترهای مختلف جذب آب می‌توان نتیجه‌گیری کرد که:

- مقدار مقاومت فشاری ۳ مورد مغزه حاصل از هر نقطه و ۳۹ مورد، بین ۱۰ تا ۳۲ و به‌طور متوسط ۲۲

پارامتر جذب آب نیز تعیین شود که هر دو این پارامترها را می‌توان با روابط به‌دست آمده در این پژوهش بر مبنای عدد چکش اشمیت با دقت قابل قبول برآورد کرد.

- بین جذب آب نیم ساعته و جذب آب جوشیده آزمونه‌های بتنی رابطه مستقیم با ضریب همبستگی بیش از ۹۵ درصد برقرار است. لذا مقدار جذب آب جوشیده (پارامتر مورد استفاده در تعیین ظرفیت جذب آب که نیاز به بیش از ۳ روز زمان دارد) را می‌توان از روی نتایج جذب آب اولیه تعیین نمود.

- با توجه به اینکه روابط حاصل شده در نمودارهای این مقاله، از برقراری روابط بین عدد چکش اشمیت و مقاومت فشاری در ۳ مورد از کانال‌های شبکه نهر شعبان نهاوند در استان همدان است، لذا قابلیت این را دارد که برای برآورد مقاومت فشاری و پارامترهای جذب آب بر مبنای عدد چکش اشمیت و بدون انجام آزمایش مخرب مغزه‌گیری، در هر کانال آبیاری و تحت هر شرایط اجرا مورد استفاده قرار گیرد.

استفاده از آزمایش غیرمخرب چکش اشمیت، مقدار مقاومت فشاری را برآورد کرد. این رابطه تنها برای پوشش بتنی کانال‌های آبیاری است و با آنچه دیگر محققان که در خصوص بتن سازه‌های مسکونی و تجاری به‌عنوان رابطه اعلام کرده‌اند، متفاوت است.

- بین عدد چکش اشمیت و پارامترهای جذب آب اولیه، نهایی و مویینه که از پارامترهای دوام پوشش بتنی در مناطق سردسیر هستند، رابطه توانی معکوس با ضریب همبستگی به ترتیب ۷۲، ۷۰ و ۷۱ درصد برقرار است. با توجه به این روابط با همبستگی مناسب، می‌توان در کانال‌های انتقال آب بدون مغزه‌گیری مقادیر جذب آب و در نتیجه وضعیت دوام را ارزیابی کرد.

- بین جذب آب جوشیده و مقاومت فشاری رابطه معکوس درجه ۳ با ضریب همبستگی بالای ۹۶ درصد برقرار است و با افزایش مقدار جذب آب مقاومت فشاری کاهش می‌یابد. مطابق این نتیجه، برای ارزیابی کیفیت دوام بتن تنها نمی‌توان به پارامتر مقاومت فشاری اکتفا کرد بلکه ضروری است

## مراجع

- Abbasi, N., Bahramloo, R., & Movahedan, M. (2015). Strategic planning for remediation and optimization of irrigation and drainage networks: A case study for Iran. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, pp. 211-221.
- Akash, J., Ankit, K., Adarsh, K., Yogesh, V., & Krishna, M. (2013). Combined use of non-destructive test for assessment of strength of concrete in structure. *Procedia Engineering*, 54, pp. 241-251.
- Alwash, M. (2017). Assessment of concrete strength in existing structures using nondestructive tests and cores: Analysis of current methodology and recommendations for more reliable assessment. University of Bordeaux, UMR 5295, 33400 Talence, France.
- Anon. (1983). *Method for Determination of Water Absorption*. British Standard Testin Concrete. BS. Part 122. London, England.
- Anon. (2000). *Standard Test Method for Density, Absorption and Voids in Hardened Concrete*. ASTM. ASTM C 642, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
- Anon. (2002). *Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concretes*. ASTM C805.
- Anon. (2003). *Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concretes*. ASTM C42. 04(02).

- Anon. (2004). *Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes*. ASTM C1585.
- Anon. (2005). *Iranian Concrete Bylaw*. Iranian Budget and Programing Organization. No. 120. Iran. (in Persian)
- Anon. (2014). *Technical Criteria and Indexes for Irrigation and Drainage Networks, General Technical Specifications*. Program and Budget Organization. No. 108. (in Persian)
- Arioz, O., Tuncan, A., Tuncan, M., Kavas, T., Ramyar, K., & Kiling, B. (2009). Use of combined non-destructive method to assess the strength of concrete in structures. *Afyon Kocatepe University, Journal of Science and Engineering, 1*, pp.147-154.
- Bahramloo, R. (2007). Evaluation of failure factor causes of concrete lining in irrigation canals (case study in Hamean-Bahar plain). *Agricultural Engineering Research, 8*(3), pp. 81-92. (in Persian)
- Bahramloo, R., & Abbasi, N. (2016). Effect of air entrainment admixture on water absorption parameters of concrete linings of irrigation canals. *Agricultural Engineering Research, 16*(65), pp. 117-132. (in Persian)
- Bahramloo, R., & Banejad, H. (2014). Evaluation quality of durability in concrete lining of irrigation canals in cold climates (case study in Hamedan province). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 1*(8), pp. 171-179. (in Persian)
- Ferhat, A., & Saribiyik, M. (2010). Correlation between Schmidt hammer and destructive compressions testing for concretes in existing buildings. *Scientific Research and Essays, 5*(13), pp. 1644-1648.
- Oke, D. A., Oladiran, G. F., & Raheem, S. B. (2017). Correlation between destructive compressive testing (DT) and non destructive testing (NDT) for concrete strength. *International Journal of Engineering Research and Science (IJOER), 3*(5), pp. 27-30.
- Ramazanianpour, A. A., & Shahnazari, M. R. (1988). *Concrete Technology in Cold and Freezing Climate*. Elmosanaat Publication 110.
- Ramazanianpour, A. A., & Vosoughi, P. (2012). *Lab and site investigation on the relationship of compressive strength and other parameters. The 9<sup>th</sup> International Congress of Civil Engineering*. May 8-10. Isfahan University of Technology. (In Persian)
- Sadr-Momtazi, A., & Tahmorsi, B. (2018). Investigating the boundary of aggregate-paste in concretes containing silica and winds ash. *Scientific and Research Journal of Structural Engineering and Construction, 4*, 136-154. (in Persian)
- Siahi, M. K., Farhadi-Hikooei, A. Jafari, A., Nasher, H., Jafari, M. S., Moalemi, M., Dallalzadeh, A. R., Babaei, A. R., Dasdar, V., & Eghbali, M. (2011). *Construction of Irrigation Canals, Limits and Methods*. National Committee on Irrigation and Drainage. (in Persian)
- Tadaion, M. (2011). Concrete durability, standards and methods. *1<sup>th</sup> Workshop on Evaluation of Concrete Quality in Irrigation Canals Lining (Methods and Standards)*. Jahad Agriculture Organization of Hamedan, Iran. (in Persian)
- Zand-Babaraeisi, E., & Khodaei, M. (2018). *Determination of relationship between compressive strength and Schmidt hammer number on laboratory samples (case study on railway of Tehran-Esfahan)*. 10<sup>th</sup> National Conference of Concrete. Oct. 7. Tehran, Iran. (in Persian)

## **Investigation on Nondestructive (ND) Method of Determination of water Absorption Parameters and Compressive Strength of Concrete Lining of Irrigation Canals**

**R. Bahramloo<sup>\*</sup>, G. Asadian, S. Gohari and A. Ghadami-Firouzabadi**

<sup>\*</sup>Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran. Email: Bahramloo@yahoo.com  
Received: 12 July 2019, 29 December 2019

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

Conveyance and Water distribution irrigation canals are hydraulic structures that transport water supplied from sources such as diversion dams for drinking, agricultural, industry or other purposes. These canals are usually lined by materials such as: concrete, stone with sand cement mortar, asphalt, to prevent water seepage losses along the flow path. Concrete lining that is used in irrigation canals is an unreinforced concrete with a thickness of 5 to 10 cm. Basic requirements of good hardened concrete are: satisfactory compressive strength and sufficient durability (Aba, 2005). After the implementation of each engineering structure, it is necessary to evaluate the project to determine the optimal performance and quality of implementation. Evaluation of the quality of irrigation canal linings is often carried out by the destructive and costly method of coring and carried out various experiments in the laboratory. Although destructive method yields relatively exact and straightforward results from the desired parameters, it also has some side problems that are sometimes difficult to recover. The problems of destructive test (DT) method with coring and destructive method are associated with damage of project, high cost, need the expert group and equipment, time-consuming and sometimes stoppage of project operation. Non-destructive testing (NDT) methods can be used to prevent these complications. Electrical, ultrasonic and Schmidt hammer tests are among non-destructive testing. Nowadays, non-destructive testing of concrete has an effective and practical function in the repair of concrete structures. Non-destructive testing of concrete by providing data on various existing structures allows experts to judge and decide on the performance, needs and methods of repair and restoration of concrete structures. The indicator of evaluation of the quality of concrete lining in irrigation canals in different environmental conditions is the same as the other structures based on the amount of compressive strength (Anon., 2014). The failure of hardened concrete due to repeated cycles of thawing- freezing in cold air in hydraulic structures (such as irrigation canals that

can absorb water and saturated) is more probable than other concrete structures (Ramazanianpour and Shahnazari, 1988).

**Methodology**

In this study, in order to establish a relationship between non-destructive testing (NDT) of Schmidt's Hammer number with destructive testing (DT) of compressive strength and water absorption parameters, 13 sections from 3 main conveyance canals were studied in Nahre Shaban irrigation network in Nahavand City. At all sections, non-destructive testing of Schmidt's Hammer accomplished for determining the rebound number, then from the same points, 12 and totally 156 cores were provided from 3 canals. Next relationship between rebound numbers (RN) with each of the parameters of laboratory experiments on the linings was investigated. The study area in this study was 6 km from the main canal of the irrigation network of Nahre Shaban in 3 sections of Ghaleqabad, Shaban and Jahanabad in Nahavand City. This canal is divided by diversion dam of Sha'ban with height of 3.5 m which was constructed in a section with coordinates of (X = 262862, Y= 3775625) during 1985 and 2001. Table 1 presents the characteristics of the main canal at the location of the Ghaleh Ghobad river section on the Shaban network. The coordinates of each section of the canal intended for coring were determined using GPS; these coordinates are presented for the 13 points in the selected canals in Table 2.

**Table 1- Geometrical and hydraulic properties of studied canal in Nahavand plain**

Geometrical properties			Land area (hac.)	Discharge (lit/s)	Cross section type	Lining material	Canal length (m)	Network name
Side slope	Dept h (m)	Bed (m)						
1:1	1.5	1.4	2700	3000	trapezoidal	Situ concrete	5000	Shaban river

**Table 2. Position and coordinates of canal sections for destructive and non-destructive experiments**

Local canal name	Canal Code.	Coordinates (UTM)	
		X	Y
Ghaleh Ghobad	GH1	263046	3775681
	GH2	262772	3776121
	NSH1	262411	3776737
	NSH2	262299	3777241
	NSH3	262335	3777606
Shaban river	NSH4	262086	3778060
	NSH5	261471	3778201
	JNA1	261256	3779031
	JNA2	261431	3779369
	JNA3	261967	3779687
Jahan abad	JNA4	262107	3779580
	JNA5	261656	3779758
	JNA6	261828	3779865

### **Results and Discussion**

Based on the results obtained, Schmidt hammer number and compressive strength values have direct relationship with correlation coefficient of 86%. Also, the Schmitt Hammer and initial, boiled and capillary water have a reverse power relationship with a correlation coefficient of 72, 70 and 71 percent respectively. Considering these relationships with proper correlation, it is possible to estimate the durability parameters in through the non-destructive testing of the Schmidt hammer at the site. There is a direct relationship between the initial and boiled water absorption, with a correlation coefficient above 95%. Therefore, boiled water absorption capacity of cores, w hich requires more than 3 days, can be determined from the results of initial water absorption. There is an inverse relationship with grade of 3 with a correlation coefficient above 96% between boiled water absorption and compressive strength of cores.

### **Conclusions**

Between Schmidt hammer number and compressive strength values in concrete-lined irrigation canals are a direct relationship with correlation coefficient of 86%. So it is possible to estimate the durability parameters of irrigation canal linings in through the non-destructive testing of the Schmidt hammer number at the site.

**Keywords:** Concrete, Correlation, Evaluation, Field Method, Laboratory Experiment