

نشریه فنی :

شماره :

۵۳

# اصول اجرای پوشش بتنی بادوام در کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر

رضا بهراملو، نادر عباسی و علی قدمی فیروزآبادی



سال انتشار: ۱۳۹۷

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی:

اصول اجرای پوشش بتنی بادوام در کانال‌های  
آبیاری مناطق سردسیر

تهیه و تدوین:

رضا بهراملو، نادر عباسی و علی قدمی فیروزآبادی

سال انتشار:

۱۳۹۷



وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

عنوان نشریه:	اصول اجرای پوشش بتنی بادوام در کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر
نگارنده:	رضا بهراملو، نادر عباسی و علی قدمی فیروزآبادی
ناشر:	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
سال انتشار:	۱۳۹۷
داور و ویراستار:	محمدعلی شاهرخ‌نیا، یوسف گمرک‌چی
صفحه‌آرا:	سمیه وطن‌دوست

مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

نشریه فنی حاضر با شماره ۵۴۱۶۷ طی نامه مورخ ۱۳۹۷/۶/۴ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به ثبت رسیده است.

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵  
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)، دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)

پایگاه اطلاعاتی مؤسسه: [www.aeri.ir](http://www.aeri.ir)

مخاطبان نشریه:

کلیه مدیران و کارشناسان سازمان های جهادکشاورزی و آب منطقه ای استان ها

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- هدف و مزایای پوشش کانال های آبیاری
- علل تخریب پوشش بتنی کانال های آبیاری در مناطق سردسیر
- دوام پوشش بتنی
- شاخص های بتن بادوام

آشنا خواهید شد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۱	تعریف پوشش کانال‌های آبیاری
۲	مزایای پوشش کانال
۳	شرایط لازم برای یک بتن با کیفیت
۳	بتن بادوام
۴	عوامل مؤثر در کاهش دوام بتن
۵	عامل کاهنده دوام پوشش بتنی در مناطق سردسیر
۷	رابطه بین مقاومت فشاری و دوام بتن
۹	شاخص‌های بتن بادوام در برابر یخ‌زدن-ذوب‌شدن
۱۶	نتیجه‌گیری
۱۷	پیشنهادها
۱۸	فهرست منابع



پوشش کانال‌های آبیاری به منظور جلوگیری از تلفات نشت آب، ایجاد بستر مقاوم در برابر فرسایش و همچنین دلایل خاص دیگر به‌عنوان یکی از روش‌های عملی افزایش راندمان انتقال و استفاده بهینه از منابع محدود آب، مورد توجه خاص بهره‌برداران و متولیان صنعت آب می‌باشد (رحیمی و عباسی، ۱۳۸۱). بر اساس تعریف فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی، پوشش کانال عبارت است از پوشاندن تمام یا قسمتی از بدنه کانال با مواد محافظت‌کننده برای جلوگیری از تراوش آب، تحمل فشار، کاهش فرسایش و تقلیل اصطکاک بستر در جهت اصلاح شرایط جریان است. کانال‌های آبیاری وظیفه انتقال و توزیع آب در بخش کشاورزی را به عهده دارند. یکی از راه‌های موثر برای جلوگیری از تلفات آب در مسیر انتقال و ارتقاء بهره‌وری آب، پوشش‌دادن کانال‌ها است. امروزه در ایران رایج‌ترین مصالح مورد استفاده برای پوشش کانال‌های آبیاری، پوشش بتنی است. پوشش بتنی در مناطق مختلف باید به گونه‌ای طراحی و اجرا گردد که در مقابل عوامل مخرب هر منطقه دوام لازم را داشته و در طول عمر پروژه از سلامت و کیفیت لازم برخوردار باشد. به دلیل عدم استفاده از آرماتور (بتن غیر مسلح) و تماس مستقیم و دائم با آب (اشباع‌بودن)، ویژگی‌ها و مشخصات بتن مورد استفاده در کانال‌های آبیاری با بتن به کار رفته در سایر سازه‌ها متفاوت است. بررسی‌های انجام شده بیانگر آن است که با معیارهای فنی موجود (مقاومت فشاری)، پوشش بتنی اجرا شده در کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر در مدت بسیار کمتر از عمر پروژه، دچار تنش، ترک‌خوردگی و تخریب می‌گردند (شکل ۱). این موضوع سبب از بین رفتن سرمایه و هدر رفتن آب می‌گردد (بهراملو، ۱۳۸۶). برای این منظور ضروری است تا با اصلاح معیارهای ارزیابی، پوشش بتنی به کار رفته در کانال‌های آبیاری مناطق



سردسیر در مقابل پدیده مخرب ذوب و یخبندان های متناوب از دوام کافی برخوردار بوده و سلامت خود را در طول عمر پروژه حفظ نماید.



شکل ۱: تخریب پوشش بتنی در منطقه سردسیر

### مزایای پوشش کانال های انتقال آب

پوشش بستر کانال های انتقال آب با مصالح مناسب دارای مزایای زیادی است که عمده ترین آن ها شامل موارد زیر است:

- سرعت جریان در کانال های پوشش دار ۲ تا ۳ برابر آن در کانال های بدون پوشش می باشد. در نتیجه طبق اصل پیوستگی جریان، برای عبور یک دبی ثابت کانال پوشش دار می تواند ابعاد کوچکتری را داشته باشد. این موضوع سبب کاهش هزینه تملک بستر و حریم کانال خواهد شد (سیاهی و همکاران، ۱۳۹۰).
- پوشش کانال باعث جلوگیری از تلفات نشت عمقی آب از محل تامین تا محل مصرف و ارتقاء راندمان انتقال و توزیع می گردد.
- با کنترل تلفات نشت آب، پوشش کانال ها از زهدار شدن اراضی مجاور جلوگیری می نماید.





- پوشش کانال موجب جلوگیری از رویش علف‌های هرز و گیاهان خودرو در کانال می‌گردد.
- با پوشش دادن کانال، از فرسایش و تخریب بستر کانال جلوگیری می‌شود.
- پوشش کانال باعث جلوگیری و یا کاهش میزان رسوب‌گذاری می‌شود.
- با ممانعت از رسوبگذاری، رویش گیاهان و فرسایش، عمر مفید کانال افزایش و هزینه نگهداری و بازسازی آن کاهش می‌یابد.

### شرایط لازم برای پوشش بتنی با کیفیت در کانال‌های آبیاری

برخی از شرایط و ویژگی‌های لازم برای بتن مورد استفاده برای پوشش کانال‌های آبیاری را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

- یک بتن در حدی شل و روان باشد که به راحتی در داخل قالب‌ها ریخته شود. معیار تشخیص این حالت را اسلامپ یا کارایی بتن گویند.
- مقاومت کافی به منظور تحمل بارهای طراحی
- دوام کافی برای بهره‌برداری رضایت‌بخش در شرایط محیطی
- مزیت اقتصادی

تغییر نسبت مواد تشکیل دهنده (شامل: سنگدانه ریز و درشت، سیمان، آب و مواد افزودنی شیمیایی و معدنی) و از همه مهم‌تر تغییر مقدار آب و نسبت آب به سیمان، باعث تغییر کیفیت بتن می‌شود.

### دوام پوشش بتنی کانال‌های آبیاری

دوام یا پایایی بتن به معنی داشتن مقاومت در مقابل یک عامل محیطی مخرب در طول عمر مفید بتن می‌باشد. بدیهی است با تغییر شرایط محیطی حاکم بر بتن، مفهوم دوام بتن تغییر می‌کند (بی‌نام، ۱۳۸۴). در مناطق سردسیر، یکی از عوامل محیطی مخرب بتن، عامل یخ‌زدن - ذوب‌شدن پی‌درپی می‌باشد. این پدیده در



بتن‌هایی می‌تواند باعث تخریب گردد که دو شرط اشباع بودن و یخ‌زدن-ذوب‌شدن متوالی باهم وجود داشته باشد. پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در مناطق سردسیر بیشتر در معرض تخریب ناشی از این پدیده قرار دارد. علت آن هم این است که پوشش بتنی در کانال‌ها در اغلب اوقات در تماس با آب هستند (امکان اشباع‌شدن آن وجود دارد)، و از طرفی دیگر در مناطق سردسیر امکان یخ‌زدن-ذوب‌شدن متوالی وجود دارد.

در جدول ۱ نقش پدیده یخ‌زدن-ذوب‌شدن به عنوان عامل تخریب در سازه‌های مختلف ارائه شده است (بهراملو، ۱۳۹۴). مطابق این جدول در سازه‌های آبی بزرگ و کوچک به ترتیب ۱۷ و ۲۰ درصد خرابی‌ها به دلیل تاثیر پدیده یخ‌زدن-ذوب‌شدن می‌باشد، در حالی که در ساختمان‌های مسکونی این پدیده تنها ۴ درصد نقش داشته است. این اختلاف به خاطر وجود دو شرط (اشباع بودن و یخ‌زدن) در سازه‌های آبی و نبودن این شرایط در اغلب ساختمان‌های مسکونی است.

جدول ۱: سهم پدیده یخ‌زدن-ذوب‌شدن در تخریب سازه‌های مختلف بتنی

نوع سازه	وقوع شرایط یخ‌زدن-ذوب‌شدن به عنوان عامل تخریب (درصد)
پل	۶
ساختمان‌های مسکونی	۴
سازه‌های آبی بزرگ	۱۷
سازه‌های کوچک آبی	۲۰
سازه‌های دریایی	۱۰
پارک خودرها	۱۷
سایر سازه‌ها	۱۷
میانگین کل سازه‌ها	۱۰



## عوامل مؤثر بر کاهش دوام

عوامل مؤثر در کاهش دوام توسط رمضانیانپور و شاه نظری (۱۳۹۰) به شرح زیر ارائه شده است:

### ۱- عوامل خارجی و محیطی:

الف- عوامل فیزیکی: شامل یخ‌زدن- ذوب‌شدن متناوب، تغییرات دما و درصد رطوبت موجود در محیط می‌باشد.

ب- عوامل شیمیایی: شامل حمله سولفات‌ها، اسیدهای آبی، گازهای طبیعی و زنگ‌زدگی آرماتور می‌باشد.

ج- عوامل مکانیکی: شامل سایش، فرسایش و خلاء زایی در سازه‌های آبی می‌باشد.

### ۲- عوامل داخلی:

الف- تغییرات حجمی بر اثر اختلاف بین خواص حرارتی سنگدانه‌ها و دیگر اجزای بتن

ب- واکنش قلیایی سنگدانه‌ها

ج- فساد مصالح یا وجود املاح در مواد اولیه تشکیل دهنده بتن به مقدار بیش از حد استاندارد

د- نفوذپذیری بتن

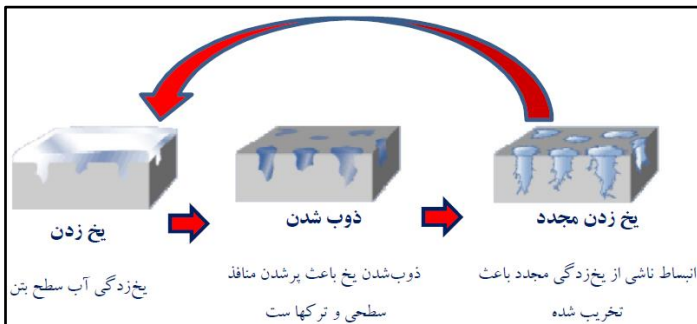
## عامل کاهنده دوام پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در مناطق سردسیر

سیکل‌های یخ‌زدن- آب‌شدن پیایی بتن در مناطق سردسیر از مهم‌ترین عوامل فیزیکی است که با ایجاد فشارهای داخلی، قادر است به بتن ساخته شده در دمای معمولی آسیب جدی وارد کند. در حالی که آب خالص در صفر درجه سلسیوس یخ می‌زند، آب موجود در بتن که حاوی نمک‌های گوناگون است، نقطه انجماد پائین‌تری دارد. هنگامی که آب یخ می‌زند، حجم آن ۹ درصد افزایش



می‌یابد. این امر باعث می‌گردد در بتن تنش کششی ایجاد شود. هنگام آب شدن یخ، انبساط ایجاد شده در بتن باقی می‌ماند. لذا بعداً برای جذب آب در بتن فضای بیشتری وجود خواهد داشت. یخ‌زدن و آب شدن‌های پی‌پی، خرابی‌هایی نظیر پوسته شدن سطحی تا تجزیه کامل بتن را ایجاد می‌کند. این خرابی‌ها از سطوح خارجی بتن آغاز می‌شوند و به عمق آن گسترش می‌یابند. بتن در رطوبت کم‌تر از درجه بحرانی اشباع (۸۰ تا ۹۰ درصد) در مقابل یخ‌زدن مقاوم است. برای جلوگیری از خرابی بتن در اثر یخ‌زدن و آب شدن‌های پی‌پی، می‌توان با مواد حباب‌زا، درصد هوای بتن را بالا برد.

با کاهش دمای بتن اشباع در حال بهره‌برداری، آب موجود در منافذ موئینه خمیر سیمان سخت شده، به نحو مشابهی با یخ‌زدن در لوله‌های موئینه سنگ‌ها، یخ می‌زند و بتن منبسط می‌شود. اگر پس از آب شدن یخ، یخ‌زدن مجدد اتفاق افتد، انبساط بیشتری رخ می‌دهد و لذا چرخه‌های متوالی یخ‌زدن و آب شدن اثر تجمعی دارند. این عمل عمدتاً در بخش خمیری بتن اتفاق می‌افتد. منافذ بزرگ‌تر بتن که در اثر تراکم ناقص به وجود می‌آیند، معمولاً پر از هوا می‌باشند و بنابراین به میزان قابل ملاحظه‌ای در معرض اثر یخ‌زدن واقع نمی‌شوند (فامیلی، ۱۳۹۱). در شکل ۲ نحوه ایجاد پدیده یخ‌زدن-ذوب شدن و تاثیر آن بر تخریب پوشش بتنی در کانال‌ها نشان داده شده است.



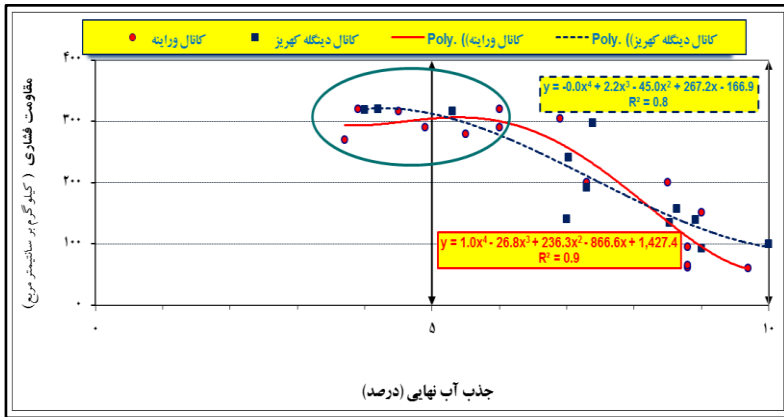
شکل ۲: روند انجام پدیده یخ‌زدن-ذوب شدن متناوب و تخریب ناشی از آن در بتن

در این نشریه سعی گردیده فاکتورهای لازم برای داشتن بتن بادوام در برابر پدیده مخرب یخبندان-ذوب در کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر معرفی گردد. با کاربرد شاخص‌های ارائه شده در این نشریه، این نوع پوشش در مقابل جذب و نفوذ آب مقاوم بوده و دوام آن در مقابل پدیده یخبندان-ذوب متناوب در مناطق سردسیر افزایش خواهد یافت. طول عمر بتن بادوام می‌تواند از ۲ به بیش از ۳۰ سال افزایش یابد. با اجرای بتن بادوام سرمایه‌گذاری اولیه برای پوشش کانال توجیه‌پذیر خواهد شد و همچنین از تلفات آب در آنها جلوگیری خواهد شد (بهراملو و بانژاد، ۱۳۹۳).

### **رابطه بین مقاومت فشاری و دوام در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری**

در خیلی از منابع بتن با کیفیت را بتنی می‌دانند که دارای مقاومت فشاری بالایی باشد. در حالی که بررسی‌ها بیانگر آن است که هر بتنی که دارای مقاومت فشاری زیادی است، لزوماً نمی‌تواند در برابر عامل مخرب محیطی از دوام مناسب هم برخوردار باشد (بهراملو و بانژاد، ۱۳۹۳). در شکل ۳ رابطه بین مقاومت فشاری و جذب آب نهایی (جذب آب پس از ۷۲ ساعت قرار گیری در آب) در مغزه بتنی اخذ شده از دو پوشش کانال آبیاری در همدان ارائه شده است. بر اساس شکل مذکور میزان جذب آب نهایی که یکی از شاخص‌های دوام در مناطق سردسیر می‌باشد با مقاومت فشاری مغزه‌ها، رابطه خطی ندارد. لذا نمی‌توان زیاد بودن مقاومت فشاری را دلیلی بر با دوام بودن آن قلمداد نمود (شکل ۳).





شکل ۳- رابطه جذب آب (یکی از شاخص‌های بتن بادوام) و مقاومت فشاری بتن

حداکثر مقدار جذب آب نهایی بتن بادوام در مقابل یخبندان، ۵ درصد می‌باشد و بتنی که مقدار جذب آب نهایی در آن کمتر از ۵ درصد باشد بادوام و بیشتر باشد فاقد دوام خواهد بود. مطابق رابطه شکل ۳، بین مقاومت فشاری و شاخص‌های دوام (جذب آب نهایی) همواره رابطه مستقیمی وجود ندارد. مثلاً نمی‌توان اظهار داشت که با افزایش مقاومت فشاری، همواره مقدار جذب آب بتن کاهش خواهد یافت و بتن بادوام خواهد شد. دلیل این موضوع این است که در محدوده مشخص شده، همه نمونه‌ها دارای مقاومت فشاری قابل قبول (حدود ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) می‌باشد ولی برخی از آنها بیشتر از حداکثر جذب آب مجاز (۵ درصد) دارند. پس اگر تنها شاخص ارزیابی مقاومت فشاری باشد، از داشتن بتن بادوام نمی‌توان اطمینان حاصل نمود. در شکل ۴ بتن بادوام در مقایسه با بتن معمولی نشان داده شده‌است.



شکل ۴: کیفیت ظاهری بتن بادوام (سمت راست) نسبت به بتن معمولی (سمت چپ) در پوشش کانال‌های آبیاری

### شاخص‌های پوشش بتنی بادوام در برابر یخ‌زدن-ذوب‌شدن

#### ۱- اجزاء بتن

الف- حداکثر اندازه سنگدانه: بر اساس نتایج تحقیق، مناسب‌ترین اندازه برای حداکثر قطر سنگدانه در مخلوط پوشش بتنی کانال‌های آبیاری، ۲۰ میلی‌متر می‌باشد.

ب- عیار سیمان: برای اطمینان از دوام بتن در مقابل پدیده یخ‌زدن-ذوب‌شدن، بایستی حتی‌الامکان عیار سیمان کمتر باشد. در یک بررسی انجام شده از بین ۳ عیار مورد بررسی شامل؛ ۳۲۵، ۳۵۰ و ۳۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب، عیار ۳۲۵ دارای کمترین مقدار جذب آب حجمی و مؤئینه و عمق نفوذ آب بوده و عیار ۳۷۵ کیلوگرم در مترمکعب بیشترین حد جذب آب و کمترین میزان دوام را داشته است. در یک مخلوط بتنی هرچه نسبت آب به سیمان کمتر باشد، بتن بادوام تر خواهد بود. برای کاهش بیشتر نسبت آب به سیمان تا ۰/۴ نیاز به استفاده از عیار بالاتر می‌باشد. برای این منظور عیار ۳۵۰ با نسبت آب به سیمان



۰/۴ گزینه بسیار مناسبی می‌باشد و بالاترین مقدار دوام و مقاومت فشاری مربوط به همین گزینه می‌باشد.

ب- آب بتن: آب شرب شهری برای استفاده در بتن مناسب بوده و هیچگونه مشکلی ندارد.

پ- حباب‌ساز: افزودنی هوازا در مخلوط بتنی تا ۰/۰۵ درصد وزن سیمان مجاز می‌باشد و برای اطمینان از دوام پوشش بتنی کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر مناسب‌ترین مقدار حباب‌ساز ۰/۰۳ درصد می‌باشد. افزودن هر ۱ درصد حباب‌ساز منجر به افزایش ۱/۷ درصد هوای بتن می‌گردد. هر ۱ درصد هوای اضافه شده در بتن منجر به ۵ درصد کاهش در مقاومت فشاری و ۱۲ درصد افزایش در فاکتور دوام پوشش بتنی در برابر یخبندان خواهد شد. کاربرد هوازا از دو جهت به دوام بتنی مفید می‌باشد. اول از نظر ایجاد فضایی برای افزایش حجم آب یخ زده داخل منافذ موئینه و دوم اینکه افزودن ۰/۰۳ هوازا منجر به کاهش جذب آب شده و در نتیجه همانند یک آب بند عمل می‌نماید. لذا میزان جذب آب و در نتیجه میزان تخریب بتن در اثر یخبندان کاهش می‌یابد.

ت- روان کننده: برای دستیابی به مخلوط بتنی با روانی مناسب و دوام نیاز استفاده از روان کننده ضروری است. اسلامپ مخلوطی با عیار ۳۵۰ و نسبت آب به سیمان ۰/۴ و همچنین مخلوطی با عیار ۳۲۵ و نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ نزدیک به صفر بوده و برای دستیابی به کارایی لازم به ترتیب نیاز به ۱/۷ و ۱ کیلوگرم روان کننده در مترمکعب بتن می‌باشد. هزینه هر کیلو روان کننده در زمان تدوین این نوشتار ۲۰۰۰ تومان بوده و بدین ترتیب با استفاده از روان کننده در هر مترمکعب بتن برای دو مخلوط مذکور ۳۰۰۰ و ۲۰۰۰ تومان هزینه افزوده خواهد شد.





## ۲- مخلوط بتن تازه

الف- اسلامپ: با مقایسه مخلوط‌های مختلف مشخص گردیده است که اسلامپ ۲ تا ۸ سانتیمتر برای استفاده در شیب جانبی کانال‌ها بسیار مناسب بوده و ضمن کارایی مناسب، جداشدگی دانه‌ها و آب انداختگی اتفاق نمی‌افتد. بالاترین اسلامپ مربوط به بتنی است که از ۰/۰۳ درصد وزن سیمان هوازا استفاده شده است. مخلوط بتنی با عیار ۳۲۵ و نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ دارای اسلامپ صفر (بدون کارایی) و مخلوط بتنی با عیار سیمان ۳۵۰ و نسبت آب به سیمان ۰/۴ اسلامپ ۰/۵ داشته و هردو کارایی لازم را برای استفاده در پوشش کانال‌ها نداشتند ولی با استفاده از روان کننده (به ترتیب به اندازه ۰/۵ و ۰/۳ درصد وزن سیمان) اسلامپ آنها به ترتیب به ۴/۵ و ۵ رسیده و در محدوده قابل قبول خواهد بود. اسلامپ مخلوط‌های بتنی با مقدار هوای بتن ناشی از هوازای مصرف شده، رابطه خطی مستقیمی دارد و با افزایش عیار سیمان و نسبت آب به سیمان افزایش می‌یابد. با افزایش عیار سیمان و همچنین افزایش نسبت آب به سیمان به دلیل ارتقاء کارایی و تراکم بهتر، میزان هوای بتن کاهش خواهد یافت. مقادیر اسلامپ و هوای بتن تازه با میزان هوازای مصرفی دارای رابطه خطی مستقیم هستند. هر ۰/۰۱ درصد حباب‌ساز مصرفی منجر به افزایش ۲ درصد در هوا و ۲ سانتی‌متر در اسلامپ بتن تازه می‌شود.

ب- نسبت آب به سیمان: حداکثر مقدار نسبت آب به سیمان برای مخلوط بتنی جهت داشتن بتن بادوام در مواجهه با شرایط سرد و یخبندان، ۰/۴ تا ۰/۴۵ می‌باشد. این نسبت‌ها برای عیار ۳۵۰ و ۳۲۵ کیلوگرم سیمان در مترمکعب و بدون هوازا و به کمک روان کننده میسر خواهد شد.



### ۳- بتن سخت

#### الف- جذب آب

- پائین ترین مقدار جذب آب اولیه، نهایی و جوشیده مربوط به مخلوط‌های بتنی در پوشش کانال‌هایی است که به دلیل کارایی کم در آنها از روان‌کننده استفاده گردد. از طرف دیگر همین مخلوط‌های بتنی در مقابل یخبندان بادوام خواهند بود. حداکثر جذب آب اولیه و نهایی جهت اطمینان از دوام در مناطق سردسیر به ترتیب ۲ و ۵ درصد توصیه می‌گردد.
- افزایش نسبت آب به سیمان و هوازای مصرفی، همگی منجر به کاهش جذب آب نهایی در اثر ارتقاء کارایی خواهند شد.
- افزایش عیار سیمان منجر به افزایش جذب آب نهایی خواهد شد.
- افزایش مصرف هوزا از ۰/۰۱ به ۰/۰۳ درصد وزن سیمان باعث کاهش جذب آب اولیه، نهایی و جوشیده در بتن می‌شود. با ۰/۰۳ درصد وزن سیمان هوزا در مخلوط بتنی مقدار جذب آب اولیه و نهایی بتن از حالت بدون هوزا کمتر شده و این مسئله به دوام بهتر بتن کمک می‌کند. این مسئله را می‌توان چنین توجیه نمود که حباب‌های ناشی از هوزا، همانند یک ساچمه‌هایی در داخل بتن ضمن ارتقاء کارایی بتن باعث تراکم بهتر بتن با انرژی کم گردیده و در نتیجه میزان جذب آب بتن را کاهش می‌دهد.
- افزایش هوای بتن ناشی از هوزا، منجر به کاهش عمق نفوذ آب در آن می‌گردد ولی در هر صورت مخلوط‌های بادوام در برابر یخبندان عمق نفوذ آب بیشتر از ۲۲ میلی‌متر ندارند.
- افزودن هوزا، افزایش عیار سیمان و نسبت آب به سیمان منجر به افزایش جذب آب مؤئینه بتن می‌گردد. کمترین جذب آب مؤئینه اولیه و نهایی مربوط به مخلوط بتنی با عیار سیمان ۳۵۰ و نسبت آب به سیمان ۰/۴ می‌باشد که با استفاده از ۱/۷ کیلوگرم در مترمکعب روان‌کننده قابل تهیه است.



### ب- مقاومت الکتریکی

- هرچه بتن دارای تراکم بهتر و غیر قابل نفوذتر باشد، مقاومت الکتریکی بالایی دارد.
- بین مقدار هوای بتن و مقاومت الکتریکی رابطه مستقیم معنی‌داری وجود ندارد.
- افزودن عیار سیمان و نسبت آب به سیمان منجر به کاهش مقاومت الکتریکی خواهد شد. بتنی که از بالاترین دوام در مقابل یخبندان برخوردار است دارای بالاترین مقاومت الکتریکی (حدود ۶۷ اهم-متر) می‌باشد. یعنی بین مقاومت الکتریکی و فاکتور دوام می‌توان رابطه برقرار نمود که در بحث دوام به آن اشاره شده است.

### پ- مقاومت فشاری

- در آئین‌نامه بتن ایران (بی‌نام، ۱۳۹۲) حداقل مقاومت فشاری مورد نیاز برای کانال‌های آبیاری در مناطق سردسیر، ۳۰ مگاپاسکال توصیه شده است. در صورت استفاده از هوازا در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر، حداقل مقاومت فشاری توصیه شده می‌تواند به ۲۴ مگاپاسکال کاهش یابد. لذا یک مخلوط بتنی با مقاومت فشاری پائین نیز تحت شرایط مذکور می‌تواند تا ۳۰۰ سیکل متناوب یخ‌زدن-ذوب‌شدن از دوام مناسب برخوردار باشد.
- بین مقاومت فشاری و جذب آب اولیه و نهایی رابطه معکوس درجه ۳ معنی‌داری وجود دارد.
- همواره بالا بودن مقاومت فشاری دلیل بر بالا بودن پارامترهای دوام (همانند جذب آب نهایی) نیست. این نتیجه بیانگر این است که برای بررسی دوام پوشش بتنی بایستی به طور مستقل آزمایش‌های دوام انجام گردد.
- با کاهش نسبت آب به سیمان، مقاومت فشاری افزایش می‌یابد.
- هر ۱ درصد افزایش هوای بتن منجر به ۵ درصد کاهش در مقاومت فشاری می‌گردد.



- مناسب‌ترین درصد هوا برای اطمینان از دوام پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری در مقابل پدیده یخبندان، ۷ درصد می‌باشد. ۷ درصد هوا که با افزودن هوازا به میزان ۰/۰۳ درصد وزن سیمان ایجاد می‌گردد.
- افزایش ۷ درصد هوای بتن منجر به کاهش مقاومت فشاری از ۳۴۳ به ۲۴۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (معادل ۳۰ درصد) کاهش نسبت به همان مخلوط بدون هوازا خواهد شد.
- بین مقاومت فشاری و الکتریکی بتن رابطه خطی مستقیم معنی‌داری وجود دارد. با توجه به هزینه‌بر و زمان‌بر بودن تعیین مقاومت فشاری بتن، بهتر است از مقاومت الکتریکی استفاده گردد.
- رابطه بین مقاومت فشاری (y) و مقاومت الکتریکی (x) برای مخلوط‌هایی با عیار سیمان مختلف و نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ به صورت:  $y=6.9x-39$  می‌باشد.
- بین مقاومت فشاری و جذب آب مؤئینه رابطه معنی‌داری وجود ندارد. لذا ضروری است علاوه بر مقاومت فشاری آزمایش جذب مؤئینه مستقل انجام گردد.
- بین مقاومت فشاری و عمق نفوذ آب رابطه معنی‌داری وجود ندارد. لذا ضروری است علاوه بر مقاومت فشاری عمق نفوذ آب مستقل انجام گردد.

### ت- دوام

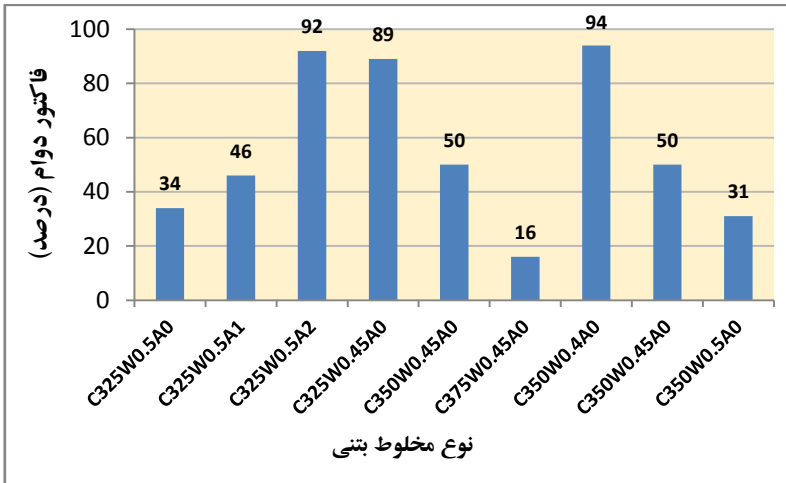
- کاربرد هوازا به دو طریق منجر به افزایش دوام پوشش بتنی می‌شود. یکی اینکه تنش ناشی از افزایش حجم آب یخ زده داخل بتن را از طریق ایجاد منافذ مؤئینه کاهش می‌دهد. همچنین حباب‌های بسیار ریز (کمتر از ۰/۰۵ میلی‌متر) همانند ساچمه‌هایی در اثر مصرف هوازا در داخل بتن ایجاد می‌شود. این ساچمه‌ها باعث افزایش روانی مخلوط گردیده و باعث تراکم بهتر گردیده و فضای لازم برای جذب آب کاهش و دوام افزایش می‌یابد.



- با کاهش نسبت آب به سیمان، مقاومت فشاری و دوام در برابر سیکل‌های یخ‌زدن - ذوب‌شدن افزایش می‌یابد. بالاترین مقاومت فشاری و فاکتور دوام مربوط به آب به سیمان ۰/۴ (با عیار ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب و بدون هوازا) می‌باشد.
- بین مقاومت فشاری و دوام در برابر یخ‌زدن - ذوب‌شدن آن رابطه معنی‌داری وجود ندارد.
- اگر به حد کافی نسبت آب به سیمان در بتن کاهش داده شود، می‌توان بدون نیاز به افزودن هوازا، به دوام مورد نیاز در برابر سیکل‌های یخ‌زدن - ذوب‌شدن دست یافت.
- با استفاده از روان کننده به میزان ۱ تا ۲ کیلوگرم در مترمکعب (در بتن‌هایی با عیار ۳۲۵ و ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب) می‌توان نسبت آب به سیمان را به ترتیب به ۰/۴۵ و ۰/۴ رسانده و در این حالت بدون نیاز به حباب‌ساز، این دو مخلوط بتنی در برابر سیکل‌های متناوب یخ‌زدن - ذوب‌شدن بادوام خواهند بود.
- افزودنی هوازا در بتن منجر به افزایش دوام در برابر یخ‌زدن - ذوب‌شدن می‌شود. حداقل مقدار حباب‌ساز برای دستیابی به دوام در مخلوط بتنی پوشش کانال‌ها، ۰/۰۳ درصد وزن سیمان می‌باشد. مخلوط بتنی با عیار سیمان ۳۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب و نسبت آب به سیمان ۰/۵، با ۰/۰۳ درصد وزن سیمان (۱۰۰ گرم در مترمکعب بتن) حباب‌ساز، یک مخلوط بتنی بادوام با مقاومت فشاری پائین می‌باشد.
- افزایش عیار سیمان در بتن منجر به کاهش دوام بتن در برابر سیکل‌های یخ‌زدن - ذوب‌شدن می‌گردد. مناسب‌ترین عیار سیمان برای داشتن بتن بادوام در برابر سیکل‌های متناوب یخ‌زدن - ذوب‌شدن در کانال‌های آبیاری، ۳۲۵ (با آب به سیمان ۰/۴۵) و ۳۵۰ (با آب به سیمان ۰/۴) کیلوگرم در متر مکعب می‌باشند و عیار ۳۷۵ به طور ناگهانی منجر به افت فاکتور دوام می‌شود.



- سه مخلوط بتنی بادوام در مقابل سیکل‌های متناوب یخ‌زدن- آب‌شدن قابل استفاده در کانال‌های آبیاری به ترتیب اولویت شامل سه مخلوط با عیار سیمان ۳۵۰ و نسبت آب به سیمان ۰/۴ و بدون هوزا (C350W0.4A0)، عیار سیمان ۳۲۵ و نسبت آب به سیمان ۰/۵ و با ۱۰۰ گرم هوزا در مترمکعب بتن (C325W0.5A2) و عیار سیمان ۳۲۵ کیلوگرم سیمان در مترمکعب، نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ و بدون هوزا (C325W0.45A0) معرفی می‌شوند. فاکتور دوام برای مخلوط‌های یاد شده مطابق شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵: مخلوط‌های بتنی بادوام توصیه شده برای پوشش کانال‌ها

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج ارائه شده و شاخص‌های ارزیابی شامل؛ اجزاء، بتن تازه و بتن سخت، برای داشتن بتن بادوام در مقابل یخ‌زدن-ذوب‌شدن متناوب در کانال‌های آبیاری ضروری است مراحل زیر به ترتیب رعایت گردد:



- ۱- طراحی بهینه کانال بر اساس حداقل و حداکثر سرعت مجاز برای جلوگیری از رسوب و فرسایش
- ۲- بسترسازی و انجام تراکم مناسب برای جلوگیری از نشست بستر بعد از پوشش
- ۳- استفاده از حداقل آب در تهیه مخلوط بتن (نسبت آب به سیمان حداکثر ۰/۴۵)
- ۴- حداکثر قطر سنگدانه مصرفی ۲۰ میلی‌متر
- ۵- ضخامت پوشش بتنی بین ۷ تا ۱۰ سانتیمتر باشد.
- ۶- برای محافظت از دوام پوشش بتنی و کاهش خسارات تخریب امتداد کانال‌ها جنوبی-شمالی باشد تا شرقی-غربی
- ۷- برای ارزیابی و اطمینان از سلامت پوشش بتنی، علاوه بر مقاومت فشاری ضوری است شاخص‌های دوام نیز مورد بررسی قرار گیرند.
- ۸- بر روی مغزه‌های بتنی اخذ شده پس از ۱ ماه از اجرا، آزمایش‌های جذب آب نیم ساعته، جذب آب نهایی (۳ روزه) و مقاومت فشاری انجام گردیده و نتایج آنها بایستی به ترتیب حداکثر ۳ درصد، حداکثر ۵ درصد و حداقل ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع باشد.
- ۹- ویژگی‌های مورد تایید پروژه‌های اجرایی پوشش بتنی داشتن دوام بر اساس معیارهای توصیه شده در جدول ۲ ارائه شده است.



یخ‌زدن - ذوب‌شدن

مقدار مجاز قابل توصیه	نوع پارامتر
۲/۵	حداقل هوای کل بتن تازه (درصد)
۲	حداکثر جذب آب اولیه (درصد)
۵	حداکثر جذب آب نهایی (درصد)
۲۴	حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه (مگاپاسکال)
۰/۴۵	حداکثر نسبت آب به سیمان
۰/۰۳	حداقل هوزای مصرفی (درصد وزن سیمان)
۶۰	حداقل مقاومت الکتریکی (اهم-متر)
۲۰	حداکثر عمق نفوذ آب (میلی‌متر)
۱۲	حداکثر تخلخل (درصد)
۲۰	حداکثر اندازه سنگدانه (میلی‌متر)
۳	حداکثر جذب آب موئینه (میلی‌متر)

**پیشنهادات:**

باتوجه به مجموعه بررسی‌های انجام شده، برای داشتن بتن بادوام در برابر سیکل‌های یخ‌زدن - ذوب‌شدن‌های مکرر در مناطق سردسیر پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

- برای اطمینان از بادوام بودن پوشش بتنی، انجام آزمایشات دوام در پروژه‌ها اجباری گردیده و از مقاومت محوری به دوام محوری توجه گردد. بتنی که فاکتور دوام آن بالاتر از ۶۰ درصد باشد، بادوام خواهد بود.
- مطابق نتایج بررسی‌ها در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری مناطق سردسیر کشور برای اطمینان از داشتن بتن بادوام در مقابل عامل محیطی یخ‌زدن - ذوب‌شدن ۳ نوع مخلوط‌های بتنی قابل توصیه می‌باشد: ۱- مخلوطی با عیار سیمان ۳۵۰ و نسبت آب به سیمان ۰/۴ بدون هوزا (C350W0.4A0)، ۲- عیار سیمان ۳۲۵ و نسبت آب به سیمان ۰/۵ با ۱۰۰ گرم هوزا در مترمکعب بتن





C325W0.5A2) و ۳- عیار سیمان ۳۲۵ و نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ بدون هوازا (C325W0.45A0)

- باتوجه به رابطه خطی مستقیم خوب بین جذب آب اولیه (نیم ساعته) و جذب آب نهایی (۳ روزه) جهت تسریع در کار، برای مخلوط مورد نظر رابطه استخراج و تنها جذب آب اولیه اندازه گیری شده و بر اساس رابطه، جذب آب نهایی تعیین گردد.
- باتوجه به رابطه خطی مستقیم خوب بین جذب آب موئینه اولیه (۶ ساعته) و نهایی (۸ روزه) جهت تسریع در کار، برای مخلوط مورد نظر رابطه استخراج و تنها جذب آب موئینه اولیه اندازه گیری شده و بر اساس رابطه، جذب آب موئینه نهایی تعیین گردد.
- عیار سیمان برای یک نسبت آب به سیمان ثابت نبایستی بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب بتن گردد.

### فهرست منابع

- ۱- بهراملو، ر. و بانژاد، ح. ۱۳۹۳. بررسی رابطه پارامترهای دوام و مقاومت فشاری در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری (مطالعه موردی در همدان). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۱۵. شماره ۴. ص: ۷۹-۹۲.
- ۲- 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.
- ۳- بی‌نام. ۱۳۹۲. آئین‌نامه بتن ایران. سازمان برنامه و بودجه. نشریه شماره ۱۲۰. ۴۳۶ صفحه.



- ۴- بی‌نام. ۱۳۸۴. آیین‌نامه ملی پایایی بتن در محیط خلیج فارس و دریای عمان. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. نشریه شماره ض-۴۲۸. چاپ اول. تهران. ایران.
- ۵- تدین، م. ۱۳۹۰. ارزیابی دوام بتن (آزمایش‌ها و معیارها). 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.
- ۶- رحیمی، ح. و عباسی، ن. ۱۳۸۱. تخریب پوشش کانال‌ها در خاک‌های ماسه‌ای مطالعه موردی شبکه آبیاری ساوه مجله علوم کشاورزی، جلد ۳۳. شماره ۴۴.
- ۷- رضانیانپور، ع.ا. و شاه‌نظری، م. ۱۳۹۰. نویل آدام و جی.جی. بروکس (مولفین). تکنولوژی بتن. انتشارات علم و صنعت ۱۱۰. ۴۶۵ صفحه.
- ۸- سیاهی، م. ک. ع. فرهادی هیکویی، ا. جعفری، ح. ناشر، م. ص. جعفری، م. معلمی، ع.ر. دلال زاده، ع.ر. بابایی، و. داسدار و م. اقبالی. ۱۳۹۰. ساخت کانال‌های آبیاری، محدودیت‌ها و راه کارها. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۶۰ صفحه.
- ۹- فامیلی، ه. ۱۳۹۱. ویژگی‌های بتن. نویل، آدام (مؤلف). انتشارات علم و صنعت ۱۱۰. ۸۱۹ صفحه.





آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی  
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)  
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، پایگاه اطلاعاتی موسسه: [www.aeri.ir](http://www.aeri.ir)

