نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۹، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۱۱۹-۱۰۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 9, Mar.-Apr. 2015, p. 109-119

بررسی امکان استفاده از قطعات پیش ساخته بتن گوگردی برای پوشش کانال‌های آبیاری

نادر عباسی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۲

چکیده

علی‌رغم تنوع زیاد در نوع مصالح و روش پوشش کانال‌ها، در ایران اغلب از روش پوشش بتنی در جا که با هزینه‌های زیادی نیز همراه است، برای پوشش کانال‌های آبیاری استفاده می‌شود. ولی به‌دلیل هزینه زیاد تهیه و اجرای این نوع پوشش و حساسیت آن به معیارهای فنی و اجرائی نظیر: طرح اختلاط، روش اجرا، عمل‌آوری و ... رعایت نشدن کامل آن‌ها در پروژه‌های کوچک نظیر پوشش آن‌ها در بسیاری موارد کیفیت لازم به‌دست نیامده است لذا تحقیق و بررسی در خصوص مصالح و روش‌های جایگزین امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. در این پژوهش مسائل فنی و اجرایی استفاده از بتن گوگردی برای پوشش کانال‌های آبیاری مورد بررسی قرار گرفته است. بتن گوگردی از ترکیب گوگرد مذاب و سنگ‌دانه‌های ریز و درشت به‌دست می‌آید که حاصل آن یک ماده سخت مشابه بتن سیمانی است که می‌تواند به عنوان یک روش پوشش برای کانال‌های آبیاری مورد استفاده قرار گیرد. بدین منظور با ترکیب مصالح دانه‌ای، شامل شن و ماسه، گوگرد و ماده اصلاح‌کننده گوگرد با نام تجاری SMZ بتن گوگردی تهیه شد. سپس قطعات پیش ساخته بتن گوگردی با ابعاد ۵ ×۳۰× ۶۰ و ۵ ×۳۰× ۵۰ سانتی‌متر در یک گارگاه مرکزی ساخته شد و با استفاده از این قطعات کانالی به طول ۶۰ متر پوشش‌دار گردید. سپس درزهای بین قطعات به سه روش شامل ملات گوگردی، خمیر گوگردی و ملات ماسه سیمان آب‌بندی گردید. میزان نشت از بخش‌های مختلف کانال پوشش شده و ضریب زبری کانال مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده از بررسی‌ها نشان داد میزان نشت از کانال پوشش شده با قطعات بتن گوگردی به مراتب کم‌تر از بتن معمولی و در حدود ۰/۱۴ متر مکعب بر متر مربع بر روز و ضریب زبری نیز حدود ۰/۰۱۳ تعیین گردید. هم‌چنین در ارزیابی مسایل اجرایی این روش پوشش به‌دلیل نبود تجهیزات و زیرساخت‌های مناسب برای ساخت و اجرای پوشش با استفاده از بتن گوگردی از مهم‌ترین مشکلات اجرایی کاربرد موزاییک بتن گوگردی برای پوشش کانال‌های آبیاری تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: انتقال آب، سازه‌های آبی،کاهش تلفات آب، نشت، ضریب زبری

مقدمه

پوشش کانال‌های آبیاری به‌عنوان یکی از راه‌های کاهش تلفات آب در مرحله انتقال است. بیش از نیم قرن از آغاز طراحی و اجرای اولین شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی در ایران می‌گذرد و طی این مدت چندین هزار کیلومتر کانال آبیاری ساخته شده و پس از پوشش‌دار شدن مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. تاکنون در دنیا و به‌ویژه در ایران از مصالح و روش‌های متعددی برای پوشش کانال‌های آبیاری استفاده شده است. بتن سیمانی (به‌صورت‌های درجا و قطعات پیش ساخته)، آسفالت، سنگ‌فرش و آجر فرش، خاک سیمان، غشاهای انعطاف‌پذیر (نظیر ژئوممبران، پلاستیک‌ها، پی‌وی‌سی و...) به شکل‌های مدفون و آشکار، افزودن انواع مواد شیمیائی و پلیمری به بستر خاک و استفاده از پوشش‌های خاکی از جمله مصالح و روش‌های مورد تجربه در سطح ملی و بین‌المللی می‌باشند. انتخاب نوع مصالح و روش پوشش، همواره یکی از چالش‌های پیش رو برای طراحان و متولیان بخش آب بوده و می‌باشد. علی‌رغم این تجربه طولانی و تنوع زیاد در نوع و روش پوشش کانال، در ایران برای پوشش کانال‌های آبیاری اغلب از روش پوشش بتنی درجا که با هزینه‌های زیادی نیز همراه است، استفاده می‌شود. گرچه این روش به‌دلیل سهولت اجرائی معمول و مرسوم گشته است، لیکن به دلایل متعدد نظیر؛ عدم امکان تراکم بتن در شیب‌ها و جدا شدن سنگدانه‌ها حین بتن‌ریزی به‌ویژه در شیب‌های تندتر و هم‌چنین عمل‌آوری نامناسب، بتن ریخته شده در بستر کانال‌ها از کیفیت مناسب و استاندارد برخوردار نبوده و خواص مورد انتظار را تأمین نمی‌کند. تحقیقات و بررسی‌های انجام شده در این خصوص نشان می‌دهند که در بسیاری از پروژه‌ها، پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در مراحل مختلف بهره‌برداری و حتی قبل از شروع بهره‌برداری تخریب شده‌اند (Rahimi and Abbasi,2008). این در حالی است که بسیاری از سازه‌های آبی در ایران با قدمت چندین صد ساله وجود دارند که با مصالح بومی و غیربتنی ساخته شده‌اند و تا به امروز نیز از عملکرد و

۱ - دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
Email: nader_iaeri@yahoo.com

دوام مناسبی برخوردار هستند. لذا انتخاب نوع مصالح و روش اجرایی پوشش با توجه به شرایط و مقتضیات فنی و محلی هر پروژه می‌تواند نقش به‌سزایی در پایداری و دوام آن داشته باشد. با توجه به موارد فوق، استفاده از موادی به عنوان پوشش کانال‌ها و مخازن ذخیره آب، که بخش عمده‌ای از مشکلات دیگر پوشش‌ها را نداشته باشد و از لحاظ اقتصادی هزینه‌های کم‌تری را متحمل شود و به‌صورت وسیع نیز قابل تولید باشد، جای تأمل و بررسی دارد. از جمله موادی که اخیراً برای پوشش کانال‌ها و مخازن و استخرهای آب مطرح گردیده، بتن گوگردی است. بتن گوگردی از ترکیب گوگرد، ماده اصلاح کننده گوگرد به‌صورت مذاب با سنگدانه‌های ریز و درشت به‌دست می‌آید که حاصل آن یک ماده سخت مشابه بتن سیمانی است که می‌تواند به‌عنوان یک ماده ساختمانی استفاده شود.

گوگرد یکی از مهم‌ترین مواد خام صنایع شیمیایی است که بر خلاف دیگر فرآورده‌های صنایع معدنی، به‌عنوان یک محصول جانبی از پالایش نفت خام سبک و سنگین، گاز ترش، برش‌های مختلف هیدروکربنی و صنایع متالورژی استحصال می‌گردد. گوگرد به وفور در ایران یافت می شود و حدود ۱/۳ میلیون تن در سال مازاد بر مصرف است (صادقیان و همکاران، ۱۳۸۹). علی‌رغم طولانی بودن ایده استفاده از بتن گوگردی به‌عنوان ماده ساختمانی، پیشرفت‌های اصلی در توسعه بتن گوگردی در دهه‌های اخیر ایجاد شده است. تحقیقات در این زمینه با این فرضیه که بتن گوگردی به‌عنوان یک مصالح ساختمانی مناسب و بهبودپذیر است، پی‌ریزی گردید و با بهبود خواص گوگرد و ارائه طرح اختلاط‌های بهینه، کاربرد بتن گوگردی توسعه یافت (ACI 548, 1988). در اواخر دهه ۱۹۶۰ مرکز فن‌آوری معادن و تکنولوژی کانادا (CAN-MET) و شورای ملی پژوهش کانادا (NRC) تحقیقاتی برای توسعه بتن گوگردی را آغاز نمودند. کراو و بیتس مقدار گوگرد مصرفی برای دانه‌بندی‌های مختلف را حداقل مقدار لازم برای پر کردن فضاهای خالی بین دانه ها پیشنهاد دادند(Crow & Bates, 1970).

گوگرد از معدود عناصر طبیعی است که خواصی چون مقاومت مکانیکی بالا، آب‌گریز بودن، مقاومت بالا نسبت به حلال‌های نمکی و اسیدی، قدرت چسبندگی خوب به اغلب مواد و تشکیل فوم‌های صلب با دانسیته بالا، را به‌صورت یک‌جا با هم دارد. اما ایجاد ساختارهای کریستالی متفاوت در گوگرد هنگام سرد شدن و تبدیل از حالت مذاب به جامد، باعث می شود که فشار درونی بالایی به ویژه هنگام نوسانات دمایی در ساختارها ایجاد شده و میکرو ترک هایی در گوگرد تشکیل و مقاومت بتن کاهش یابد (Vroom and whimore,1991). از این رو در سال‌های اخیر مواد افزودنی مختلفی جهت اصلاح خواص گوگرد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. مک بی و سولیوان (McBee & Sullivan, 1982) برای اصلاح گوگرد از سیکلوپنتا دی ان [1](CPD)، لاوتنر و دیه (Leutner & Diehl, 1977) از دی سیکلوپنتا دی ان [2](DCPD)، گیلوت و همکاران (Gillott et al, 1980) از نفت خام و افزودنی پلی ال[1]، اشنایدر و سیمیک (Schneider & Simic, 1981) از DCPD یا الکل[2] و وو (Woo, 1983)، از فسفریک اسید جهت بهبود مقاومت به ذوب و یخبندان، و نیمر و کمپ بل (Nimer & Campbel, 1983) از اورگانوسیلان[3] برای بهبود ثبات و پایداری در آب استفاده کردند. بهرامی و حقیقی (Bahrami and Haghighi, 2003) تأثیر هفت ماده افزودنی قابل تولید در داخل کشور دو ماده مشابه خارجی را در بهبود خواص گوگرد بررسی و مقایسه نموده و نتیجه‌گیری کردند که دو نوع از مواد داخلی شامل افزودنی‌های اولفینی و رزین پلی‌استری به‌طور قابل ملاحظه خواص گوگرد را بهبود بخشیده و با نمونه‌های خارجی قابل رقابت هستند. محمد و الجمال (Mohamed and el-Gamal, 2009) نشان دادند بتن گوگردی در محیط‌های خورنده مذکور از دوام به مراتب بیش‌تری نسبت به بتن معمولی برخوردار است. لی یو و همکاران (Yue et al, 2006)، بیان کردند افزایش گوگرد تا یک حد آستانه، باعث افزایش مقاومت فشاری می‌شود و افزایش یا کاهش از این حد آستانه منجر به کاهش کارایی و مقاومت فشاری بتن می‌گردد. صادقیان و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند بتن گوگردی دارای نفوذپذیری و جذب آب بسیار ناچیز می‌باشد؛ به‌طوری‌که بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، کم‌تر از ۰/۱ درصد جذب آب داشته است، که این مقدار در مقایسه با سایر مصالح مثل بتن سیمانی پرتلند، قابل توجه است. هم‌چنین مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن گوگردی حدود ۱/۵ تا ۲ برابر مقاومت فشاری ۲۸ بتن و ملات سیمانی پرتلند می‌باشد. نتایج تحقیقات انجام شده در خصوص تأثیر عوامل محیطی و اقلیمی بر مقاومت بتن گوگردی نشان داده است که دوام بتن گوگردی یا مقاومت آن در برابر عوامل اقلیمی نظیر؛ تغییرات دما، ذوب و یخبندان‌های مکرر، تر و خشک شدن‌های مکرر و محیط های خورنده، در مقایسه با بتن معمولی بسیار بیش‌تر است (عباسی، ۱۳۹۱).

تحقیقات سندرولینی و همکاران نشان داده است بتن گوگردی در محیط‌های خورنده اسیدی و نمکی دوام بالاتری دارد ولی نسبت به محلول قلیایی خصوصاً با PH بیش‌تر از ۱۰، دوام کافی ندارد (sandrolini et al, 2006). میلیکا و همکاران ۲۰۱۱ دوام و مقاومت به خوردگی بتن گوگردی با فیلرهای مختلف و بتن سیمانی پرتلند را در محلول‌های کلریدریک اسید ۱۰٪،سولفوریک اسید ۲۰٪، نمک طعام ۳٪، مورد بررسی و نشان دادند که خواص فیزیکی و مکانیکی تمام نمونه‌های بتن سیمانی پرتلند نسبت به نمونه‌های بتن گوگردی در محلول‌های خورنده به مراتب کم‌تر بوده به‌طوری‌که به‌دلیل تخریب کامل نمونه‌های بتن معمولی ادامه بررسی‌ها روی آن‌ها متوقف گردید. ولی خواص فیزیکی و مکانیکی بتن گوگردی شامل؛ وزن، مقاومت فشاری و تخلخل ظاهری تابع زمان قرارگیری در

محیط‌های خورنده بوده و تقریباً ثابت مانده است(Milica et al., 2011). هم‌چنین میلیکا و همکاران ۲۰۱۲ با استفاده از آنالیز تصویر دوام نمونه‌های بتن گوگردی را در محلول کلریدریک اسید ۱۰٪ در طول زمان غوطه‌وری بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تغییرات مقاومت فشاری و وزن نمونه‌های بتن گوگردی بعد از ۱۸۰ روز غوطه‌وری بسیار اندک بوده و در ظاهر نمونه‌های بتن گوگردی نیز تخریبی مشاهده نگردید (Milica et al, 2012). صادقیان و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که خواص مکانیکی با افزایش گوگرد تا یک حد آستانه (بسته به دانه‌بندی مصالح) افزایش و با تجاوز از آن کاهش می‌یابد. بتن پلیمرگوگردی مورد تحقیق، به طور متوسط ۷۰ درصد مقاومت ۲۸ روزه‌اش را حدود ۳ روز بعد از بتن‌ریزی کسب می‌کند. مقایسه بین خواص فیزیکی و مقاومت فشاری ۲۸ روزه نشان می‌دهد که برای دستیابی به بالاترین مقاومت، دانه‌بندی متراکم، مقدار گوگرد کافی برای پر کردن فضای خالی مصالح و تراکم بتن تا حداکثر وزن واحد حجم، لازم است.

لذا با توجه به موارد عنوان شده در خصوص ویژگی‌ها و خواص مهندسی بتن گوگردی و وجود گوگرد مازاد در ایران و هم‌چنین با در نظر گرفتن رشد روز افزون مصرف بتن در پروژه‌های عمرانی به‌ویژه شبکه‌های آبیاری و زهکشی، تحقیق در خصوص جنبه‌های مختلف تولید و کاربرد بتن گوگردی امری لازم و اجتناب ناپذیر است. در این پژوهش امکان استفاده از بتن گوگردی به‌صورت قطعات پیش ساخته برای پوشش کانال‌های آبیاری از نظر فنی و اجرایی مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مراحل اجرایی این تحقیق مشتمل بر تهیه مواد و مصالح مورد نیاز، تهیه دستگاه تولید بتن گوگردی، ساخت قطعات بتنی پیش-ساخته، تعیین محل مناسب اجرای کانال، طراحی و اجرای کانال، ارزیابی‌های صحرائی نشت و خصوصیات هیدرولیکی کانال و تجزیه و تحلیل نتایج می‌باشد که جزئیات مربوط به این اقدامات به شرح زیر ارائه می‌گردند:

تهیه مصالح مورد استفاده

همان‌طور که اشاره گردید بتن گوگردی متشکل از سه جز اصلی سنگدانه، گوگرد طبیعی و ماده اصلاح‌کننده گوگرد است که با حرارت دادن و اختلاط در شرایط مذاب حاصل می‌شود. سنگدانه‌های مصرفی شامل شن و ماسه موجود و رایج در بازار بود که از معادن شن اطراف کرج (معدن شن و ماسه ایرانیان واقع در جاده شهریار- کرج) تهیه گردید. پس از ترسیم منحنی‌های دانه‌بندی مصالح سنگی و ترکیب-های مختلف شن و ماسه و مقایسه با منحنی‌های استاندارد ۳۰۲ ایران، ترکیب مناسبی از شن و ماسه برای تهیه بتن گوگردی تعیین گردید. گوگرد مورد استفاده در این پژوهش، گوگردی تولیدی صنایع شیمیائی پالایشگاه تهران بود. همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد، جهت اصلاح خواص گوگرد برای استفاده در ساخت بتن گوگردی بایستی از یک ماده افزودنی استفاده کرد. این مواد برای اصلاح خاصیتی از گوگرد است که به موجب آن گوگرد تمایل به بازگشت سریع به حالت پایدار که شکننده است، دارد. این مواد از جنس پلیمر هیدروکربن اولفینی می‌باشند. یکی از انواع ایرانی ثبت شده این مواد با نام تجاری SMZ در دسترس است. البته مواد دیگری نیز توسط جهاد دانشگاهی تولید و مورد آزمایش قرار گرفته ولی در حد تجاری ارائه نگردیده است. از انواع خارجی این مواد می‌توان به دیسیکلوپنادین (DCPD[1]) و ماده با نام تجاری SRX اشاره کرد. در این پژوهش برای اصلاح گوگرد از ماده اصلاح‌کننده نوع ایرانی و با نام تجاری SMZ استفاده شده است.

دستگاه ساخت بتن گوگردی

برای ذوب و مخلوط کردن گوگرد با سنگدانه‌ها، نیاز به دستگاهی است که علاوه بر دارا بودن همزن، مجهز به یک سیستم گرمایی با امکان کنترل و تثبیت دما باشد. اندازه و حجم چنین دستگاهی نیز بسته به حجم و ماهیت کار یعنی تحقیقاتی یا اجرایی خواهد داشت. البته به‌دلیل فراگیر نشدن استفاده از بتن گوگردی در پروژه‌های عمرانی در ایران دستگاه یا میکسر بتن گوگردی به صورت تجاری در بازار موجود نمی‌باشد. بر اساس بررسی‌های به‌عمل آمده تعداد بسیار محدودی از این دستگاه‌ها در مقیاس کوچک و به منظور کارهای پژوهشی توسط چند موسسه تحقیقاتی و آموزشی با ابعاد و مشخصات متفاوت ساخته شده است. در این پژوهش به منظور ساخت بتن مورد نیاز از یک دستگاه کوچک با حجم تولید حدود ۱۵ کیلو بتن در هر بار استفاده گردید. شکل (۱) تصویر دستگاه مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد. دستگاه مورد استفاده دارای همزنی است که از بالا، نمونه‌ها را مخلوط می‌کند. این همزن نیروی خود را از یک دینام می‌گیرد که به‌وسیله دو تسمه و پولی، سرعت چرخش دینام کاهش پیدا کرده و به دور مناسب تبدیل می‌گردد. هم‌چنین از پایین به‌وسیله یک اجاق گاز، گرمای مورد نیاز فراهم می‌شود. برای این‌که گرمای اجاق به‌طور یکنواخت به مخلوط هدایت شود و به‌طور مستقیم با گوگرد در تماس نباشد (که ممکن است باعث تغییر در خواص گوگرد گردد) از ظرف دو جداره استفاده شد که بین دو جدار با روغن حرارتی پر می‌گردد. به‌علاوه با این روش، دما راحت‌تر کنترل می‌شود و از تغییرات ناگهانی دما، هنگام زیاد کردن یا کم کردن اجاق گاز، جلوگیری به‌عمل می‌آید.

1- Dicyclopantadine

شکل ۱- دستگاه مخلوط‌کن بتن گوگردی مجهز به سیستم گرمایی

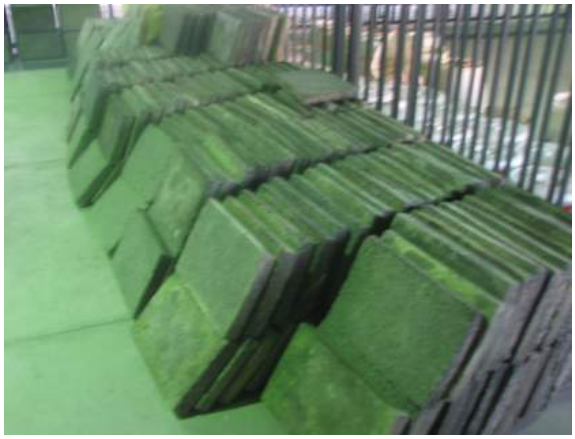
روش تهیه نمونه‌های بتن گوگردی

همان‌طورکه اشاره گردید بتن گوگردی یک ماده ترموپلاستیک است که از مخلوط گوگرد مذاب، ماده اصلاح‌کننده، مصالح سنگی (شن و ماسه) حاصل می‌شود. مقادیر اجزای تشکیل‌دهنده بتن گوگردی بر اساس طرح مخلوط بتن محاسبه می‌گردند. دانه‌بندی مصالح سنگی طوری است که مخلوط حاصل دارای کم‌ترین فضای خالی باشد و مقدار سیمان گوگردی نیز تقریباً برابر با حجم منافذ مخلوط است. برای تهیه بتن گوگردی، ابتدا گوگرد در دمای ۱۲۰ تا ۱۳۹ درجه سلسیوس در دستگاه مخلوط‌کن ذوب می‌شود. باید توجه شود که دما بالاتر از ۱۴۰ درجه سلسیوس نرود. چون در دماهای بالاتر ویسکوزیته گوگرد بالا رفته و از مقاومت آن کاسته می‌شود و گازهای سمی تولید می‌کند. هم‌چنین سنگدانه‌ها در ظرفی جدا گرم شده و در حین چرخش همزن، کم‌کم به گوگرد اضافه می‌گردد. عمل همزدن تا حصول نمونه کاملاً یک دست ادامه داده می‌شود.

ساخت قطعات پیش‌ساخته بتن گوگردی

برای پوشش کانال با استفاده از قطعات بتنی پیش‌ساخته نیاز به تهیه قطعات با ابعاد و تعداد مشخص بود. بدین منظور اقدام به ساخت قالب‌های فلزی به ابعاد معین گردید. بر اساس بررسی‌های به‌عمل آمده و با توجه به مشخصات و مقطع هندسی و هیدرولیکی کانال مورد نظر ابعاد ۵ ×۳۰ × ۶۰ و ۵ × ۳۰ × ۵۰ در نظر گرفته شدند. ضمناً با عنایت به مقاومت زیاد بتن گوگردی ضخامت ۵ سانتی‌متر برای قطعات تعیین شد. این در حالی است که در پوشش کانال‌ها به روش مرسوم با بتن سیمانی حداقل ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب با توجه به این‌که مقطع کانال دارای عرض کف ۳۰ سانتی‌متر، شیب جانبی ۱:۱ و عمق ۴۰ سانتی‌متر و طول مورد نظر حدود ۶۰ متر بود، تعداد ۵۰۰ عدد موزائیک بتن گوگردی با ابعاد ۵ × ۳۰ × ۵۰ سانتی‌متر ساخته شد. روش ساخت قطعات با مشخصات مذکور و موزائیک‌های ساخته شده در شکل (۲) نشان داده شده است.

الف) دستگاه ساخت بتن گوگردی و روش ساخت موزاییک بتن گوگردی



ب) موزاییک‌های انبار شده

شکل ۲- مراحل مختلف ساخت موزائیک‌های بتن گوگردی

طراحی و ساخت کانال پایلوت با پوشش قطعات پیش‌ساخته بتن گوگردی

در این مرحله با توجه به بررسی‌های به‌عمل آمده یک قطعه از کانال خاکی در مزرعه پانصد هکتاری موسسه اصلاح بذر به طول حدود ۱۰۰ متر انتخاب و اقدامات اولیه شامل خاک‌برداری مسیر و نقشه‌برداری محور کانال و نقاط ابتدائی و انتهایی محدوده مورد نظر و هم‌چنین عوارض موجود در مسیر صورت گرفت. سپس مسیر کانال مجدداً به طور کنترل شده با مصالح مناسب خاک‌ریزی و متراکم گردید و مقطع مورد نظر در مسیر متراکم شده ایجاد گردید. به‌منظور تعیین مشخصات هیدرولیکی جریان و ابعاد کانال از رابطه مانینگ به

شرح زیر استفاده گردید.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad (۱)$$

که در آن Q، n، A، R و S به ترتیب دبی، ضریب زبری مانینگ، مساحت جریان، شعاع هیدرولیکی و شیب کف کانال است. واحد کمیت‌های طول در رابطه مانینگ متر و واحد دبی، مترمکعب در ثانیه است. در نهایت با توجه به مشخصات بتن گوگردی و ملاحظات اجرایی، مشخصات و ابعادکانال شامل عرض کف: ۰/۳۰ متر، ضریب زبری مانینگ: ۰/۰۱۳، شیب جانبی کانال: ۱ به ۱، عمق آزاد ۰/۱۵ متر انتخاب گردید.

پوشش کانال با قطعات پیش‌ساخته بتن گوگردی

پس از ایجاد مقطع مورد نظر در مسیر کانال اقدام به نصب موزاییک‌های ساخته شده در طولی معادل ۶۰ متر گردید. از آن‌جایی‌که موزاییک‌های ساخته در دو ابعاد مختلف ۵ × ۳۰ × ۶۰ و ۵ × ۳۰ × ۵۰ بودند، از نوع اول برای کف و از نوع دوم برای جداره‌ها استفاده گردید. نکته حایز اهمیت در ساخت کانال با قطعات پیش ساخته صرف‌نظر از نوع مصالح مورد استفاده و ابعاد آن‌ها، دقت در طرح و اجرای درزهای بین قطعات و استفاده از ماده مناسب برای پر کردن این درزها می‌باشد. چرا که این درزها نقش بسیارمهم و تعیین‌کننده‌ای در میزان نشت از کانال دارند. به‌طوری‌که اگر این قسمت از عملیات نصب و اجرای قطعات پیش ساخته درست و مناسب انجام نگیرد، از کارآیی و نفوذپذیری کل سیستم کانال به شدت کاسته می‌شود. در این پژوهش سه نوع مختلف شامل، استفاده از ملات بتن گوگردی، استفاده از خمیر گوگرد و استفاده ملات ماسه و سیمان برای پر نمودن و آب‌بندی درزهای بین قطعات در نظر گرفته شد. شکل (۳) چگونگی نصب و اجرای قطعات موزاییک پیش ساخته بتن گوگردی و اجرای آب‌بندی درزها به روش‌های مختلف را نشان می‌دهد. در ادامه مسیر کانال بخش دیگری از مقطع کانال به طول حدود ۱۰۰ متر نیز با استفاده از روش مرسوم پوشش کانال، با بتن سیمانی پوشش داده شد. انجام این کار به‌منظور استفاده کامل از مقطع پوشش شده با قطعات پیش ساخته بتن گوگردی و افزایش طول مفید آن صورت گرفت. بر اساس الزمات اجرایی نظیر عملیات بسترسازی و هم‌چنین الزامات فنی از جمله فراهم نمودن طول کافی برای ایجاد جریان یکنواخت در کانال ضروری بود. امکان انجام مقایسه فنی و اجرایی انواع و روش‌های مختلف پوشش کانال با پوشش‌های مرسوم بتن سیمانی در طرح‌ها و پروژه‌های آتی از دلایل دیگر ادامه اجرای پوشش کانال با بتن سیمانی در این پژوهش بود.

ارزیابی میزان نشت از کانال

روش‌های تعیین نشت از کانال‌ها به دو دسته کلی؛ روش‌های غیرمستقیم و روش‌های مستقیم تقسیم می‌شوند. روش‌های غیرمستقیم استفاده از روابط تجربی برای تعیین میزان نشت از کانال‌ها می‌باشد. روش‌های مستقیم شامل روش‌های حوضچه‌ای، ورودی– خروجی و نشت‌سنج است. در روش دبی ورودی و خروجی، دبی کانال در ابتدا و انتهای یک بازه انتخابی اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین دبی، طبق ضوابط موجود، سطح مقطع کانال به روش مستقیم و سرعت جریان آب نیز به وسیله میکرومولینه، جسم شناور و یا روش‌های پیشرفته‌ای مانند روش‌های التراسونیک اندازه‌گیری می‌گردد. در روش آب ایستی پس از انتخاب یک بازه مناسب، ابتدا و انتهای کانال بسته و به دقت آب‌بندی شود. سپس کانال پر از آب گردیده و میزان نشت از کانال به‌صورت تعیین عمق در کانال نسبت به زمان تعیین می‌گردد. اگرچه روش آب ایستی از دقت بالاتری نسبت به روش ورودی و خروجی برخوردار است، اما در صورت عدم امکان قطع آب در کانال و ایجاد وقفه در بهره‌برداری از کانال، استفاده از این روش عملی نبوده و از روش دبی ورودی– خروجی برای اندازه‌گیری میزان نشت آب، استفاده می‌گردد.

پس از احداث کانال درزهای بین آن‌ها به سه روش مذکورآب‌بندی و آزمایش تعیین میزان نشت به روش آب ایستی انجام گرفت. بدین منظور کانال پوشش شده به سه قسمت (با روش آب‌بندی متفاوت برای درزها) تقسیم گردید. لذا با در نظر گرفتن بخش پوشش با بتن سیمانی در مجموع ۴ حوضچه آب ایستی ایجاد گردید. برای جداسازی حوضچه‌ها از سپرهای آب‌بند فلزی ثابت استفاده گردید. مشخصات هندسی این حوضچه در جدول (۱) ارائه گردیده است. هم‌چنین شکل (۴) نمای کلی و موقعیت نسبی حوضچه‌های آب ایستی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات حوضچه‌های آب ایستی

شماره حوضچه	۱	۲	۳	٤
جنس مصالح و درزها	موزاییک بتن گوگردی با ملات سیمان	موزاییک بتن گوگردی با ملات گوگردی	موزاییک گوگردی با خمیر گوگردی	بتن سیمانی (پوشش مرسوم)
طول حوضچه (متر)	۲۲/۵	۲۰/۵	۱۸/۵	۱۰۴

تجهیزات مورد استفاده برای ساخت ملات گوگردی

استفاده از ملات گوگردی برای آب‌بندی

روش تهیه خمیرگوگردی در محل

اجرای آب‌بندی درزها با خمیر گوگردی

درزهای آب‌بندی شده با خمیر گوگردی

آب‌بندی درزها با ملات ماسه سیمان

شکل ۳- مراحل و روش‌های مختلف آب‌بندی درزهای کانال

شکل ٤- نمای کلی و موقعیت نسبی حوضچه‌های آب ایستی

در این تحقیق با توجه به شرایط فیزیکی کانال ساخته شده و عدم بهره‌برداری از آن در فصل انجام این پژوهش، از روش آب ایستی برای تعیین نشت از بدنه کانال استفاده گردید. بدین منظور سپر آب‌بند فلزی با ابعاد و مقطع مشابه تهیه و با استفاده از ملات سیمان در نقاط معینی از کانال (حد فاصل بین حوضچه‌های با سیستم درزبندی متفاوت) تعبیه گردید. به‌منظور اطمینان از آب‌بندی کامل سپر و جلوگیری از انتقال آب از حوضچه‌های مجاور به یکدیگر از مایع آب‌بند بتن و رنگ روی ملات بتنی تثبیت سپر استفاده گردید. در این روش برای انتقال آب به حوضچه‌های مختلف از سیفون استفاده شد.

نتایج و بحث

تعیین میزان نشت

پس از آماده‌سازی و نصب سپرها، حوضچه‌ها به ترتیب از بالادست و با استفاده از سیفون پر از آب گردیدند. سپس مقادیر عمق آب در ابتدا و انتهای هر یک از حوضچه در زمان‌های مختلف یادداشت گردیدند. با مشخص شدن عمق آب در بالادست و پایین-دست هر حوضچه، مشخصات هیدرولیکی مقطع شامل؛ سطح مقطع، محیط خیس شده و عمق آب در مقطع محاسبه و نهایتاً حجم مخزن و سطح خیس شده کل حوضچه به ازای هر عمق محاسبه گردید. بدین ترتیب با تغییر عمق آب در اثر نشت نسبت به زمان، تغییرات مشخصات یاد شده نسبت به زمان تعیین گردید. لذا در یک لحظه معین حجم آب موجود در کانال با تعیین عمق آب در ابتدا و انتهای حوضچه و سطح خیس‌شده متوسط هر حوضچه تعیین می‌گردد. سطح خیس‌شده کلی هر حوضچه برابر متوسط سطح خیس‌شده در ابتدا و انتهای حوضچه در نظر گرفته شد. بدین ترتیب با تعیین حجم آب موجود در کانال در ابتدا و انتهای یک بازه زمانی و محاسبه تفاوت این دو حجم، حجم آب نشت یافته در محدوده زمانی مورد نظر تعیین گردید. سپس با مشخص شدن حجم آب نشت یافته، سطح خیس‌شده و مدت بازه زمانی، میزان نشت از هر حوضچه بر حسب متر مکعب بر متر مربع بر روز تعیین گردید. نتایج به‌دست آمده از این بررسی‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- تلفات نشت از حوضچه مختلف آب ایستی

شماره حوضچه	۱	۲	۳	٤
میزان نشت (متر مکعب بر متر مربع بر روز)	۰/۱۴	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۲۰

با توجه به اعداد ارائه شده در جدول (۲) ملاحظه می‌گردد که میزان نشت از حوضچه شماره ۱ کم‌تر از حوضچه‌های دیگر است. هم‌چنین میزان نشت از حوضچه‌های ۲ و ۳ تقریباً یکسان و بیش‌تر از حوضچه شماره ۴ که مربوط به پوشش با بتن معمولی است، می‌باشد. یعنی علی‌رغم یکسان بودن قطعات پیش‌ساخته بتن گوگردی مورد استفاده در حوضچه‌های ۱، ۲ و ۳، میزان نشت از حوضچه‌های ۲ و ۳ به مراتب بیش‌تر از حوضچه ۱ است. این موضوع به دلیل تفاوت در ماده و روش آب‌بندی درزهای بین قطعات است. در حوضچه‌های ۲ و ۳ که برای آب‌بندی درزها از ملات و خمیر گوگردی استفاده شده است، آب‌بندی نه به خاطر نوع مصالح بلکه به علت نبودن تجهیزات مناسب اجرایی به درستی انجام نشده است. با توجه به این‌که روش تهیه و کاربرد ملات گوگردی برای پر کردن درزها با استفاده از ابزار ساده صورت می‌گرفت، این ملات قبل از کاربرد سرد و غیرقابل مصرف می‌گردید. لذا به علت نبود ابزار و تجربه اجرایی برای پر کردن درزها با ملات و خمیر گوگردی، نشت زیاد آب از حوضچه‌های ۲ و ۳ در اثر ضعف اجرایی بوده و ارقام آن‌ها قابل استناد و تحلیل نیست. چرا که تفاوت حوضچه‌های ۱، ۲ و ۳ تنها در ماده و روش درزبندی

آن‌ها بوده است. در خصوص حوضچه شماره ۱ که برای پر کردن درزهای آن از ملات سیمان استفاده گردیده است، عمل پر کردن درزها راحت‌تر بوده و از کیفیت قابل قبولی برخوردار بوده است. گرچه به لحاظ نفوذپذیری نسبتاً زیاد این ملات نسبت به موزاییک گوگردی، قسمت عمده نشت از حوضچه ۱ نیز از بخش درزها، به ویژه درزهای بین موزاییک کف و جداره‌های کانال است. لذا در تحلیل‌های انجام گرفته حوضچه‌های ۲ و ۳ به دلیل ضعف‌های اجرایی و عدم پر شدن مناسب درزها، در تحلیل و بررسی‌های مربوط به نشت، مد نظر قرار نگرفت و تنها حوضچه شماره ۱ که حداقل الزامات اجرایی برای پر کردن درزها در آن رعایت شده است، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. با توجه به اعداد ذکر شده در جدول مذکور می‌توان اذعان داشت که درزهای موجود بین قطعات پیش‌ساخته، نقش بسیار مهمی در تلفات نشت از کانال‌ها دارند. لذا این موضوع بایستی در طراحی‌ها و اجرای پوشش با قطعات پیش‌ساخته مورد توجه جدی قرار گیرد. هم‌چنین پایین بودن میزان نشت از حوضچه شماره ۱ (پوشش با موزاییک بتن گوگردی) نسبت به حوضچه شماره ۴ (پوشش با بتن سیمانی به روش مرسوم) در حالی است که ضخامت قطعات موزاییک بتن گوگردی ۵ سانتی‌متر و ضخامت پوشش بتنی معمولی ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر بوده است. به عبارت دیگر علی‌رغم این‌که حجم مصالح مورد استفاده در پوشش با موزاییک گوگردی کم‌تر از نصف حجم مصالح بتن معمولی بوده است، از نفوذپذیری کم‌تری نیز برخوردار بوده است. البته نتایج تحقیقات آزمایشگاهی انجام شده (صادقیان و همکاران، ۱۳۸۹) نیز نشان داده است که نفوذپذیری و جذب آب بتن گوگردی به مراتب کم‌تر از بتن سیمانی بوده و حتی از آن به عنوان ماده آب گریز یاد می‌شود. این موضوع بیانگر این مسئله است که اولاً میزان نشت از کانال پوشش شده با بتن گوگردی به مراتب کم‌تر از بتن سیمانی است. ثانیاً با توجه به امکان اجرای کانال با ضخامت کم‌تر بتن گوگردی، حجم مصالح مورد کاربرد کاهش یافته و در هزینه کلی پروژه صرفه‌جوئی خواهد شد. البته در صورتی‌که درزهای بین قطعات با استفاده از مصالح و روش اجرایی مناسب‌تری آب‌بندی گردد، میزان نشت از این نوع کانال بسیار کم‌تر از آن‌چه در این پژوهش به‌دست آمده است، خواهد شد.

تعیین ضریب زبری

در این تحقیق ضریب زبری کانال پوشش شده با موزائیک بتن گوگردی با درزبندی‌های مختلف، به‌طور مستقیم و با استفاده از رابطه مانینگ محاسبه گردید. بدین منظور به ازای یک دبی (Q) معین و مشخصات هیدرولیکی جریان، مقدار n به‌طور مستقیم از رابطه مانینگ محاسبه گردید. بدین ترتیب که میزان دبی و عمق آب در کانال اندازه‌گیری شده و با معلوم بودن ابعاد کانال مقدار n (ضریب زبری) اندازه‌گیری شد. این آزمایش چندین بار تکرار و نهایتاً مقدار n برای پوشش بتنی ۰/۰۱۴ و برای پوشش با موزاییک بتن گوگردی برابر ۰/۰۱۳ محاسبه گردید. این مقدار در مقایسه با اکثر روش‌های پوشش کم بوده، لذا قابلیت انتقال آب در کانال‌های پوشش شده با موزائیک بتن گوگردی زیاد خواهد بود.

مسائل اجرایی پوشش کانال با بتن گوگردی

از آن‌جایی‌که کاربرد بتن گوگردی برای پوشش کانال آبیاری در این مقیاس برای اولین بار و طی این پژوهش انجام گرفته است، طبیعتاً با مسائل و مشکلات خاصی همراه بود. نبود دستگاه ساخت بتن گوگردی و به عبارت دیگر میکسر خاص بتن گوگردی در مقیاس بزرگ که علاوه بر انجام عمل اختلاط حرارت لازم برای گرم کردن مصالح را تولید و در دمای معین ۱۴۰ درجه سلسیوس کنترل نماید، از مهم‌ترین مشکلات اجرایی برای تولید موزاییک بتن گوگردی بوده است. لذا به ناچار در این پروژه از روش بسیار ساده و ابتدایی برای ساخت موزاییک‌ها استفاده گردید. بدیهی است موزاییک‌های تولید شده بدین روش نیز از یکنواختی و کیفیت مورد انتظار برخوردار نخواهد بود. مشکل دوم در نبود تجهیزات و ساز و کارهای مناسب برای نصب و درزبندی موزاییک‌ها در محل بستر کانال بود. در صورت استفاده از ملات گوگردی برای درزبندی ضروری است وسیله‌ای برای ذوب و گرم نگهداشتن مخلوط گوگرد و مواد اصلاح‌کننده وجود داشته و فاصله بین درزها با این ماده به‌طور یکنواخت پر گردد. در دسترس نبودن چنین وسیله‌ای موجب می‌شد که ملات گرم شده توسط اجاق در محل قبل از مصرف سرد و امکان پر نمودن فضای بین موزاییک‌ها سلب می‌گردید. سومین عامل و مشکل در اجرای موزاییک‌ها ضعف اجرایی ناشی از عدم تجربه و تخصص نیروی انسانی بوده است. به‌طوری‌که در حین چیدن موزاییک‌ها فاصله مناسب و یکنواختی بتن موزاییک برای ایجاد درز در نظر نگرفته بودند و در برخی موارد قطعات موزاییک به یکدیگر چسبیده بودند. لذا در چنین شرایطی پر کردن و اتصال موزاییک با هر ماده‌ای غیرممکن بود.

ارزیابی اقتصادی پوشش کانال با بتن گوگردی

بطور کلی علی‌رغم مشکلات فعلی ناشی از نبود تجهیزات مناسب ساخت و اجرا در کاربرد بتن گوگردی، بر اساس بررسی‌های به‌عمل آمده در این پژوهش و تجربیات سایر تحقیقات مشابه، چهار عامل؛ زمان، حجم، محیط و مدیریت پسماند از مزیت‌های اقتصادی استفاده از بتن گوگردی در پروژه‌های عمرانی می‌باشند. مهم‌ترین امتیاز بتن گوگردی دوام بسیار مناسب آن در محیط‌های شدیداً خورنده است که مواد و مصالح معمولی در آن‌ها به سرعت تخریب می‌گردند (Sadeghian et al, 2010; Milica et al, 2011;

Mohamad and el-Gamal, 2009). لذا در شرایط فعلی و با وجود گران‌تر بودن تولید بتن گوگردی، و به‌دلیل عدم امکان اجرای بتن معمولی در محیط‌های خورنده نظیر سازه‌های زهکشی، استفاده از بتن گوگردی از ارجحیت برخوردار است. طول عمر بتن گوگردی نسبت به بتن سیمان پرتلند در چنین محیط‌هایی سه برابر ارزیابی می‌گردد که به خوبی افزایش هزینه مربوطه را توجیه می‌کند. از طرف دیگر با توجه به زمان گیرش سریع بتن گوگردی نسبت به بتن سیمانی و عدم نیاز آن به زمان عمل آوری، صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در زمان اجرای پروژه‌ها در صورت استفاده از بتن گوگردی قابل تصور است. به‌طوریکه بتن گوگردی در زمانی کم‌تر از یک ساعت و پس از سرد شدن، مقاومت لازم برای خارج شدن از قالب و حتی بارگذاری را کسب می‌نماید. قابلیت این نوع بتن جهت تحمل بارهای ساختمانی پایدار، هزینه و زمان مورد نیاز برای ساخت یک زیرسازی جداگانه را حذف می‌کند. بتن گوگردی مقاومت زیاد و یکپارچگی ساختاری خود را ضمن سرد شدن به‌دست می‌آورد که در دوره زمانی بسیار کوتاهی رخ می‌دهد و بنابراین دوره عمل آوردن بتن برای آن در نظر گرفته نمی‌شود. بتن گوگردی می‌تواند نیروهای وارده را ظرف چند ساعت پس از ریختن آن بتن تحمل کند زیرا در این زمان کوتاه بتن گوگردی به‌صورت یکپارچه در آمده و مقاومت مناسبی را تحمل می‌کند. هر یک از نکات مهم و ویژه بتن گوگردی دارای اثرات مثبت در تجزیه و تحلیل هزینه دوره عمر آن می‌باشد. چنان‌که هزینه کل بتن گوگردی و هم‌چنین هزینه خواب برای عملیات ساختمانی سایر انواع بتن‌ها، طول عمر بتن گوگردی مبنای مقایسه قرار گیرد، بتن گوگردی به نحو قابل توجهی مقرون به صرفه می‌شود و گیرش سریع بتن و مقاومت بالای آن در مدتی کوتاه، منابع بالقوه استفاده از این نوع بتن را افزایش می‌دهد. هم‌چنین مقاومت فشاری و خمشی بیش‌تر این نوع بتن این امکان را فراهم می‌سازد که ابعاد و ضخامت قطعات بتنی را کم‌تر در نظر گرفته و در نتیجه حجم مصالح مصرفی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. علاوه بر موارد یاد شده، با توجه به روند رو به رشد تولید گوگرد در ایران و مازاد بر مصرف بودن حجم زیادی از تولیدات گوگرد کارخانجات پتروشیمی، استفاده از گوگرد و ترکیبات آن در طرح‌های عمرانی به‌ویژه ساخت شبکه‌های آبیاری زهکشی به‌عنوان یک ماده ساختمانی به نوعی مدیریت پسماند نیز تلقی می‌گردد. البته تعیین مزایای اقتصادی بتن گوگردی با محاسبه هزینه برای یک دوره عمر قابل انجام می‌باشد. هزینه نصب اولیه بتن گوگردی یا سایر بتن‌ها قابل رقابت می‌باشد. هم‌چنین بتن گوگردی مزایای دیگری را از نظر هزینه کل و طول عمر مورد انتظار در مقایسه با سایر گزینه‌ها داراست. در مجموع می‌توان گفت با توجه به عدم توسعه زیر ساخت‌های فنی و اجرایی مناسب نظیر دستگاه تولید و قالب‌گیری بتن گوگردی، مواد اصلاح‌کننده گوگرد و وسایل حمل و اجرا در محل، استفاده از بتن گوگردی از نظر اقتصادی با محدودیت‌هایی همراه است.

نتیجه‌گیری

بدین ترتیب ملاحظه می‌گردد استفاده از قطعات پیش‌ساخته می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب برای پوشش کانال‌های آبیاری مطرح گردد. هم‌چنین طراحی و اجرای مناسب سیستم درزبندی از ضرورت‌های اصلی در کاربرد قطعات پیش‌ساخته برای پوشش است. البته قضاوت در خصوص نوع مصالح و روش اجرایی مناسب برای آب‌بندی درزها نیازمند ادامه تحقیق و مطالعه بیش‌تر در این زمینه است. البته تاکید می‌شود در خصوص مشخصات فنی، اقتصادی و کاربردهای بتن گوگردی دو عامل ماده اصلاح‌کننده گوگرد و تجهیزات خاص بتن گوگردی نقش اصلی و اساسی دارند. لذا در دسترس بودن این موارد از ملزومات اصلی تهیه و کاربرد بتن گوگردی برای مصارف مختلف از جمله پوشش کانال آبیاری است.

بر اساس مجموعه بررسی‌ها و اقدامات آزمایشگاهی و اجرایی به‌عمل آمده می‌توان موارد زیر را در قالب نتیجه‌گیری و پیشنهادات به‌طور خلاصه بیان نمود:

- مشخصات فنی بتن گوگردی به‌طور قابل ملاحظه‌ای متأثر از جنس ماده افزودنی اصلاح کننده گوگرد است. از این‌رو با توجه به استفاده محققان از مواد اصلاحی مختلف در برخی موارد نتیجه‌گیری‌های متفاوتی نیز صورت گرفته است. در نتیجه لازم است در شناسایی و انتخاب ماده اصلاح‌کننده دقت لازم صورت گیرد.
- جذب آب و نفوذپذیری بتن گوگردی خیلی کم‌تر از بتن معمولی است. حتی بتن گوگردی به عنوان یک ماده آب گریز تلقی می‌شود.
- میزان نشت از کانال پوشش شده با قطعات پیش ساخته بتن گوگردی متأثر از روش اجرایی آن است. لذا طراحی و اجرای مناسب سیستم درزبندی از ضرورت‌های اصلی در کاربرد قطعات پیش ساخته بتن گوگردی برای پوشش کانال است.
- ضریب زبری کانال پوشش شده با قطعات پیش ساخته بتن گوگردی برابر ۰/۰۱۳ تعیین گردید. این مقدار در مقایسه با اکثر روش‌های پوشش مشابه با درزهای زیاد، کم بوده لذا قابلیت انتقال آب در کانال‌های پوشش شده با موزائیک بتن گوگردی قابل رقابت با سایر روش‌ها خواهد بود.
- با توجه به دوام و مقاومت بیش‌تر بتن گوگردی و امکان اجرای پوشش کانال با ضخامت کم‌تر ، حجم مصالح مورد استفاده کاهش یافته و نهایتاً در هزینه کلی پروژه صرفه‌جوئی می‌شود.
- به‌علت عدم نیاز به عمل‌آوری و سخت شدن سریع بتن گوگردی، صرفه‌جوئی زمان نیز از مزیت‌های اقتصادی بتن

گوگردی محسوب می‌گردد.

پیشنهادات

- با توجه به روند رو به رشد تولید گوگرد در ایران و جهان و دارا بودن خواص مهندسی در حد انتظار، می‌توان از گوگرد و ترکیبات آن، در برنامه‌های توسعه کشور و در طرح‌های عمرانی به‌ویژه ساخت شبکه‌های آبیاری زهکشی به‌عنوان یک ماده ساختمانی استفاده کرد. لذا مدیریت پسماند کارخانه‌های تولید گوگرد از مزیت اقتصادی دیگر بتن گوگردی است.
- در مناطقی که از منابع آبی دور بوده و رساندن آب هزینه‌بر و مشکل‌ساز است، کاربرد بتن گوگردی به علت عدم نیاز به آب از ارجحیت برخوردار است.
- تهیه ماشین آلات مناسب تهیه و ساخت بتن گوگردی و ماده اصلاح کننده ی مناسب از ضروریات اصلی در استفاده از بتن گوگردی است.
- بر اساس مجموعه نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از قطعات پیش ساخته بتن گوگردی می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای پوشش کانال‌های آبیاری مطرح گردد. البته تاکید می‌شود مشخصات فنی، اقتصادی و کاربردهای بتن گوگردی به شدت متأثر از دو عامل ماده اصلاح کننده گوگرد و تجهیزات خاص بتن گوگردی است.
- توصیه می‌شود اقدامات و زمینه‌های لازم برای تجاری‌سازی و تولید انبوه در سطح کلان این بتن فراهم گردد.

منابع

بهرامی آده، بهرامی آده، ن.، مهتدی حقیقی، م. ۱۳۸۲. "بهبود خواص گوگرد به منظور تهیه سیمان گوگردی". نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران. شماره ۲، صفحات ۳۱۴-۳۲۵

عباسی، نادر. ۱۳۹۱. ارزیابی امکان استفاده از بتن گوگردی برای پوشش کانال های انتقال آب. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی، شماره ثبت۴۴۳۳۳

صادقیان، م، پرورش، ع. رئیسی، ع. و عباسی نادر،۱۳۸۹" امکان-سنجی استفاده از کامپوزیت‌های گوگردی جهت پوشش کانال-های آبیاری" دومین سمینار ملی مسائل ژئوتکنیکی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۲۳ خرداد ، کرج

صادقیان، م، پرورش، ع ، عباسی ، نادر، ن. بهرامی . ۱۳۹۱ " تعیین درصد بهینه سیمان گوگردی " مجله اساس، سال چهاردهم، شماره ۳۴، صفحات ۶ الی ۱۲

ACI, 548, 1988. Guide for Mixing and Placing Sulfur Concrete in Construction. Reported by Committee 448. Aci Material Journal. July-August, 314-325.

Crow,L.J and Bates,R.C. 1970. Strength of sulfur-basalt concrete. Report No. RI 7349. U.S. Burean of Mines Washington. D.C.

Gillott,J.E., Jordan,I.J., Loov,R.E and Shrive,N.G. 1980. Sulfur concretes, mortars and the like. U.S. Patent No. 4, 188, 230.

Leutner,B and Diehl,L. 1977. Manufacture of sulfur concrete. U.S. Patent. 4:025,352.

McBee,W.C and Sullivan,T.A. 1982. Concrete formulation comprising polymeric reaction products of Sulfur/Cyclopentadiene, Oligmer/Dicyclopentadiene. Assigned to U.S. Department of Commerce. U.S. Patent. 4: 348, 313.

Milica,M.V., SANJA,P.M., TAMARA,D.J.B., PREDRAG,B.J., TATJANA,D.V. 2011. Durability of Sulfur Concrete in Various Aggressive Environments. Construction and Building Materials 25:3926-3934.

Milica,M.V., SANJA,P.M., TAMARA,D.J.B., PREDRAG,B.J., TATJANA,D.V. 2012. Use of Image Analysis for Durability Testing of Sulfur Concrete and Portland Cement Concrete. Materials and Design. 34: 346-354.

Mohamed A.M.O and el-Gamal,M. 2009. Hydro-mechanical behavior of a newly developed sulfur polymer concrete. Department of Civil and Environmental Engineering. UAE University. United Arab Emirates. Cement and Concrete Composites. 31, 186-194.

Nimer,F.L and Campbell,R.W. 1983. Sulfur cement-aggregate-organosilane composition and methods for Preparing. U.S. Patent. 4: 376, 830.

Rahimi,H., Abbasi,N. 2008. Failure of Concrete canal lining on sandy soils, Journal of Irrigation and Drainage. 57: 83-92

Sandrolini,F., Manizi,S and Andrucci,A. 2006. Sulfur-polymer matrix composites from particulate wastes: A sustainable route to advanced materials. International. Journal. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 37: 695-702.

Schneider,R.A and Simic,M. 1981. Plasticized sulfur composition. U.S. Patent. 4:308, 072.

Vroom,A.H and Whitmore,D.W. 1991. Sulfur concrete for high corrosion resistance. In: Proceeding. National Association of Corrosion Engineers. Saskatoon. Canada.

Woo,G.L. 1983. Phosphoric acid treated sulfur cement-aggregate compositions. U.S. Patent. 4: 376, 831.

Yue,L., Caiyun,J and Yunping,X. 2006. The properties of sulfur rubber concrete (SRC). Journal of Wuhan University of Technology and Material Science. Vol. 21(1) pp: 129-133.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 9, Mar.-Apr. 2015, p. 109-119

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۹، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۱۱۹-۱۰۹

Application of sulfur Concrete for lining of Irrigation canals

N. Abbasi[1]

Recived: Sept.6, 2014 Accepted: Apr.22, 2015

Abstract

In spite of that, there are variety of construction materials and methods for lining of irrigation canals, cement concrete is the most common construction material used for canal lining in Iran. However, due to high costs of preparation and application of cement concrete and its sensitivity to technical criteria such as mixing design, executive and curing methods, and impossibility of total observance of such criteria in small projects e.g. canal lining, an feasibility study of the use of alternative materials is inevitable. So, in this research using of precosted sulfur concrete tiles for lining of irrigation canals was investigared. Sulfur concrete is made up of molten sulfur and sulfur modifier additive, fine and coarse aggregates which results in a hard material similar to cement concrete that can be used as a construction material. For this purpose, a small canal with a length of 60 meters was constructed and lined using sulfure concrete tiles. Then the seepage losses and roughness of lining were evaluated. Based on the results of the investigation, the seepage losses and Maning coefficient of lining were determined about 0.14 m^3/m^2/day and 0.013 respectivly. Also lake of improper equeipments for construction and application of sulfur concret was determined as the main excutive problem in lining of small irrigation canal using sulfure concrete tiles.

Key words: Water conveyance, Hydraulic structure, Maning coefficient, Seepage losses

1- Associate professor, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran
(*-Corresponding Author Email: nader_iaeri@yahoo.com)