

مقایسه فنی - اقتصادی کاربرد ژئوممبران‌های قیری پیش‌ساخته PBGM
(عایق رطوبتی پیش‌ساخته - ایزوگام) در مقایسه با گزینه‌های تعویض خاک و
ژئوممبران‌های پایه پلیمری متداول نظیر HDPE
(مطالعه موردی: شبکه آبیاری و زهکشی واحدهای عمرانی ۳ و ۲ دشت ارايض خوزستان)

محمد رضا هفته نانی

مدیریت طرح‌های اجرایی شمال کرخه - سازمان آب و برق خوزستان

امید فیروزی

کارشناس شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس - firouzi_email@yahoo.com

عبدالعلی آذرباد

کارشناس شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس

چکیده :

در مطالعات مرحله دوم طرح شبکه آبیاری و زهکشی دشت ارايض واقع در استان خوزستان در بازه‌هایی از مسیر کانال‌های طرح که دارای خاکهای مسأله‌دار بوده‌اند گزینه تعویض خاک پیش‌بینی گردیده است. ولی به دلیل دوری فاصله حمل و محدودیت احجام معادن قرصه خاک مناسب و علی‌الخصوص کاهش هزینه و مدت زمان اجرای طرح استفاده از گزینه‌های جایگزین نظیر ژئوممبرانهای قیری پیش‌ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش‌ساخته- ایزوگام) و ژئوممبرانهای پایه پلیمری متداول نظیر HDPE بررسی گردید.

واژه‌های کلیدی: خاکهای مسأله‌دار، تعویض خاک، ژئوممبران، ایزوگام، HDPE، PBGM و ژئوممبران قیری پیش‌ساخته

۱- مقدمه :

نتایج حاصله از بررسی‌های ژئوتکنیکی انجام شده در شبکه آبیاری و زهکشی واحدهای عمرانی ۳ و ۲ دشت ارايض نشان می‌دهد در بازه‌هایی از مسیر کانال‌های طرح به زمینهای فرسایش پذیر ماسه‌ای و زمینهای گچی برخورد شده است.

الف- مسیرهایی که از اراضی با خاک ماسه سیلتی و ماسه خیلی ریز (خاکهای رمنده) عبور کرده و بر اثر نشت آب از پوشش کانال و جذب آب توسط ذرات خاک نیروی مولکولی بین ذرات از بین رفته و موجب آب‌شستگی و جابه‌جایی ذرات خاک و نهایتاً نشست پوشش بتنی و شکستن آن خواهد گردید .

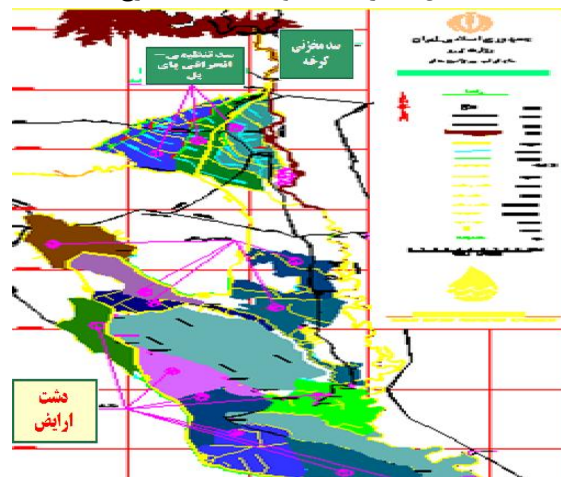
ب- مسیرهایی که از اراضی با خاکهای حاوی املاح انحلال پذیر نظیر گچ عبور می‌کنند نشت آب کانال باعث انحلال املاح موجود در خاک شده و خروج آن، تغییر حجم خاک کف و بدنه کانال را در برداشته و نتیجتاً شکست پوشش بتنی را در پی خواهد داشت. روش‌های مقابله بر مبنای جلوگیری از جریان آب در بدنه و پی کانال خواهد بود .
این روش‌ها عبارتند از :

- تعویض خاک
 - استفاده از ژئوممبرانهای پایه پلیمری نظیر HDPE
 - استفاده از ژئوممبرانهای قیری پیش‌ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش‌ساخته - ایزوگام)
- در این تحقیق مقایسه فنی و اقتصادی بین گزینه‌های تعویض خاک ، HDPE ، PBGM صورت گرفته است .

۲- محل و موقعیت منطقه محدوده طرح :

دشت اریض شامل ۷ واحد عمرانی می‌باشد . محل احداث طرح تحت عنوان واحدهای عمرانی شماره ۲ و ۳ و به مساحت خالص ۶۹۲۵ هکتار در دشت اریض واقع شده است . دشت اریض در جنوب غربی ایران در استان خوزستان واقع گردیده است . در شکل شماره (۱) موقعیت منطقه طرح نمایش داده شده است .

شکل شماره (۱)- موقعیت منطقه طرح



۳- مشخصات هیدرولیکی کانال‌های منطقه طرح :

مجموع طول کانالهای واقع در واحدهای عمرانی ۲ و ۳ دشت اریض حدود ۶۲۰۰۰ متر می‌باشد . در این میان کانال ER-PC1 در واحد عمرانی شماره ۳ دشت اریض با طول حدود ۵۰۰۰ متر دارای دبی متوسط ۵/۲ متر مکعب در ثانیه و با عرض کف ۱/۵ متر می‌باشد ولی میزان جریان در مابقی کانالهای طرح از ۰/۱۵ متر مکعب در ثانیه تا ۱/۸۵ متر مکعب در ثانیه متغیر بوده و عرض کف این کانالها ۰/۶ و یا ۰/۹ متر می‌باشد . شیب کناره‌ها در کل کانالهای طرح ۱:۱/۵ در نظر گرفته شده است .

۴- تعویض خاک :

از آنجائیکه خاکریزی در کانالهای کوچک بصورت یکپارچه اجراء شده و سپس منشور کانال خاکبرداری می‌شود باید مقطع خاک تعویضی به گونه‌ای خاکبرداری شود که پیش از جایگزینی خاک و کانال‌کنی ، شرط وجود حدود نیم متر ضخامت خاک مناسب حاصل شود . بنابراین با توجه به مشخصات هیدرولیکی کانالهای طرح عمق تعویض خاک در کف ۶۰ سانتی‌متر و در

جدارها تابع حداقل عرض اجرایی ۳/۵ متر می‌باشد و مصالح مناسب جهت تعویض خاک از اختلاط کامل ۵۰ درصد خاک رس با ۵۰ درصد ماسه مسیر تهیه و در لایه‌های ۱۵ سانتی‌متری و تا رسیدن به حداقل تراکم ۹۵ درصد پراکتور استاندارد کوبیده خواهند شد.

۵- استفاده از ژئوممبران‌ها :

معمولترین مصنوعات غیرقابل نفوذ، ژئوممبرانها هستند که در ضخامت‌های مختلف در سطح وسیعی ، برای مقابله با خاکهای مسأله‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرند .

اداره عمران ایالات متحده آمریکا (USBR) کاربرد این مواد را به صورت مدفون (Geomembrane with concrete cover) توصیه می‌نماید. ژئوممبران‌ها می‌توانند مسلح یا غیر مسلح باشند و معمولاً بصورت پایه پلیمری یا پایه قیری می‌باشند . در جدول شماره (۱) تقسیم‌بندی انواع ژئوممبران‌ها و محدوده ضخامت آنها که در پوشش‌های کانال توسط USBR توصیه شده است نشان داده شده است .

جدول شماره (۱)

TYPE	Thickness Range	Currently used?
LDPE	0.2-0.25 mm	No
HDPE(exposed)	0.75-2.5 mm	Yes
Buty 1(IR) (exposed)	1.0-2.0 mm	No
PVC	0.25 mm	No
PVC	0.5-0.75 mm	Yes
PBGM (exposed)	3.0-0.4 mm	Yes
CSPER (exposed)	0.8-1.5 mm	Yes
EPDM (exposed)	1.14-1.5 mm	Yes
VLDPE (exposed)	1.0-1.5 mm	No
VLDPE	1.0-1.5 mm	Yes
FPP and fpp-R (exposed)	1.0-1.14 mm	Yes

برای پوشش کانالهای طرح دو نوع ژئوممبران مورد بررسی قرار گرفت :

- ژئوممبران پایه پلیمری متداول HDPE پلی اتیلن سخت
- ژئوممبران قیری پیش‌ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش‌ساخته- ایزوگام)

۵-۱- ژئوممبران قیری پیش‌ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش‌ساخته- ایزوگام)

این ماده ساختاری متشکل از الیاف مصنوعی یا آلی به صورت بافته یا نبافته شده است که با ترکیبات قیری اصلاح شده با مواد پلیمری آغشته گردیده است و در ایران معمولاً با نام تجاری ایزوگام شناخته می‌شوند.

۶- مقایسه روش اجرای گزینه های خاک تعویضی ، ژئوممبران پایه پلیمری متداول HDPE و ژئوممبرانهای قیری پیش ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش ساخته - ایزوگام) مدفون

۶-۱- روش اجرای تعویض خاک

اجرای عملیات تعویض خاک در مسیر کانالهای طرح که از خاکهای مساله دار عبور می نماید به صورت زیر انجام می گیرد :

- حفاری مقطع کانال با ابعادی بزرگتر از مقطع هیدرولیکی
- رگلاژ اولیه سطوح خاکبرداری و کف
- خاکریزی در کف و کناره ها تا برم کانال در لایه های ۱۵ سانتی متری با عرض مناسب اجرائی (۳/۵ متر)
- رگلاژ سطح خاکریزی شده و کف کانال
- شابلون گذاری و بتن ریزی پوشش کانال

۶-۲- روش اجرای ژئوممبرانهای HDPE مدفون

در کانالهائی که پوشش ژئوممبران های HDPE مدفون بکار می رود عملیات اجرائی به ترتیب زیر اجراء می شود :

- حفاری مقطع هیدرولیکی کانال
- رگلاژ و ترمیم سطوح بدنه و کف کانال برای ایجاد بستر مناسب
- پهن کردن رولهای ژئوممبران در جهت عرض کانال
- اتصال لبه رولهای مجاور
- بتن ریزی پوشش کانال

در اشکال شماره (۲) الی (۳) اجرای ژئوممبران HDPE در قسمتی از مسیر کانال های طرح نشان داده شده است :

شکل شماره (۳) - نمایی از اجرای ژئوممبران HDPE



شکل شماره (۲) - نمایی از اجرای ژئوممبران HDPE



۶-۳- روش اجرای ژئوممبرانهای قیری پیش ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش ساخته - ایزوگام) مدفون در پوشش کانال ها :

در کانالهائی که پوشش ژئوممبرانهای قیری پیش ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش ساخته - ایزوگام) مدفون بکار می رود عملیات اجرائی زیر انجام می گیرد. در شکل شماره (۴) و (۵) نمایی از کاربرد این نوع پوشش های ناتراوا نشان داده شده است .

- دکاپاژ
- خاکبرداری کانال و رگلاژ بستر پوشش کانال (ترمیمینگ)
- اجرای بتن کم مایه (لاغر)
- اجرای پوشش های PBGM
- بتن ریزی پوشش کانال (لاینینگ)

شکل شماره (۴) نمایی از کاربرد پوشش

PBGM



شکل شماره (۵) - نمایی از کاربرد پوشش

PBGM



۷- مزایا و معایب گزینه‌های خاک تعویضی ، ژئوممبران‌های متداول HDPE و ژئوممبران‌های قیری پیش‌ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش‌ساخته - ایزوگام) مدفون :

۷-۱- مزایا و معایب تعویض خاک

مهمترین مزایای تعویض خاک را می‌توان به شرح ذیل خلاصه کرد :

- سهولت اجراء به لحاظ آشنائی پیمانکاران با روش اجراء تعویض خاک
- امکان کنترل کیفی خاکریز در زمان اجراء

و مهمترین معایب تعویض خاک عبارتند از :

- مشکلات پیدا کردن منابع با خاک مناسب برای قرضه
- افزایش هزینه با افزایش فاصله منبع قرضه تا محل مصرف
- ضرورت ایجاد راه دسترسی مناسب برای ماشین‌آلات به منظور دسترسی به مقطع تعویض خاک

۷-۲ - مزایای و معایب استفاده از ژئوممبران HDPE مدفون

مهمترین مزایای استفاده از ژئوممبران مدفون را می‌توان به شرح ذیل برشمرد :

- سرعت اجراء بیشتر
 - آب‌بندی کامل در صورت اجراء صحیح
- و معایب ژئوممبران مدفون عبارتند از :
- امکان سوراخ شدن در حین اجراء پوشش بتنی
 - ضرورت بسترسازی مناسب قبل از نصب ورقه های ژئوممبران HDPE
 - ضرورت بکارگیری روش های اجرائی خاص به لحاظ حفاظت از ورقه های ژئوممبران HDPE در زمان اجراء
 - چین و چروک خوردگی های متعدد در سطح ورقه های ژئوممبران HDPE اجرا شده که به دلیل ضخامت کم قشر لاینینگ در این کانالها کیفیت اجراء کار را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد
 - عدم ایستایی کامل بتن بر روی غشای ژئوممبران HDPE در شیبهای جانبی کانال که لزوم استفاده از روشهای خاص اجرائی نظیر استفاده از توری مرغی و ... را می طلبد
 - وارداتی بودن این مصالح و تأخیرهای ناشی از اشکالات سفارش ، ورود و ترخیص و ... دسترسی به موقع به ژئوممبران HDPE
 - عدم امکان تأیید مشخصات فنی ژئوممبران HDPE از جمله خصوصیات شیمیایی و فیزیکی و عملکرد آن در شرایط بعد از اجراء و عمر مفید بدلیل عدم دسترسی به آزمایشگاههای تخصصی

۷-۳ - مزایای و معایب استفاده از ژئوممبران‌های قیری پیش ساخته PBGM (عایق رطوبتی

پیش ساخته - ایزوگام) مدفون

- مهمترین مزایای استفاده از عایق رطوبتی پیش ساخته PBGM (ژئوممبران قیری پیش ساخته - ایزوگام) مدفون عبارتند از :
 - سهولت اجرا به لحاظ آشنایی پیمانکاران بومی
 - تکنولوژی ملی ساخت ورقه های PBGM که حتی می توان با بازدید از کارخانه های سازنده و اعلام محدودیتهای اجرایی ، خطوط تولید را متناسب با این نیازها طراحی کرد
 - آببندی کامل در صورت اجرای صحیح
 - سرعت اجرای بالا
- و معایب استفاده از عایق رطوبتی پیش ساخته PBGM (ژئوممبران قیری پیش ساخته - ایزوگام) عبارتند از :
 - ضرورت بکارگیری روش های اجرایی خاص به لحاظ حفاظت از ورقه های PBGM در زمان اجراء
 - ضرورت بسترسازی مناسب قبل از نصب ورقه های عایق رطوبتی پیش ساخته
 - امکان سوراخ شدن در حین اجرای پوشش بتنی
 - در صورت افزایش ارتفاع کانال لزوم به بکارگیری تمهیدات خاص به منظور نگهداری بتن بر روی شیبهای جانبی

۸ - مبانی مقایسه هزینه ها :

به منظور مقایسه هزینه های اجرایی ، کانال ER-SC1 از کانالهای طرح بدلیل اینکه منشور دوزنقه کانال در ترکیبی از خاکبرداری و خاکریزی و در مقطعی تماماً در خاکبرداری واقع شده است در گزینه های مقطع بدون خاک تعویض ، مقطع با خاک تعویضی ، مقطع با ژئوممبران HDPE و مقطع با عایق رطوبتی پیش ساخته در زمینهای فرسایش پذیر ماسه ای و زمینهای گچی مورد مقایسه قرار گرفته است . بازه های مورد بررسی عبارتند از :

بازه اول - کانال از زمینهای فرسایش پذیر ماسه ای می گذرد و منشور دوزنقه کانال در ترکیبی از خاکبرداری و خاکریزی می باشد.

بازه دوم - کانال از زمینهای گچی گذشته و منشور دوزنقه کانال در ترکیبی از خاکبرداری و خاکریزی می باشد.

بازه سوم - کانال از زمینهای فرسایش پذیر ماسه ای می گذرد و منشور دوزنقه کانال تماماً در خاکبرداری می باشد.

بازه چهارم - کانال از زمینهای گچی می گذرد و منشور دوزنقه کانال تماماً در خاکبرداری می باشد.

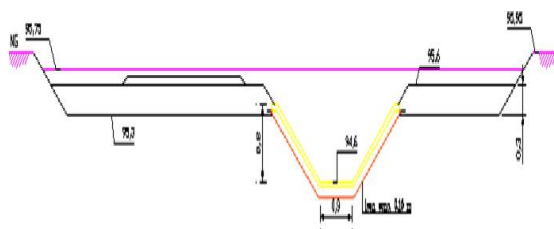
در شکل شماره (۶) مقطع عرضی کانال مشخص گردیده است .

در جدول شماره (۲) مشخصات هیدرولیکی کانال ER-SC1 نشان داده شده است.

شکل شماره (۶) - مقطع عرضی کانال ER-SC1 در گزینه استفاده از ژئوممبران قیری پیش ساخته PBGM (ایزوگام)

وقتیکه منشور دوزنقه کانال تماماً در خاکبرداری باشد.

ER-SC1 : 0+100



جدول شماره (۲) - مشخصات هیدرولیکی کانال ER-SC1

کانال	Q (m ³ /s)	b (m)	d (m)	H (m)	Z	n	(Vm/s)
ER-SC1	۰/۷۷	۰/۹	۰/۶۴	۰/۸	۱/۵	۰/۰۱۴	۰/۶۴

با استفاده از تجارب اجرایی موجود ، در برآورد هزینه گزینه های یاد شده موارد ذیل در نظر گرفته شده است:

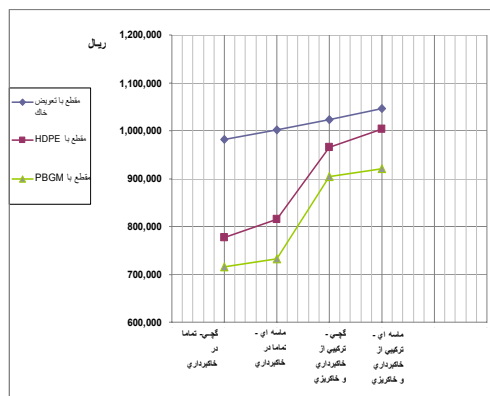
- ۱- در برآوردها از فهرست بهای آبیاری و زهکشی سال ۱۳۸۷ استفاده گردیده است .
- ۲- در برآورد تهیه و اجرای ژئوممبران های قیری پیش ساخته PBGM (عایق های رطوبتی پیش ساخته-ایزوگام) از فهرست بهای ابنیه سال ۱۳۸۷ استفاده گردیده است .
- ۳- در برآورد تهیه و اجرای ژئوممبران از جنس پلی اتیلن سنگین HDPE به ضخامت یک میلیمتر از فهرست بهای آبیاری و زهکشی سال ۱۳۸۷ استفاده گردیده است .
- ۴- صعوبت کار در خاکهای ماسه بادی در ردیفهای خاکبرداری ، کانال کنی ، بارگیری به صورت اضافه بهاء اعمال گردیده است.
- ۵- فاصله محل خاک ۱۸/۷ کیلومتر در نظر گرفته شده است.
- ۶- بواسطه اضافه زمان اجرای خاک تعویضی نسبت به گزینه استفاده از ژئوممبران HDPE و یا عایق رطوبتی پیش ساخته براساس رکوردگیری های میدانی (داده پردازی) کارکرد ماشین آلات و نیروی انسانی در زمان معین در برآورد قیمت مقطع خاک تعویضی ضریب تعدیل ۱/۱۰ در نظر گرفته شده است .
- ۷- حداقل ضخامت لاینینگ براساس رفتارهای موجود در کانالهای کوچک ۶ سانتی متر منظور گردیده است .
- ۸- بتن مگر با ضخامت ۴ سانتی متر در برآورد هزینه ها منظور گردیده است .
- ۹- ژئوممبران قیری مورد استفاده در بازه های مورد نظر عایق ویژه مناطق معتدل و گرمسیر با مخلوط اشباع کننده قیر اصلاح شده با پلیمرهای پلاستیکی BPP و نوع بستر آن پلی استر سوزنی نبافته با الیاف شیشه (تیشو) نخدار می باشد . طول رول های مورد نظر ۱۰ متر ، عرض ۱۰۰ سانتیمتر و ضخامت آنها ۴ میلیمتر و به وزن ۴۱ کیلوگرم می باشد.

۹ - مقایسه اقتصادی :

با مقایسه هزینه های گزینه های یاد شده ملاحظه می گردد که هرگونه عملیات خاکریزی با توجه به نوع منشور دوزنقه کانال تأثیرگذار می باشد بطوریکه اگر منشور دوزنقه کانال در ترکیبی از خاکبرداری و خاکریزی باشد هزینه استفاده از ژئوممبران قیری پیش ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش ساخته-ایزوگام) ۱۲ درصد کمتر از هزینه تعویض خاک و حدوداً ۷ درصد کمتر از هزینه ژئوممبران HDPE می باشد ولی زمانی که منشور دوزنقه کانال تماماً در خاکبرداری باشد کاهش هزینه در صورت استفاده از ژئوممبران قیری پیش ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش ساخته-ایزوگام) و یا ژئوممبران HDPE نسبت به تعویض خاک قابل توجه و در حدود ۲۷ درصد می باشد و هزینه استفاده از عایق رطوبتی پیش ساخته (ژئوممبران قیری پیش ساخته-ایزوگام) حدوداً ۹ درصد کمتر از کاربرد ژئوممبران HDPE می باشد . ضمناً همانطور که در مابقی مقایسه هزینه اشاره گردید تهیه و اجرای ژئوممبران HDPE با فرض عدم نیاز به روشهای اجرایی خاص نظیر استفاده از ژئوتکستایل و یا توری مرغی برآورد گردیده است که پرواضح است بامنظور نمودن هزینه های اینگونه تمهیدات هزینه های ناشی از کاربرد ژئوممبران HDPE افزایش خواهد یافت.

در نمودار شماره (۱) - مقایسه اقتصادی در بازه های پیشگفته برای مقاطع تعویض خاک ، مقطع با ژئوممبران HDPE ، مقطع با ژئوممبران قیری پیش ساخته PBGM (عایق رطوبتی پیش ساخته - ایزوگام) نشان داده شده است .

نمودار شماره (۱)- مقایسه اقتصادی هزینه‌های اجرائی یک متر طول کانال در بازه‌های مختلف



۱۰- نتیجه‌گیری و پیشنهادات :

- ۱- بررسی‌های بعمل آمده نشان می‌دهد هزینه استفاده و مدت زمان اجرای ژئوممبران‌های قیری پیش ساخته (عایق‌های رطوبتی پیش ساخته - ایزوگام) نسبت به مقطع ژئوممبران‌های متداول و علی‌الخصوص مقطع خاک تعویضی کمتر است. از طرفی بدلیل دوری فاصله حمل و محدودیت احجام معادن قرصه خاک مناسب و کمبود تجارب اجرائی موفق در مورد کاربرد ژئوممبران‌های متداول نظیر HDPE ، PVC ، LDPE و در داخل کشور و به دلیل آشنایی پیمانکاران و حتی کارگران محلی با روش‌های نصب ژئوممبران‌های قیری پیش ساخته (عایق‌های رطوبتی پیش ساخته- ایزوگام) و قیمت پائین تر و سهولت نصب و تکنولوژی بومی ساخت ورقه‌های ژئوممبران‌های قیری پیش ساخته (عایق‌های رطوبتی پیش ساخته - ایزوگام) و همچنین سابقه کاربرد وسیع ژئوممبران‌های قیری در شرایط آب و هوایی مختلف کشورهای دیگر، استفاده از آن در کانال‌های طرح مورد پیشنهاد قرار گرفت.
- ۲- توصیه می‌شود با بازدید از کارخانه‌های سازنده عایق‌های رطوبتی پیش ساخته (ژئوممبران قیری پیش ساخته- ایزوگام) با اعلام محدودیتهای اجرایی و نیازهای خاص پروژه‌ها نسبت به طراحی و اصلاح خطوط تولید بر اساس مشخصات فنی ژئوممبران‌های قیری پیش ساخته مورد استفاده در کانالها مطابق استاندارد ASTM بین‌المللی اقدام نمود.
- ۳- پیشنهاد می‌شود برای آشنایی بیشتر با عملکرد ژئوممبران‌های قیری پیش ساخته (عایق‌های رطوبتی پیش ساخته- ایزوگام) تمهیدات لازم برای مانیتورینگ بلند مدت از عملکرد کارهای انجام شده با گام‌های زمانی منظم در نظر گرفته شود.

۱۱- منابع :

- رحیمی ، ح. ، قبادی‌نیا ، م. ، مهرابی ، ت. ، ۱۳۸۵. کاربرد ژئوسنتتیک‌ها در آبیاری و زهکشی ، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
- ۲- شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس . ۱۳۸۵ . طرح شبکه آبیاری و زهکشی کرخه - گزارش موردی کاربرد ژئوممبران در آب‌بندی کانال واحدهای عمرانی شماره (۴) ارایض و (۲) دوسالقی
- ۳- شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس . ۱۳۸۲ . طرح شبکه آبیاری و زهکشی کرخه - مطالعات مرحله دوم شبکه آبیاری و زهکشی دشتهای پای پل - گزارش مقایسه فنی و اقتصادی گزینه تعویض خاک با گزینه غشاء ناتراوا (ژئوممبران) در بازه‌های ماسه‌ای قطعه دوم کانال PMC

4- Bruel , B. , Herment, R. , 1998 , Bitumen Geomembrane in irrigation – Case Histories From a range of climates , Sixth International Conference on Geosynthetics, 1998

5- Corner , A.I. , Canal lining systems in irrigated agriculture, grid , F . 2009
systems in irrigated agriculture, grid , F . 2009