مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۳/ شماره ۳/سال ۱۳۹۱/ص ۲۸-۱۵

ارزیابی مسائل فنی و اجرایی ژئوممبران جهت پوشش مخازن آب

محمد موحدان[*,**]

[*]نگارنده مسئول، نشانی: کرج، بلوار شهید فهمیده، موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی، صندوق پستی، ۸۴۵-۳۱۵۸۵،
پیام‌نگار: m.movahedan@gmail.com

[**] محقق موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۶

چکیده

محدودیت منابع آبی در کشور، حفظ آب و کاهش تلفات آب را از مخازن ذخیره، به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاملاً ضروری می‌نماید. برای کنترل نشت از مخازن آب، تا کنون روش‌های متعدد به کار گرفته شده است. به رغم کاربرد وسیع پوشش بتن در این مخازن، ترک‌خوردگی‌ها و تخریب‌ها که در دوران بهره‌برداری به دلایل گوناگون بروز می‌کند مشکلات عدیده‌ای نظیر نشت بیش از حد انتظار و تلفات آب را در پی دارد که کارآیی این پوشش‌ها را محدود می‌سازد. امروزه استفاده از پوشش‌های ژئوسنتتیک، نظیر ورقه‌های ژئوممبران، به دلیل هزینهٔ کم اجرا و نشت ناچیز آب، مورد توجه بهره‌برداران قرار گرفته است. در این تحقیق ابتدا مشکلات موجود در مراحل مختلف طراحی و اجرای پوشش ژئوممبران روی استخر ذخیره آب بتنی فرسوده بررسی و پس از آن با آزمون نشت به روش آب‌ایستی، کارآیی این نوع پوشش در کنترل نشت آب از استخر در شرایط مختلف ارزیابی شد. نتایج نشان می‌دهد که نصب و اجرای پوشش‌های ژئوممبران باید به گونه‌ای باشد که از اعمال تنش اضافی بر آن‌ها جلوگیری شود. همچنین، اجرای این پوشش‌ها روی بتن‌های با عمر بالا و دیواره‌های شیب‌دار نیازمند تمهیدات خاص در مراحل طراحی، نصب، و نگهداری است. ارزیابی تلفات آب در استخر با پوشش ژئوممبران نیز نشان می‌دهد که طراحی مناسب و اجرای دقیق اتصالات در محل اجزای جانبی استخر، تا حد چشمگیری میزان نشت را کاهش می‌دهد. همچنین نتایج نشان داد که اجرای مناسب ژئوممبران و آب‌بندی صحیح این اجزا، نشت آب از استخر را به حد ۱۶/۹ میلی‌متر در روز بر مترمربع محدود می‌کند.

واژه‌های کلیدی

آزمون نشت، استخر بتنی، تلفات آب، ورقه ژئوممبران

مقدمه

مخازن ذخیرهٔ آب بتنی نقش مؤثری در تنظیم مصارف آب در بخش کشاورزی دارند. با توجه به افزایش روزافزون مصارف آب و محدودیت منابع آبی موجود، حفظ آب و کاهش تلفات از مخازن ذخیره و کانال‌های انتقال آب، به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، اهمیت ویژه‌ای دارد. بر اساس تحقیقات USBR، کانال‌های پوشش نشده، تا ۵۰ درصد آب انتقالی خود را از طریق نشت از دست می‌دهند (Ivy & Narejo, 2003). تاکنون روش‌هایی متعدد برای کنترل و کاهش نشت از کانال‌ها و مخازن آب به کار گرفته شده است نظیر استفاده از بستر رسی متراکم شده، کاربرد مواد پراکنده‌ساز مانند کربنات-سدیم، پوشش‌های بتنی و غیره. در این میان، پوشش بتنی به دلیل دوام بیشتر، نسبت به سایر روش‌ها مورد توجه بیشتری بوده است. تجربه نشان داده که مخازن ذخیره و استخرهای ذخیره آب بتنی مرسوم برای شرب و در بخش کشاورزی، در صورت رعایت اصول طراحی و اجرا، دوام مناسبی دارند و می‌توانند در کنترل نشت

Archive of SID
www.SID.ir

کارآیی قابل قبول از خود نشان دهند. برای مثال، نفوذپذیری دال‌های بتنی بعد از ۲۸ روز در تخلخل ۲۸ درصد، به کمتر از $۱۰^{-۱۳}$ متر بر ثانیه نیز می‌رسد (Whitting & Walitt, 1988)، با این حال دلایل متفاوت ممکن است کارآیی این سیستم‌ها را در کنترل نشت محدود کند. برخی عوامل مثل هزینه‌های زیاد اجرا، مشکلات ناشی از تخریب و ترک‌خوردگی پوشش بتنی، گسترش ترک‌ها به دلایلی نظیر کیفیت نامناسب بتن استفاده شده، کیفیت نامناسب اجرایی و فرسودگی بتن، و عملکرد نامناسب واتر استاپ‌ها باعث افزایش نشت شده و در نهایت کاهش کارآیی مخازن آب را به دنبال دارد.

کاهش تلفات آب از سازه‌های انتقال و ذخیرهٔ آب کشاورزی، علاوه بر افزایش راندمان ذخیره و انتقال آب، به کاهش زمان انتقال آب و آبیاری کمک می‌کند و ضمن افزایش تولیدات کشاورزی، هزینهٔ تولید را نیز کاهش خواهد داد. بنابراین، یکی از راه‌های مهم در استفادهٔ بهینه از منابع آب و خاک، استفاده از کانال‌ها و استخرها با پوشش‌های مناسب است تا آب از منابع به محل مصرف به طریق مطمئنی منتقل و توزیع شود. در این‌صورت، پوشش کانال‌ها و مخازن می‌تواند به طور مؤثری در بهبود بهره‌وری از آب مشارکت نماید (Schultz & De Wrachien, 2002). امروزه پوشش‌های مرسوم کانال‌ها و استخرهای ذخیرهٔ آب در شبکه‌های آبیاری، که معمولاً از بتن هستند و برای آن‌ها سرمایه‌گذاری‌های کلان شده است، به خوبی شناخته شده‌اند و بهره‌برداری و نگهداری از آن‌ها هم ساده به نظر می‌رسد. با این حال شواهد نشان می‌دهد که روش‌های مرسوم استفاده از پوشش‌های سخت به منظور کاهش نشت از کانال‌ها و مخازن ذخیره آب در برخی موارد کارآیی مورد انتظار را ندارند و در اغلب موارد نیز کمبود آب یا مشکلات زهکشی ناشی از تلفات نشت از کانال‌ها (یا مخازن ذخیرهٔ آب) تشدید می‌شود (Rahimi *et al.*, 2007). برای نمونه، به رغم دوام مناسب پوشش‌های بتنی، کارآیی بلندمدت آن‌ها در کنترل نشت به دلیل بروز ترک‌های تصادفی می‌تواند محدود شود (Swihart and Haynes, 2002). از سوی دیگر، روش‌های سنتی اجرای پوشش نظیر پوشش متراکم رسی یا بتن نفوذناپذیر روی برخی از خاک‌ها مانند خاک‌های گچی، ماسه‌ایی، رمبنده و ... قابل اجرا نیست و می‌تواند هزینه‌های سنگین تعویض خاک را به پروژه تحمیل کند. بنابراین، یک نوع پوشش را نمی‌توان برای تمام شرایط پیشنهاد کرد (Snell, 2001). در این شرایط، بهبود بهره‌وری از آب منوط به کاهش تلفات آب است. برای کاهش تلفات نشت آب از مخازن بتنی، از روش‌های متعدد نظیر درزبندی با تزریق اورتان تحت فشار و کاربرد واتر استاپ‌ها، درزبندها، چسب و ماستیک آب‌بندی و ... می‌توان استفاده کرد. یکی از این روش‌های کاهش تلفات نشت آب از مخازن ذخیره و استخرهای ذخیرهٔ آب، وقتی میزان نشت قابل توجه باشد، استفاده از ژئوسنتتیک‌ها به خصوص ژئوممبران‌های پلیمری است. ژئوسنتتیک‌ها آن بخش از مصالح ساختمانی هستند که در صنایع نساجی و شیمی تولید می‌شوند (Rahimi *et al.*, 2007). ژئوممبران‌ها ورق‌های پلیمری انعطاف‌پذیر هستند که بیشتر به عنوان پوشش نسبتاً ناتراوا در موقعیت‌های مختلف (مخازن و منابع آب، فرآوری سیالات، محدود کردن نشت مخازن سیالات مختلف و مایعات صنعتی آلوده) به کار می‌روند (Scheirs, 2009). ویژگی‌های این مواد به خصوص ژئوممبران‌ها که انعطاف‌پذیری و نفوذپذیری بسیار پایین دارند باعث شده که به عنوان مصالح جدید در طرح‌های آب و خاک و در آب‌بندی استخرها، مخازن و کانال‌های آب به کار گرفته شوند (Rahimi *et al.*, 2004).

علاوه بر آن، ژئوممبران‌ها به دلیل خصوصیات دیگری نظیر سهولت اجرا، زمان اجرای کم، و پایداری مناسب می‌توانند به عنوان گزینه‌ای برای پوشش‌دار کردن مخازن ذخیرهٔ آب دارای نشت در نظر گرفته شوند. در کشور ما به دلیل پایین بودن نسبی تجربه ساخت و بهره‌برداری از این پوشش‌ها، استفاده از این مصالح می‌تواند با مشکلاتی همراه باشد (Ghorbani *et al.*, 2006).

Archive of SID

www.SID.ir

یکی از ویژگی‌های ذاتی ژئوممبران‌ها، نفوذپذیری بسیار پایین آن‌ها در برابر محدوده‌ای وسیع از گازها، بخارها، و مایعات است (Anon, 2006). ژئوممبران دست نخورده و آسیب ندیده، عملاً در برابر جریان سیالات نفوذناپذیر محسوب می‌شود (Weber, 2008). برای نمونه، نفوذپذیری ژئوممبران‌های HDPE و PVC به ترتیب در محدوده 10^{-15} و 10^{-12} سانتی‌متر بر ثانیه قرار دارد (Scheirs, 2009) که این مقدار به طور معنی‌داری از هدایت هیدرولیکی بیشتر خاک‌ها کمتر است (Koerner, 1998)؛ با توجه به نفوذپذیری 10^{-9} سانتی‌متر بر ثانیه برای بتن تخریب نشده (Aldea *et al*., 1999)، نفوذپذیری ژئوممبران‌های یاد شده حداقل ۱۰۰۰ بار از نفوذپذیری متوسط بتن کمتر است. ورق‌های نازک پلاستیک پلی‌اتیلن به دلیل هزینه‌های پایین، نصب سریع، و طول عمر مناسب، ممکن است گزینه‌ای در برابر بتن معمولی، صفحات بتنی، و پوشش‌های آجری کانال‌ها باشد (Branscheid,1997). اما این کارآیی در کاهش نشت تابعی از عوامل مختلف به خصوص شرایط اجرایی و نگهداری و بهره‌برداری است. در زمینه ژئوممبران‌ها و کاربرد این مصالح در کانال‌های انتقال آب تحقیقات قابل توجهی شده است (Ghorbani *et al*., 2006؛ Sattari & Swihart Snell, 2001؛ Anon, 2003؛ Pourmehr, 2007 & and Haynes, 2002) اما دربارهٔ کاربرد این مصالح در استخرهای ذخیره آب ارزیابی جامعی وجود ندارد.

ژئوممبران‌ها همانند سایر مصالح ژئوسنتتیک از لحاظ مواد اولیهٔ مورد استفاده و قابلیت کنترل کیفی در مراحل تولید، نسبت به مصالح مرسوم مورد استفاده در آبیاری و زهکشی یکنواختی بالاتری دارند اما مثل مصالح دیگر، اجرای مناسب پوشش‌های ژئوسنتتیک فاکتوری اساسی جهت بهره‌گیری از کارآیی آن‌ها در کنترل نشت آب است (Movahedan *et al*., 2010). هدف از این تحقیق، بررسی مسائل اجرایی و بهره برداری از استخر ذخیرهٔ آب کشاورزی بتنی است که با لایه‌ای از ژئوممبران پلیمری از نوع HDPE لاینینگ شده است. کارآیی استفاده از این نوع پوشش در کنترل نشت آب از این استخر در شرایط متفاوت نیز ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

مخزن ذخیرهٔ آب مورد تحقیق شامل استخری بتنی برای ذخیرهٔ آب کشاورزی با ابعاد ۴۰ × ۴۰ متر در کف و ۶۲ ×۶۲ متر در تاج با شیب دیوارهٔ ۱ به ۳ (قائم به افقی) و حجم مفید ۱۰۰۰۰ مترمکعب است که به منظور تنظیم و ذخیرهٔ آب آبیاری برای مزرعه‌ای ۵۰۰ هکتاری واقع در منطقهٔ کرج از آن استفاده می‌شود. مخزن آب مورد نظر در خاکریزی واقع شده و آب از طریق سه لولهٔ فلزی به قطر ۲۰ سانتی‌متر (هر یک منشعب از یک چاه آب) وارد آن می‌شود. لوله‌های ورودی در داخل حوضچه‌ای به ابعاد ۱×۳ متر و عمق ۱ متر قرار دارند. کف حوضچه نسبت به کف استخر ۱ متر عمیق‌تر است. لولهٔ خروجی از استخر نیز به قطر ۱۶ اینچ در همین حوضچه قرار دارد که مانند حوضچهٔ مکش عمل می‌کند. استخر بتنی با عمری حدود ۳۰ سال، با مشکلات عمده‌ای نظیر نشت فراوان آب به دلیل وجود درز و ترک در بتن دیواره‌ها، نشست و تخریب بتن، رویش علف‌های هرز، و رسوب زیاد روبه‌رو است. با توجه به میزان زیاد نشت از استخر از یک سو و کمبود آب از سوی دیگر (و یا به عبارت بهتر مسائل موجود در بهره‌برداری و نگهداری)، اصلاح وضع موجود استخر در دستور کار قرار گرفت. به دلائلی چند تصمیم گرفته شد از پوشش ژئوممبران استفاده شود از جمله: تنگ بودن فرصت (ناممکن بودن قطع بهره‌برداری به مدت طولانی)، ارزان بودن، تهیه و حمل آسان‌تر، قابلیت دسترسی بهتر، سادگی کاربرد، دارا بودن عملکرد بالا از نظر کنترل نشت و برخورداری از دوام مناسب.

به منظور انتخاب نوع ژئوممبران مناسب، ابتدا ویژگی انواع ژئوممبران در دسترس، بررسی شد. با توجه به آن‌که ژئوممبران‌ها عموماً متشکل از مولکول‌های خطی از گروه‌های تکراری هستند، ویژگی‌های آن‌ها نیز تا حدی تابعی از این گروه‌های تکراری است. مثلاً پلی اتیلن

Archive of SID
www.SID.ir

سخت یا HDPE، متشکل از مولکول‌های خطی از گروه‌های تکراری CH_2 است و به واسطهٔ ساختار متقارن و منظمش، بلوری شکل و نسبتاً خشک است اما با جایگزینی یکی از اتم‌های هیدروژن با یک گروه حجیم متیل (همانند پلی‌پروپیلن انعطاف‌پذیر یا fPP) یا حتی با یک اتم کلر حجیم‌تر (برای مثال در PVC)، شکل بلوری پلیمر به هم می‌ریزد و ماده انعطاف‌پذیرتر می‌شود. در جدول ۱ ویژگی‌های ۵ نوع ژئوممبران شامل پلی‌اتیلن سخت (HDPE)، پلی‌اتیلن سبک خطی (LLDPE)، پلی‌پروپیلن انعطاف‌پذیر (fPP)، پی‌وی‌سی (PVC)، و لاستیک بوتیل (Butyl rubber) ارائه شده است.

جدول ۱- مقایسهٔ ویژگی‌های برخی از ژئوممبران‌ها (Scheirs, 2009)

نوع ژئوممبران	مزیت‌ها	معایب
HDPE	مقاومت شیمیایی وسیع مقاومت جوش خوب و قیمت نسبی بالا. ویژگی‌های خوب در دمای پایین	پتانسیل برای شکاف در اثر تنش. انبساط حرارتی بالا و مقاومت پایین در برابر سوراخ شدن. ویژگی‌های کرنش چند محوری ضعیف
LLDPE	انعطاف‌پذیری بهتر از HDPE. گستردن ساده‌تر از HDPE ویژگی‌های کرنش چند محوری خوب می‌تواند در کارخانه ساخته و تا زده شود بنابراین درزهای صحرایی کمتری دارد.	مقاومت به UV کمتر از HDPE. مقاومت شیمیایی کمتر از HDPE
fPP	ویژگی‌های مقاومت چند محوری عالی و مطابقت خوب در اجرا	محدودیت مقاومت به هیدروکربن‌ها و کلریدهای موجود در آب
PVC	گسترده شدن و کارکرد خوب سادگی درزبندی. می‌تواند تا زده شود، درزهای صحرایی کمتری دارد	مقاومت کم به UV و ازن مگر آنکه با فرمولاسیون خاصی تهیه شود. مقاومت کم در برابر هوازدگی. کارآیی ضعیف در دماهای پایین و بالا
Butyl rubber	مقاومت خوب به UV و هوازدگی. مقاومت خوب به ازن	مقاومت کم در برابر پاره‌شدگی، مقاومت کششی پایین. مقاومت پایین به هیدروکربن‌ها و سختی درزبندی

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در استخرهای ذخیرهٔ آب کشاورزی کشور، عمدتاً از ژئوممبران HDPE با ضخامت بیشتر از ۱ میلی‌متر استفاده شده است (Movahedan *et al.*, 2010). بنابراین ژئوممبران HDPE سیاه رنگ با ضخامت ۱/۵ میلی‌متر به منظور پوشش انتخاب گردید که همراه با یک لایه ژئوتکستایل روی بتن بستر قرار می‌گیرد. مشخصات مصالح انتخابی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات عمومی پوشش ژئوسنتتیک استخر ذخیرهٔ آب.

پارامتر	مشخصات
جنس پوشش	یک لایه ژئوتکستایل و ژئوممبران روباز
مشخصات ژئوتکستایل	ژئوتکستایل نبافته سبز رنگ ساخت داخل با وزن ۵۰۰ گرم بر مترمربع
مشخصات ژئوممبران	HDPE سیاه رنگ صاف به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر ساخت خارج
سطح پوشش شده	۵۰۰۰ متر مربع

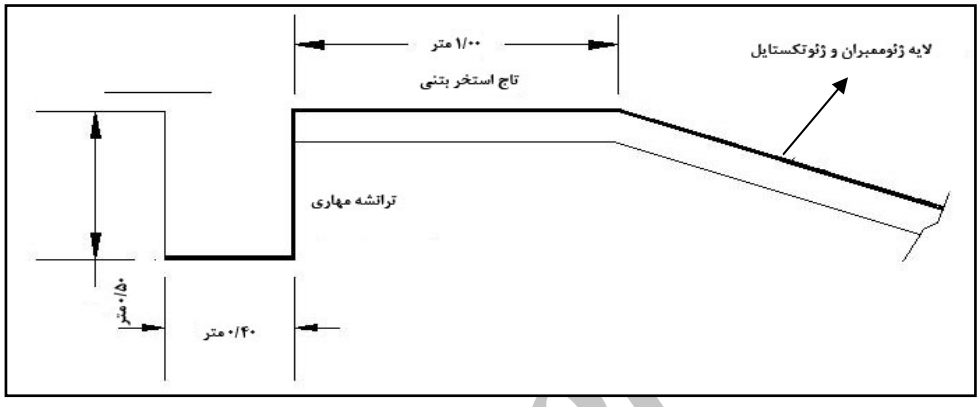
قبل از نصب ژئوتکستایل روی بستر بتنی، ابتدا تمام رسوبات به بیرون از استخر منتقل و علف‌های هرز موجود حذف شدند. در مرحلهٔ بعد با ملات ماسه سیمان ترک‌های بزرگ درزگیری و حفره‌ها پر شدند. پس از

Archive of SID

www.SID.ir

آماده‌سازی بستر، رول‌های ژئوتکستایل و ژئوممبران به محل پروژه حمل و به داخل استخر منتقل گردیدند. پیش از آغاز مراحل نصب و به منظور ارزیابی مشخصات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی مصالح ژئوسنتتیک، نمونه‌هایی از رول‌های ژئوممبران و ژئوتکستایل تهیه و در آزمایشگاه بررسی شد.

پس از تأیید کیفیت، این مصالح به کار گرفته شدند. ابتدا ژئوتکستایل‌ها روی استخر گسترده و سپس محل‌های همپوشانی آن‌ها به یکدیگر متصل گردید. لایهٔ ژئوتکستایل و ژئوممبران نصب شده بر روی استخر، در ترانشه مهاری ایجاد شده در تاج استخر، مهار شد (شکل ۱).



شکل ۱- ترانشهٔ مهاری حفر شده و لایه ژئوممبران و ژئوتکستایل نصب شده روی استخر.

در ژئوتکستایل، همپوشانی‌ها (حداقل ۱۵ سانتی‌متر) با استفاده از جوش هوای داغ به یکدیگر اتصال یافتند و در مرحلهٔ بعد رول‌های ژئوممبران با دستگاه جوش گوهٔ مضاعف (با همپوشانی حداقل ۱۰ سانتی‌متر)، به یکدیگر متصل شدند. به منظور مهار و تثبیت ژئوممبران روی استخر، ابتدا از تسمه‌های فلزی و میخ فولادی در تاج استخر استفاده شد اما به دلیل مسائل اجرایی و با توجه به شیب زیاد دیواره‌های استخر، لبه‌های بالایی ژئوتکستایل و ژئوممبران با ترانشه مهاری تثبیت شدند (شکل ۱). پس از اتصال تمام ژئوممبران‌ها و مهار آن‌ها، ترانشهٔ حفر شده با استفاده از ماشین پر و به صورت دستی هموار شد. در حوضچه کف استخر نیز به دلیل وجود لوله‌های ورودی و خروجی در یکی از دیواره‌ها از نئوپرن، تسمهٔ فلزی، و میخ فولادی استفاده شد (شکل ۲).

بدین ترتیب استخر برای بهره‌برداری آماده و آبگیری شد.

شکل ۲- حوضچهٔ کف استخر و موقعیت لوله‌های ورودی و لولهٔ خروجی در آن بعد از پوشش.

Archive of SID
www.SID.ir

مسائل مربوط به طراحی

با توجه به تعداد زیاد ژئوممبران‌های پلیمری موجود در بازار، انتخاب نوع مصالح که با در نظر گرفتن کاربرد مورد نظر، مناسب‌ترین کارآیی را داشته باشد اهمیت خاصی دارد زیرا انواع ژئوممبران ویژگی‌های متفاوت دارند که بر چگونگی نصب، دوام، طول عمر، و کارآیی کلی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. در پروژهٔ مورد نظر، انتخاب نوع ژئوممبران با توجه به تجربه‌های موجود کشور انتخابی مناسب بود اما در خصوص فاکتورهای نصب ژئوممبران باید دقت بیشتری می‌شد؛ برای مثال، در طراحی مهار ژئوممبران در تاج استخر، تسمهٔ فلزی و میخ فولادی لحاظ شده بود که در عمل دیده شد این اتصالات به دلائلی مانند عمر بالا و کیفیت پایین بتن در تاج، کیفیت لازم را ندارند، از جمله میخ‌های فولادی استحکام لازم را نداشتند (شکل ۳).

شکل ۳- کیفیت نامناسب اتصال میخ‌های فولادی و جدا شدن پوشش اضافی اجرا شده در ورودی کف استخر.

همچنین برای آب‌بندی در حوضچهٔ کف استخر استفاده از نئوپرن و تسمه و میخ فولادی در نظر گرفته شده بود، اما همان‌گونه که بعداً اشاره خواهد شد، در عمل این سیستم باید کلاً تغییر داده می‌شد زیرا کارآیی مورد انتظار را برآورده نمی‌کرد (شکل ۳). بنابراین لازم است در خصوص عملکرد هر پروژه روش‌های طراحی با معیارهای لازم مطابقت داشته باشد. در این پروژه در نهایت از ترانشهٔ مهاری در تاج استخر، و برای آب‌بندی حوضچهٔ کف استخر نیز از روش مناسب دیگری استفاده شد که در بخش اجزای جانبی استخر بدان اشاره شده است. در هر حال، نکتهٔ مهم آن است که ژئوممبران (به خصوص ژئوممبران HDPE یا پوشش دهنده‌ها) باید به عنوان یک مانع در برابر آب در نظر گرفته شود و به هیچ‌وجه نباید به عنوان عاملی برای تحمل تنش لحاظ گردد و هدف از طراحی مناسب باید آن باشد که تنش‌ها را در ژئوممبران به حداقل برساند. نکتهٔ دیگر آنکه آزمون‌های شاخص[1] رایج در کشور برای ژئوممبران‌ها که در این پروژه نیز اجرا شده‌اند عبارت‌اند از شاخص جریان مذاب[2] (MFI)، میزان و پخش کربن سیاه، زمان القای اکسایش[3] (OIT)، آزمون تعیین ضخامت، و آزمون کشیدگی[4] و آزمون‌های عملکردی[5] به ندرت استفاده می‌شوند.

جابه‌جایی و آماده سازی بستر

ژئوسنتتیک‌ها نیز مانند سایر مصالح نیازمند استفاده از روش‌های مناسب در جابه‌جایی و نگهداری هستند. استفاده از روش‌های نامناسب در جابه‌جایی، ضمن آسیب رساندن به مصالح، در مراحل بهره‌برداری نیز اختلال ایجاد خواهد کرد. با توجه به بزرگی ابعاد و وزن زیاد رول‌های ژئوممبران (عرض ۷ متر، طول ۱۴۰ متر و وزن ۱۴۰۹ کیلوگرم)، جابه‌جایی آن‌ها با استفاده از تسمه باعث تمرکز تنش در وسط رول‌ها و کشیدگی بیش از حد در این ناحیه می‌شود. بنابراین باید از دو تسمه با فاصلهٔ مناسب استفاده

1- Index test
2- Melt Flow Index
3- Oxidation Induction Time
4- Tensile test
5-Performance test

www.SID.ir

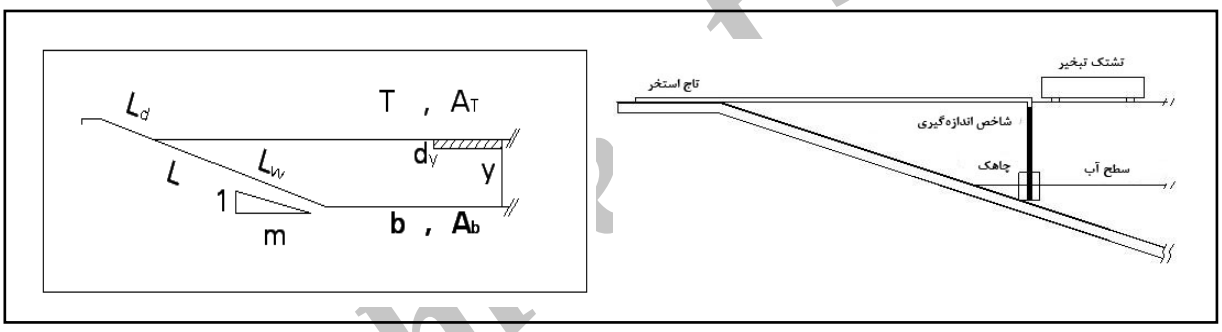
شود تا تنش کمتری به ژئوممبران وارد آید. روش انتقال مصالح به داخل استخر نیز می‌بایستی به روش مناسبی صورت گیرد. در پروژه مورد نظر، به دلیل سختی انتقال مستقیم به داخل استخر، رول‌ها ابتدا به لبهٔ استخر انتقال یافته و رها شدند تا در داخل استخر قرار گیرند. این روش انتقال باعث آسیب‌دیدگی لایه‌های رویی رول‌ها شد از جمله فرورفتگی سنگ‌ریزه‌های موجود در استخر، سوراخ‌شدگی، خراش افتادگی، و تاشدگی لبه‌های ژئوممبران. کلیه قسمت‌های آسیب دیده قبل از اجرا حذف شدند.

اندازه‌گیری تلفات آب

میزان تلفات آب از استخر به روش ایستی[۶] اندازه گیری شد. بدین منظور پس از اتمام مراحل اجرای پوشش ژئوممبران در طرح مورد بررسی، استخر تا تراز نرمال آبگیری و تغییرات رقوم سطح آب در استخر طی ۲۴ ساعت (d_y) با نصب چاهک مشاهداتی و شاخص در گوشه‌ای از استخر بر حسب میلی‌متر ثبت شد (شکل ۴).

با تعیین سطح آزاد استخر (A_T)، میزان تغییرات حجم استخر در طول آزمون (d_v) تعیین گردید.

پارامترهای استخر برای اندازه‌گیری تلفات آب، در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ٤- اندازه گیری تلفات آب در استخر و پارامترهای مربوط آن.

با توجه به آن‌که لولهٔ خروجی از استخر به ۲۴ شیر آبگیری در مزرعه متصل شده است، مقدار نشت آب ناشی از عملکرد نامناسب آن‌ها، در این مدت زمان به روش حجمی اندازه گیری شد (V_V). برای تعیین میزان تبخیر آب از سطح آزاد استخر، از تشتک تبخیر کلاس A استفاده شد تا ارتفاع خالص تبخیر (h_e) طی ۲۴ ساعت و حجم تلفات تبخیر (V_E) مشخص شود (شکل ۴). حجم و ارتفاع خالص نشت آب از استخر با پوشش ژئوممبران از رابطه‌های (۱) و (۲) تعیین گردید.

$$V_{Leak} = d_v - V_V - V_E \qquad (۱)$$

$$I = (V_{Leak} / A_w) \times 1000 \qquad (۲)$$

که در آن،

V_{Leak} = حجم تلفات آب ناشی از نشت از ژئوممبران (مترمکعب)؛ d_v = تغییرات حجم آب استخر در طول آزمون (مترمکعب)؛ V_V = حجم تلفات آب از شیرهای مزرعه (مترمکعب)؛ V_E = حجم تلفات تبخیر و بادبردگی از سطح آزاد استخر (مترمکعب)؛ A_w = مساحت خیس شده ژئوممبران (مترمربع)؛ و I = ارتفاع خالص نشت آب در واحد سطح (متر در روز بر مترمربع) است (تماماً برای ۲۴ ساعت).

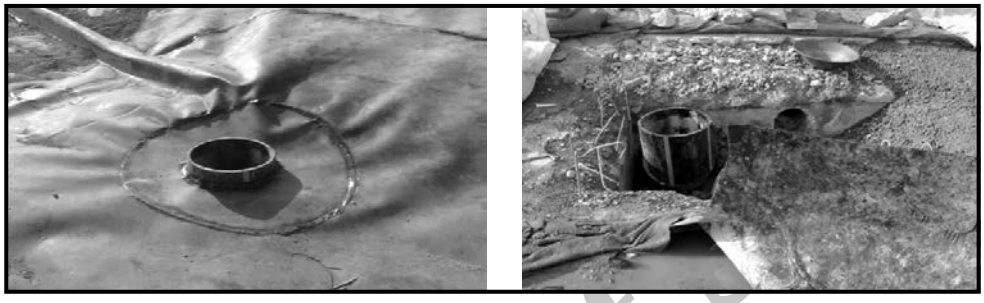
جدول ۳، پارامترهای مختلف استخر همراه با تعریف‌ها و محدودهٔ تغییرات آن‌ها را نشان می‌دهد. مرحلهٔ

www.SID.ir

دوم آزمون نشت، پس از اصلاحات در حوضچه اجرا شد. این اصلاحات شامل پوشاندن کامل حوضچهٔ کف استخر با پوشش یکپارچه و آب‌بندی دور لوله‌ها با حلقه‌های فلزی، و استفاده از نوار آب‌بند بود. مرحلهٔ سوم نیز شامل پر کردن حوضچهٔ کف استخر و جایگزینی آن با یک لوله در کف استخر، و آزمون نشت بود (شکل ۵).

آزمون نشت در هر سه مرحله تکرار و در هر مرحله ارتفاع خالص نشت بر حسب میلی‌متر در روزبر مترمربع (I) تعیین شد.

پارامترهای مورد استفاده در تعیین میزان نشت خالص و محدوده تغییرات آن‌ها در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۵- حذف حوضچه، جایگزینی لولهٔ خروجی با اتصال زانویی و لولهٔ پلی اتیلن به آن و اتصال ژئوممبران به این لوله.

جدول ۳- علائم، تعریف‌ها و محدودهٔ تغییرات پارامترهای مربوط به استخر

ردیف	علامت	رابطه	دامنهٔ تغییرات
عرض کف (متر)	b	-	40
شیب دیواره	m	-	3
عمق (متر)	y	-	$0 \le y \le 4$
تغییرات عمق آب (متر)	d_y	-	$0 \le d_y \le 4$
طول خشک شیب (متر)	L_d	-	$0 \le L_d \le 12.5$
مساحت کف استخر(مترمربع)	A_b	b^2	1600
عرض سطح آزاد (مربع)	T	b+2my	$40 \le T \le 64$
مساحت سطح آزاد استخر (مربع)	A_T	T^2	$1600 \le A_T \le 4096$
طول شیب (مربع)	L	$b+2my_{max}$	12.5
طول تر شیب (مربع)	L_w	$y(1+m^2)^{0.5} = L - L_d$	$0 \le L_w \le 12.5$
مساحت خشک استخر(مربع)	A_d	$2L_d(T+T_{max})$	$0 \le A_d \le 2600$
مساحت تر شده استخر (مربع)	A_w	$A_b+2L_w(b+T)$	$0 \le A_d \le 4200$
حجم استخر (مربع)	V	$y(A_b+A_T)/2$	$0 \le T \le 11392$
تغییرات حجم استخر(مترمکعب)	d_V	$(A_T+2md_y(md_y-T))d_y$	$0 \le T \le 11392$
تلفات آب از شیرهای مزرعه (مترمکعب)	V_V	-	-
ارتفاع تبخیر از سطح آزاد آب (متر)	h_E	-	-
حجم تبخیر از سطح آزاد استخر(مترمکعب)	V_E	$(A_T+2m\,h_E\,(m\,h_E-T))\,h_E$	-
حجم خالص نشت آب از استخر(مترمکعب)	V_{leak}	$d_V-V_V-V_E$	-
ارتفاع خالص نشت از استخر (متر در روز بر مترمربع)	I	$1000\times V_{leak}/A_w$	-

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

در این تحقیق ابتدا مسائل مربوط به کاربرد پوشش ژئوممبران روی بستر بتنی (استخر ذخیرهٔ آب کشاورزی) بررسی و پس از آن کارآیی این سیستم در کنترل نشت آب از سیستم ارزیابی شد. بررسی دقیق‌تر پروژهٔ مورد نظر با استفاده از ژئوممبران نشان داد که در مراحل مختلف اجرای پروژه مسائل متعددی وجود دارد که برای بهره‌مندی مناسب از مزایای ژئوممبران‌ها لازم است به این مسائل توجه ویژه شود. به همین دلیل ابتدا مسائل موجود در مراحل مختلف طراحی، انتخاب مصالح، آماده سازی بستر، نصب، کنترل کیفی و بهره‌برداری بررسی و پس از آن میزان نشت آب از پوشش ژئوممبران استخر ارائه شد. نتایج آزمون‌های عملکردی مصالح مورد استفاده شامل مقاومت کششی، مقاومت به پارگی، تغییر طول، شاخص جریان مذاب و زمان القای اکسایش در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ٤- نتایج آزمون ورق ژئوممبران مورد استفاده (HDPE صاف با ضخامت ۱/۵ میلی‌متر)

عنوان آزمون	روش آزمون بر اساس استاندارد ASTM	نتیجه آزمون	محدوده مناسب بر اساس استاندارد GRI (Anon, 2011)
شاخص جریان مذاب MFI (۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۲/۱۶ کیلوگرم)، (گرم بر ۱۰ دقیقه)	D1238	۰/۰۶	<۱/۰
شاخص جریان مذاب MFI (۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۵ کیلوگرم)، (گرم بر ۱۰ دقیقه)	D1238	۰/۳۱۶	<۱/۰
دانسیته (گرم بر متر مکعب)	D792	۰/۹۴۸	>۰/۹۴۰
مقدار دوده (درصد)	D1603/D4218	۲/۳۱	۲/۰-۳/۰
میانگین استحکام پارگی (نیوتن)	D1004	۲۴۳/۵۳	>۱۸۰
میانگین استحکام کششی (نیوتن بر متر)	D6693	۳۶/۰۴	>۲۲
میانگین ازدیاد طول نسبی در نقطهٔ پارگی (درصد)	D6693	۶۷۲/۵۹	>۷۰۰
زمان القای اکسایش OIT (دقیقه)	D3895	۵۶/۱	>۱۰۰

ارزیابی نتایج آزمون در جدول ۴ نشان می‌دهد که مصالح مورد نظر مشخصات قابل قبولی دارند. با این حال لازم است یادآوری گردد که چنین آزمون‌هایی بیشتر برای کنترل کیفی و انتخاب بهترین مصالح از میان چند نوع موجود، مناسب است. بی‌توجهی به آزمون‌های عملکردی و صحرایی، ناشی از نبود استاندارد مدون استفاده از ژئوسنتتیک‌ها و مجهز نبودن آزمایشگاه‌ها به دستگاه‌های آزمون بزرگ مقیاس[1] و صحرایی است که برای شناخت عملکرد مصالح در محل پروژه و به هنگام نصب، مؤثرتر هستند. این امر به ویژه در مورد محصولات جدید (داخلی و خارجی) که شناخت کمتری نسبت به آن‌ها وجود دارد اهمیت ویژه‌ای دارد.

پوشش ژئوممبران در اجزای جانبی استخر

اجزا یا تجهیزات جانبی استخر شامل حوضچه‌ها یا لوله‌های ورودی و خروجی آب است. یکی از مهمترین مسائل در کاربرد ژئوممبران‌ها، اتصال مناسب لایهٔ ژئوممبران به اجزای استخر و آب‌بندی در این قسمت‌هاست. در این پروژه، ابتدا تمام حوضچهٔ کف استخر به جز لوله‌های ورودی و خروجی با ژئوممبران پوشانده و درزها با دستگاه جوش اتوماتیک به هم متصل شدند. دور لوله‌های ورودی و خروجی نیز با استفاده از نوار لاستیکی، تسمهٔ فلزی و میخ فولادی آب‌بندی شد (شکل ۳). اما در عمل مشاهده گردید که استفاده از این روش در چنین موقعیتی مناسب نیست. دلیل این امر وجود

1-Large scale test

Archive of SID
www.SID.ir

زوایای تند در حوضچه است که مانور دستگاه جوش را در این نواحی مشکل می‌کند و جوش‌ها در این ناحیه‌ها اتصال مناسبی نخواهند داشت. بنابراین، وجود درز و نشت آب از این نواحی کاملاً محتمل است. بررسی‌های بعدی این مسئله را تأیید کرد. مشاهدات نیز متصل نبودن درزها را در گوشه‌های حوضچه تائید کرد. به دلیل جریان شدید آب در محل لوله‌های ورودی و خروجی، امکان اعمال تنش و جداشدن نوارهای فلزی در این ناحیه وجود دارد. در چنین مواقعی باید اجزای جانبی اصلاح یا ژئوممبران به صورتی مناسب به این لوله‌ها متصل شود. یک راه حل به منظور اتصال ژئوممبران به لوله فلزی، استفاده از خرطومی[1] از جنس ژئوممبران است و در این حالت نیز لازم است ژئوممبران زیر خرطومی در تماس با بستر زیرین باشد. به دلیل بروز مسائل ناشی از عملکرد نامناسب در محل حوضچه به ناچار در این پروژه حوضچه از استخر حذف شد و به جای آن لوله‌های ورودی از بالای استخر آب را به استخر می‌ریختند و لولهٔ خروجی با استفاده از یک زانویی پلی‌اتیلن به کف استخر آورده و ژئوممبران به این لوله جوش داده شد (شکل ۵).

ارزیابی تلفات از مخزن آب با پوشش ژئوممبران

نتایج حاصل از آزمون‌های نشت در مراحل مختلف، در جدول ۵ خلاصه شده است.

جدول ۵- نتایج آزمون‌های نشت از استخر با پوشش ژئوممبران به روش آب‌ایستی در مراحل مختلف

پارامتر	مشخصات آزمون		
	مرحلهٔ اول	مرحلهٔ دوم	مرحلهٔ سوم
نوع آزمون نشت	آب ایستی	آب ایستی	آب ایستی
زمان آزمون (ساعت)	۲۴	۲۴	۲۴
عمق آب (متر)	۳/۳۳	۳/۵۰	۳/۴۵
عرض سطح آزاد (متر)	۶۰/۰	۶۱/۰	۶۰/۷
مساحت سطح آزاد (مترمربع)	۳۶۰۰	۳۷۲۱	۳۶۸۴
تغییرات عمق آب استخر (متر)	۰/۱۲۰	۰/۰۵۳	۰/۰۲۱
ارتفاع خالص تلفات تبخیر از سطح استخر (متر)	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۸۴	۰/۰۰۳۵
تغییرات حجم استخر یا تلفات ناخالص آب (مترمکعب)	۴۲۷	۱۹۶	۷۷
حجم تبخیر و بادبردگی از سطح آزاد آب (مترمکعب)	۱۲	۳۱	۱۳
میزان تلفات آب از شیرها (مترمکعب)	۱۲۰	۵۹	۰
میزان تلفات خالص آب از پوشش ژئوممبران (مترمکعب)	۲۹۵	۱۰۶	۶۴
طول تر شیب (متر)	۱۰/۵	۱۱/۱	۱۰/۹
مساحت تر شده ژئوممبران (مترمربع)	۳۷۰۶	۳۸۳۶	۳۷۹۷
ارتفاع خالص نشت آب (متر بر روز بر مترمربع)	۷۹/۶	۲۷/۶	۱۶/۹
توصیهٔ فائو (FAO) برای میزان نشت مناسب (میلی‌متر در روز بر مترمربع)		۳۰	

جدول ۵ نشان می‌دهد که ارتفاع خالص نشت (I) در مراحل مختلف در محدوده ۷۹/۶-۱۶/۹ میلی‌متر در روز بر مترمربع تغییر کرده است. در مرحلهٔ اول یعنی پس از پوشش حوضچهٔ کف استخر با لاستیک آب‌بند و تسمه فلزی و میخ فولادی به دور لوله‌ها، میزان خالص نشت برابر ۷۹/۶ میلی‌متر در روز بر مترمربع به دست آمده است که اگرچه در مقایسه با مقدار نشت قبل از پوشش ژئوممبران (۲۰۰ میلی‌متر در روز بر مترمربع) مناسب به نظر می‌رسد،

1-Pipe boot

www.SID.ir

اما با توجه به نفوذپذیری بسیار پایین ژئوممبران‌ها قابل توجه است. پوشش کامل حوضچهٔ کف استخر با لایه‌ای یکپارچه و آب‌بندی دور لوله‌ها با حلقه‌ای فلزی و نوار آب‌بند (مرحله دوم)، مقدار خالص نشت را به ۲۷/۶ میلی‌متر در روز بر مترمربع کاهش داده است که با توجه به ناچیز بودن مساحت ژئوممبران حوضچه کف استخر نسبت به مساحت کل ژئوممبران استخر، نقش آب‌بندی مناسب این بخش را در کاهش نشت آب به خوبی نشان می‌دهد. مقدار نشت مرحلهٔ دوم در محدوده مناسبی قرار دارد (توصیه فائو، جدول ۵) اما با توجه به نفوذپذیری ناچیز ژئوممبران و به خصوص مسائل بهره‌برداری از استخر، نتایج اجرای مرحلهٔ سوم که در آن محل ورود و خروج لوله‌ها تغییر یافت نشان می‌دهد که مقدار نشت آب به ۱۶/۹ میلی‌متر در روز در هرمتر مربع ژئوممبران کاهش یافته است. این مقدار در مقایسه با مقدار نشت قبل از پوشش و نتایج حاصل از اجرای مراحل اول و دوم، و مقایسهٔ آن با آنچه فائو قابل قبول می‌داند (۳۰ میلی‌متر در روز در هر متر مربع) در محدوده کاملاً مناسبی قرار دارد که به خوبی کارآیی پوشش ژئوممبران خوب اجرا شده را در کنترل نشت نشان می‌دهد.

با توجه به نفوذپذیری بسیار پایین ژئوممبران‌ها این انتظار هست که مقدار نشت آب از مخازن و استخرهای ذخیره آب کشاورزی به صفر نزدیک شود. این انتظار به صورت تئوری پذیرفتنی است. در واقع بزرگترین نقطهٔ ضعف پوشش‌های ژئوممبران، علاوه بر حساس بودن به تخریب‌های مکانیکی، جوش ناقص و اتصال نامناسب در محل درزها است که احتمال بروز آن‌ها وجود دارد. با اجرای مناسب، مقدار نشت تا حد بسیار زیادی باید کاهش یابد. به منظور برآورد میزان تلفات نشت در مخازن آب از روش‌های آزمون صحرایی می‌توان استفاده کرد تا کیفیت جوش‌ها و اتصالات درزها بررسی شود. در بسیاری از پروژه‌ها جوش‌ها و اتصالات تنها به صورت ظاهری و با چشم کنترل می‌شود. آزمون نشت آب از پوشش ژئوممبران به روش آب‌ایستی می‌تواند در غیاب آزمون‌های بزرگ مقیاس، راه حل مناسبی جهت بررسی کیفیت اجرای پوشش ژئوممبران باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مسائل اجرایی پوشش ژئوممبران روی یک استخر بتنی فرسوده با نشت زیاد آب بررسی شد، نتایج نشان داد که در مراحل مختلف اجرای پروژه مسائل متعددی وجود دارد که بهره‌مندی مناسب از مزایای ژئوممبران‌ها را مختل می‌کند.

۱- انتخاب نوع ژئوممبران، با توجه به نتایج تجربی در دسترس، کاری است ساده اما در مورد فاکتورهای نصب ژئوممبران باید دقت بیشتری شده و نکات لازم در طراحی مهار ژئوممبران در تاج استخر و آب‌بندی اجزای جانبی در نظر گرفته شوند. همچنین با توجه به حساس بودن مصالح ژئوسنتتیک در برابر تخریب مکانیکی و تنش‌ها، لازم است که در جابه‌جایی‌ها و آماده سازی بستر احتیاط و از روش‌های مناسب استفاده شود تا آسیب دیدگی‌ها به حداقل برسد. در تمام مراحل حتی به هنگام بهره‌برداری نباید تنش اضافی بر ژئوممبران‌ها اعمال شود.

۲- برای ژئوممبران‌ها عمدتاً آزمون‌های شاخص در نظر گرفته می‌شود که بیشتر جهت کنترل کیفی و انتخاب بهترین مصالح است در حالی‌که آزمون‌های بزرگ مقیاس و آزمون‌های صحرایی برای شناخت عملکرد مصالح در محل اجرای پروژه و به هنگام نصب مؤثرتر هستند. بنابراین پیشنهاد می‌شود بر آزمون‌های بزرگ مقیاس و آزمون‌های صحرایی تأکید بیشتری شود. این پیشنهاد به خصوص برای محصولات جدید (داخلی و خارجی)، که شناخت کمتری نسبت به آن‌ها وجود دارد، با اهمیت است. بنابراین گسترش استفاده از مصالح ژئوسنتتیک در مخازن ذخیرهٔ آب ایجاب می‌کند که در خصوص کیفیت

Archive of SID

www.SID.ir

مصالح جدید استانداردهایی تدوین و آزمون‌های کنترل کیفی، بزرگ مقیاس، و صحرایی را اجرا شوند.

۳- یکی از مهمترین نکات در کاربرد ژئوممبران‌ها در استخرها، اتصال مناسب لایهٔ ژئوممبران به اجزا و تأسیسات جانبی استخر است. وجود زوایای تند، مانور دستگاه جوش را در این نواحی دشوار می‌کند و جوش‌ها در این قسمت‌ها اتصال مناسبی نخواهند داشت. بنابراین، در چنین شرایطی بهتر است این اجزا به صورت مناسبی اصلاح شوند. همچنین اتصال ژئوممبران به لوله‌های ورودی و خروجی، با یک خرطومی از جنس ژئوممبران انجام شود.

۴- آزمون‌های نشت نشان می‌دهد که اگر کیفیت اجرای پوشش استخر و روش مورد استفاده در اتصال ژئوممبران به اجزای جانبی استخر مناسب باشد، میزان نشت آب به مقدار چشمگیری کاهش خواهد یافت. این آزمون‌ها نشان دادند مقدار نشت در بهترین حالت به ۱۶/۹ میلی‌متر در روز در هر مترمربع ژئوممبران کاهش می‌یابد که در مقایسه با مقدار نشت قبل از پوشش و مراحل اول و دوم (به ترتیب ۲۰۰، ۷۹/۷ و ۲۷/۶ میلی‌متر در روز در مترمربع) کاهش نشت، قابل توجه بوده و میزان نشت در محدوده کاملاً مناسبی قرار دارد. این نتیجه نشان‌دهنده کارآیی بالای پوشش ژئوممبران خوب اجرا شده، در کنترل نشت آب است.

نتایج این تحقیق، کارآیی قابل قبول پوشش ژئوممبران خوب اجرا شده را در کنترل تلفات آب نشان می‌دهد. بنابراین پوشش‌های ژئوممبران از طریق کاهش تلفات آب می‌توانند در بهبود بهره‌وری آب کشاورزی موثر باشند. همچنین انجام آزمون نشت آب از پوشش ژئوممبران به روش آب‌ایستی می‌تواند راه حل مناسبی جهت بررسی کیفیت اجرای پوشش ژئوممبران باشد. با این حال، ارزیابی کارآیی درازمدت و مسائل بهره‌برداری و نگهداری از پوشش‌های ژئوممبران ضروری به نظر می‌رسد.

مراجع

Aldea, C. W., Shah, S. P. and Karr, A. F. 1999. Permeability of cracked concrete. J. Materials Struct. 32(219): 370–376.

Anon. 2003. Irrigation water conveyance ditch and canal lining, flexible membrane. conservation practice standard. Natural Resources Conservation Service. USDA.

Anon. 2006. Standard guide for selection of test methods to determine rate of fluid permeation through geomembranes for specific applications. ASTM D-5886.

Anon. 2011. GRI Test Methods GM13. Standard Specification for test properties and testing frequency for High Density Polyethylene (HDPE) smooth and textured geomembranes. Geosynthetic Institute. USA.

Branscheid, V. 1997. Irrigation investment briefs. FAO Investment Centre. Occasional Paper Series. No. 4.

Ghorbani, F., Roshanfekr, A., Fathi Moghaddam, M. and Tavakkoli Zadeh, A. A. 2006. Assessment of concrete and geosynthetic (geomembrane) linings in canals. Proceeding of the 1st National Conference on Irrigation and Drainage Networks Managements. Ahvaz. Iran. (in Farsi)

Ivy, D. and Narejo, D. 2003. Canal lining with HDPE. GFR. 21(5): 1-4.

Koerner, R. M. 1998. Designing with Geosynthetics. Prentice Hall. New Jersey. USA.

Archive of SID

www.SID.ir

Movahedan, M., Maman Poush, A. and Abbasi, N. 2010. Assessment of water leakage in geosynthetic lined irrigation canals and water reservoirs (A case study). Proceeding of the 2nd Iranian Seminar on Geotechnical Issues of Irrigation and Drainage Networks. May 13. Karaj. Iran. (in Farsi)

Rahimi, H., Ghobadi Nia, M. and Ahmadi, H. 2004. Application of geosynthetics as drain under canals lining. Drainage systems under canals lining Workshop. Dec. 17. Tehran. Iran. (in Farsi)

Rahimi, H., Sohrabi, T. and Ghobadi Nia, M. 2007. Application of geosynthetics in irrigation and drainage projects. IRNCID. (Translated in Farsi).

Sattari, D. and Pourmehr, B. 2007. Using simple and fenced geomembrane instead of textured geomembrane (case study: Khoda Afarin irrigation network project). Proceeding of the 2nd Iranian Conference on Construction Experience of Hydraulic Structures and Irrigation and Drainage Networks. Oct. 23-25. Karaj. Iran. (in Farsi)

Scheirs, J. 2009. A Guide to Polymeric Geomembranes: A Practical Approach. John Wiley and Sons Pub. UK.

Schultz, B. and De Wrachien, D. 2002. Irrigation and drainage systems: Research and development in the 21st century. J. Irrig. Drain. 51(4): 311–327.

Snell, M. 2001. Lining old irrigation canals: thoughts and trials. J. Irrig. Drain.; 50(2):139-157.

Swihart, J. and Haynes, J. 2002. Canal-lining demonstration project year 10 final report. U. S. Department of The Interior Bureau of Reclamation (USBR).

Weber, C. T. 2008. Leakage through defects in geomembrane liners under high hydraulic heads. Ph. D Dissertation. The University of Texas.

Whitting, D. and Walitt, A. 1988. Permeability of concrete. Pub. SP-108: 1-1-18. American Concrete Institute. Detroit.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.13/No.3/2012/P:15-28

Application and Water Leakage Control of Geomembrane Linings in Water Reservoirs

M. Movahedan*

*Corresponding Author: Researcher, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran. E-Mail: m.movahedan@gmail.com
Received: 20 November 2011, Accepted: 14 April 2012

Iran has limited water resources that require preservation and reducing water loss from reservoirs, especially in arid and semi arid regions. There are a number of methods available for to control water loss from reservoirs and canals. Concrete linings in water reservoirs and ponds are durable, but their efficiency is limited. Geomembrane sheets are another method of controlling leakage from water reservoirs. In this research, high density polyethylene was used to lining a concrete water reservoir to test its suitability for water proofing and chemical resistance. The benefits and drawbacks of this new lining material were investigated in the design, execution and operation stages. Subsequently, the effectiveness of this liner to control water loss was tested under different. The results showed that a geomembrane liner over a concrete lining requires special consideration during design, installation and maintenance and accessories such as pipes and sumps to reduce excessive stress on the liner. The analysis of water leakage from the liner showed that proper design and installation of the liner and accessories reduce water loss about 38% and limit leakage to 16.9 mm/day/m^2.

Keywords: Concrete pond, Geomembrane, Leakage test, Water loss

Archive of SID

www.SID.ir