

بررسی عملکرد فیلتر - زهکش‌های ژئوکمپوزیت در زیر پوشش کانال در شرایط آزمایشگاهی با اعمال وزن پوشش

علی اصغر خسروی^{۱*} و حسن رحیمی^۲

چکیده

ایجاد ترک و در برخی موارد بالازدگی و جابجایی پوشش بتنی کانال‌ها علاوه بر افزایش اتلاف آب و کاهش راندمان انتقال، باعث تحمیل خسارات مالی فراوان به پروژه‌های انتقال آب می‌شود. این امر بیشتر بخاطر فشار بالابرنده ایجاد شده در زیر پوشش بتنی کانال در مناطق با سطح ایستابی زیاد است. از این رو اجرای یک سیستم فیلتر-زهکش در چنین شرایط امری لازم است. در سال‌های اخیر استفاده از فیلتر-زهکش‌های مصنوعی یا ژئوکمپوزیت به عنوان جایگزین فیلتر-زهکش‌های مرسوم دانه‌ای مطرح شده است. در تحقیق حاضر، ابتدا عملکرد آزمایشگاهی فیلتر-زهکش‌های ژئوکمپوزیت در زیر پوشش بتنی کانال‌های آبیاری بررسی شد. نتایج نشان داد که یک لایه ژئوکمپوزیت با ضخامت کافی، می‌تواند فشار بالابرنده وارد بر پوشش بتنی را به‌طور موثر کاهش دهد. به دلیل اینکه وزن پوشش بتنی ممکن است باعث تغییر شکل و کاهش ضخامت لایه ژئوکمپوزیت شود، اثر این عامل نیز بر عملکرد مجموعه، بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان داد که وزن پوشش بتنی ضخامت لایه زهکش را کاهش داده، و ظرفیت زهکشی سیستم را ۲ تا ۸ درصد کاهش داده است. پس می‌توان نتیجه گرفت در موارد استفاده از لایه‌های زهکش مصنوعی، اثر بار وارده از طرف پوشش بتنی نیز باید مدنظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پوشش کانال، فشار بالابر، فیلتر دانه‌ای و فیلتر-زهکش ژئوکمپوزیت

ارجاع: خسروی ع.ا. و رحیمی ح. ۱۳۹۰. بررسی عملکرد فیلتر-زهکش‌های ژئوکمپوزیت در زیر پوشش کانال در شرایط آزمایشگاهی با اعمال وزن پوشش. مجله پژوهش آب ایران.

۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه آبیاری و آبادانی، دانشکده‌ی آب و خاک، دانشگاه تهران، کرج.

۲- استاد گروه آبیاری و آبادانی، دانشکده‌ی آب و خاک، دانشگاه تهران، کرج.

* نویسنده مسئول: Khosravi64@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۹/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۲/۲۴

مقدمه

پیزومترها نشان داد که زهکش‌های بکار رفته، فشار آب منفذی را در حدود ۵۰ درصد مقدار اولیه کاهش داده و هیچگونه تغییر نامطلوبی در عملکرد این زهکش‌ها بعد از این مدت ایجاد نشده است. میورا و همکاران (۱۹۹۸) ظرفیت زهکشی را در شرایط گرفتگی فیلتر توسط خاک، فشردگی فیلتر به درون ژئونت، وجود حباب‌های هوا در زهکش و خمیدگی هسته زهکش بررسی کردند. این تحقیق نشان داد که خمیدگی در هسته زهکشی بر میزان دبی خروجی تأثیری نداشته است و وجود حباب‌های هوا در زهکش تا ۲۰ درصد میزان اولیه دبی را کاهش می‌دهد. همچنین در آزمایش‌های دراز مدتی که در ۱۴۰ روز انجام گرفت مشخص شد که ترکیب دو حالت فشردگی فیلتر ژئوتکستایل به درون مجاری زهکش و گرفتگی فیلتر به صورت توأما تا ۹۰ درصد دبی زهکشی را کاهش می‌دهند. پالمیرا و گاردونی (۲۰۰۰) اثر مقادیر مختلف فشار (صفر تا ۲۰۰۰ کیلو پاسکال) را بر خصوصیات هیدرولیکی و فیزیکی ژئوتکستایل‌ها بررسی کرده و پی بردند که هرچه تنش اعمالی روی فیلتر ژئوتکستایل بیشتر شود، ضخامت، اندازه روزنه‌ها، نفوذپذیری و قابلیت انتقال آن کاهش می‌یابد و جرم مخصوص آن افزایش می‌یابد و این امر می‌تواند عملکرد زهکش را با مشکل مواجه سازد. مک کین و اینوی (۲۰۰۱) مطالعات گسترده‌ای را روی عملکرد دراز مدت ژئوکمپوزیت‌ها به عنوان زهکش جاده‌ای و زهکش عمودی پشت دیواره‌های حایل انجام دادند و نتایج آنها حاکی از عملکرد کاملاً رضایت بخش این زهکش‌ها بود. رحیمی و همکاران (۱۳۸۳) امکان کاربرد زهکش‌های مصنوعی را به عنوان فیلتر-زهکش در زیر پوشش کانال‌های انتقال آب بررسی کردند. آنها با بررسی نرم‌افزاری جریان نشت آب زیرزمینی به سمت کانال به این نکته پی بردند که صرفاً با نصب یک فیلتر ژئوتکستایل به ضخامت و عرض کافی در کف کانال می‌توان آب نشتی به سمت کانال را زهکشی و تخلیه کرد. همچنین بررسی‌های آنها نشان داد که آب جریان یافته به طرف بدنه کانال، به سمت کف آن همگرا

فیلتر-زهکش‌های طبیعی به طور گسترده در زیر پوشش کانال‌های آبیاری به ویژه در زیر پوشش‌های بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شن و ماسه با دانه بندی مناسب، مهمترین مواد طبیعی در این قبیل پروژه‌ها است. به دلیل محدودیت‌ها و مشکلات موجود بر سر راه تهیه این نوع فیلتر-زهکش‌ها، مثل هزینه بالای تهیه فیلتر با دانه بندی مناسب، مشکلات اجرایی و زیست محیطی، در سال‌های اخیر استفاده از فیلتر-زهکش‌های مصنوعی یا ژئوکمپوزیت‌های زهکش به عنوان جایگزین فیلترهای معدنی مطرح شده است (آقا باباگلی و حقیقی، ۱۳۸۳ و سیاهی و باغبان‌زاده، ۱۳۸۳). ژئوکمپوزیت‌های زهکش معمولاً از یک هسته زهکش از جنس ژئونت و دو لایه فیلتر ژئوتکستایل در دو طرف هسته تشکیل شده‌اند. آب تجمع یافته در زیر پوشش کانال به صورت عمود بر صفحه ژئوتکستایل وارد زهکش ژئونت شده و در جهت طولی آن از محیط خارج می‌شود. در زمینه کاربرد فیلتر-زهکش‌های ژئوکمپوزیت، مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی متعددی انجام پذیرفته است. هوو و همکاران (۱۹۹۰) اثر فشردگی فیلتر ژئوتکستایل به داخل مجاری زهکش ژئونت را بررسی کردند و مشاهده نمودند که این عامل، ظرفیت زهکشی مجموعه فیلتر-زهکش ژئوکمپوزیت را بین ۳۹ تا ۸۸ درصد مقدار اولیه خود کاهش داده است. کرنر و همکاران (۱۹۹۶) عملکرد ۴۱ نمونه زهکش ژئوکمپوزیت که به عنوان زهکش کناری در مجاورت رویه جاده‌ها نصب شده بودند را ارزیابی کردند. این زهکش‌ها در عمق کمتر از یک متر زیر خاک نصب شده بودند و با اینکه فشار جانبی بالغ بر ۱۴۰ کیلوپاسکال را تحمل می‌کردند، ولی هیچگونه تغییر شکل و شکستی در عملکرد آنها مشاهده نشد. در ۸ مورد از این زهکش‌ها حرکت قابل توجه ذرات خاک فیلتر شده به داخل زهکش دیده شد. چانگ و همکاران (۱۹۹۶) عملکرد زهکش‌های ژئوکمپوزیت استفاده شده در زیر پی سازه‌ها با سطح آب زیرزمینی بالا را بعد از سه سال بررسی کردند. در این بررسی، داده‌های برداشت شده از

از کف کانال قابل تنظیم بود. در هر آزمایش به طور همزمان یک شیر به عنوان ورودی آب به مخزن و یکی به عنوان خروجی یا سرریز عمل می‌شود تا سطح آب در ارتفاع مورد نظر در هر مخزن تنظیم شود.

کانال مورد نظر در وسط مدل و قسمت بالای آن نصب شد. کانال تعبیه شده در مدل فیزیکی دارای عرض کف ۲۰۰ میلی‌متر، ارتفاع ۱۴۴۰ میلی‌متر و شیب جانبی ۱:۱/۵ (افقی:عمودی) است. ماده مورد استفاده برای ساخت کانال باید سبک باشد تا جابجایی کانال در مواقعی که برای آزمایش‌های متعددی آماده می‌شود، آسان باشد. به همین دلیل بدنه کانال از جنس آلومینیوم ساخته شد. برای اندازه‌گیری فشار آب منفذی (فشار پیزومتری) و رسم خط نشت آب زیرزمینی در اطراف کانال از پیزومترهایی در یک طرف کانال استفاده شد. فاصله افقی و قائم بین پیزومترها ۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. دلیل نصب پیزومترها صرفاً در یک طرف کانال این است که خاک استفاده شده در مدل آزمایشگاهی همگن بوده و می‌توان خط نشت یک طرف کانال که توسط پیزومترها اندازه‌گیری شده است را برای طرف دیگر نیز در نظر گرفت.

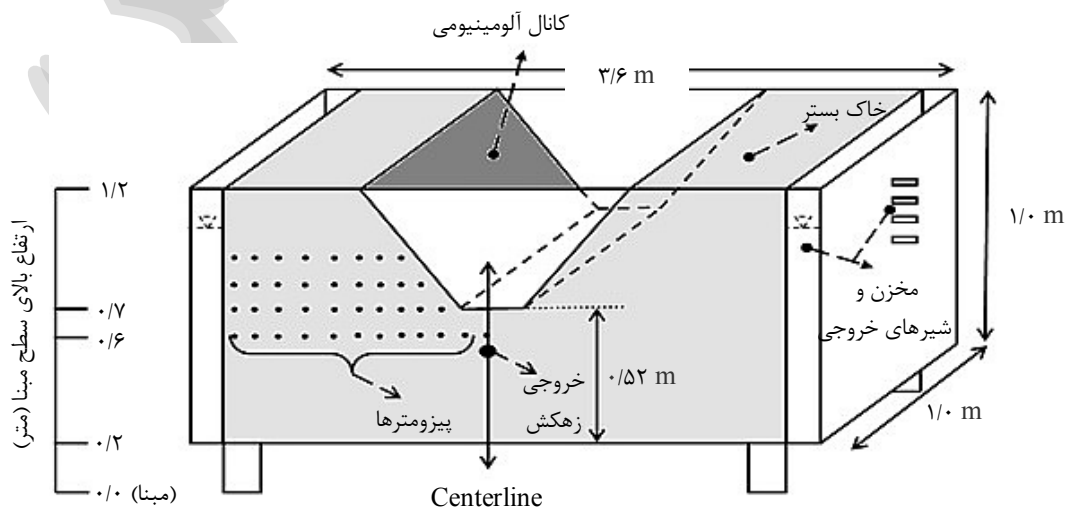
برای اندازه‌گیری قابلیت زهکشی سامانه، نیاز به اندازه‌گیری دبی خروجی از زهکش است. بدین منظور مخزنی تعبیه شد که دارای شکافی است و آب زهکش- شده توسط مجموعه فیلتر- زهکش از محیط خاک به داخل آن بریزد.

می‌شود و این نکته، لزوم استفاده از فیلتر- زهکش را در شیب‌های جانبی کانال از لحاظ تئوری منتفی می‌سازد. هدف اصلی از این تحقیق، بررسی عملکرد آزمایشگاهی فیلتر- زهکش‌های ژئوسنتتیک در زیر پوشش بتنی کانال‌ها در حالت اعمال وزن پوشش، در شرایط متفاوتی اعم از مواد مصرفی و سطوح ایستابی مختلف است.

مواد و روش‌ها

مدل فیزیکی

هدف از ساخت مدل فیزیکی، شبیه سازی شرایط طبیعی در آزمایشگاه برای کانال‌هایی است که تمامی و یا قسمتی از بدنه آنها در زیر تراز آب زیرزمینی قرار دارند. لذا در ابتدا لازم بود اجزای اصلی ساخت مدل آزمایشگاهی با توجه به شرایط طبیعی پیش‌بینی شود. به همین منظور قسمت‌های مختلفی برای مدل فیزیکی در نظر گرفته و ساخته شد (شکل ۱). بدنه مدل فیزیکی به صورت مکعب مستطیل و از جنس ورق فولاد بود. برای تأمین آب مورد نیاز برای ایجاد سطح ایستابی در تراز دلخواه، دیواره‌های جانبی به صورت ۲ جداره و برای ایجاد مخزنی مشابه در دو طرف کانال تعبیه شد. برای ایجاد تراز آب زیرزمینی در ارتفاع مورد نیاز برای هر مخزن ۳ شیر تعبیه شد که تراز سطح ایستابی توسط آنها در ۳ ارتفاع ۲۵۰، ۳۵۰ و ۴۵۰ میلی‌متر بالاتر



شکل ۱- نمای شماتیکی از مدل فیزیکی و اجزای آن

نیاز بود اندازه‌گیری شد که این مقادیر در جدول ۱ آورده شده است.

فیلتر-زهکش ژئوکمپوزیت

درانجام این تحقیق، چهار نمونه ژئوتکستایل به عنوان لایه فیلتر دور هسته زهکش ژئونت مورد استفاده قرار گرفت. این ژئوتکستایل‌ها همگی دارای بافت نامنظم یا باصطلاح ژئوتکستایل‌های از نوع نفاخته بودند که در بین آنها G.T300-1، G.T250 و G.T300-2 به روش منگنه سوزنی و ژئوتکستایل G.T150 به روش گرمایی یا حرارتی تولید شده‌اند. برخی از خصوصیات ژئوتکستایل مانند جرم واحد سطح و ضخامت آن توسط کارخانه تولیدکننده گزارش شده بود. اندازه روزنه ظاهری و نفوذپذیری در امتداد عمود بر صفحه ژئوتکستایل نیز به ترتیب توسط استانداردهای ASTM D۴۷۵۱ و ASTM D۴۴۹۱ اندازه‌گیری شد. خصوصیات اصلی فیلترهای ژئوتکستایل استفاده شده در تحقیق در جدول ۲ آورده شده است. به علت شرایط موجود در بازار کشور، امکان تهیه فیلتر ژئوتکستایل با توجه به نیازهای طراحی مورد نظر به هیچ عنوان وجود نداشت و تنها بعد از فراهم کردن نمونه‌ها برای انجام آزمایش، خصوصیات هیدرولیکی آن با معیارهای طراحی فیلترهای مصنوعی کنترل گردید. با توجه به دانه‌بندی خاک بستر و برطبق معیارهای هیئت مهندسين ارتش آمریکا (رحیمی و همکاران ۱۳۸۳) دو محدوده برای طراحی فیلتر ژئوتکستایل بدست آمد:

از طریق شیر متصل به کف مخزن آب به بیرون از مدل فیزیکی منتقل می‌شود و از این طریق دبی به روش حجمی اندازه‌گیری می‌شود. بعد از قرارگیری لبه ژئوکمپوزیت درون شکاف، برای جلوگیری از ورود مستقیم آب از خاک به درون مخزن، فضای خالی موجود بین لبه‌های شکاف و زهکش با چسب‌های مخصوص آب بندی می‌گردید. شکل ۲ مدل فیزیکی مورد استفاده در آزمایش‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمایی جانبی از مدل فیزیکی

خاک بستر

برای کاهش زمان آزمایش‌ها، خاک مینا یا ماده متخلخل مورداستفاده می‌بایست دارای نفوذپذیری نسبتاً بالایی باشد تا در زمان کمتری محیط اشباع شده و به تعادل برسد. همچنین بافت خاک موردنظر باید به گونه‌ای انتخاب شود که فرض نفوذپذیری یکسان در جهات مختلف برقرار باشد. به همین دلیل خاک مورد استفاده در مدل فیزیکی از نوع ماسه بادی ریز و تمیز درنظر گرفته شد و خصوصیات مختلف آن که در تحقیق مورد

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک بستر

$k_s(mm/s)$	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$D_{15}(mm)$	$D_{50}(mm)$	$D_{85}(mm)$	طبقه بندی خاک
۰/۱۴	۲/۰	۰/۱۸	۰/۲۸۶	۰/۴۰۴	SP

SP: ماسه با دانه‌بندی ضعیف، D_{15} ، D_{50} ، D_{85} قطری که به ترتیب ۱۵، ۵۰ و ۸۵ درصد ذرات خاک از آن کوچکترند؛ C_u : ضریب یکنواختی؛ k_s : نفوذپذیری خاک

*برطبق آزمایش‌های انجام گرفته توسط استاندارد ASTM D ۴۲۲۶۳

**برطبق آزمایش‌های انجام گرفته توسط استاندارد ASTM D ۲۴۳۴

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیلترهای ژئوتکستایل

نام ژئوتکستایل	نوع پلیمر	m (gr/m ³)	t (mm)	AOS (mm)	k _g (mm/s)
*GT 250	پلی اتیلن	۲۵۰	۳	۰/۳۷	۱/۲۳
*GT 300-1	پلی اتیلن	۳۰۰	۳/۶	۰/۳۶	۱/۵۲
**GT 300-2	پلی اتیلن	۳۰۰	۲/۱۸	۰/۲۰۶	۱/۰
**GT 150	پلی پروپیلن	۱۵۰	۱/۲۴	۰/۱۹	۰/۵۴

AOS: اندازه روزنه ظاهری ژئوتکستایل; m: جرم واحد مساحت; t: ضخامت ژئوتکستایل; k_g: نفوذپذیری ژئوتکستایل در

امتداد عمود بر صفحه آن

* ژئوتکستایل تولید شده به روش منگنه سوزنی

** ژئوتکستایل تولید شده به روش اتصال حرارتی

های قبلی مجدداً تحت این شرایط تکرار شد. شایان ذکر است در هر مورد از آزمایش‌ها، ارتفاع آب در پیژومترها ثبت و دبی زهکشی نیز به روش حجمی اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

آزمایش‌ها در ابتدا با قرارگیری فیلتر- زهکش ژئوکمپوزیت در کف کانال و بدون اعمال وزن پوشش برای چهار نمونه فیلتر ژئوتکستایل انجام پذیرفت. ضخامت زهکش ژئونت مورد استفاده در این قسمت از آزمایش‌ها ۱۲ میلی‌متر بود. شکل ۳ خطوط نشت آب زیرزمینی به سمت کانال را برای زهکش ۱۲ میلی‌متری به ازای فیلترهای مختلف نشان می‌دهد. همان طور که از شکل پیداست خط نشت برای فیلتر G.T300-1 و به ازای بار آبی سوم با پوشش برخورد کرده و باعث ایجاد فشار بالابرنده در زیر پوشش می‌گردد. در این نوع فیلتر، زهکش در بارهای آبی پایین‌تر توانسته است تمام آب مازاد را از زیر پوشش تخلیه کند. در فیلترهای G.T250 و G.T300-2 به ازای بار آبی دوم و سوم، و در فیلتر G.T150 به ازای تمامی سطوح ایستابی، خط نشت با پوشش کانال برخورد کرده است. با توجه به نفوذپذیری ژئوتکستایل‌ها نیز می‌توان به تفاوت عملکرد فیلترهای مختلف در این ضخامت پی برد. در این ضخامت بهترین عملکرد متعلق به فیلتر G.T300-1 که نفوذپذیری

$$k_g \geq 0.7 (\text{mm/sec}) \quad (1)$$

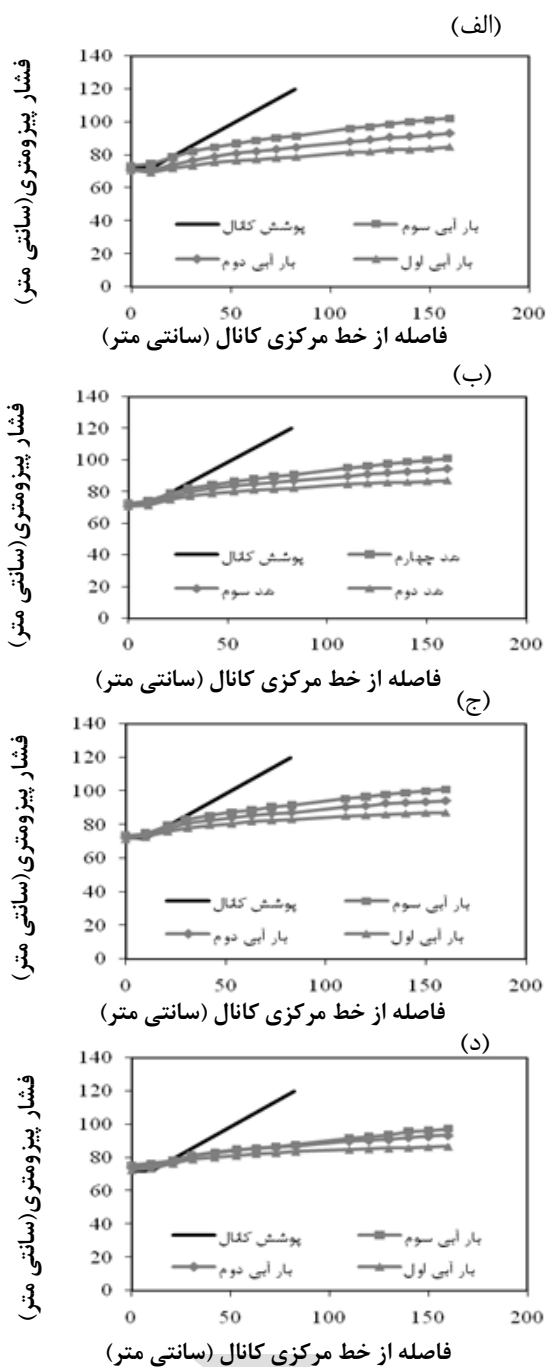
$$O_{95} (AOS) < 0.6 \text{mm} \quad (2)$$

که در آن k_g نفوذپذیری فیلتر ژئوتکستایل و O_{95} قطری است که ۹۵ درصد ذرات خاک اطراف فیلتر از آن بزرگترند. از بین ۴ نوع فیلتر ژئوتکستایل مورد استفاده همگی دو محدوده بالا را تأمین می‌کنند (جدول ۲) و فقط نفوذپذیری GT150 در معادله ۱ صدق نمی‌کند. زهکش ژئونت استفاده شده در این تحقیق در دو ضخامت ۱۲ و ۲۴ میلی‌متری در دسترس بود.

روش انجام آزمایش‌ها

همان طور که ذکر شد هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی اثر وزن پوشش بتنی کانال بر روی عملکرد فیلتر- زهکش‌های ژئوکمپوزیت است. به همین دلیل در ابتدا آزمایش‌ها در شرایط بدون اعمال وزن و انواع مختلف فیلتر ژئوتکستایل و زهکش ژئونت با ضخامت‌های ۱۲ و ۲۴ میلی‌متر انجام پذیرفت.

در ادامه باری معادل وزن پوشش بتنی به ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر، با ابعاد کانال آزمایشگاهی و به وزن ۴۸ کیلوگرم بر روی کف کانال اعمال شد و تمام آزمایش



شکل ۳- نیمرخ نشت بازای زهکش ژئونت به ضخامت

۱۲ میلی‌متر؛ بدون اعمال وزن: الف) GT 300-1

ب) GT 250؛ ج) GT 300-2؛ د) GT 150

بالاتری نسبت به دیگر نمونه‌ها دارد، می‌باشد. همان طور که اشاره شد در این نوع فیلتر فقط تحت بار آبی سوم خط نشت با پوشش کانال برخورد کرده است و مشکل فشار بالابرنده به وجود می‌آید و با کاهش نفوذپذیری به ویژه در فیلتر G.T150 این مشکل حادث شده، طوری که در این نوع ژئوتکستایل در همه بارهای آبی خط نشت با پوشش برخورد کرده و نشان دهنده عدم عملکرد مناسب سامانه فیلتر- زهکش مورد استفاده است. به همین خاطر برای ادامه آزمایش‌ها نیاز است تا از زهکش با ضخامت بیشتر استفاده شود. از این رو در حالت بعدی، آزمایش برای انواع فیلتر ژئوتکستایل از زهکش ژئونت با ضخامت بیشتر و در حدود ۲۴ میلی‌متر استفاده شد. خطوط نشت برای این آزمایش‌ها در شکل ۴ آورده شده است. همان طور که انتظار می‌رفت، در این حالت از آزمایش‌ها خط نشت نسبت به حالت زهکش ۱۲ میلی- متری افت بیشتری را از خود نشان داد.

همان طور که از شکل ۴ پیداست، خط نشت در تمام نمونه‌های ژئوتکستایل و تحت سطوح ایستابی مختلف در زیر کانال قرار داشته، مشکلی از نظر فشار هیدرواستاتیک در زیر پوشش وجود نخواهد داشت و زهکش توانسته تمام آب مازاد را از زیر پوشش کانال تخلیه کند. به این نکته می‌توان از روی دبی‌های اندازه- گیری شده نیز پی برد.

(جدول ۳ و ۴). در این ضخامت این مقادیر، افزایشی حدود ۱/۵ تا ۴ درصد را نسبت به زهکش ۱۲ میلی- متری از خود نشان داده‌اند. همچنین می‌توان بیان کرد که هرچه نفوذپذیری فیلتر ژئوتکستایل بیشتر بوده، دبی خروجی از زهکش نیز بالاتر است.

در پروژه‌های مربوط به اجرای فیلتر- زهکش در زیر پوشش کانال‌ها، پس از قرارگیری فیلتر- زهکش بر روی خاک بستر، پوشش بتنی مستقیماً بر روی آن اجرا می‌شود. به همین دلیل در ادامه آزمایش‌ها، وزن پوشش

در زهکش با ضخامت ۱۲ میلی‌متر به ازای بارهای آبی مختلف بالاتر از کف کانال قرار گیرد. این درحالی است که برای زهکش با ضخامت ۲۴ میلی‌متر، علیرغم خیز سطح آب، خط نشت برای کلیه بارهای آبی در زیر کف کانال قرار داشته و زهکش توانسته علیرغم کاهش ظرفیت، فشار هیدرواستاتیک زیر پوشش را بطور کامل کنترل نماید.

برای ژئوتکستایل GT 150 نیز اعمال وزن موجب خیز سطح نشت گردیده، طوری که برای زهکش با ضخامت ۱۲ میلی‌متری تمام خطوط نشت با کانال برخورد کنند و این نکته مبین آن است که زهکش قادر به تخلیه کامل فشار هیدرواستاتیک از زیر پوشش نمی‌باشد. در حالت زهکش ۲۴ میلی‌متری و در سطح ایستابی سوم به علت کاهش ظرفیت زهکشی، خط نشت با بدنه کانال برخورد نموده و موجب ایجاد فشار هیدرواستاتیک در زیر پوشش کانال می‌شود. مع ذالک، در بارهای آبی پایین‌تر افزایش سطح نشت به قدری نبوده که با پوشش کانال برخورد نماید.

بطور کلی می‌توان بیان کرد که در تمام حالات، خط نشت نسبت به حالت بدون اعمال وزن پوشش، با خیز مواجه شده است که نشان‌دهنده کاهش راندمان زهکشی در حالت اعمال وزن می‌باشد. به این نکته می‌توان از روی دبی زهکشی اندازه‌گیری شده در حالت‌های مختلف پی برد. در جدول ۳ و ۴ دبی‌های زهکشی در حالت عادی و در حالت اعمال وزن و درصد کاهش این مقادیر به ازای فیلتر- زهکش‌های مختلف آورده شده است که نشان می‌دهد با اعمال وزن ظرفیت زهکشی مجموعه کاهش پیدا کرده است.

نتیجه‌گیری

در طول این تحقیق، آزمایش‌های مختلفی به عمل آمد که نتایج کلی حاصل از انجام این آزمایش‌ها به شرح زیر می‌باشند:

- به طور کلی فیلتر- زهکش‌های ژئوکمپوزیت در صورت دارا بودن ضخامت کافی، با توجه به

بتنی کانال بر روی فیلتر- زهکش اعمال و تأثیر آن بر قابلیت زهکشی مورد ارزیابی قرار گرفت.

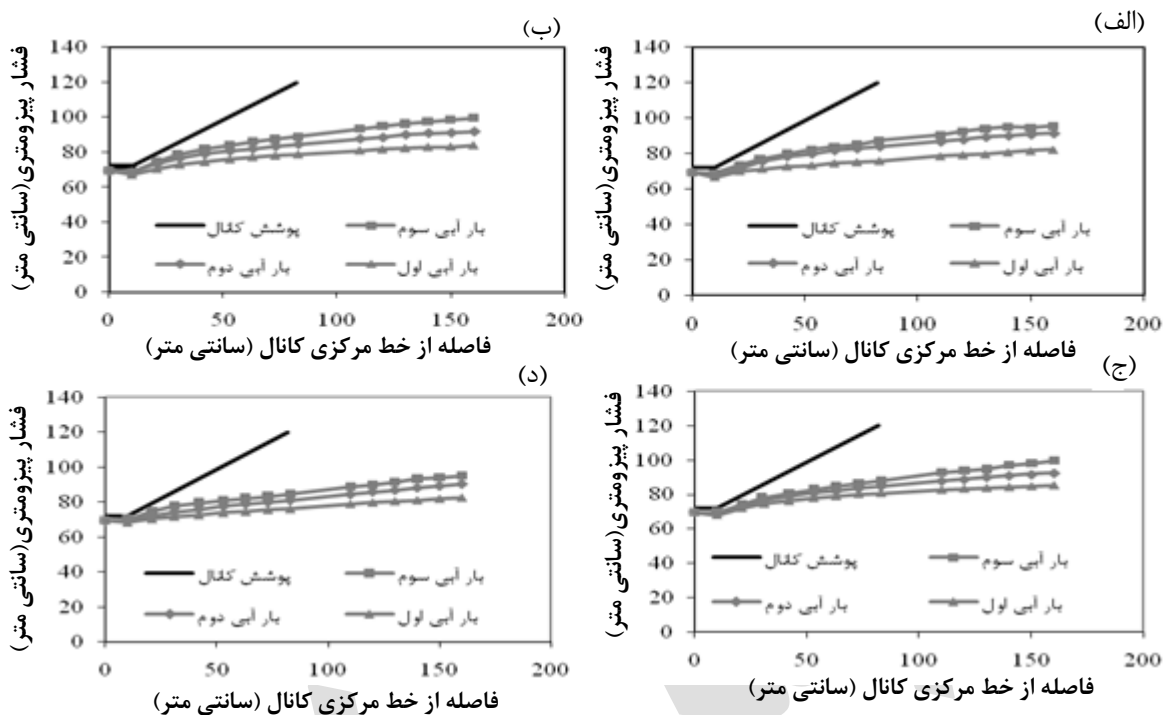
بدین منظور تمام آزمایش‌ها برای حالت قرارگیری زهکش در کف با اعمال وزن پوشش بتنی تکرار شد. خطوط نشت در حالت اعمال وزن در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. همان طور که از این اشکال پیداست، در ژئوتکستایل GT300 خط نشت در حالت زهکش ۱۲ میلی‌متری نسبت به حالت بدون وزن افزایش محسوسی از خود نشان داده به گونه‌ای که در تمام حالات، سطح آب نشتی بالاتر از کف کانال قرار داشت. در حالی که در حالت بدون اعمال وزن پوشش برای این ضخامت، تنها در بالاترین بار آبی (سطح ایستابی سوم) نیم‌رخ نشت بالاتر از کف کانال قرار داشته و برای دو سطح ایستابی پایین‌تر، در زیر کف کانال قرار می‌گرفت.

نکته قابل توجه در فیلتر GT300 با ضخامت زهکش ۲۴ میلی‌متر این است که علیرغم خیز خط نشت به علت تأثیرات وزن اعمالی، در این ضخامت از زهکش، این نیم‌رخ‌ها در سطوح ایستابی مختلف، کماکان در زیر کف کانال قرار داشته و زهکش توانسته فشار هیدرواستاتیک را کاملاً کنترل نماید (شکل ۶- ب).

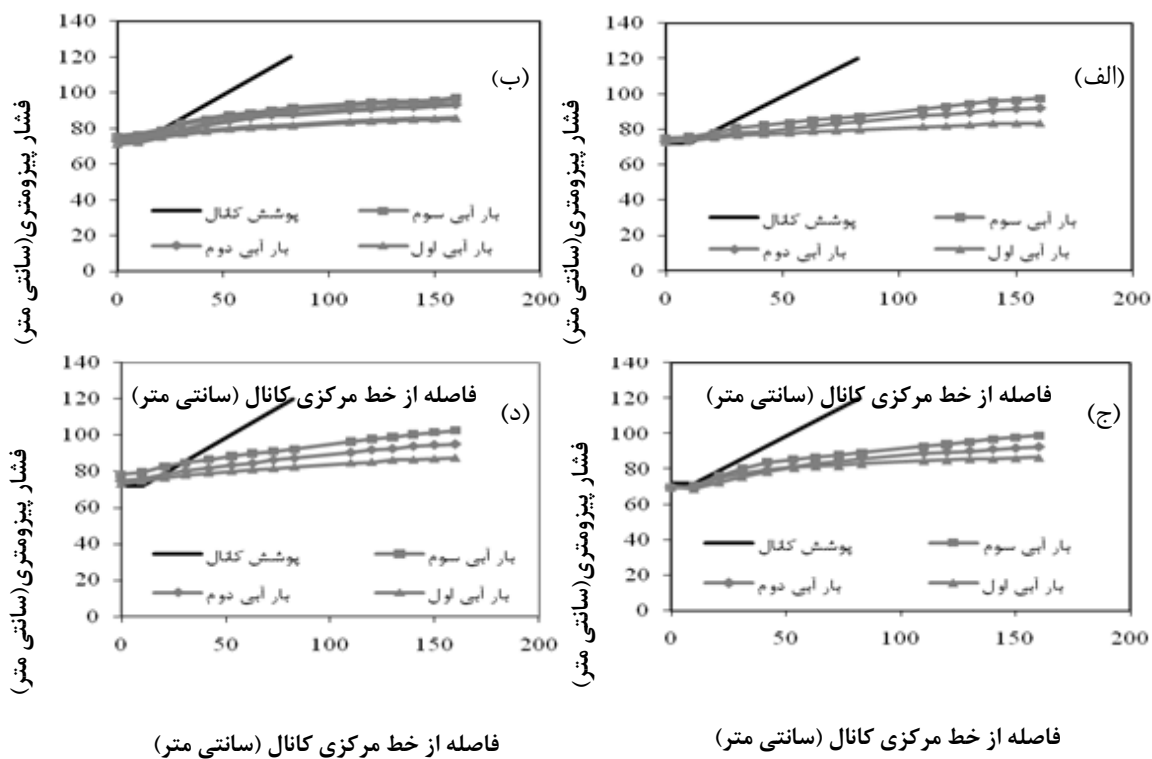
برای GT250 نیز تأثیر وزن اعمالی با افزایش سطح آب در خطوط نشت پدیدار شد، به طوری که در حالت استفاده از زهکش ۱۲ میلی‌متری، در تمامی سطوح ایستابی، نیم‌رخ نشت بالاتر از کف کانال قرار گرفت.

برای حالت زهکش ۲۴ میلی‌متر، خط نشت نسبت به شرایط بدون اعمال وزن در سطح بالاتری قرار داشت. نکته دیگر اینکه اگرچه در این حالت نیز راندمان زهکشی کاهش یافته است، ولی همچنان زهکش توانسته فشار آب منفذی را به طور کامل کنترل نماید.

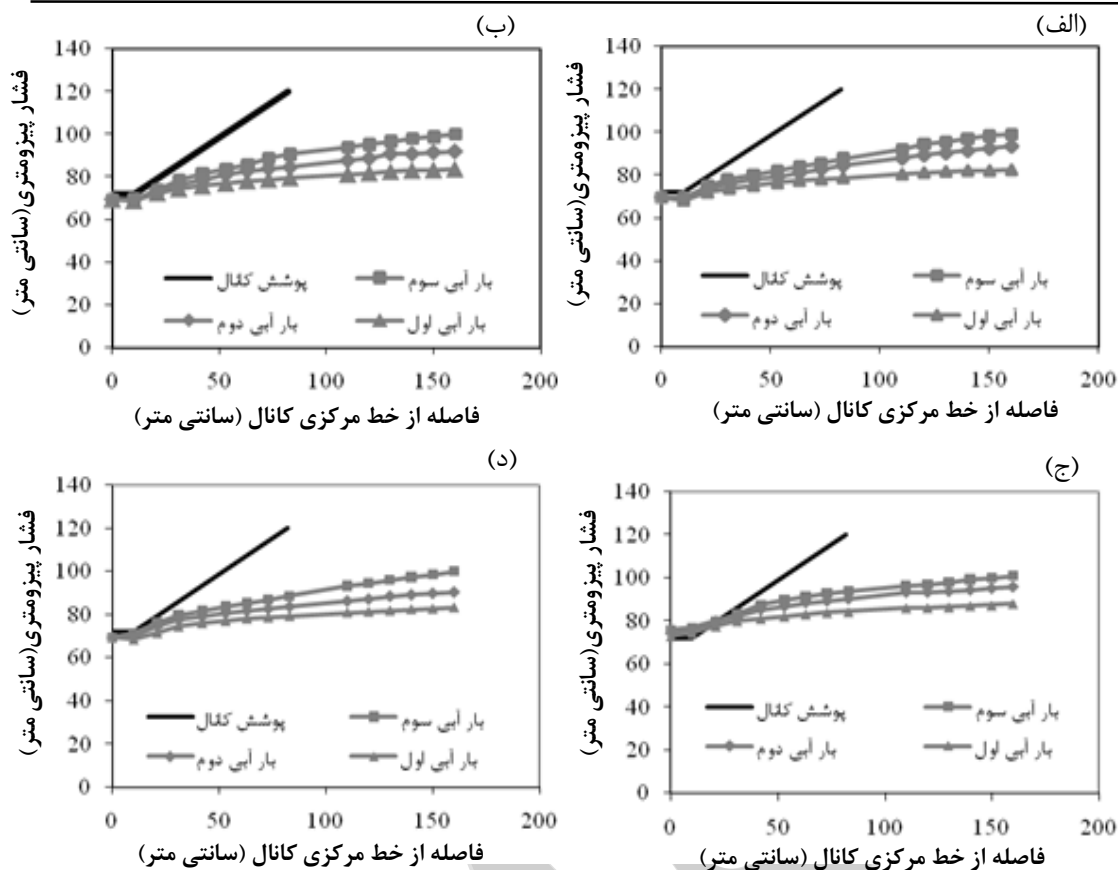
سطوح نشت ژئوتکستایل GT 300-2 در دو حالت زهکش ۱۲ و ۲۴ میلی‌متری پس از اعمال وزن پوشش بتنی بیانگر این است که در این آزمایش‌ها نیز ظرفیت زهکشی کاهش یافته و از این رو خط نشت نسبت به حالت قبلی با افزایش سطح همراه بوده است. این کاهش ظرفیت زهکشی موجب شده است که سطوح نشت آب



شکل ۴- نیمرخ نشت بازای زهکش ژئونت به ضخامت ۲۴ میلی‌متر؛ بدون عمال وزن: (الف) GT 300-1؛ (ب) G.T250؛ (ج) GT 300-2؛ (د) GT 150



شکل ۵- نیمرخ نشت بازای زهکش ژئونت به ضخامت ۱۲ میلی‌متر؛ در شرایط اعمال وزن: (الف) GT 300-1؛ (ب) G.T250؛ (ج) GT 300-2؛ (د) GT 150



شکل ۶- نیمرخ نشت بازای زهکش ژئونت به ضخامت ۲۴ میلی‌متر: در شرایط اعمال وزن: الف) GT 300-1 (ب) GT 250 (ج) GT 300-2 (د) GT 150

جدول ۳- مقادیر دبی زهکشی و درصد کاهش آن در حالت اعمال وزن پوشش در مقایسه با حالت بدون اعمال وزن برای زهکش ۱۲ میلی متری

نوع ژئوتکستایل	بار آبی اول			بار آبی دوم			بار آبی سوم		
	بدون اعمال وزن	با اعمال وزن	درصد کاهش دبی	بدون اعمال وزن	با اعمال وزن	درصد کاهش دبی	بدون اعمال وزن	با اعمال وزن	درصد کاهش دبی
G 300-1	۰/۰۳۲۵	۰/۰۳۰۲	۷/۱	۰/۰۴۷	۰/۰۴۴۴	۵/۵	۰/۰۶۱۹	۰/۰۵۹۶	۳/۷
GT 250	۰/۰۳۰۲	۰/۰۲۸۸	۴/۶	۰/۰۴۳	۰/۰۴۲۱	۲/۱	۰/۰۵۷	۰/۰۵۵۱	۳/۳
GT 300-2	۰/۰۲۹۳	۰/۰۲۸۲	۳/۸	۰/۰۴۰۶	۰/۰۳۸۴	۵/۴	۰/۰۵۳۶	۰/۰۵۰۶	۵/۶
GT 150	۰/۰۲۸۳	۰/۰۲۷۵	۲/۸	۰/۰۳۹۲	۰/۰۳۷۶	۴/۱	۰/۰۵۰۶	۰/۰۴۶۵	۸/۱

جدول ۴- مقادیر دبی زهکشی و درصد کاهش آن در حالت اعمال وزن پوشش در مقایسه با حالت بدون اعمال وزن برای زهکش ۲۴ میلی متری

نوع ژئوتکستایل	بار آبی اول		بار آبی دوم		بار آبی سوم	
	بدون اعمال وزن	با اعمال وزن	بدون اعمال وزن	با اعمال وزن	بدون اعمال وزن	با اعمال وزن
G 300-1	۰/۰۳۱۶	۰/۰۲۹۱	۰/۰۴۳۷	۰/۰۴۱۳	۰/۰۵۳۶	۰/۰۵۱۶
GT 250	۰/۰۲۹۷	۰/۰۲۸۱	۰/۰۴۰۲	۰/۰۳۸۴	۰/۰۵۱۹	۰/۰۴۸۵
GT 300-2	۰/۰۲۸۹	۰/۰۲۷۶	۰/۰۳۹۹	۰/۰۳۷	۰/۰۵۱	۰/۰۴۹۴
GT 150	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳۷۹	۰/۰۳۶۱	۰/۰۴۸۲	۰/۰۴۴۹

گذشت زمان بر عملکرد فیلتر- زهکش تأثیر می‌گذارد، مشخص شود.

- پیشنهاد می‌شود برای اطمینان از نتایج حاصل از آزمایش‌ها، شرایط موجود در این تحقیق در صحرا و در شرایط واقعی کانال‌ها نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

سپاسگزاری

نظر به اینکه این پایان نامه در قالب یک طرح پژوهشی با تأمین اعتبار از طرف وزارت نیرو به اجرا رسیده، لذا مولفین وظیفه خود می‌دانند از مساعدت‌های مسئولین محترم این وزارتخانه و شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران تقدیر و تشکر نمایند.

منابع

- ۱- آقا بابا گلی ب. و حقیقی ع.ر. ۱۳۸۳. ضرورت و شرایط بکارگیری زهکش در زیر کانال‌های پوشش‌دار. مجموعه مقالات کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره انتشار ۹۳: ۱۱۲-۸۵.
- ۲- رحیمی ح. قبادی‌نیا م. و احمدی ح. ۱۳۸۳. کاربرد مواد ژئوسنتتیک به عنوان زهکش زیر پوشش کانال‌ها. مجموعه مقالات کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها. شماره انتشار ۹۳: ۱۳۴-۱۱۳.
- ۳- سیاهی م.ک. و باغبان‌زاده ب. ۱۳۸۳. سیستم زهکشی زیر پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در اراضی

مشخصات فنی مربوطه (مانند قابلیت نفوذپذیری، اندازه خلل و فرج و...) قادر به تخلیه دبی آب نشستی در زیر پوشش کانال و کنترل کامل فشار هیدرو استاتیک (فشار بالابر) در زیر پوشش در شرایط این آزمایش می‌باشند.

- بار ناشی از وزن بتن (پوشش کانال) عملاً بر فیلتر- زهکش ژئوکمپوزیت وارد شده و باعث کاهش ظرفیت زهکشی می‌گردد. این امر مطمئناً به علت فشردگی لایه فیلتر ژئوتکستایل به داخل مجاری هسته ژئونت، کاهش ضخامت زهکش تحت بارهای وارده و خمیدگی زهکش در طول کانال بوده است. این مسئله باید در طراحی و کاربرد فیلتر- زهکش‌های ژئوکمپوزیت در زیر پوشش کانال‌ها مورد توجه قرار گیرد.

- در مجموع، فیلتر- زهکش‌های مصنوعی می‌توانند در صورت ملحوظ نمودن مشخصات فنی مربوطه در انتخاب و طراحی، گزینه مناسبی برای فیلتراسیون و زهکشی در زیر پوشش کانال‌های انتقال آب باشند.

- پیشنهاد می‌گردد آزمایش‌های انجام گرفته در این تحقیق برای بافت‌های مختلف خاک بستر از جمله خاک‌های ریزدانه نیز انجام پذیرد. همچنین توصیه می‌شود تا آزمایش‌ها در درازمدت انجام گیرد تا اثر عوامل مختلف مانند گرفتگی مجاری فیلتر که با

- 9- Hwu B.L. Koerner R.M. and Sprague C.J. 1990. Geotextile Intrusion into Geonets. Proceedings of 4th Intl. Conf. on Geotextiles, Geomembranes and Related Products. The Hague. 351-356.
- 10- Koerner G.R. Koerner R.M. and Wilson R.F. 1996. Field Performance of Geotextile Highway Drainage Systems. Recent Developments in Geotextile Filters and Prefabricated Drainage Geocomposites. ASTM. Special Technical Publication 1281: 165-181.
- 11- McKean J. and Inouye K. 2001. Field Evaluation of the Long-Term Performance of Geocomposite Sheet Drains. Journal of Geotextiles and Geomembranes. Elsevier. 19: 213-234.
- 12- Miura N. Chai J. and Toyota K. 1998. Investigation on Some Factors Affecting Discharge Capacity of Prefabricated Vertical Drain. Proceedings of 6th Intl. Conf. on Geosynthetics. Atlanta. 2: 845-850.
- 13- Palmeira E.M. and Gardoni M.G. 2000. The Influence of Partial Clogging and Pressure on the Behaviour of Geotextiles in Drainage Systems, Special Issue on Liquid Collection Systems. Geosynthetics International. 7. Nos. 4-6: 403-431.
- شالیزاری شبکه سفیدرود گیلان. مجموعه مقالات کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره انتشار ۹۳: ۱۶۴-۱۵۱.
- 4- ASTM D 2434. Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head). ASTM International. West Conshohocken. PA. USA.
- 5- ASTM D 4491. Standard Test Method for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity. ASTM International. West Conshohocken. PA. USA.
- 6- ASTM D 4751. Standard Test Method for Determining Apparent Opening Size of a Geotextile. ASTM International. West Conshohocken. PA. USA.
- 7- ASTM D 42263. Standard Test Method for Particle Size Analysis of Soils. ASTM International. West Conshohocken. PA. USA.
- 8- Chang D. Wu J. and Nieh Y.C. 1996. Use of Geosynthetics in the Uplift Pressure Relief System for a Raft Foundation. Recent Developments in Geotextile Filters and Prefabricated Drainage Geocomposites. ASTM. Special Technical Publication 1281: 196-221.