Archive of SID

اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار

تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

ارزیابی آزمایشگاهی کارایی فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت در کاهش سطح ایستابی

میترا زهتابیان

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه شهرکرد zehtabianmitra@gmail.com

مهدی قبادی‌نیا

استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهرکرد mahdi.ghobadi@gmail.com

علیرضا حسن اقلی

عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی arho49@yahoo.com

چکیده

با توجه به نقش و اهمیت زهکشی زیرزمینی و توجه ویژه به آن در جهت کنترل سطح ایستابی، تحقیقات گسترده‌ای در سراسر دنیا برای یافتن راه حل‌های جدید و سازگار با محیط زیست در ارتباط با انواع لوله‌ی زهکش و مواد پوششی اطراف آن‌ها در حال اجرا می‌باشد. این پژوهش به منظور بررسی کارایی فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت در کاهش سطح ایستابی و مقایسه آن با دو نوع پوشش مشتمل بر زهکش دارای پوشش معدنی یا دانه‌ای (شن و ماسه‌ای) و زهکش با پوشش مصنوعی PLM (از نوع PP450) انجام شده است. برای شبیه‌سازی شرایط طبیعی اراضی زهکشی شده در آزمایشگاه از یک مخزن آب و خاک (مدل آزمایشگاهی افقی) که علاوه بر تنظیم سطح ایستابی در ارتفاع مورد نظر، بخشی از یک ترانشه زهکشی را شبیه‌سازی می‌نماید استفاده گردید. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت توانایی بالاتری در تخلیه آب مازاد خاک و کنترل سطح ایستابی نسبت به زهکش‌های لوله‌ای مرسوم با پوشش PLM دارند. اگرچه دبی عبوری و افت سطح ایستابی در زهکش با فیلتر دانه‌ای بسیار زیاد بود، اما به دلیل مشکلات موجود در تهیه فیلتر دانه‌ای و نزدیک بودن عملکرد فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت به آن‌ها، استفاده از فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پوشش دانه‌ای، پوشش مصنوعی PLM، زهکش‌های زیرزمینی، فیلتر زهکش ژئوکمپوزیت

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در گذشته شن و ماسه با دانه‌بندی مناسب مهمترین مواد طبیعی یا معدنی به کار برده شده در پروژه‌های فیلتراسیون و زهکشی برای جلوگیری از ورود رسوبات به داخل زهکش‌های لوله‌ای موجدار بودند. به دلیل محدودیت‌ها و مشکلات موجود برای تهیه فیلتر شن و ماسه، مثل هزینه بالای تهیه فیلتر با دانه‌بندی مناسب، در دسترس نبودن مواد دانه‌ای در نزدیکی محل پروژه‌ها، مشکلات اجرایی و زیست محیطی، در سال‌های اخیر، استفاده از فیلترهای مصنوعی یا ژئوکمپوزیت‌های زهکش به عنوان جایگزین فیلترهای معدنی مطرح شده است (سیاهی و همکاران، ۱۳۸۳، دیریکس، ۱۹۸۰). با توجه به رشد روز افزون صنایع پتروشیمی در ایران و وفور مواد اولیه مورد نیاز در تولید پوشش‌های مصنوعی (پلی‌پروپیلن، پلی‌استر و غیره)، هم اینک امکان تولید داخلی این محصولات فراهم شده است. در چنین شرایطی و در صورت اطمینان از عملکرد این فرآورده‌ها، از هزینه‌های لازم جهت تهیه پوشش زهکشی نیز به مقدار چشمگیری کاسته می‌شود (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۶). بالا بودن کیفیت، سهولت اجرا و سایر مزایای مواد ژئوسنتتیک، استفاده از آن‌ها را به عنوان فیلتر زهکش مطرح ساخته است (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۳). ژئوکمپوزیت‌ها ترکیبی از ورقه‌های مختلف ژئوسنتتیک مانند ژئوتکستایل- ژئونت، ژئوتکستایل – ژئوگرید، ژئوتکستایل – ژئوسل، و غیره است و در بسیاری از موارد به عنوان فیلتر زهکش مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های فیلتر زهکش باید متشکل از یک سیستم ژئوکمپوزیت مرکب از یک یا دو لایه ژئوتکستایل (به عنوان فیلتر) و یک میان لایه ژئونت یا ژئوگرید به عنوان زهکش باشد. آب تجمع یافته در اطراف فیلتر- زهکش ژئوکمپوزیت، به صورت عمود بر صفحه‌های ژئوتکستایل وارد زهکش ژئونت شده و در جهت طولی آن از محیط خارج می‌شود (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۳). مک کین و اینوی (۲۰۰۱)، مطالعات گسترده‌ای را روی عملکرد درازمدت ژئوکمپوزیت‌ها به عنوان زهکش جاده‌ای و زهکش عمودی پشت دیوارهای حایل انجام دادند و نتایج آن‌ها حاکی از عملکرد کاملا رضایت‌بخش این زهکش‌ها بود. شعاع هیدرولیکی کانال‌های زهکشی بسیار کوچک درون زهکش ژئوسنتتیک (مساحت سطح مقطع تقسیم بر محیط کانال زهکش)، یکی از عوامل موثر در ظرفیت زهکشی ژئوسنتتیک‌ها است، به طوری که با افزایش شعاع هیدرولیکی، ظرفیت زهکشی نیز افزایش می‌یابد. برای افزایش شعاع هیدرولیکی باید زهکش ژئوسنتتیک دارای فیلتر سخت و هسته‌ی قوی بوده و کانال‌های بزرگ با سطح مقطع مربعی شکل داشته باشد (چای و همکاران، ۲۰۰۴). بختیاری و همکاران، در سال ۱۳۸۹ به ارزیابی کاربرد ژئوکمپوزیت به عنوان یک لایه زهکش در کف و دیواره‌های کانال‌های آبیاری پرداختند. نتایج حاصل از انجام این مطالعات که روی مدل فیزیکی و ارزیابی آن با استفاده از مدل SEEP/3D انجام شد، نشان داد که فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت می‌توانند در صورت لحاظ نمودن مشخصات فنی مربوطه در انتخاب و طراحی، جایگزین مناسبی برای فیلترهای دانه‌ای در کانال‌ها باشد. 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 تنها با نصب یک فیلتر ژئوتکستایل به ضخامت و عرض کافی در کف کانال می‌توان آب نشتی به سمت کانال را زهکشی و تخلیه نمود.

روش‌های آزمایشگاهی (استفاده از مدل‌های فیزیکی) از متداول‌ترین روش‌های موجود برای بررسی و تحقیق در زمینه پوشش‌ها می‌باشند. سرعت عمل، سهولت، ارزانی، قابلیت کنترل و قابلیت تکرار از مزایای این روش‌ها محسوب می‌شوند. در مقابل، به هم خوردن ساختمان خاک، آزمایش در حجم کوچکی از خاک به عنوان نمونه کل خاک و نبودن شرایط واقعی جریان در خاک از عمده معایب این روش‌ها محسوب می‌گردد (قانع، ۱۳۸۵).

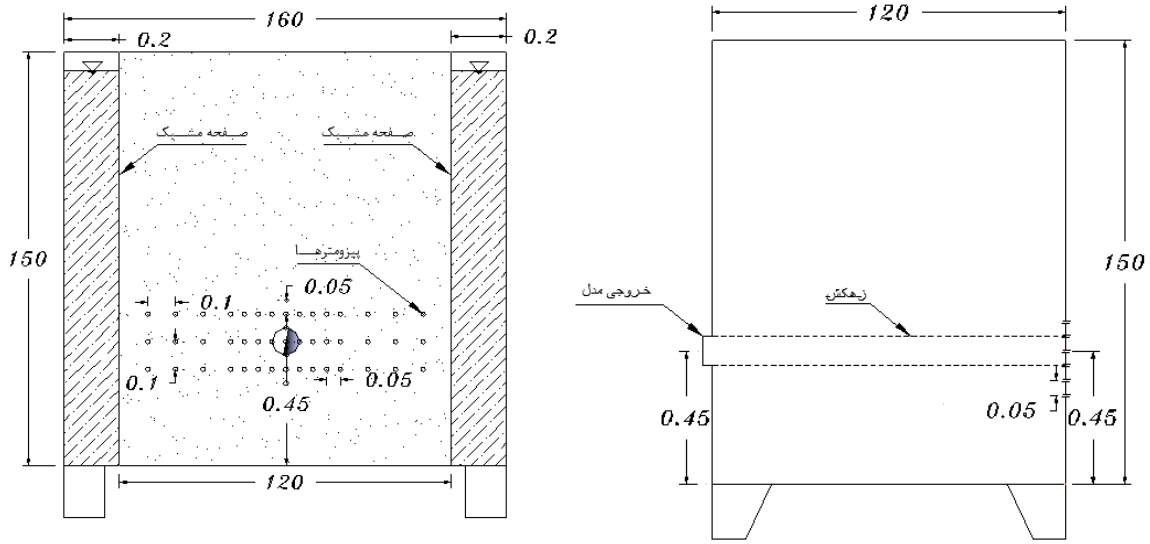
هدف اصلی این پژوهش، بررسی عملکرد آزمایشگاهی فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت و مقایسه وضعیت سطح ایستابی و دبی خروجی فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت با زهکش‌های لوله‌ای مرسوم با پوشش از قبل پیچانده شده‌ی PLM و پوشش دانه‌ای می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور شبیه‌سازی وضعیت زهکش‌ها در محیط آزمایشگاه از مدل فیزیکی مخزن خاک و شن افقی استفاده گردید. بدنه‌ی اصلی مدل فیزیکی به صورت مکعب مستطیل می‌باشد. چهار ضلع این مکعب از جنس فولاد و یک ضلع آن از پلاکسی‌گلاس ساخته شد. مدل دارای ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر، عرض ۱۲۰ سانتی‌متر و طول ۱۶۰ سانتی‌متر می‌باشد. به منظور تأمین آب مورد نیاز برای ایجاد سطح ایستابی در تراز دلخواه، به فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متر از دیواره‌های جانبی مخازنی مشابه در دو طرف مدل تعبیه شد که دیواره‌های داخلی مخزن مشبک می‌باشد. لوله‌ی زهکش در این مدل، در ارتفاع ۴۵ سانتی‌متری از کف مدل و با شیب تقریباً برابر صفر در جهت عرض مدل قرار می‌گیرد. در فاصله‌ی ۴۵ سانتی‌متری از کف مدل و در انتهای زهکش، خروجی جهت خارج شدن زه‌آب از زهکش تعبیه شد. برای بررسی موقعیت سطح ایستابی پیرامون لوله زهکش، پیزومترهایی در نقاط مختلف اطراف آن نصب گردید. در این مدل ۴۹ پیزومتر سطح آب را در نقاط اطراف زهکش نشان می‌دهند. جهت تنظیم سطح ایستابی در تراز دلخواه و برقراری جریان آب در خاک، آب از یک مخزن خارجی در کنار مدل توسط پمپ به مخازن داخلی مدل فیزیکی، پمپاژ می‌شد. روی دیواره‌ی خارجی هر مخزن مدل فیزیکی، پیزومتری جهت مشخص شدن تراز سطح آب داخل مخزن نصب گردید. برقراری سطح آب در ترازهای ۴۵، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر از کف مدل فیزیکی و تثبیت سطح آب در این ترازها از طریق شیرهای موجود روی دو خروجی پمپ (ورودی به مخازن مدل) و خروجی‌های مخازن داخل مدل انجام می‌گردید. خروجی‌های مخازن داخلی در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری از کف مدل قرار دارد (شکل ۱).



شکل (۱): نمای روبه‌رو و از کنار مدل فیزیکی

برای ایجاد شرایط بحرانی و کاهش زمان آزمایش‌ها، خاک مورد استفاده باید دارای هدایت هیدرولیکی نسبتا بالایی باشد تا در زمان کمتری محیط اشباع شده و به تعادل برسد. هم‌چنین بافت خاک مورد نظر باید به گونه‌ای انتخاب گردد 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 در نظر گرفته شد و خصوصیات آن در جدول ۱ ارائه گردیده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۱): خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک بستر

محدوده دانه‌بندی خاک	بافت خاک	d_{50} (mm)	هدایت هیدرولیکی (cm/sec)
ماسه ریز تا متوسط	شن لومی (loamy sand)	۰/۳۴۵	۰/۰۰۱

برای ایجاد شرایط یکسان بین فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت و زهکش‌های لوله‌ای مرسوم، ابعاد فیلتر زهکش‌ها طوری در نظر گرفته شد که سطح تماس آن‌ها با خاک تقریبا برابر با سطح تماس (محیط) زهکش‌های پلاستیکی موجدار با قطر ۱۰۰ میلی‌متر (۴ اینچ) باشد. برای ساخت این فیلتر زهکش‌ها از ژئونت به عرض ۱۰ سانتی‌متر و طول ۱۲۰ سانتی‌متر و لایه ژئوتکستایلی که دور آن پیچیده شد، استفاده شد. دو عدد فیلتر زهکش، با دو نوع ژئوتکستایل (GTLP1 و GTLP5) ساخته شد. مشخصات ژئوتکستایل-های به کار رفته در جدول ۲ ارایه شده است.

جدول (۲): مشخصات ژئوتکستایل‌های تهیه شده برای تهیه‌ی فیلتر زهکش‌ها

خصوصیات	روش آزمایش (ASTM)	واحد	ژئوتکستایل GTLP1	ژئوتکستایل GTLP5
مشخصات فیزیکی				
جرم	D-5261	gr/m^2	۲۰۰	۵۰۰
ضخامت	D-5199	mm	۱/۲	۴
مشخصات هیدرولیکی				
اندازه منافذ باز (A.O.S)	D-4751	mm	۰/۳۵	۰/۱۵
نرخ دبی عبوری	D-4491	$l/m^2/sec$	۱۲۰	۸۵

در این پژوهش برای بررسی عملکرد زهکشی فیلتر زهکش‌ها، دو فیلتر زهکش ژئوکمپوزیت به همراه یک پوشش دانه‌ای و یک پوشش PLM (از نوع PP450) با لوله زهکش مرسوم به قطر ۱۰۰ میلی‌متر آزمایش شدند. حروف اختصاری هر کدام از زهکش‌ها در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول (۳): حروف اختصاری زهکش‌های آزمایش شده

حروف اختصاری	شرح زهکش
DP-PLM	زهکش لوله‌ای با پوشش PLM
DP-Granular	زهکش لوله‌ای با پوشش دانه‌ای
SG-GT1	فیلتر زهکش ژئوکمپوزیت با ژئوتکستایل GTLP1
SG-GT2	فیلتر زهکش ژئوکمپوزیت با ژئوتکستایل GTLP5

در این پژوهش پارامترهای دبی جریان و نیمرخ سطح آب، پس از تثبیت سطح ایستابی در ارتفاع‌های ۴۵، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ سانتی-متری از کف مدل، برای هر کدام از زهکش‌های مورد آزمایش برداشت می‌گردید. آب موجود در منبع بیرونی مدل توسط پمپ به مخازن دو طرف مدل وارد می‌شد و در سطح مورد نظر تثبیت می‌گردید. سپس اجازه‌ی اشباع شدن به خاک داده می‌شد. پس از مدت معینی که خاک اشباع شده و سطح آب در پیزومترها تثبیت گردید، درپوش انتهایی مدل (خروجی زهکش) باز می‌شد. پس از

www.SID.ir

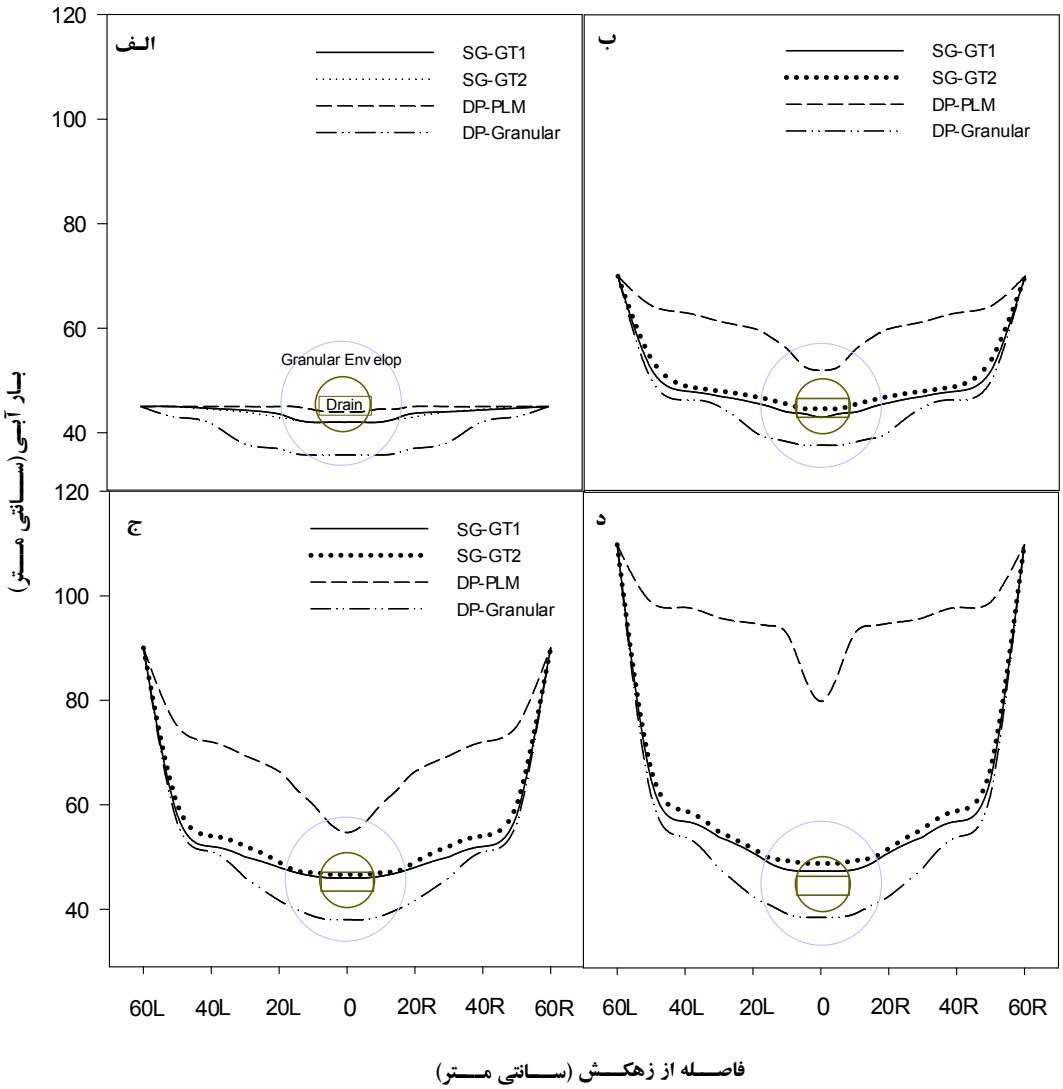
Archive of SID

تعادل مجدد آب در خاک و تثبیت سطح آب در پیزومترها، داده‌برداری انجام می‌گرفت. برای هر کدام از زهکش‌های مورد آزمایش، هر آزمون سه بار تکرار گردید.

نتایج و بحث

موقعیت سطح آب در خاک

در شکل ۳ موقعیت سطح آب برای زهکش‌های مختلف و در ترازهای مختلف سطح ایستابی نشان داده شده است. با مقایسه پروفیل سطح آب در اطراف فیلتر-زهکش‌های ژئوکمپوزیت (SG-GT1، SG-GT2) و زهکش لوله‌ای مرسوم با پوشش PLM (DP-PLM) مشخص گردید، در فیلتر زهکش‌های مربعی با ژئوتکستایل‌های GTLP1 و GTLP5 افت سطح آب بیشتر از زهکش لوله‌ای با پوشش PLM می‌باشد.



شکل (۳): مقایسه پروفیل سطح ایستابی برای زهکش‌های SG-GT1، SG-GT2، DP-PLM و DP-Granular در سطح ایستابی الف- ۴۵ سانتی‌متر ب- ۷۰ سانتی‌متر ج- ۹۰ سانتی‌متر د- ۱۱۰ سانتی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

با اعمال بار آبی ۴۵ سانتی‌متری در مخزن آب، افت سطح آب در مرکز زهکش در زهکش DP-PLM، نسبت به فیلتر زهکش‌های SG-GT1 و SG-GT2 به ترتیب ۶۶/۶۷ و ۶۶/۶۷ درصد کمتر می‌باشد، در حالی‌که استفاده از پوشش دانه‌ای با توجه به اینکه سطح تماس را افزایش می‌دهد، موجب شده است که افت سطح ایستابی در این پوشش بیشتر از سایر پوشش‌ها باشد. با افزایش بار آبی به ۱۱۰ سانتی‌متر، در حالی‌که فاصله بین پروفیل سطح ایستابی زهکش با پوشش PLM با سایر انواع زهکش‌ها در حال افزایش است، فاصله بین پروفیل سطح ایستابی زهکش با فیلتر دانه‌ای و فیلتر-زهکش‌های ژئوکمپوزیت کاهش می‌یابد. با بررسی پروفیل‌های سطح ایستابی مشخص می‌شود که افت سطح آب در مرکز زهکش در DP-PLM نسبت به زهکش‌های SG-GT1 و SG-GT2 به ترتیب ۵۲ و ۵۰/۸ درصد کمتر می‌باشد و افت پروفیل سطح آب در زهکش DP-Granular، ۱۲/۳۸ و ۱۴/۴۹ درصد به ترتیب از زهکش‌های SG-GT1 و SG-GT2 بیشتر می‌باشد.

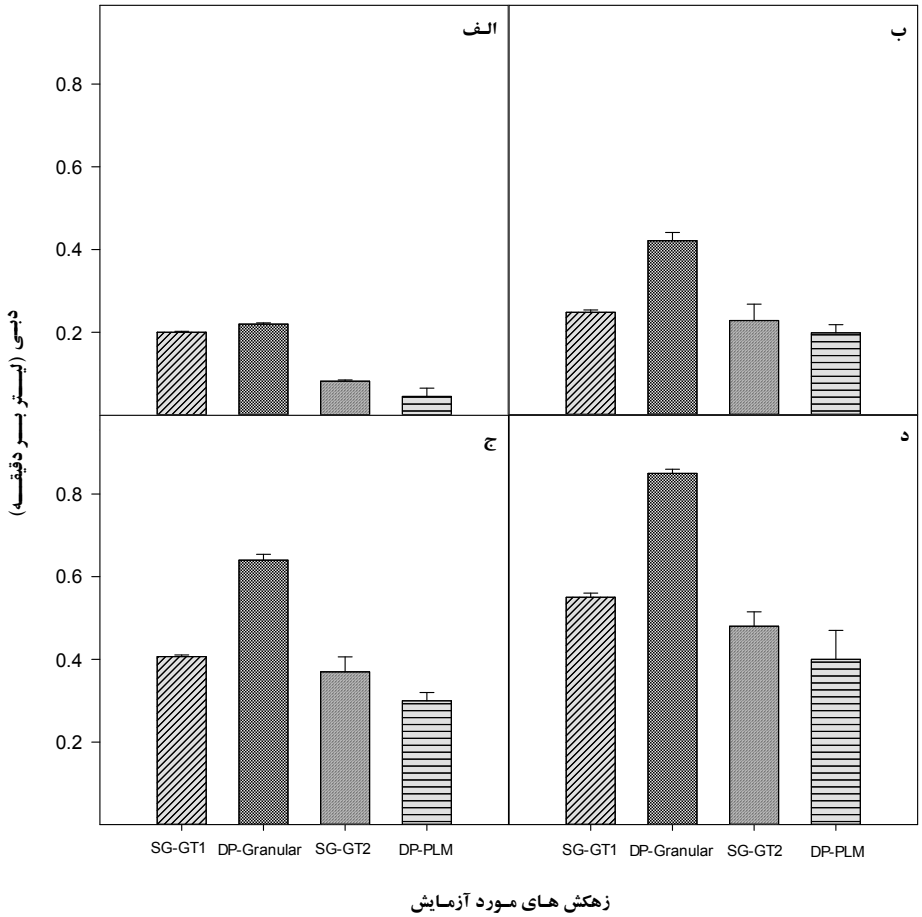
با فاصله از مرکز زهکش، اختلاف بین پروفیل‌های سطح آب بین زهکش‌های DP-Granular و ژئوکمپوزیت کاهش می‌یابد. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که در بار آبی ۱۱۰ سانتی‌متری و در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از مرکز زهکش، افت سطح آب درDP-Granular تنها ۲/۱۷ و ۱۱/۴۹ درصد به ترتیب از زهکش‌های SG-GT1 و SG-GT2 بیشتر می‌باشد. در حالی‌که در این بار آبی، افت سطح آب در زهکش DP-PLM، ۷۹/۰۵ و ۷۶/۸۴ درصد به ترتیب از زهکش‌های SG-GT1 و SG-GT2 کمتر می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت به کار رفته در آزمایش از کارایی مطلوب‌تری در پایین انداختن سطح آب در مقایسه با زهکش‌های لوله‌ای مرسوم با پوشش PLM برخوردار هستند و عملکرد آن‌ها به زهکش با پوشش دانه‌ای بسیار نزدیک است و می‌توانند به عنوان جایگزینی مناسب برای زهکش‌های با پوشش دانه‌ای مرسوم مطرح شوند. عملکرد مطلوب فیلتر زهکش‌ها در این پژوهش با نتایج رحیمی و همکاران (۱۳۸۳) مطابقت دارد. آن‌ها امکان کاربرد زهکش‌های مصنوعی را به عنوان فیلتر زهکش در زیر پوشش کانال‌های انتقال آب بررسی کردند. بختیاری و همکاران(۱۳۸۹) نیز با ارزیابی کاربرد ژئوکمپوزیت به عنوان یک لایه زهکش در کف و دیواره‌های کانال‌های آبیاری نتایج مشابهی به دست آوردند.

مقایسه دبی خروجی از زهکش‌ها

شکل ۴ دبی خروجی از زهکش‌های مورد آزمایش را در بارهای آبی مختلف نشان می‌دهد. با مقایسه دبی خروجی از زهکش‌های SG-GT1، SG-GT2، DP-Granular و DP-PLM مشخص گردید، دبی خروجی از زهکش لوله‌ای با پوشش PLM در یک بار آبی ثابت کمتر از دبی خروجی فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت مربعی و زهکش با پوشش دانه‌ای می‌باشد. این نتیجه در تمامی سطوح ایستابی ۴۵ تا ۱۱۰ سانتی‌متر مشاهده گردید. در سطح ایستابی ۴۵ سانتی‌متر، دبی زهکش DP-PLM از زهکش‌های SG-GT1، SG-GT2، DP-Granular به ترتیب ۷۷/۵، ۴۵/۱۲ و ۷۹/۵۴ درصد کمتر بود. در سطح ایستابی ۱۱۰ سانتی‌متر، دبی زهکش DP-PLM از زهکش‌های SG-GT1، SG-GT2، DP-Granular به ترتیب ۲۷/۲۷، ۱۶/۶۷ و ۵۲/۹۴ درصد کمتر بود. در مقایسه دبی خروجی فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت و زهکش با پوشش دانه‌ای مشخص گردید در سطح ایستابی ۴۵ سانتی‌متر، دبی زهکش DP-Granular از زهکش‌های SG-GT1 و SG-GT2 به ترتیب ۹/۱، ۶۲/۷ درصد بیشتر می‌باشد. در سطح ایستابی ۱۱۰ سانتی‌متر، دبی زهکش DP-Granular از زهکش‌های SG-GT1 و SG-GT2 به ترتیب ۳۵/۲۹ و ۴۳/۵۳ درصد بیشتر است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۴): مقایسه دبی خروجی از زهکش برای زهکش‌های SG-GT1، SG-GT2، DP-PLM و DP-Granular در سطح ایستابی الف- ۴۵ سانتی-متر ب-۷۰ سانتی‌متر ج- ۹۰ سانتی‌متر د- ۱۱۰ سانتی‌متر

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش با ارزیابی عملکرد فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت و مقایسه با زهکش‌های لوله‌ای مرسوم با پوشش مواد سست پیش تافته (PLM) و پوشش دانه‌ای مشخص گردید که دبی خروجی از فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت بیشتر از دبی خروجی از زهکش لوله‌ای مرسوم با پوشش PLM و کمتر از دبی خروجی زهکش با پوشش دانه‌ای است. همچنین افت سطح ایستابی در فیلتر زهکش-های ژئوکمپوزیت بیشتر از افت سطح ایستابی در زهکش لوله‌ای مرسوم با پوشش PLM می‌باشد، ولی کمی کمتر از افت سطح ایستابی زهکش با پوشش دانه‌ای است. بیشتر بودن دبی خروجی و افت سطح ایستابی در زهکش با پوشش دانه‌ای، به دلیل افزایش قطر مؤثر زهکش در نتیجه ضخامت زیاد پوشش دانه‌ای است که سطح تماس زهکش با خاک را حدودا سه برابر فیلتر زهکش‌ها و زهکش با پوشش PLM کرده است. با توجه به عملکرد بالای فیلتر-زهکش‌ها و مشکلات تهیه و اجرای فیلترهای دانه‌ای، فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت به عنوان جایگزینی مناسب برای زهکش‌های لوله‌ای با پوشش‌های PLM و دانه‌ای، توصیه می‌شوند. قابل

www.SID.ir

Archive of SID

ذکر است که نتایج حاصله در شرایط آزمایشگاهی محقق شده و همچنین مدت زمان حدوث گرفتگی زهکش‌ها و مقدار آن بررسی نشده است، لذا کاربرد فیلتر زهکش‌های ژئوکمپوزیت در سامانه‌های زهکشی زیرزمینی منوط به بررسی طولانی مدت عملکرد آن‌ها در شرایط مزرعه است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت ناروین گستر پارسیان، که مواد ژئوسنتتیک مورد نیاز در این پژوهش را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می-گردد.

منابع

۱. بختیاری ز. لیاقت ع. رحیمی ح. ۱۳۸۹. ارزیابی عددی و آزمایشگاهی عملکرد فیلتر مصنوعی ژئوکمپوزیت در کف و جداره‌های مدل فیزیکی کانال انتقال آب. نشریه آبیاری و زهکشی. شماره ۳. جلد ۴.

۲. رحیمی ح. قبادی‌نیا م. احمدی ح. ۱۳۸۳. کاربرد مواد ژئو سنتتیک به عنوان زهکش زیر پوشش کانال‌ها. کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها.

۳. رحیمی ح. قبادی‌نیا م. سهرابی ت. ۱۳۸۶. کاربرد ژئوسنتتیک‌ها در آبیاری و زهکشی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۴. سیاهی، م.ک.، باغبان‌زاده، ب. ۱۳۸۳. سیستم زهکشی زیر پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در اراضی شالیزاری شبکه سفیدرود گیلان. مجموعه مقالات کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانالها، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره انتشار۹۳ :۱۶۴-۱۵۱.

۵. قانع ا. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل فیزیکی تانک خاک و شن جهت مطالعه عملکرد فیلترهای مصنوعی در سیستم زهکشی زیرزمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز.

6. Chai J.C. Miura N. Nomura T. 2004. Effect of hydraulic radius on long-term drainage capacity of geosynthetics drain. Geotextiles and Geomembranes 22. 3–16.
7. Dierickx W. 1980. Electrolytic analogue study of the effect of openings and surrounds of various permeabilities on the performance of field drainage pipes. Communication No. 77, National Institute for Agriculture Engineering. Merelbeke , Belgium.
8. McKean J. Inouye K. 2001. Field evaluation of the long-term performance of geocomposite sheet drains. Journal of Geotextiles and Geomembranes. Elsevier. 19: 213-234.
9. Vlotman W.F. Willardson L.S. Dierickx W. 2000. Envelope design for subsurface drain. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands Pub. No 56. 358 pp.

www.SID.ir