

ارزیابی آزمایشگاهی پوشش‌های مصنوعی زهکش‌های زیر زمینی تولید شده در داخل کشور و مقایسه آن با انواع مشابه خارجی

جواد رضانی مقدم^{۱*}، عبدالرحیم هوشمند^۲، عبدعلی ناصری^۳ و علی حیدر نصراللهی^۴

* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشکده‌ی مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشکده‌ی مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشکده‌ی مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشکده‌ی مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۵

چکیده

مشکلاتی از قبیل تهیه، حمل و نقل و اجرا در استفاده از پوشش‌های معدنی در پروژه‌های زهکشی باعث استفاده از پوشش‌های مصنوعی گردید. در این تحقیق عملکرد پوشش مصنوعی PP₄₅₀ تولید دو کارخانه ایرانی (تحت عنوان الف و ب) از نظر میزان نفوذپذیری و خصوصیات هیدرولیکی مورد بررسی و با نوع مشابه خارجی مقایسه گردید. بدین منظور ابتدا از طریق آزمایش‌های استاندارد کومو و سپس به وسیله مخزن خاک و شن پوشش‌های مصنوعی مورد بررسی قرار گرفتند. طبق نتایج حاصله، تغییرات دبی در دو سه روز ابتدای آزمایش برای پوشش‌های مورد مطالعه بسیار زیاد بود و پس از این زمان تغییرات بسیار کم شد تا به حد ثابت ۹۴، ۶۶ و ۷۲ میلی لیتر در دقیقه در متر به ترتیب در پوشش مصنوعی هلندی، نوع الف و نوع ب رسید. مقایسه مقاومت آب در اطراف لوله زهکش نشان داد که پوشش مصنوعی نوع خارجی کمترین مقاومت را در برابر ورود آب داشت و بیشترین مقدار مقاومت ورودی مربوط به پوشش مصنوعی نوع الف بود (۲/۰۳ و ۹/۵۹ روز بر متر). به طور کلی نتایج این تحقیق، کارایی پوشش تولید داخل را از لحاظ میزان نفوذپذیری و خصوصیات هیدرولیکی تأیید کرد.

کلید واژه‌ها: پوشش مصنوعی، زهکشی، مخزن خاک و شن، PP₄₅₀، استاندارد کومو.

Laboratory Evaluation of Artificial Envelopes of Subsurface Drainage Produced in Iran and Comparing With Other Similar Foreign

J. Ramezanimoghadam¹, A. R. Hooshmand², A. A. Naseri³ and A. H. Nasrollahi⁴

1- Ph.D. Student, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.

2- Assistant Professor, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.

3- Professor, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.

4- Ph.D. Student, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.

Received: 4.Feb.2012

Accepted: 24.Jun.2012

Abstract

Difficulties like production, transportation, performance and etc in sandy envelopes which have been used in subsurface drainage projects have innovated artificial envelopes. At this research performance of the artificial envelope PP₄₅₀ produced in two Iranian factories (called A and B) came under close observation and compared with the same foreign grade. For these reasons first with Komo Standard Tests the artificial envelope came under loading process and the amount of sand passed into every artificial envelope measured. Results of soil/sand tank showed the out flow fluctuation on the first second and third day was high but it decreased after that and got stable (94, 66, 72(mlit/min)/m) respective related to the foreign envelope, envelope A and envelope B). Total maximum and minimum average of the out flow discharge related to the foreign envelope and the envelope A. Comparison of water resistance around the drainage pipe showed that the foreign artificial envelope has the minimum entrance resistant (2.03 day/m). Minimum and maximum

amount of sediment in the pipes related to putting in order, the foreign envelope and envelope A. but in sum there was no major difference on the amount of sediment, the maximum difference 20% is its indication. Finally this research passes and confirms the envelopes produced inside but recommends more study on them, specially envelope A, in order to get a better quality.

Key word: Artificial envelope, Drainage, Soil-sand tank, PP₄₅₀, Komo standard.

مقدمه

نامیده می‌شود، نتایج بهتر و دقیق تری نسبت به بقیه روش‌های موجود دارد (۹). چاتوپاهایای و هاگراواری^۵ در مطالعاتی که بر روی پوشش‌های ژئوتکستایل (تهیه شده از الیاف کنف) انجام دادند متوجه شدند که این پوشش‌ها خیلی اقتصادی و به صرفه می‌باشند. چون هیچ گونه آسیبی به محیط زیست وارد نکرده و می‌توان از آن‌ها به عنوان جانشین سایر فیلترهای زهکشی استفاده نمود (۱۰). رایزینگ هانی و ویس وانادهام^۶ با استفاده از یک دستگاه نفوذسنج تأثیر خاک‌های با نفوذپذیری کم را بر نفوذپذیری پوشش‌های مصنوعی بررسی کردند. نتایج نشان داد افزایش بار آبی کاهش نفوذپذیری پوشش مصنوعی را به همراه دارد (۱۴).

قانع عملکرد دو نوع پوشش مصنوعی تهیه شده از الیاف پروپیلن PP₄₅₀ و PP₇₀₀ را با پوشش شن و ماسه‌ای در مخزن شن و ماسه‌ای مقایسه کرد. میانگین دبی خروجی پوشش شن و ماسه‌ای حدود سه برابر دبی خروجی پوشش‌های مصنوعی بوده است (۶). مهدی نژادیانی عملکرد یک نوع پوشش مصنوعی PP₄₅₀ را بررسی و با پوشش معدنی شن و ماسه رایج در پروژه‌های زهکشی مقایسه کرد. نتایج به دست آمده نشان داد که در یک بار آبی ثابت، کاهش دبی خروجی از زهکش و هدایت هیدرولیکی مجموع خاک و پوشش در طول زمان در زهکش با پوشش مصنوعی بیشتر از زهکش با پوشش معدنی است (۸).

در گذشته تنها از پوشش‌های مصنوعی خارجی استفاده می‌شد اما در حال حاضر با رشد روز افزون صنایع پتروشیمی در ایران و تولید مواد اولیه پوشش‌های مصنوعی (پلی پروپیلن، پلی استرو غیره) توسط این صنایع و نیز وجود کارخانه‌های متعدد نساجی در داخل کشور شاهد تولید این پوشش‌ها در داخل کشور هستیم. هم اکنون خط تولید پوشش مصنوعی در دو کارخانه استان خوزستان آغاز به کار کرده است. در این تحقیق از پوشش‌های مصنوعی زهکش زیرزمینی تولید شده توسط این کارخانه‌ها بعنوان پوشش مصنوعی تولید داخل استفاده شده است (۵).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا از آزمایش‌های استاندارد کومو^۷ جهت کنترل کیفیت پوشش مصنوعی زهکش استفاده گردید. پوشش

امروزه به دلیل وسعت اراضی زهدار و شور در گستره کشور، نیاز به زهکشی در سطوحی وسیع و به ویژه در مناطق جنوبی ایران، آشکار است و با استقبال عمده از سامانه‌های زهکشی زیرزمینی، تأمین مصالح مورد نیاز جزء اولویت‌های اساسی به شمار می‌رود (۳). در طرح‌های زهکشی زیرزمینی، اهمیت طراحی و اجرای صحیح پوشش اطراف لوله‌های زهکشی یکی از پارامترهای بسیار مهم طراحی است. به عنوان مثال، در هلند ۸۰ درصد موارد شکست طرح‌های زهکشی ناشی از وضعیت نامناسب پوشش‌های لوله‌های زهکش می‌باشد (۱). بیشترین وسعت شبکه‌های زهکشی ایران در استان خوزستان می‌باشد. وسعت زیاد این طرح‌ها در استان خوزستان و دور بودن مناطق استحصال مصالح شن و ماسه از محل اجرای پروژه‌ها، افزایش قابل توجه هزینه‌ها را باعث شده است (۲).

با توجه به مشکلات ذکر شده در مورد استفاده از پوشش‌های معدنی و مزایای استفاده از پوشش‌های مصنوعی (هزینه کمتر و نصب راحت تر به وسیله ماشین آلات مخصوص) تحقیقات جهت ارزیابی کاربرد پوشش مصنوعی در زهکش‌های زیر زمینی و جایگزین نمودن آن به جای پوشش‌های معدنی آغاز گشته است (۷).

به همین منظور استفاده از پوشش‌های مصنوعی^۱ گزینه‌ای است که در کشورهایی چون هلند، امریکا، پاکستان و مصر به صورت وسیع مورد استفاده قرار گرفته است (۴). جمال و شفیق^۲ به بررسی تعیین تأثیر خصوصیات فیزیکی ژئوتکستایل‌ها بر عملکرد آنها پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که اولاً: پوشش‌های مصنوعی نیاخته درمقایسه با پوشش‌های مصنوعی بافته در زهکشی کارایی بهتری دارند (گرفتنی کمتر، هدایت هیدرولیکی بالاتر و مقاومت بیشتر در برابر تغییر شکل)، ثانیاً اندازه منافذ پوشش مصنوعی و توزیع آنها تأثیر زیادی بر عملکرد هیدرولیکی آنها دارد (۱۱).

احمد و همکاران^۳ از یک روش آماری جدید، که در آن از تجزیه و تحلیل تصاویر کوپل استفاده می‌شود، برای تعیین توزیع اندازه ذرات ژئوتکستایل‌ها استفاده کردند. نتایج نشان داد که استفاده از روش آماری کوپل شده با روش تجزیه و تحلیل تصاویر که کانز^۴

- 1- Geotextile
- 2- Gamal and Shafey
- 3- Ahmet et al.
- 4- CONS

- 5- Chattopadhyay and Hakravarty
- 6- Raisinghani and Viswanadham
- 7- Komo Standard

میلی‌متر) منطبق با NEN 7036 را عرضه می‌دارد (۱۳ و ۱۲). در این تحقیق از نمونه‌های با قطر ۱۰۰ میلی‌متر استفاده گردید. مراحل انجام آزمایش‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- نمونه پوشش مصنوعی PP450 مورد نظر تهیه شده و به وسیله سیکلومتر، ضخامت چهار قسمت از پوشش مصنوعی (ابتدا و انتها و دو قسمت در وسط) اندازه‌گیری شد. نخ‌های پیچیده شده با دقت بریده شد و از فیلتر جدا گردید.

- پوشش با دقت از محل اتصال باز و به صورت صفحه تغییر داده شد. نمونه‌ای به قطر ۱۳۵ میلی‌متر از آن را بریده و وزن شد.

- برای شبیه‌سازی بار وارده به پوشش مصنوعی زهکشی در زیر خاک، وزنه فلزی (با مشخصات زیر) به مدت ۱۰ دقیقه بر روی نمونه پوشش قرار داده شد (شکل ۱).

- بعد از اتمام زمان ۱۰ دقیقه و قبل از برداشتن وزنه، به وسیله کولیس عمق سنج دار در چهار نقطه ضخامت نمونه اندازه‌گیری شد (وزن ۹/۳ کیلوگرم، ارتفاع ۹۰ میلی‌متر، قطر ۱۳۰ میلی‌متر، ارتفاع لبه ۴ میلی‌متر و ضخامت لبه ۲ میلی‌متر).

- بعد از تعیین ضخامت متوسط نمونه تحت بار، نمونه به داخل دستگاه لرزاننده انتقال یافت. سپس دایره‌های برنجی را با ضخامت معادل نمونه پوشش تحت بار تهیه شد. بعد از آن نمونه پوشش

مصنوعی تحت بارگذاری قرار گرفته و میزان عبوردهی ذرات شن و ماسه توسط پوشش مصنوعی مورد بررسی قرار گرفت (۱۳ و ۱۲). این بخش از تحقیق در آزمایشگاه کیفی مجتمع کارخانجات پشتیبانی شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی انجام گرفت. سپس به منظور شبیه‌سازی وضعیت زهکش‌ها در محیط آزمایشگاه، از مدل فیزیکی مخزن خاک و شنی که توسط اخنر طراحی شده است، استفاده گردید. این مدل به گونه‌ای طراحی گردیده است که ابعاد واقعی بخشی از یک ترانشه زهکشی را بازسازی می‌نماید (۱۵). این بخش از تحقیق در آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. هدف این بخش از تحقیق، اندازه‌گیری میزان دبی خروجی، میزان مقاومت ورودی و بررسی سطح آب در اطراف پوشش‌های مختلف زهکش می‌باشد. پوشش‌های مصنوعی مورد ارزیابی در این تحقیق یک نوع PP450 تولید کشور هلند و دو نوع PP450 تولید کارخانجات ایرانی (تحت عنوان الف و ب) است. قطر لوله‌های زهکشی مورد استفاده ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

آزمایش‌های استاندارد کومو (NEN 7090)

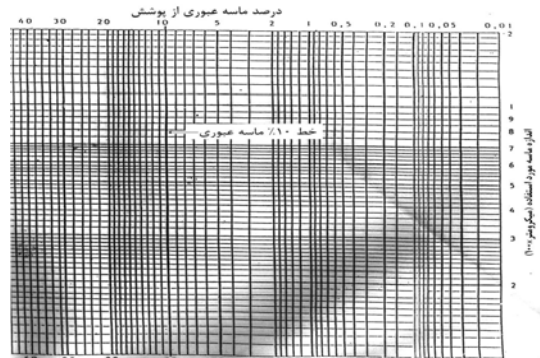
NEN 7090 یک استاندارد هلندی می‌باشد. این استاندارد ضروریات و روش‌های آزمایش جهت مواد الیاف پوششی پلی پروپیلن برای لوله‌های زهکشی دارای پوشش (با قطر ۵۰ تا ۱۲۵



شکل ۱- اندازه‌گیری ضخامت پوشش مصنوعی



شکل ۲- نمونه پوشش در دستگاه لرزاننده



شکل ۳- محور مختصات مورد استفاده جهت تعیین O_{90}



شکل ۴- نمای خارجی مخزن خاک و شن

بر اساس درصد عبوری ماسه ۳۵۵ و ۵۰۰ در هر نمونه پوشش مصنوعی در محور مختصات شکل (۳) دو نقطه به دست می‌آید. با کمک دو نقطه یک خط رسم می‌شود. این خط، در یک نقطه خط ۱۰ درصد ماسه عبوری را قطع می‌کند. عرض این نقطه می‌بازان عبوردهی واقعی ذرات ماسه را توسط نمونه پوشش مصنوعی مورد نظر (یا همان O_{90}) را به ما می‌دهد.

مدل مخزن خاک و شن

الف- منطقه و نحوه تهیه خاک

برای تهیه خاک پس از مراجعه به محل اجرای طرح پروژه زهکشی نخیلات آبادان، ابتدا گودالی به عمق ۱/۵ متر حفر گردید و عملیات برداشت خاک به منظور شبیه‌سازی بهتر محیط ترانشه، به صورت لایه‌هایی به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر انجام گرفت و خاک هر لایه در داخل گونی‌های جداگانه ریخته شد. سپس این خاک‌ها به محل آزمایشگاه حمل شد.

بین صفحات فلزی توری مانند (مشابه شبکه نخ‌های پیچیده شده دور پوشش مصنوعی) با ضخامت معادل نمونه پوشش تحت بار فشرده شد (شکل ۲).

ماسه‌ای با قطر ۳۵۵ میکرومتر، وزن ۵۰ گرم روی پوشش مصنوعی قرار داده شد و با فرکانس ۵۰ هرتز به مدت پنج دقیقه لرزانه شد.

پس وزن ماسه عبوری یادداشت گردید. بیش از پنج گرم از این ماسه بایستی از نمونه پوشش عبور نماید (در غیر این صورت نمونه غیر قابل قبول است).

بعد از آن نمونه بر گردانده شد و با قرار دادن ساچمه روی آن سعی در خارج کردن نمودن ماسه از داخل پوشش مصنوعی شد.

روی هم رفته بایستی ۴۹ گرم از این ماسه خارج شود.

تمام مرحله قبل را توسط ماسه با قطر ۵۰۰ میکرومتری انجام شده و وزن ماسه عبوری یادداشت گردید. در اینجا باید کمتر از پنج گرم ماسه ۵۰۰ میکرومتری از نمونه پوشش عبور کند در غیر این صورت نمونه غیر قابل قبول است.

جدول ۱- اندازه گیری ضخامت پوشش‌های مصنوعی در چهار مقطع نمونه دست نخورده

نوع پوشش مصنوعی	ضخامت اندازه گیری شده پوشش توسط سیکلومتر (میلیمتر) (حدلازم ۳/۸-۶/۳)			
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
پوشش هلندی	۴	۴	۴/۵	۳/۹
پوشش الف (۱)	۴/۱	۴/۳	۵/۱	۵/۵
پوشش الف (۲)	۴/۶	۵/۸	۵/۱	۵/۳
پوشش الف (۳)	۵/۷	۵/۴	۴/۵	۳/۹
پوشش الف (۴)	۸	۷	۶/۵	۷/۱
پوشش ب (۱)	۹	۹	۸/۵	۸/۹
پوشش ب (۲)	۴	۵/۲	۵/۷	۴/۹
پوشش ب (۳)	۶/۵	۵/۵	۵	۷
پوشش ب (۴)	۵/۵	۵/۵	۶	۵/۶

بعد از آن، خاک بر اساس لایه بندی و با ضخامت پنج سانتی‌متر در داخل مدل ریخته شد. سپس با چند بار راه رفتن روی خاک و وارد نمودن ضرباتی آرام، خاک تا حد طبیعی خود متراکم گردید.

ه- شروع آزمایش و برقراری جریان آب

با استفاده از شیرفلکه تعبیه شده در قسمت پایین بخش دوجداره، آب به مقدار کم و به ارتفاع حدود پنج سانتی‌متر و به مقدار پنج سانتی‌متر در هر ساعت وارد مخزن می‌شد. برای کنترل سطح آب، در ارتفاع مورد نظر (۱۶۰ سانتی‌متری) دو روزنه ایجاد شد تا آب اضافی از این طریق خارج گردد. جریان آب در این مخزن پس از عبور از روزنه‌های جداره مشبک وارد خاک گردید و پس از عبور از پوشش، توسط زهکش از مدل خارج شد.

و- اندازه گیری پارامترها

۱- دبی جریان و ارتفاع آب در اطراف لوله زهکش: پس از تثبیت ارتفاع آب در ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متری از کف مخزن داخلی (۱۱۵ سانتی‌متری از محور لوله زهکش) به صورت روزانه و به مدت سه هفته اندازه گیری شد.
۲- اندازه گیری مقاومت ورودی آب به داخل لوله زهکش: برای اندازه گیری این پارامتر در فواصل مختلف از لوله زهکش از رابطه توصیه شده ولتمن و ویلاردسون (۱۵) استفاده شد:

$$w = \frac{h_2 - h_1}{q} \quad (1)$$

h_1 و h_2 : بار آبی داخل لوله زهکش و کنار پوشش (متر)
 q : دبی در واحد طول زهکش (متر مکعب بر متر در روز)
 w : مقاومت ورودی پوشش و لوله (روز بر متر).

ب- آزمایش دانه بندی خاک

برای تعیین دانه‌بندی خاک مورد آزمایش، با توجه به نوع خاک منطقه که غالباً ریز بافت می‌باشد؛ از بین روش‌های مختلف از روش تفکیک لیزری به علت سرعت بالا استفاده گردید. نتایج حاصل از دانه بندی خاک با این روش توسط نرم‌افزار مستر ساینر مالون^۱ به صورت جدول و نمودار، نمایش داده می‌شود. نهایتاً با کمک مثلث بافت، بافت خاک مورد نظر به دست می‌آید.

ج- ابعاد مخزن و شبکه‌های پیژومتری

این مدل دارای یک مخزن خارجی به ارتفاع ۲۰۰، طول ۱۵۰ و عرض ۸۰ سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۴). دیواره‌های مخزن داخلی از هر طرف ۱۰ سانتی‌متر با مخزن خارجی فاصله دارد و توسط سوراخ‌هایی به قطر چهار میلی‌متر و فواصل ۱۰ سانتی‌متر مشبک گردید. در سطح ۱۶۰ سانتی‌متری از کف مخزن خارجی، دو روزنه تعبیه شد تا آب اضافی از این محل تخلیه گردد. جهت خروج زه آب مخزن، از یک لوله فلزی به قطر سه اینچ استفاده گردید. برای بررسی سطح آب در اطراف لوله زهکش از ۱۲ عدد پیژومتر (دسته‌های سه تایی در چهار طرف لوله زهکش به فواصل ۵، ۰ و ۱۰ سانتی‌متری) استفاده شد. لوله زهکش در این مدل با شیب یک درصد به طرف خروجی مخزن امتداد می‌یابد.

د- آماده سازی خاک و پر کردن مخزن

ابتدا به منظور خشک شدن نمونه خاک به مدت ده روز در آزمایشگاه پهن شد. سپس خاک هر لایه به صورت مجزا کوبیده شد و برای حذف کاه و کلش و نیز حذف دانه‌های درشت تمام خاک‌ها از الک شماره چهار عبور داده شدند.

نتایج و بحث

آزمایش‌های استاندارد کومو

الف- ضخامت پوشش‌های مصنوعی دست نخورده: طبق مرحله اول آزمایش‌های استاندارد کومو که در بخش مواد و روش‌ها بیان شد، ضخامت پوشش‌های مصنوعی قبل از باز کردن و بریدن آن در چهارمقطع (ابتدا و انتها و دو ناحیه در وسط) اندازه‌گیری گردید. داده‌های مربوطه در جدول (۱) آمده است. میانگین این ضخامت‌ها باید در محدوده $3/8-6/3$ میلی‌متر باشد. به غیر از پوشش الف (۴) و ب (۱) در سایر موارد این محدوده رعایت شده است. این ضخامت به تناسب وزن استاندارد که برای مساحت نمونه مورد نظر ($0/143$ مترمربع) در نظر گرفته شده انتخاب شده است، بنابراین در صلاحیت پوشش خلل ایجاد نمی‌کند.

ب- حداقل ضخامت و وزن پوشش‌های مصنوعی: از دیگر ویژگی‌هایی که در این آزمایش اندازه‌گیری شد حداقل ضخامت و وزن پوشش مصنوعی است. حداقل ضخامت نمونه باید از سه میلی‌متر بیشتر باشد و نهایتاً تا $2/8$ میلی‌متر نیز قابل قبول است. نمونه پوشش مصنوعی دایره‌ای شکل که در این آزمایش تحت بار گذاری و سایر آزمایش‌ها قرار گرفته است دارای مساحت حدوداً $0/143$ مترمربع است. برای محاسبه میزان وزن پوشش مصنوعی در هر متر مربع، وزن نمونه در 70 ضرب می‌شود. مطابق استاندارد بهترین وزن پوشش‌های مصنوعی در محدوده $500-300$ گرم در هر متر مربع می‌باشد. همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌گردد در تمام نمونه‌ها حداقل ضخامت بیش از سه میلی‌متر است، که نشان‌دهنده رعایت استاندارد وضع شده در این مورد می‌باشد. اما در رابطه با وزن پوشش مصنوعی در بیش از 50 درصد موارد مشاهده گردید این مسئله رعایت نشده است که البته این قضیه صلاحیت پوشش را رد نمی‌کند چون شرط تأیید یا رد یک پوشش مصنوعی مربوط به میزان عبور دهی شن و ماسه است که بعداً بیان شده است. اما بهتر است که وزن پوشش‌ها نیز در این محدوده قرار گیرد.

ج- ضخامت پوشش‌های مصنوعی پس از بارگذاری: برای ضخامت پوشش‌های مصنوعی بعد از بارگذاری در استاندارد کومو شرط خاص بیان نشده است و میانگین این ضخامت‌ها برای انتخاب قطر رینگ مورد استفاده در دستگاه لرزاننده کاربرد دارد.

در جدول (۳) اعداد نشان می‌دهند که در پوشش الف و ب پراکنندگی ضخامت‌ها وجود دارد و نظم خاصی دیده نمی‌شود. وزنی که به پوشش اعمال می‌شود در حقیقت معادل وزن خاکی است که در شرایط واقعی مزرعه به پوشش اعمال می‌شود.

بنابراین باید توجه داشت که کاهش بیش از حد ضخامت پوشش نسبت به ضخامت اولیه مطلوب نمی‌باشد و در صورت بروز چنین مسئله‌ای باید در صلاحیت این پوشش دچار تردید شد. اما متأسفانه در این استاندارد در این زمینه موضع‌گیری روشنی وجود

ندارد که به وسیله آن بتوان به تأیید یا رد صلاحیت پوشش پرداخت.

د- میزان عبوردهی شن و ماسه 355 و 500 میکرون توسط پوشش‌های مصنوعی: این مرحله مهمترین بخش آزمایش‌های استاندارد کومو می‌باشد. در اینجا دو شرط اساسی وجود دارد که در صورت عدم رعایت هر کدام پوشش مورد نظر از نظر استاندارد کومو رد می‌شود:

شرط اول: درصد عبوری ماسه 355 میکرون از پوشش باید بالای 10 درصد باشد. شرط دوم: درصد عبوری ماسه 500 میکرون باید پایین‌تر از 10 درصد باشد.

همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌گردد، در پوشش هلندی و نوع (ب)، استاندارد مورد نظر رعایت شده است.

اما در سه مورد از نمونه‌های پوشش نوع (الف) این استاندارد رعایت نشده و بنابر این رد شده‌اند. این شروط از آن جهت اهمیت دارد که ماسه 355 میکرون بیانگر ذراتی است که باید از پوشش عبور کند و در صورت عبور نکردن می‌تواند باعث گرفتگی پوشش شود. بنابراین طبق استاندارد بایستی بالای 10 درصد از این ماسه از پوشش عبور کند. همچنین ماسه 500 میکرون نیز نماینده ذراتی است که باید از پوشش عبور کنند. چون در اثر وزن بالا ممکن است در درون لوله زهکش رسوب کنند و ظرفیت لوله زهکش را کاهش دهند که این مسلماً روی عملکرد زهکش تأثیر نامناسب دارد.

ه- میزان واقعی عبوردهی شن و ماسه پوشش‌های مصنوعی:

در جدول (۵) میزان واقعی عبوردهی شن و ماسه پوشش مصنوعی (O_{90}) آمده است. در این مرحله با توجه به درصد عبوری ماسه 355 و 500 میکرون و خط 10 درصد ماسه عبوری با کمک محور مختصات شکل (۳) میزان واقعی عبور دهی ماسه پوشش‌های مصنوعی (O_{90}) به دست آمد.

مدل مخزن شن و ماسه

نتایج بررسی دبی خروجی از زهکش: جهت اختصار از آوردن منحنی‌های دبی- زمان پوشش‌های مصنوعی مورد مطالعه صرف نظر شده و تنها یک منحنی دبی- زمان برای هر سه نوع پوشش مصنوعی آورده شده است (شکل ۵).

۱- پوشش مصنوعی هلندی: متوسط دبی خروجی در دو روز اول از لوله با پوشش مصنوعی PP_{450} هلندی 1035 (میلی لیتر در دقیقه در متر) بود.

میزان تغییرات دبی در روزهای اول بسیار زیاد بود و پس از گذشت این مدت، میزان تغییرات دبی کاهش پیدا کرد. تغییرات دبی خروجی از لوله زهکش با پوشش PP_{450} هلندی، از روز سیزدهم تا پایان آزمایش‌ها به کمتر از سه درصد کاهش یافت.

جدول ۲- حداقل ضخامت و وزن پوشش‌های مصنوعی

نوع پوشش مصنوعی	حداقل ضخامت پوشش مصنوعی (میلی‌متر)	وزن (گرم)	وزن (گرم در متر مربع)
پوشش هلندی	۳/۲	۶/۹۶	۴۸۷/۲
پوشش الف (۱)	۴	۱۲/۸۷	۹۰۰/۹
پوشش الف (۲)	۴	۱۰/۲۷	۷۱۸/۹
پوشش الف (۳)	۳/۸	۱۲/۹۶	۹۰۷/۲
پوشش الف (۴)	۳/۵	۱۴	۹۸۰
پوشش ب (۱)	۵/۱	۱۰/۰۸	۷۰۵/۶
پوشش ب (۲)	۳/۷	۶/۵۲	۴۵۶/۴
پوشش ب (۳)	۴/۲	۷/۶	۵۳۲
پوشش ب (۴)	۳/۷	۶/۶۷	۴۶۶/۹

جدول ۳- ضخامت پوشش‌های مصنوعی پس از بارگذاری

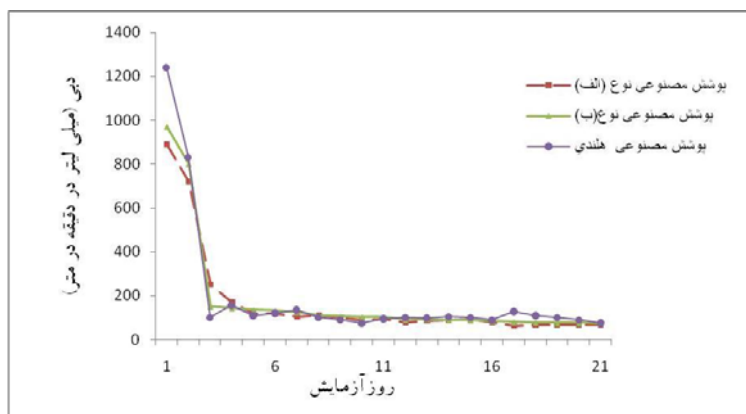
نوع پوشش مصنوعی	ضخامت پوشش‌های مصنوعی پس از بارگذاری توسط وزنه ۹/۳ کیلوگرمی			
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
پوشش هلندی	۴/۵	۳	۴/۵	۳
پوشش الف (۱)	۶/۲	۶/۳	۴/۵	۵/۸
پوشش الف (۲)	۵	۵	۷/۳	۴/۲۵
پوشش الف (۳)	۶	۵/۴	۶/۳	۴/۳
پوشش الف (۴)	۷/۶	۶	۸/۴	۷/۵
پوشش ب (۱)	۴/۵	۴/۳	۸	۸/۲
پوشش ب (۲)	۲/۵	۴/۳	۴/۵	۳/۹
پوشش ب (۳)	۵/۱	۴/۷	۴/۸	۳/۷
پوشش ب (۴)	۴/۱	۳/۷	۲/۶	۳/۵

جدول ۴- میزان عبوردهی شن و ماسه ۳۵۵ و ۵۰۰ میکرون توسط پوشش‌های مصنوعی

نوع پوشش مصنوعی	میزان عبوردهی شن و ماسه توسط پوشش‌های مصنوعی			
	وزن (گرم)	درصد	وزن (گرم)	درصد
پوشش هلندی	۹/۲۵	۱۸/۵	۰/۸۳	۱/۶۶
پوشش الف (۱)	۳/۲	۶/۴	-	-
پوشش الف (۲)	۴/۸۷	۹/۷۴	-	-
پوشش الف (۳)	صفر	صفر	-	-
پوشش الف (۴)	۵/۷۶	۱۳/۵۲	۰/۲	۰/۴
پوشش ب (۱)	۵/۷۱	۱۱/۴۲	۰/۶۵	۱/۳
پوشش ب (۲)	۲۵	۵۰	۴/۹	۹/۸
پوشش ب (۳)	۳۶/۶	۷۳/۳	۴/۲۶	۸/۵۲
پوشش ب (۴)	۸/۹	۱۷/۸	۴	۸

جدول ۵- میزان واقعی عبوردهی شن و ماسه توسط پوشش‌های مصنوعی

نوع پوشش مصنوعی	میزان عبور دهی شن و ماسه توسط پوشش‌های مصنوعی (O ₉₀)
پوشش هلندی	۳۹۰
پوشش الف (۴)	۳۸۰
پوشش ب (۱)	۳۶۵
پوشش ب (۲)	۴۹۵
پوشش ب (۳)	۴۹۰
پوشش ب (۴)	۳۶۰



شکل ۵- تغییرات دبی در پوشش‌های مختلف

مقایسه دبی خروجی بین سه پوشش مورد مطالعه

۱- از مقایسه دبی خروجی از لوله زهکش دارای پوشش‌های مصنوعی PP₄₅₀ تولید داخل ایران با پوشش مصنوعی PP₄₅₀ هلندی مشاهده شد که بیشترین مقدار تغییرات برای تمام این پوشش‌ها، در سه روز اول اتفاق افتاد و پس از این مدت تغییرات کاهش دبی با شدت کمتری ادامه پیدا کرد. همچنین مشاهده شد که تغییرات دبی در دو پوشش تولید داخل، در این مدت شباهت بیشتری به هم دارد و میزان دبی در ابتدا و انتهای مدت آزمایش از پوشش هلندی کمتر می‌باشد.

۲- در شکل (۵) مشاهده می‌گردد که ظاهر سه نمودار با نوسانات ناچیزی شبیه هم می‌باشد و میزان دبی در انتها تفاوت کمی با هم دارد. به طوری که کمترین دبی در پوشش مصنوعی نوع الف ۷۶ میلی لیتر در دقیقه در متر و بیشترین دبی در پوشش مصنوعی هلندی با ۹۵ میلی لیتر در دقیقه در متر می‌باشد و تفاوت حدود ۲۰ درصد می‌باشد.

۳- میانگین دبی در سه روز اول برای پوشش مصنوعی PP₄₅₀ هلندی ۷۲۳ (میلی لیتر در دقیقه در متر)، برای پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نوع الف ۶۲۰ (میلی لیتر در دقیقه در متر) و برای پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نوع ب ۶۴۶ (میلی لیتر در دقیقه در متر) بود.

۲- پوشش مصنوعی نوع الف: میانگین دبی خروجی از لوله زهکش برای دو روز اول آزمایش ۸۰۵ (میلی لیتر در دقیقه در متر) بود و دبی در این مدت با سرعت بسیار زیاد کاهش یافت به طوری که میزان دبی که در آغاز آزمایش ۸۹۰ (میلی لیتر در دقیقه در متر) بود در سومین روز به مقدار ۲۵۰ (میلی لیتر در دقیقه در متر) رسید. سپس میزان کاهش دبی با سرعت کمتر ادامه پیدا کرد و تا روز دوازدهم تا شانزدهم این روال با اندکی نوسانات (به علت گرفتگی موقتی پوشش اطراف لوله زهکش) ادامه یافت. در روزهای بعد مجدداً دبی کاهش یافت تا به عدد ثابت ۸۵ (میلی لیتر در دقیقه در متر) رسید.

۳- پوشش مصنوعی نوع ب: تغییرات دبی در پوشش مصنوعی PP₄₅₀ (نوع ب) تا حد زیادی شبیه به تغییرات دبی در پوشش نوع الف بود. بیشترین تغییرات دبی در دو روز اول مشاهده شد، به طوری که میزان دبی از ۹۷۰ (میلی لیتر در دقیقه در متر) طی دو روز به مقدار زیادی کاهش یافت و در روز سوم دبی به ۳۲۰ (میلی لیتر در دقیقه در متر) رسید.

این کاهش تا روز دوازدهم با شیب کمی ادامه داشت. در ادامه متحنی دبی نسبت به زمان با شیب حدود صفر پیش رفت که در نهایت در روز بیست و یکم دبی ثابت شد.

در پوشش مصنوعی هلندی افزایش ناگهانی دبی خروجی از زهکش و در پوشش مصنوعی نوع الف افزایش ارتفاع مانومتر را می‌توان تغییرات مقاومت بیان کرد. در ادامه دوباره سیر صعودی از سر گرفته شده و تا روز آخر این روند ادامه می‌یابد.

اما پوشش نوع ب تقریباً در تمامی مدت آزمایش یک روال منظم و صعودی را طی نموده است که علت آن ممکن است هماهنگی تصادفی تغییرات دبی و ارتفاع آب در پیژومترها باشد.

مقاومت آب در بالا و پایین پوشش لوله زهکش، بسیار شبیه به مقاومت در سمت چپ و راست پوشش‌ها بود. با این تفاوت که شیب منحنی مقاومت آب در بالا و پایین لوله زهکش کمتر از شیب در سمت چپ و راست لوله بود که دلیل آن شاید به علت تأثیر نیروی ثقل در حرکت عمودی آب در سمت بالا و تأثیر تزریق آب از سمت پایین در این مدل باشد. مقاومت آب در ۱۰ فاصله سانتی‌متری از پوشش نیز دارای شیب بیشتری نسبت به فاصله پنج سانتی‌متری است.

به طور کلی پوشش مصنوعی PP₄₅₀ هلندی دارای کمترین و پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نوع الف دارای بیشترین مقاومت می‌باشد. همچنین مقاومت پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نوع ب بیشتر شبیه نوع هلندی می‌باشد (جدول ۶).

بنابراین باید مطالعات بیشتری بر روی پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نوع الف در رابطه با کاهش میزان مقاومت آن صورت گیرد تا کیفیت آن افزایش و قابل قبول گردد.

۴- میانگین کل دبی برای پوشش مصنوعی PP₄₅₀ هلندی ۶/۱۹۲ (میلی لیتر در دقیقه در متر)، برای پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نوع (الف) ۱۷۲ (میلی لیتر در دقیقه در متر) و برای پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نوع (ب) ۷/۱۸۱ (میلی لیتر در دقیقه در متر) بود.

۵- میانگین کل دبی خروجی پوشش مصنوعی PP₄₅₀ هلندی بیشتر از همه بود و پس از آن پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نوع (ب) رتبه دوم را به خود اختصاص داد اما این میزان تفاوت اندک بود.

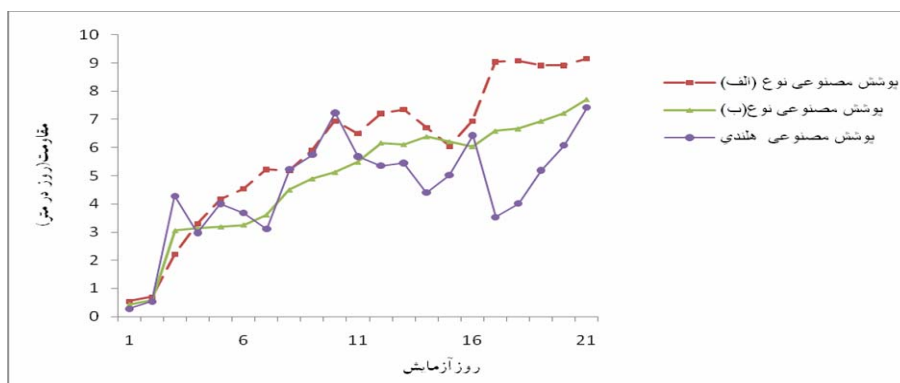
۶- نتایج حاصل از بررسی دبی خروجی از لوله زهکش در این آزمایش با نتایج حاصل از آزمایش های قانع (۶) که بر روی پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نوع خارجی کار کرده بود مطابقت داشت

نتایج بررسی مقاومت ورودی آب به داخل لوله

نحوه تغییرات مقاومت ورودی آب به داخل لوله در موارد مختلف تقریباً شبیه هم است. شکل (۶) به صورت نمونه آورده شده است.

نتایج بررسی منحنی تغییرات مقاومت آب در خاک در فواصل مختلف نشان داد میزان مقاومت ورودی آب در کنار پوشش زهکش صفر است. همچنین مقاومت خاک در برابر ورود آب به لوله زهکش در فاصله (پنج و ۱۰ سانتی‌متری) سمت چپ و راست پوشش، در پوشش‌های مختلف نیز رفتاری شبیه به هم دارد.

تا روز شانزدهم از آغاز آزمایش، مقاومت ورودی آب در هر سه نوع پوشش مصنوعی PP₄₅₀ نزدیک به هم و مشابه بوده است. در روز هفدهم در پوشش هلندی و پوشش نوع الف، مقاومت به ترتیب کاهش و افزایش چشمگیری یافت.



شکل ۶- مقاومت آب در خاک در فاصله پنج سانتی متری بالای پوشش

جدول ۶- میانگین کل مقاومت پوشش‌های مصنوعی مورد مطالعه (روز بر متر)

نوع پوشش مصنوعی	فاصله از راست (سانتی متر)		فاصله از چپ (سانتی متر)		فاصله از بالا (سانتی متر)		فاصله از پایین (سانتی متر)	
	۱۰	۵	۱۰	۵	۱۰	۵	۱۰	۵
PP ₄₅₀ (هلندی)	۳/۴۲	۶/۷۳	۵/۱۷	۷/۶۷	۲/۹۱	۳/۷۶	۲/۰۳	۴/۵۵
PP ₄₅₀ (الف)	۴/۴	۸/۴۷	۶/۳۵	۹/۵۹	۳/۶	۴/۶۸	۲/۵۸	۵/۹۳
PP ₄₅₀ (ب)	۳/۷	۷	۵/۴۷	۸/۵۲	۲/۹۴	۴/۱۳	۱/۹۵	۴/۹۲

نتایج مربوط به جمع آوری رسوب

میزان رسوبات خارج شده از لوله زهکش پوشش مصنوعی PP₄₅₀ (هلندی) در دو روز اول ۴۲۰/۵ گرم، در فاصله روز سوم تا روز چهارم ۳/۰۵ گرم و در فاصله بین روزهای پنجم تا پایان آزمایش ۱/۰۳ گرم بود. رسوبات خارج شده برای پوشش مصنوعی PP₄₅₀ (نوع الف) تا روز دوم آزمایش ۵۰۱/۴۲ گرم، روز سوم تا چهارم ۱۳/۰۱ گرم و در فاصله بعد از روز چهارم تا انتهای آزمایش ۴/۲۰ گرم مشاهده گردید. همچنین مقدار این رسوبات برای پوشش مصنوعی PP₄₅₀ (نوع ب) برای روزهای اول و دوم ۴۴۲ گرم، روزهای سوم و چهارم ۴/۵۲ گرم و تا انتهای آزمایش ۱/۲ گرم بود. با مقایسه نتایج فوق می‌توان گفت که پوشش‌های مصنوعی هلندی عملکرد بهتری نسبت به سایر پوشش‌ها در زمینه رسوب گذاری داشته است. همچنین پوشش مصنوعی نوع الف دارای بدترین عملکرد در این زمینه بوده است.

نتیجه گیری

پوشش مصنوعی PP₄₅₀ (نوع ب) در تمام نمونه‌ها توسط استاندارد کومو تأیید شده‌اند اما پوشش مصنوعی PP₄₅₀ (نوع الف) تنها در یک مورد تأیید و در سایر موارد رد شده است. بنابراین بر روی پوشش نوع الف هنوز باید مطالعات و آزمایش‌های بیشتری صورت گیرد تا بتوان شاهد افزایش کیفیت آن و رسیدن به شرایط مورد نظر استانداردها در این پوشش بود. نتایج حاصل از مدل فیزیکی مخزن خاک و شن نشان داد که عملکرد هیدرولیکی پوشش‌های تولید داخل تا حد زیادی مشابه نوع خارجی خود می‌باشد. البته این پوشش‌ها علی‌الخصوص نوع الف در برخی موارد هنوز جای مطالعه و تحقیق دارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از قطب علمی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تأمین بخشی از امکانات و هزینه مالی این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- ۱- بای‌بوردی، م. ۱۳۷۸. اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک. چاپ دهم، انتشارات دانشگاه تهران. ۶۴۱ صفحه.
- ۲- پرتو اعظم، ر. ۱۳۸۰. ارزیابی فیلترهای به کاررفته در زهکش‌های زیرزمینی اراضی میان آب، ملاثانی، دانشگاه شهید چمران اهواز و واحد کشت و صنعت امیر کبیر در خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۰۶ صفحه.
- ۳- پدram، ش. حسن اقلی، ع. مشعل، م. و لیاقت. ع. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دو نمونه پوشش مصنوعی زهکشی PP₄₅₀ تولید داخل در مقایسه با نوع خارجی آن در شرایط مختلف آزمایشگاهی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۱۲، شماره ۲، صفحات ۴۰-۱۹.
- ۴- جودکی، ح. ۱۳۷۴. ارزیابی فیلترهای زهکشی به طریقه آزمایشگاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. ۱۵۶ صفحه.
- ۵- رضوانی مقدم، ج. ۱۳۸۸. ارزیابی آزمایشگاهی پوشش‌های مصنوعی زهکش‌های زیر زمینی تولید شده در داخل کشور و مقایسه آن با انواع مشابه خارجی. پایان نامه کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۱۹ صفحه.
- ۶- قانع، ا. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل فیزیکی تانک خاک و شن جهت مطالعه عملکرد فیلترهای مصنوعی در سیستم زهکشی زیر زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۴۸ صفحه.
- ۷- اکرم، م. پذیرا، ا. آذری، ا. لیاقت، ع. م. دربندری، ص. و لیاقت، ز. ۱۳۸۳. مواد و مصالح سامانه‌های زهکشی زیرزمینی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۳۳۴ صفحه.
- ۸- مهدی نژادپانی، ب. ۱۳۸۵. ارزیابی آزمایشگاهی کاربرد پوشش مصنوعی در زهکش‌های زیر زمینی و مقایسه آن با پوشش معدنی. پایان نامه کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۱۱ صفحه.
- 9- Ahmet, A., Seyfullah, O. and E. Tuncer. 2005. Constriction size of geotextile filter. Journal of Gotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE., 131(1) : 28-38.

- 10- Chattopadhyay, B. C. and S. hakravarty. 2009. Application of jute geotextiles facilitator in drainage. *Geotextiles and Geomembranes*, 20: 156-161.
- 11- Gamal, M. and T. Shafey. 2000. Performance of drainage geotextile for sustainable development of soil and water resources in Egypt. *ICEHM*: 1-13.
- 12- NEN-7036. 1976. Geribbelde draineerbuizen van ongeplastificeerd PVC. Nederlands Normalisatie-Instituut (NNI), Delft, The Netherlands, 20 pp.
- 13- NEN-7090. 1989. Omhullingsmateriaal van polypropeenvezels voor draineerbuizen. Nederlands Normalisatie-Instituut (NNI), Delft, The Netherlands, 8 pp.
- 14- Raisinghani, B. V. and S. Viswanadham. 2010. Evaluation of permeability characteristic of agrosynthetic reinforced soil through laboratory tests. *Geotextiles and Geomembranes*, 20: 115-125.
- 15- Voltman, W. F. Willardson, L. S. and W. Dierickx. 2000. Envelope design for subsurface drains. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Publications 56, Wageningen, The Netherlands.