بررسی آزمایشگاهی رفتار هیدرولیکی ژئوتکستایل های نبافته تحت اثر تنش محصور کننده و گرادیان هیدرولیکی متغیر

على پاک^ا; زهرا زحمتکش^{أأ}

چکیدہ

در این تحقیق، رفتار فیلتریشن و زهکشی چندین نوع ژئوتکستایل نبافته، پس از ساخت دو دستگاه اندازه گیری نفوذپذیری عمود بر صفحه و نفوذپذیری درون صفحه، مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه های تهیه شده تحت اثر هد هیدرولیکی در محدوده ۲۰۲۳ تا ۶۰cm و تنش محصور کننده تا مقدار ۱۰۰۰kPa قرار گرفتند و رفتار هیدرولیکی آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این آزمایشات اثر افزایش تعداد لایه ها نیز در میزان نفوذپذیری مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آزمایشات نشان می دهد که با افزایش تنش محصور کننده، هدایت هیدرولیکی درون صفحه ژئوتکستایل به صورت نمایی کاهش می یابد اما قطع نمی گردد. نتایج آزمایشات همچنین نشان می دهد با افزایش گرادیان هیدرولیکی مقدار هدایت هیدرولیکی درون صفحه کاهش می یابد.

كلمات كليدى: ژئوتكستايل نبافته، تنش عمود بر صفحه، گراديان هيدروليكي، صافى سازى، زهكشى

. pak@sharif.edu أدانشيار دانشكده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شريف: pak@sharif.edu .

^{ان}دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف: zahmatkesh@mehr.sharif.ir .

۱– مقدمه

ژئوتکستایل ها از جمله مصالحی هستند که امروزه به طور وسیعی در کاربردهای صافی سازی (filtration) و زهکشی (drainage) در مهندسی ژئوتکنیک، هیدرولیک و محیط زیست مورد استفاده قرار می گیرند. از آنجا که در اغلب موارد این مصالح در سایت تحت اثر تنش ها و جریان های متفاوت قرار دارند، بررسی رفتار هیدرولیکی آنها تحت شرایط واقعی اهمیت ویژه ای پیدا می کند. در طول چندین سال گذشته مبحث کاربرد ژئوتکستایل ها در مهندسی عمران به طور پیوسته ای گسترش و استفاده از آنها بر اساس منافع فنی و اقتصادی در مقایسه با مصالح

معمول مورد استفاده، افزایش یافته است. برای بررسی رفتار هیدرولیکی ژئوتکستایل می توان از تکنیک های آزمایشی متفاوتی استفاده نمود. از جمله آزمایشاتی که برای برآورد رفتار هیدرولیکی ژئوتکستایل بدون حضور خاک انجام می گیرند، می توان به آزمایش اندازه گیری هدایت هیدرولیکی درون صفحه ژئوتکستایل اندازه گیری هدایت هیدرولیکی درون صفحه ژئوتکستایل هیدرولیکی عمود بر صفحه ژئوتکستایل (permittivity) اشاره نمود. در این تحقیق تلاش شده است که رفتار هیدرولیکی برخی از انواع ژئوتکستایل ها تحت اثر تنش ها و گرادیان های هیدرولیکی متفاوت مورد بررسی قرار گیرد. در این آزمایشات همچنین تأثیر افزایش تعداد لایه

های ژئوتکستایل در عملکرد هیدرولیکی آن مورد بررسی قرار گرفته است.

از آنجا که اطلاعات کمی در مورد عملکرد هیدرولیکی انواع ژئوتکستایل تحت اثر بار و شرایط مرزی متفاوت وجود دارد و مطالعات محدودی جهت مقایسه نتایج تسبت های صورت گرفته روی رفتار هیدرولیکی ژئوتکستایل انجام شده است، لازم است مطالعات و آزمایشات بیشتری جهت بررسی رفتار هیدرولیکی ژئوتکستایل ها به عمل آید تا بتوان با اطمینان خاطر بیشتری از آنها در سازه های خاکی استفادہ نمود. از جملہ محققینی که رفتار هیدرولیکی ژئوتکستایل ها را در شرایط محصور کننده متفاوت مورد بررسی قرار داده اند می توان به عنوان مثال به Koerner و همکاران در سال ۱۹۸۶ و Palmeira و Gardoni در سال ۲۰۰۰ اشاره نمود[۳] و [۸].نتایج حاصل از رفتار هيدروليكي ژئوتكستايل ها تحت اثر تنش ها و گراديان های هیدرولیکی متفاوت، در طراحی دقیق تر پوشش های جداره وکف محل های دفن زائدات جامد (landfills)، در طراحی سیستم زهکشی بندهای خاکی و سازه های آبیاری و در طراحی سیستم های حفاظت در کارهای مهندستی رودخانیه و مهندستی سیواحل کیاربرد اساستی دارد.

۲-دستگاه ها و مصالح مورد استفاده

۲–۱–دستگاه ها

هدف از انجام این تحقیق بررسی خصوصیات هیدرولیکی و فیزیکی ژئوتکستایل های سوزنی نبافته تحت اثر تنش محصور کننده تا مقدار ۱۰۰۰kPa بوده است. این خصوصیات هیدرولیکی و فیزیکی شامل هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه، هدایت هیدرولیکی درون صفحه، تخلخل و ضخامت بوده اند. تکنیک های آزمایشگاهی که جهت بررسی این ویژگی ها مورد استفاده قرار گرفتند شامل آزمایشات اندازه گیری هدایت هیدرولیکی درون صفحه (transmissivity test) و آزمایشات اندازه گیری هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه

(permittivity test) بوده اند که در ادامه در مورد هر کدام توضیحاتی داده شده است.

آزمایشات اندازه گیری هدایت هیدرولیکی درون صفحه، با استفاده از دستگاهی که بر اساس استاندارد ASTM D 4716 طراحی و ساخته شد انجام شدند[۱]. این دستگاه قادر به اندازه گیری هدایت هیدرولیکی درون صفحه تحت اثر تنش محصور کنندہ تا مقدار حداکثر ۱۰۰۰kPa می باشد. ابعاد نمونه ژئوتکستایل ۲۰۰mm×۱۰۰ بوده و تنش با استفاده از یک صفحه صلب به نمونه وارد می شود. تغییر ضخامت نمونه ژئوتکستایل تحت اثر تنش در طول آزمایش، به عنوان تابعی از جابه جایی صفحه صلب، با میانگین گیری از تغییر مکان های ثبت شده توسط مکان سنج های نصب شده در دو قسمت از صفحه صلب، به دست آمـده اسـت. هـدایت هیـدرولیکی درون صـفحه هـر نمونه ژئوتکستایل در هر تنش، تحت اثر گرادیان های ٥/٠، ۱ و ۳ اندازه گیری شده است. شهاتیک دستگاه ساخته شده جهت انجام این آزمایشات در شکل ۱ قابـل مشـاهده است.



شکل ۱- شماتیک دستگاه انداز م گیری نفوذپذیری درون صفحه ژئوتکستایل

جهت اندازه گیری هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه ژئوتکستایل از دستگاهی که شماتیک آن در شکل ۲ دیده می شود، استفاده شده است. ساخت این دستگاه بر اساس استاندارد ASTM D 5493 صورت گرفته است[۲]. دستگاه قادر به اعمال تنش حداکثر ۳۰۰kPa روی نمونه ژئوتکستایل می باشد.

آزمایشات اندازه گیری هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه

روی هر نمونه و در هر تنش، تحت اثر هد هیدرولیکی ثابت در محدوده ۲۰cm تا ۲۰cm انجام شده اند. تنش با استفاده از یک پیستون فولادی متصل به یک صفحه صلب، به نمونه ژئوتکستایل به قطر ۹۰mm وارد می شده است. این نمونه بین دو توری فلزی با درصد مساحت منافذ این محسور بوده است. مش ها به عنوان یک محیط نفوذپذیر به پخش تنش یکنواخت روی نمونه ژئوتکستایل کمک می کند.



شکل۲- شماتیک دستگاه اندازه گیری نفوذپذیری عمود بر صفحه ژئوتکستایل

۲-۲- مصالح مورد استفاده

از آنجا که هدف از انجام این آزمایشات بررسی قابلیت نفوذپذیری درون صفحه و عمود بر صفحه ژئوتکستایل است و فقط برخی ژئوتکستایل های نبافته به علت دارا بودن ضخامت کافی و ساختار منفذی مناسب، قابلیت انتقال جریان سیال درون صفحه خود را دارند[۳] ، ٤ نوع ژئوتکستایل سوزنی نبافته که از ۳ شرکت تولید کننده متفاوت تهیه شده اند، برای انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفتند.

مشخصات اصلی این ژئوتکستایل ها در جدول ۱ نشان داده شده است. وزن واحد سطح این نمونه ها از

مجله مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی / سال اول/ پیش شماره سه/زمستان ۱۳۸۷

۲۰۰g/m² تا ۲۰۰g/m² متغیر بوده است. انتخاب وزن واحد سطح نمونه های ژئوتکستایل بدین صورت، به این علت است که گستره معمول وزن واحد سطح ژئوتکستایل های مورد استفاده در عمل، اغلب در این محدوده قرار می گیرد[٤]. در نامگذاری نمونه های ژئوتکستایل، عدد سمت چپ مشخص کننده وزن واحد سطح و حروف انگلیسی سمت راست نشان دهنده شرکت تولید کننده نمونه ژئوتکستایل می باشد.

۳–نتایج آزمایشات

۳–۱–نتـایج آزمایشـات انـدازه گیـری هـدایت هیدرولیکی درون صفحه

در طول انجام آزمایشات در هر تنش و گرادیان هیدرولیکی مشخص، حجم آب عبور کرده از ژئوتکستایل و زمان لازم جهت جمع آوری این حجم معین از آب ثبت شده است. این اندازه گیری در هر آزمایش حداقل ۳ بار تکرار شده است. مقدار هدایت هیدرولیکی درون صفحه پس از انجام آزمایشات با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شده است.

(١)

 $\theta = (QL)/(W\Delta h)$

در ایــن رابطــه *θ* مقــدار نفوذپــذیری درون صــفحه ژئوتکستایل(cm^2/s)، *Q* مقدار میانگین دبی سیال در واحـد زمان(cm^3/s)، *L* طول نمونه(cm)، *W* عـرض نمونـه(cm) و *Ah* تفاوت در هد کلی از مقطع نمونه (cm) می باشند. یکی از عواملی که قابلیت هدایت هیدرولیکی سـیال توسـط ژئوتکستایل را تحت تـأثیر قـرار مـی دهـد، دمـای سـیال اسـت[۱]. بـر اسـاس اسـتاندارد ASTM D 4716 هـدایت هیدرولیکی به دست آمده توسط آزمایشـات بـرای نمونـه ژئوتکستایل، بایستی در دمای C^o ۲۰ تصحیح گردد. بررسی نتایج آزمایشات نشان می دهـد کـه افـزایش دمـا برای نمونه ۲۳ ، باعـث کـاهش حـداکثر ۱۳ درصـد در مقـدار *θ* در ای نمونه تغییـرات خطی *θ* در

گرادیان های مختلف با تنش محصور کننده برای نمونه







شکل۷- تغییرات نمایی θ با تنش محصور کننده در گرادیان ۱ برای نمونه 5.BN

همانطور که در شکل های ۳ تا ۲ مشاهده می شود، در هر تنش ثابت، با افزایش گرادیان از مقدار هـدایت هیـدرولیکی درون صـفحه ژئوتکسـتایل کاسـته مـی شـود. همچنـین حساسیت θ نسبت به تغییر گرادیان، با افزایش ضـخامت نمونه های ژئوتکستایل در حال افزایش است. با توجه بـه شکل ۷، بـا افـزایش تـنش محصـور کننـده قابلیت هـدایت هیدرولیکی درون صفحه به میزان قابل توجهی کاهش می یابـد.کـاهش قابلیـت هـدایت هیـدرولیکی درون صـفحه ژئوتکسـتایل بـا افـزایش تـنش، تـأثیر قابل تـوجهی روی ظرفیت عبور جریان در ژئوتکستایل هـایی کـه بـه عنـوان زهکش مورد استفاده قرار مـی گیرنـد دارد. ایـن تـأثیر در طراحی سیسـتم هـای زهکشـی در کاربردهـای مهندسـی اهمیت زیادی دارد.

جهت بررسی اثر افزایش تعداد لایـه هـا در مقدار هـدایت هیدرولیکی درون صفحه ژئوتکستایل، آزمایشات بـر روی ۲ و ۳ لایه از هر نمونه ژئوتکستایل تکرار شده اند. تـأثیر افـزایش تعـداد لایـه هـای ژئوتکسـتایل در مقـدار θ، در های مورد آزمایش در شکل های ۳ تا ٦، و چگونگی تغییرات نمایی θ با تنش محصور کننده در گرادیان ۱ برای نمونه 5.BN، در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل۴- تغییر heta در گرادیان های مختلف با تنش محصور کننده برای نمونه 4.IG



شکل۵- تغییر heta در گرادیان های مختلف با تنش محصور کننده برای نمونه 5.BN

گرادیان هیدرولیکی ۱، برای نمونه 5.BN در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۸ مشاهده می شود از آنجا که افزایش تعداد لایه ها منجر به افزایش ضخامت موجود برای عبور سیال درون صفحه نمونه می گردد، میزان هدایت هیدرولیکی درون صفحه ژئوتکستایل افزایش میزان هدایت هیدرولیکی درون صفحه ژئوتکستایل افزایش میزان هدایت هیدرولیکی درون صفحه رئوتکستایل افزایش میزان مدایت هیدرولیکی درون مون مونه می گردد، افزایش می یابد. بررسی نتایج آزمایشات در این حالت نشان می دهد که مقدار θ برای ۲ و ۳ لایه ژئوتکستایل کمتر از ۲ است. نحوه این تغییرات در سایر نمونه های ژئوتکستایل نیز به همین صورت می باشد.



شکل۸- تغییرات *θ* با تنش برای ۱، ۲ و ۳ لایه از نمونه 5.**B**N در گرادیان هیدرولیکی ۱

۲–۲–نتایج آزمایشات اندازه گیری هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه

قابلیت هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه ژئوتکستایل را می توان به صورت ضریب هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه *k*_n ، نرخ دبی برای یک افت هد مشخص، سرعت جریان در یک گرادیان هیدرولیکی معین ویا *ψ* جریان در یا کرد[ه]. به منظور اندازه گیری میزان *ψ*، سرعت جریان و نرخ دبی عبوری از نمونه ژئوتکستایل، با توجه به روابط ۲و ۳ محاسبه شده است.

$$\psi = V / \Delta h \tag{Y}$$

 $V = Q / A \tag{(7)}$

در این روابط *W*مقدار نفوذپذیری درون صفحه ژئوتکستایل⁽⁻¹)، *Q*مقدار میانگین دبی سیال در واحد زمان($cm^{3/s}$)، *A*سطح مقطع نمونه دایره ای شکل (cm^{2})، Δh تفاوت هد در بالا و پایین مقطع نمونه(cm)، و(cm)

مجله مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی / سال اول/ پیش شماره سه/زمستان ۱۳۸۷

*Vسرعت سی*ال می باشند. به دلیل تأکید استاندارد ASTM D 5493 به استفاده از فرمول تصحیح دما در رابطه مربوط به محاسبه *W*، بر اساس فرض ساده لایه ای بودن جریان، و وابستگی جریان لایه ای به ویسکوزیته و دانسیته و در نتیجه به دمای آب، مقادیر به دست آمده برای *W* در دماهای آزمایش، برای دمای ^C ۲۰ تصحیح شده اند[7]. تغییرات سرعت جریان در برابر افت هد دو طرف نمونه، در تنش های مختلف، برای نمونه S.BN و تغییر قابلیت هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه با تنش وارده برای نمونه های ژئوتکستایل مورد آزمایش، به



شکل ۱۰- تغییر 🥢 با تنش محصور کننده برای نمونه های مورد آزمایش

تأثیر تغییر تعداد لایه های ژئوتکستایل در میزان ۷۷ را می توان در شکل ۱۱ که برای ۲،۱و ۳ لایه از نمونه 5.BN رسم شده است، مشاهده نمود. با توجه به شکل های ۱۰ و ۱۱، و شکل هایی که برای سایر نمونه ها رسم شده اند، می توان نتیجه گرفت که با افزایش ضخامت نمونه ژئوتکستایل، قابلیت هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه کاهش می یابد.



شکل ۱۱- تغییرات // با تنش برای ۱، ۲ و ۳ لایه از نمونه 5.BN در گرادیان هیدرولیکی ۱

۳–۳-مقایسه نتایج تجربی با روابط تئوریـک ارائـه شده جهت پیش بینی مقدار نفوذپذیری عمـود بـر صفحه ژئوتکستایل در شرایط محصور

جهت پیش بینی مقدار نفوذپذیری ژئوتکستایل روابط تئوریک زیادی ارائه شده است. درستی بسیاری از این روابط در شرایط غیر محصور ثابت شده است. لذا با مقایسه نتایج به دست آمده از انجام آزمایشات با این روابط تئوری، می توان دقت و درستی آنها را در شرایط محصور نیز مورد بررسی قرار داد. برخی از این روابط در جدول ۲ ذکر شده اند. مشاهده روابط تئوریک موجود، نشان دهنده تأثیر بسیار زیاد مشخصات ساختاری ژئوتکستایل در مقدار نفوذیزیری آن می باشد.

در جدول ۲، رابطه ۱ بر اساس تئوری Capillary tubings جهت محاسبه ضریب نفوذپذیری در محیط های دانه ای و متخلخل، توسط توسط محسط های دانه ای و متخلخل، توسط توسط محسبه نفوذپذیری در است که می توان از آن جهت محاسبه نفوذپذیری در ژئوتکستایل ها استفاده کرد[۷]. رابطه ۲ نیز توسط Lord در سال ۱۹۰۵ جهت محاسبه ضریب نفوذپذیری جریان هوا درون یک محیط ساخته شده از فیبر ارائه شده است، که برای ژئوتکستایل ها قابل استفاده است[۸]. پارامترهای مورد استفاده در روابط تئوریک جدول ۲، در جدول ۳ تعریف شده اند.

در شکل ۱۲ نتایج نفوذپذیری به دست آمده با استفاده از روابط تئوریک، با مقادیر نفوذپذیری به دست آمده از انجام آزمایشات، برای نمونه 5.BN مقایسه شده اند.

مجله مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی / سال اول/ پیش شماره سه/زمستان ۱۳۸۷

بررسی شکل ۱۲ و شکل های رسم شده برای سایر نمونه ها، نشان می دهد که ضریب نفوذپذیری به دست آمده با استفاده از رابطه ٤ در جدول ٢، بهترین تطابق را با نتایج به دست آمده از انجام آزمایشات (در شرایط محصور) دارد. اما به طور کلی تفاوت قابل توجهی بین مقادیر به دست آمده از انجام آزمایشات با مقادیر پیش بینی شده توسط روابط تئوریک دیده می شود.

٤–بررسی اثر انیزوتروپی در میزان نفوذپذیری ژئوتکستایل

با استفاده از نتایج آزمایشات transmissivity و permittivity تحت اشر تنش محصور کننده، می توان تغییرات ضریب نفوذپذیری نمونه های ژئوتکستایل را در اثر انیزوتروپی ارزیابی نمود.



شکل ۱۲- مقایسه نتایج نفوذپذیری به دست آمده با استفاده از روابط تئوریک با مقادیر نفوذپذیری به دست آمده از انجام آزمایشات برای نمونه 5.BN

با توجه به شکل های ۱۳ تا ۱۲ مشاهده می شود که تأثیر انیزوتروپی برای همه نمونه ها در تنش های کمتر از هدایت کاملاً قابل توجه است. اختلاف بین ضریب هدایت هیدرولیکی عمود بر صفحه و ضریب هدایت هیدرولیکی درون صفحه، در تنش ۱۰kPa، برای نمونه هاست(کاهش ضخامت کمتری دارند، بیشتر از سایر نمونه هاست(کاهش

نسبت C در شکل های۱۳ تا ۱۲ با افزایش ضخامت نمونه ها).







شكل۱۴- رفتار انيزوتروپى ضريب نفوذپذيرى نمونه 4.IG





شکل۱۶- رفتار انیزوتروپی ضریب نفوذپذیری نمونه 8.IG

در شکل های ۱۷ و ۱۸ تغییر خصوصیات فیزیکی نمونه های ژئوتکستایل (تخلخل و ضخامت)، با تنش محصور کننده برای نمونه 5.BN نشان داده شده است. بررسی نتایج آزمایشات نشان می دهد که نتایج به دست آمده از آزمایشات اندازه گیری نفوذپذیری عمود بر صفحه، از آزمایشات اندازه گیری نفوذپذیری عمود بر صفحه، از







۵–نتیجه گیری

در این مقاله، برخی خصوصیات هیدرولیکی ژئوتکستایل های نبافته مورد بررسای قرار گرفته است. رفتار هیدرولیکی این ژئوتکستایل ها نشان دهنده تأثیرات قابل توجهی است که شرایط ویژه هر سایت، مثل تنش محصور کننده و گرادیان هیدرولیکی، می تواند روی ژئوتکستایل داشته باشد. نتایج آزمایشات نشان می دهد که با افزایش تنش، مقدار هدایت هیدرولیکی درون صفحه ژئوتکستایل (θ) به صورت نمایی کاهش می یابد و شدت کاهش θ در اثر افزایش تنش، برای تنش های کمتر از ۱۰۰kPa قابل توجه است. در جریان عمود با صفحه، تغییرات سرعت جریان در هر تئش ثابت، با تغییرات افت هد از نمونه رابطه مستقیم دارد. با توجه به نتایج به دست

Weight(g/m²) **Diameter of** Porosity Thickness AOS Polymer Geotextile fibres (mm) n Туре (mm)T_g (mm) $\mu_{\rm s}$ $\mathbf{d}_{\mathbf{f}}$ 8.IG Polypropylene 0.07 0.0483 0 867 800 6.6 5.BN Polypropylene 0.043 0.854 500 38 0.15 Polypropylene 0.043 4 IG 400 35 0.09 0 874 2.MS Polyester 0.8 0.25 0.0268 0.819 200

جدول ۱- مشخصات نمونه های ژئوتکستایل مورد استفاده در آزمایشات

آمده مقدار ضریب نفوذیذیری ژئوتکستایل یکتا نیست و با

تغییر شرایطی چون تنش وارد بر ژئوتکستایل و افت هد

در دو طرف نمونه تغییر مے کند. مهمترین یارامترهای

تعیین کننده هدایت هیدرولیکی ژئوتکستایل اندازه منافذ،

توزيع اندازه منافذ و تخلخل ژئوتكستايل هستند. اين گونه

مشخصات ساختاری، کاملاً وابسته به تکنولوژی شرکت

نتايج روابط تئورى ارائه شده جهت برآورد ضريب

نفوذیذیری ژئوتکستایل در اکثر موارد با نتایج به دست

آمده از آزمایشات تفاوت قابل ملاحظه ای دارد، لذا مطمئن

ترین راه جهت تعیین میزان نفوذیذیری ژئوتکستایل و

چگونگی تغییر آن تحت شرایط متفاوت سایت، انجام

توليد كننده ژئوتكستايل مي باشند.

آزمایشات آزمایشگاهی است.

جدول ۲- برخی روابط تئوریک ارائه شده جهت برآورد میزان نفوذپذیری ژئوتکستایل

شماره رابطه	رابطه	منبع	ملاحظات
۱ ۱	$k = g d_f^2 n^3 / 80 v (1-n)^2$	Carman-Koseny(1938)	-
٢	$k = \rho_w g n^5 d_f^2 / 17.72 \eta_w (1-n)^{1.32}$	Lord(1955)	<i>n</i> > 0.75
٣	$k = d_f (d_f + d_{avg}) g \rho_w g / \eta_w A$	Rollin et al.(1982)	A=C _D *Re,A=8-10 for nonwovens
٤	$k=\beta\rho_wgn^3d_f^2/16\eta_w(1-n)^2$	Giroud(1996)	β = 0.11 for nonwovens

¹Apparent Opening Size

² Iran Geotextile Company

³ Behsaz Nasj Company

⁴ Mana Sanat Company

Geotextiles",	National	Institute	of
Agricultural	Enginee	ring,	9220
	D 1 ' O		1

Merelbeke, Belgium, Geotextiles and Geomembranes 5, 283-299,1987. Hufenus, R. and Schrade, U, " An [٦] optimized method to measure the hydraulic conductivity of geosynthetics load", Geotextiles and Geomembranes, Volume 24, Issue 4,

ثابت سا۔ ۶–مراجع

Head

ASTM D 4751, "Standard Test Method

for Permittivity of Geotextiles Under

Koerner, R.M., Bove, J. A., and Martin, J.

P, "Water and Air Transmissivity of Geotextiles", International Journal of

Geotextiles and Geomembranes, Vol.

1,N0. 1,Elsevire, Essex, England, pp. 57-

Palmeira, E.M., and Gardoni, M.G, "

Drainage and filtration properties of non-

woven geotextiles under confinement using different experimental techniques",

International Journal of Geotextiles and

Geomembranes, Volume 20, Issue 2,

van der Sluys, L. and Dierickx, W, " The

Determining the Water Permeability of

of Darcy's Law

in

J." Structural permeability law of geotextiles. Second International Conference on Geotextiles", Las Vegas, USA, Vol. 1, pp. 149-154,1982.

Gourc, J.P., Faure, Y.Rollin, A., Lafleur,

 η_w

β

v

g

 ρ_w

Palmeira, E.M., and Gardoni, M.G, "The influence of partial clogging and pressure on the behaviour of geotextiles in systems", Geosynthetics drainage International 7, pp. 403-431,2000.

Carman, "the determination of specific surface of powders", Journal of the socity of chemical industry, 1938.

Lord., P, "Air flow through plugs of textile fibers". Journal of the Textile Institute 463, pp.165-172,1955.

Mitchell, J.K, "Fundamentals of Soil Behaviour", John Wiley and Sons, NewYork, New York, USA, 422 p,1976.

Rollin, A., Masounave, J., Lafleur, J, " Pressure drop through non woven geotextiles: a new analytical model". Second International Conference on Geotextiles, Las Vegas, USA, Vol. 1, pp. 161-166,1982.

Giroud., J.P, " Granular filters and geotextile filters". In: J. Lafleur and A. Rollin, Editors, GeoFilters'96, Montreal, Canada, pp. 565-680,1996.

جدول۳- تعریف روابط ذکر شده جدول ۲

ويسكوزيته ديناميكي آب	k	ضريب نفوذپذيري عمود بر صفحه ژئوتكستايل
فاكتور شكل	d_f	قطر فيبرهاي ژئوتكستايل
ويسكوزيته سينماتيكي آب	d_{avg}	متوسط فاصله بین فیبرهای ژئوتکستایل
شتاب جاذبه	п	تخلخل(porosity) ژئو تکستایل
دانسىتە سىال(آب)	A	فتاري كه برابر است با حاصلضرب ضريب كشش سيال و
(, / - " "		عدد رينولدز

 $[\mathbf{N}]$

ASTM D 4716, "Standard Test Method [\] Hydroulic Flow) of

[۲]

[٣]

[٤]

[0]

Related

Geotextiles and Geotextile Products", 1987.

Constant

Transmissivity (In-Plane

for

Load",1993.

74,1984.

Pages 97-115,2002.

Applicability

under

Pages 243-253, 2006.

[Λ]

[V]

[11]

[17]

[1٣]