

# کاربری ژئوتکستایل بعنوان فیلتر در سدهای خاکی

نویسندگان: کاظم کلهری - فیروزه صدری

## چکیده:

فیلتر یکی از اجزاء مهم سازه های خاکی است که در ارتباط با جریان آب می باشند. هنگامی که جریان نشت از یک خاک با دانه های نسبتاً ریز به مصالح درشت تر (برای مثال زهکش) وارد می شود ، ممکن است مصالح ریز دانه از جای خود حرکت کرده ، اولاً باعث بروز ناپایداری در کل سازه گردیده و خطر آفرین باشند و ثانیاً فضاهای خالی سیستم زهکش را پر کرده و در برابر حرکت آب ایجاد مانع کنند و در نتیجه باعث افزایش فشار هیدرواستاتیکی در سازه شوند. بدین جهت ایجاد چنین بخشی در سازه لازم خواهد بود. طی دهه های گذشته علاوه بر مصالح فیلتر دانه ای ، از مواد مصنوعی بنام ژئوتکستایل نیز استفاده شده است که خصوصیات نظیر مصالح دانه ای (خاک) دارند و از نظر مقاومت مکانیکی و شیمیایی در حد بالاتری قرار دارند. از این مواد در اکثر پروژه های ژئوتکنیکی چه در سطح جهانی و چه در کشور ما استفاده شده است و از این رو نیاز به شناخت بهتر این مواد می باشد. در این مقاله در موارد کاربرد ژئوتکستایل در مهندسی به اختصار صحبت خواهد شد و سپس درباره خصوصیات فنی آن ، مبانی طراحی و کاربری اش در سدهای خاکی و سنگریزه ای بررسی خواهد شد.

## کلمات اصلی و مهم:

فیلتر ، ژئوتکستایل ، ژئوسنتتیک ، زهکش ، تراوش (نشت) ، فرسایش داخلی (piping) و سد خاکی.

## ۱- فیلتر

### ۱-۱- تعریف

فیلتر مصالحی است حد واسط که در مرز بین دو لایه ای که به لحاظ توزیع دانه بندی متفاوت هستند، قرار داده می شوند. نقش اصلی فیلتر جلوگیری از شسته شدن و حرکت مواد ریز دانه سازه خاکی می باشد و بدیهی است که کاربرد آن در جایی است که تحت اثر گرادیان هیدرولیکی می باشد.

## ۱-۲- عملکرد فیلتر

وقتی جریان نشت از یک خاک با دانه های نسبتاً ریز به مصالح درشت دانه تر (مانند زهکش در پنجه سد خاکی) وارد می شود ، این خطر وجود دارد که ذرات ریز خاک به داخل مصالح درشت دانه تر شسته شوند. اگر این کار در یک مدت زمان طولانی انجام بگیرد ، ذرات ریز ممکن است تمام فضاهای بین مصالح درشت دانه را پر کرده و آن را مسدود نمایند. برای رفع چنین مشکلی ، بین دو لایه ریز و درشت از یک لایه فیلتر بعنوان محافظ استفاده می شود. فیلتر و زهکش اجازه می دهد تا جریان تراوش از خاک نسبت به زمانی که فیلتر وجود ندارد ، سریعتر خارج شود. بنابراین مصالح فیلتر بایستی نسبت به خاک اساس (خاک مورد حفاظت) درشت دانه تر و با حفرات بازتری باشد. جریان تراوش از خاک ریز دانه به فیلتر ممکن است همراه با شسته شدن و حرکت ذرات ریز دانه خاک اساس به حفرات مصالح فیلتر باشد و این انتقال باعث به خطر افتادن سازه خاکی خواهد گردید. تخریب مذکور ممکن است بدلیل از دست رفتن و کمبود مصالح بافته باشد و یا اینکه ناشی از انسداد خلل و فرج و بوجود آمدن فشار زیاد هیدرواستاتیکی در پشت مصالح فیلتر باشد. بهر حال و به هر دلیل در اینصورت ایمنی سازه با خطر مواجه شده و سازه در طی زمان منهدم خواهد گردید. وجود فیلتر باعث طول عمر سازه با بروز کمترین خطر می گردد.

### ۳-۱- فیلتر در سدهای خاکی

در سدهای خاکی نیز وضع به همین صورت است؛ اگر بین لایه زهکش (سنگ ریزه ای) و خاک اصلی در پنجه سد، لایه فیلتر موجود نباشد، ذرات ریز قسمت اصلی به سمت سنگریزه ها شسته شده و مسیر آن را مسدود می کنند و نتیجه آنکه سیستم زهکش سد از کار می افتد و نیز تدریجاً مصالح سازنده بدنه به بیرون شسته شده و باعث خرابی و ضربات جبران ناپذیر می گردد. بنابراین باید برای اطمینان از وجود ایمنی سازه، یک لایه فیلتر بین مصالح ریزدانه و درشت دانه قرار داده شود که البته می تواند بیش از یک لایه باشد و هر لایه نقش فیلتر را برای لایه زیرین بر عهده داشته باشد.

بدلیل استفاده بهینه از مواد و مصالح در سدهای حاصل از حفاری، امکان استفاده از منابع قرصه نیز به سایت و صرفه جویی در زمان و اطمینان برای پایداری و کنترل نشست و سدها، اقدام به زون بندی در سدها می شود. مناطق مختلفی در زون بندی خاکریز سد مشخص می شود که هسته مرکزی، پوسته، فیلتر لایه محافظ بالادست و پایین دست از آن جمله است.

فیلتر در سدهای خاکی ممکن است در موقعیت های متعددی مورد نیاز باشد، مانند جاهایی که زهکش های افقی، عمودی و مایل وجود دارند یا در نزدیکی مجاری تخلیه در زیر سدهای سازه های کاهنده انرژی، چاههای فشار شکن و در زیر پوشش ریپ رپ، مهمترین خصوصیات این فیلترها عبارتند از دانه بندی - چگالی متراکم مصالح و نفوذ پذیری.

تراکم نسبی مصالح فیلتر حداقل باید ۸۵٪ باشد و هیچ قسمتی یا بخشی از این مواد کمتر از ۸۰٪ تراکم نسبی نداشته باشد؛ و نیز باید دانه بندی مصالح فیلتر آنگونه باشد که مصالح دچار بهم خوردن دانه و جدایی دانه ها نشوند که در اینصورت خصوصیات مهندسی مصالح و از جمله نفوذ پذیری مصالح تغییر قابل توجهی خواهد نمود؛ و برای جلوگیری از بروز ترکهای کششی در مصالح بایستی درصد مجاز ریزتر از اندازه #No.200 بوسیله آزمایش های مختلف تعیین گردد.

### ۴-۱- انواع فیلتر

فیلترها به دو دسته کلی تقسیم می شوند:

الف - مصالح دانه ای؛ شن و ماسه دانه بندی بر طبق معیارهای طراحی فیلتر.

ب - الیاف یا بافته هایی از جنس پلیمر مصنوعی (Geotextiles).

### ۵-۱- محدوده طراحی فیلترهای دانه ای

برای جلوگیری از مشکلات و مسایلی که در بندهای ۱-۲ و ۱-۳ بیان گردید و طراحی دقیق و صحیح، برای رسیدن به عملکرد مناسب مصالح فیلتر و زهکش، محدوده هایی وجود دارد که طی سالها و با انجام آزمایش های متعدد بدست آمده اند. منابع مختلف بعضاً محدوده هایی را پیشنهاد کرده اند که با اختلافات کوچکی همراه می باشند لیکن حاصل مطالعات مختلف بصورت زیر بوده است:

برای انتخاب مصالح فیلتر دو معیار کلی وجود دارد که لازم است برای هر فیلتر تأمین گردد:

الف - اندازه حفرات مصالح فیلتر باید بقدر کافی ریز باشد تا از شسته شدن خاک مورد حفاظت به داخل آن جلوگیری شود. (piping)

ب - مصالح فیلتر باید آنقدر نفوذ پذیر باشند، تا از بوجود آمدن نیروهای نشست زیاد و فشار هیدرواستاتیک در مصالح جلوگیری شود. (permeability)

- بر طبق تحقیقات تجربی برترام (۱۹۴۰) دو محدوده زیر انتخاب و توصیه شده است :

#### **piping**

$$(1) D_{15}(\text{filter})/D_{85}(\text{soil}) \leq 4-5$$

#### **permeability**

$$(2) D_{15}(\text{filter})/D_{15}(\text{soil}) \geq 4-5$$

- و نیز اداره مهندسی ارتش آمریکا چنین توصیه می کند :

#### **piping**

$$(3) D_{15}(\text{filter})/D_{85}(\text{soil}) < 5-6^1$$

$$(4) D_{15}(\text{filter})/D_{15}(\text{soil}) < 20-40^2$$

$$(5) D_{50}(\text{filter})/D_{50}(\text{soil}) < 25$$

#### **permeability**

$$(6) D_{15}(\text{filter})/D_{15}(\text{soil}) > 4$$

- توضیح : منظور از  $D^i$  قطری از مصالح دانه ایست که %i مصالح از آن ریز است. و نیز اداره مهندسی ارتش آمریکا در تشریح محدوده های پیشنهادی می افزاید :  
- مصالح فیلتر نباید از قطر ۷۶ mm بزرگتر باشد (این دستورالعمل به منظور جلوگیری از جداشدگی دانه ها در فیلتر است)

- به منظور جلوگیری از فرسایش داخلی ذرات ریز فیلتر و تأمین نفوذپذیری کافی ، نباید میزان ریزدانه های ریزتر از خاک الک شماره ۲۰۰ در مصالح فیلتر بزرگتر از ۵٪ باشد.  
با محدوده های تعیین شده می توان دانه بندی فیلتر و همچنان پوشش سنگ چینی و لایه ریپ رپ را نیز تعیین کرد به گونه ای که از شسته شدن خاک حفاظت شده به درون فیلتر و همچنین مصالح فیلتر به پاشنه سنگی جلوگیری شود. لازم به ذکر است که ضخامت لایه فیلتر باید بوسیله قانون داری تعیین شود.

## **۲- ژئوتکستایل**

### **۱-۲- تعریف**

ژئوتکستایل از انواع ژئوسنتتیک ها می باشد. در تعریف کلی ، ژئوسنتتیک ها منسوجات و یا پوششهای ساخته شده از الیاف نفتی هستند که خاصیت اصلی آنها فساد ناپذیری در مقابل عوامل مخرب درون خاک است. لذا از این نظر کاربردهای فراوانی در مهندسی خاک و بهبود کیفیت خواص گوناگون خاک دارند. ژئوسنتتیک ها انواع گوناگونی نظیر ژئوتکستایل ، ژئوممبران ، ژئوگرید ، ژئومت و ... دارد که هر یک بر حسب خاصیت کاربردهای مختلفی دارند. از این میان ژئوتکستایل بر مبنای خصوصیتی که در مهندسی ژئوتکنیک دارد ، از دامنه کاربرد وسیعی برخوردار می باشد. ژئوتکستایل ها پوشش های عموماً نفوذ پذیری می باشند که از الیاف مصنوعی بدست آمده اند و این الیاف از مشتقات نفت خام نظیر پلی استر ، پلی اتیلن ، پلی پروپیلن و بعضی از مواقع از فایبر گلاس ساخته می شود. گفتنی است که ساخت این منسوجات از مواد طبیعی به دلیل فساد پذیر بودن آنها امکان پذیر نیست. ژئوتکستایل ها می توانند به صورت بافته نشده باشند ، ژئوتکستایل های بافته شده می توانند همانند پارچه از بافته شده دو سری نخ موازی عمود بر هم و یا همانند کاموآبافی از درهم رفتن حلقه های نخ ساخته شوند. در ژئوتکستایل های بافته نشده الیاف به صورت اتفاقی در کنار یکدیگر قرار گرفته و به کمک مواد شیمیایی ، حرارت و یا بصورت مکانیکی با یکدیگر یکپارچه می شوند.

۱- اگر  $cu = D_{60}/D_{10} < 1.5$  باشد حد بالایی تا ۶ افزایش می یابد.  
۲- اگر  $cu = D_{60}/d_{10} > 4$  باشد حد بالایی تا ۴۰ افزایش می یابد.

## ۲-۲- انواع ژئوتکستایل

همانطور که اشاره گردید ، ژئوتکستایل بر دو نوع بافته شده wovens و بافته نشده non-wovens می باشد و ویژگی آنها در مقابل خاک ، خاصیت جداکنندگی و فیلتریزاسیون می باشد. همچنین در حفاظت از وقوع فرسایش و در برابر جریان های متلاطم کاربرد فراوانی دارند.

## ۲-۳- کاربرد ژئوتکستایل در مهندسی

۲-۳-۱- زهکشی : آب زیرزمینی در روی ژئوتکستایل به خوبی جریان پیدا کرده و می تواند به سمت نقاط خروجی هدایت شود.

۲-۳-۲- فیلتریزاسیون : در صورتی که لایه ژئوتکستایل نفوذپذیر بین دو لایه خاک دانه ای درشت و ریز قرار گیرد ، زهکشی به راحتی از لایه ریز به لایه درشت انجام شده و از نفوذ دانه های ریز به لایه درشت جلوگیری می شود.

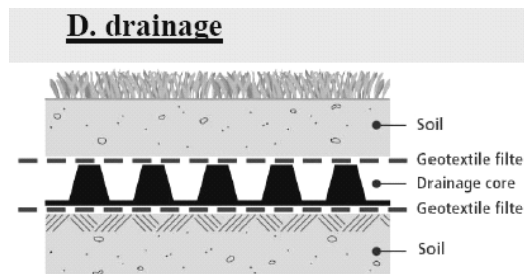
۲-۳-۳- جداسازی : با استفاده از ژئوتکستایل می توان لایه های مختلف خاک را از هم جدا کرد ؛ به عنوان مثال در احداث شاه راهها ، بستر رسی را می توان به کمک ژئوتکستایل از زیر اساس شنی جدا نمود.

۲-۳-۴- تسلیح : مقاومت کششی زیاد ژئوتکستایل باعث افزایش ظرفیت باروری زمین می شود.

## ۲-۴- کاربری ژئوتکستایل

### به عنوان فیلتر

به دلیل برتری از نظر اجرا ، بهینه بودن از نظر اقتصادی و داشتن خصوصیات مناسب و کاربری آسان این مواد با کاربرد موفقیت آمیزشان در بسیاری از پروژه های زهکشی و ژئوتکنیکی جای فیلترهای



دانه بندی شده را گرفته اند ، بنابراین مواد ژئوتکستایل باید رفتار و کارکردی مشابه فیلترهای دانه ای داشته باشند.

- اجازه عبور آب اضافی و هدایت آن به سمت زهکش ها و ادامه این کار در طول مدت بهره برداری.
- نگهداری ذرات خاک در محل خود و جلوگیری از بروز پدیده فرسایش داخلی (piping).
- ژئوتکستایل نیز به مانند فیلترهای دانه بندی شده نیاز به طراحی و در نظر گرفتن یک سری خواص مهندسی دارد و در غیر اینصورت نمی تواند به عنوان یک سیستم کارآمد عمل نماید.
- از جمله مزایای که ژئوتکستایل می توان به ساخت و نصب سریع ، صرفه اقتصادی ، مقاومت شیمیایی ، دوام زیاد ، عدم وجود جدایش بین دانه ها که در فیلتر های دانه ای در حین ساخت به وجود می آید و کاهش میزان حفاری اشاره کرد.
- در مقایسه با مصالح فیلتری نامناسب مثل دانه هایی با توضیح دانه بندی ناپیوسته (Gap-Graded) یا دانه بندی خارج از محدوده (Broad-Graded) که برای فیلتر نامناسب است و استفاده از آن قطعاً اثرات نامناسبی را از نظر پدیده فرسایش داخلی (piping) و بوجود آمدن فشار هیدرولیکی ایجاد خواهد کرد ، ژئوتکستایل به مراتب بهتر می تواند ایفای نقش کند.

- در شرایط ویژه مثل خاک های واگرا ، بروز ترک ها و شرایط اشباع ژئوتکستایل بهتر عمل می کند.
- ضخامت لایه ژئوتکستایل نسبت به لایه مصالح دانه ای خیلی کوچکتر است و این امر از نظر اقتصادی و اجرایی حائز اهمیت می باشد.

## ۵-۲- طراحی فیلتر ژئوتکستایل

طراحی فیلتر ژئوتکستایل به همان اندازه ضروری است که طراحی فیلترهای دانه ای مهم است. ژئوتکستایل از نظر ساختمانی بسیار شبیه به ساختمان خاک است و به طور مشابه ، فضاهای خالی خاک (pores) و ذرات خاک (Fabrics) در ژئوتکستایل وجود دارد و به دلیل پیچیدگی ای که نسبت به خاک دارد ، بایستی طراحی آن با دقت بیشتری انجام شود.

در طراحی فیلترهای ژئوتکستایل سه مرحله اساسی وجود دارد :

الف - اگر اندازه حفرات ژئوتکستایل کوچکتر از اندازه ذرات خاک باشد ، خاک اساس بوسیله فیلتر نگهداری می شود و بدین وسیله از فرسایش داخلی جلوگیری می شود.  
ب - اگر اندازه حفره های ژئوتکستایل به اندازه کافی بزرگ باشد که برابر عبور ذرات خیلی ریز خاک مانعی وجود نداشته باشد ، در این صورت ژئوتکستایل ، مانع از تجمع فشار هیدرواستاتیک خواهد شد.

ج - حفرات ژئوتکستایل باید به آن مقداری باشد که همواره بتواند جریان آب را از خود عبور دهد. بدین وسیله محدوده طراحی فیلترهای ژئوتکستایل تعیین می گردد :

- ژئوتکستایل باید در برابر ذرات خاک مقاومت کند. (محدوده نگهداری)
- ژئوتکستایل باید توان گذردهی آب اضافی و آزاد از خود را داشته باشد. (محدوده نفوذپذیری)
- ژئوتکستایل باید به عنوان یک فیلتر دارای عمر مفید و ظرفیت کافی آب گذاری باشد. (محدوده ظرفیت عبور جریان)

• علی الخصوص در بسیاری از وضعیت های ویژه و بحرانی ، به کاربردن ژئوتکستایل با دقتی که در انتخاب آن باید بشود بهترین انتخاب است و باید توجه داشت که انتخاب ژئوتکستایل نباید فقط بر اساس قیمت آن باشد. گویی اینکه قیمت و هزینه ژئوتکستایل عموماً در مقایسه با سایر مواد سیستم زهکشی کمتر است.

## ۲-۵-۱- محدوده طراحی

### محدوده نگهداری

$$(\forall) O_e(\text{geotextile}) \leq B.D(\text{soil})$$

اندازه مؤثر ژئوتکستایل معمولاً

$$= O_e \quad O_{90} \text{ or } O_{95}$$

ضریب بدون بعد (0.5-5.0)

$$B =$$

متوسط اندازه ذرات خاک

$$= D(\text{soil}) \quad D_{85} \text{ or } D_{50}$$

B تابع  $O_e$  ،  $CU$  ، نوع و افت خاک اساس ،  $D_{85}$  or  $D_{50}$  ، ژئوتکستایل (بافته شده و بافته نشده) و وضعیت جریان (آرام - متلاطم) می باشد.  
محدوده نفوذپذیری

$$(8) \quad K(\text{geotextile}) \geq FS.K(\text{soil})$$

برای وضعیت عادی

$$(9) \quad K(\text{geotextile}) \geq K(\text{soil})$$

برای وضعیت بحرانی و ویژه

$$(10) \quad K(\text{geotextile}) \geq 10.K(\text{soil})$$

همانطور که پیش از این ذکر گردید ، ظرفیت آبدارگری نباید مسئله ای در عملکرد فیلتر بوجود آورد و ظرفیت آبدارگری فیلتر باید از خاک بزرگتر باشد.

$$(11) \quad q(\text{required}) = q(\text{geotextile}) \{Ag / At\}$$

Ag = سطح قابل دسترس برای جریان  
At = سطح کلی ژئوتکستایل

محدوده ظرفیت عبور جریان

$$(12) \quad O_e(\text{geotextile}) \geq 3D_{15}(\text{soil}) \xrightarrow{\text{if}} cu > 3$$

و اگر  $cu \leq 3$  باشد، محدوده نگهداری در این مورد کفایت می کند. در موقعیت هایی که مسئله مسدود شدن راه گذر آب وجود داشته باشد، باید محدوده های زیر را نیز در نظر گرفت.

1- for non-wovens .....  $n \geq 50\% - 70\%$

2- for wovens .....  $POA \geq 4\% - 10\%$

تخلخل: n و درصد مساحت باز در ژئوتکستایل: POA می باشد.

البته لازم به ذکر است که برای غالب ژئوتکستایل های بافته شده و بافته نشده، مشخصات فوق الذکر وجود دارد.

### ۲-۵-۲- محدوده های دیگر برای طراحی فیلتر ژئوتکستایل

تعدادی از منابع اطلاعاتی در زمینه ژئوتکستایل اقدام به بررسی و ارائه مشخصات و محدوده های طراحی دیگری نموده اند که ذیلاً و به اختصار ذکر می کردند:

اندازه مؤثر ژئوتکستایل -  $O_e$

ضریب یکنواختی -  $U = D_{60} / D_{10}$

ماکزیمم اندازه حفرات ژئوتکستایل -  $O_{max}$

#### Mckeade (1997) ICI Fibers (1978)

ژئوتکستایل بافته نشده و جریان یک بعدی

$d_{85} > 0.25 \text{ mm}$  شن و ماسه

$d_{15} > 0.02 \text{ mm}$  خاک اساس

$$O_{50} \leq d_{85}$$

$$0.02 < d_{85} < 0.25$$

#### Calhoun (1972)

ژئوتکستایل بافته نشده و جریان یک بعدی

خاک دانه ای

$$d_{50} > 0.074 \text{ mm (NO.200)}$$

$$O_e < d_{85}$$

$$\% \text{ open area} \leq 40$$

خاک سیلتی

$$d_{50} < 0.074 \text{ mm (No.200)}$$

$$O_e \leq 0.21 \text{ (No.70 UK Sieve)}$$

$$\% \text{ open area} \leq 10$$

#### Raguztki (1973)

ماسه با  $0.09 < d_{50} < 0.34 \text{ mm}$

ژئوتکستایل بافته شده - جریان یک بعدی

$$O_{max} \leq 2.7 d_{50}$$

برای انواع دیگر جریان

فیلتر تحت بار (برای اینکه ذرات جابجا نشوند)

$$O_{\max} \leq 1.3d_{50}$$

بافته شده

$$O_{\max} \leq 1.5d_{50}$$

بافته نشده

$$O_{\max} \leq 0.7d_{50}$$

فیلتر بدون اثر بار

### Zitscher (1975)

ژئوتکستایل بافته شده فقط برای ماسه

$$U < 2, 0.1 < d_{50} < 0.3$$

$$O_e \leq 2.7 d_{50}$$

جریان یک بعدی

$$O_e \leq 1.0 d_{50}$$

جریان غیر یک بعدی

### Schober & teindl (1979)

ماسه  $0.01 < d_{50} < 0.3$

$$1.5 < U < 5$$

جریان یک بعدی - ژئوتکستایل بافته شده و نازک

1	2	3	4	5	U base
2.4	3.8	4.4	4.3	4.2	O90/d50

جریان یک بعدی - ژئوتکستایل بافته شده و ضخیم

1	2	3	4	5	U base
4.5	6.6	7.4	7.4	7.4	O90/d50

جریال غیر یک بعدی

$$o_{90} = d_{85}$$

### Heerten (1981-1982)

$$U \geq 5 \Rightarrow O_{90} < 10.d_{50}, \quad O_{90} \leq d_{90}$$

خاک غیر چسبنده - جریان یک

بعدی

$$U < 5 \Rightarrow O_{90} < 2.5d_{50}, \quad O_{90} \leq d_{90}$$

$$O_{90} < d_{50}$$

جریان غیر یک بعدی

$$O_{90} < 10.d_{50}, \quad O_{90} \leq d_{90}, \quad O_{90} \leq 0.1mm$$

خاک چسبنده - تمام حالات جریان

ها

توضیح - جریان غیر یک بعدی در اینجا مانند جریان خروجی یک پمپ

### **۲-۶- کاربری ژئوتکستایل به عنوان فیلتر در سدهای خاکی**

کاربردهای ژئوتکستایل در سدهای خاکی و سنگریزه ای بعنوان فیلتر به شرح زیر می باشد:

الف - حفاظت شیب پایاب نسبت به فرسایش

ب - هدایت روان آب های سطحی و نشست در پایین دست

ج - حفاظت شیب سرآب

د - ایجاد زهکشی داخلی در سد  
 ه - ایجاد فیلتر در زیر پوشش ریپ ریپ برای جلوگیری از فرسایش داخلی و شسته شدن مصالح در پایاب و سرآب  
 به جهت بررسی بهتر در مورد کاربردهای ژئوتکستایل در سدهای خاکی ، تعدادی از سدهای جهان که ژئوتکستایل در آنها بعنوان فیلتر بکار رفته شده است ، در جدول شماره یک آورده شده است :

نام کشور و نام سد	ارتفاع سد از پی	سال ساخت	مکان و کارکرد فیلتر	سطح فیلتر (متر مربع)
استرالیا / Loy yang	۱۷ متر	۱۹۷۹	در زیر پوشش ریپ ریپ (در سر آب)	۲۹۰۰
چکسلواکی / Nove mlyny	-	۱۹۷۴-۷۹	فیلتر داخلی بین هسته و پوسته شنی	۱۰۲۷۲
آلمان فدرال / Frauenau	۸۶ متر	۱۹۷۶-۸۰	حفاظت رویه پایاب از فرسایش داخلی و حفاظت زهکش عمودی	۲۷۰۰۰
فرانسه / Longefan	-	۱۹۷۷	پوشش چاه فشار شکن در سرآب	-
فرانسه / Verney	۴۲ متر	۱۹۸۰-۸۳	حفاظت از زهکش افقی	۶۲۰۰۰
هندوستان / Dharidam	-	۱۹۸۱	حفاظت چاه فشار شکن و پایاب از فرسایش داخلی و نیروهای ناشی از تراوش	۴۵۰
ایتالیا / Simbirizzi	۲۲ متر	۱۹۸۳-۸۵	حفاظت و نگهداری پایاب	۴۰۰۰۰
نیجریه / Goronyo	۲۱ متر	۱۹۸۰-۸۳	زهکش پایاب و لایه فیلتر افقی	۳۰۰۰۰۰
آفریقای جنوبی / Elandspruit	۹۵ متر	۱۹۷۸-۸۵	در زیر پوشش ریپ ریپ و اطراف زهکش های داخلی و خروجی	۱۴۵۰۰۰
انگلستان / Copland	۱۹ متر	۱۸۷۹	اطراف زهکش جهت حفاظت	۶۶۰۰
ایالات متحده / Sam Rayburn	-	۱۹۸۲	تعمیر و بازسازی بستر پوشش ریپ ریپ	-

جدول (۱) - کاربری ژئوتکستایل در سدهای خاکی جهان

### ۳- نتیجه گیری

ژئوتکستایل ها در دهه های گذشته به طور گسترده در سطح جهانی به کار گرفته شده اند و در سدهای خاکی نیز چنانکه در جدول یک ملاحظه می شود استفاده گردیده اند. اصلی ترین کاربرد آنها در سدها به عنوان جایگزین فیلترهای دانه ای بوده است. ژئوتکستایل کاربرد مؤثری در جداسازی لایه ها و جلوگیری از فرسایش ، حفاظت سواحل رودخانه ها داشته است و با توجه به اینکه پایداری و مقاومت خوبی در برابر عوامل مخرب و نیروهای هیدرواستاتیکی دارد ، برای کاربردهای ژئوتکنیکی مناسب است و توصیه می گردد ، مشروط بر اینکه محدوده ها و معیارهای طراحی همانگونه که در مورد فیلترهای دانه ای با دقت کنترل می شود ، در مورد این مواد نیز عمل گردد.

نویسندگان: کاظم کلهری- فیروزه صدری