ジオテキスタイルのフィルター性能評価試験

Filtration Tests Geotextile Filters

Hiroshi MIKI : Public Works Research Institute, Ministry of Construction.
Yoshiyuki HAYASHI : Public Works Research Institute, Ministry of Construction.
Masahiro SATO : Public Works Research Institute, Ministry of Construction.
Kazuo UGA : Japan Institute of Construction Engineering.
Ichiro SEKINE : Japan Institute of Construction Engineering.
Kenichiro HAMAGUCHI : Pacific Consultants Co., Ltd.
Hiroaki SASAKI : Pacific Consultants Co., Ltd.

[Abstract]

Geotextile are utilized for prevention of soil draw out and filtration material. However testing methods and quality standards have not been established yet in Japan. So, we proposed new test methods for geotextile filtration applicability.

Those methods of testing are; A.O.S (apparent opening size) test, permittivity test and accelerated clogging test.

The test results show that proposed new test methods are effective to estimate geotextile filtration performance. But type of A.O.S test method must be carefully selected according to types of geotextile.

[概要]

近年、河川堤防や護岸等の吸い出し防止材（フィルター材）にジオテキスタイルが利用されるようになってきた。しかしながら、我が国においてジオテキスタイルをフィルター材として用いる場合の試験方法・品質基準等が未確立なのが現状である。

そこで、ジオテキスタイルのフィルター性能を評価する試験方法を新たに提案するとともに、代表的な材質のフィルター材によって試験方法の適用性の検討を行った。具体的には、開孔径試験、垂直方向透水試験、促進目詰り試験である。

その結果、各試験方法ともフィルター性能を評価するための試験方法として適用性の高いことがわかった。なお、開孔径試験では材質によって試験方法を選択する必要があることと、促進目詰り試験では若干の試験方法に対する改良点が見られた。

ジオテキスタイルのフィルター性能評価試験

建設省土木研究所

三木博史 ○林 義之

佐藤正博

(財)国土開発技術研究センター

宇賀和夫 関根一郎

パシフィックコンサルタンツ(株)

浜口憲一郎 佐々木博明

1. まえがき

現在、各種のジオテキスタイルが河川堤防や護岸等の吸い出し防止材(以下、ジオテキスタイルと称す)や各種フィルター材として多く利用されてきているが、実際にジオテキスタイルを河川構造物に適用する際には、敷設面の状況に応じて浸透水や流水による土粒子の吸い出しや長期間敷設することによる目詰り現象等による透水性の低下を生じないようなジオテキスタイルを選択する必要がある。しかしながら、ジオテキスタイルを選択するにあたって吸い出しや目詰りに対する要求品質を評価するための試験方法や品質基準等が未確立なのが現状である。そこで、今回はジオテキスタイルのフィルターとして性能を評価するために、重要となる開孔径試験、垂直方向透水試験、促進目詰り試験といった各種試験方法を新たに考案したので、ここに報告する。

2. 試験方法

2.1 試験に用いたジオテキスタイルの種類

表-1に試験に用いたジオテキスタイルの種類を示す。今回の試験に用いたジオテキスタイルは材質として代表的なヤシ系、スパンボンド系、ニードルパンチ系、フェルト系の4種類に関してフィルター性能を評価するための各種試験を行った。

2.2 開孔径試験

ジオテキスタイルのフィルター性能を評価するには、ジオテキスタイルの空隙、すなわち開孔径を調べる事が重要

表-1 試験に用いたジオテキスタイルの種類

試験名	材 質	厚さ(mm)	製 造 方 法	試験体断面
ヤシ系	ヤシ繊維	10.60	ニードルパンチ、 バインダー
スパンボンド系	ポリエステル	2.95	スパンボンド、 ニードルパンチ
ニードルパンチ系	短繊維ポリエステル系不織布	4.80	ニードルパンチ
フェルト系	短繊維ポリエステル系不織布	10.00	ニードルパンチ

ある。開孔径(A.O.S: Apparent Opening Size)とは、開孔径分布95%径(O_{95} : ガラス粒子5%以下がジオテキスタイルを通過する場合の標準粒径)であり、この開孔径が敷設面の土粒子より大きい場合には浸透水等の影響により土粒子が通り抜ける吸い出し現象や、また極端に小さすぎる場合には土の細粒分を捕集しジオテキスタイルの透水性を低下させ

る目詰り現象を生じることがある。しかしながら、現在開孔径を評価するための基準となる試験方法が確立していないのが現状である。そこで、今回は試験方法として湿式法による開孔径試験に着目し、その中でも振動法と浸漬式の2種類を試験方法に用いて開孔径の値の比較を行った。

(1) 振動式による開孔径試験

図-1に振動式による開孔径試験機を示す。試験方法は、ジオテキスタイルを直径30cmに切断したものを、しわやたるみに注意して網フルイおよび振動装置に固定し、フルイの中のジオテキスタイルの上に、表-2に示す各粒径のガラスビーズを一定量(10~20g程度)を投入する。そののち、フルイ上部より水をスプレーにより散水しながら50Hz、振幅3mmで約24時間ふるい分けを行い通過したガラスビーズを収集し、粒度試験によって粒径加積曲線を作成し95%粒径を開孔径(O_{95})とした。なお、粒径加積曲線を作成する際に、 $74\mu\text{m}$ 以下の粒径に関しては沈降分析によって粒径分布を調べた。

表-2 ガラスビーズの粒径

名 称	粒 度(mm)
No. 4	3.962~4.699
No. 3	2.500~3.500
No. 2	1.500~2.500
No. 1	0.991~1.397
No. 0.80	0.710~0.990
No. 0.60	0.500~0.710
No. 0.40	0.350~0.500
No. 0.20	0.177~0.250
No. 0.15	0.149~0.177
No. 0.10	0.105~0.125
No. 0.07	0.063~0.088
No. 0.05	0.037~0.063

(2) 浸漬式による開孔径試験

図-2に浸漬式による開孔径試験機を示す。試験方法は、試験容器内にジオテキスタイルを直径10cmに切断したものを、しわたるみに注意して試験容器底部に固定し、ジオテキスタイルの上に振動式と同様にガラスビーズを一定量(10~20g程度)を投入する。そののち、試験容器を上下移動させ水中に2,000回浸漬を繰り返した後、通過したガラスビーズを収集し、振動式と同様に粒径加積曲線を作成し95%粒径を開孔径(O_{95})とした。なお、浸漬サイクルは浸漬時間7sec、引き上げ時間30secとした。

図-1 振動式開孔径試験機の概要図

図-2 浸漬式開孔径試験機の概要図

2-3 垂直方向透水試験

ジオテキスタイルがフィルターとして機能するには、垂直方向透水性が敷設面の土と比較して大きい必要がある。そこで、図-3に示すような試験機によって定水位法によるジオテキスタイルの垂直方向透水試験を行った。試験方法は、直径10cmに切断したジオテキスタイルを24時間程度脱気水に水浸・飽和させ、試験装置に重ね合わせて（50枚程度）固定するとともに表面の気泡を取り除く。そして、上部の給水タンクに所定の動水勾配 i になるよう脱気水を入れ、スタンドパイプ内を水で満たしたのち、越水部からの流量及び時間を計測するとともに、水温も計測した。なお、ジオテキスタイルの垂直方向透水性を評価するにあたっては、以下に示す式で表される透水能 ϕ_v で評価を行った。

$$k_t = \frac{L}{\Delta H} \cdot \frac{Q}{A(t_2 - t_1)}$$

$$\phi_v = k_t / L$$

k_t : 透水係数(cm/s), ϕ_v : 透水能(1/s), Q : 越水部からの流量(cm³),
 Δh : 水頭差(cm), A : 供試体の断面積(cm²), L : 供試体の厚さ(cm),
 $(t_2 - t_1)$: 計測時間(sec)

また、試行的にネジの先に穴のあいた鉄板を取付け、ネジを締め上げることによってジオテキスタイルを押しつけ荷重によって圧縮される様子を再現し、荷重下での透水試験についても試験を行った。

2-4 促進目詰り試験

ジオテキスタイルの敷設面が細粒分の多い土の場合、長期的に時間経過すると開孔部に細粒分が浸入し目詰りを生じるとともに、表面部にケーキ層と呼ばれる土の微粒子が堆積し難透水層を形成し、フィルターとして機能を低下させることがある。そこで、今回はジオテキスタイルの目詰り現象に対する性能を短期間に評価するための手法として、図-4に示すような試験機を新たに製作し、ジオテキスタイルの促進目詰り試験を行った。試験方法は、図-5に示すように直径10cmのジオテキスタイルを24時間脱気水の中に浸し飽和させたものと直径8cm×高さ5cmのモールド内に2.5kgランマーで落下高さ50cm, 3層, 一層当たり3回程度に締固めた土をスタンドパイプ内に固定し、スタンドパイプ内下部より水を満たして飽和させる。充分、飽和させたのち目詰りの発生を促進させるため、スタンドパイプ内の水を所定の動水勾配 i になるよう急速に注水したのち、急速に排水させるようなパルスをもつ所定のサイクル数あたえることによる目詰り現象を再現した。

図-3 垂直方向透水試験機の概要図

図-4 促進目詰り試験機の概要図

図-6 目詰り試験に用いた土の粒径加積曲線

図-5 促進目詰り試験機の供試体取付部の詳細図

そして、所定のサイクル数を経過したジオテキスタイルはスタンドパイプを取り外すことなく速やかに垂直方向透水試験と同様な方法によって透水試験を行い、透水能 ϕ_v の変化によって目詰りの有無について評価を行った。なお、図-6に今回の試験でモールド内に詰めた土の粒径加積曲線を示す。試料土は、江戸崎産で堤体土として利用されている土に $74\mu\text{m}$ 以下の粒径のシルト分を重量百分率で30%になるよう混合し、人工的に細粒分の多い土を再現した。また、ジオテキスタイルに加えたパルスの動水勾配 i の1, 8, 25の3種類、サイクルは1分で水を上昇させ、1分で排水を繰り返すことを100サイクル行い、そのときの透水能 ϕ_v を計測した。

3. 試験結果

3-1 開孔径試験結果

図-7に開孔径試験の結果を示す。この図より、振動式と浸漬式の2種類の試験結果を比較すると、開孔径 O_{95} はスパンボンド系、ニードルパンチ系のものは振動法、浸漬式とも同様の値が得られた。一方、ヤシ系のものは振動法の方が浸漬式の値と比較して若干大きい値になった。また、図-8に示すようにフェルト系のものは浸漬式にした場合、材質が厚いので試験容器内に水が充満しないうちに上下動をしてしまう傾向が見られ、今回は計測ができなかった。したがって、開孔径試験は振動法と浸漬式とも同様の計測が可能であるが、材質によっては振動法で計測した方が好ましいものがあることがわかった。

(a) ヤシ系の場合

(b) スパンボンド系の場合

(c) ニードルパンチ系の場合

(d) フェルト系の場合

図-7 開孔径試験の結果

図－８ 浸漬式開孔径試験の問題点

３－２ 垂直方向透水試験結果

図－９に垂直方向透水試験の結果を示す。この図より、今回の試験では動水勾配 i の大小及び荷重下での透水性の大きな変化は認められず、この結果からジオテキスタイルの垂直方向透水性は動水勾配 i 及び荷重を受けた状況下においても計測値に大きな影響は与えないと考えられる。ただし、動水勾配 i が $0.5 \sim 1.0$ では、材質によっては若干ではあるが透水能 ϕ_v が低く計測される傾向のものもある。これはジオテキスタイルの枚数を重ねることによって動水勾配 i を調整しており、重ね合わせの際の影響による可能性もあるので、今後は動水勾配 i が低い場合の垂直方向透水性の試験方法の検討を図っていきたいと考えている。

３－３ 促進目詰り試験結果

図－１０に促進目詰り試験の結果を示す。この図より、今回の試験では動水勾配 i が１程度の小さいパルスを加えた場合は、サイクル数の経過にともなう目詰り現象等の透水能 ϕ_v の低下は認められなかった。一方、動水勾配 i が $10, 25$ と高い値でパルスを加えた場合には、サイクル数 20 回程度の初期の段階までは若干ではあるが透水能 ϕ_v の低下が見られ、そののち透水能 ϕ_v が安定する傾向が見られた。なお、現実として河川堤防のり先部における局所的な動水勾配は、動水勾配 $i = 0.5$ 程度と考えられ、今回の試験で用いたジオテキスタイル及び対象土の場合には、目詰りに対して比較的安定していると考えられる。また、ジオテキスタイルのフィルターとしての性能を評価するにあたっては、今回の提案した試験方法の適用性が高いことを確認した。今後の課題としては、動水勾配 i が高い値でパルスを加えた場合、サイクル数の増加にともないモールド内の土に洗掘やモールドとの境界面に水みちが発生する傾向があり、それらに対する対策・改良が必要であるとともに、目詰り試験に用いる対象土の範囲を広げデータの蓄積を図る必要があると考えられる。

(a) ヤシ系の場合

(b) スパンボンド系の場合

(c) ニードルパンチ系の場合

(d) フェルト系の場合

図-9 垂直方向透水試験の結果

(a) ヤシ系の場合

(b) スパンボンド系の場合

(c) ニードルパンチ系の場合

(d) フェルト系の場合

図-10 促進目詰り試験結果

4. まとめ

今回はジオテキスタイルのフィルター性能を評価する各種試験方法として、開孔径試験、垂直方向透水試験、促進目詰り試験を新たに考案し、その試験方法の適用性を代表的なジオテキスタイルを用いて概略的に確認した。得られた結果は、次の通りである。

- ①開孔径 O_{95} を求める開孔径試験は、振動式と浸漬式の2種類の試験方法を行った結果、ジオテキスタイルの材質の種類、厚さ、開孔径等の条件によって適用する開孔径試験を選定する必要がある。
- ②垂直方向透水性は、今回用いたジオテキスタイルでは動水勾配 i の大小及び荷重下での透水性の大きな変化は認められなかった。したがって、垂直方向透水試験としては動水勾配 i 及び荷重を受けた状況においても計測値に大きな影響は与えないと考えられる。

③促進目詰り試験では、今回は動水勾配 i が小さいパルスを加えた場合においては、目詰り現象等の透水能 ϕ_v の低下は認められなかった。したがって、動水勾配の低い場合にはジオテキスタイルの目詰りに対する性能は高いと思われる。また、ジオテキスタイルのフィルターとしての性能を評価するにあたって今回の提案した試験方法の適用性が高いことを確認した。

今後は、この各種試験方法をもとにデータの蓄積や試験方法の問題点の解決を図るとともに、ジオテキスタイルの吸い出しや目詰りに対しての要求品質を評価するための品質基準等に関しても検討を加えていきたいと考えている。

〔参考文献〕

- 1)建設省土木研究所土質研究室，施工研究室，動土質研究室：ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル，土木研究所資料，第3117号，平成4年3月