

圧縮下におけるジオテキスタイル材料の吸水特性

渡 辺 恵 美・近 田 富士雄*

Wicking Properties of Geotextiles under Compression

Emi WATANABE, and Fujio KONDA

1. 緒 言

繊維材料は衣服、衣料品だけでなく産業資材としても多くの分野で使用されている。例えば、ロープ、シートベルト、漁網、テント（帆布）、ろ過布、ホース（消防用）、タイヤコード、ベルトコード、断熱材、農業用資材、水産海用資材、医療用資材、建築用資材、そして土木用資材などがそれである。この中で、最近土木用資材として活用されている繊維材料、すなわちジオテキスタイルの占める割合が増加している。

ジオテキスタイルは土とともに用いられることが多く、土を構造材としてみた場合、物性が一定していない、伸び・剪断に弱い、水とともに粒子が移動する、含水比とともに強度が変化し、ある含水比以上になると急激に強度が弱くなるという欠点がある¹⁾

ジオテキスタイルはこれら土の欠点をカバーするために、土との複合材料として、土とともに使用される。言葉としては新しいがその考え方は極めて古く、軟弱地に使うソダ、ムシロや瓦土塀など同じ目的で使われている例は古くから見られる。

ジオテキスタイルには4つの機能があり、各々に必要な特性との関係は図-1²⁾に示す通り

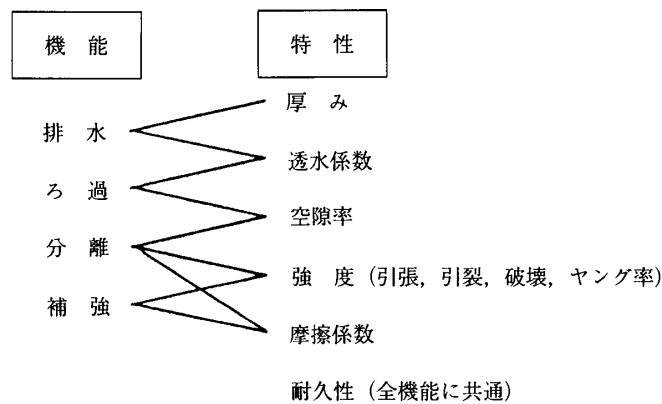


図-1 ジオテキスタイルの機能と特性との関係

*岐阜大学

である。この中で排水、ろ過作用はジオテキスタイル材料の透水性と密接な関係を有している。

本研究では、ジオテキスタイル材料の透水性に関する研究の前段階として、これに関係を有すと考えられる吸水特性について基本的な知見をうることを目的とした。種々の繊維素材よりなるジオテキスタイル用のспанボンド不織布を用い、試料を垂下した状態で下より水を吸収させ、吸水量、上昇水位、吸水速度の時間的变化、平衡時の吸水量、上昇水位について考察した。

2. 実験

2.1 実験装置と方法

本実験では図-2に示す装置を使用した。排水目的に使用されるジオテキスタイル材料は土

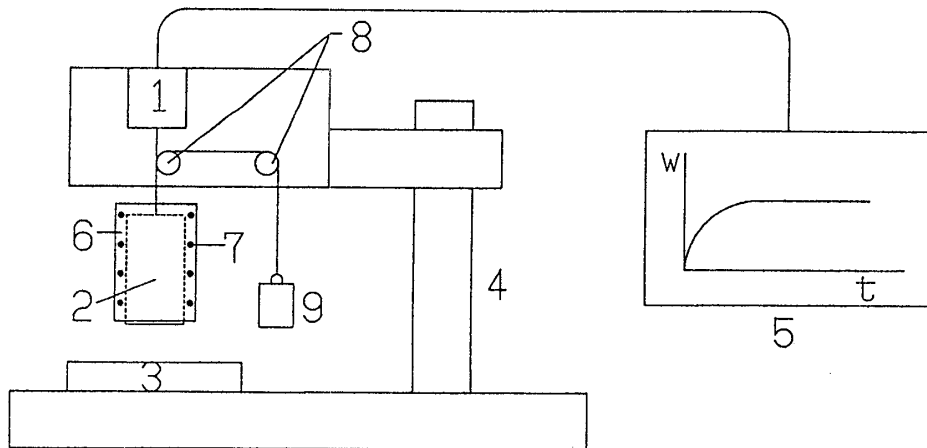


図-2 実験装置

- | | | |
|-----------|---------|-----------------|
| 1 : Uゲージ | 2 : 試片 | 3 : シャーレ |
| 4 : スタンド | 5 : 記録計 | 6 : アクリル板 (圧縮板) |
| 7 : 圧縮用ネジ | 8 : 滑車 | 9 : おもり |

中に埋められ常時荷重が加わっている。そこで、荷重が加わっている状態を実験室で作り出すため、アクリル板で試料を圧縮した。この場合、試料とアクリル板との界面等の問題はあがるが、今回は無視した。спанボンド不織布を5cm×13cmに切断して試料とし、これをアクリル板で圧縮してUゲージに取り付け、ノブによって下降させた。シャーレの中には1%の活性剤を含む水が入っており、試料が接触した瞬間から試料内を水が上昇し始め、それに伴って荷重が変化し記録計に荷重 w と時間 t との関係が描かれる。同時に上昇水位の時間的变化をビデオテープに収録した。結果より平衡時吸水量、吸水速度、上昇水位等を求めた。

試料が液面に接した瞬間を $t=0$ とし、時間とともに吸水量と上昇水位は変化するが、やがて一定値を示した。このとき測定を終了した。

2・2 試 料

試料はポリエステルを原料とした連続長繊維のспанボンド不織布である。спанボンド不織布とは、紡糸から布を形成するまで連続的に行う方式で製造された不織布のことである。試料の明細を表-1に示す。数値は、提供を受けた試料に表示してあるものを記入した。

表-1 試料の明細

	PE (ポリエステル)		
	I	II	III
厚さ (mm)	1.4	2.1	3.5
重量(g/m ²)	160	210	420
空隙率(%)	91.7	92.8	91.3
Denier(d)	4	5	4

3. 実験結果と考察

図-3は非圧縮下での吸水量の時間的变化を示す。どの厚さの試料の場合でも、時間とともに吸水量は増加し、試片が完全に水を吸い上げると一定値になる。一定値になるまでの時間は厚さによって異なり、厚いほど時間がかかる。つまり吸水初期における吸水速度は試料の厚さが薄いほど速くなる。

一定値となった吸水量を平衡時吸水量とし、厚さとの関係を図-4に示す。平衡時吸水量は多少のばらつきがあるが、平均値は厚さに比例していることが解る。

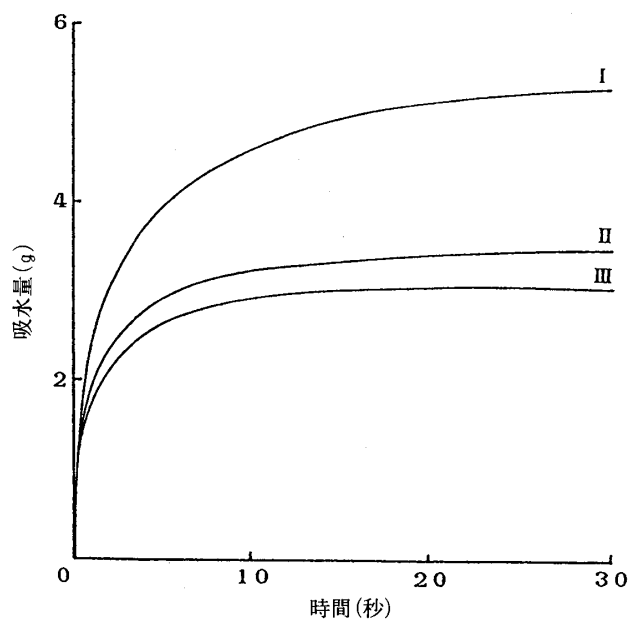


図-3 非圧縮下での吸水量の時間的变化

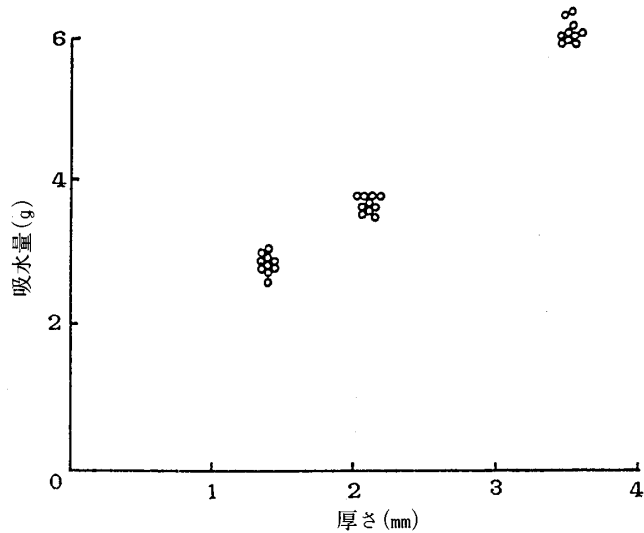


図-4 吸水量と厚さとの関係

表-2 圧縮時の試片の状態

	PE (ポリエステル)		
厚 さ (mm)	3.5		
圧 縮 厚 さ (mm)	3.5	3.0	2.0
空 隙 率 (%)	91.3	89.9	84.8
圧 縮 力 (kg /50cm ²)	0	0.683	9.27

試片をアクリル板で圧縮させた時の状態を表-2に示す。圧縮力はテンシロンによる圧縮試験で測定した値で、また空隙率は次式によって求めた。

$$\alpha = \frac{V - V_0}{V} \times 100(\%) \dots (1)$$

$$V_0 = \frac{M}{\rho} \dots (2)$$

ここで、Vは試片の全体積、V₀は原料繊維が占める体積、ρは試料の原料繊維の比重、Mは試片の重量である。

図-5はPE(I)を試料として圧縮の程度を変化させて吸水量を測定した結果である。圧縮率が低いすなわち空隙率の大きい方が短時間で平衡状態になる。つまり吸水初期における吸水速度は空隙率の大きい方が速くなる。

平衡時吸水量は図-6に示すように空隙率の影響は余り受けていないようで、6.0(g)付近にはほぼ集中している。一方、上昇水位は図-7に示すように空隙率が小さい方が高くなる。これは空隙率が小さくなると毛細管半径が小さくなるため上昇水位が高くなったと思われる。

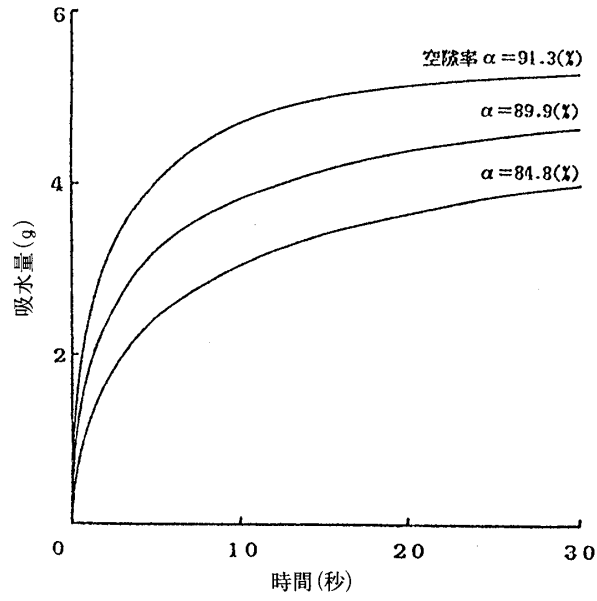


図-5 圧縮下での吸水量の時間的变化

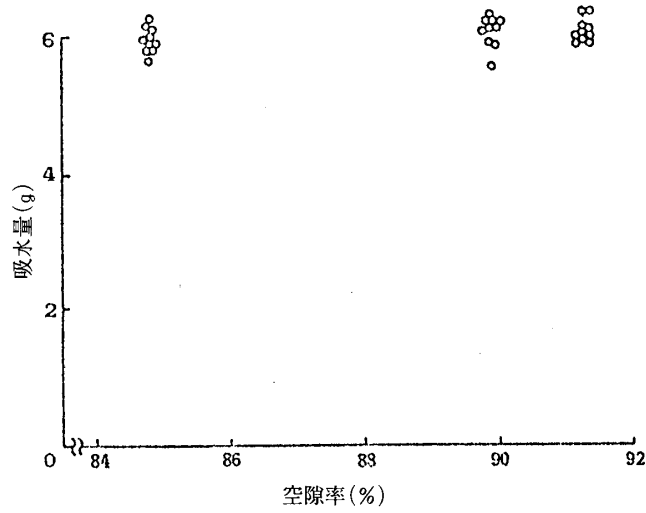


図-6 吸水量と空隙率との関係

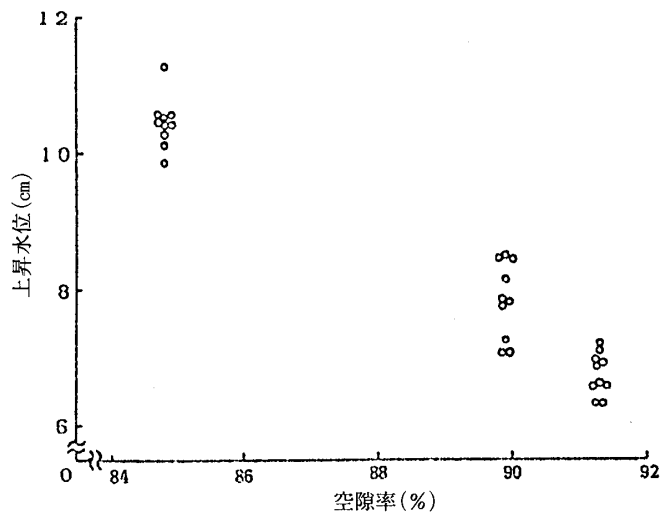


図-7 上昇水位と空隙率との関係

Washburn³⁾によれば、垂直な単一毛細管を液体が上昇する距離は Hagen-Poiseuille 流が成立すると仮定し、重力の影響を無視すれば、次式で表される。

$$h^2 = \frac{r \cos \theta}{2 \eta} \cdot r t \cdots (3)$$

ここで r は液体の表面張力、 η は液体の粘性係数、 θ は接触角、 r は毛細管半径、 t は時間である。式(3)を適用するにあたって、試料内の屈曲した複雑な間隙を直立毛細管とみなし、その平均半径を r とする。したがって、 h^2 と t との間には $\gamma r \cos \theta / 2 \eta$ を勾配とする直線関係が成立するはずである。厚さが等しく空隙率の異なる PE(I) について h^2 と t との関係を図-8 に示す。図から明らかなように直線関係を示すところが吸水初期に存在し、さらに毛細管半径 r が大 (空隙率が大) の方が勾配が大きく、式(3)と一致することが解る。また図-5 において空隙率の大きい方が吸水速度が速くなったのもこの式を用いて説明することができる。つまり、毛細管半径 r が大 (空隙率が大) の方は上昇水位が高く、吸水量が大きくなる。したがって、空隙率の大きい試料の方が最初の数秒での吸水量が多いことから短時間で平衡状態となったと思われる。

ジオテキスタイル材料の透水係数は吸水特性のうちで吸水速度と大きな関係を有すると考えられる。一方、吸水速度は材料の構造すなわち厚さ、繊維の充填率に大きく左右される。すでに述べたように、ジオテキスタイル材料は土中などに埋められ圧縮された状態で使用されるた

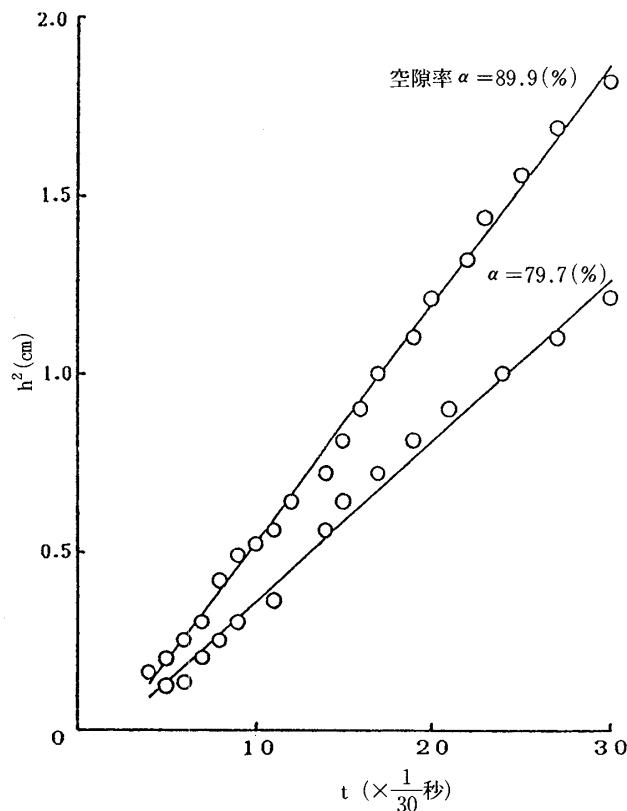


図-8 h^2-t 関係

め、クリープ現象を起こし構造が変化する。したがって、排水、ろ過作用も経時変化が大きいと考えられる。このようなことから今後、圧縮クリープや圧縮応力緩和と構造の関係を調べることは重要と思われる。

4. 結 言

ジオテキスタイル材料の排水作用及びろ過作用は、用いる材料の透水特性に密接な関係を有する。本研究ではジオテキスタイル材料としてспанボンド不織布を用い、透水性に関する研究の前段階として、その吸水特性について明らかにすることを目的とした。そのため厚さを異にする3種類の試料を用いて、まず非圧縮下における吸水実験を行い、吸水量の時間的変化、平衡時吸水量等について考察した。ジオテキスタイル材料は土中に埋められ、常時で圧縮状態で使用されていることから、次に圧縮下における吸水特性を調べた。得られた結果をまとめると次のようになる。

- 1) どの試料においても吸水量は厚さに比例して増加する。
- 2) 試料を圧縮すると空隙率が小さくなる。そのため、繊維間の毛細管が細くなり吸水速度が低下するが、吸水量には余り影響なく、どの空隙率においてもほぼ等しい値を示す。
- 3) 上昇水位は空隙率が減少するにつれ高くなる傾向を示す。したがって、上昇水位、吸水速度に関しては、素材や厚さよりも構造状態（充填率）による影響が大きい。
- 4) 初期の吸水挙動は Washburn の式を適用することができる。

参 考 文 献

- 1) 日本繊維機械学会，産業資材研究会，公開講座資料.
- 2) 永野豊；繊維機械学会誌，39，p.262.
- 3) E. W. Washburn, Phys. Rev. Ser. 2. 17, 273 (1921).