

複合ジオテキスタイルの引抜き試験による 摩擦特性と部材内部応力

長崎大学工学部 学○林 善弘 長崎大学工学部 正 棚橋 由彦
同 上 正 持下 輝雄 同 上 学 徳島 賢典

1. はじめに

最近では、補強盛土工法に排水材としての機能を持たせ、圧密促進による早期の強度増を図るため、ジオグリッドと不織布（ジオウオープン）を併用した複合ジオテキスタイルの適用例が増えつつある。しかるに、ジオグリッドまたは不織布単体の引抜き試験は数多く実施されているが、複合ジオテキスタイルの引抜き試験の実施例は、余り見当たらない。本研究では、上述の事情に鑑み、複合ジオテキスタイルの摩擦特性のモデル化のための基礎資料収集の目的で、複合ジオテキスタイルの静的引抜き試験を実施し、いくつかの知見を得たので、ここに報告する。

2. 試験装置と供試体の概要

引抜き試験装置を図-1に、土供試体の土質特性を表-1に示す。土供試体の作成方法は、突固め法、多重ふるい法を用いる。また、（複合）ジオテキスタイルの寸法およびひずみ測定位置を図-2に示す。ひずみゲージは⑥以外は全て横リブに貼布している。なお、試験環境は温度 $20\pm5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50\pm5\%$ の室内で実施する。

3. 試験方法と条件

1) 試験方法…圧縮過程においては、垂直応力载荷後、所定の時間に収束を確認する。引抜き過程においては、変位速度を一定とし、引抜き変位5cmまで引抜き力とひずみ等を測定する。

2) 試験条件…一括して、表-2に示す。

4. 試験結果の整理方法

測定結果等をもとに、以下に示す過程で試験結果を整理する。

①各測定点の変位置から、各節点の変位図およびひずみ図を描く。②次に、空気中のジオテキスタイルの伸びひずみ-引張り力曲線を用いて、各節点のひずみに対応した各節点間の張力を求め、ジオテキスタイルに発現した引抜き抵抗長図を描く。③垂直応力と引抜き限界抵抗長の関係を求める。④引抜き有効（限界）抵抗長と最大引抜き有効抵抗力の関係を求める。⑤引抜き摩擦強さを算定する。⑥最終的に垂直応力と引抜き摩擦強さの関係を図示し、引抜き摩擦定数（ C_p 、 ϕ_p ）を求める。⑦各測定点のひずみの結果から、そのひずみにヤング率を乗じ、部材内部応力に換算して測定点位置と内部応力の関係図を描く。

5. 試験結果と考察

垂直応力と引抜き摩擦強さの関係図を図-3、図-4に示す。図-3は、複合ジオテキスタイルの材種が引抜き摩擦強さに及ぼす影響を比較している。まず粘着力（ C_p ）は、SS-2単体に比べSS-2+シンテックスがかなり低い値（SS-2単体の30%）を示しているのに対し、SS-

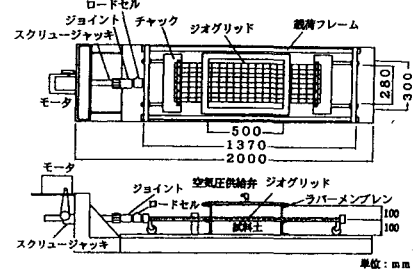


図-1 試験装置

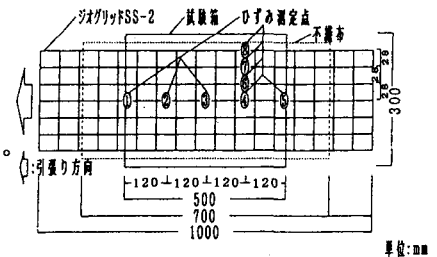


図-2 ジオテキスタイルの寸法とひずみ測定位置

表-1 土質特性一覧表

土 供 試 体	最大粒径 (mm)	含水比 ω (%)	比重 G_s	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm^3)	ω_{opt} (%)
豊浦砂	0.4	20.0	2.650	1.645	20.0
しらす	2.0	28.0	2.380	1.270	25.8
石炭灰	0.8	27.0	2.064	1.230	24.9

表-2 試験条件

試 料	①豊浦砂 ($D_r=80, 30\%$) ②しらす ($\rho_d=0.85\rho_{dmax}$) ③石炭灰 ($\rho_d=0.85\rho_{dmax}$)
ジオテキスタイル	SS-2, SR-2
複合ジオテキスタイル	SS-2 + シンテックス, SS-2 + タフネル SR-2, SR-2
鉛直上載圧 (kg/cm^2)	SS-2 $\sigma_v=0.1, 0.2, 0.3$ SR-2 $\sigma_v=0.1, 0.3, 0.5, (1.0)$
せん断速度	一定 (10mm/min)

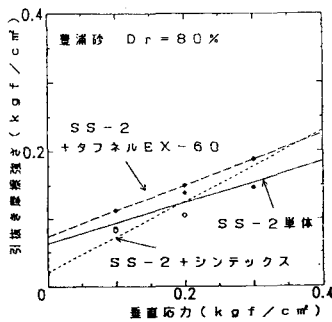


図-3 垂直応力と引抜き摩擦強さの関係

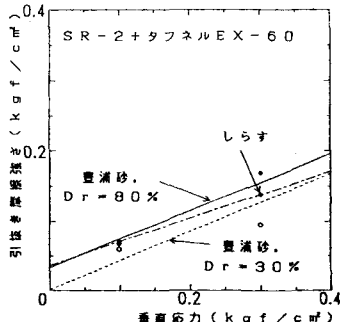


図-4 垂直応力と引抜き摩擦強さの関係

表-3 引抜き摩擦定数一覧表

試験体	試験条件	豊浦砂 Dr=30%		豊浦砂 Dr=80%		しらす $\rho_s=1.270\text{g/cm}^3, \phi_s=28\%$	
		C_F (kgf/cm²)	ϕ_F (°)	C_F (kgf/cm²)	ϕ_F (°)	C_F (kgf/cm²)	ϕ_F (°)
SS-2	不織布	0.028	4.90	0.063	17.0	0.027	27.9
	+シンテックス	0.033	21.6	0.020	27.7	0.051	22.3
	+タフネルEX60	0.037	42.1	0.074	20.8	0.045	26.6
SR-2	不織布	0.019	20.9	0.001	22.0	0.049	17.5
	+シンテックス	0.029	22.5	0.036	20.9	0.036	19.7
	+タフネルEX60	0.002	22.7	0.033	22.2	0.036	18.6

2+タフネルEX60が多少高い値 (SS-2単体の117%) となっている。一方、引抜き摩擦抵抗角 (ϕ_F) は、SS-2単体よりもSS-2+シンテックス、SS-2+タフネルEX60共に高い値 (それぞれ、SS-2単体の163%, 122%) を示している。つまり、ジオグリッド (SS-2) 単体よりも複合ジオテキスタイル (SS-2+ジオウォーブン) の方が、引抜き摩擦強さが大きくなっている。図-4は複合ジオテキスタイル (SR-2+タフネルEX-60) の土供試体種類による C_F , ϕ_F の差異を示している。

豊浦砂の ϕ_F は約 22.5° で D_r によらずほぼ一定値を示す。また、緩詰め ($D_r=30\%$) では $C_F \approx 0$ だが、密詰め ($D_r=80\%$) では、インターロッキングに起因する見かけの粘着力 $C_F=0.033$ (kgf/cm²) が生じてくる。なお、しらすの ϕ_F (=18.6°) は豊浦砂のそれより小さく、 C_F (=0.036) は $D_r=80\%$ の豊浦砂のそれとほぼ等しい。なお、全ケースの引抜き摩擦定数を表-3に示す。

図-5 (a), (b) はそれぞれ、引張力延長方向と横断方向の測定点 (図-1参照) と部材に動員されている内部応力の関係を示している。図-5 (a) から、上載圧 σ_n の値にかかわらず、引張力 (外力) から遠ざかる測点ほど内部応力が減衰するのが確かめられる。このことは任意の測点において、内部応力 $\times$ リブ断面積 $\times$ リブ本数 + その測点までのせん断力の累積値 = 引張力 (外力) なる釣り合い式が成立することを示唆している。測点⑤で内部応力が σ_n の値にかかわらずゼロになるのは、測点⑤までのせん断力の累積値と引張力が等しいことを意味する。図-5 (b) で σ_n の値にかかわらず、横断方向の三つの測点の内部応力がほぼ等しいことから、全ての縦リブが等しい引張力を受けていることを意味している。

6. 今後の課題

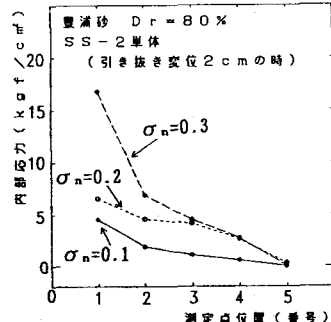
以上のように、今回の試験は複合ジオテキスタイルの敷設状況や土供試体の種類などによって引抜き摩擦強さが変化するという結果が得られた。ただし、他の条件での試験や部材内部応力の計算値と試験値の比較について今後行う必要がある。

<謝意>

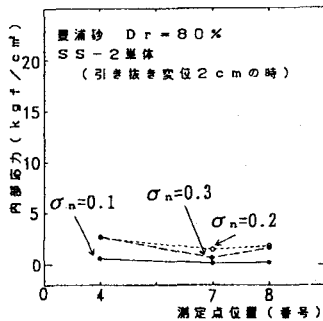
本研究を進めるに当たり、九州工業大学 安田進先生には試験装置を提供して頂いた。ここに記して深甚の謝意を表す次第であります。

<参考文献>

『ジオグリッド工法』 ガイドライン, ジオグリッド研究会, pp.100-143, 1990.



(a) : 引張延長方向



(b) : 横断方向

図-5 測定点位置と内部応力の関係