A study of increasing ground bearing capacity for road using geotextile-grid-cell oriented vertically.

At the first stage,static triaxial compression tests were conducted on models installed singular geotextile-grid-cell and compared the difference in stress and modulus of deformation with geotextile plane installed horizontally and without geotextile. At the second stage,unconfined compression tests were conducted on the models installed plural geotextile-grid-cells in dry and wet conditions.

Dynamic triaxial tests were conducted on models installed singular geotextile grid-cell.

Kajitani Engineering Co.,Ltd.

Hiroshi Yoshida

Hiroharu Saji

本研究は、交通荷重に対して路床をジオテキスタイルで強化した場合の、改良効果の把握を目的に、一連の実験を計画したものである。

研究の第一段階として、立体補強材の単補強材をいれた標準砂供試体に対する三軸圧縮試験を行ない、単体形状各々の、主応力差、変形係数を調べ、平板補強材、無補強の場合と比較した。

研究の第二段階として、立体補強材の集合材を入れた湿潤標準砂供試体に対し静的および動的（繰り返し）三軸試験を行なった。

立体補強材による地盤耐力改良に関する基礎的研究

梶谷エンジニア(株) 吉田 弘
佐治 弘陽

1. まえがき

本研究は、交通荷重に対して路床をジオテキスタイルで強化した場合の、改良効果の把握を目的に、一連の実験を計画したものである。

研究の第一段階として、立体補強材の単補強材をいれた標準砂供試体に対する三軸圧縮試験を行ない、単体形状各々の、主応力差、変形係数を調べ、平板補強材、無補強の場合と比較した。

研究の第二段階として、立体補強材の集合材を入れた湿潤標準砂供試体に対し静的および動的(繰返し)三軸試験を行なった。

2. 単体補強材実験の方法と材料

本報告の実験では、試験体の母材は乾燥標準砂であり、一部湿潤標準砂も使用した。

圧縮せん断試験供試体の中に入れた補強体は、アルミ箔に開孔率 20 % の丸孔を開けてから、標準砂粒子を塗布したものを使用した。

試験体の砂の密度は、相対密度で 0.8 を標準とした。

実験に用いた単体補強材は、図-1 に示す様なものである。

図-1 単体補強材の設置状況

補強材の形状は、正三角形、正四角形、円柱の立体型と、二枚の円板の平面型である。単体-立体補強体は、それぞれ断面積 a と高さ h を変えた4とおりの寸法で、また平面型補強材は同一寸法の円板を5とおりの位置で試験を行なった。

静的三軸圧縮試験の条件は、拘束圧が 0.5 kgf/cm^2 の等方圧のCD試験とし、せん断過程は、軸ひずみが毎分 0.18% のひずみ制御によるものである。

2-1 実験の結果

アルミ補強材入りの供試体に対する静的三軸試験の結果を表-1に示す。

補強材の形状				供試体 番号	主応力差 ($\sigma_1 - \sigma_3$) _f kgf/cm ²	破 壊 ひずみ ef %	変形係数 E ₅₀ kgf/cm ²	残留強さ ($\sigma_1 - \sigma_3$) _r 注 kgf/cm ²
模 式 図	横断面	a/A	h/H					
補強材なし	—	—	—	GN-1	2.327	4.28	290.9	1.61
○	1/4	1/3	GAS 1-1-1	2.570	3.50	367.1	1.61
			2/3	1-1-2	2.772	1.07	430.0	1.64
		1/2	1/3	1-2-1	2.253	3.72	300.4	1.70*
			2/3	1-2-2	2.619	1.61	436.5	1.56
—	1/1	1/3	GAS 2-1-1	2.256	4.28	225.6	1.46
			1/2	2-1-2	2.231	4.86	189.1	1.46
			1/4	2-1-3	2.431	2.61	229.1	1.41
			1/8	2-1-4	2.217	2.50	257.8	1.48
			0	2-1-5	2.257	3.57	221.3	1.60
□	1/4	1/3	GAS 3-1-1	2.794	2.50	279.4	1.60
			2/3	3-1-2	3.669	2.29	352.8	1.87*
		1/2	1/3	3-1-3	2.733	2.64	317.8	1.67
			2/3	3-1-4	3.125	1.71	422.3	1.68
	△	1/4	1/3	GAS 3-2-1	2.435	2.71	289.9	1.62
			2/3	3-2-2	3.502	2.50	423.9	1.71
		1/2	1/3	3-2-3	2.557	3.00	334.4	1.68
			2/3	3-2-4	3.457	1.79	508.4	2.01*

注) 残留変形係数の値は、軸ひずみ ϵ_f が 12.5% 時の主応力差で、*印以外は応力のピーク以後、値が一定となり、残留強さと見なさるものとなる。

表-1 三軸圧縮試験結果一覧表

表中の補強材形状欄のなかの、aとAはそれぞれ補強材の断面積と供試体の断面積を、またhとHはそれぞれ補強材と供試体の高さを表す。(図-1)

補強材を形状別に、円柱、円板、四角柱、三角柱の四グループに分け、表-1から次の傾向が分かる。

(1) E₅₀の大きさは、円柱、>三角柱、>四角柱、>円板、の順である。

(2) ($\sigma_1 - \sigma_3$)_f は、四角柱、>三角柱、>円柱、>円板となるが、各グループ内でのばらつきが大きい。

(3) ($\sigma_1 - \sigma_3$)_r は、大同小異であるが、強いて較べると円板が他よりも10%小さい。

上記の内、最大主応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と残留強さ $(\sigma_1 - \sigma_3)_r$ については、アルミ箔に砂をコーティングする際のちよとした加減で、せん断過程での破断の仕方が変わり、これが値のばらつきの原因になっていると考えられる。

変形係数 E_{50} に着目すると、三軸圧縮試験機のせん断過程で、補強材が壊れるまえに値が決まるため、補強材の形状、寸法、位置の違いが E_{50} に顕著に反映した。また、補強供試体 17 個中 7 個の E_{50} が、無補強の場合より小さく、特に平面補強材を使った全ての供試体の E_{50} が無補強の場合を下回った。

一般な路床ではあまり大きな荷重を扱うことは考えられず、上記の傾向も考えて、 E_{50} に着目して整理する。

補強材の表面積 (SA) と E_{50} の関係

補強材を円柱、平板、四角柱、三角柱の形状別の 4 グループに分け、 E_{50} と補強材表面積 SA をグループ別にそれぞれ平均してプロットしたのが図-2 である。

図-2 グループ別、補強材表面積と変形係数関係

図から、円柱補強材は表面積のわりに補強の効率が低い、この円柱を除くと、補強材の形状とは無関係に、 E_{50} と SA とは比例関係にある。

3. 集合補強材の実験方法と材料

2. の材料と同様に、母材として乾燥標準砂を使用し、補強材はアルミ箔、開孔率 20% の材料で四角柱集合材、三角柱集合材、と不織布による四角柱集合材の実験を行なった。また、単体補強材を強制飽和標準砂供試体内に設置して、動的変形特性試験を行なった。

集合材の試験体は、CBR モールド (径 15 cm - 高さ 30 cm) に自然落下法で標準砂を投入し、上端 5 cm のリング下まで砂を充填した後一度頂部を整形し、5 cm のリングを置き、高さ 5 cm の補強材を挿入して砂を投入し、頂部を平滑にしあげた。

湿润飽和砂の試験は前項同様に制作した試験体のモールドの下端から注水させて飽和を計った。

集合材の载荷は、径5cmのプラスチックのシリンダーで、補強材壁間をA，補強材壁心をB または、C として表-2のように载荷した。

形状 材料	A 型	B 型	C 型
アルミ箔	乾 砂	乾 砂	乾 砂
砂つき	湿 砂	湿 砂	
不織布		乾 砂	
砂なし			

A 型

直径: 15.0cm
面積: 432.0cm²

C 型

直径: 15.0cm
面積: 510.0cm²

B 型

直径: 15.0cm
面積: 398.0cm²

補強材の集合体

表-2 形状と材料の組み合わせ
B型 (四角) A型 (四角) C型 (三角形)

図-3 補強材の平面形状図

図-4 補強材の荷重-ひずみ関係図 (集合補強材)

試験結果は、図-4に示す通りである。

変形係数の大きなものは、C (三角形集合材) であり、次に B (正方形集合材で軸心载荷)、A (正方形で壁間载荷)、D (無補強) である。

また、A型 E_{50} は B型 より小さいが、主応力差は B型 より大きい。

水浸補強材は B型、A型とも乾燥補強材より主応力、 E_{50} ともに大きく、A型、B型の差は小さい。

図-5 水浸補強材の荷重-ひずみ関係図 (集合補強材)

4. 単体補強材の供試体の動的変形特性試験の方法と材料

2に述べた20% 開孔率のアルミ箔の単体補強材，三角柱，円柱，四角柱を飽和標準砂供試体内で動的変形試験を行なった。

せん断剛性率Gのひずみ依存曲線は，図-6のようになった。

図-6 せん断剛性率Gのひずみ依存曲線

この試験では，一つのひずみレベルで10波の繰り返し荷重をかけたがa図，b図はそれぞれ第2波，第10波をサンプリングして整理したものである。図からGを読みとったものを表-3に示す。図のG-ひずみ曲線は，圧縮域と伸張域とでGの値が2-3 倍程度異なっている。

補強材の形状により，四角柱は，圧縮域が伸張域より大きく，三角柱と，円柱は伸張域が圧縮域より大きい。砂のみは，圧縮域と伸張域が等しい。

補強材の形状	波数	$\gamma = 1.0 \times 10^{-4}$		$\gamma = 3.2 \times 10^{-3}$		$\gamma = 1.0 \times 10^{-3}$	
		圧縮	伸張	圧縮	伸張	圧縮	伸張
円柱	2	147	350	90	298	112	124
	10	138	357	93	216	77	46
四角柱	2	351	168	256	125	124	109
	10	345	182	266	121	132	75
三角柱	2	179	472	145	360	108	138
	10	187	473	142	300	133	70
砂のみ	2	407		309		193	
	10	416		312		180	

表-3 各ひずみレベルでのせん断剛性率G

図-7 繰り返し三軸による動的変形特性試験
(単体補強材、円柱、四角柱、三角柱、砂のみ、波数の違いによる応力の変化)

5. まとめと、今後の課題

- 1) 動的変形試験の結果、圧縮域と伸張域に於いてヒステリシスループが非対称となりGの値が異なることが分かった。これは圧縮と伸張で最大主応力 σ_1 方向が 90° 交番し、補強材の効果が変化するためと考えられる。
- 2) 輪荷重は載荷と、除荷を繰り返すから、圧縮域での載荷・除荷による動的変形特性試験も必要である。
- 3) C.B.R.容器での補強土のメカニズム（荷重分担、変位拘束機構）と三軸補強材の寸法効果に関する実験の必要がある。
- 4) 路床の状態が多くの場合不飽和状態であることから、不飽和状態での動的強度変形についても特性を知る必要がある。

最後に、本研究は建設省土木研究所、動土質研究室との”ジオテキスタイルの土中の変形挙動に関する研究”の共同研究の一環として行われた。