

III-419

連続糸混入土の基本的力学特性

鹿島建設（株）技術研究所 正員 玉井 達郎
 正員 阿部 裕
 正員 北本 幸義

I. はじめに

ジオテキスタイルによる補強土工法の一つとして、せん断強さの増加をはかるため連続糸を土に混入し、擁壁などの土構造物を築造する工法¹⁾が、最近注目されている。せん断強さの増加は、土中に混入された糸が引張り補強材として働き、その張力および張力による拘束圧の発生（ σ_3 の増加）によって生じるものといわれているが、その増加の程度は、糸の混入状態（配列）、混入率等によっても異なつてくることが予想される。

今回、この強度増加の効果を確認する目的で、糸混入率を変化させて実施した一軸・三軸圧縮試験の結果を報告する。

II. 実験概要

1. 実験条件…………… 使用した砂は鹿島産の海砂、糸は30本のフィラメントを束ねた、太さ145.5 デニールのポリエステル製で、これらの基本特性を表-1に示す。供試体は、乾燥密度 $\rho_d \approx 1.46 \text{ g/cm}^3$ （相対密度 $D_r = 50\%$ ）とし、糸の混入率（ f ）を砂の乾燥重量に対し、 $f = 0.1, 0.25, 0.5 \text{ w\%}$ と変化させた。また、三軸圧縮試験はCD条件とした。

2. 供試体作製方法…………… 引張り補強材として最も効果的であると考えられる e_3 方向に多く配置させるため、図-1に示すように $\phi = 10 \text{ cm}$ 、 $h = 20 \text{ cm}$ のモールドに、糸、水、砂の順に投入、敷き均し、これを約30回繰返して締め固める方法を採用した。糸は、同時に5本用い、 $\phi = 10 \text{ cm}$ のモールド内で偏らないように注意し、供試体底部から頂部まで連続させている。

混入率 $f = 0.25\%$ の供試体を写真-1に示す。

III. 実験結果および考察

破壊時の各特性値を表-2に示す。なお、一軸圧縮試験では、側面の砂の崩落はほとんどなく断面欠損による強度の補正はしていない。また応力～ひずみ曲線の代表例として $\sigma_r = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の場合を図-2に、各混入率における破壊包絡線を図-3に示す。

1. 糸混入率による応力～ひずみ特性…………… 図-2からわかるように、無補強（ $f = 0\%$ ）の場合、最大主応力差（ $\sigma_a - \sigma_r$ ） f は 2.07 kgf/cm^2 、破壊ひずみ（ e_{af} ）は 3.5% と小さいが混入率の増加とともに、（ $\sigma_a - \sigma_r$ ） f 、 e_{af} も増加し、 $f = 0.5\%$ では（ $\sigma_a - \sigma_r$ ） $f = 17.80 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $e_{af} = 15.6\%$ と大きくなっている。また、体積ひずみ（ e_v ）は混入率の増加とともに膨脹から収縮へと移行し、ダイレイタンスーが抑えられている。

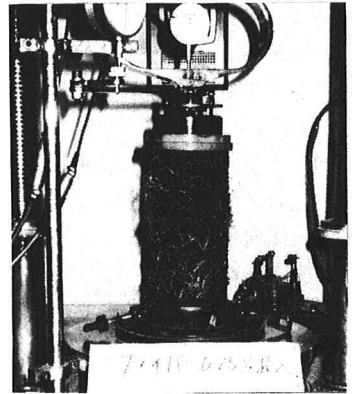


写真-1 連続糸混入供試体

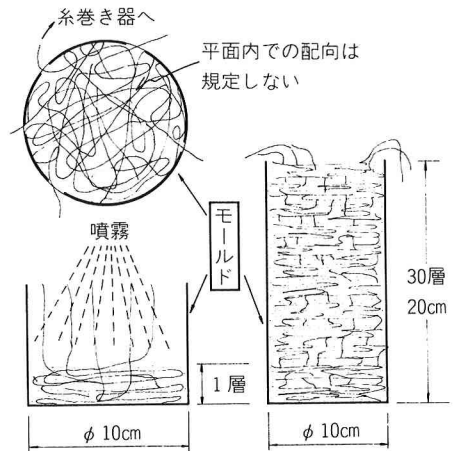


図-1 供試体作製方法

表-1 使用材料の基本特性

砂	$G_s = 2.678$ $U_c = 2.3$ $e_{\max} = 1.001$ $e_{\min} = 0.669$ $D_{60} = 0.42 \text{ mm}$ $D_{30} = 0.28 \text{ mm}$ $D_{10} = 0.18 \text{ mm}$
糸	比重 1.38 太さ 145.5 デニール / 30フィラメント (22 μ) 強さ 5 gf / デニール / 伸びひずみ 35%

表-2 実験結果一覧表

供試体	$\rho_d = 1.46 \text{ g/cm}^3$ $w = 10\%$ $e = 0.835$ $D_r = 50\%$	側圧 σ_r	破壊時	破壊時	強度定数
			主応力差 ($\sigma_a - \sigma_r$) σ_{af} (kgf/cm ²)	軸ひずみ ε_{af} (%)	C_d (kgf/cm ²) ϕ_d (°)
0.0	w/w%	0.0 kgf/cm ²	0.06	0.6	$C_d = 0.0$ $\phi_d = 41.3$
		0.5	2.07	3.5	
		1.0	4.20	3.0	
		1.5	5.94	4.6	
(無補強)					
0.1	w/w%	0.0 kgf/cm ²	2.48	7.7	$C_d = 0.9$ $\phi_d = 42.2$
		0.5	5.92	7.8	
		1.0	8.60	11.3	
		1.5	10.01	10.8	
(9cm / cm)					
0.25	w/w%	0.0 kgf/cm ²	5.22	8.6	$C_d = 2.1$ $\phi_d = 46.1$
		0.5	13.46	13.8	
		1.0	14.91	12.6	
		1.5	18.65	14.1	
(22cm / cm)					
0.5	w/w%	0.0 kgf/cm ²	11.08	11.5	$C_d = 2.6$ $\phi_d = 50.1$
		0.5	17.80	15.6	
		1.0	20.00	16.6	
		1.5	24.40	17.1	
(45cm / cm)					

これは $\sigma_r = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ と一定であるにもかかわらず、一般のCD試験において側圧(σ_r)を増加させたときと同じ現象を呈している。

これらの傾向は σ_r の大小によらず同じであり、特に破壊ひずみは、図-4に示すように $\sigma_r = 0.5 \sim 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲で、混入率と極めて良い対応を示した。

2. 糸混入率と強度定数の関係

無補強の砂では、粘着力は $C_d = 0$ ($w = 10\%$ で不飽和のため、水の表面張力による C_d は多少ある)であるが、図-3から見かけの粘着力が発現している。一軸圧縮試験が可能であることから粘着力として期待できよう。

同図から得られた強度定数(C_d , ϕ_d)を混入率との関係で図-5に示す。 $f = 0.1\%$ で $C_d = 0.9 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $f = 0.25\%$ で $C_d = 2.1 \text{ kgf/cm}^2$ と混入率の増加に伴う C_d の増加が認められた。 ϕ_d についても増加の傾向が見られた。

IV おわりに

以上のように、連続糸混入土は、破壊ひずみが大きく、変形を問題とする土構造物への適用にあたっては留意すべき点ではあるが、せん断強度が増加し、引張り補強材としての効果が粘着力の発現として評価されるので、補強土として利用できるものと考えられる。

しかし、破壊時における拘束の程度、引張り材としての糸の強度の影響度、内部摩擦角などについては、糸本来の応力～ひずみ特性および砂との摩擦特性にも関連することであり、今後研究を進めていきたい。

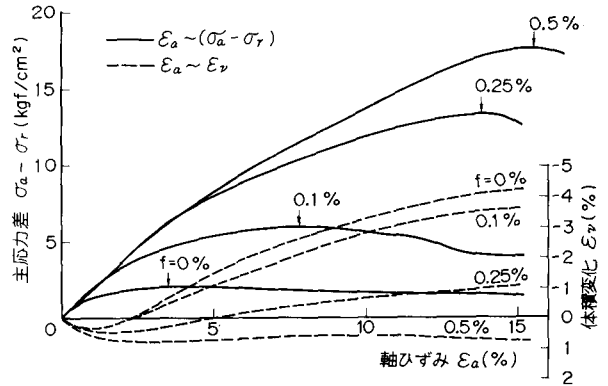


図-2 応力～ひずみ曲線 ($\sigma_r = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)

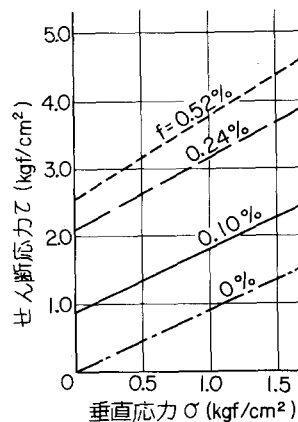


図-3 破壊包絡線

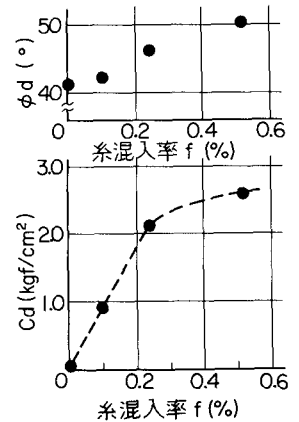


図-5 糸混入率と強度定数の関係

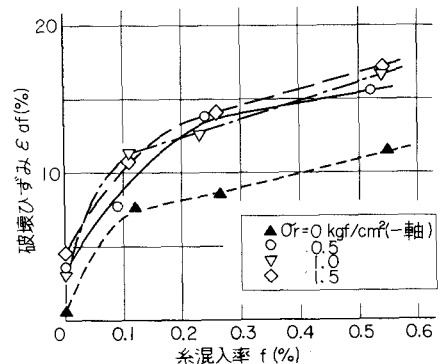


図-4 糸混入率と

破壊ひずみの関係