

短繊維とごみ溶融スラグの混合による地盤改良について

秋田高専 正会員 ○花田 智秋
秋田高専 正会員 対馬 雅己

1. はじめに

土材料に短繊維を混合することによって、力学的特性などを向上させる補強方法が研究されている¹⁾。筆者らは秋田市のごみ溶融施設から排出されるスラグの有効利用を図るため、スラグと土材料などを混合させ経済性を考慮した配合方法の確立を目指し地盤改良の効果を検討してきた²⁾。そこで本研究では、土材料とスラグの混合土に短繊維を混合することによるせん断特性の変化について調べるとともに、路盤材、とりわけ下層路盤材、上層路盤材としての有効性を検討するものである。

2. 試料および実験方法

用いた試料は、スラグと粘土である。スラグは秋田市総合環境センターの溶融施設から排出されたもので、粘土については市販の粉末粘土であり物理的性質を表-1に示す。また、使用した短繊維は太さ 28dtex(約 $91\mu\text{m}$)、長さ 76mm の化学繊維である。実施した試験はすべて一軸圧縮試験であって、以下の 6 種類の実験条件に基づいて行った。なお、供試体は所定の条件で突固めた直径 50mm、長さ 100mm である。1) 粘土のみによる圧縮試験。2) 粘土に短繊維を 0.05, 0.1, 0.2% 混合による圧縮試験。3) 粘土に短繊維を 0.05, 0.1, 0.2% 混合させ、普通ポルトランドセメントを添加し、所定の養生期間後の圧縮試験。また、セメントの添加率は 2, 5, 10% とし、これらの添加した粘土に対して養生期間を 7 日に設定した。4) スラグと粘土の混合土による圧縮試験。5) スラグと粘土の混合土に短繊維を 0.05, 0.1, 0.2% 混合による圧縮試験。6) スラグと粘土の混合土に短繊維を 0.05, 0.1, 0.2% 混合させ、普通ポルトランドセメントを添加し、所定の養生期間後の圧縮試験。また、セメントの添加率は 2, 5, 10% とし、これらの混合土に対してそれぞれ養生期間を 7 日に設定した。なお、混合土について粘土とスラグの混合割合はそれぞれ乾燥重量比で 50% とした。また、1)～6) の試験で使用した粘土の含水比はすべて 30% とした。

表-1 試料の物理的性質

	粘土	スラグ
密度	2.72g/cm ³	2.87g/cm ³
液性限界	58.4%	
塑性限界	26.1%	
塑性指数	32.3	
吸水率		0.60%
粒径		2.36～0.15 mm

3. 実験結果および考察

図-1, 2 は、粘土と混合土について、それぞれ短繊維の混合率をパラメータとした応力～ひずみ曲線を示したものである。これらの図から分かるように、材料の違いおよび短繊維の混合率によって強度が異なることが認められる。図-1 において、粘土のみでは軸ひずみ 10% 程度で破壊に達しているが、これに対して短繊維を混合した粘土では軸ひずみが 15% に達しても明確なピークが生じないことが分かる。粘土のみと短繊維混合 0.05% を比較すると短繊維 0.05% の方が 2.5 倍程度強度増加することが分かる。また短繊維 0.05% と 0.20% では、変形挙動は変わらないが短繊維 0.20% の方が 1.3 倍も強度増加する。土材料に短繊維を混合することにより定性的な傾向ではあるが、粘り強さと著しい強度の向上が認められた。図-2 は、混合土について図-1 と同じ条件下で実施したものであり粘土と定性的に同様な傾向を示すが、より明確な強度差が認められる。このように、粘土のみに短繊維の混合によって改良効果を得ることができるが、スラグの有効利用の観点からもスラグを混合することによりかなりの地盤改良の効果が期待できると考えられる。図-3 は、粘土および

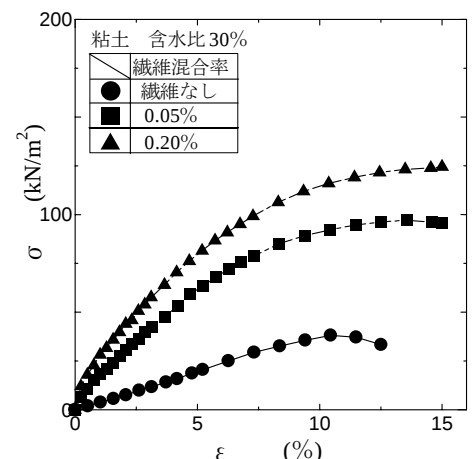


図-1 応力～ひずみ曲線

混合土の一軸強度を基準とした一軸強度比 $qu/(qu)_s$ と短繊維混合率の関係を示したものである。この図から分かるように、短繊維混合率が増加するに伴いこれらの一軸強度比が増大することが認められる。図-4 は、短繊維混合率をパラメータとした混合土の一軸圧縮強度 $(qu)_m$ と粘土の $(qu)_N$ の関係を示したものである。この図から分かるように若干ばらつくが $(qu)_m$ と $(qu)_N$ の間には、ほぼ線形関係が認められた $((qu)_m = 1.46(qu)_N)$ 。図-5 は、粘土および混合土に短繊維を 0.05, 0.1, 0.2% 混合し、それぞれに対しセメント 2, 5, 10% 添加した養生期間 7 日における一軸圧縮強度 qu とセメント添加率の関係を示したものである。粘土および混合土に短繊維を混合した条件下で、セ

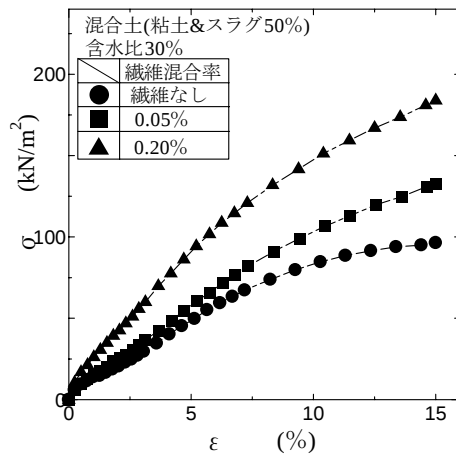


図-2 応力～ひずみ曲線

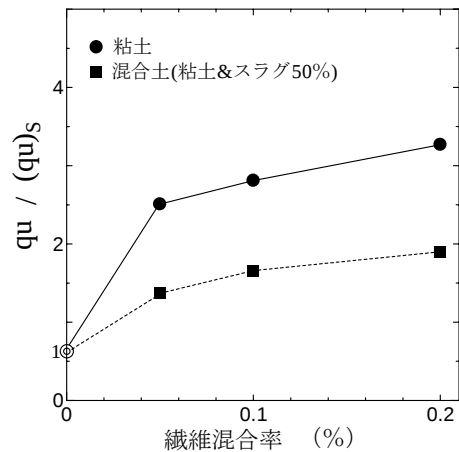


図-3 一軸強度比～繊維混合率

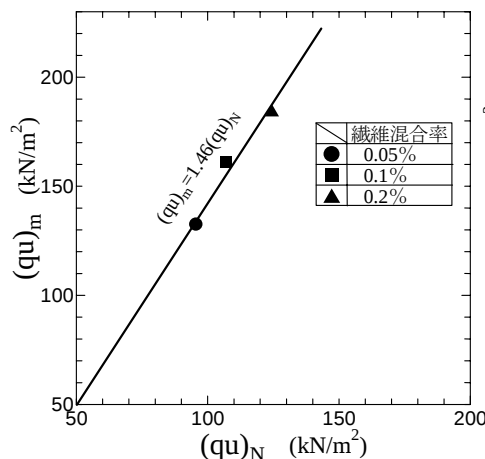


図-4 $(qu)_m \sim (qu)_N$ 関係

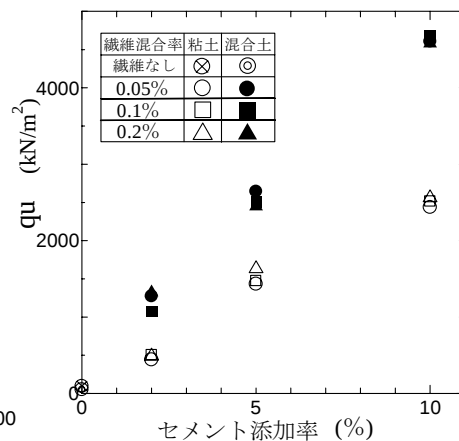


図-5 $qu \sim$ セメント添加率関係

メントの添加量を増やすことによって、強度増加が顕著である。このことは土粒子と短繊維の絡み合いと、骨材に相当するスラグが水和反応し、強固な骨格を形成したものと考えられる。また、同一のセメント添加率の条件下において短繊維混合率の違いによる強度を検討すると、セメント 2% 添加した粘土においては短繊維 0.05% と 0.2% 混合を比較すると 0.2% の方が 10% 程度強度増大し、同様に混合土では 3% 程度増加することが認められた。セメント添加においても短繊維の混合により強度の変化が確認された。粘土および混合土に短繊維とセメントを添加し、要求される下層路盤材の強度 (980kN/m^2) を検討すると、粘土についてはそれぞれの短繊維混合率にセメント 5% 添加程度、混合土についてはセメント 2% 添加程度、さらに上層路盤の強度 (2940kN/m^2) を検討すると、粘土についてはそれぞれの短繊維混合率にセメント 10% 添加以上、混合土についてはセメント 5% 添加程度であれば必要強度を十分確保できることが認められた。表-2 は、スラグ単体およびスラグ混合成型体について、含有量試験および溶出量試験の結果を示したものである。スラグの環境基準には土壌環境基準が援用されており、含有量試験（環告 19 号、1M 塩酸抽出）は直接摂取、溶出量試験（環告 46 号、純水への溶出）は水系汚染を評価対象とするが鉛とカドミウムに関してはいずれも環境基準に合格できることが確認された。

表-2 含有量試験と溶出量試験結果

試料	セメント添加率 単位: %	含有量試験(環告19号) 単位: mg/kg		溶出量試験(環告46号) 単位: mg/L	
		鉛	カドミウム	鉛	カドミウム
スラグ		32.2	0	<0.005	<0.001
混合土 (粘土&スラグ50%)	2	11	<0.1	<0.005	<0.001
	5	21	<0.1	<0.005	<0.001
	10	22	<0.1	<0.005	<0.001
環境基準		150	150	0.01	0.01

<参考文献> 1) 工藤他: 短繊維を混合し安定処理した火山灰質粘性土の強度特性, 土木学会第 61 回年次学術講演会, pp265-266, 2006. 9 2) 花田, 対馬, 肴倉: ごみ溶融スラグによる地盤改良について, 土木学会東北支部技術研究発表会, 2006. 3 3) (社)地盤工学会: 廃棄物と建設発生土の地盤工学的有効利用