

製鋼スラグ混合土とセメント固化処理土に対する短繊維補強効果の比較 ～一軸圧縮試験結果～

五洋建設株式会社 正会員 ○堤 彩人
 五洋建設株式会社 正会員 田中 裕一
 五洋建設株式会社 正会員 山田 耕一

1. はじめに

セメント固化処理土の脆性的な破壊特性を改善する方法として短繊維補強する方法が研究開発されている¹⁾。著者らは、この方法を製鋼スラグ混合土に応用することを検討している²⁾。本論文では、短繊維・製鋼スラグ混合土と短繊維・セメント固化処理土に対して実施した一軸圧縮試験の結果について報告する。

2. 実験に使用した材料

浚渫土は名古屋港で浚渫した海成粘土（土粒子密度 2.63 g/cm^3 、液性限界 101.3% ）で、 4.75 mm ふりいにより貝殻等の雑物を取り除いて使用した。製鋼スラグ（表乾密度 3.00 g/cm^3 ）は最大粒径が 9.5 mm となるよう粒度調整して使用した（写真-1(a)）。また、セメントには、高炉セメント B 種（密度 3.04 g/cm^3 ）を使用した。短繊維の材質はポリエステル（材料密度 1.38 g/cm^3 ）で、直径 $14.8 \mu\text{m}$ 、長さ $20 \pm 5 \text{ mm}$ のものを使用した（写真-1(b)）。

一軸圧縮試験のための供試体は、JGS 0821-2009 に準拠して作成した。すなわち、ミキサーにより混練した短繊維、製鋼スラグ（あるいはセメント）、浚渫土の混合材料を直径 50 mm 、高さ 100 mm のモールドに詰め、水分が蒸発しないよう密封し、 20°C の恒温室内で 7 日間養生した。一軸圧縮試験の試験条件一覧を表-1 に示す。製鋼スラグとセメントの添加量は、短繊維混合体積比 $f=0 \text{ vol}\%$ の混合土の一軸圧縮強さが同程度となるように設定した。また、試験 1 ケースあたりの供試体は 3 本とした。尚、母材の詳細な物理特性や混合土の詳細な配合方法については、文献 2) を参照されたい。

3. 一軸圧縮試験の結果

製鋼スラグ混合土およびセメント固化処理土に対する短繊維の脆性改善効果を評価するために実施した一軸圧縮試験（JIS A 1216: 2009）の結果を図-1, 2 に示す。図は、各ケースにおける代表的な 1 供試体の圧縮応力 σ と圧縮ひずみ ϵ の関係である。短繊維・セメント固化処理土の試験結果では、短繊維混合体積比 f が大きくなると、ポストピーク領域において、ひずみ軟化の程度が軽減され、残留強度が増加する傾向が確認される（図-1）。これに対し、短繊維・製鋼スラグ混合土の場合には、 f が大きくなると、圧縮ひずみ ϵ の増加に伴い圧縮応力 σ も増加する「ひずみ硬化性」を示す（図-2）ことが特徴的である。

図-3 に一軸圧縮試験中の短繊維・製鋼スラグ混合土の変形過程を示す。短繊維による補強効果は、供試体の観察結果にも顕著に表われていることが確認できる。

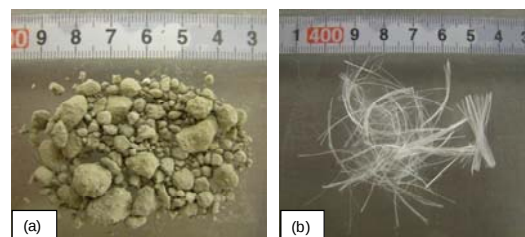


写真-1 実験に使用した(a)製鋼スラグおよび(b)短繊維

表-1 一軸圧縮試験の試験条件

Case No.	浚渫土 含水比 (%)	固化材 添加量	短繊維 体積比 f (vol%)	材 齢 (day)
UCT_S30-f0.0	160	製鋼スラグ 30 vol%	0.0	7
UCT_S30-f0.1			0.1	
UCT_S30-f0.2			0.2	
UCT_S30-f0.3			0.3	
UCT_S30-f0.4			0.4	
UCT_S30-f0.5			0.5	
UCT_S30-f1.0		セメント 55 kg/cm^3	1.0	
UCT_C55-f0.0			0.0	
UCT_C55-f0.1			0.1	
UCT_C55-f0.3			0.3	
UCT_C55-f0.5			0.5	

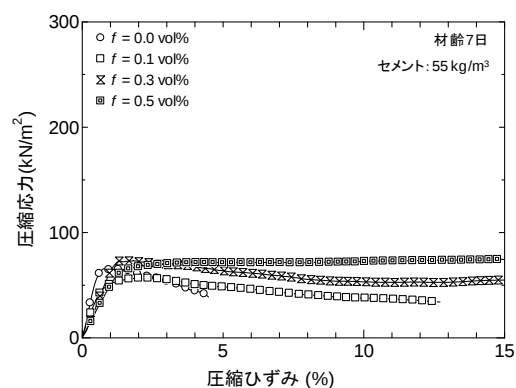


図-1 短繊維・セメント固化処理土の一軸圧縮試験結果

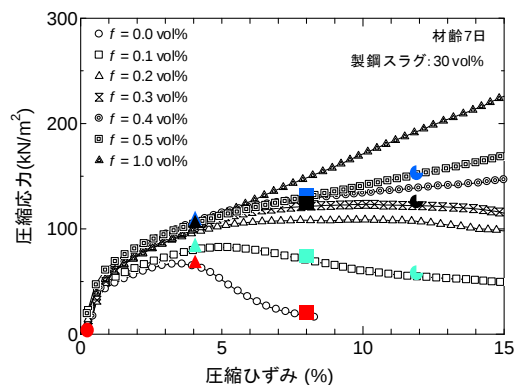


図-2 短繊維・製鋼スラグ混合土の一軸圧縮試験結果

キーワード：短繊維，製鋼スラグ混合土，セメント固化処理土，脆性破壊

連絡先：〒320-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設株式会社 技術研究所 TEL0287-39-2116

4. 脆性改善効果の評価方法

ここでは、短繊維による混合土の脆性改善効果の評価方法について検討する。図-3の $\varepsilon=4\%$ 時点の供試体の様子に着目してみると、短繊維の混合体積比に依らず、全ての供試体に微小なクラックが生じていることが確認できる。一方、図-2の $\sigma-\varepsilon$ 関係を見てみると、 $\varepsilon=4\%$ は製鋼スラグ混合土($f=0$ vol%)の破壊ひずみ付近であることに気づく。このことから、固結力による骨格構造は、短繊維の混合体積比に依らず、比較的小さなひずみレベルで降伏し、降伏時のひずみレベルは製鋼スラグ混合土($f=0$ vol%)の破壊ひずみと同程度であることが推察される。

短繊維の効果は、骨格構造の降伏後に発揮されるものと仮定し、本研究における脆性改善効果の指標として残留強度比 R_{res} を定義する(図-4)。比較的小さなひずみレベル $\varepsilon=4\%$ 以下で発揮される σ の最大値を骨格強度 q_{matrix} 、 $\varepsilon=15\%$ で発揮される σ を残留強度 $q_{residual}$ と考え、これらの比により R_{res} を定義する。3供試体の平均値により計算した R_{res} と f の関係を図-5に示す。図より、任意の f における R_{res} の値は、短繊維・製鋼スラグ混合土の方が大きく、固化材として製鋼スラグを用いることで混合土の脆性改善効果が向上することがわかる。

短繊維・セメント固化処理土の場合、短繊維～固化処理土間の引き抜き抵抗により脆性が改善されると考えられている¹⁾。短繊維・製鋼スラグ混合土も同様のメカニズムで脆性が改善されるものと思われるが、セメント固化処理土とは骨格構造の材料構成が決定的に異なる。短繊維・製鋼スラグ混合土の骨格構造内には骨材(製鋼スラグ)が混合されており、骨材が短繊維～骨格構造間の引き抜き抵抗にポジティブに作用した結果、高い脆性改善効果が発揮されたものと考えられる。

5. まとめ

製鋼スラグ混合土およびセメント固化処理土に対する短繊維の脆性改善効果を実験的に検討した。脆性改善効果は一軸圧縮試験で得られた $\sigma-\varepsilon$ 関係における残留強度比で評価した。固化材として製鋼スラグを用いることで、セメントを用いるよりも高い脆性改善効果が確認された。これは製鋼スラグ混合土の骨格構造内には骨材が混合されており、骨材(製鋼スラグ)が繊維の引張補強効果にポジティブに作用するためと考えられる。脆性改善メカニズムの解明には、X線CT装置により供試体内部構造を観察する方法(例えば、菊池ら³⁾)が有望と思われる、今後の課題の一つと考えている。

参考文献

- 1) 小竹望, 平田昌史, 赤井智幸, 馬淵伸明, 西村正樹, 山本正人, 石川雅英, 嘉門雅史: 線状高分子混合による土質系遮水材料の強度変形特性と透水性, ジオシンセティックス論文集, 第20巻, pp.193-198, 2005.
- 2) 堤彩人, 田中裕一, 山田耕一: 短繊維・製鋼スラグ混合土の土質遮水材としての適用性の検討, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol. 72, 2016(投稿中)。
- 3) 菊池喜昭, 永留健, 御手洗義夫: ゴムチップ混合固化処理土の破壊メカニズムとせん断時の透水性の変化, 地盤工学ジャーナル, Vol. 1, No. 2, pp.19-32, 2006.

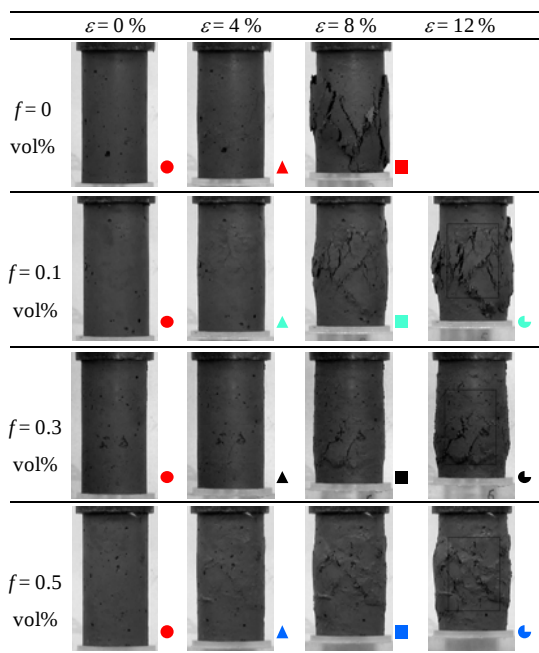


図-3 短繊維・製鋼スラグ混合土の一軸圧縮変形の様子

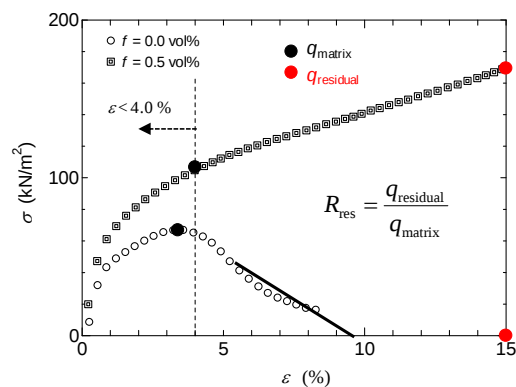


図-4 残留強度比の定義

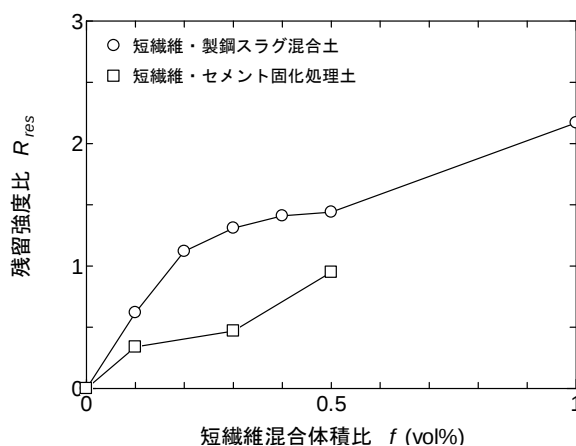


図-5 残留強度比と短繊維混合体積比の関係