

岩ズリとごみ溶融スラグの混合による新たな地盤材料について

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

秋田県男鹿市では岩石の採掘に伴って岩石のダスト、いわゆる岩ズリが副産物として同時に産出される。岩石は道路用砕石等に使用されているが、岩ズリにおいては一部に風化が進み、建設資材の用途には皆無であり処分場に堆積されているのが現状である。本研究では岩ズリの有効利用を図るため、岩ズリと秋田市のごみ溶融施設から排出されるごみ溶融スラグを混合して、新たな地盤材料としての活用と強度の向上を図るとともに、この混合材料の経済性を考慮した有効利用についても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、岩ズリとスラグである。岩ズリは秋田県男鹿市から産出されたもので、物理的性質を表-1に示す。スラグについては秋田市総合環境センターのごみ溶融施設から排出されたものである(表-2)。岩ズリはスラグとの結合向上の観点から粉碎し粒径調整した。また、スラグは二酸化ケイ素を含有していることから、微粉碎によって潜在水硬性が期待できるため混合材料となるスラグの粒径は $250\mu\text{m}$ とした。実施した試験はすべて一軸圧縮試験であって、以下の3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き固めた直径50mm、長さ100mmである。1) 岩ズリのみによる圧縮試験。2) 岩ズリとスラグの混合土による圧縮試験。岩ズリとスラグの混合割合はそれぞれ乾燥重量比で25, 50, 75%とした。3) 岩ズリとスラグの混合土にセメントを添加し、所定の養生期間後の圧縮試験。岩ズリとスラグの混合割合はそれぞれ乾燥重量比で25, 50, 75%とした。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1, 3, 7, 28, 90日に設定した。なお、1)~3)の試験で使用した材料の含水比は最適含水比により12%とした。

表-1 岩ズリの物理的性質

密度(g/cm^3)	吸水率(%)	粒径(mm)
2.81	1.43	5.00以下

表-2 スラグの物理的性質

密度(g/cm^3)	吸水率(%)	粒径(mm)
2.87	0.60	2.36~0.15

3. 実験結果および考察

図-1, 2は微粉碎した岩ズリおよび混合土について、セメント2, 5%添加し、さらに養生期間1, 7, 28日毎に岩ズリの一軸圧縮強度(qu)_Rを基準とした一軸強度比 $qu/(qu)_R$ と混合土のスラグ混合割合の関係を示したものである(以下、スラグ25, 50, 75%の混合土を混合土25, 50, 75%と呼称する)。図-1から分かるように、混合土のスラグ混合割合が増加するに伴って、一軸強度比が増大することが認められる。混合土75%においては養生期間によって一軸強度比の増加割合が顕著である。これは岩ズリとスラグがセメント添加によって結合し、また微粉碎したスラグの潜在水硬性が複合的に発揮され骨格形成されたものと考えられる。図-2は、図-1と同じ条件下でセメント5%添加したものであり、セメント2%添加と同様の傾向を示し、一軸強度比の増加割合はセメント添加2%添加に比べてかなり顕著である。このように岩ズリの有効利用の観点から微粉碎した岩ズリとスラグを混合し、セメント添加によって地盤材料として強度の向上を得ることが確認された。図-3は、混

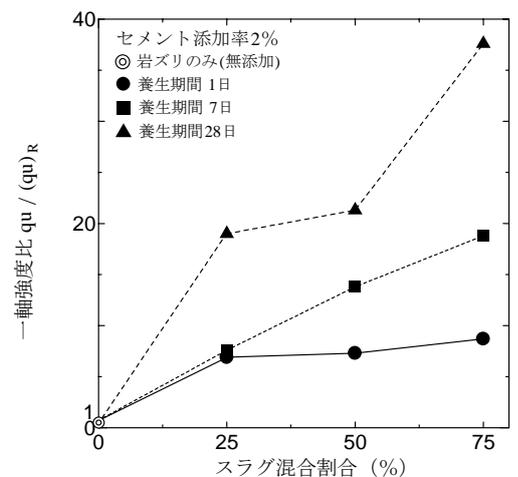


図-1 一軸強度比~スラグ混合割合

合土 75% にセメント 5, 10%, 同様な混合土に消石灰¹⁾ 5, 10% 添加した一軸圧縮強さ q_u と養生期間 3, 7, 28, 90 日の強度の推移を示したものである。この図から分かるように、いずれも養生期間の増加に伴って強度が増大する傾向を示す。養生期間 7 日において、添加したセメントと消石灰¹⁾ について同量の添加率 5% で強度比較するとセメント添加した混合土は消石灰添加¹⁾ に比べ 8 倍程度、同様に添加率 10% では、6 倍程度の強度差が認められる。また、セメント添加 5% および消石灰添加¹⁾ 10% の養生期間毎に強度比較から養生期間 7 日では強度の相違が

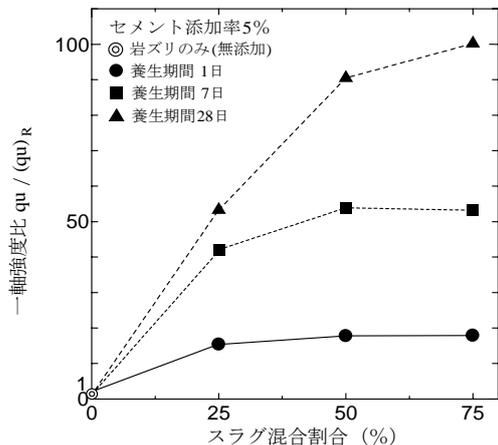


図-2 一軸強度比～スラグ混合割合

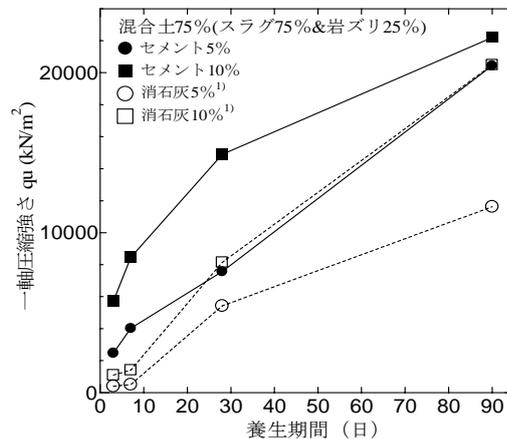


図-3 q_u ～養生期間関係

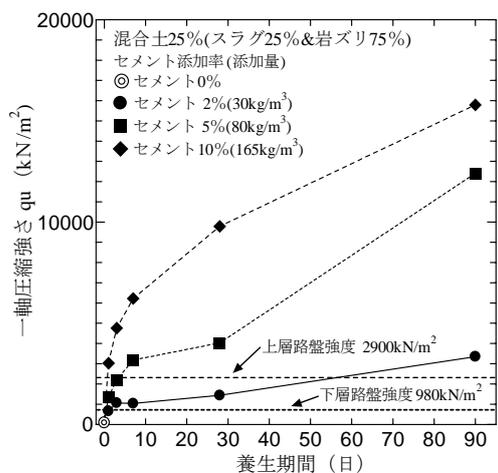


図-4 q_u ～養生期間関係

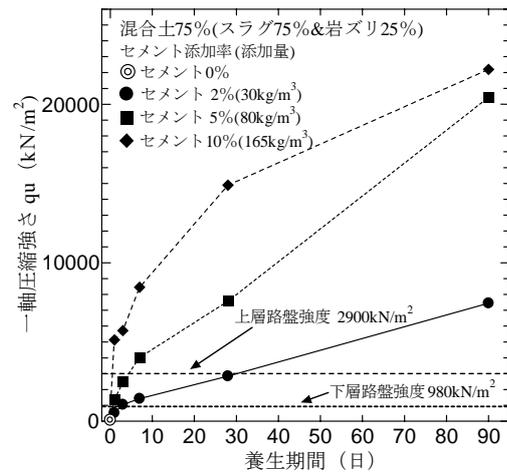


図-5 q_u ～養生期間関係

認められるが長期養生期間 28 日以降はさほど強度差は認められないようである。図-4, 5 は混合土 25, 75% に対してそれぞれセメント 2, 5, 10% 添加した一軸圧縮強さ q_u と養生期間の関係を示したものである。図-4 から分かるように、混合土 25% にセメント添加率を増すことにより強度増加が顕著であり、長期にわたり改良効果が継続することが認められる。

また、養生期間が長期ほどセメント添加率 2% に比べて添加率 5, 10% の方が顕著な増大する傾向が認められる。要求される下層路盤材の強度 (980kN/m^2) を検討すると、混合土 25% にセメント 2% 添加し養生期間 3 日程度、さらに上層路盤材の強度 (2900kN/m^2) を検討すると、セメント 5% 添加し養生期間 7 日程度で必要強度が認められた。図-5 に示した混合土 75% では混合土 25% と同様な傾向を示し、図-4 と同様、下層路盤材の強度 (980kN/m^2) を検討すると、セメント 2% 添加し養生期間 3 日程度、さらに上層路盤材の強度 (2900kN/m^2) を検討すると、セメント 5% 添加し、養生期間 3 日程度でいずれも必要強度を十分に確保できることが認められた。表-3 に環境評価として微粉碎前のスラグ単体と、微粉碎した混合材料の含有量試験および溶出量試験の結果を示す。スラグ含有の重金属など特定有害物質については土壌環境基準が適用されており、含有量試験 (環告 19 号, 1M 塩酸抽出) は直接摂取のリスク判定, 溶出量試験 (環告 46 号, 純水への溶出) は土壌や水系汚染を評価対象とするが、鉛とカドミウムおよび六価クロムについては環境基準に合格できることが確認された。

表-3 環境試験結果

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	六価クロム
スラグ		17.0	<0.1	<0.005	<0.001	
混合土25% (スラグ25%&岩ズリ75%)	10	13.0	<0.1	<0.005	<0.001	<0.005
混合土50% (スラグ50%&岩ズリ50%)	10	17.0	<0.1	<0.005	<0.001	0.036
混合土75% (スラグ75%&岩ズリ25%)	10	16.0	<0.1	<0.005	<0.001	<0.005
環境基準		150	150	0.01	0.01	0.05

<参考文献> 1) 花田, 対馬: 岩ズリとごみ熔融スラグの混合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, 2008. 3 2) (社)セメント協会: セメント系固化材による地盤改良マニュアル