

# 岩ズリ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

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。岩石は道路の上層路盤材やコンクリート骨材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、岩ズリと秋田市の溶融施設から排出されるごみ溶融スラグを混合し、地盤材料としての強度特性を調べるとともに、この材料の経済的な有効利用の可能性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砕し粒径調整した。また、スラグは二酸化ケイ素を含有していることから、微粉砕によって潜在水硬性が期待できるため混合材料とするスラグの粒径は250 $\mu$ 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消石灰を添加し、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、消石灰の添加率は5, 10, 15%とし、これらの混合土に対してそれぞれ養生期間を3, 7, 10, 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 <sup>3</sup> )	吸水率(%)	粒径(mm)
2.81	1.43	9.52以下

表-2 スラグの物理的性質

密度(g/cm <sup>3</sup> )	吸水率(%)	粒径(mm)
2.87	0.60	2.36以下

## 3. 実験結果および考察

図-1, 2は微粉砕した岩ズリおよび混合土について、消石灰5, 10%添加し、養生期間3, 10, 28日毎に岩ズリの一軸圧縮強度( $qu$ )<sub>R</sub>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消石灰と水和反応により結合し、また消石灰と微粉砕したスラグのアルカリ刺激作用により潜在水硬性が発揮され骨格形成されたものと考えられる。図-2は、図-1と同じ条件下で消石灰10%添加したものであり、養生期間によって若干ばらつきが消石灰5%添加と同様の傾向を示し、一軸強度比の増加割合は消石灰5%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砕した岩ズリとスラグを混合し、消石灰添加によって地盤材料として強度の向上を得ることが認められた。図-3は混合土25%に消石灰5%添加し、養生期間3日の一軸圧縮強度を基準とした各混合土の養生期間28日における

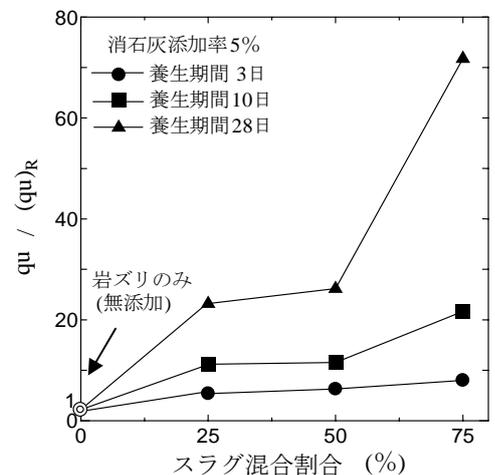


図-1 一軸強度比~スラグ混合割合

一軸圧縮強度  $q_u$  と消石灰添加率の関係を示したものである。この図から分かるように、スラッグの混合割合が大きいほど、また同じ混合割合でも消石灰の添加率や養生期間が増すほど強度の増大することが認められる。図-4, 5 は混合土 25, 75% に対してそれぞれ消石灰 5, 10, 15% 添加した一軸圧縮強度  $q_u$  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% に消石灰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、消石灰添加率 10, 15% においては養生期間によって一軸圧縮強度がさほど変わらないことが分かる。要求される下層路盤材の強度 ( $700\text{kN/m}^2$ ) を検討すると、混合土 25% に消石灰 5% 添加し養生期間 7 日程度、さらに上層路盤の強度 ( $980\text{kN/m}^2$ ) を検討すると、消石灰 10% 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% と同様な傾向を示すが、養生期間が長期ほど消石灰添加率 5% に比べて添加率 10, 15% の方がかなり増大する傾向が認められる。図-4 と同様、下層路盤材の強度 ( $700\text{kN/m}^2$ ) を検討すると、消石灰 5% 添加し養生期間 7 日以上、さらに上層路盤材の強度 ( $980\text{kN/m}^2$ ) を検討すると、消石灰 5% 添加し、養生期間 10 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ッグ単体と、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。スラッ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) は直接摂食のリスク判定, 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、鉛とカドミウムについては環境基準に合格できることが確認された。

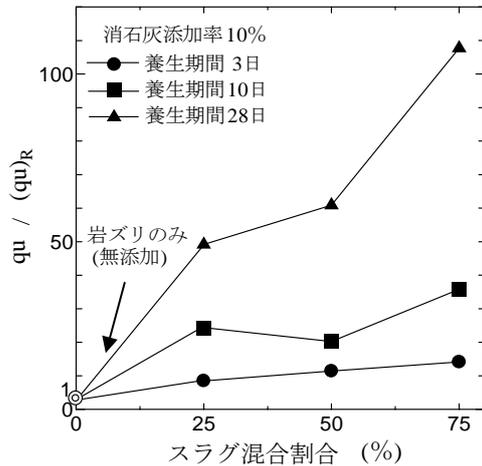


図-2 一軸強度比～スラッグ混合割合

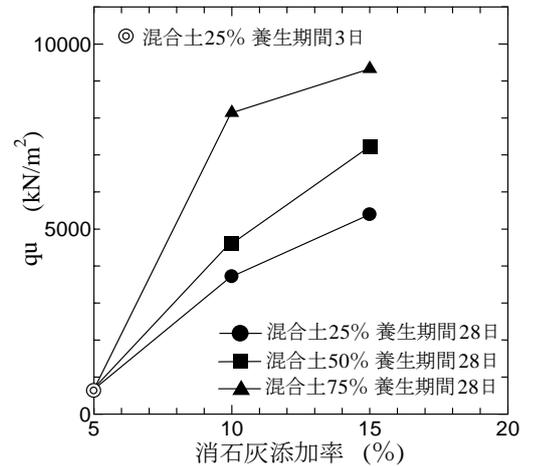


図-3  $q_u$ ～消石灰添加率

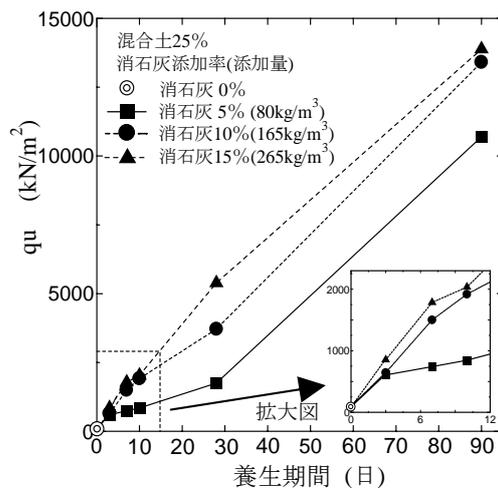


図-4  $q_u$ ～養生期間

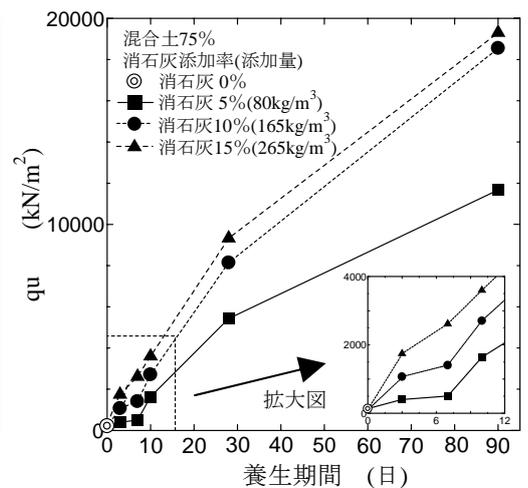


図-5  $q_u$ ～養生期間

表-3 含有量試験と溶出量試験結果

試料	消石灰添加率 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
スラッグ		17	<0.1	<0.005	<0.001
混合土25% (岩ズリ&スラッグ25%)	15	6.5	<0.1	<0.005	<0.001
混合土50% (岩ズリ&スラッグ50%)	15	7.2	<0.1	<0.005	<0.001
混合土75% (岩ズリ&スラッグ75%)	15	7.5	<0.1	<0.005	<0.001
環境基準		150	150	0.01	0.01

<参考文献> 1) 花田, 対馬, 肴倉: ゴミ熔融スラッ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 2) 日刊工業新聞社: 特許よりみた石灰安定処理工法 3) (社)セメント協会: セメント系固化剤による地盤改良マニュアル 4) 技報堂出版: 建設技術者のためのセメントコンクリート化学