凍結融解繰返し作用を受けたリサイクル材料の強度特性について

秋田高専　正会員　○花田 智秋
秋田高専　正会員　　大友 渉平
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,新たなリサイクル地盤材料としての活用と積雪寒冷地域を想定した耐久性を調べるとともに，このリサイクル材料の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あり,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ある。表-1,2 はそれぞれの試料の物理的性質である。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，粉砕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 250μm 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,所定の養生期間を経て,凍結融解繰返し試験実施後の圧縮試験。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。凍結融解繰返し試験は,温度－23℃以下の環境試験機内で 24 時間凍結を行い,継続して温度 21℃,相対湿度 100%の条件下で 23 時間融解を 1 サイクルとした,12 サイクルの繰返し条件で実施した。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るものとした。

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 は粉砕した岩ズリおよび混合土について，消石灰 5,15%添加し,さらに養生期間 3,7,28 日毎に凍結融解繰返し後の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消石灰添加によって結合し，また粉砕したスラグの潜在水硬性が発揮され強度ある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 15%添加したものであり，消石灰 5%添加と同様の傾向

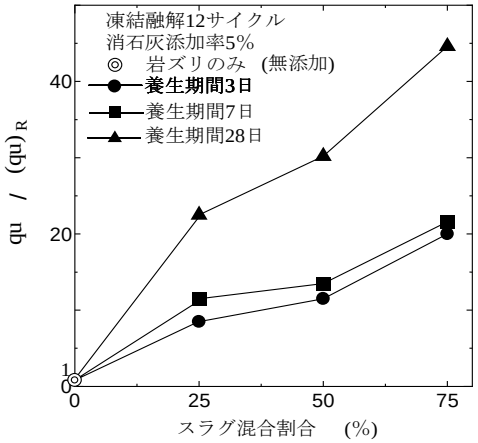

図-1 一軸強度比～スラグ混合割合

キーワード　岩ズリ　ごみ溶融スラグ　消石灰　凍結融解繰返し　路盤材
連絡先　秋田市飯島文京町 1-1　018-847-6078

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確認された。図-3 は,消石灰添加率をパラメータとした混合土 25%の凍結融解繰返し後の一軸圧縮強度 qu と長期養生期間が強度に及ぼす影響を検討したものである。混合土 25%に消石灰添加を増すことにより強度増加が顕著であり,全ての条件下において初期の強度発現が大きく,長期にわたり改良効果が継続することが認められた。このリサイクル材料を路盤材として活用するため要求される強度を検討すると,混合土25%に消石灰5%添加し,養生期間3日で下層路盤材の強度(700kN/m²),さらに同じ条件下での養生期間 7 日程度で,上層路盤材の強度(980kN/m²)が凍結融解繰返し後においても十分に確保できることが認められた。図-4 は,混合土 25%に消石灰 5,10%添加し,凍結融解繰返し後の一軸圧縮強さ qu と養生期間の関係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 10 日における凍結融解繰返しと凍結融解なし[1)]の一軸圧縮強さ qu について,消石灰 5%および 10%添加で強度比較すると凍結融解繰返しを受けた混合土は凍結融解なし[1)]に比べ,いずれも 1.5 倍程度の強度差が認められた。これは,凍結融解による混合材料の粒子破砕が生じなかったことを示しており,またスラグを微粉砕したことによって生じる潜在水硬性による粒子間の結合力の増加や,消石灰添加による水和反応の影響から強度低下に至らなかったものと考えられる。図-5 は,消石灰添加率をパラメータとした混合土 75%の凍結融解繰返し後の一軸圧縮強さ qu と養生期間の関係を示したものである。図-3 と比較すると,養生期間 10 日までスラグ混合割合の増加に伴って明確な強度増大が認められる。要求される路盤材強度を検討すると,混合土 75%に消石灰 5%添加し,養生期間 3 日で下層および上層路盤材の強度を確保できることが認められた。このように,消石灰添加によってスラグ混合割合が多いほど,凍結融解繰返し作用を受けた場合でも路盤材料として十分に適用できるものであると考えられる。環境評価として,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，スラグ単体および粉砕した混合材料から,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。

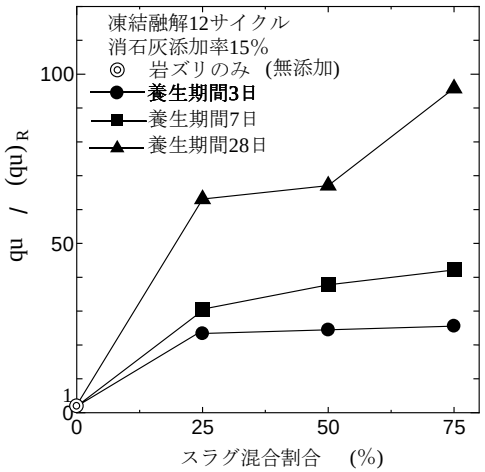

図-2 一軸強度比～スラグ混合割合

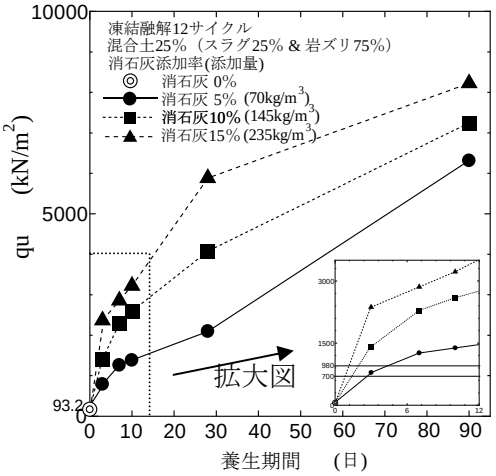

図-3 qu～養生期間関係

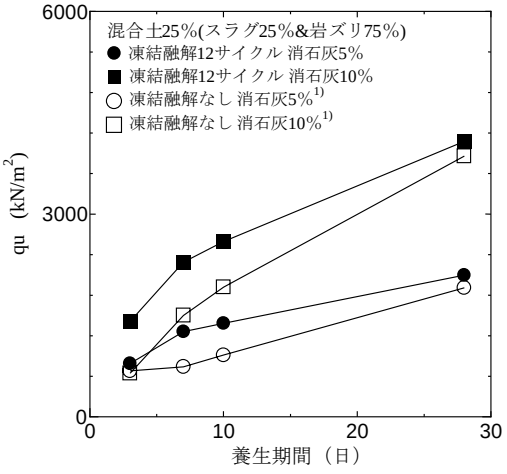

図-4 qu～養生期間関係

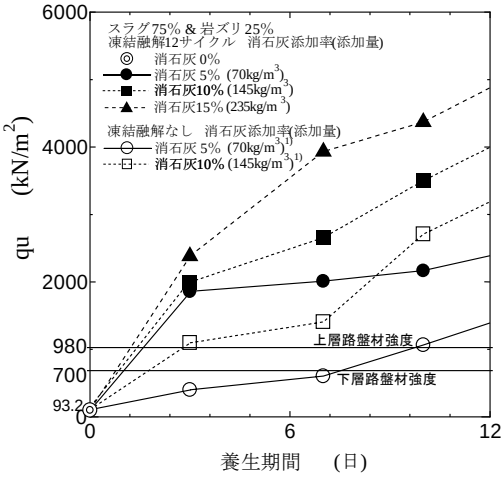

図-5 qu～養生期間関係

〈参考文献〉 1) 花田,対馬: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,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