

秋田県産天然ゼオライトとごみ溶融スラグの混合による新たな地盤材料

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

秋田県能代市二ツ井町では粘土鉱物である天然ゼオライトが米代川流域などを中心として多く産出される。この天然ゼオライトは高品質であることから県外に搬出され、土壌改良材や公害防止材など二次製品として使用されているが、地場産業の活性化に向けた使用は不十分でありさらなる付加価値を高める必要がある。本研究では秋田県産天然ゼオライトの有効利用を図るため、ゼオライト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、地盤材料としての強度特性を調べるとともに、この材料の有効利用の可能性についても検討する。

2. 試料および実験方法

用いた試料はゼオライトとスラグである。ゼオライトは秋田県能代市二ツ井町から産出された天然ゼオライトであり、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。また、スラグに含まれる重金属類の溶出試験と含有量試験結果はいずれも土壌環境基準を満たしている¹⁾。

表-1, 2 はそれぞれの試料の物理的および化学的組成である。ゼオライトはスラグとの結合向上の観点から粉砕し粒径 $250\mu\text{m}$ とした。また、スラグは微粉砕することによって潜在水硬性が期待できるため混合材料となるその粒径は $250\mu\text{m}$ として粒径調整した。

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締固めた直径 50mm 、高さ 100mm である。1)ゼオライトのみによる圧縮試験。2)ゼオライトとスラグの混合土のみによる圧縮試験。ゼオライト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)ゼオライトとスラグの混合土に安定材として消石灰を添加し、所定の養生期間後の圧縮試験。ゼオライト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養生期間を 3, 7, 10, 28, 90 日に設定した。なお、1)～3)の試験材料の含水比はそれぞれの最適含水比によるものとした。

3. 実験結果および考察

図-1, 2 は微粉砕したゼオライト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 日毎にゼオライトの一軸圧縮強度 $(qu)_z$ を基準とした一軸強度比 $qu/(qu)_z$ 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減少することが認められる。混合土 25%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。また、養生期間 3 日における混合土 25%, 75%を比較すると混合土 25%の方が 4 倍程度の強度差が認められる。これはゼオライトの吸着保水特性によってゼオライトの混合割合が増大するほど消石灰添加による硬化作用が促進され、また微粉砕したスラグがアルカリ刺激反応の影響から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%添加と同様の傾向を示し一軸強度比の増加割合は

表-1 試料の物理的性質

試料	密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	粒径 (mm)
ゼオライト	2.19	—	3.00 以下
スラグ	2.87	0.60	2.36～0.15

表-2 試料の化学的組成

試料	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe
ゼオライト	69.4	11.0	1.31	0.92
スラグ	35.9	14.1	39.2	0.19

キーワード ゼオライト ごみ溶融スラグ 消石灰 地盤材料 路盤材

連絡先 秋田市飯島文京町 1-1 018-847-6078

消石灰 5%添加に比べて顕著である。このようにゼオライトの新たな有効利用の観点から微粉碎したゼオライトとスラグを混合し、安定材の消石灰添加によって地盤材料として強度向上を得ることが認められた。図-3は消石灰 5, 10, 15%添加した各混合土の一軸圧縮強度をパラメータとした各混合土の養生期間 10 日の $(qu)_{10}$ と養生期間 3 日の $(qu)_3$ 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 $(qu)_{10}$ と $(qu)_3$ の間には混合土の割合に関わらずほぼ線形関係が認められた。図-4, 5 は混合土 25, 75%に対してそれぞれ

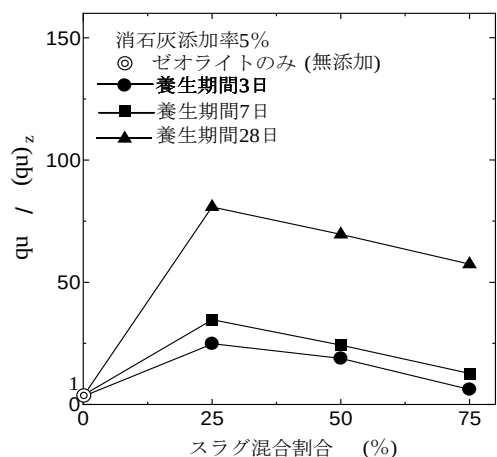


図-1 一軸強度比～スラグ混合割合

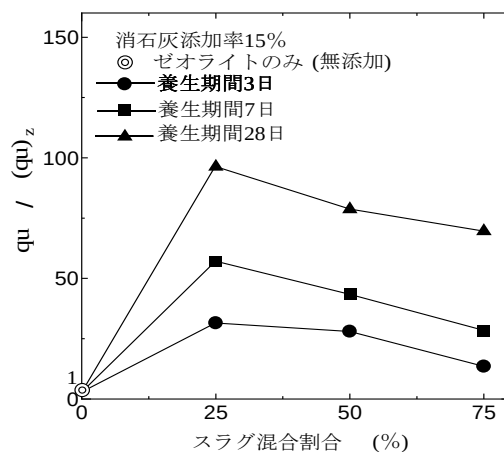


図-2 一軸強度比～スラグ混合割合

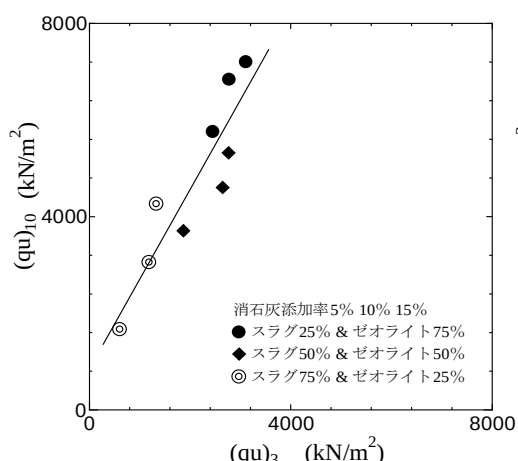


図-3 $(qu)_{10} \sim (qu)_3$ 関係

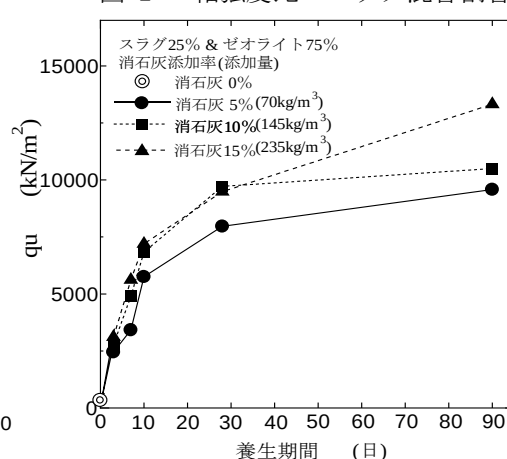


図-4 $qu \sim$ 養生期間関係

消石灰 5, 10, 15%添加した一軸圧縮強さ qu と養生期間の関係を示したものである。図-4 から分かるように、混合土 25%に消石灰添加を増大するほど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る。また、養生期間が長期ほど消石灰添加率 5, 10%に比べて添加率 15%の方が顕著な増大する傾向が認められる。養生期間 28 日以降において、消石灰添加に関わらず緩やかに強度は増大するものの消石灰 5, 10%添加については大きな強度増大は認められない。これは水和反応が減速し最終強度に達するものと推測される。また要求される路盤材の強度を検討すると、混合土 25%に消石灰 5%添加し養生期間 3 日程度で下層路盤材の強度 (700kN/m^2)、さらに上層路盤材の強度 (980kN/m^2) を確保できることが認められた。図-5 の混合土 75%では混合土 25%と同様な傾向が認められ、さらに下層路盤材の強度 (700kN/m^2) を検討すると、消石灰 5%添加し養生期間 3 日程度、さらに上層路盤材の強度 (980kN/m^2) を検討すると、消石灰 10%添加し、養生期間 3 日程度、または経済性の観点から消石灰 5%添加し、養生期間 7 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。今後の課題として、寒冷地などで地盤材料としての適用性を検討するためには長期の凍結融解試験を実施する必要があると考えられる。

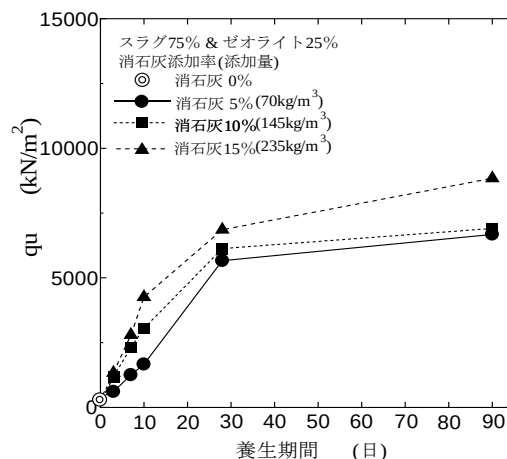


図-5 $qu \sim$ 養生期間関係

〈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新たな地盤材料について, 土木学会東北支部技術研究発表会, 2010. 3 2) (社) 日本道路協会: 舗装調査・試験法便覧 3) (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