

混和材として火山灰等を用いた地盤改良配合試験に関する実験的研究

地盤改良 混和材 リサイクル材

中部大学
ベターリビング国際会員 ○余川 弘至
非会員 菅谷 勝一 井上 宏一
關俊力 山形 雄太 江島 ありさ

1.背景

近年、環境への持続可能なアプローチが社会的に強調され、地盤改良技術もその一環として重要視されている。伝統的な地盤改良方法や建設プロセスは、大量の資材やエネルギーを必要とし、これが環境に対する負荷となることがある。環境への影響を低減するために、混和材として火山灰、フライアッシュ、粉碎した廃タイル(以下、廃タイル)を用い、地盤改良の効果について検討を行った。一般的に混和材は、コンクリートなどの構造材料に添加され、強度や耐久性の向上、軽量化、熱伝導率の変更、膨張・収縮の抑制、作業性の向上などの役割を果たすことが知られている¹⁾。本研究では、これらの混和材を添加することによりコンクリートと同様の地盤改良効果が得られることを期待し、改良元の地盤材料(以下、母材)、混和材の配合比や種類を変えた種々の条件で一軸圧縮試験を実施した。

2.研究方法

母材には、海砂($\rho=2.720\text{g/cm}^3$)とシラス($\rho=2.514\text{g/cm}^3$)を用いた。本研究で用いた海砂は、木田組生コン有限公司から提供していただいた鹿児島県種子島沖合で採取し水洗いされた粒径調整砂である。一方シラスは、第一工業大学(現、第一工科大学：鹿児島県霧島市国分)の敷地内斜面から崩落し自然堆積したものを著者らが採取した風化凝灰質岩であり、粒度調整を行っていないため比較的粒径幅が広い砂質土系の材料である。混和材としては、火山灰($\rho=2.724\text{g/cm}^3$)、フライアッシュ($\rho=2.258\text{g/cm}^3$)、廃タイル($\rho=2.460\text{g/cm}^3$)を用いた。それぞれの混和材の一般的な特徴を表1に示す。なお火山灰およびフライアッシュについては、粒度調整等を行わず利用し、廃タイルについては、粉碎機で十分粉碎した後 $250\mu\text{m}$ のふるいを通過したもののみを利用した。

表1 火山灰、フライアッシュ、粉碎した廃タイルの特徴

特徴	火山灰	フライアッシュ	粉碎した廃タイル(II類)
形成プロセス	火山活動	石炭等の燃焼時	粘土等を焼結し、再度粉碎
主成分	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ 他	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ 他	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ 他
ボゾラン反応	あり	あり	一部あり
環境への貢献	天然発生した廃棄物の有効活用	再生可能資源の有効活用、廃棄物削減	建設廃材の再利用
入手方法・備考	鹿児島産 自然堆積灰 垂水市廃校中学校等の屋上で採取	コンクリート用フライアッシュ(JIS A6201 : 2015)におけるフライアッシュ II種の規定に適合するフライアッシュ	国代耐火工業所製 多治見工場より採取・粉碎

試料として、母材(海砂、シラス)、母材に対して 1m^3 あたり 400kg の添加量となるようにセメント(太平洋セメント社製:高炉セメントB種)と混和材を準備した。セメントと混和材の質量比は $1.0:0.2$, $1.0:0.5$, $1.0:1.0$ の3条件で実施した。加水用の水として、母材の初期含水比が20%かつ水セメント比が60%となるような水道水を準備した。それぞれの配合については、表2および表3に示す。供試体の作製方法は、水道水以外の材料を攪拌用ボールに入れ、2分間のから練りを行った後、水道水を加えさらに2分間攪拌した。攪拌後、供試体の強度や密度にばらつきが出ないように。試料を混ぜながら、3回に分けてタッピング法によりモールド(内径 $\phi=50\text{mm}$, 高さ $h=100\text{mm}$)に投入した。供試体作製後は、モールドの上をサランラップで密封し、湿度95%以上、温度 $20\pm3^\circ\text{C}$ の状態で試験日まで養生した。 N 数は6とし、材齢は7日、28日、91日、182日、364日の5期間分を用意した。本論文ではこのうち91日の結果について報告する。

一軸圧縮試験は、マルイ社製「土の万能試験機 200kN」を用い、JIS A1216: 2020に準拠し実施した。試験方法に従い、供試体の直径、高さ、質量、含水比、一軸圧縮強度(以下、強度)等を求めたが紙面の都合上、強度のみで整理する。

表2 海砂($\rho=1.80\text{g/cm}^3$ を仮定)の 1m^3 あたりの配合質量

混和材比 (%)	海砂($w=20\%$) (kg/m ³)	混和材 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	水量 (kg/m ³)
0	1,800	0	400	240
20	1,800	67	333	240
50	1,800	133	267	240
100	1,800	200	200	240

表3 シラス($\rho=1.35\text{g/cm}^3$ を仮定)の 1m^3 あたりの配合質量

混和材比 (%)	シラス($w=20\%$) (kg/m ³)	混和材 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	水量 (kg/m ³)
0	1,350	0	400	240
20	1,350	67	333	240
50	1,350	133	267	240
100	1,350	200	200	240

Experimental Study on Ground Improvement Formulations Using Volcanic Ash and Other Blending Materials

YOKAWA, Hiroshi (Chubu University)

SUGAYA, Kenichi INOUE, Hirokazu SEKI, Toshikatsu

YAMAGATA, Yuta EJIMA Arisa (Center for Better Living TBTL)

3. 試験結果

図1に母材海砂、混和材に火山灰、フライアッシュ、廃タイルを用いた場合の91日後の強度(上バー:最大値、下バー:最小値、丸:平均値)を示し、図2に母材シラス、混和材に粒径加積曲線を図3に示す。

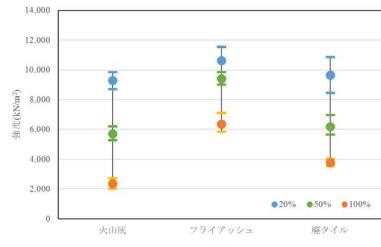


図1 海砂の強度

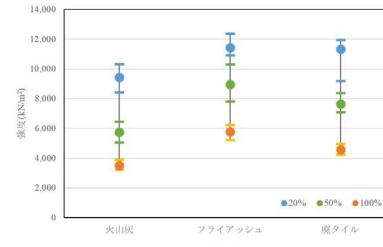


図2 シラスの強度

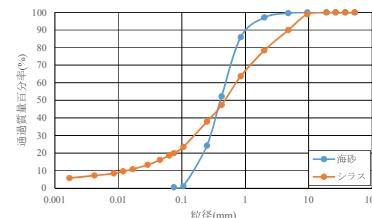


図3 母材の粒度分布

図1、図2を比較すると、混和材の添加量を増やすほど強度が低下していることがわかる。これは混和材を多く入れるほどセメント量が少なくなり、セメントに対しての相対水分量が増加するためであると考えられる。

混和材の種類が同一の条件で、母材の違いによる強度の比較をすると、改良された海砂よりも改良されたシラスの方が高くなる傾向にある。改良されたシラスの強度が高くなる要因として、配合時の設定により水セメント比を60%，初期含水比を20%と固定しているため、湿潤密度の高い海砂はセメント量に対して水分量が相対的に多くなるため、セメントによる結合力が小さくなつたためと考えられる。また図3に示す通りシラスは粒径幅が広いが、海砂は比較的の粒径幅が狭く分級している。供試体はタッピング法により同一の締固めエネルギーで作製されたため、粒径幅の広いシラスの方が締め固まりやすかったことも要因の一つとして考えられる。

次に、混和材の種類の影響について考える。母材の種類にかかわらず、フライアッシュを混和材に用いたケースが最も強度が大きくなり、廃タイル、火山灰の順に強度は小さくなっている。混和材の種類によって強度に差が出る原因については、混和材添加による粒度分布の変化・改善の効果が影響している可能性がある。図4～図9に混和材添加後に想定される粒度分布を示す。強度が比較的大きくなるフライアッシュは、海砂やシラスで比較的含有の少ない粒径(0.1mm以下)を多く含むため、添加することにより粒度分布が改善されより締め固まりやすい方向にシフトしていることがわかる。一方、海砂やシラスと似たような粒度分布を持つ火山灰や廃タイルでは、粒度分布の改善には大きく寄与しないため、フライアッシュに比べ小さな強度になったと推察される。

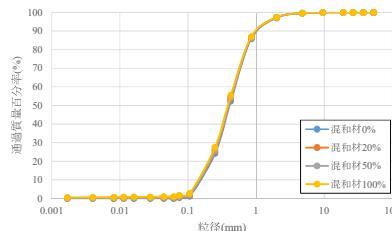


図4 海砂～火山灰の粒度分布

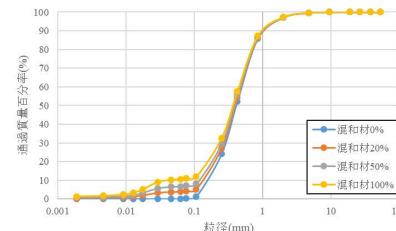


図5 海砂～フライアッシュの粒度分布

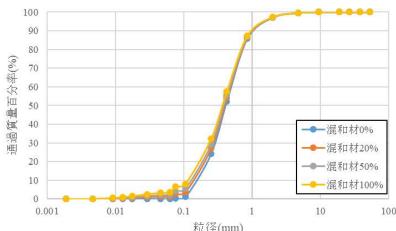


図6 海砂～廃タイルの粒度分布

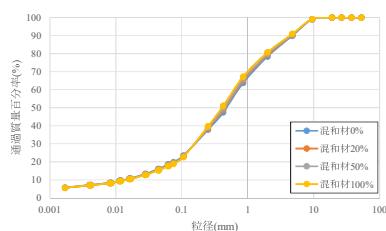


図7 シラス～火山灰の粒度分布

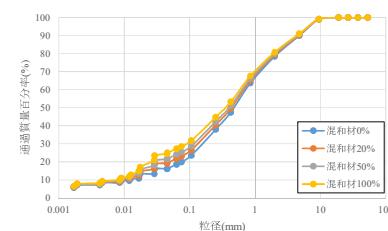


図8 シラス～フライアッシュの粒度分布

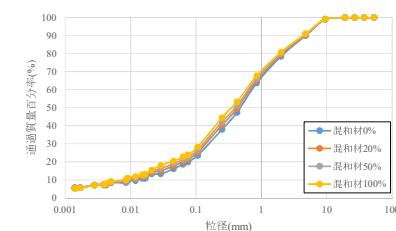


図9 シラス～廃タイルの粒度分布

4.まとめ

- 本研究では、種類や配合比の異なる混和材を添加したセメント改良土の強度を把握した。その結果を以下に示す。
- ・混和材が多く含まれるほど、改良土の強度は低下する。
- ・同一セメント量であれば、改良土の強度は、母材の粒度分布に依存する。
- ・混和材を添加することで粒度分布が改善される場合には、改善しない場合に比べて高い強度が得られる可能性がある。

謝辞

本研究を進めるにあたりまして材料提供いただきました垂水市役所、国代耐火工業およびKYタイルの3機関に記して感謝の意を表します。