

第III部門

■ 2024年9月5日(木) 16:20 ~ 17:40 **A303(川内北キャンパス講義棟A棟)**
土質安定処理・地盤改良(4)

座長：川端 伸一郎（北海道科学大学）

17:00 ~ 17:10

[III-82] 火山灰等の混和材を用いた地盤改良土の強度特性に関する実験的研究

*井上 宏一¹、菅谷 憲一¹、山形 雄太¹、關 俊力¹、江島 ありさ¹、余川 弘至² (1. 一般財団法人ベターリビング、2. 中部大学)

キーワード：地盤改良、室内配合試験、SDSs、混和材

SDGsを達成するために、セメントの一部代替材として産業副産物を用いた「持続可能な地盤改良手法」の開発が求められている。セメントの代替材に混和材として、フライアッシュ、火山灰、粉碎した廃タイルを使用して、地盤改良体の室内配合試験を行い、混和材の配合比を変えることによる一軸圧縮強度への影響について検討した。結果として、混和材を添加した改良土の強度はフライアッシュが大きく、廃タイル、火山灰の順であることを確認した。また、混和材を添加した場合は改良対象土の種類によって強度発現の増加割合に違いがあることがわかった。

火山灰等の混和材を用いた地盤改良土の強度特性に関する実験的研究

ベターリビング 正会員 ○井上 宏一 非会員 菅谷 憲一
 ベターリビング 非会員 山形 雄太 非会員 關 俊力
 ベターリビング 非会員 江島 ありさ
 中部大学 正会員 余川 弘至

1. はじめに

地盤改良分野においても、世界共通の行動目標である SDGs (持続可能な開発目標) を達成するために、セメントの一部代替材として産業副産物を用いた「持続可能な地盤改良手法」の開発が求められている。一般に地盤改良では、コンクリート構造物ほど高い強度が求められない。そこで、セメントの代替材に混和材として、フライアッシュ、火山灰、粉碎した廃タイル（以下、廃タイル）等を使用して、持続可能な地盤改良技術を確立することも重要な課題であると考えられる。本研究では、その第一歩として混和材の配合比を変えることによる一軸圧縮強度への影響について検討した。

2. 実験方法

地盤改良の改良対象土は海砂とシラスとした。本研究で使用した海砂は鹿児島県種子島沖合で採取した後にコンクリート用に粒度調整したものである。シラスは鹿児島県霧島市国分の斜面から崩落して自然堆積し、風化したものを探取した。土粒子密度は海砂 2.720g/cm^3 、シラス 2.514g/cm^3 である。粒径加積曲線を図 1 に示す。海砂はシラスに比べて粒径幅が狭いことがわかる。海砂、シラスの化学成分分析結果を表 1 に示す。両者の化学成分に顕著な差異は確認できなかった。

混和材として、フライアッシュ、火山灰および廃タイルを使用した。フライアッシュはコンクリート用フライアッシュ (JIS A6201 : 2015) に規定されるフライアッシュ II 種に相当するものである。火山灰は桜島から噴出されたものが、鹿児島県垂水市の廃校になった中学校の屋上に堆積したものである。また、廃タイルについては、国代耐火工業多治見工場から提供されたものである。フライアッシュおよび火山灰については、粒度調整等を行わずに使用し、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使用した。混和材の密度はフライアッシュ 2.258g/cm^3 、火山灰 2.724g/cm^3 、廃タイル 2.460g/cm^3 である。3 種の混和材の粒径加積曲線を図 2 に示す。粒径加積曲線から廃タイルについては様々な粒径が含まれるもの、フライアッシュと火山灰については粒度範囲が狭く、同一粒径の粒子が多く含まれている。また、フライアッシュは 0.1mm 以下の粒子が多く、火山灰は 0.1mm 以上の粒子が多いことがわかる。フライアッシュは粒径が小さいものを多く含み、廃タイル、火山灰の順に粒径が大きいものを含んでいる。

供試体作製は、海砂、シラスに対して 1m^3 あたり 400kg の添加量となるようにセメントと混和材を準備した。セメントと混和材の質量比は $1.0 : 0.2$ (以下、混和材比 20%)、 $1.0 : 0.5$ (以下、混和材比 50%)、 $1.0 : 1.0$ (以下、混和材比 100%) の 3 条件で実施した。加水用の水として、海砂、シラスの初期含水比が 20%かつ水セメント比が 60%となるように水道水を準備した。水セメント比 60%は地盤改良で使用される工法のひとつである深層混合処理工法でセメントと水を混ぜたスラリーに使用される一般的な水セメント比とした。それぞれの配合を表 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、混練した試料を 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 $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ の状態で試験日まで養生した。

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

キーワード 地盤改良、室内配合試験、SDGs、混和材

連絡先 〒305-0802 茨城県つくば市立原 2 番地

一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター TEL029-864-1745

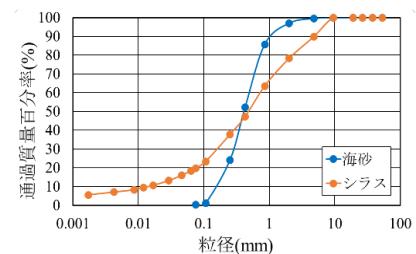


図 1 海砂、シラスの粒径加積曲線

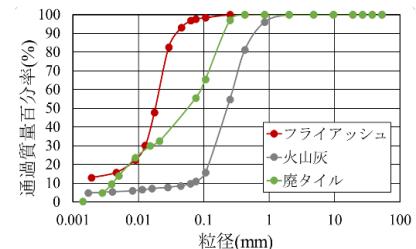


図 2 混和材の粒径加積曲線

表 1 化学成分分析結果

成分分析 (分析法: 蛍光X線分析法) (単位: mass %)			
No.	成分分析項目	シラス (崩落)	鹿児島産 海砂
1	SiO_2	61.62	66.53
2	Al_2O_3	15.32	10.51
3	Fe_2O_3	3.38	4.02
4	TiO_2	0.35	0.50
5	MgO	2.83	3.23
6	CaO	0.87	1.49
7	Na_2O	3.42	2.17
8	K_2O	2.57	2.98
9	P_2O_5	0.04	0.04
10	MnO	0.08	0.08
合計		90.48	91.53

一軸圧縮試験の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。本研究ではこのうち91日まで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」を使用し、JIS A1216:2020に準拠した。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。

3. 実験結果

改良対象土を海砂とした材齢7, 28, 91日の強度を図3に、改良対象土をシラスとした同一材齢の強度を図4に示す。なお、図中の凡例1文字目は改良対象土を表しUは海砂、Sはシラスを表している。2文字目は混和材を表しNは混和材なし、Fはフライアッシュ、Kは火山灰、Tは廃タイルを表している。最後の数字は混和材の配合比(%)を表している。海砂、シラスとともに材齢が長くなる程、強度が増加することがわかり、混和材を添加すると無添加に比べて強度が低下していることがわかる。材齢による強度増加については、水和反応が進んでいることを示していると考えられ、混和材添加による強度低下については、混和材を入れることによりセメント量が少なくなり、水セメント比が大きくなるためであると考えられる。また、混和材にフライアッシュを使用した場合は、他の2つの混和材を添加したよりも強度が高くなる傾向が見られた。海砂とシラスで異なる点としては、混和材無添加の海砂は材齢28日で材齢91日の90%程度の強度に達しているが、混和材無添加のシラスについては同様の比較で60%程度となった。なお、材齢91日では、海砂とシラスで同程度の強度となることから、最終的な強度については、セメント量の影響が大きいものと考えられる。混和材の添加量が強度に与える影響を把握するために、混和材添加なしとした場合の強度を100%とした各混和材比と強度割合の関係を確認した（図5～10）。海砂は、混和材比に関係なく材齢が増加するほど強度割合が増加した（図5～7）。シラスの場合は、材齢7日から28日までは強度が増加し、材齢28日から91日までは、ほぼ増加なしもしくはやや低下した（図8～10）。最終的にはある一定の強度（割合）に落ち着くものと推察されるが、28日強度を7日強度から推定する方法¹⁾の様に、早期強度から最終強度を推定することが必要な場合は、改良対象土によりその強度割合の増加傾向が異なる点に注意が必要と考えられる。材齢91日では、海砂とシラスともに混和材がフライアッシュではセメント量の添加割合と強度割合は概ね同等になった。シラスでは、混和材比20%で混和材が火山灰、廃タイルとともに同様の傾向を示した（材齢28日）。海砂では、強度上昇傾向が続く可能性もあり、材齢182日以降の経過観察が必要になると考えられる。

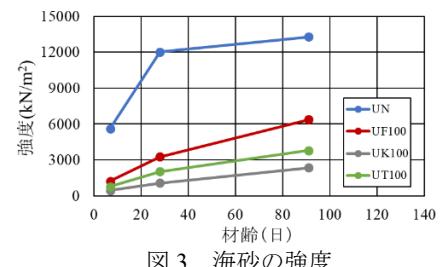


図3 海砂の強度

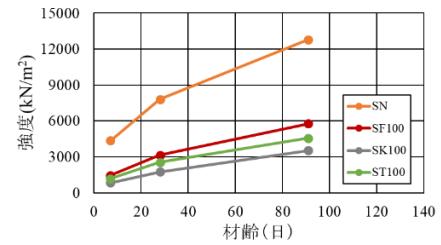


図4 シラスの強度

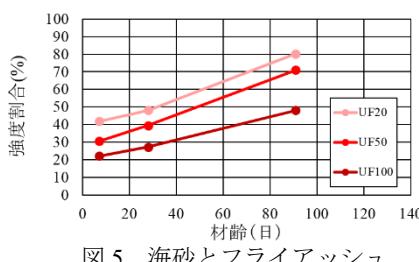


図5 海砂とフライアッシュ

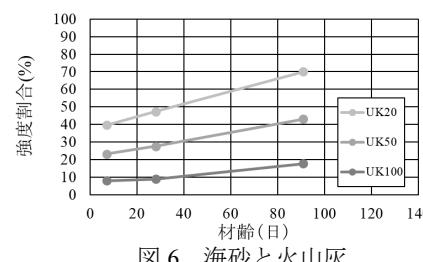


図6 海砂と火山灰

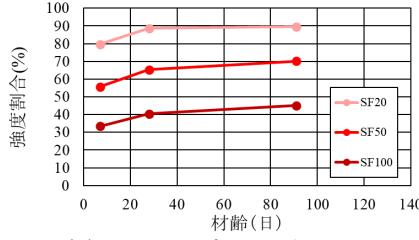


図8 シラスとフライアッシュ

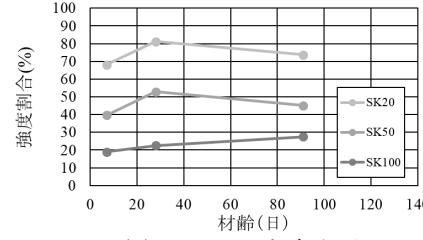


図9 シラスと火山灰

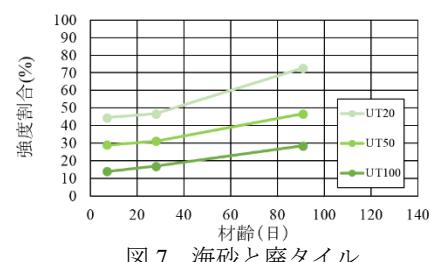


図7 海砂と廃タイル

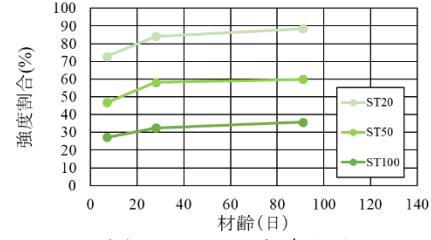


図10 シラスと廃タイル

4. まとめ

本研究では、混和材の種類と配合比を変えて添加した改良土の各材齢での強度を確認した。以下に結果を示す。

- ・改良土の強度は、混和材の配合比が大きいほど小さくなる。
- ・混和材を添加した改良土の強度はフライアッシュが大きく、廃タイル、火山灰の順であることを確認した。
- ・セメントを使用した地盤改良配合試験の強度はセメントの添加量の影響が大きい結果になった。
- ・混和材を添加した場合は改良対象土の種類によって強度発現の増加割合に違いがある。

5. 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。

参考文献 1) 中間哲志、中野徹、斎藤聰、馬場崎亮一：セメント改良土の強度の早期材令からの予測、土木学会第55回年次講演会論文集、No. II-B214, 2000.