

路床・路盤材として真砂土とシラス混合時の強度関係と耐久性についての研究

上之藺辰忠¹ 濱洲良介² 久富拓也³ 平山雄太⁴ 羽部信泉⁵

1) 福岡建設専門学校

本研究は、路床・路盤材として真砂土とシラスを混合したときの強度特性に注目してみた。
真砂土とシラスを混合するときの配合割合と強度関係について、基礎実験の結果から推測しCBR試験の強度結果について述べる。

1. はじめに

真砂土は、九州では一般的な盛土材料としてあつかわれる。主に関西以西の山などに広く分布しており花崗岩が風化した土壌となる。

シラスは九州南部一帯に厚い地層として分布する細粒の軽石や火山灰である。

真砂土、シラス両者ともに災害が起きている。

真砂土

平成21年7月、中国・九州北部豪雨での大野城市の九州自動車道・須恵PA-大宰府IC間77.6KP付近の法面上部の山が崩落し、走行中の自動車が防護壁のコンクリート片混じりの土砂にのみ込まれ、自動車に乗っていた夫婦2名が生き埋めになって死亡するなど、県内全域では10名が死亡する人的被害が生じた。



参照（読売ヘリから久保敏郎氏撮影）



（左：事故現場付近 右：現在の様子）

シラス

昭和61年7月、日雨量が200mmを越した地域で、表層すべり災害として、がけ崩れが発生した。

市内で28名の死者を出した。とくに鹿児島県鹿児島市平之町、上竜尾町でそれぞれ5名もの犠牲者が出た。ごく薄いシラスの表層部分がすべった災害である。



参照 鹿児島空港写真（株）

福岡建設専門学校 土木工学科では様々な土試料を使用した卒業設計・研究に取り組んできた。

1. 砂の液状化現象 (2008)
2. 関東ロームを使用してソイルブロックブリッジの作成 (2009)
3. 真砂土「強い土を求めて」 (2009)
4. 道路路床部分の有明粘土による強度試験 (2010)、
5. 地盤改良コスト削減 (2010)
6. 黒ボクとふくよかチップの関係 (2010)

今回、真砂土・シラスとの混合試料と真砂土・シラス単体試料とをCBR試験機にて実験を行ない、強度比較を行った。

その特性・性質を調べることで土質力学、土質実験の理解を深めることができる。

また実験結果から、盛土材料としての良否を検討する。

2. 研究の目的

本研究は、福岡建設専門学校 土木工学科二年生の卒業設計・研究の授業の一環で行われる。土質試験の基礎的な部分が大半を占めることになる。

真砂土は九州地方（九州北部）に多く存在する土と同時に特殊土でもあります。また、九州地方南部に存在する、シラスも特殊土である。

この2種類の性質を調べ、欠点を補える配合を見つけるとともに、CBR試験を行ない道路路盤に使用可能であるかの検討を行った。

真砂土、シラスの性質・特徴を調べ道路の路盤材料に単体で用いるときと両者を混合して用いるときの強度特性の比較検証を目的とする。

3. 実験試料と実験方法

3-1真砂土とは

主に関西以西の山などに広く分布しており花崗岩が風化した土壌となる。主成分は主に、優れた強度を持つ石英(硬度7, 大理石が3)、長石、有色鉱物で、風化に対する抵抗性が強い物質が中心です。

真砂土の色はうす茶が基本で、微粉体から小粒体の混合物として産出されます。

特徴としては

- ・ 特異な風化現象を持っており雨水に対して非常に弱い。
- ・ 水はけ、水もち、保肥性に優れている。
- ・ 粘土分が多いと通気性と水はけが悪い。
- ・ 弱酸性である。
- ・ 主成分は主に、優れた強度を持つ石英、長石、有色鉱物で、風化に対する抵抗性が強い物質が中心となる。



真砂土の分布図

(出展：土質試験の方法と解説-762 頁より)

西日本から四国、九州北部にかけて分布していることがわかる。

3-2 シラスとは

シラスは九州南部の平地を中心に分布しており、鹿児島湾北部を囲む地域において最も厚く、湾から遠ざかるに従って薄くなり熊本県人吉市や水俣市、宮崎県宮崎市にも分布している。

また鹿児島県では数10m程度から最大で約150mもの厚みがあると推定されている。

鹿児島県本土の52%、宮崎県の16%の面積を占めているといわれる。

白色を呈するものが多く、灰白色、灰黒色、黄褐色、淡紫色、淡紅色シラスとは南九州の熊本県南部、宮崎県西部・鹿児島県内で主に分布する土壌である。



図3-2 シラスの断面写真

特徴としては

- ・シラスを形成する主成分はケイ酸や酸化アルミニウムなどからなる火山ガラスであり、斜長石や石英なども含まれる。
- ・50-58パーセントの空隙を含み、有機物はほとんど含まれていない。
- ・比重は1.3程度、粒子比重も2.30~2.50と軽い。
- ・引っ張り強度は小さい。

4. 実験に用いた試料と採取場所

鹿児島県霧島市国分川原にて採取。



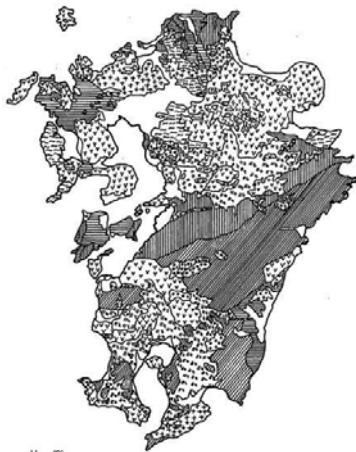
採取場所



採取場所



採取場所の地図と航空写真



凡例
 □ 沖積層 ▨ 礫層 ■ 第三紀類
 ▨ 中生層～古生層 ▨ 礫層 ▨ 変成岩類
 ▨ 花崗岩類 ▨ 火砕流 ▨ 火山岩類

(九州地方の地質略図)

5-2 土粒子の密度試験

土を構成する土粒子部分の単位体積当たりの平均質量をいう。

$$\text{土粒子の密度 } \rho_s = \frac{m_s}{V_s} \text{ (g/c m}^3\text{)}$$

試料名称	密度 (g/c m ³)
真砂土	2.752
シラス	2.451



写真5-2 土粒子の密度試験

(左：シラス 右：真砂土)

5. 実験内容

5-1 含水比試験

試料の間隙に含まれる水の量を含水比という。

$$\text{含水比 } \omega = \frac{\text{間隙に含まれる水の質量}}{\text{土粒子部分の質量}} \times 100$$

試料名称	含水比 (%)
真砂土	7.56%
シラス	19.42%

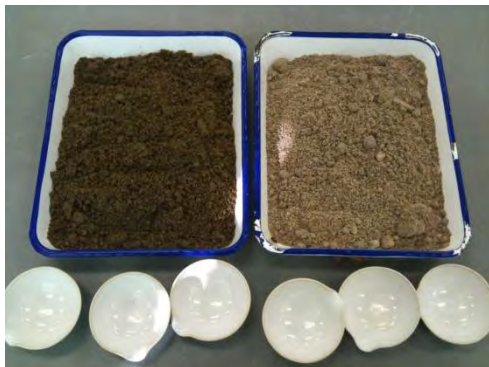


写真5-1 含水比試験

(左：シラス 右：真砂土)

含水比試験での値は、『土質試験 基本と手引き』の「P. 17 表-3.1代表的な土の ω 、 ρ_s 、 ρ_t の測定値)」代表値に近く試料自体は一般的なものであるといえる。

密度試験値は、『土質試験 基本と手引き』の「P. 17 表-3.1代表的な土の ω 、 ρ_s 、 ρ_t の測定値)」代表値に近く試料自体は一般的なものであるといえる。

5-3 粒度試験

砂や粗粒分についてはふるいを用いた粒度分析を行い、75 μ mより小さなシルトや粘土の細粒分は沈降分析による方法を用いる。



粒度試験の様子

(左：沈降分析 右：振り分け試験)

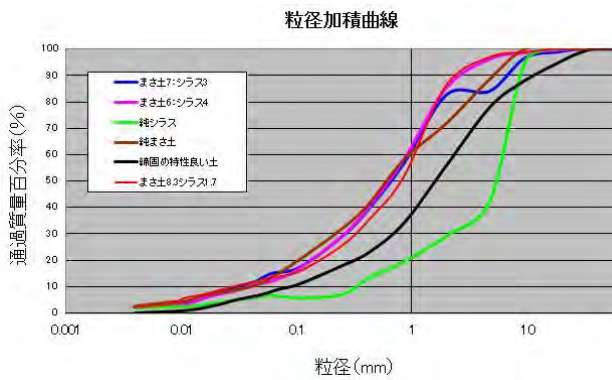


図 5-3 真砂土とシラスの粒径加積曲線

粒度試験から推測できること

真砂土は、図 5-3 粒径加積曲線より 9.5~4.75 mm 間の粒形が多いことがわかる。

シラスは 2mm~4.75mm までの粒径が多いことがわかる。

そのためか混合試料（真砂土 7 : シラス 3、真砂土 6 : シラス 4）で粒度試験を行ってみても、真砂土の粒形加積曲線と似たような結果となる。

これは真砂土とシラスを混合するだけでなく、お互いの多い部分と少ない部分を補うような混合をしなければ補うことはできないと思われる。

5-4 突固めによる土の締固め試験

土に力を加えて、土の間隙にある空気を追い出し、土の密度を高めることを土の締固めという。

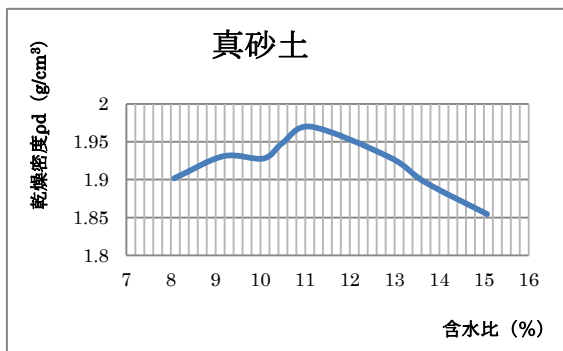


図 5-4-1 締固め試験（真砂土）

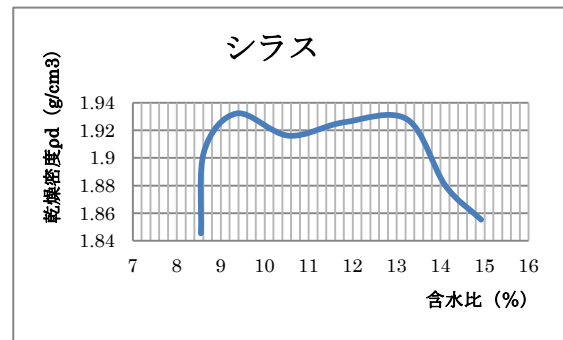


図 5-4-2 締固め試験（シラス）

真砂土は締固めによって土粒子が破碎され易い性質があるため、実験を進めるうちに土の粒形が変化する場合がある。

シラスの締固め曲線は図 5-4-2 のようになった。

同じ条件で数回実験を行ったが、同じような曲線になった。これはシラス特有の 50-58 パーセントの空隙を含むため、この空隙によってこのような締固め曲線になったと思われる。

真砂土、シラス単体時の実験結果と真砂土とシラスを配合した時の実験結果

土質名称	最大乾燥密度 (g / c m ³)	最適含水比 (%)
真砂土	1.97	11.1
シラス	1.947~1.955	8.74~11.35
9 : 1	2.59	13.1
8 : 2	2.59	13.1
7 : 3	2.48	14.4
6 : 4	1.45	21.7

図5-4-3

※図 5-4-3 シラスの値に幅があるのは、実験した時期が異なるためである。

以上の基礎実験より、とくに粒度試験での真砂土、シラスの流径加積曲線を、理想的とする流径加積曲線に近づける為に混合比率を計算した。

その結果、真砂土とシラスの配合比率は8.3 : 1.7の比率が最も理想とする流径加積曲線に近づくと設定した。

締め固め試験の結果についてはより締め固め特性の良い土の曲線に近づいた結果となった。

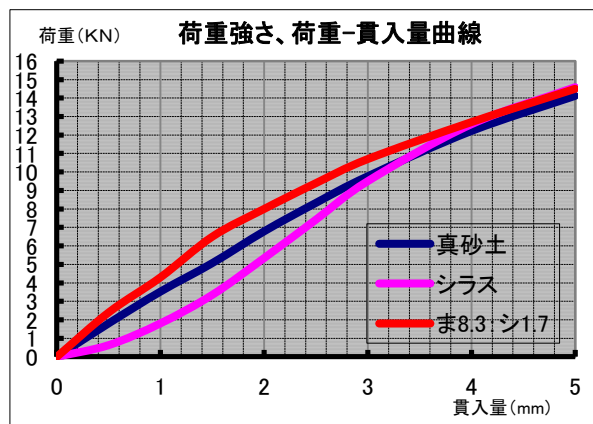
6. 応用実験

5で行なった実験内容より、CBR試験で想定した混合割合で強度特性の検証を行った。

基礎実験の結果（含水比試験、密度試験、粒度試験）から、真砂土とシラスの混合比率は8.3 : 1.7で強度があらわれると推定した。

基礎実験から強度が出ると予想した配合8.3 : 1.7で、CBR試験を行い、その値が、真砂土・シラス単体よりも強度が出れば予想した配合が正しかったことになる。

まず真砂土、シラス単体と混合試料(8.3:1.7)で実験を行った。



	真砂土	シラス	8.3 : 1.7
貫入量 2.5mm	62.2	55.4	72.1
貫入量 5.0mm	71.0	73.3	72.9

以上の結果になった。

シラス単体と、真砂土8.3 : シラス1.7の混合試料は同程度の強度ができることが分かった。

7. 結果、考察

基礎実験の結果として、真砂土とシラスの混合配合は8.3 : 1.7で強度が出ると予想した。

しかしシラス単体試料が混合試料(8.3:1.7)よりも強度が出る結果になった。

考えられる原因・要因

・締め固め試験を行い、配合検討を行った時期と、粒度・CBR試験を行った時期での含水比の変化

→実験期間は10月から翌年2月中旬まで行っていたため使用材料の含水比の変化が起きてしまった。

また当初は含水比の変化に気付かず実験試料を作成してしまった。

・シラスと真砂土を混合する際に試料のかき混ぜが不十分だった可能性

→毎回同じ班員が対応するわけではなく、手のあいた班員が対応したため、試料作製に個人誤差がでて、試料の固まりができた可能性がある。

・供試体を作製する際の突固めにより土粒子が破碎して粒径・密度の変化

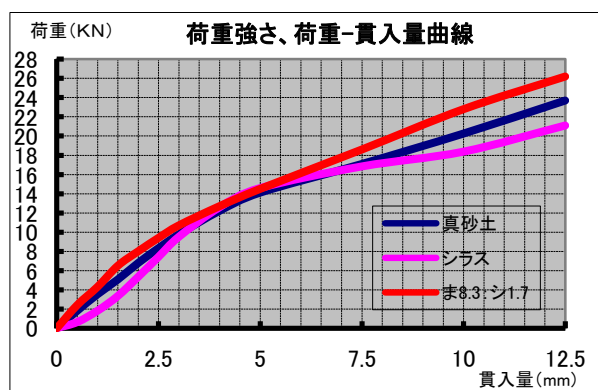
→配合試料は真砂土の比率が高く、真砂土の性質から締め固め試験を行う際に、土粒子が破碎して、流形密度の変化が起きた可能性がある。

締め固め試験を様々な比率で配合しましたが、8:2、9:1は他の配合とは異なった時期に試験を行ったので、同時期に行っていた場合、初めの検討とは異なった混合比率が最も強度の出る値に近かったのではないかと考えられる。

メリットとデメリット

・メリット

現場では本来材料を最適含水比が若干湿潤側を狙って施工を行うが、真砂土8.3:シラス1.7の配合で施工を行えば含水比を調整することなく施工ができるということが判明した。



それは上表からも読み取れるが、混合試料(真砂土8.3:シラス1.7)は貫入量が増えるにつれ強度が真砂土単体、シラス単体よりも強度が上がるということがわかる。

実際に工事現場でしっかり転圧を行えば、十分な強度を持つことが予想される。

・デメリット

九州南部に存在するシラスを運搬して施工した場合運搬費で赤字になる。元来の含水比が高めのため施工中の天候の変化により満足な締め固めができず、強度・遮水性・支持力の低下につながる可能性がある。

天候の変化に十分に気をつけて施工をしなければならないということ。

8. 今後の課題

今回の研究テーマは、九州地方で多く分布している特殊土(真砂土・シラス)を用いて路床・路盤材としてどのような配合を行えば、使用できるかという研究であった。

実験データから述べられることは、8.3:1.7という配合では道路工事(市町村道・一般国道・都道府県道)を施工することができるということがわかった。

しかし、路床には確実に使用することができるということが判明しましたが、路盤材としては、今回修正CBR試験まで行っていないため、上層・下層路盤材に使用したときに安全とはい切れません。

また現場では最適含水比に近付けて施工を行いますが、しかし元来の含水比が高いため、施工中の天候の変化で満足な締め固めができず、強度、遮水性、支持力の低下につながるの十分気をつけて施工しなければならないということが判明した。

真砂土とシラスを混合すれば強度は上がると思っていた。しかし様々な混合比率で供試体を作成したが予想したような強度が得られなかった。

強度が得られなかった原因は結果で述べているが、これらの原因を考慮した、追実験が必要であると考えている。

またシラスの採取場所によって、試料特性に違いがあると思われる。採取場所を数か所に増やして実験をしていく必要があると思われる。

また今回、実験内容としては不十分なものになったかと思える。本実験に参加した4名の専門学校生が『土質試験 基本と手引き』等をはじめ専門書を参考に基礎実験に取り組んだ。試料

採取やデータ収集、データからの推測と十分な研究ができたかと考える。2年間の集大成である卒業設計・研究が大変充実したものになりました。現在は卒業し4名それぞれの道で建設業に従事しております。この経験を仕事に生かしているものと思っております。またこのような機会を与えていただき大変感謝しております。

参考文献

- 1) 土質試験 基本と手引き
社団法人 地盤工学会
- 2) 絵とき土質力学
栗津清蔵監修 安川郁夫、今西清志、立石義考共書
- 3) 地盤工学
澤孝平編著
- 4) 九州・沖縄の特殊土
山内豊聡 監修 土質工学会九州支部編