

粃殻灰を用いた改良土の強度特性に関する実験的検討

立命館大学院理工学研究科 OLI YU

立命館大学理工学部 藤本将光

沖縄大学経法商学部 糸数哲

立命館大学理工学部 川崎佑磨

立命館大学理工学部 里深好文

1. 背景と目的

持続可能な開発目標（SDGs 12、SDGs 15）の達成に向けて、「責任ある消費と生産」及び「陸の豊かさを守る」ことが強調されている中、農業副産物の有効活用は重要な課題の一つである。特に、稲作において大量に発生する粃殻の活用は、未利用資源の有効利用と環境負荷の低減に寄与する。粃殻の焼却灰の利点は、廃棄物の再利用だけでなく、ポズラン反応による基盤の安定を可能にする機能が付加されると考えられる点である。本研究は、粃殻を灰化して得られる粃殻灰を改良材として利用し、改良土の強度特性に与える影響の検討を図ることを目的とする。これにより、粃殻灰の価値を再発見し、SDGs の具体的な目標達成への貢献とともに、持続可能な発展の潜在性を高めることを目指す。

2. 実験方法

2.1 実験概要

生石灰と粃殻灰それぞれの添加量と作製する供試体の養生期間を変え、生石灰と粃殻灰の配合比と養生期間が与える供試体の強度特性への影響について検証を行う。本研究では、一軸圧縮試験を行い、一軸強さを求めることで、改良土の強度特性に与える影響を実験的に明らかにする。

2.2 実験材料

本研究における材料として、カサネン工業製の笠岡粘土（粉末状）、太平洋セメント社製の 1 号生石灰、及び粃殻灰 5 種（バイオ炭、焼成、微粉碎焼成、シリカ、シリカ微粉碎）を用いた。粃殻から高純度シリカを生成する過程には、燃焼、炭化、電子イオン技術による分解等、複数の段階が含まれる。これらの段階を経由して得られる粃殻灰には、濃度の異なる二酸化ケイ素が含まれている。本研究では、二酸化ケイ素の濃度差（表 1 参照）に応じて、5 種類の粃殻灰を用いて強度に違いがあるのか検証する。同時に、同程度の二酸化ケイ素の粃殻灰において粒

径の差異が改良土の強度に与える影響についても検証する。

表 1 粃殻灰成分分析データ

	バイオ炭	焼成	微粉碎焼成	シリカとシリカ微粉碎
C	46.1%	32.2%	29%	5.9%
O	37.2%	49.6%	50.1%	54.1%
Si	15.3%	16%	17%	37.5%
SiO ₂	52.5%	65.6%	67.1%	91.6%
K	0.9%	0.1%	0.9%	1.7%
Ca	0.1%	0.4%	0.4%	0.1%以下
Mg	0.1%	0.2%	0.2%	0.1%以下
Na	—	0.1%	0.1%	—

2.3 実験方法と条件

笠岡粘土と水を均一に混合後、含水比が 55% になるよう調整し、続いて生石灰と粃殻灰を加え、ミキサーにより均一に混合する。試料を適量取り出し、直径 5cm、高さ 10cm のモールドに層別に入れ、各層を突き棒や締固め用円盤で均一に締め固めていくことで、計 3 層からなる供試体を作成した。各条件に対し、3 個の供試体を製作した。供試体の養生に際しては、初期 3 日間を空气中で養生し、その後は水中での養生に切り替え、所定期間養生を行う。養生後の供試体に対しては、地盤工学会の「JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法」に基づき、一軸圧縮試験を実施する。供試体の作成方法は先行研究を参考にした¹⁾。

試験における試料の含水比は一律に 55% とし、生石灰の配合比を一律に 5%、粃殻灰の配合比を 0%、5%、10%、15% の 4 パターン、養生期間を 7 日及び 28 日の 2 パターンと定める。

3. 実験結果と考察

図 1 に供試体の 7 日強度試験結果グラフを示す。7 日養生期間でバイオ炭、焼成、シリカ微粉碎に最適な配合比は 5% であった。配合比が増加するにつれて、一軸圧縮試験の圧縮強さが減少する傾向にあった。一方で、焼成微粉碎とシリカにおいては、最適配合比が 10% であることがわかった。特に、10% の焼

成微粉砕と 5%のシリカの圧縮強度は約 650kN/m²で、ほぼ同じ程度となった。

図 2 の分析によると、供試体の 28 日強度試験結果では、シリカ微粉砕の圧縮強度が 1343kN/m²に達し、この珪殻灰配合比 5%が生石灰 5%に対する最適な配合比であると言える。一方で、他の珪殻灰の最適配合比は 10%であるという結果が得られた。同時に 5%のシリカ、10%の焼成微粉砕と 15%のシリカ微粉砕の圧縮強度はほぼ同じで、約 1010kN/m²である。また、7 日及び 28 日養生の供試体における圧縮強さの結果を検討した際、異なる配合比を持つ供試体間で類似の圧縮強度が確認されたことから、各段階の珪殻灰を有効的に利用することの可能性が示された。

本研究の試験において、28 日間水中で養生された供試体は、7 日間水中で養生されたものに比べて、圧縮強度が顕著に優れていることが示された。その他、同じ二酸化ケイ素濃度で比較した際に、粒径が小さく精製度の高い材料ほど圧縮強度が高くなる傾向があることがわかった。この結果は、精製度による粒径の差異が圧縮強度に影響を与える可能性を示唆している。

4. 課題

一軸圧縮試験を用いて、珪殻灰を改良材として利用した場合の改良土の強度特性に与える影響を実験的に検証した結果、生石灰と珪殻灰の適切な配合比により改良土の圧縮強度が向上することが明らかになった。珪殻灰を用いた土壌改良技術の現場での適用性や経済性についても検討することが求められる。そのほか、供試体を作成する過程で、焼成試料が撥水性を持つ特性が示された。この撥水性により、水和反応の能力が低下する可能性があると考えられる。ポゾラン反応が抑制され、改良土の強度の向上が得られない可能性が考えられる。そのため、撥水性の評価と圧縮強度増強の関係を検証することが今後の重要な課題である。

参考文献

1. 大矢綾香, 奥本龍馬, 藤本将光, 深川良一, 李徳河: 文化遺産周辺の河岸侵食対策の提案に向けた生石灰と珪殻灰を用いた改良土の力学特性に関する研究, 立命館大学歴史都市防災論文集, pp. 139-144, 2014.

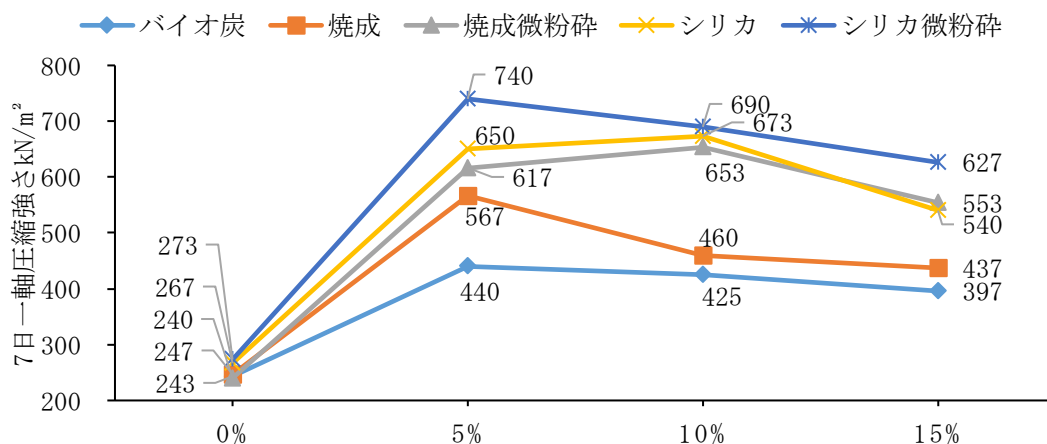


図 1 供試体の 7 日強度試験結果

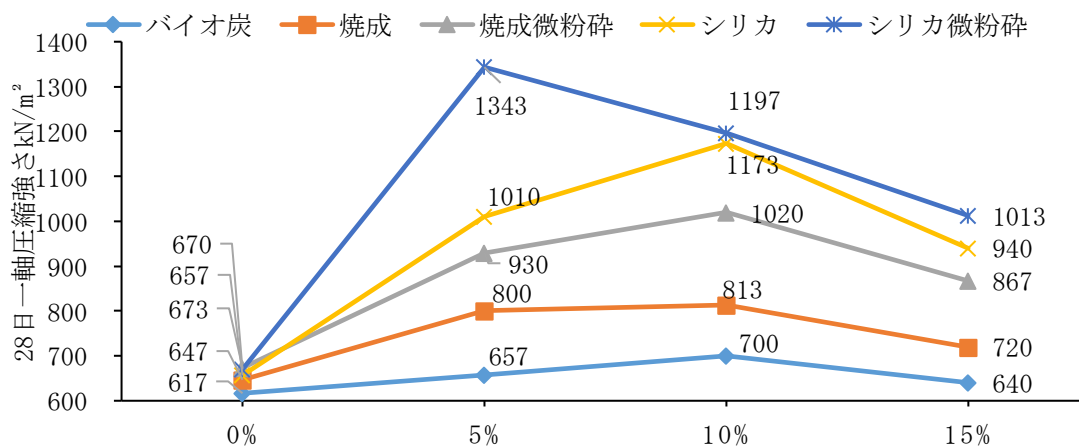


図 2 供試体の 28 日強度試験結果