

締固め土のせん断強度に及ぼすカキ殻破砕材の影響評価

石川工業高等専門学校 正会員 ○重松 宏明
 石川工業高等専門学校 正会員 山河 弘太
 石川工業高等専門学校 西野 琴音

1. 緒言

土質改良工法の1つに、土以外の材料を組み合わせることで「対象となる土」の特性を改善させる工法がある。例えば、粘性土に硬質の破砕材を混ぜ合わせて締固めた土は、土粒子と破砕材の噛み合わせ効果（インターロッキング効果）によって土の摩擦抵抗は増大し、かつその破砕材が炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）を主成分とするものであるならば、土粒子間にボンドリング効果が作用し、せん断強度は著しく増大するものと考えられる。このように材料特有の特性を利用することは、今後の土の地盤材料としての力学的な向上を図る上で非常に重要になってくる。そこで本研究は、処分に困るカキ殻を細かく砕き、これを粘性土に異なる混合率で混ぜ合わせたカキ殻混合土に対して、定圧一面せん断試験を実施した。これらの実験結果から、カキ殻破砕材が土のせん断抵抗角（内部摩擦角） Φ と見かけの粘着力 c にどのような影響を及ぼすのかを明らかにした。

2. 実験の概要

本研究で使用するカキ殻は、石川県七尾市中島町の沿岸域で排出されたものである。採取したカキ殻を洗浄して乾燥させた後、ランマーで破砕し、これを2mm ふり、もしくは0.425mm ふりで通過させたものを「カキ殻破砕材」とした。処理対象土には「青粘土」と呼ばれる2021年度に購入した市販のパウダー状の粘性土（Ao2021）を用いた。カキ殻破砕材の混合率（カキ殻混合率）は乾燥質量比で10%、20%、30%、40%に設定した。なお、各カキ殻混合土の物理特性については文献1)を参照されたい。先ず、青粘土に各カキ殻混合土の最適含水比に相当する量の脱気水を加えてよく練り混ぜ、所定量のカキ殻破砕材を加えて全体が均一になるまでよく混ぜ合わせた。その後、これらの土試料をせん断箱に入れ、締固め荷重を模擬した垂直応力 $\sigma_N=500\text{kN/m}^2$ をかけ20時間程度放置させた後、所定の垂直応力 σ_N (50kN/m², もしくは100, 150, 200kN/m²) まで除荷し、定圧状態を保ちながら、一面せん断試験を行った。

図-1 にカキ殻破砕材未混入（カキ殻混合率0%）の場合、図-2

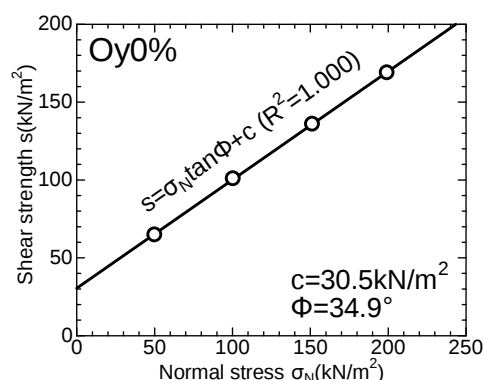
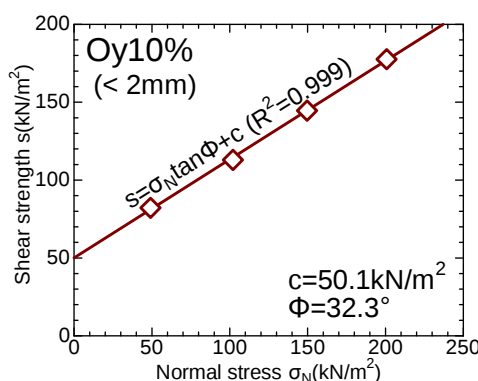
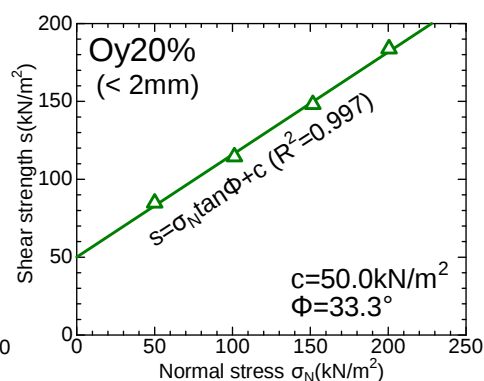


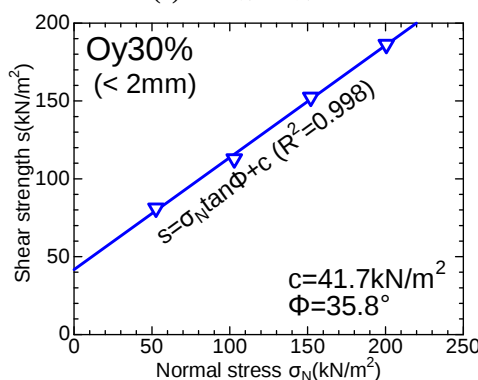
図-1 せん断強度と垂直応力の関係（カキ殻未混入）



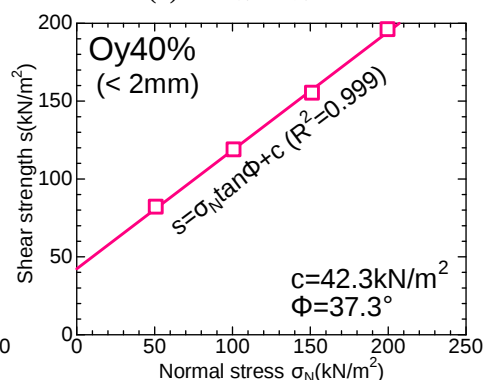
(a) カキ殻混合率 10%



(b) カキ殻混合率 20%



(c) カキ殻混合率 30%



(d) カキ殻混合率 40%

図-2 せん断強度と垂直応力の関係 (< 2mm)

3. 結果および考察

図-1 にカキ殻破砕材未混入（カキ殻混合率0%）の場合、図-2

キーワード カキ殻破砕材, 強度定数

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 076-288-8168

に 2mm ふり通過分のカキ殻破砕材 (< 2mm) を混ぜ合わせた場合、図-3 に 0.425mm ふり通過分のカキ殻破砕材 (< 0.425mm) を混ぜ合わせた場合のせん断強度 s と垂直応力 σ_N の関係を示す。なお筆者らは、せん断応力 τ と垂直応力 σ_N の関係から、すべての一面せん断試験において σ_N がほぼ一定に保たれており、定圧状態になっていることを確認している。また、図-1 ～3 を見ても分かるように、全ての s - σ_N 関係において $R^2 \geq 0.995$ の高い相関性が得られている。異なるカキ殻混合率で作製したカキ殻混合土のそれぞれのせん断抵抗角 Φ と見かけの粘着力 c は図中に示す通りである。これらの結果を集約し、 Φ と c に及ぼすカキ殻破砕材の影響を評価した。図-4 に Φ とカキ殻混合率の関係、図-5 に c とカキ殻混合率の関係を示す。図より、 Φ は < 2mm, < 0.425mm とともにカキ殻混合率 10% で一旦低下するものの、その後混合率の増加とともに上昇傾向が見られ、< 2mm では混合率 30% 以上で $\Phi = 35^\circ$ を超えている。一方、 c とカキ殻混合率の関係を見てみると、 Φ と同様に < 2mm, < 0.425mm とともにカキ殻混合率 10% で大きく変化している。

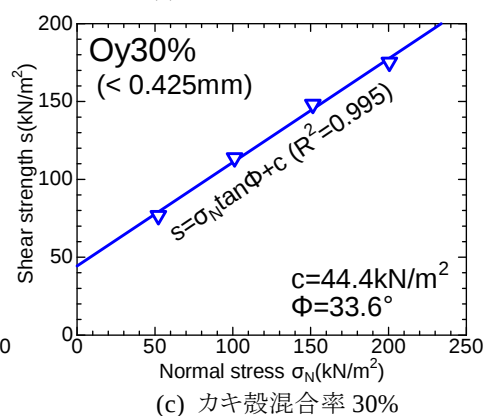
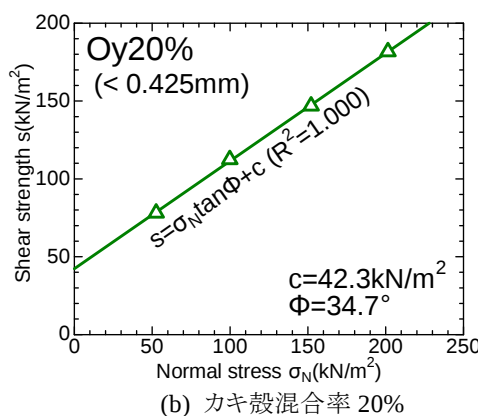
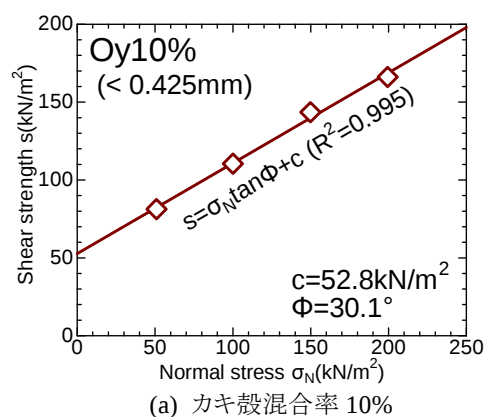


図-3 せん断強度と垂直応力の関係 (< 0.425mm)

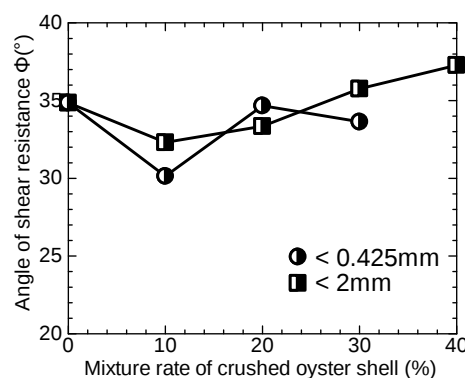


図-4 せん断抵抗角とカキ殻混合率の関係

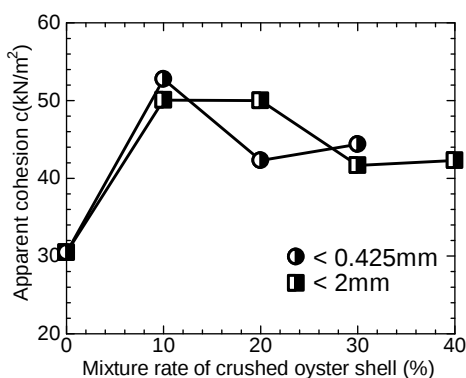


図-5 見かけの粘着力とカキ殻混合率の関係

混合率 10% で一旦大きく上昇し、その後混合率の増加とともに低下傾向にある。次に、カキ殻破砕材の粒径の違いが Φ と c に及ぼす影響について考察する。< 2mm, < 0.425mm を比べてみると、両者は Φ と c の間にユニークな関係性が見られる。例えば、カキ殻混合率 10% と 30% を注意深く見ると、< 2mm の Φ は < 0.425mm の Φ を上回っているのに対し、 c では < 0.425mm の方が若干上回っている。混合率 20% においては、< 2mm の Φ が < 0.425mm の Φ を下回っており、 c ではその逆になっている。つまり、< 2mm と < 0.425mm の間で Φ と c のどちらかが大きい値であれば、そのどちらかが小さな値を示す傾向になっている。

4. 結言

本研究は、粘性土にカキ殻破砕材を混ぜ合わせることによってカキ殻破砕材が強度定数 Φ と c にどのような影響を及ぼすのかを一連の定圧一面せん断試験で調べた。その結果、せん断抵抗角 Φ は < 2mm, < 0.425mm とともにカキ殻混合率 10% で一旦低下するが、その後混合率の増加とともに上昇傾向が見られた。一方粘着力 c は < 0.425mm, < 2mm とともにカキ殻混合率 10% で大きく上昇するが、その後は混合率の増加とともに低下傾向にある。また、カキ殻破砕材の粒径の違いが Φ と c に及ぼす影響については、< 2mm と < 0.425mm で同じカキ殻混合率の Φ と c を比較した結果、 Φ が大きい場合は c が小さく、 Φ が小さい場合は c が大きくなるというユニークな関係性があることが分かった。粘性土の土粒子とカキ殻破砕材の間にどのようなインタラクションがあるのかを把握するためには、土の種類やカキ殻破砕材の粒径を変えるなど、新たに条件を設定して定圧一面せん断試験を継続していく必要がある。

参考文献 1) 東雄紀・水島唯人・山河弘太・重松宏明: 締固め土の強度発現に及ぼすカキ殻破砕材の影響評価, 土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM) 78th 2023.