

カキ殻混合土の土質特性に関する実験的研究

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 非会員 道下 拓都
 石川工業高等専門学校 正会員 重松 宏明

1. 緒言

石川県能登半島沿岸域は日本海側有数の養殖カキの産地で、毎年 3000 トン以上のカキ殻を排出している。本報告は、毎年大量に排出されるカキ殻の新たな土木資材¹⁾としての適用可能性を明らかにすることを目的としている。先ず、粘性土に細かく砕いたカキ殻(カキ殻破砕材)を異なる混合率で混ぜ合わせた後、これらのカキ殻混合土に対して各種物理試験を行った。次に、カキ殻混合土を静的に締固めて作製した供試体に対して、一軸圧縮試験を実施した。また、強度発現性をより高めるために、カキ殻混合土に少量の消石灰を加えて所定の期間湿潤養生させた後、一軸圧縮試験を行った。これらの結果から、カキ殻破砕材が土の締固め特性ならびに強度発現にどのような影響を及ぼすのかを検証した。

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したものである。採取したカキ殻を洗浄し乾燥させた後、ランマーで破砕したもの(4.75mm ふり通過分)をカキ殻破砕材として用いた。処理対象土には、青粘土と呼ばれる市販のパウダー状の粘性土(Ao 2021)を用いた。表-1 に青粘土(カキ殻混合率 0%)およびカキ殻混合土の物理特性を示す。なお、カキ殻混合率は乾燥質量比で 10%、20%、30%とした。カキ殻の真密度は 2.683g/cm^3 と、青粘土の土粒子の密度($=2.755\text{g/cm}^3$)とほぼ類似した値であった。図-1 にカキ殻混合土の締固め試験の結果を示す。図より、カキ殻混合率の増加に伴って最大乾燥密度が低下していく様子が見られ、最適含水比も僅かながら低下していることが確認できる。

一軸圧縮試験用供試体(直径:50mm, 高さ:100mm)の作製方法について説明する。供試体の乾燥密度と含水比は、締固め試験で得られた各カキ殻混合土それぞれの最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 w_{opt} をベースに設定した。乾燥密度は締固め度の 95%および 100%になるように各材料の質量を、含水比は最適含水比と同じ値になるように加水量を調整した。また、カキ殻混合土の強度発現性を高めるために、消石灰を乾燥質量比で 2% 混入した。この場合の材料の質量および加水量も同様に、各カキ殻混合土の ρ_{dmax} と w_{opt} をベースに設定した。そして、これらの土試料を割型モールドに詰め、静的に締固めて供試体を作製した。消石灰未混入の供試体は脱型直後に、消石灰混入の供試体については、乾燥させないように施した上でインキュベーター内(20°C)にて7日間湿潤養生させた後に一軸圧縮試験を行った。

3. 結果および考察

(1) カキ殻混合土の強度発現特性

カキ殻混合土の一軸圧縮強度 q_u およびカキ殻混合率の関係を図-2 に示す。(a)の $D_c=95\%$ を見てみると、消石灰の有無に関係なく、カキ殻混合率の増加に伴って一軸圧縮強度が上昇していく様子が見られる。消石灰を加えることにより、さらに強度発現効果が高まっていることが分かる。これは、カキ殻による土粒子間の噛み合わせ効果(インターロッキング効果)が強度発現につながったこと、さらに消石灰混入による化学的固化も合わさった結果、高い強度発現性が得られたものと

キーワード カキ殻破砕材, 一軸圧縮強度

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

表-1 カキ殻混合土の物理特性

カキ殻混合率(%)	0	10	20	30
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.755	2.748	2.741	2.733
礫分 (%)	0.0	3.0	7.0	11.5
砂分 (%)	13.7	18.2	21.6	26.0
シルト分 (%)	59.4	53.2	52.1	42.8
粘土分 (%)	26.9	25.6	19.3	19.7
液性限界 w_L (%)	41.6	41.6	41.9	41.7
塑性限界 w_P (%)	22.6	23.6	23.5	23.3
塑性指数 I_P	19.0	18.0	18.4	18.4
活性度 A	1.136	1.276	1.752	1.514
最大乾燥密度 ρ_{max} (g/cm ³)	1.684	1.663	1.623	1.573
最適含水比 w_{opt} (%)	19.0	18.2	17.5	17.2

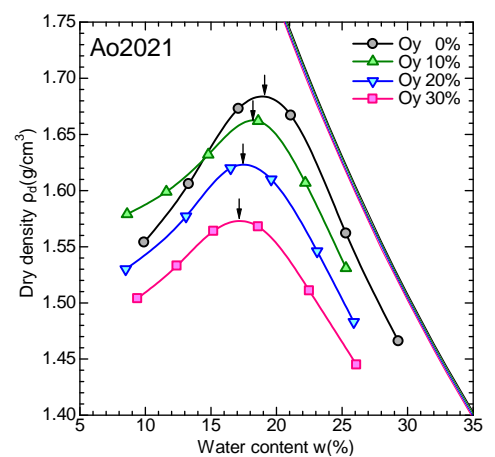


図-1 締固め試験の結果

考えられる。(b)の $D_c=100\%$ では、 $D_c=95\%$ と比較して高密度化に伴う強度増加が見られ、かつカキ殻混合率の増加に伴って一軸圧縮強度は増大している。ただし、消石灰を添加させないカキ殻混合率 30%で一軸圧縮強度の若干の低下が見られた。そこで、各供試体の試験開始時の乾燥密度を確認することにした。図-3 に供試体の乾燥密度とカキ殻混合率の関係を示す。所定の乾燥密度になるように各材料の質量を調整したが、静的締固め後の脱型時においてリバウンドが起こるため、 $D_c=95\%$ と 100% の両者において、乾燥密度の低下が見られる。しかしながら、消石灰の有無による乾燥密度の差異は認められない。図-2 および 3 を見ても分かるように、カキ殻混合率の増加に伴って各供試体の乾燥密度は低下しているものの、一定の強度発現効果が得られていることが分かる。軽い材料で高い強度発現効果が得られれば、今後のカキ殻の土木資材としての適用可能性が高まる。

(2) カキ殻混合土の変形特性

カキ殻混合土の変形特性を把握するために、各供試体の一軸圧縮試験で得られた圧縮応力一軸ひずみ関係の初期勾配から、変形係数 E_{50} を求めた。図-4 に変形係数とカキ殻混合率の関係を示す。図より、消石灰未混入のカキ殻混合土は若干のばらつきはあるものの、カキ殻混合率の増加に伴って変形係数の僅かな上昇が見られる。これに対して、消石灰混入のカキ殻混合土は、カキ殻混合率の増加に伴う変形係数の増大は見られない。特に $D_c=100\%$ では、混合率 30%で低下している。このことから、消石灰を添加させたカキ殻混合土は一軸圧縮強度とは異なり、カキ殻混合率の増加に伴う変形係数の増大、つまり剛性の上昇はないことが確認できた。

4. 結言

カキ殻混合土は、カキ殻混合率の増加に伴って一軸圧縮強度は増大する。また、消石灰を加えることにより、さらに強度発現効果が高まる。これは、カキ殻による土粒子間の噛み合わせ効果(インターロッキング効果)が強度発現につながったこと、さらに消石灰混入による化学的固化も合わさった結果、より高い強度発現性が得られたものと考えられる。また、本実験に関する限り、消石灰混入のカキ殻混合土の変形特性は一軸圧縮強度とは異なり、カキ殻混合率の増加に伴う変形係数の増大、つまり剛性の上昇は確認できなかった。この点については、処理対象土の物性、締固め方法(静的もしくは突固め)、カキ殻破砕材と消石灰の混合割合を変えるなど、更なる検討が必要である。

参考文献 1) 重松宏明, 小田憲一, 樋口恵美子, 高野典礼, 田崎宏: 貝殻混合によるグラウンド表層材の土質改良効果, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 68, No. 1, pp.138-149, 2012.

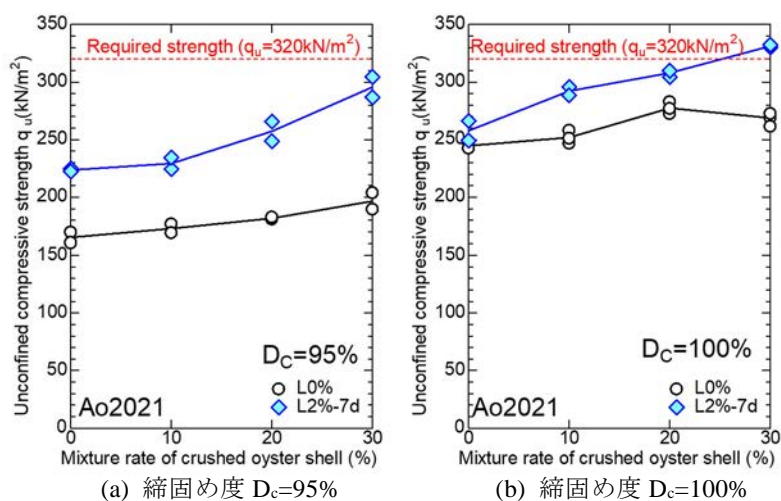


図-2 一軸圧縮強度とカキ殻混合率の関係

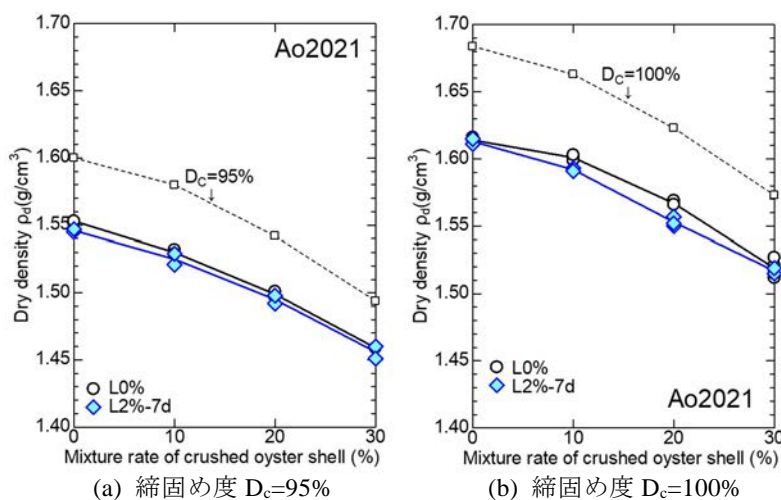


図-3 乾燥密度とカキ殻混合率の関係

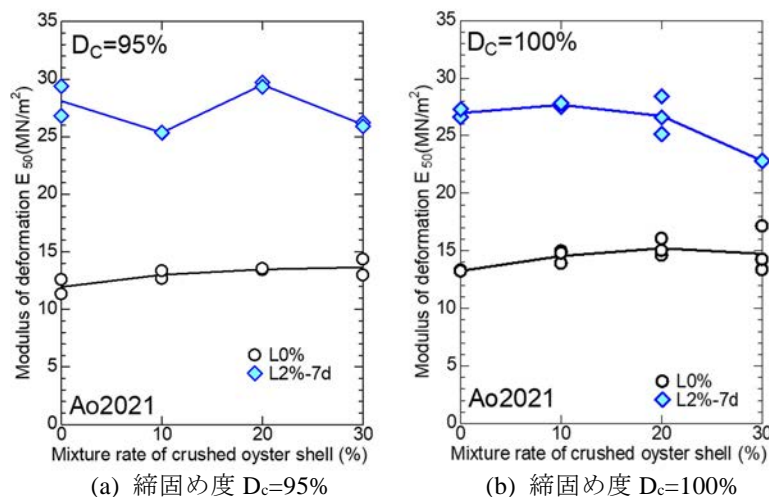


図-4 変形係数とカキ殻混合率の関係