

締固め土の強度発現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 学生会員 ○東 雄紀
石川工業高等専門学校 水島 唯人
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 正会員 重松 宏明

1. 緒言

本研究は、昨年度¹⁾に引き続き、処分に困るカキ殻の新たな建設資材としての適用可能性を実験的に検討することを目的としている。そのために、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、所定の締固めエネルギーで突固めて供試体を作製し、一軸圧縮試験を実施した。また、これらのカキ殻混合土の強度発現性を高めるために、少量の消石灰を加え、所定の期間湿潤養生させた土試料に対しても供試体を作製し、一軸圧縮試験を行った。これらの実験結果から、カキ殻破砕材が締固め土の強度発現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 4.75mm ふりい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 2021 年度に購入した「青粘土」と呼ばれる市販のパウダー状の粘性土(Ao2021)を用いた。カキ殻破砕材と青粘土を混ぜ合わせたカキ殻混合土の物理特性を表-1 に示す。カキ殻混合率 0%(カキ殻未混入)を見ると、青粘土は 60%近くがシルト分で占められている。カキ殻の真密度は 2.683g/cm³ と、青粘土の土粒子の密度 ρ_s (=2.755g/cm³)とほぼ類似した値であった。なお、表中の各カキ殻混合土の ρ_s は両者を各カキ殻混合率で比例配分した値である。コンシステンシー限界に

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

ついては、液性限界・塑性限界ともに、カキ殻破砕材混入による影響はほとんどなく、すべてのカキ殻混合率において類似した値になった。締固め試験で得られた各カキ殻混合土の最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 w_{opt} はカキ殻混合率の増加に伴って徐々に低下した。一軸圧縮試験用供試体の含水比は、表-1 に示す各カキ殻混合土(0%, 10%, 20%, 30%)それぞれの最適含水比 w_{opt} に設定した。先ず、青粘土を所定の含水比になるように加水調整した後、カキ殻破砕材を所定の割合で混ぜ合わせた。その後、これらの土試料を円筒型の割型モールドに詰め、所定の締固めエネルギー(=2E_c, 1E_c=551kJ/m³)で突固めて供試体(直径:50mm, 高さ:約 100mm)を作製し、脱型した後、すぐに一軸圧縮試験を開始した。次に、カキ殻混合土の強度発現性を高めるために、少量(2%, 4%)の消石灰を乾燥質量比で混入した(この場合の加水量も、各カキ殻混合土の w_{opt} を基準に設定した)。そして、バット内で 7 日間湿潤養生(バット養生)させた後、同様の方法・条件で突固めて供試体を作製し、脱型後、すぐに一軸圧縮試験を行った。

3. 結果および考察

図-1 は一軸圧縮試験の結果で、(a)に消石灰未混入を、(b)および(c)にそれぞれ消石灰 2%, 4%混ぜ合わせたカキ殻混合土の一軸圧縮強度 q_u とカキ殻混合率の関係を示す。なお、図中には試験開始時の各供試体の乾燥密度 ρ_d も併記した。図より、消石灰混入・未混入に関係なく、緩やかではあるがカキ殻混合率の増加に伴い一軸圧縮強度が上昇していく様子が認められる。3 者を比較してみると、消石灰未混入の場合の一軸圧縮強度が消石灰を混入させた他の 2 者に比べて若干高くなっていることが分かる。しかも、カキ殻混合率の増加に伴って ρ_d が低下しているにも関わらず、一定の強度発現効果が得られている。これはカキ殻混合土が強度発現効果を失うことなく、軽量化にも貢献できる可能性があることを意味する。これに対して、消石灰を混ぜ合わせた 2 者は明瞭な強度発現効果が得られていない。本来であれば、カキ殻破砕材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)に消石灰添加による化学的固化が合わさってより高い強

キーワード カキ殻破砕材, 強度発現

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

度発現効果が得られるはずであった。この要因は図中に併記した試験開始時の ρ_d を見れば容易に理解できる。一般に、土の強度は ρ_d の高低に大きく依存する。図-1を見ても分かるように、すべてのカキ殻混合率において、消石灰の混入量の増加に伴って ρ_d は大きく低下している。このことが期待したはずの強度発現効果が得られなかった最大の要因ではないかと考えられる。したがって、今後は再現性の高い実験結果を得るためにも、締固めエネルギー E_c の設定、締固め方法など、供試体の作製方法について再検討する必要がある。特に消石灰を混入させて強度発現効果を調べる場合は、同時に適正な締固めエネルギーの大きさや種類を設定した上で所定の密度を確保する必要がある。

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

縮試験から得られた圧縮応力-軸ひずみ関係の初期勾配から、変形係数 E_{50} を求めた。図-2 に $E_{50} \cdot \rho_d$ とカキ殻混合率の関係を示す。図を見ると、消石灰混入・未混入に関係なく、 E_{50} はカキ殻混合率 10%までは一旦上昇し、その後混合率の増加に伴って徐々に低下していく様子が見られる。一軸圧縮強度と同様、 ρ_d の低下が E_{50} の減少に影響していることも考えられるが、何れにしてもカキ殻破砕材の混入は土の E_{50} の増大、つまり剛性の上昇には繋がらないことが予想される。

4. 結言

本研究で得られた知見をまとめると、(1)カキ殻混合率の増加に伴って乾燥密度が低下しているにもかかわらず、一定の強度発現効果が得られた。(2)カキ殻破砕材の混入は土の剛性の上昇には繋がらなかった。(3)少量の消石灰を加えたものの、カキ殻混合土は期待していたほどの強度発現には至らなかった。

参考文献 1) 山河弘太・道下拓都・重松宏明:カキ殻混合土の土質特性に関する実験的研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM) 77th 2022.

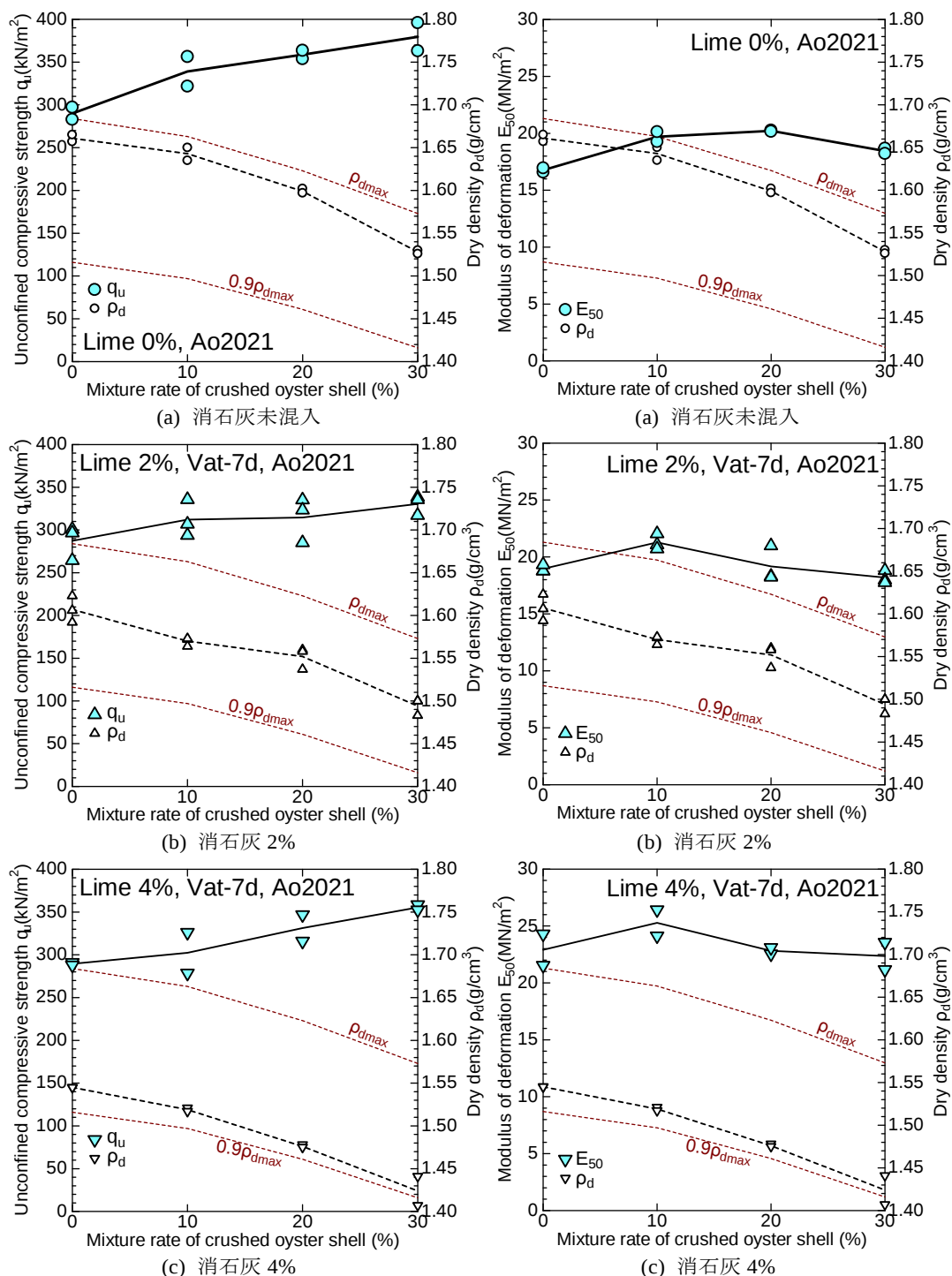


図-1 一軸圧縮強度・乾燥密度とカキ殻混合率の関係 図-2 変形係数・乾燥密度とカキ殻混合率の関係