

廃陶磁器の破砕片と粘性土の混合体の強度特性について

佐賀大学 学 松田 徹 佐賀大学 正 根上武仁
 佐賀大学 正 柴 錦春 日本建設技術(株) 正 鬼塚克忠

1.はじめに

佐賀県では、有田焼や伊万里焼などの窯業が盛んであるが、それと同時に産業廃棄物として大量の陶磁器が処分されている。廃陶磁器は、その一部がリサイクル粘土、透水・不透水ブロックの原料、タイル・壁材などに再利用されているが、地盤材料としての実用例はあまりない。もし、地盤材料として再利用が可能ならば、廃陶磁器の最終処分率の大幅な低下が期待できる。一方、有明海一帯には高含水比で軟弱な沖積粘土が広く分布し、建設工事の際にこれらの沖積粘土は建設汚泥として産業廃棄物と処分されるケースが多い。汚泥の排出量は産業廃棄物の中で一番多いことから¹⁾、迅速に再利用を進めるべき材料である。そこで本研究では、佐賀県特有の産業廃棄物である廃陶磁器を破砕したものについてその地盤工学特性を調べた。さらに、同じ産業廃棄物である蓮池粘土と混合し、新たな地盤材料の作製を試みた。

表-1 試料の物理特性

		廃陶磁器	蓮池粘土
自然含水比 w_n (%)		0	118
液性限界 w_L (%)		-	113
塑性限界 w_p (%)		-	74
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.42	2.52
透水係数 k (cm/s)		0.21	-
粒度組成 (%)	れき (3mm 以下)	26.6	-
	砂分	73.4	6.2
	シルト分	-	41.3
	粘土分	-	52.5

2.用いた試料とその力学特性

2-1 用いた試料

著者らは、これまでに廃陶磁器の破砕片を軟弱な沖積粘土の強度改良をする際の固化補助材として有用であることを報告している²⁾。本研究で用いた廃陶磁器の破砕片は、これまでに用いた試料と同様の粒径 2~3 mm のものである。この廃陶磁器の破砕片に対して、破砕性に関する検討、CBR 試験、一面せん断試験を実施した。また、蓮池粘土と混合した試料についても一面せん断試験を実施した。用いた蓮池粘土は、佐賀市兵庫町で採取したもので、自然含水比 118%程度である。表-1 に用いた廃陶磁器の破砕片および蓮池粘土の物理特性を示す。これらの試料の混合割合は表-2 に示すとおりである。

表-2 混合割合 (乾燥質量比)

	廃陶磁器	蓮池粘土	含水比 (%)
Case1	100	0	0
Case2	80	20	10.8
Case3	60	40	21.7
Case4	40	60	32.5
Case5	20	80	43.3
Case6	0	100	118.0

2-2 締固め特性

廃陶磁器は破砕性を有するため、突き固めによる締固めによってどの程度破砕するか検討するために実施した。締固めないもの、それぞれ A~E 法で突き固めた後の試料を準備した。これらの試料の粒度試験結果を図-1 に示す。破砕性材料であるまさ土 (佐賀県・七山で採取) の結果も参考のため併せて示した。まさ土に比べると粒径の分布幅が狭いのは、廃陶磁器は粒径 2~3mm に粒度調整してあるものを用いているためである。また、まさ土は、突き固めエネルギーが大きくなると粒径加積曲線が全体的に左側にシフトしていることから、大小の粒子がほぼ均等に破砕すると考えられる。対して廃陶磁器の場合は、大きなエネルギーで突き固めても、粒子破砕はあまり生じていないことがわかる。つまり、廃陶磁器は粒子自体が非常に強固であるため、締固め E 法のように非常に大きなエネルギーを与えないとあまり破砕しないと判断できる。

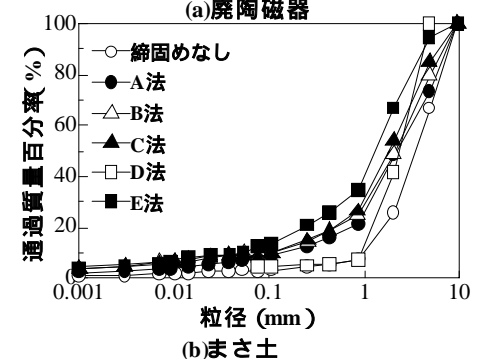
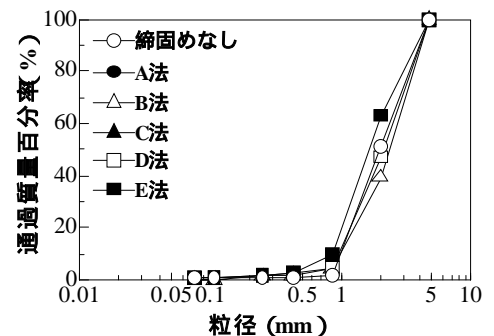


図-1 粒径加積曲線

2-3 CBR 値

CBR試験の供試体の作製は、設計CBR法によった。吸水膨張試験については、4日間水浸させても膨張せず膨張比は0%となった。図-2は貫入試験で得られた荷重-貫入量曲線を示したものである。この貫入試験で得られたCBRの平均値は35.2(%)と高いものであった。規定されている材料の品質基準³⁾から、上層路盤には適用できないが、一般道路・高速道路・簡易舗装道路の下層路盤材として使用できることが明らかとなった。

3. 混合試料の強度特性

基本的な強度特性を把握するため、廃陶磁器破砕片の一面せん断試験(定圧)を実施した。供試体については、せん断箱に陶磁器破砕片を詰めて作製した。垂直応力とせん断応力の関係を図-3に示す。また、表-3に各ケースの強度定数を示す。図-3および表-3より、Case1の廃陶磁器の破砕片のみの場合、内部摩擦角は62°であることがわかる。通常の砂や礫などの粒状材料の内部摩擦角は30~50°前後と言われるが、本研究で用いた陶磁器廃材はそれを超える値を示した。これは、廃陶磁器の粒子が角張ったものであり、粒子同士の移動が容易でないことによるものと考えられる。また、粒状材料では、拘束圧による粒子破砕が行われると、一般的には内部摩擦角が低下する⁴⁾が、前述のように粒子自体が非常に強固であることから、拘束圧が大きくなっても粒子破砕がそれほど生じなかったと考えられる。

Case2~Case5は、廃陶磁器の破砕片と蓮池粘土の混合土となっている。蓮池粘土の混合率が高くなると、内部摩擦角は低下する傾向が見られた。また、粘着力cについては、蓮池粘土の混入率の増加に伴って大きくなると推測されたが、実際には逆に小さくなる傾向を示した。これは、廃陶磁器の破砕片の含水比が0であり、表-2に示すように廃陶磁器の破砕片の混合割合が高くなるにつれ、供試体全体の含水比が低下するためと考えられる。しかし、この点については、さらに検討する必要がある。

Case6は、蓮池粘土の強度定数を示したものである。本研究の一面せん断試験では、廃陶磁器の破砕片を混入することで粘土の改良効果がどの程度であるかを検討するため、粘土試料の強度定数は乱した試料について求めたものである。Case5とCase6を比較すると、強度の差はほとんどないことがわかる。また、廃陶磁器の破砕片の混入率が40%以上であるCase2~Case4とCase6を比較すると、廃陶磁器の破砕片混合によって軟弱な粘土の強度の改良効果が得られていることがわかる。

4. まとめ

今回行った一連の試験から、廃陶磁器の破砕片は破砕性を有するが室内の土質試験ではほとんど破砕しないこと、この廃陶磁器破砕片は下層路盤材料として利用できることが明らかとなった。また、軟弱な粘土と混合した場合、強度の改良を期待する場合は乾燥質量比で廃陶磁器の割合が40%以上必要であることがわかった。

【参考文献】

- 1) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部：平成19年度事業 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 平成17年度実績, p.72, 2008.
- 2) 稗良太, 鬼塚克忠, 根上武仁：廃陶磁器と固化材による軟弱な建設発生土の地盤材料化について, 平成19年度土木学会西部支部研究発表会, 2008.
- 3) 地盤工学会編：土質試験の方法と解説, p.902, 2000.
- 4) (社)地盤工学会：粗粒材料の現場締め, p.254, 1990.

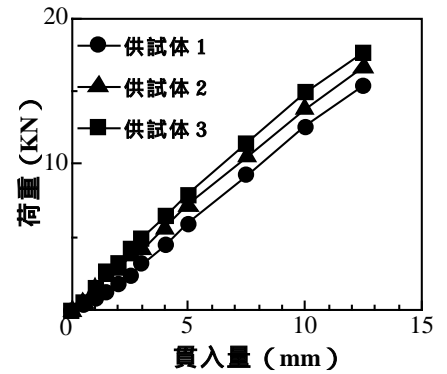


図-2 荷重-貫入量曲線

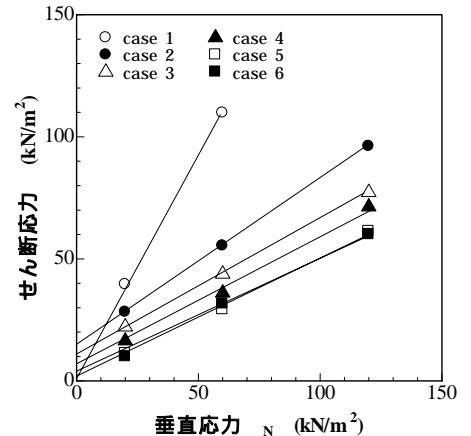


図-3 一面せん断試験結果

表-3 強度定数

	内部摩擦角 (°)	粘着力 c(kN/m ²)
Case1	62	0
Case2	32	15.0
Case3	29	10.5
Case4	26	8.3
Case5	24	3.0
Case6	25	1.5