

建設発生土を粒度調整した粗粒土の繰返しせん断特性

福岡大学工学部 学生員○水田 大輔 稲光 真一
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 吉田 信夫
 西部ガス総合研究所 永住 修平 森 研二

1. はじめに

近年、建設事業においてもリサイクル化¹⁾が計られ、地中管理設工事中においても建設発生土を再利用するために粒度調整や安定処理を施し、用途に応じて使用されている。一方、埋戻しに使用している埋戻し砂は砂分含有量が多いため、過去の地震において、周辺地盤の液状化により地中埋設管の破損等の被害²⁾を受けた事例が数多くある。そこで本研究では、福岡市内のリサイクルセンターにおいて製造された粒度調整粗粒土と現在福岡市で用いられている埋戻し砂を用いて液状化特性を調べた。また、液状化対策として用いられるセメント及び生石灰による安定処理土の効果について、粗粒土を用いた液状化試験の結果についても報告する。

2. 実験概要

図-1、表-1 には実験に使用した 2mm 以下の粗粒土と埋戻し砂の粒径加積曲線と物理特性を示した。粒径は、埋戻し砂に比べ粗粒土の方が砂が多く粒径が均一で、シルト分をほとんど含まない試料である。実験は、空圧制御式三軸せん断試験装置により、非排水繰返しせん断試験を行った。供試体は、直径約 7.5cm 高さ約 15cm の円筒モールドに、最適含水比に調整した試料を 5 層に分けるウェットタンピング法³⁾(WT 法)で相対密度 $Dr=80\%$ になるように供試体作成を行った。なお、安定処理材を混入した場合は、未処理土粗粒土の相対密度 $=80\%$ の時の乾燥単位体積重量 γ_d と同等の値になるように供試体を作成した。その後、通水した後、背圧 $\sigma_{BP}=98\text{kPa}$ を与え、供試体の飽和度を高めた。間隙水圧係数 B 値が 0.96 以上得られたら拘束圧 $p_c'=98\text{kPa}$ で約 1 時間(安定処理材を使用した場合 6 時間)で等方圧密した後、非排水状態で振幅一定の 0.1Hz 正弦波を用いて空圧制御方式により圧縮側から載荷し、両振幅軸ひずみ DA が 10%に達した時をせん断終了とした。安定処理材には普通ポルトランドセメント及び生石灰を用い、混入量は 3%、5%とし、供試体作成の直前に混入した。

3. 実験結果及び考察

3-1. 試料の違いによる影響：粗粒

土と埋戻し砂について、図-2(a) (b)に有効応力経路図を示す。同一応力比であるにも関わらず埋戻し砂では有効応力の低下量が大きく、繰返しに対する抵抗が小さいことが分かる。そこで、図-3 に両試料の両振幅軸ひずみ DA 5%に達した時の繰返し回数と応力比の関係を示す。埋戻し砂の繰返し強度は、粗粒土に比べ小さいことが分かる。その原因として、これまでの研究^{4) 5)}によれば、砂質土に含まれる非塑性のシルトの増加によって、

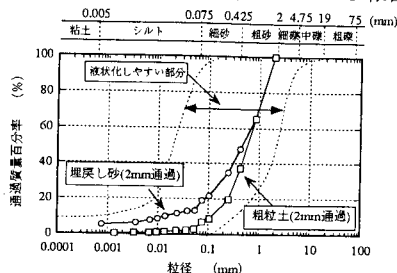
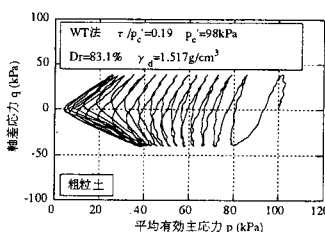


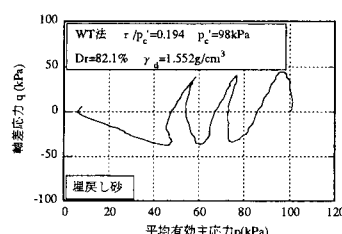
図-1 実験試料の粒径加積曲線

表-1 実験試料の物理特性

	建設発生調整土 (粗粒土)	埋戻し砂
	2mm 通過分	2mm 通過分
比重 G_s	2.647	2.720
均等係数 U_c	6.596	26.017
50%粒径 $D_{50}(\text{mm})$	0.576	0.171
最大粒径 $D_{max}(\text{mm})$	2.0	2.0
最大間隙比 e_{max}	1.033	1.112
最小間隙比 e_{min}	0.686	0.652
最大密度 ρ_{max}	1.570	1.646
最小密度 ρ_{min}	1.302	1.288
塑性限界	NP	NP



(a) 粗粒土



(b) 埋戻し砂

図-2 有効応力経路図

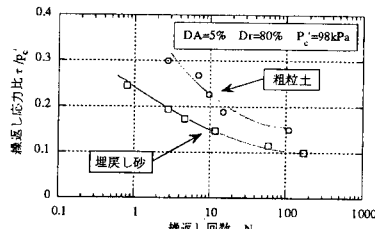


図-3 応力比—繰返し回数の関係

液状化強度は低下することが知られている。今回実験に用いた埋戻し砂は、粗粒土に比べ約 15% のシルト分を含んでおり、このシルト分が繰返しに対する抵抗を弱めたと考えられる。

3-2 安定処理材の混入による影響

図-4、図-5(a) (b) (c) に粗粒土と粗粒土に生石灰とセメントをそれぞれ 5% 混入させた試料の有効応力経路図と軸差応力—軸ひずみの関係をそれぞれ示す。応力比が同一である(a)粗粒土と(b)生石灰混入改良土を比較すると、生石灰混入試料は安定処理したにもかかわらず、繰返しに対する抵抗力の増加は有効応力経路及び軸差応力と軸ひずみ関係にはほとんど見られなかった。これに対して、セメント混入改良土は繰返し応力比が 2 倍以上であるにもかかわらず繰返しに対する有効応力の低下量は小さくなっている。また、密な砂において見られるせん断初期の膨張傾向を示した。軸ひずみに関してもセメント混入試料は圧縮ひずみが抑制されていることが分かる。今回の安定処理材を混入した試料の特徴として、伸張側に急激なひずみが発生して供試体が破壊に至っていることもわかる。図-6 にそれぞれの両振幅ひずみ DA が 5% の時の繰返し回数と応力比の関係を示す。セメントを混入することにより粗粒土は約 3 倍の強度増加が見られるが、生石灰混入による強度の増加はほとんど見られないことが明らかになった。この要因として、生石灰は改良効果としてボゾラン反応による硬化がせん断強度を増加させると考えられるがその効果は数か月から数年かかると言われ、圧密時間が十分ではないことや、改良直後に起こる土粒子の団粒化作用が細粒分が少ないためその効果が現れなかったことなどが挙げられる。図-7 には、繰返し階数 $N=20$ 回における繰返し応力比を液状化強度 R_{120} として整理した結果を示している。この図からも、生石灰による改良効果は混入率が増加してもほとんど見受けられない。しかし、セメント混入による強度増加は著しく、混入率 5% については約 3 倍もの液状化強度の増加が生じている。

4. まとめ

1) 粗粒土は埋戻し砂に比べ細粒分が少なく、繰返しに対する抵抗力が大きい材料である。2) 生石灰による粗粒土の改良効果は圧密時間 6 時間ではほとんど見られなかった。一方セメントによる粗粒土の改良効果はセメント混入率 3% でも十分な液状化強度の改良効果が現れた。

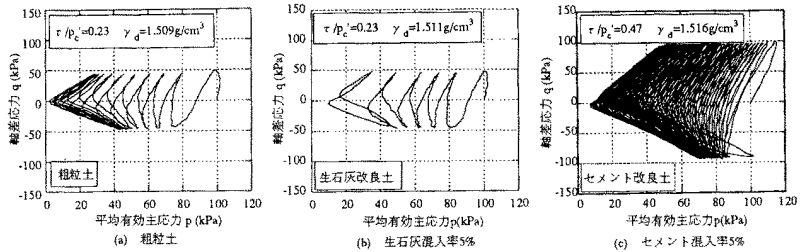


図-4 有効応力経路図

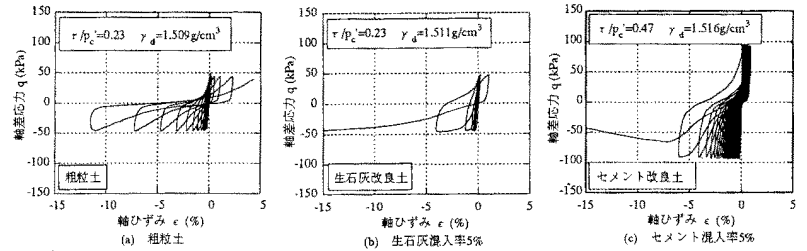


図-5 軸差応力—軸ひずみの関係

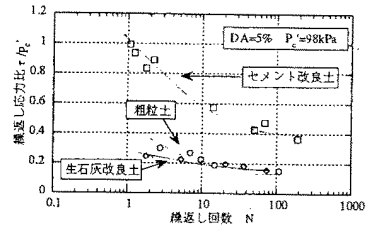


図-6 応力比—繰返し回数の関係

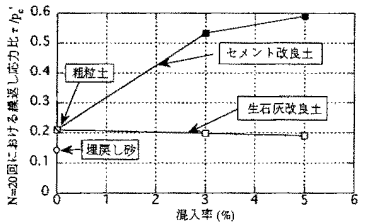


図-7 液状化強度 R_{120} 、安定材混入率の関係

<参考文献>1) 土木研究センター：建設発生土利用技術マニュアル pp.1～2、1994 2) 安田進：北海道南西沖地震における長万部町の下水道被害に関する考察、第 30 回土質工学研究発表会公論概要集 pp.973～974、1995 3) 下川裕己：ガス導管工事における建設発生土の液状化特性、平成 9 年土木学会西部支部研究発表会-其の 1 pp.404～405 4) 黄大振ら：シルトを含む砂のせん断特性について、土木学会論文集 No.463/III-22pp.27～28、1993 5) 佐藤正行ら：細粒分が埋立地盤の液状化特性に及ぼす影響に関する基礎的研究、土木学会論文集 No.561/III-38pp.273～274、1997