

## 石灰処理した掘削改良土の液状化強度の経時的増加

大阪ガスエンジニアリング 正 小川安雄 正 濱田耕一

オージーロード 大森和男 細谷耕一 小川一夫

日建設計シビル 正 大石幹太 正 大野雅幸 フェロー 角南進

### 1. はじめに

道路掘削土に石灰を混合して再利用を可能とした改良土（以下、SR 土）は、山砂の代替材として管路の埋戻しなどに用いられてきた実績がある。近年、地震時の埋戻し部の液状化による地盤沈下や管路施設の浮き上がりといった被災が生じており、埋戻し地盤の液状化対策が求められるようになってきている。そこで、SR 土の埋戻し材としての地震時の液状化抵抗性能を把握するために、液状化強度に関して一連の試験を実施した。前報<sup>1)</sup>では、SR 土の基本的な液状化特性として、製造時の SR 土の粒度範囲を考慮し、その品質の範囲における液状化抵抗性能を検討した。その結果、液状化強度に与える粒度の影響が小さいこと、一般的な埋戻し材（砂質土）に比べて高い液状化強度（締固め度 95%で 0.75）を有していることが示された。これに引き続き本報では、SR 土の強度の長期特性として、石灰添加による固結性の発現の可能性を考慮して液状化強度の経時的増加特性の有無について検討を行った。

### 2. 検討方法

(1) 実験試料：前報における粒度範囲を考慮した検討では、品質管理データを基に SR 土の粒度範囲の上限・下限に粒度調整した試料を用いたが、本検討では粒度調整工程での乾燥等が固結性に影響を与える可能性を考慮して、これを避けるために製造された状態のままの SR 土試料を実験試料として用いた。ただし、液状化試験および一軸圧縮試験に用いる供試体寸法（直径 10cm）を考慮して、粒径 19mm 以上の礫分は取り除いた。図 1 に本検討に用いた SR 土試料の粒度を示す。本検討用の試料の粒度は、前報で用いた上限粒度試料とほぼ同じであった。図 2 は締固め試験 A 法で求めた締固め特性である。本検討用試料の最大乾燥密度・最適含水比は、 $1.906 \text{ g/cm}^3 \cdot 11.7\%$  であり。締固め特性でも前報の上限粒度試料（ $1.900 \text{ g/cm}^3 \cdot 11.5\%$ ）とほぼ同じ傾向を示した。

(2) 実験方法：強度の経時変化を調べるため、供試体の養生なし/ありの 2 条件で一軸圧縮試験及び繰返し非排水三軸試験を実施した。供試体（直径 10cm、高さ 20cm）は、路床土の一般的な施工管理条件である締固め度  $D_c = 90\%$  の密度となるように、モールドを用いて 4 層の静的締固めにより作製した。養生なしの条件では、実施工における施工直後を想定して供試体作製後直ちに実験を実施した。養生ありの条件では、図 3 に示すような方法で約 8 ヶ月水浸養生を行った。水浸養生はモールドごとに行い、養生期間中は供試体上端に約 5kg の錘を載せ上戴荷重を作用させた。

液状化試験では、供試体の飽和を二重負圧で行い、拘束圧 49kPa（背圧 196kPa）で 2 時間等方圧密後、0.1Hz の正弦波で繰返し载荷した。一軸圧縮試験では、サクシオンによる一軸圧縮強さへの影響を低減するために、二重負圧で飽和させた供試体に対し三軸試験装置を用いて側方応力 0 の条件下でせん断試験を実施した。ただし、図 4 の予備試験（養生 0 日）の結果に示すように、非排水条件では間隙水

キーワード 発生土、リサイクル土、石灰処理、液状化強度

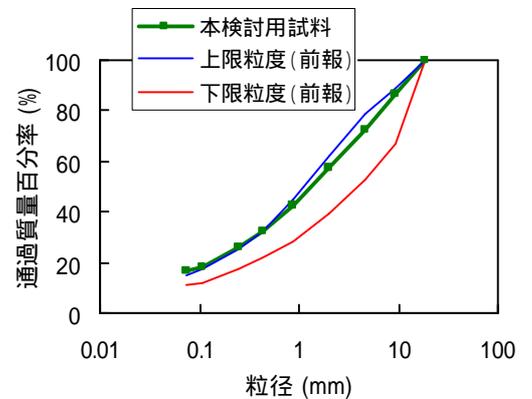


図 1 実験試料の粒度

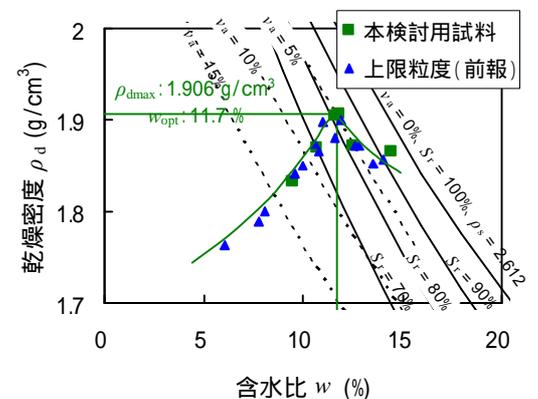


図 2 実験試料の締固め特性

キーワード 発生土、リサイクル土、石灰処理、液状化強度

連絡先 〒162-0822 東京都新宿区下宮比町 2-23 (株)日建設計シビル Tel:070-5450-5140

表1 試験条件一覧

	試験	$T_c$ (日)	$D_{50}$ (mm)	$F_c$ (%)	締固め度 $D_c$ (%)	乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )
本報告	一軸	0	1.3	16.4	90.3	1.720
		240			90.1	1.718
	液状化	0			90.5	1.725
		240			90.6	1.727
前報 (上限粒度)		0	1.0	15.5	90.1	1.712
					94.7	1.799

圧に最大 50kPa 程度の負圧が生じ、せん断中の有効拘束圧により一軸圧縮強さに占める の影響が大きくなることで相対的に粘着力  $c$  の評価が難しくなる恐れがあったため、せん断は排水条件とした。表 1 に各ケースの試験条件を示す ( $D_c$ 、 $\rho_d$  は供試体平均値)。供試体の  $B$  値は液状化試験では 0.98 以上、一軸圧縮試験では 0.9 以上であった。

3. 試験結果

図 5 は一軸圧縮試験の結果である。一軸圧縮強さは、養生 0 日で 35.1kPa、養生 240 日で 74.0kPa となり、水浸養生による時間経過とともに強度が増加する傾向を示した。強度増加は時間経過に伴う SR 土の固化が要因と考えられることから、ポゾラン反応などの固化によって 240 日間で約 40kPa の強度増加が生じたと考えられる。なお、予備実験 (図 4) は、本実験 (図 5) に比べ一軸圧縮強さが大きい結果となっているが、予備実験における供試体はせん断前の  $B$  値で 0.6~0.7 と本実験に比べて不飽和状態であったことが要因と考えられる。

図 6 に液状化試験の結果から得られた液状化強度曲線を示す。同図には、前報の上限粒度試料の結果も併せて示している。液状化強度  $R_L$  は、繰返し回数  $N_c = 20$  回で両振幅軸ひずみ  $DA = 5\%$  に達する時の応力振幅比として求めた。養生 0 日と養生 240 日の液状化強度はそれぞれ 0.36 と 0.775 と求められ、240 日間の水浸養生によって液状化強度が 2 倍以上増加していることが分かる。このことから、SR 土には固化による経時的な液状化強度の増加特性があるものと考えられる。また、養生 0 日と養生 240 日の液状化強度が、それぞれ上限粒度・ $D_c = 90\%$  ( $R_L=0.355$ ) と  $95\%$  ( $R_L=0.75$ ) とほぼ同じであることから、養生による固化の発現は  $D_c$  を 90% から 95% に密度増加させた場合と同様の効果があることが示唆される。

4. まとめ

SR 土の経時的強度増加特性について、以下の知見が得られた。

- ・ SR 土は、時間経過に伴う固化の発現が要因と考えられる経時的強度増加傾向を示す。
- ・ 一軸圧縮強さは材齢 8 ヶ月で約 2 倍の増加を示し、約 40kPa の粘着力増加が生じたと考えられる。
- ・ 液状化強度は 8 ヶ月間の養生で 0.36 から 0.775 と 2 倍以上の増加を示した。

参考文献:1) 小川ら:石灰処理した掘削改良土の液状化強度特性、土木学会題 61 回年次学術講演会概要集、pp263-264、2006。

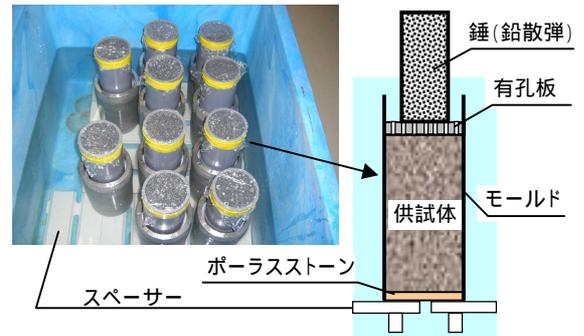


図3 供試体養生方法

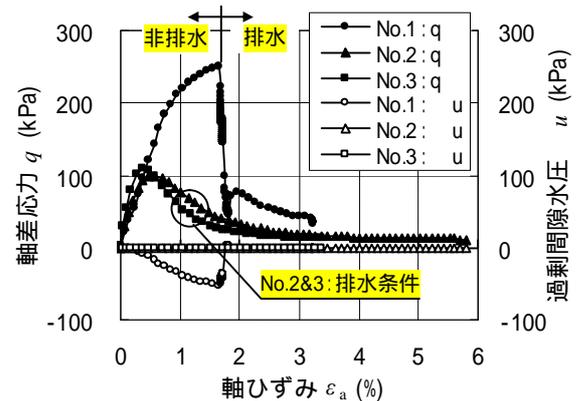


図4 一軸圧縮試験に関する予備実験結果

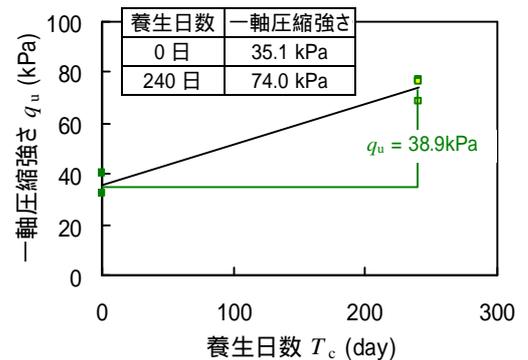


図5 一軸圧縮強さの経時変化

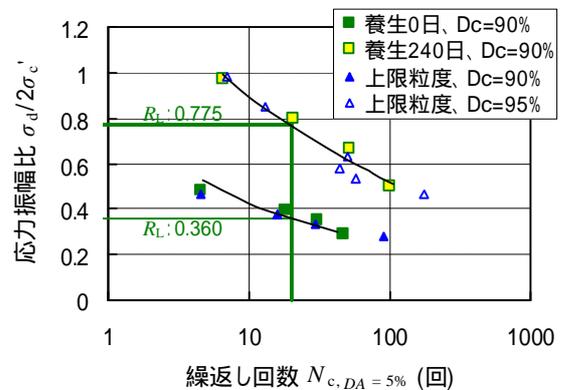


図6 液状化強度の経時変化