

第Ⅲ部門 過圧密砂質土の液状化強度特性に関する一考察

大阪工業大学大学院 学生員 ○紙谷 恵介
 大阪工業大学 正会員 日置 和昭
 大阪工業大学 正会員 長谷川昌弘
 地域地盤環境研究所 正会員 本郷 隆夫

1. はじめに

液状化対策工法の1つに過圧密効果を利用して液状化強度を増大させるプレローディング工法がある。過圧密効果の実証事例^{1),2)}はあるが、設計法については確立されていないのが現状である。本研究では、様々な砂質試料を対象に、繰返し定体積一面せん断試験^{3),4)}を実施し、液状化強度の視点から砂質土の過圧密効果について種々の検討を行った。

2. 試料および試験方法

試験に用いた試料の諸性質を表1に示す。試料は、試料A：豊浦標準砂，試料B：大阪市内で採取した沖積砂，試料C：奈良県生駒山で採取された購入まさ土，試料D：大阪府吹田市内で採取した砂質土，試料E：大阪府内の工事現場で採取した砂質土の5種類である。

表1 試料の物理特性

	試料A	試料B	試料C	試料D	試料E
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.648	2.628	2.690	2.601	2.642
砂分 (%)	100.0	100.0	95.2	85.4	73.4
シルト分 (%)	0.0	0.0	2.9	3.2	10.3
粘土分 (%)	0.0	0.0	1.9	11.4	16.3
最大間隙比 e_{max}	0.984	0.884	0.899	1.003	1.115
最小間隙比 e_{min}	0.615	0.467	0.372	0.624	0.704
圧縮指数 C_c	0.084	0.112	0.280	0.249	0.344

以下に、繰返し定体積一面せん断試験の基本的な流れを示す。

- 乾燥試料をほぼ飽和状態となるようにあらかじめ含水調整を行った後、相対密度が $D_r=50\%$ となるように締め固め法により均質に詰めた。このとき、圧縮による沈下を考慮して供試体高さを0.1~3.0mm程度高くするとともに、あらかじめ隙間設定ねじを用いて下部せん断箱（固定箱）と上部せん断箱（可動箱）との隙間を0.5mmとなるように設定した。
- 繰返し定体積一面せん断試験は正規圧密と過圧密の状態で行った。正規圧密状態では垂直応力を $\sigma_v=100\text{kN/m}^2$ として、また過圧密状態では垂直応力を $\sigma_v=100\text{kN/m}^2$ 、先行圧縮応力を $\sigma'_v=200, 300, 400\text{ kN/m}^2$ とした。圧縮に要した時間は概ね5~15minであり、これは3r法によって算定した圧縮時間である。
- せん断速度0.4mm/sで応力制御による繰返しせん断を行った。試料毎に繰返しせん断応力比 τ_d/σ_v を0.05~0.4の範囲で3~4ケース試験を実施した。せん断中は定体積条件を満足させるため、垂直変位が生じないように加圧軸をロックした。また、試験時の飽和度を確認するため、試験後における試料の含水比を測定した。試験後の飽和度は試料によって異なるが、概ね90~95%であった。
- 試験結果の整理方法としては、まず有効応力減少比 $\sigma'/\sigma_v=0.05$ に達する繰返し回数 N を液状化強度と定義し、繰返しせん断応力比 τ_d/σ_v との関係を求め、液状化強度曲線を描いた。次に、正規圧密状態（OCR=1）

での繰返し回数 $N=10$ における繰返しせん断応力比を R_1 、過圧密状態 ($OCR=2, 3, 4$) での繰返し回数 $N=10$ における繰返しせん断応力比を R_2, R_3, R_4 とし、 $R_2/R_1, R_3/R_1, R_4/R_1$ を過圧密効果と定義した。

3. 試験結果および考察

過圧密効果と過圧密比 OCR の関係を図1に、過圧密効果と圧縮指数 C_c の関係を図2に示す。前者には、過圧密効果 $= (OCR)^n$ として表現した場合の n を併せて示し、後者には、過圧密効果 $= mC_c + 1$ として表現した場合の m を併せて示す ($C_c=0$ のとき、過圧密効果は1であると仮定した)。まず、過圧密効果 $= (OCR)^n$ として表現した場合の n に着目すると、試料A (豊浦標準砂) では $n \doteq 0.2 \sim 0.3$ となっており、龍岡らの報告⁵⁾とほぼ一致する結果となった。また n は、試料E ($n \doteq 0.90$)、試料D ($n \doteq 0.70$)、試料C ($n \doteq 0.55$)、試料B ($n \doteq 0.3$)、試料A ($n \doteq 0.2$) の順に大きくなっており、過圧密効果は試料の違いによって大きく異なることが確認された。次に、過圧密効果 $= mC_c + 1$ として表現した場合の m に着目すると、試料C (まさ土) を除けば試料の違いにかかわらず、 $OCR=2.0$ のとき $m \doteq 2.0$ 、 $OCR=3.0$ のとき $m \doteq 4.0$ 、 $OCR=4.0$ のとき $m \doteq 6.5$ となっており、過圧密効果は C_c と高い相関性を示すことが明らかとなった。なお、まさ土 (試料C) については、液状化強度の特殊性 (密度依存性が小さいこと) が風間ら⁶⁾によって指摘されている。

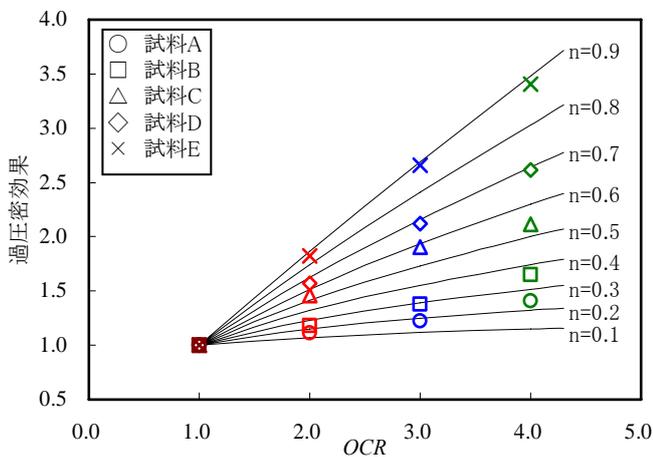


図1 過圧密効果と過圧密比の関係

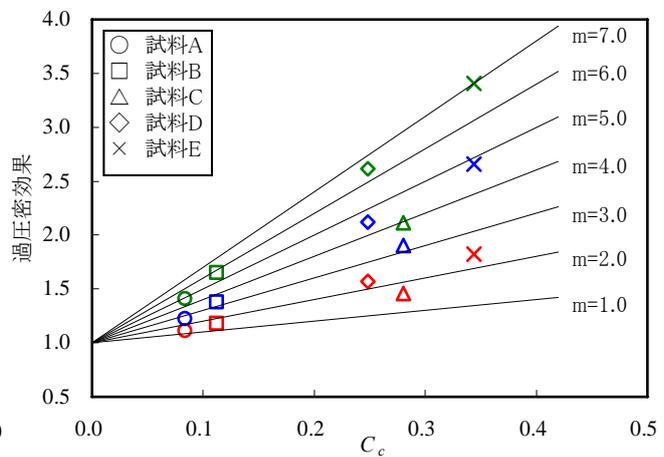


図2 過圧密効果と圧縮指数の関係

4. おわりに

本研究では、過圧密履歴を受けた砂質地盤の液状化強度特性について検討を行い、過圧密効果は試料の違いによって大きく異なること、過圧密効果は試料の違いにかかわらず C_c と高い相関性を示すこと、を明らかにした。今後は、さらにデータを蓄積し、液状化対策としてのプレローディング工法的设计手法の確立に貢献したい。

参考文献

- 1) 地盤工学会, 土木学会: 阪神・淡路大震災調査報告, 土木構造物の被害原因の分析, 第6章, 地盤・土構造物, 6.4.2, ポートアイランド及び六甲アイランドにおける地盤改良の効果, pp.105~115, 1998.
- 2) 橋本隆雄, 安田進: 鳥取県西部地震における住宅の液状化被害と地下水位の関係, 土木学会第57回年次学術講演会講演集, pp.1027~1028, 2002.
- 3) 大島昭彦, 高田直俊, 住武人, 本郷隆夫: 砂質土の繰返し定体積一面せん断試験と繰返し非排水三軸試験の比較, 土木学会第53回年次学術講演会, III-A73, pp.144~145, 1998.
- 4) 紙谷恵介, 長谷川昌弘, 本郷隆夫: 繰返し定体積一面せん断試験の液状化試験への適用性に関する研究, 土木学会第62回年次学術講演会, III-314, 2007.
- 5) Tatsuoka, F., Kato, H., Kimura, M. and Pradhan, T.B.S: Liquefaction Strength of Sands Subjected to Sustained Pressure, Soil and Foundations, Vol.28, No1, pp.119~131, 1988.
- 6) 風間基樹, 加賀谷俊和, 柳澤栄司: まさ土の液状化抵抗の特殊性, 土木学会論文集, No.645/III-50, pp.153~166, 2000.