

液状化した砂の流動特性に関する実験的研究

九州工業大学工学部 正会員 ○永瀬 英生

九州工業大学工学部 正会員 廣岡 明彦

九州工業大学大学院 学生員 柳畑 亨

1. はじめに

1995年1月17日未明に発生した兵庫県南部地震により、神戸ポートアイランド島を中心とした地域で液状化被害が発生した。これを契機として、液状化した地盤の残留強度の評価についての議論が活発化しているが、これまでこのような残留強度の評価に関する研究はあまりなされていないのが現状である。

そこで、等方応力状態における砂の液状化後の変形特性に関する実験を行ったので以下に報告する。

2. 実験方法

実験には、試料として豊浦標準砂 ($G_s=2.637$, $e_{\max}=0.973$, $e_{\min}=0.609$) を、供試体作製方法として、不飽和砂凍結法と空中落下法を用いた。供試体は高さ15cm、直径約7.4cmの円筒形である。供試体作製後、間隙空気を二酸化炭素で置換して脱気水を通水し、背圧を196kPa与えて飽和化している。なお、間隙圧係数B値は0.93~0.94であった。今回の実験手順を以下に述べる。①有効拘束圧 $\sigma'_0=98\text{kPa}$ で等方圧密する。②非排水状態にして繰返し三軸試験を行い、両振幅軸ひずみ $DA=10\%$ になるサイクルまで繰返し載荷する。ただし、繰返し載荷は伸張側から1サイクルを開始している。③繰返し試験終了後、荷重制御方式で非排水三軸圧縮試験を行う。

また、今回の実験では、液状化時点に対する仮定として、ある両振幅軸ひずみにおける繰返し応力比 $R \sim$ 繰返し回数 N_f 曲線上の点は、どの点においても液状化安全率 $F_L=1$ であるとしている。

3. 実験結果

表-1に今回行った実験の一覧を示す。

表-1 実験結果一覧

相対密度 $Dr(\%)$	供試体作製方法	間隙比 e	繰返し 応力比, R	繰返し回数 N_f
-0.4	不飽和砂凍結法	0.975	0.104	7
6.2	不飽和砂凍結法	0.951	0.092	140
16.2	不飽和砂凍結法	0.914	0.111	10
30.5	不飽和砂凍結法	0.862	0.128	33
32.0	空中落下法	0.857	0.116	2
37.8	不飽和砂凍結法	0.835	0.132	77

図-1に液状化後の非排水三軸圧縮試験における軸差応力 $q \sim$ 軸ひずみ ϵ 関係を示す。この図より、相対密度 Dr が17%未満では $q \sim \epsilon$ 関係はほとんど変わらないことがわかる。この Dr の範囲は、静的液状化を生じる、すなわち非排水せん断時に体積収縮傾向のみを示す領域¹⁾であり、この性質が $q \sim \epsilon$ 関係に影響を及ぼしている

のではないかと考えられる。図-2は液状化後の非排水三軸圧縮試験における軸差応力 $q \sim$ 軸ひずみ ϵ 関係を低剛性域 ϵ_L を用いてバイ・リニアで近似できる²⁾と仮定したときの各状態量の定義を表している。近似式を以下に示す。

$$q = G_1 \epsilon \quad (\epsilon \leq \epsilon_L)$$

$$q = G_1 \epsilon_L + G_2 (\epsilon - \epsilon_L) \quad (\epsilon > \epsilon_L)$$

図-3に低剛性域 $\epsilon_L \sim$ 相対密度 Dr 関係を示す。この図より、 ϵ_L は Dr が増加するに伴ってははじめは緩やかに減少していき、 $Dr=35\%$ を境界として急激に減少していることがわかる。また、このデータからは、供試体作製方法の違いによる影響は見られないようである。図-4にバイ・リニアの傾き $G_1, G_2 \sim$ 低剛性域 ϵ_L 関係を示す。

この図より ε_L の増加に伴い G_1 、 G_2 ともに減少していることがわかる。

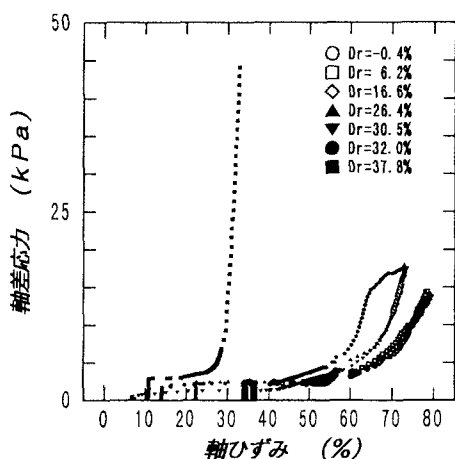


図-1 $q \sim \varepsilon$ 関係

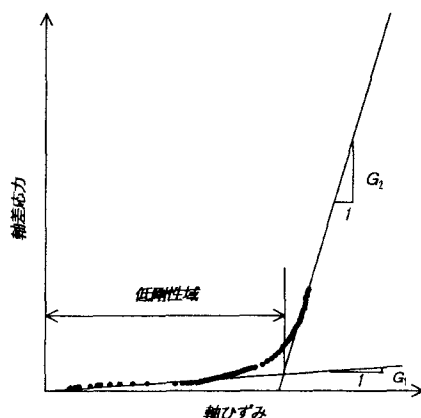


図-2 各状態量の定義

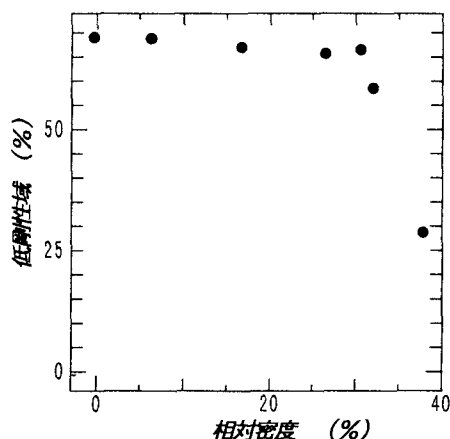


図-3 $\varepsilon_L \sim Dr$ 関係

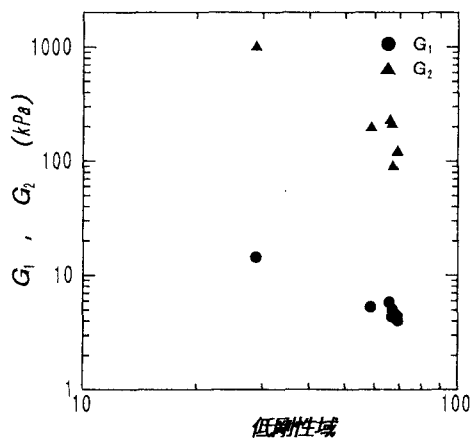


図-4 $G_1, G_2 \sim \varepsilon_L$ 関係

4. まとめ

液状化した砂の流動特性を調べるために、繰返し非排水三軸試験と非排水三軸圧縮試験を行った。その結果、液状化後の軸差応力 $\sim$ 軸ひずみ関係において、静的液状化現象が観察される範囲では密度による違いはほとんどないことが明らかとなった。最後に、本研究に際して九州工業大学工学部4年生津末明義君の協力を得た。末筆ながら感謝する次第である。

《参考文献》

- 1) 柳畑 亨：三軸圧縮試験による超緩詰め砂の液状化，九州工業大学大学院修士論文，1994.
- 2) 安田 進・他：液状化後の変形特性を用いた砂地盤の簡易変形予測，第30回土質工学会研究発表会講演概要集，pp.809-810，1995.