

III-254

液状化後の残留沈下予測に関する基礎的研究

佐藤工業(株) 正会員 稲童丸 征巳

同 上 正会員 辻野 修一

同 上 正会員 吉田 望

1. はじめに

液状化が発生すると地盤は過剰間隙水圧が上昇し、土粒子間の有効応力が失われ、地盤の支持力は低下する。その後、発生した過剰間隙水圧が消散してゆく過程において、地盤は沈下しつつ支持力を回復する。この間、例えば杭では地盤の沈下に伴う軸力の増加が、埋設構造物では不同沈下に伴う被害などが想定され、沈下量の定量予測は重要と考えられるが、関連した研究はほとんど行なわれていないようである。本研究では、その基本的なメカニズムを探るため繰返し三軸試験機を用いて実験を実施した。

2. 実験方法

繰返し三軸試験機により等方圧密状態から非排水繰返し載荷の後、過剰間隙水圧を消散させ体積変化と過剰間隙水圧の関係を調べた。試料は豊浦標準砂を用い、空中落下法により相対密度45%の供試体を作製した。供試体の自立圧は 0.05 kgf/cm^2 とし、 CO_2 と脱気水を通した後、バックプレッシャーを 2.0 kgf/cm^2 かけた。有効拘束圧 0.5 kgf/cm^2 まで等方圧密を行なった後一時間放置した。その後、 0.1 Hz の正弦波により応力比 0.16 で繰返しせん断応力を作用させた。せん断後、供試体からビュレットに過剰間隙水圧が 0 になるまで排水させ体積変化を計測した。体積変化の計測にはビュレットに取り付けた差圧計を用いた。今回の実験の間隙比—有効拘束圧関係は、図-1のようになる。図中のA点が供試体自立時を示しており、圧密によりB点まで変化する。その後、非排水状態でせん断することにより、間隙水圧が上昇（有効応力が減少）しC点にいたる。その後、非排水状態でせん断することにより、体積変化が生じD点に至る。表-1に実験ケースを示す。

表-1 実験ケース一覧

供試体 番号	液状化繰 返し回数	載荷回数	安全率	間隙比		
				初期	圧密後	排水後
T-1	—	5.5	1.17	0.807	0.797	0.795
T-2	14	14	1.00	0.810	0.803	0.775
T-3	6	7	0.97	0.812	0.803	0.752
T-4	13	18.5	0.93	0.806	0.794	0.740
T-5	11	16.5	0.93	0.809	0.801	0.737
T-6	7	12.5	0.91	0.817	0.810	0.732
T-7	9	22.5	0.86	0.808	0.802	0.724

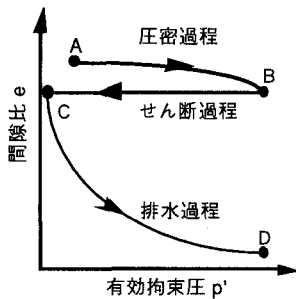


図-1 実験時の間隙比—有効拘束圧変化

3. 実験結果と考察

図-2に、各実験ケースの間隙比と有効拘束圧の関係を示す。図中の上部が圧密過程、下部が過剰間隙水圧消散過程（以下消散過程）である。T-1のケースでは、初期液状化にいたる前に載荷を終了しており、圧密過程と消散過程は同じような傾向を示した。しかし、その他のケースでは消散過程初期においては有効応力の回復に伴う間隙比の低下は著しく、その後はほぼ圧密過程と同じ傾向となった。この消散過程初期にみられる間隙比の急激な低下の割合は液状化後の載荷回数の違いにより異なり、液状化後の載荷回数の多い実験ケースほど多くの体積変化を示している。消散過程での体積ひずみと有効拘束圧の関係を図-3に示す。図中には、拘束圧増加による体積ひずみの増加を $K = dp' / d\varepsilon_v = K_0 \cdot p'$ （ここでは $n=0.5$, $K_0=216 \text{ kgf/cm}^2$ を用いた）と仮定した場合の近似曲線も示す。拘束圧 0.1 kgf/cm^2 程度以上についてはほぼ近似できているが、それ以下の拘束圧に対しては近似できていない。

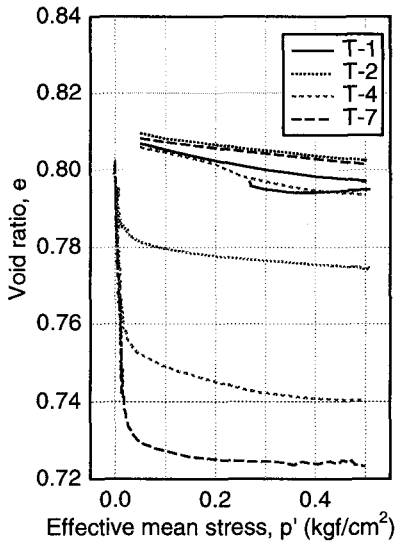


図-2 間隙比－有効拘束圧関係

液状化に至る繰返し回数と載荷回数とから算定²⁾した液状化安全率と体積ひずみの関係を図示すると図-4のようになる。図中には、石原らの液状化安全率－体積ひずみ関係¹⁾もプロットしている。石原らの実験と今回の実験では試験装置（三軸試験と単純せん断試験）や載荷方法（一定振幅とランダム載荷）の違いがあるため一致しない部分が存在するが、ほぼ同等の関係が見られる。さらに、図-5には、体積ひずみとせん断時に発生する最大せん断ひずみの関係を示す。最大せん断ひずみの増加に伴う体積ひずみの増加がみられ、せん断時に供試体の初期粒子構造を乱す程度によってその後の体積変化の程度が異なっており、この粒子構造の乱れの程度を表現できるようなパラメータを用いて残留体積変化量を予測できるようなモデル化手法の可能性が有る。

4. おわりに

今回の実験結果より、過剰間隙水圧消散時の沈下予測に従来用いられてきた解析手法では、予測不可能な部分があることが確認された。それは完全液状化後のせん断に伴うものであり今後この領域の新たな解析手法についての研究が必要であろう。

参考文献

- 1) Nagase, H. and Ishihara, K. (1988): Liquefaction-induced Compaction and Settlement of Sand during Earthquakes, Soils and Foundations, Vol. 28, No. 1, 65-76.
- 2) Tatsuoka, F., Yasuda, S., Iwasaki, T. and Tokida, T. (1980): Normalized Dynamic Undrained Strength of Sands Subjected to Cyclic and Random loading, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 3, pp. 1-16.

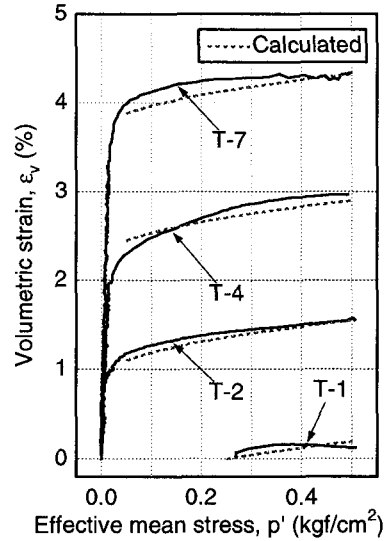


図-3 体積ひずみ－有効拘束圧関係

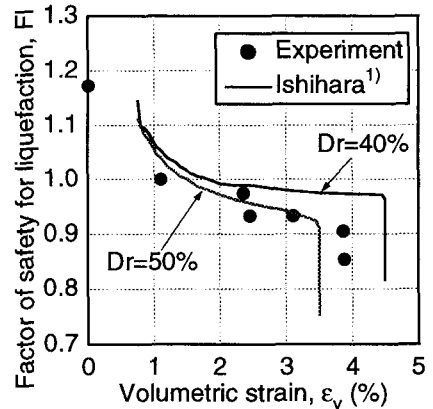


図-4 液状化安全率－体積ひずみ関係

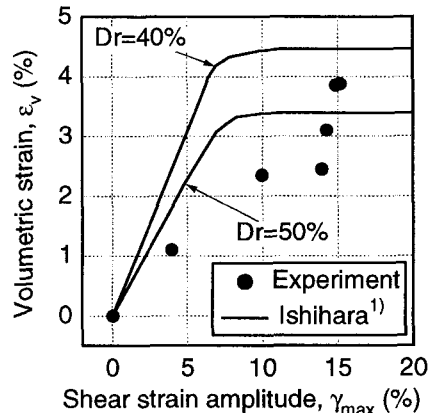


図-5 体積ひずみ－せん断ひずみ振幅関係