

Ⅲ-A67

霞ヶ浦砂の非排水繰返し三軸せん断挙動

東京理科大学 学生会員 清水 譲
 東京理科大学 正会員 石原 研而
 東京理科大学 正会員 塚本 良道

1. はじめに

新潟地震(1964)および兵庫県南部地震(1995)により大規模な地盤の液状化による被害が発生した。その被害への対策を行うにあたり、液状化現象の数値シミュレーションを可能にする砂質土の構成則モデルの確立を目指した研究がなされてきている。本研究では特に、繰返し荷重を受ける土の強度低下過程に着目し、砂質土構成則（Stress-Density Model）の中において重要な指数である状態指数（ I_s ）が霞ヶ浦砂の非排水繰返し三軸せん断挙動へ適応が可能であるかを調べた。

2. 実験方法

供試体寸法は直径 75mm、高さ 150mm であり、霞ヶ浦砂（図 1 参照）を用い湿潤締め固め法で作成した。また間隙比、拘束圧を 50, 100, 200 kPa と変えることにより、異なる初期状態（ $I_s=0.25\sim 4.0$ ）を有する供試体を作製した。そして二酸化炭素と脱気水により供試体を飽和させ、 B 値が 0.96 以上に達した後、所定の圧密応力で等方圧密を行い、圧密終了後、応力制御で周波数 0.1Hz の繰返し対称荷重を載荷し、非排水繰返し三軸試験を行った。

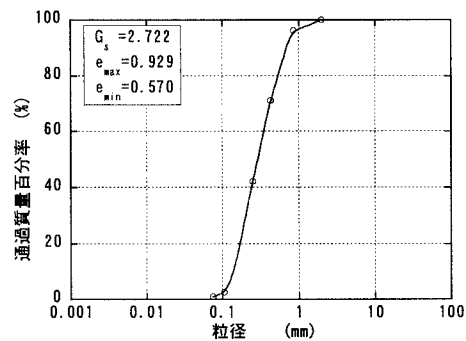


図 1 霞ヶ浦砂の粒径加積曲線

3. 状態指数 I_s の定義

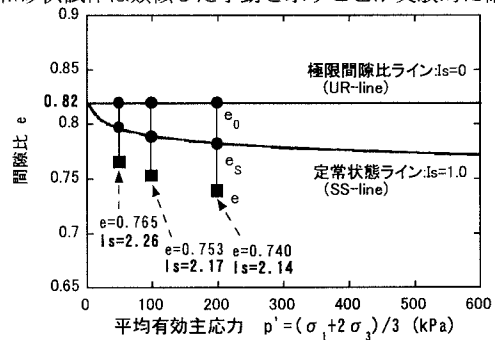
状態指数 I_s とは、 $e-p$ 平面上において、定常状態線と極限間隙線との位置関係により、式 1 のように飽和砂供試体の有する間隙比と拘束圧を同時に考慮し、砂の初期状態を定量的に評価する指数である。ここで定常状態線・極限間隙比線は、空中落下法、湿潤締め固め法、水中落下法の 3 種類により供試体を作製し、非排水三軸圧縮試験および伸張試験により求めた(図 2 参照)。また非排水三軸単調載荷試験においては、状態指数 I_s が同じであれば、異なる拘束圧において飽和砂供試体は類似した挙動を示すことが実験的に確かめられている。

$$I_s = \frac{e_0 - e}{e_0 - e_s} \quad \text{----- (式 1)}$$

e_0 : 極限間隙比 (霞ヶ浦砂の場合 $e_0=0.82$)

e : 供試体間隙比

e_s : 与えられた有効拘束圧における定常状態線上の間隙比

図 2 I_s の定義

State Index、液状化、繰返しせん断、三軸試験

〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学土質研究室 TEL 0471-24-1501 (内) 4056

4. 実験結果および考察

4-1 状態指数 I_s を用いた応力状態の整理

単調载荷における非排水三軸圧縮・伸張試験では、同一の I_s を有する供試体は、拘束圧によらず有効応力経路・応力-ひずみ曲線が類似した形態を示すことが実験により確認されている。図3は、拘束圧がそれぞれ 50,100,200kPa と異なるが I_s が約 2.2 で同一とみなせる3つの供試体に、同一の応力比 0.3 で繰返し载荷を行った有効応力経路の比較である。過剰間隙水圧の発生に類似性があることがわかる。また、軸ひずみ両振幅 5%に達するまでの繰返し载荷回数 N が、拘束圧によらず 4 回とほぼ等しくなる結果が得られた。また同様な類似性が、 $I_s=0.5, 4.0$ における実験結果でもみられた。つまり、 I_s が同一であれば非排水繰返し三軸せん断時の砂の挙動は類似したダイレタンシー特性を示すと考えられる。しかしながら、応力-ひずみ曲線は単調载荷で見られたような顕著な類似形態があるとは言い切れない結果であった。

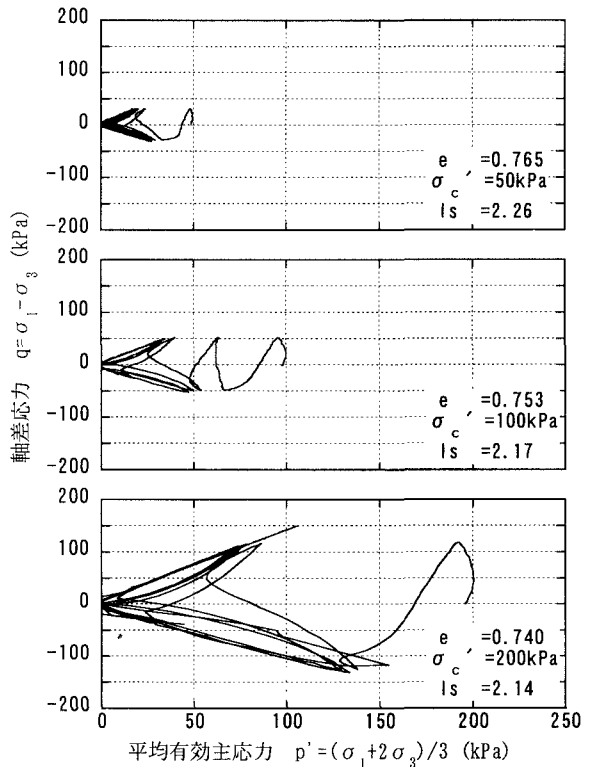


図3 同一 I_s における有効応力経路の比較

4-2 液状化強度曲線

従来、液状化強度曲線は土の相対密度により整理され、相対密度が大きくなるほど液状化強度が大きくなることが確認されていたが、拘束圧の影響は考慮されていなかった。そこで本研究では、間隙比と拘束圧の両方の影響を含んだ定量的な評価が可能である状態指数 I_s により、液状化強度曲線を整理することを試みた (図4参照)。また、それぞれの液状化強度曲線において繰返し载荷回数 20 回時の応力比を液状化強度とし、 I_s と液状化強度の関係を定式化した。霞ヶ浦砂に対しては、 $(\text{液状化強度比}) = 0.116 + 0.036 \cdot I_s$ となり、 I_s による液状化強度の推定が可能となった。

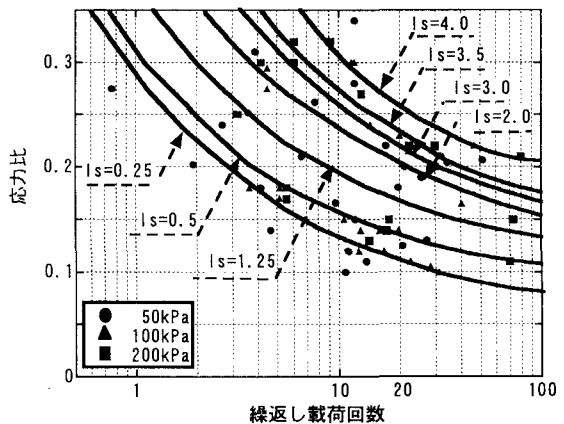


図4 I_s により整理した液状化強度曲線

5. 結論

霞ヶ浦砂に対して等方圧密非排水繰返し三軸試験を行った結果、以下のことがわかった。

- ・ 同一の I_s を有する供試体では、繰返し载荷時、砂の挙動は類似したダイレタンシー特性を示し、有効応力経路は類似した形態を示す。
- ・ 液状化強度曲線を I_s により整理できることを示し、 I_s と液状化強度の関係を定式化した。