

III-181

中ひずみせん断履歴を受けた砂の非排水せん断特性

前田建設工業（株） 正員 飯島 健
 （財）電力中央研究所 正員 西 好一
 同上 正員 小峯 秀雄

1. はじめに 人工島など海洋構造物の建設計画が現在いくつか提示されているが、その場合厳しい気象・外力条件の下での地盤の安定性を評価することが重要となる。特に海底砂地盤の場合、波力の作用により長期間にわたるひずみ履歴を受けており、これを考慮した形での力学特性の把握が肝要である。著者ら¹⁾は中ひずみせん断履歴を加えた試料の非排水繰返しせん断試験を実施し、履歴を受けた砂の特徴を何点か確認している。今回はさらに静的非排水試験の試験結果を加え、特に過剰間隙水圧の挙動に着目して、中ひずみせん断履歴を受けた砂のダイレイタンシー特性と液状化強度との関係について考察した。

2. 試験方法 実験にはセル内にロードセル及びギャップセンサーを取り付け、 $\gamma = 10^{-5} \sim 10^{-3}$ のせん断ひずみが測定可能な振動三軸試験装置を用いた。直径5cm、高さ10cmの豊浦砂供試体を空中落下法により作成し、バックプレッシャー2kgf/cm²を作用させ、拘束圧1kgf/cm²のもとで圧密する。圧密完了後次の3つの供試体を準備し、非排水繰返しせん断試験及びひずみ速度0.26%/minの静的非排水せん断（圧縮及び伸張）試験を実施する。

- ① 中ひずみせん断履歴を加えない供試体（PA）
- ② $\gamma = 5 \sim 7 \times 10^{-4}$ 程度の中ひずみせん断履歴を排水条件下で1万回加えた供試体（SH10⁴）
- ③ $\gamma = 5 \sim 7 \times 10^{-4}$ 程度の中ひずみせん断履歴を排水条件下で10万回加えた供試体（SH10⁵）

3. 試験結果及び考察 Fig. 1に動的試験結果を示す。（ ）内には相対密度の平均値を併記したが中ひずみせん断履歴回数の増加に伴い、相対密度の増加により予想される強度増加以上に液状化強度が著しく増加することがわかる。Fig. 2には静的試験で得られた有効応力径路を示すが、圧縮試験、伸張試験ともに破壊線自体には中ひずみせん断履歴の有無による差異はそれほど明確には見られない。しかし、ダイレイタンシー特性を表わす応力径路の形状は大きく異なり、その違いは伸張試験においてより顕著である。Fig. 3は静的試験での過剰間隙水圧と軸ひずみの関係を示したものであるが、ここでも履歴の有無により過剰間隙水圧の発生状況に明確な違いが見られる。圧縮試験において、過剰間隙水圧のピーク値、ピーク値における軸ひずみ量、過剰間隙水圧が負となる（砂のダイレイタンシー特性が収縮性から膨張性になる）点のひずみ量などはいずれも履歴回数が増すにつれ減少する。伸張試験においては履歴の有無により過剰間隙水圧はまったく異

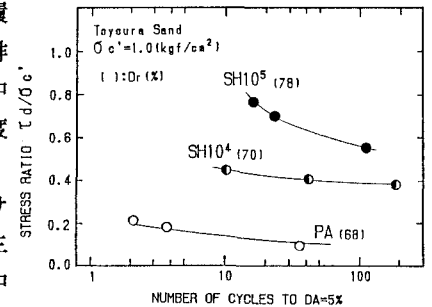


Fig. 1 非排水繰返しせん断試験結果

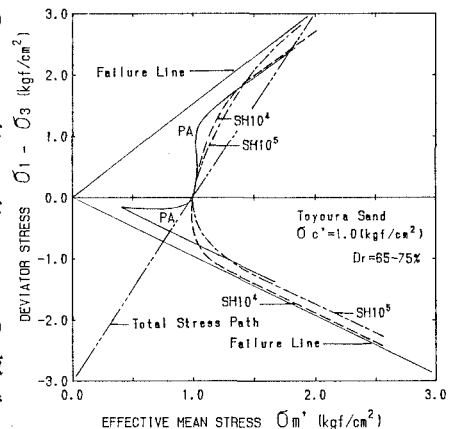


Fig. 2 静的非排水せん断試験の応力径路

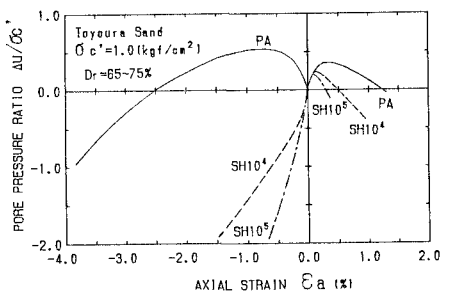


Fig. 3 静的試験における過剰間隙水圧比と軸ひずみとの関係

なる挙動を示す。PA供試体では有効拘束圧の半分にも相当する過剰間隙水圧が発生し、砂が膨張性を示しだす点の軸ひずみ量は2.5%にもなるのに対し、履歴を加えた供試体では常に過剰間隙水圧は負であり、砂は膨張性を示す。液状化現象は過剰間隙水圧の上昇に伴う有効応力の減少により起こると説明できるので、Fig. 1 に示した履歴の有無による液状化強度の違いは、静的試験で明らかになった過剰間隙水圧の発生状況の差異、つまりダイレイタンス特性の差異に起因するものと考えることができる。

Fig. 4 に動的試験における応力経路を静的試験での応力経路に重ね書きしたものを示す。動的試験の実験開始時での応力経路は静的試験の応力経路とよく一致し、履歴を受けた供試体では引張時に負の過剰間隙水圧が発生し有効応力が増加する。一方、PA供試体では小さな軸差応力により急激な過剰間隙水圧の増加に伴う有効応力の減少が見られるため、液状化強度は履歴を加えた供試体に比べ非常に小さくなる。Fig. 5 は初期液状化回数に対する繰返し回数比と軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3 = 0$ における過剰間隙水圧の有効拘束圧に対する比（過剰間隙水圧比）との関係を示したものであるが、履歴を加えた供試体では負の過剰間隙水圧のため液状化抵抗が増す様子がわかる。Fig. 6 に両ひずみ振幅と過剰間隙水圧比との関係を示す。PA供試体ではDAが1%前後で過剰間隙水圧比が0.9にもなり、その後急激にDAが増加するのに対し、履歴を加えた供試体ではDAが2~3%になっても過剰間隙水圧比は0.5程度であり両者の増加傾向がPA供試体に比べゆるやかである。つまりFig. 4 (c) の引張側で顕著なように、履歴を受けた供試体は破壊線に至ってもそれがすぐDAの急増にはつながらず、サイクリックモビリティを示しながらゆるやかにDAが増加するのに対し、PA供試体では破壊線に至ると同時にDAが急増し、ドラスティックな液状化に進行することがわかる。

4. おわりに 海底砂地盤のように長期に渡ってひずみ履歴を受けた地盤の力学特性を把握するために、中ひずみせん断履歴を受けた試料の動的・静的な非排水試験を実施した結果、伸張時のダイレイタンス特性が液状化強度を大きく左右することがわかった。

〈参考文献〉 1) 西・小峯・飯島 (1988) 「拘束圧と中ひずみせん断履歴が液状化強度と初期せん断剛性率との関係に及ぼす影響」 第23回土質工学研究発表会講演集

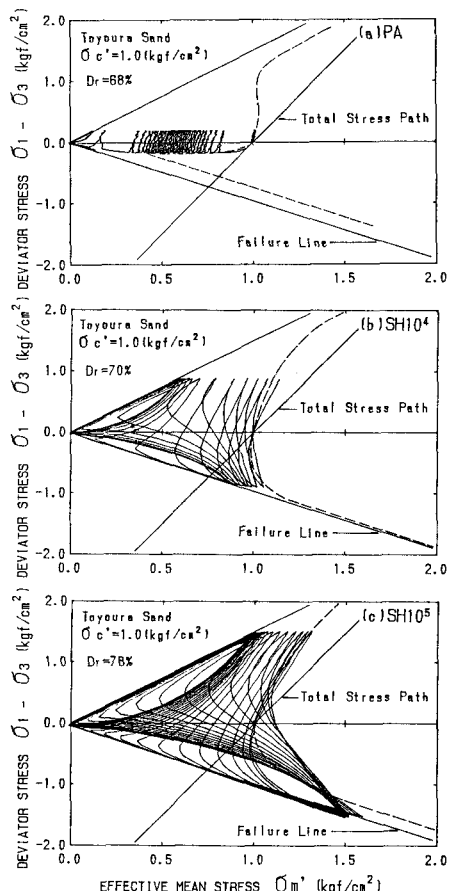


Fig. 4 非排水繰返しせん断試験の応力経路例

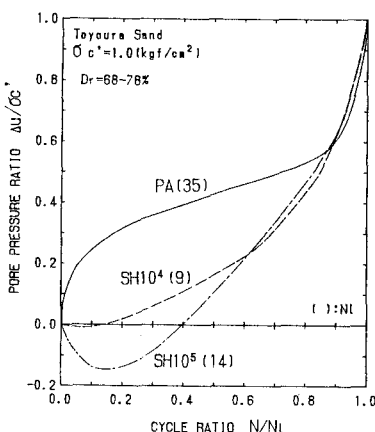


Fig. 5 動的試験における過剰間隙水圧比と繰返し回数比との関係

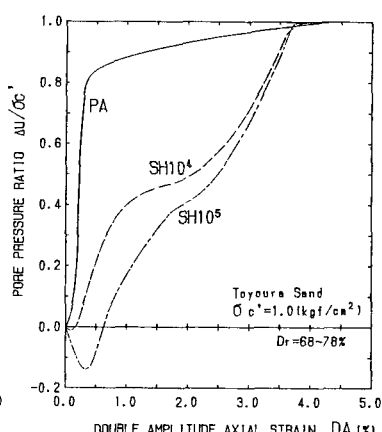


Fig. 6 動的試験における過剰間隙水圧比と両ひずみ振幅との関係