

III-181

液状化した超緩詰め供試体に対するねじりせん断試験

横浜国立大学 工学部 正会員 ○規矩大義
 九州工業大学 工学部 正会員 安田 進
 東京電力（株） 正会員 増田民夫
 九州工業大学 大学院 学生員 板藤 繁

※はじめに※

地震時に地盤の液状化が生じると、その支持力が失われて構造物が沈下・傾斜したり、永久変位のような地盤全体に大変形が生じることが知られている。こうした液状化地盤の挙動を考えると、その強度・変形特性を明らかにすることが重要となってくる。筆者ら^{1, 2)}は、以前から繰返しねじりせん断試験装置を用いて液状化後の地盤の変形特性に関する研究を行ってきた。その結果、地盤のせん断強度や剛性は液状化の進行に伴って大きく低下することや、液状化を激しく生じさせた場合には、その後の静的せん断の過程で、剛性が回復してこない領域（微小抵抗領域）が $\gamma = 60\%$ 以上にも及ぶ結果を得ている。こうした地盤の剛性低下や微小抵抗領域の存在が永久変位の主たる要因であるものと考えている。一方、新潟地震や日本海中部地震では、非常に緩い勾配を有する緩斜面において、10m以上もの永久変位が発生していた事実も報告されており、せん断ひずみで $\gamma = 100\%$ にも達する変形が生じた事例も指摘されている。これらの地盤で行ったスウェーデン式サウンディングの結果によると、これらの地盤はN値が殆どゼロの、非常に緩く堆積した砂地盤であったことが明らかにされている。

そこで本研究では、緩く堆積した地盤の液状化時の挙動を明らかにするため、相対密度 $D_r \approx 0\%$ の超緩詰め供試体を作成し、繰返しねじり試験装置を用いて強度・変形特性試験を行ってみた。結果を以下に報告する。

※実験方法※

実験に用いた試料は豊浦砂である。超緩詰め供試体は、あらかじめ霧吹きで湿らせた不飽和の試料砂を、落下高さを生じさせないようにスプーンで慎重に置いていく方法をとった。こうして作成した外径10cm、内径6cm、高さ10cmの中空供試体を飽和化し、有効拘束圧 $\sigma'_v = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の下で等方圧密した後、実験に移行した。供試体の正確な密度は、実験終了後、乾燥重量を測定して求めることとした。まず、繰返し载荷によって液状化を生じさせた供試体に対して、非排水状態のまま静的せん断を行い、せん断力と回転角、間隙水圧を連続的に測定することによって、

液状化した供試体の応力～ひずみ関係を求めた。なお、静的せん断は $\dot{\gamma} = 10\%/min$ のひずみ制御で行っている。さらに、液状化が生じせずに、圧密後すぐに静的せん断に移行する実験も行い、液状化前後の剛性の変化も明らかにした。Fig. 1に本実験の载荷パターンを示す。

※実験結果および考察※

Fig. 2には、 $D_r = -1.9\%$ の液状化していない供試体に、静的せん断を加えた時の $\gamma \sim \tau$ 、 $\gamma \sim u$ 関係を示す。载荷直後、一旦応力は増加するが、すぐに過剰水圧が発生して応力は減少してくる。ひずみの進行とともに過剰水圧は増加し、 $\gamma = 6\%$ 付近

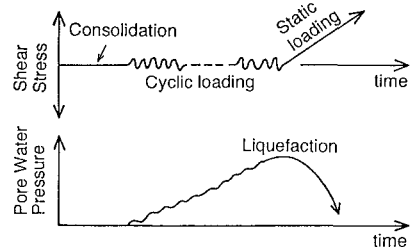


Fig. 1 変形特性実験の载荷パターン

$D_r = -1.9\%$

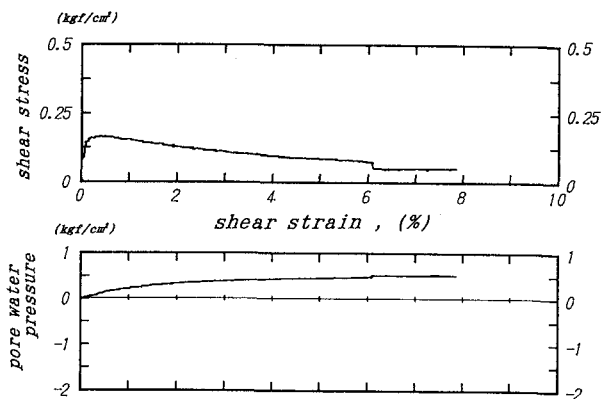


Fig. 2 液状化していない供試体に対する静的せん断過程の応力～ひずみ関係

で $\Delta u = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ となり、静的せん断の過程で既に液状化に達している。一方、Fig. 3(a), (b)には、 $D_r = -5.2\%$, -16.0% の液状化後の供試体に対して、静的せん断を行った際の $\gamma \sim \tau$ 、 $\gamma \sim u$ 関係を示す。このうちせん断応力 τ に関しては、あらかじめメンブレンのみの場合の張力を測定して、実験で得られたせん断力から差し引いている。液状化した供試体では、静的せん断を加えてもほとんど強度を発揮せず、ひずみの進行にともなう強度の回復や、ダイランシーに伴う間隙水圧の低下も見られなかった。今回の実験装置では、せん断ひずみ $\gamma = 60\%$ 以上の範囲で実験を行うことは困難なため断定は出来ないが、さらに大きなひずみが生じて、せん断力は回復してこないものと予想される。

Fig. 4には相対密度 $D_r = 30, 50, 70\%$ の供試体に対して、同様な実験を行った結果²⁾から得た微小抵抗領域の大きさを示すが、 $D_r = 30\%$ 、 $F_L = 1.0$ の供試体の微小抵抗領域が $\gamma \approx 30\%$ 程度であるのに対して、超緩詰め砂の供試体では $\gamma = 60\%$ 以上の微小抵抗領域が存在することが分かった。こうした緩い地盤においては、液状化がさらに激しく発生することも予想されることから、より大きなひずみが生じて、地盤の強度が回復してこないことが予想される。

※おわりに※

今回の実験は、実験ケースも少なく、供試体の作成方法にも問題が多いため、定性的な結果しか得られなかったが、非常に緩く堆積した砂地盤では、かなり大きなせん断ひずみが生じて強度回復がみられず、せん断ひずみで100%にも及ぶ永久変位を説明し得る可能性もあり。今後も試験装置の改良や供試体作成の方法を検討して、データの蓄積を行いたい。なお、本研究は(財)地震予知総合研究振興会の研究委員会活動の一貫として行ったものである。関係各位に感謝する次第である。

※参考文献※

- 1) S. Yasuda, et. al : The Mechanism and A Siplified Procedure for the Analysis of Permanent Ground Displacement due to Liquefaction, Soils and Foundations, Vol. 32, No. 1, pp. 149~160, 1992.
- 2) 安田・増田・規矩・板藤 : 液状化した砂の強度・変形特性に関するねじりせん断試験, 第28回土質工学研究発表会(投稿中), 1993

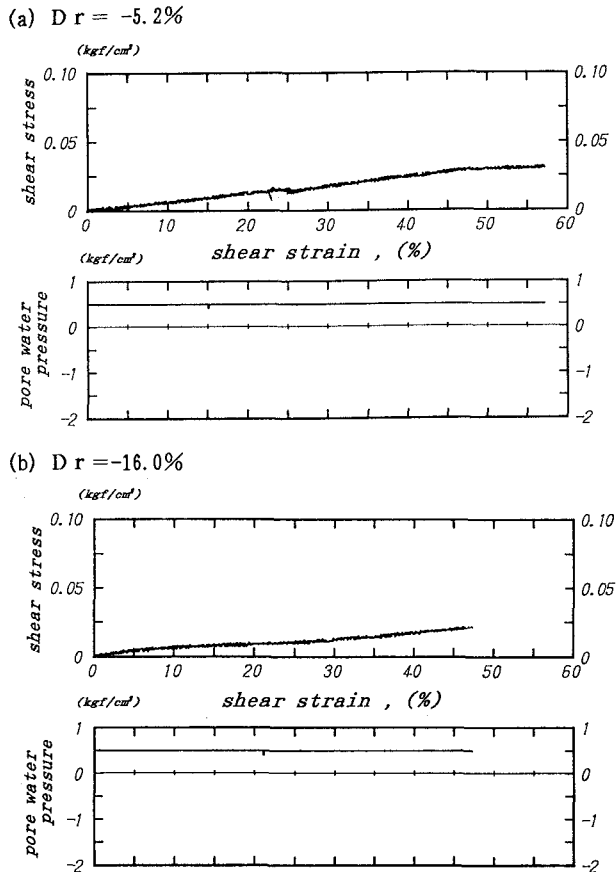


Fig. 3 液状化した供試体に対する静的せん断過程の応力～ひずみ関係

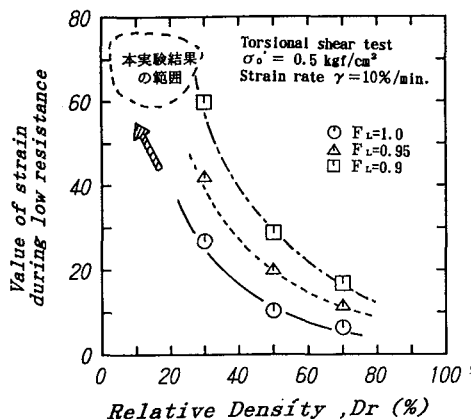


Fig. 4 供試体の相対密度と微小抵抗領域の関係