

Ⅲ－38

砂質土の変形強度特性に及ぼす側方拘束条件の影響

東北大学 学 ○加村 晃良 東北大学 正 風間 基樹
東北大学 正 仙頭 紀明

1. はじめに

地震被害に関して、液状化した地盤では、震動が終息してからも変形が継続して発生する事例が報告されている。これまで、液状化に起因した側方流動メカニズムに関する研究は多くの研究者によってなされてきたが、震動終了後の進行性の破壊変形機構に関する研究事例は少ない。

仙頭ら¹⁾は中空ねじりせん断試験装置を用いて強制膨張せん断試験を行い、大ひずみ領域における土要素のダイレイタンス特性を明らかにした。この試験は、一部に低透水層を有する飽和傾斜砂地盤の応力状態を模擬したものであるが、実地盤の側方拘束条件は厳密には考慮されていない。また、応力状態に伴って変化する K 値（鉛直応力に対する側方応力の比）を測定することは、実験から実現象を捉える上で有益であり、興味深いところである。そこで、本研究では側方拘束条件を考慮した半無限傾斜砂地盤の変形強度特性について実験結果を報告する。

2. 強制膨張せん断試験の方法

供試体寸法は、外径 7cm、内径 3cm、高さ 10cm である。実験に用いた試料は豊浦砂である。供試体は空中落下法で作成した。供試体は 20kPa で予備圧密した後、二酸化炭素、脱気水を供給し飽和させた。背圧を 98kPa 載荷し、30 分ほど静置した。その後、異方圧密を行い、排水量が一定になるまで静置した。傾斜に起因する初期せん断応力は排水条件で与えた。その際、 K 値は一定に保ちながら載荷した。実験ケースを表-1 に示す。実験におけるパラメータは相対密度 Dr 、初期 K 値、初期せん断応力比 τ/σ'_{vo} である。なお、鉛直全応力は一律 100kPa とした。

強制膨張せん断試験では供試体に体積ひずみ速度 0.04%/min で間隙水を注入し、供試体を体積膨張させる。その際、傾斜に起因する一定のせん断応力 τ ($\tau = 0$) を供試体に作用させておく。すなわち、体積膨張に伴って発生した過剰間隙水圧 u により有効応力 p' が減少し、せん断応力比 τ/p' が増加する。その結果、供試体がせん断され、せん断ひずみが発達する一種のせん断試験と見なせる。なお、試験中は円周方向ひずみ、側方ひずみが発生しないようセル圧を制御した。

表-1 実験ケース

	$Dr(\%)$	K	τ/σ'_{vo}	$\sigma'_{vo}(\text{kPa})$
Case1	60	0.5	0.1	100
2	60	1.0	0.1	100
3	60	1.5	0.1	100
4	40	0.5	0.1	100
5	80	0.5	0.1	100
6	60	0.5	0.2	100

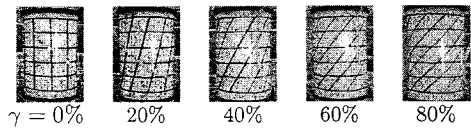


図-1 供試体の変形モード (Case1)

3. 結果と考察

図-1 に Case1 におけるせん断ひずみ 20% ほどの供試体の変形モードを示す。大ひずみ領域 ($\gamma = 80\%$) においても、せん断帯等の局所的な変形は見られず、ほぼ理想的なせん断変形モードを示した。これにより、大ひずみ領域流動変形を概ね模擬できたと考える。

図-2 に K 値の違いに着目した体積ひずみ-せん断ひずみの関係を示す。ダイレイタンス関係は、 K 値によらず非線形な関係となった。図中のプロットは体積ひずみ増分にして約 0.35% ほどのプロットであるが、体積ひずみが大きくなる、つまり供試体の密度が減少するにしたがって、せん断ひずみ増分が大きくなることからわかる。一方で、体積ひずみ-せん断ひずみ関係においては、 K 値ごとの差は顕著にみられなかった。

図-3 に体積ひずみ- K 値の関係を示す。初期 K 値が大きいほど、応力状態が等方になりにくいことがわかる。また、実験初期において K 値が 1.0 を越えて急激に増大した。これは、間隙水の流入によって土の側方に膨らもうとする変形を、セル圧の増加により拘束した結果である。図-4 に K 値の違いに着目した有効応力経路を示す。縦軸のせん断応力は、応力の 2 次不偏量 J_2 から求めた値 ($\sqrt{3J_2}$) である。図中のプロット間隔からもわかるように、実験の初期段階で軸差応力が解消している。

図-5 に相対密度の違いに着目した体積ひずみ-せん断ひずみの関係を示す。図よりわかるように、より密な砂ほどダイレイティブな挙動を示した。図-6 には相対密度ごとの体積ひずみ- K 値関係を示す。図より、密な砂ほど応力状態が等方になりにくい傾向を示している。

る。これらより、傾斜砂地盤が密であるほど、間隙水が流入しても流動変形を起こしにくいことがわかる。

図-7には初期せん断応力比の違いに着目した体積ひずみ-せん断ひずみの関係を示す。図よりわかるように、初期せん断応力比が大きいほど、より小さな体積ひずみで流動状態に達している。これは、流動状態に達したときの空隙比が初期せん断応力比により異なることを示唆している。

4. まとめ

本研究により、以下のような結論が得られた。

- 同一密度の砂では、初期 K 値が大きいほど等方になりにくい。また、 K 値の変化は初期密度に依存している。
- 体積ひずみ-せん断ひずみ関係はいずれのケースも非線形であり、ダイレイタンシー特性は K 値よりも密度に依存している。
- 初期せん断応力比が大きいほど、より小さい体積ひずみでせん断ひずみが急激に発達し、流動状態に至る。

参考文献

- 1) 仙頭紀明ら (2004) : 砂質土の浸透によるせん断破壊時のダイレイタンシー特性に関する中空ねじり試験, 第39回地盤工学研究発表会, pp.441-442

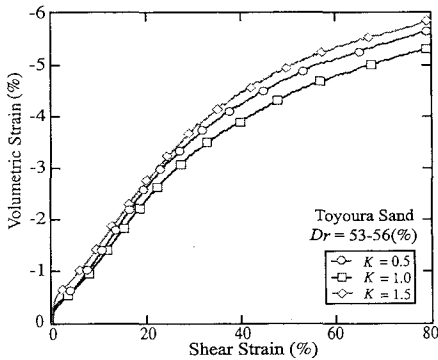


図-2 体積ひずみ-せん断ひずみ関係 (K 値比較)

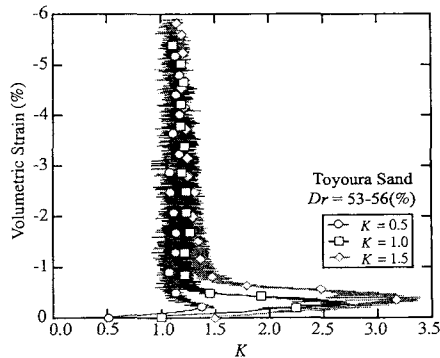


図-3 体積ひずみ- K 関係 (K 値比較)

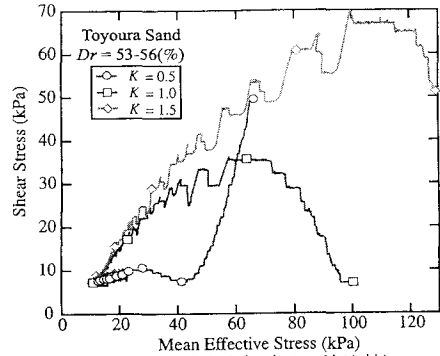


図-4 有効応力経路 (K 値比較)

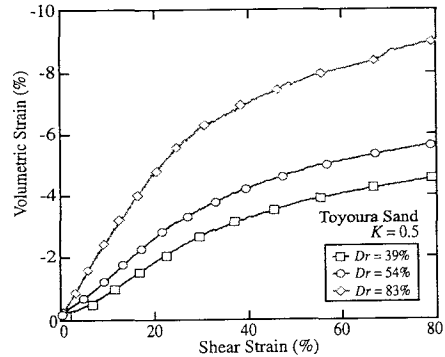


図-5 体積ひずみ-せん断ひずみ関係 (Dr 比較)

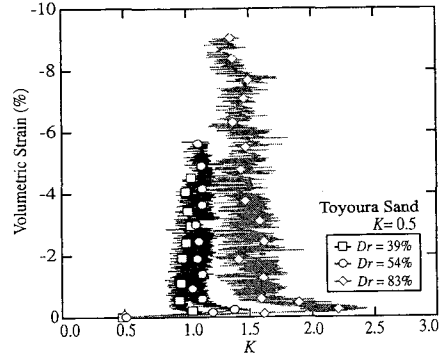


図-6 体積ひずみ- K 関係 (Dr 比較)

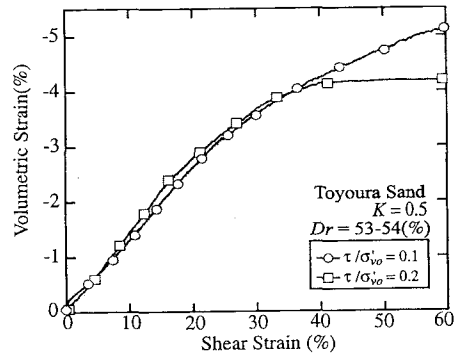


図-7 体積ひずみ-せん断ひずみ関係 (τ/σ'_{vo} 比較)