

京都大学工学部 正会員 吉田 信之  
京都大学大学院 学生会員 ○今村 年成

**1.はじめに** 緩詰め飽和砂の供試体で非排水三軸せん断試験を行なうと、せん断初期にピーク強度を示した後急激なひずみ軟化現象が観察される。このような急激なひずみ軟化は、緩い土構造の崩壊(コラプス)に起因する。本研究ではまさ土を用いて緩詰め供試体を作製し、せん断前の供試体相対密度(間隙比)が等しくなるように調整した圧密非排水三軸圧縮せん断試験を行ない、このコラプス挙動について検討した。

**2.試料と試験方法** **試料** 本研究で用いた試料は琵琶湖の南端に位置する田上山地から採取された山陽一苗木帯に属する田上花崗岩が風化作用を受けてできたまさ土であり、主に石英、カリ長石、斜長石、黒雲母を含む。まさ土は一般に粒子が破砕しやすいので試料調整法によって粒度が大きく変化するため、土質試験法 JSFT101【5.b.】に従い試料をあらかじめある程度破砕させた後ふるい分けをして、 $106\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$  粒径(以後、単一粒径と呼ぶ)および単一粒径に乾燥重量比で 10%の細粒分( $75\mu\text{m}$  ふり通過分)を加えたものを供試体作製に用いた。試験に供した試料の比重と最大・最小間隙比を表 1 に示す。

**供試体作製法と試験方法** 本研究では湿潤突き固め法により直径 50mm、高さ 95mm の供試体を作製した。まず、所定量の気乾試料に重量で 5%の脱気水を加えてよく混ぜたものを、内側にメンブレンを取り付けたモールド内に 5~7 層に分けて突き固める。このとき各層の突き固めが終わったときそれ以前に突き固めた層を含めた平均密度が所定の密度になるようにする。供試体端面にはろ紙と 2 枚のナイロンメッシュを敷き、ナイロンメッシュ間のすべりを利用することにより供試体端面の摩擦軽減を図った。次に、供試体を 2 段階で飽和させる。まず、供試体に炭酸ガスを 2 時間程通した後脱気水を 500ml ほど通す。つぎに、供試体に背圧を 98kPa かけ、間隙中に残っている炭酸ガスを間隙水中に溶かし込む。B 値が 0.95 以上であれば供試体が飽和したものとみなすことにした。

圧密過程は圧密終了後の供試体が所定の相対密度になるように数段階に分けて行なった。引き続き、軸ひずみ速度  $0.1\text{mm/min}$  で非排水圧縮せん断を行なった。試験条件を表 1 に示す。また、供試体作製からせん断過程終了までを模式的に図 1 に示す。図中の 0,1,2,3,4,5,6 は、それぞれモールド内に試料を詰めメンブレンを装着した時、供試体に負圧を作用させモールドを取り外した時、供試体に作用させている負圧をセル圧に置換した時、予圧密終了時、通水終了時、圧密過程終了時、定常状態時である。なお、本実験ではサクシオンを計測していないため、 $p'$  は点 5 に至るまで未知である。また、供試体番号 C-05 と C-08 に関しては図が複雑になるため、0,5,6 点だけを示している。

**3.試験結果と考察** 紙面の都合上、ここでは単一粒径の結果のみについて報告する。実験で得られた偏差応力、過剰間隙水圧-軸ひずみ関係と有効応力経路を図 2 に示す。偏差応力-軸ひずみ関係であるが、1%以下の小さな軸ひずみで偏差応力がピーク強度を示した後ひずみ軟化挙動に移行している。これは、土構造が急激に崩壊したためであると考えられる。なお、軸ひずみが 10%を越えると供試体は再びひずみ硬化挙動を示すようになるが、これは断面積補正(軸ひずみの進行に伴い供試体が樽型になるため、偏差応力を過大評価してしまう)等の影響であると考えられ、ここでは軸ひずみが 10%を越えたあたりで定常状態に達しているものとみなす。また、過剰間

隙水圧-軸ひずみ関係についてであるが、せん断初期に過剰間隙水圧が急上昇しその後軸ひずみが 5%くらいで一定値

表 1 試料の土質定数と試験条件一覧表

| 試験番号 | 粒径 ( $\mu\text{m}$ ) | 比重 $G_s$ | $e_{\text{max}}$ | $e_{\text{min}}$ | 供試体作製時 |           | 圧密終了時 |           | 圧密圧力 $\sigma'_{vm}(\text{kPa})$ | B 値 (%) |
|------|----------------------|----------|------------------|------------------|--------|-----------|-------|-----------|---------------------------------|---------|
|      |                      |          |                  |                  | $e$    | $D_r(\%)$ | $e$   | $D_r(\%)$ |                                 |         |
| C-04 | 106 ~ 250            | 2.626    | 1.842            | 1.207            | 1.804  | 6.0       | 1.713 | 20.4      | 35.7                            | 98.8    |
| C-05 | 106 ~ 250            | 2.626    | 1.842            | 1.207            | 1.860  | -2.9      | 1.715 | 19.9      | 48.5                            | 99.4    |
| C-08 | 106 ~ 250            | 2.626    | 1.842            | 1.207            | 1.889  | -7.4      | 1.713 | 20.4      | 78.5                            | 99.4    |

に落ち着いている。このことから軸ひずみが 10% くらいで供試体が定常状態に達していることが分かる。有効応力経路については、すべての供試体でせん断初期に偏差応力の上昇と過剰間隙水圧の発生に伴い応力経路が左上に進みピークを迎え、その後ひずみ軟化挙動を示すようになり定常状態点に達している。この図より定常状態線(図中の一点鎖線)の傾きは 1.28 であり、コラプス線(図中の実線)の傾きは 0.73 である。参考までに豊浦砂<sup>1)</sup>と Ottawa 砂<sup>3)</sup>の定常状態線とコラプス線の傾きを表 2 に示しておく。

**4. まとめ** 本研究では、まさ土の緩詰め供試体を非排水三軸圧縮せん断した。せん断初期に供試体はピーク強度を示した後土構造の崩壊とひずみ軟化挙動を示した後定常状態に達することが確認できた。また、本研究で用いたまさ土の場合、平均有効主応力-偏差応力平面内でピーク強度点を結んで得られるコラプス線が原点を通る直線で近似的に表現できることが分かった。なお、細粒分を含む供試体の結果については、第 31 回地盤工学研究発表会<sup>4)</sup>で報告する予定である。

**参考文献** 1) K. Ishihara: Liquefaction and flow failure during earthquakes, Thirty-third Rankine Lecture, *Geotechnique*, Vol. 43, No. 3, pp. 349~416, 1993.  
2) 日本港湾協会(運輸省港湾局監修): 港湾施設の技術上の基準・同解説 改訂版, p. 204, 1989.  
3) S. Sasitharan, P.K. Robertson, D.C. Sego and N.R. Morgenstern: State-boundary surface for very loose sand and its practical implications, *Can. Geotech. J.*, Vol. 31, No. 3, pp. 321~334, 1994.  
4) 吉田・今村: 緩詰め飽和まさ土の非排水せん断挙動とコラプス線について, 第 31 回地盤工学研究発表会, 1996, 投稿中。

表 2 定常状態線とコラプス線の傾き

| 供試体名       | 定常状態線の傾き $M_{ss}$ | コラプス線の傾き (SR)       |
|------------|-------------------|---------------------|
| This study | 1.28              | 0.73                |
| 豊浦砂        | 1.24              | 0.64 <sup>(1)</sup> |
| Ottawa 砂   | 1.19              | 0.71 <sup>(2)</sup> |

(注 1) この値は参考文献 1) から算定したものである。(注 2) この値は参考文献 3) から算定したものである。

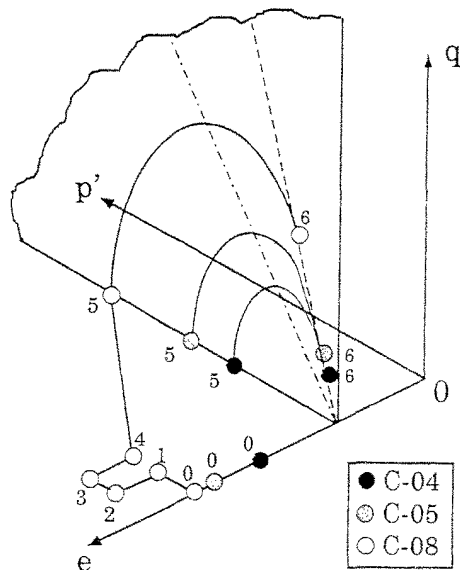


図1 供試体作製時から圧密終了時までの応力-間隙比関係

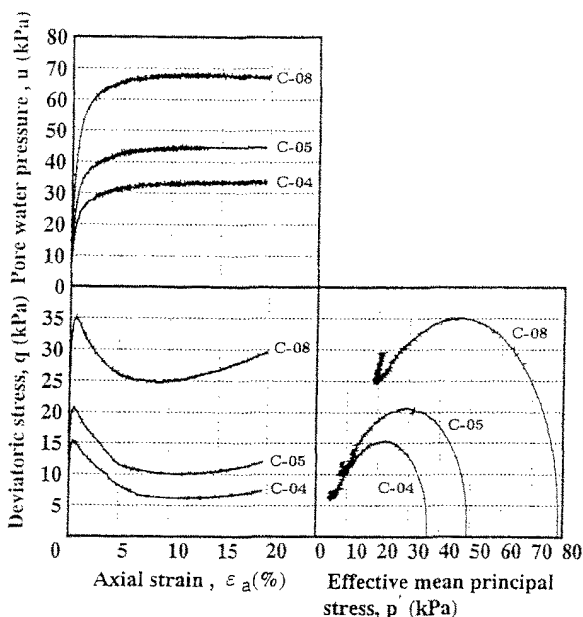


図2 偏差応力、過剰間隙水圧-軸ひずみ関係