

# P78 崩壊土砂の流動化に及ぼす土層間隙比の影響

森林総合研究所 ○大倉陽一, 落合博貴, 三森利昭

## 1 目的

豪雨性崩壊の発生あるいは崩土の初速は斜面土層間隙比の影響を強く受ける(例えば Casagrande, 1971). 緩く堆積した土層ではせん断の発生と同時に体積が減少して間隙水圧の上昇をもたらす, 崩壊は長距離を流下する. 一方, 密に堆積した土層では, せん断に伴って体積を増加させ間隙水圧の減少と有効応力の増加をもたらす, 崩壊の高速流動は阻害される.

そこで, 本研究では間隙比を様々に変えた試料による三軸圧縮試験ならびに崩壊モデル実験を行って, 斜面土層間隙比が崩壊運動に及ぼす影響を明らかにし, 崩壊流動化危険流域特定のための指標作成に貢献するものである. なお, 当研究は林野庁九州森林管理局委託研究「桜島地区の土石流の発生と流動に及ぼす土質・地形条件調査」の成果によるものである.

## 2 方法

土質試験ならびに崩壊モデル実験には同一の砂質土を用いた.  $\phi'$  ならびに  $c$  はそれぞれ  $30.6^\circ$ ,  $0.75\text{kPa}$ ,  $50\%$  粒径ならびに均等係数はそれぞれ  $0.51\text{mm}$ ,  $3.5$  であった. UU 三軸圧縮試験は, 直径  $10\text{cm}$ , 高さ  $25\text{cm}$  の円柱状供試体の間隙比を様々に変えて,  $20\text{kPa}$  の側圧下で  $25\text{kPa}\cdot\text{min}^{-1}$  の荷重制御で行った.

崩壊モデル実験は, 降雨装置を備えた傾斜水路に間隙比を調整した  $50\text{cm}$  均一土層厚で砂質土を詰めて, 降雨により崩壊を誘発することにより行った. 水路は水平長  $9.0\text{m}$ , 垂直高  $4.8\text{m}$ , 幅  $1.0\text{m}$  で, 傾斜  $10^\circ$  の下部斜面と  $32^\circ$  の上部斜面, そして最上部の平坦面とが連続している. 左側壁面は崩壊運動を観察するために強化ガラス製となっている. また, 降雨強度は  $100\text{mm/hr}$  の均等分布となるよう調整されている.

水路実験中の観測項目は, 土層内間隙水圧, 水路床面水圧・土圧, さらにビデオカメラによる土層運動である. 土層運動については, ガラス内壁面に沿って土層内に円柱状マーカーを多数埋設し, 土層と伴に運動するマーカーを追跡することで, 土層変位ならびに体積歪みを算出した. 水圧・土圧データと土層動画記録との同期を取るため, タイムコードジェネレータの表示を動画像内に写し込むと同時に, 観測データファイルにタイムコードを記録した.

## 3 結果ならびに考察

UU 三軸圧縮試験結果より, 液状化発生・非発生の境界となる境界間隙比は  $0.67$  付近と判断された. 図 1 に緩詰め試料(間隙比  $0.7$ ) ならびに密詰め試料(間隙比  $0.64$ ) による試験結果を示す. 緩詰め試料の場合, 圧縮の早い段階で主応力差の急減と間隙水圧の急上昇, ならびに試料の倒壊が観られて, 非排水せん断に伴う液状化が発生していることが分かる.

これに対して密詰め試料では, せん断の進行と共に主応力差は増加しているが間隙水圧は減少し, 試料体積が膨張していることが伺える. そして最終的には試料全域にわたる破壊が発生したが, 試料自体の倒壊は観られず試験後も自立していた.

次に, 土層間隙比が崩壊運動形態に及ぼす影響を検証するため, 三軸試験と同一の砂質土を用いて緩詰め土層(間隙比  $0.71$ ) と密詰め土層(間隙比  $0.64$ ) による崩壊モデル実験を行った. 図 2 に崩壊の発生源となった水路上部斜面中央付近における床面での水圧, 有効応力, 上載土層厚, 土層体積歪みならびに変位量との関係を示す. 緩詰め土層では降雨開始後  $3155$  秒付近で上部斜面が崩壊し, その崩壊土砂が下部斜面土層を圧縮・せん断破壊した後, 下部斜面でも流動化が発生した. 図中, 崩壊すべり面付近では崩壊の発生直後に有効応力が減少し, その後変位量が急増している. さらに, 間隙水圧の緩やかな上昇を伴って高速せん断が継続している.

これに対して, 密詰め土層では  $3860$  秒付近で上部斜面の土層クリープが発生したが, その動きは断続的でその後は表面侵食が卓越して土層厚が減少を続けた. 図中, クリープの発生時に体積膨張と有効応力の急増が観られたが, 変位量は微増しているにとどまる. しかし, その後は体積縮小と有効応力の急減を受けて変位量が急増している.

以上の結果をまとめると, UU 三軸圧縮試験により求めた液状化発生・非発生を区分する境界間隙比は, 豪雨性崩壊の運動形態を区分する際の指標ともなる. すなわち, 土層間隙比が境界間隙比よりも大きい場合, せん断に伴う間隙水圧の上昇と有効応力の減少により崩壊は流動化する. 一方, 土層間隙比が境界間隙比よりも小さい場合, せん断に伴う土層体積膨張と有効応力の増加により, 崩土の運動はクリープ的か, あるいは間隙水の供給が継続しないときは停止する.

## 参考文献

Casagrande, A., 1971. On liquefaction phenomena, reppt of lecture, Geotechnique 21 : 197-202.

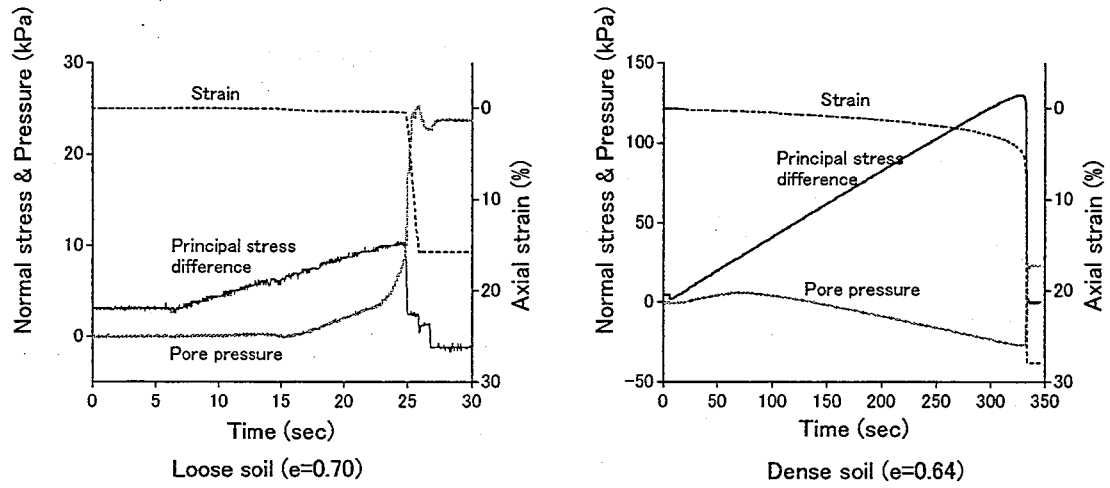


図1 等方応力 20kPa 下での UU 三軸圧縮試験による軸歪み，主応力差ならびに間隙水圧の変動。緩詰め試料は間隙比 0.7 で，密詰めの試料は間隙比 0.64 でペDESTAL 上に成形された。

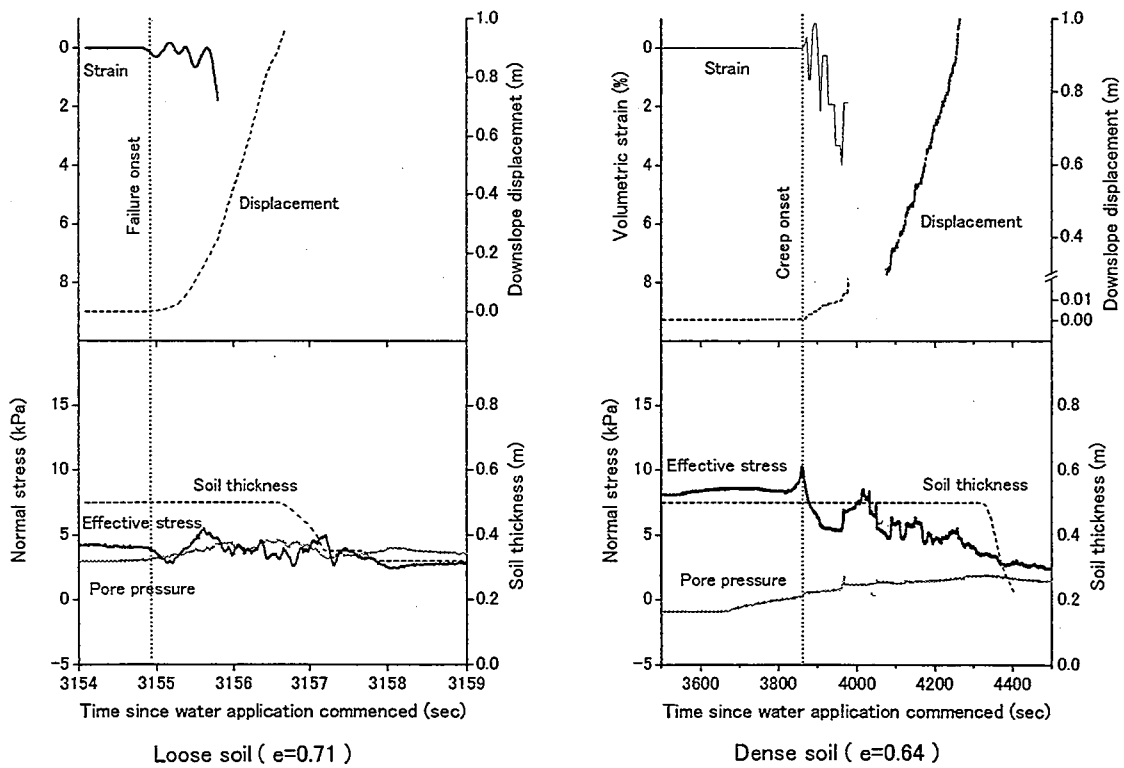


図2 水路実験による傾斜 32° 斜面土層底面付近における，崩壊発生時の土層体積歪み，斜面方向変位量，土層厚，有効応力，ならびに間隙水圧の変動の様子。緩詰め土層は間隙比 0.71 で，密詰め土層は 0.64 で調整された。