

鹿児島県出水市の崩壊・土石流の発生機構

京都大学防災研究所 ○佐々恭二 福岡 浩 汪 発武

1. はじめに

平成9年7月10日に鹿児島県出水市の針原川の山腹斜面において発生した崩壊は、その土塊が針原川を流下し、扇状地の集落に建てられた住宅18棟を破壊し、21名を死亡させ大災害となった。図1は、崩壊土塊の運動経路の縦断面図である。崩壊の平均傾斜は24-25度、運動経路全体で発揮された平均の見かけの摩擦角は10.9度であり、兵庫県南部地震で発生した西宮市仁川地すべりで発揮された見かけの摩擦角とほぼ同じである。

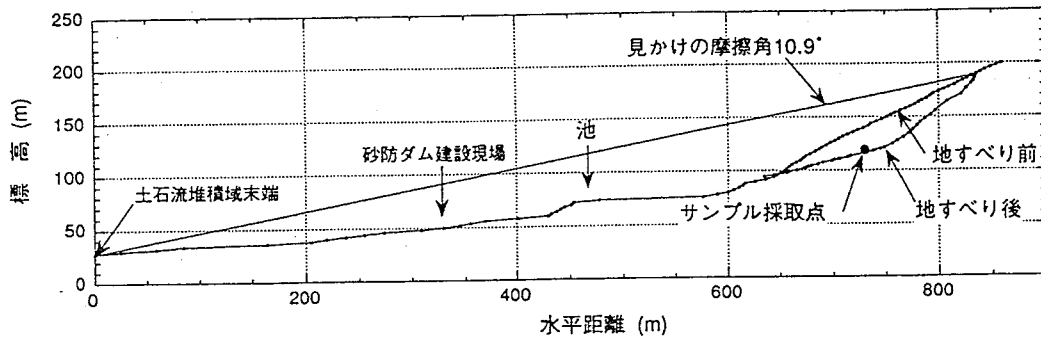


図1 出水市崩壊-土石流縦断面図。

2. リングせん断試験による崩壊発生の再現試験

発生した崩壊斜面の大部分を構成していたものは、安山岩質の崩積土（あるいは崩積土状のもの）であり、また、土塊が流下した針原川部の溪床堆積物も同種の安山岩質の砂礫であった。したがってこの崩壊とその後の土塊運動のせん断挙動は、安山岩質の砂礫層のせん断特性に規定されていると考えた。そこで崩壊部右岸の側壁よりサンプルを採取して地震時地すべり再現試験機（非排水動的載荷リングせん断試験機）¹⁾を用いて、地下水位の上昇による崩壊発生を再現する試験（No.1, No.2, No.3）を行った。

(No.1の試験では地下水による細粒部脱落を考慮し、0.074mm以下を取り除いた。No.2, No.3は、9.52mm以上の大粒径の礫のみ取り除いた)。図2, 3, 4の実施した3回の試験結果を示す。いずれも、土層深さ25m、斜面勾配24度前後のすべり面において、間隙水圧が徐々に上昇する場合をシミュレートしたものである。図3は、せん断開始（破壊）後直ちにせん断箱を非排水にして、有効応力経路の正確な測定を目的としたもの、図4は、せん断開始後もせん断箱を排水状態に保ち、せん断抵抗の低下がほぼ止まった時点で非排水にしたもの、図5は、せん断箱を常に排水に保ち、排水状態のまま約120mまでせん断したものである。せん断箱を非排水にした場合と排水のままでは、多少値が異なるが、破壊が生じると直ちにせん断抵抗の低下が生じ、見かけの摩擦角は、2.0度、5.3度、4.2度といずれも5度程度以下の低い値を示した。これらは、この材料が、飽和かつ25m程度の土被り圧を受けた状態でせん断し始めると、高い過剰間隙水圧がせん断ゾーンで発生し、見かけの摩擦角が著しく低下する事を示している。

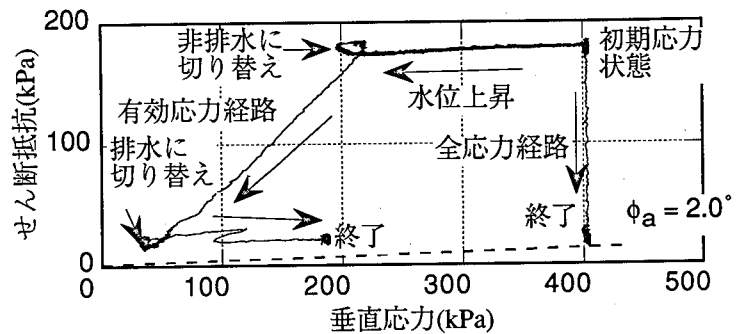


図2 試験 No.1 の結果（排水状態—破壊直後に非排水状態—排水状態）

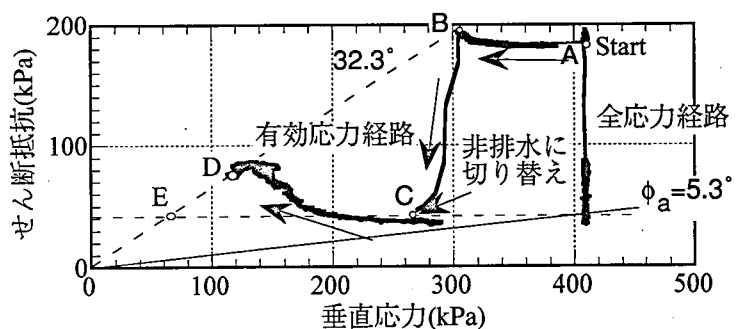


図3 試験 No.2 の結果（排水状態—強度低下後に非排水状態）

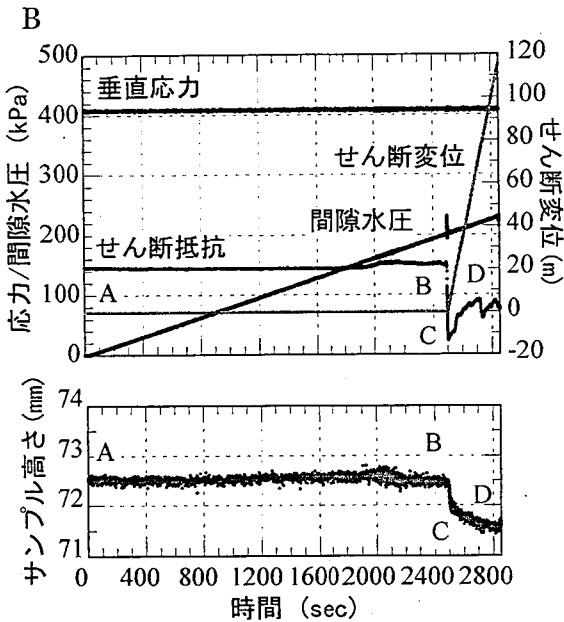
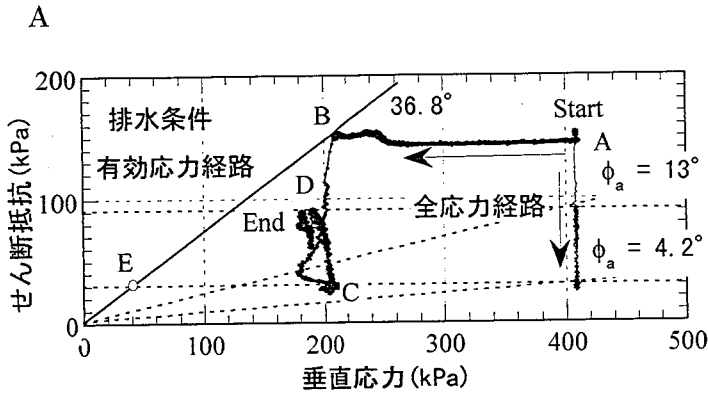


図4 試験No. 3の結果 (排水状態)
A: 応力経路 B: 経時変化

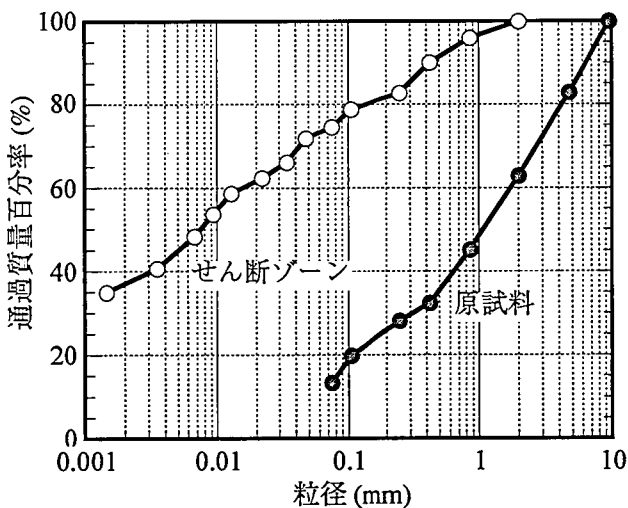


図6 試験前後の粒度分布の変化。

3. せん断ゾーンの粒子破碎

図5は、試験2の後で、せん断箱上箱と取り除き、供試体を輪切りにしたものである。せん断ゾーンは、粒子が破碎されてシルト化していた。図6は、試験前の試料の粒度分布と試験後のせん断ゾーンの粒度分布である。細粒化の様子が分かる。図4のサンプル高さの変化を見ると、せん断開始 (B点) 後、粒子破碎により体積収縮が生じている様子が推定できる。しかし、やがて粒子破碎するものが少なくなり、体積収

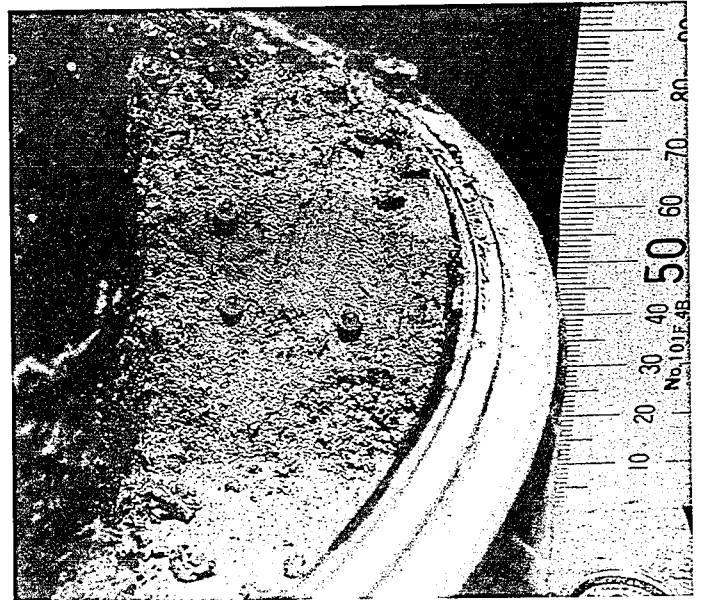


図5 試験後のせん断ゾーンの状態。

縮は収れんしている。破壊直後は、粒子破碎とそれに伴う過剰間隙水圧発生速度が、せん断箱の上部 (排水状態) からの過剰間隙水圧の発散速度より大きく、せん断ゾーンでは高い過剰間隙水圧が維持される (図4のC点)。しかし、過剰間隙水圧発生速度が低下すると過剰間隙水圧は低下し、D点で過剰間隙水圧発生速度と発散速度が、ほぼ釣り合った形になっている。そしてこのまません断を継続すればやがて応力経路は破壊線に到達すると推定される。しかし、実際の土塊の運動では、土塊の移動に伴い異なる場所の斜面土層や針原川の溪床堆積物がせん断されるので、C点 (4.2度) あるいはそれより多少大きいくとも、100m程度のせん断変位での値 (13度) 以下の見かけの摩擦角が発揮され、それが出水市の崩壊の高速長距離運動の原因になった可能性が高いと考えられる。

参考文献: 1) 佐々恭二・福岡 浩・汪 発武: 地震時地すべり再現試験機の開発, 第36回地すべり学会研究発表講演集, pp. 223-224, 1997. 2) 佐々恭二・福岡 浩・汪 発武: リングせん断試験による蒲原沢土石流の再現試験, 月刊地球, Vol. 19, No. 10, 「崩壊誘起土石流」特集号, pp. 645-651, 1997. 3) 佐々恭二・福岡 浩・汪 発武: 秋田県澄川地すべり、鹿児島県針原川土石流における高速長距離土塊移動のメカニズムについて。地すべり、投稿中。