

平成 25 年 10 月 16 日伊豆大島土砂災害現地踏査速報

京都大学防災研究所
斜面災害研究センター
准教授・福岡浩

台風 26 号通過に伴う豪雨により、東京都伊豆大島において死者行方不明 40 名以上という極めて甚大な土砂災害が発生した。まだ多くの行方不明者の捜索が行われている段階ではあったが、民放の取材に同行し 10 月 17, 18 日の両日、現地踏査を行った。踏査中、不明者捜索、災害復旧活動に影響を及ぼさないように最新の注意を払った。本報において現地において撮影した土砂災害源頭部、流動域等の状況を紹介します。また、現地において多数発生した土砂流動を引き起こした火山灰の砂を採取したが、この試料に対し 10 月 19, 21 日に地震時地すべり再現試験機(リングせん断試験機)を用いて予備実験を行ったので、その結果も併せて紹介する。

	
<p>最も甚大な被害を与えた中央部の崩壊頻発斜面。すきまなく崩壊している。</p>	<p>源頭部直下にたまった崩土。今後、集中豪雨がある場合に流動化する可能性がある。</p>
	
<p>元町内の歩道の状況。土砂流による浸食が進行している。</p>	<p>元町内上部の水路内に堆積した土砂流堆積物の断面。異なる粒径は、数回の土砂流イベントがあったことを示唆する。</p>



元町の上流の崩壊のひとつ。



同左の源頭部滑落崖付近。浅い層のみ崩落した典型的な表層崩壊であることがわかる。



元町内の被災住宅付近。電柱と交通標識が折れている。



水路にかかる簡易橋にひっかかった流木と自動車。土砂流がこれにより溢れ、左右の下流側の家屋が破壊された。



橋から溢れた土砂流の通過跡。家屋は流出し基礎だけが残った。周囲の地盤は2 m程度浸食を受けている。



今回の災害で最も死者行方不明の集中した神通地区。集落があったが基礎以外流出した。



崩壊が集中した斜面から二手にわかれた谷の合流点にある遊砂池。満砂状態になった。



砂防ダム（スリットダム）。スリットには、大量の流木がひっかかっていた。



神通地区内、土石流が通過した御神火スカイライン入り口付近の道路。路面は土石流による影響を受けていない。



左写真撮影ポイントより上流側を見たところ。溪床が浸食され、14 世紀に噴出した溶岩が露出している。



溶岩の上には赤色、黒色スコリアが堆積している。



神通地区から海側を見たところ。



砂防ダムのスリットに捉えられた流木と満砂状態のダム。



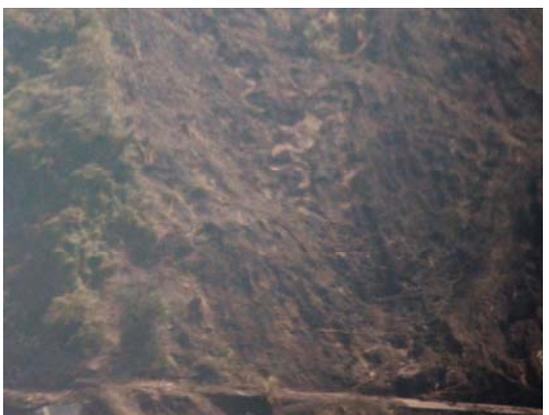
ヘリから撮影した主要な崩壊発生斜面の北半分。



御神火スカイラインの擁壁の破壊状況



溪床の浸食により溶岩が露出



すべり面に溶岩？が露出した箇所が見える。



すべり面の大半は赤色スコリアだが、一部溶岩が露出している。

	
<p>一部の土砂は海まで到達した。浮遊した細粒が海が変色している。</p>	<p>崩壊主要部から遊砂池までの空撮。</p>
	
<p>海岸には多くの流木が堆積した。</p>	<p>海岸手前の橋でも流木がひっかかり、土砂流が溢れ港湾施設に被害を与えた。</p>
	
<p>ビーチハウス横の地盤が浸食を受け、過去の複数回の土石流堆積物が露出した状況。</p>	<p>ビーチの下にあったが土砂流の浸食により露出した石礫型土石流様の堆積物。</p>

今回の土砂災害はこれまでになく異常な、おそらく数百年以上の確率の、かつきわめて狭い範囲に降った豪雨により発生した。たとえば2009年防府市の広域土砂災害では6時間降雨の回帰年数が山口市600年、防府市250年と計算されている。範囲も2010年広島県庄原市災害では2km×3kmという狭い範囲であるが、今回土砂災害が発生し

た伊豆大島西側斜面について詳細な雨量分布の情報は得られていないものの、きわめて狭い範囲に降った可能性がある。こうした極端豪雨の頻度は各国で増えている。

今回の主要な崩壊源頭部の分布域は14世紀の溶岩噴火時のスコリア堆積域とほぼ一致する。今回の源頭部崩壊の大半は30度以上ある急斜面で発生した。ヘリからの観察では深さは3m程度までである。黒色火山灰の堆積層が表層崩壊をおこし、直ちに流動化し土砂流となった。固体ではなく、流体的に運動したため高速で下流まで到達したと考えられる。巨礫を含まない土砂流であり、破壊力は土石流と比べると低いが、神通地区ではスコリア、溶岩の礫も目撃された。神通地区より下流側では礫はほとんど見られず火山灰のみ堆積していた。橋梁は破壊されたが、流動域の道路の路面はほぼ残っている。ただし、下流の家屋にとっては相当の衝撃力がありうるので直撃を受けると相当の被害がある。

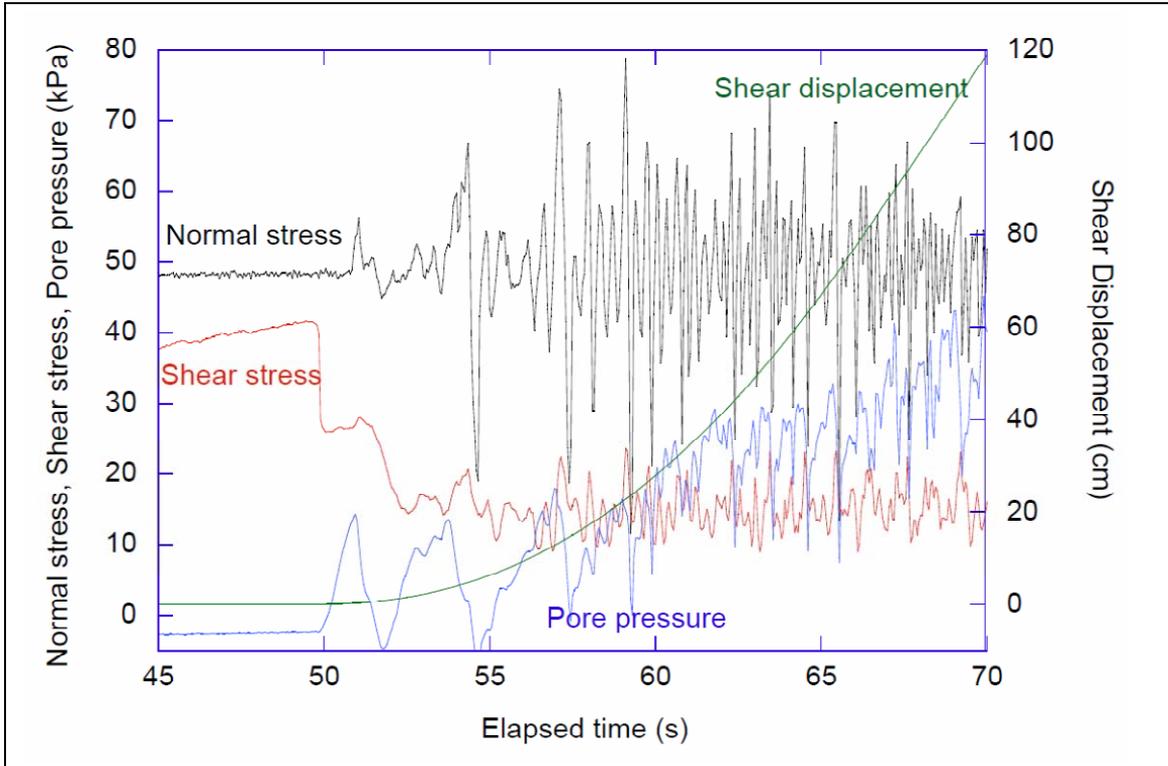
火山性降下物の堆積物という意味では昨年7月の熊本県阿蘇市土砂災害が似ている。液化に近い土砂の流動化による災害は2010年7月広島県庄原市、2009年7月防府市、1998年福島県太陽の国の土砂災害でも発生している。流動化の瞬間は2003年11月の(独)森林総合研究所の自然斜面での人工地すべり実験でも観察されている。

下流の元町中心部は溶岩流の上に繰り返し堆積した土石流堆積物からなる典型的な扇状地の上にてできていることから、泥石流、土石流は当然想定されてきた。土石流危険渓流は大島町、元町の上流斜面はすべてカバーされている。各種砂防施設は施工されていたが許容量を超えたこと、また神通地区の上流には大きな施設がなかったため大きな被害が生じた。

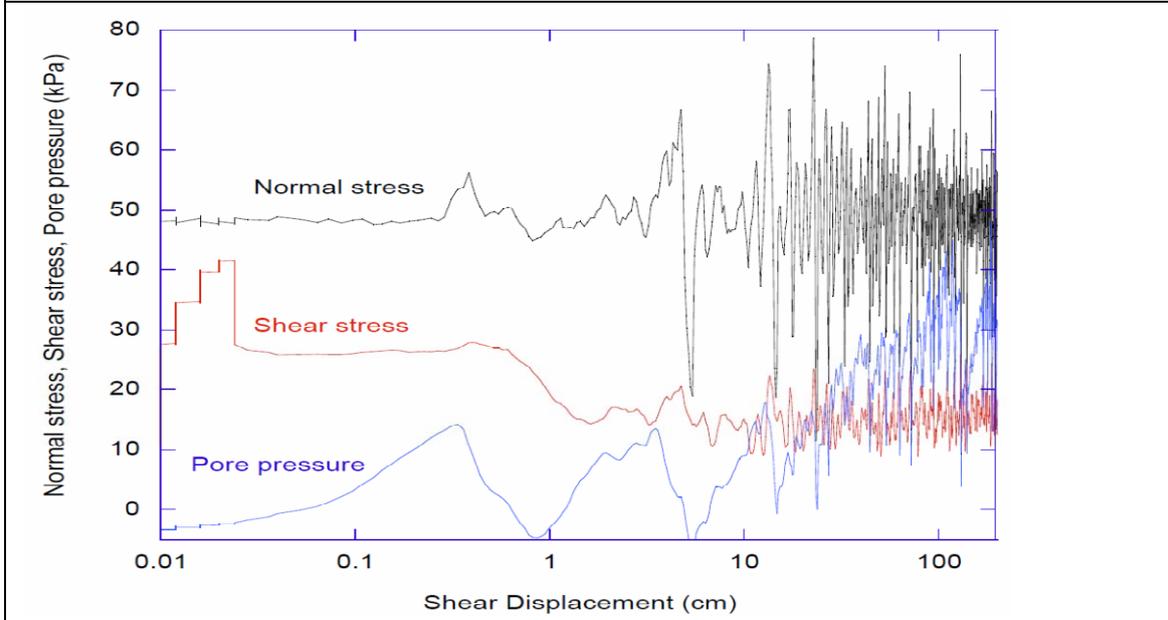
避難についてはローカルな雨量計にもとづく自主避難も可能だったかもしれないが、極端に局所化した豪雨の場合、雨量計がその範囲にない場合もある。特に離島の場合、気象庁との通信回線がいつでも確保できるとは限らないので、ローカルな雨量観測に基づき、自主的に危険情報を出し、避難訓練することも考えるべき。

リングせん断試験結果

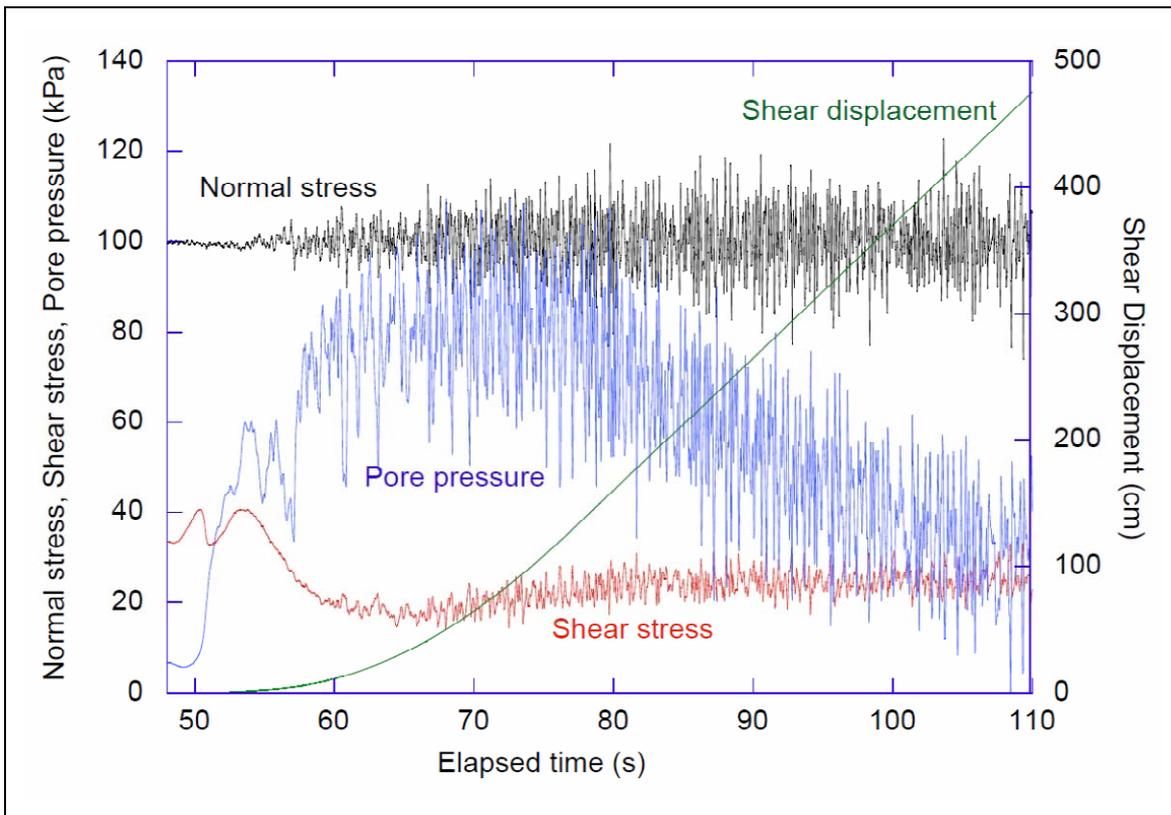
現地では調査の危険を避けるため、源頭部には立ち入らなかった。そのため、元町の水路内に堆積していた黒色火山灰を採取した。粒径は約1ミリで、均等な材料である。神通地区も海岸も概ね同じ粒度の火山灰が堆積していたため、源頭部もほぼ同様のものが堆積していたと考えられる。この火山灰試料を可視型地震時地すべり再現試験機に投入し、炭酸ガスで空気を置換後、脱気水で飽和した。Bd値は0.85と完全飽和には到らないものの、比較的高い値であった。この試料に対し、応力制御試験を実施した。以下に試験結果の図を示す。



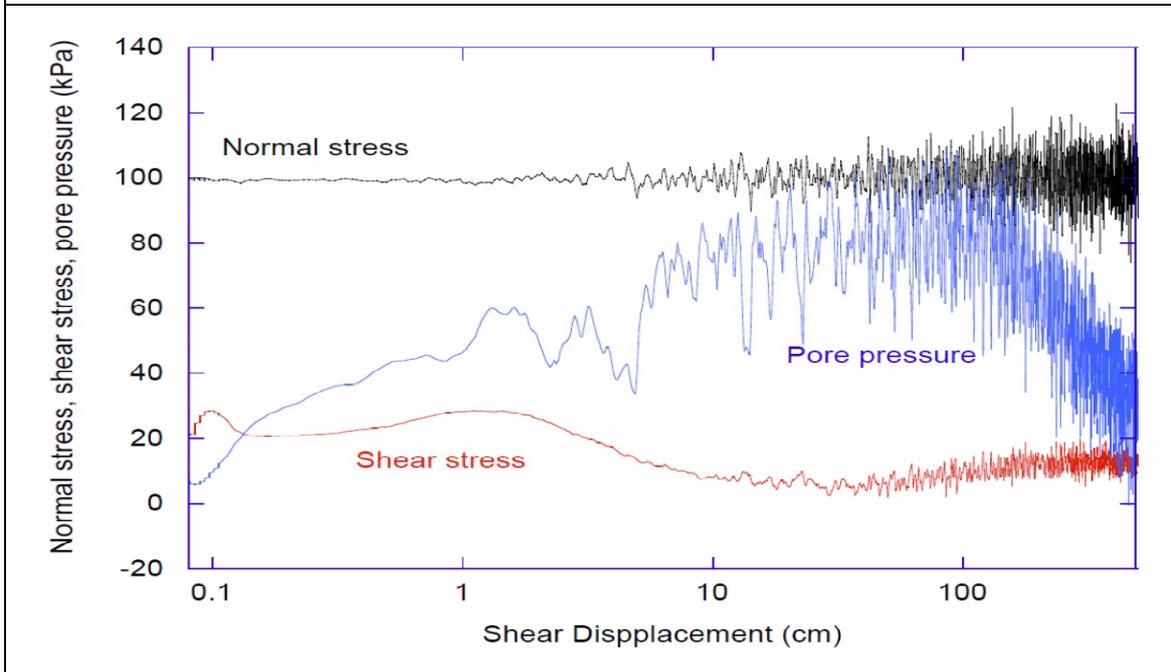
火山灰の非排水応力制御リングせん断試験結果（経時変化）。垂直応力 50kPa でせん断応力を増大させたところ、約 40kPa で破壊、直後に過剰間隙水圧が発生、20 秒後には垂直応力とほぼ同等レベルまで増大した。



同上試験の応力-せん断変位（対数）関係。1cm 付近でせん断抵抗が大きく低下した。



垂直応力 100kPa で部分排水応力制御試験の経時変化図。比較的低いせん断応力で破壊が生じ、部分排水であるにもかかわらず、大きな過剰間隙水圧が発生した。約 20 秒後には水圧は垂直応力とほぼ同等になり、ほぼ液状化に近い状態に達した。



同上試験の応力—せん断変位（対数）関係。1cm と 10cm の間でせん断抵抗が大きく低下した。

今回の源頭部では典型的な急傾斜地の表層崩壊が発生していたため、垂直応力は本試験機としては極めて低いレベルで制御する必要があった。当初水圧制御試験をする予定であったが十分な制御精度が得られなかったため、圧密後垂直応力を一定に保ちながら、せん断応力を増大させる試験を実施した。その結果、非排水、部分排水ともに過剰間隙水圧が発生しそのピークは垂直応力とほぼ同様のレベルまで増大した。火山灰は透水係数が高く、試験後でも透水係数は約 $7 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ であったが、部分排水でも過剰間隙水圧の増大が一時的に発生したのはせん断が生じると粒子破砕が急激に進行しせん断ゾーン内で間隙水圧が発生したためと考えられる。

今回の災害では源頭部付近の急傾斜地で表層崩壊が発生した後、下方の比較的緩傾斜の地盤に落下し森林と地盤を挟みながら高速で進行したが、これらの試験結果は、間隙水圧が発散しやすい火山灰の薄い堆積層でも高速で運動すれば過剰間隙水圧は維持されうること、さらに斜面下方の土砂を巻き込みながら厚くなっていくことにより粒子破砕の進行が促進され、一方で移動土塊の厚さが増大することで間隙水圧発散経路が長くなることになり、土砂全体の流動化に到り易くなることを示唆している。京都大学防災研究所・山田真澄氏による地震計の解析 (<http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/~masumi/eq/izu/index.htm>) によれば、午前 2 時台から 3 時過ぎまで 5 回の高周波イベントが認められ、それぞれ約 2 分間の震動が観測されている。地震波を出すような轟音を出して流下する経路の長さを源頭部中央から神達地区までの距離約 1.5~2 km とすると平均 45~60km/h に相当する。今回の災害では源頭部付近が急傾斜であることから、発生直後が最も高速であったと推定できる。リングせん断試験結果はメートルオーダーの変位が高速で発生すれば大きな過剰間隙水圧が発生し、急傾斜の源頭部付近では大きな加速度が得られることから上記の大きな速度も可能であると考えられる。これだけ高速の現象であれば神達地区で直撃を受けた家屋が激しく破壊されたことも説明可能である。規模と移動形態は全く異なるが、1984 年の長野県西部地震で発生した御岳大崩壊の大規模岩屑流の平均移動速度が 60km/h と推定されており、ありえない速度ではない。

その他

当初、メディアによって公表された空中写真で崩壊源の上端、滑落崖が御神火スカイラインに沿っていることから、道路が影響した可能性が考えられた。しかし、概ね路面および道路の基礎はあまり影響を受けていないことから、源頭部崩壊が後退し続けたが道路より上には拡大せず、擁壁の下で拡大が止まった、と解釈することが妥当ではないかと考えられる。

今回の災害ではまだ多くの住民の方々が行方不明となっています。一刻も早く発見されることを祈るとともに自衛隊等多くの方々が捜索をする中で調査をさせていただいたことを

感謝致します。また京都大学防災研究所の釜井俊孝教授、松四雄騎准教授、寺嶋智巳准教授、竹林洋史准教授、山田真澄助教、土井一生助教には有益な議論をしていただきました。記して感謝致します。