

崩壊土砂の流動化に及ぼす池の影響

広島大学大学院
広島大学総合科学部

○渡邊哲也
海堀正博

1. はじめに

1997年7月10日、鹿児島県出水市で起こった土石流災害により21名の犠牲者が出た。この土石流は標高200m付近の中規模崩壊が土石流に移行したいわゆる崩壊型の土石流と考えられる。このタイプの土石流は、崩壊時の衝撃力により土塊の内部構造が大きく破壊され、また土塊が多量の水を含むことにより土粒子の結合が弱められることによって崩壊土砂が流動化することによって発生する。針原川土石流は水平移動距離1000mに対し、標高差は160m程度で山腹斜面の移動距離はあまり長くないので、源頭部崩壊の流動化には崩壊土砂への水の供給が大きな要素を占めていると考えられる。崩壊が発生した場所は0次谷であり、集水域はそれほど広くない。そこで他の水の供給源として、本流からの水、砂防ダム上流にあったため池が考えられる。空中写真から見た土石流の移動方向から、本流からの水よりもため池の水によって崩壊土砂の流動化が促されたのではないかと考えられる。ため池の水の供給だけが影響するなら、もと水量の多いたとえば海に土石流が流入したときはもっと流動化するはずである。しかし、鹿児島県桜島の土石流は海に流入すると止まり、河口付近に堆積する。こういったことから、ため池には水の供給だけでなく、他に流動化を促す作用があると考えられる。そこで、簡単なモデル実験を行い崩壊土砂の流動化に及ぼす池の影響について考察することにした。

2. 実験の概要

池と見立てた穴（直径60cm、深さ50cm程度）にまず水を入れ、その中に土を入れることにより飽和土層をつくる。深さの違いによる影響を見るために、10cmごとに3個の間隙水圧センサーを深さ方向に設置した。最下部には土圧センサーを設置した。以下、それら5つの間隙水圧センサーを水圧センサー：上、水圧センサー：中a、中b、中c、水圧センサー：下と呼ぶことにする。この池と見立てた穴に崩壊土砂と見立てた土塊を自由落下させ、それぞれの水圧センサー、土圧センサーによって測定される水圧、土圧の値と時間的変化をみた。

また、対比実験として標準砂を使い、バケツを池と見立てた実験も行った。

3. 実験結果と考察

過剰間隙水圧が有効土圧の値を超えたとき、液状化条件が成立する。土塊が池に入った衝撃により過剰間隙水圧が発生し、液状化条件が成立した時間をそれぞれの実験で比較した。まず、過剰間隙水圧と有効土圧の時間的変化のグラフの例をあげる（図1）。この図は、飽和土層上の表面水深を20cmに設定し、水圧センサー：上の場所の水圧及び土圧の変化を示している。このグラフで過剰間隙水圧が有効土圧を越えている時間が液状化条件が成立している時間である。この時間を水圧センサーの深さ、表面水の量、土の種類（標準砂とまさ土）で比較した（表1）。ただし、落下物の運動エネルギーは同程度のもののみ取り上げた。

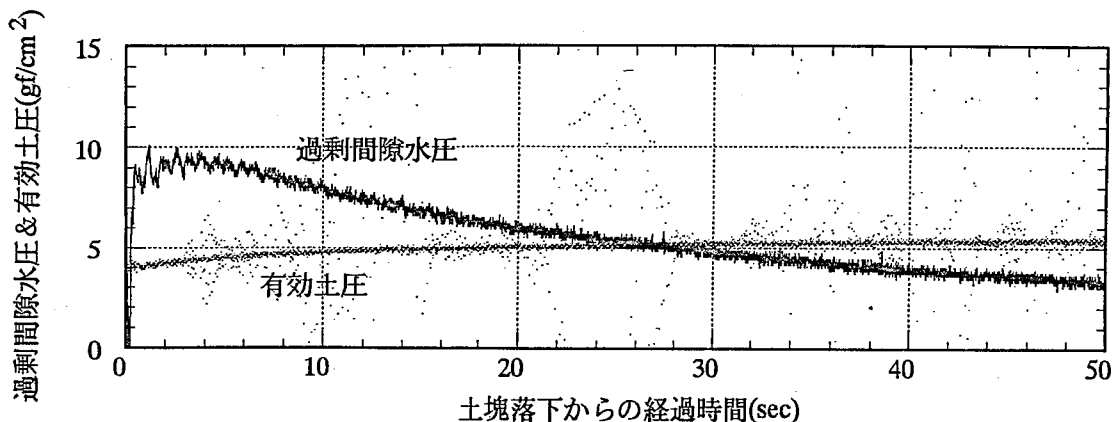


図1 過剰間隙水圧、土圧の時間変化の1例

表1 液状化条件の成立時間

土の種類	まさ土						標準砂			
	表面水深(cm)	14.0			4.0			8.5	0.5	
飽和土層(cm)	6.0	16.0	26.0	6.0	16.0	26.0	5.0	19.5	5.0	19.5
液状化条件成立時間(sec)	23~27	0.5~1.8	0.0	90~150	20~26	6~10	0.08~0.2	0.06	0.01	0.01

まさ土と標準砂を比較すると、実験条件が少し異なるもののかなり大きな違いが見られた。まさ土の方が液状化条件の成立時間が長く過剰間隙水圧が消散しにくいことが分かった。まさ土の実験の中では、表面水が少ない方、土層の浅い方が液状化条件の成立時間が長くなる傾向が見られた。この理由として、前者については表面水が多いと落下試料の衝撃が緩和されるため、後者については土層の浅い方は有効土圧が小さいためと考えられる。

次に過剰間隙水圧の消散の過程について考察する。過剰間隙水圧の消散は時間軸を対数軸にしたとき、直線的に消散する傾向が見られた(図2)。

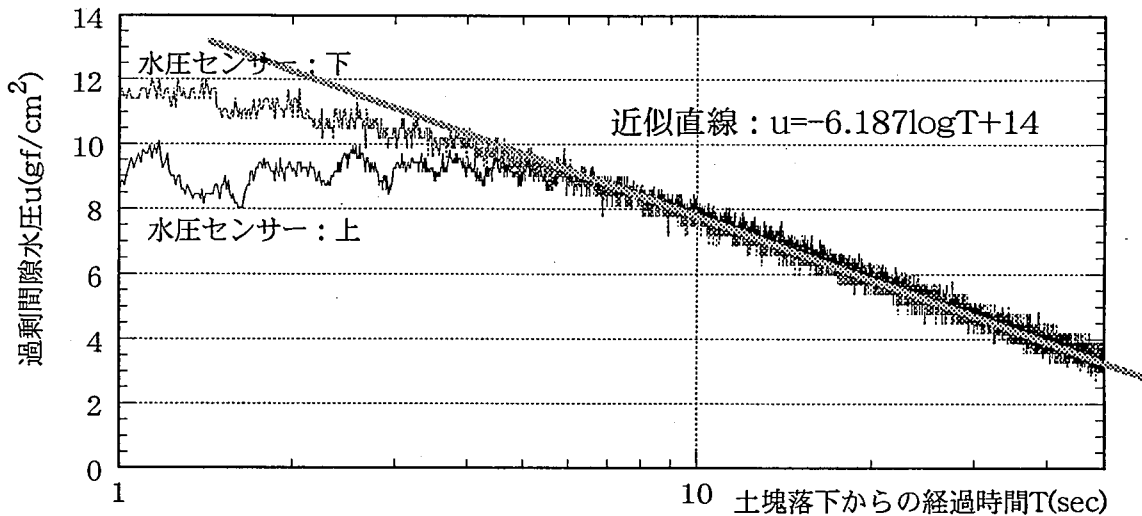


図2 過剰間隙水圧の時間変化の1例

図2のグラフのように消散の過程は $u = a \log T + b$ (u : 過剰間隙水圧、 T : 試料落下からの経過時間、 a 、 b : 係数) と表せた。この図から水圧センサーの場所が違ってても消散の仕方が同じであることがわかる。表面水が14cmのとき $a \approx -6.2$ 、 $b = 13.5 \sim 14$ 、4cmのとき $a \approx -11.2$ 、 $b = 22 \sim 23.5$ となった。 a の値は表面水の量によって異なると考えられ、 b の値は落下物の運動エネルギーが影響していると考えられる。

4. 結論と今後の課題

表面水が多いと過剰間隙水圧の発生が抑えられ、発生した過剰間隙水圧の消散するまでの時間も短いことが分かった。表面水が少ないと、土塊落下の衝撃があまり緩和されずに飽和土層に伝わり、深いところまで大きな過剰間隙水圧が発生し液状化条件を満たすことがわかった。しかし、もし表面水の量より多い崩壊土砂の流入があれば、表面水は外へはじき出され衝撃を緩和する効果がなくなることも考えられる。こうなると、飽和土層の深いところまで液状化しうることになる。この土層は流動性に富んでいるので崩壊土砂によってかき出され、崩壊土砂の下層に流動性に富む層ができることにより、より下流へと流下すると考えられる。

今後、飽和土層の土質、崩壊土砂と池の規模の関係などを検討し、土石流の危険度地図作成のための崩壊土砂の移動についての研究を進めていきたい。