

1. はじめに

平成9年5月11日に秋田県鹿角市八幡平で大規模な地すべりに起因して土石流が発生した。そのため、赤川沿いの温泉宿7棟が全壊・流失し、下流の国道が土砂で埋没する等の大規模な土砂災害が発生した。

今回の土石流は、現象論的には地すべりから土石流が短時間内で発生したことが大きな特徴であり、この点を物理的に解明することが今後の同様の土砂災害を防止・軽減するためには必要である。

筆者らは、災害後直ちに土石流の発生・流下・堆積実態の概要を空中写真解析、現地での流下痕跡等の調査によって把握し、砂防学会誌にてその結果を発表したり。次いで、赤川温泉近傍でのトレンチ掘削(2箇所)による土石流堆積物の断面観察、土質試験を行う事により、堆積物の層序、土石流の流動状態等を推察し、今回の土石流の発生・流下・堆積実態を明らかにした。

2. 土石流の発生・流下・堆積実態

2.1. 土石流堆積物の特徴

赤川温泉近傍でのトレンチ掘削箇所A(堆積先頭部付近)の縦断面を図-1に示す。土石流堆積物の深さは約7.4mと厚く、層序は3層から構成されている。最下層に相当する深度7.4(旧地盤)~4.0m間のフローユニットは第1波の土石流堆積物であり、安山岩からなる円~垂円状の旧河床礫(含有率:5~10%)及び旧河床面に堆積していたと思われる流木の破片を多く含んでいる。この層内に取り込まれている礫はほとんどランダムに分布し、礫の長径方向が流下方向に平行する傾向を呈していない。また、褐色~褐灰色を呈する高粘性の軟質な粘土を主体とし、その他、暗緑灰~暗灰色の安山岩の礫(ϕ 100~300mm程度)、褐灰色のブロック、緑灰・灰色の粘土ブロック(ϕ :300~500mm程度)を含んでいる。4.0~0.1m間のフローユニットは第2波の土石流堆積物である。全体的に青灰色の粘土を主な構成材料としている。緑灰色、灰色の粘土ブロックを豊富に含み、そのブロックの大きさは ϕ 1000~3000mm程度であり、中にはそれ以上の大きさのブロックも認められる。これらの粘土ブロックの起源は、旧澄川温泉付近に分布していた温泉余土と考えられ、地すべりに伴ってその移動ブロックの舌端部内に分布していた温泉余土がブロック状に滑動し、土石流の構成材料として流下してきたものと考えられる。第1波との境界付近には、せん断で薄く引き延ばされたような褐色粘土層(層厚:10~40cm程度)が認められる。最上層である0.1~0m間の薄いフローユニットは第3波の土砂流堆積物である。暗褐色の粘土が主体をなし、礫を若干(含有率:10~15%)含む。このトレンチ箇所よりも約250m上流で行ったトレンチ箇所Bについても同様の層序を確認できた。

次いで、第1波、第2波の土石流の堆積層内のマトリックスから採取した複数の土質試料を用いて各種の土質試験を行った結果、粘土とシルトの成分だけで全体の約60~90%を占めている事、採取時の自然状態の試料と練り返した試料の一軸圧縮強さの差が小さいこと、鋭敏比は1.04~1.99と小さい事が明らかにされた。温泉変質によって元々強度がある程度低下していたとも考えられるが、堆積層内のマトリックスとしては全体的に流動時にはある程度乱された状態であった事が推察される。

2.2 土石流の発生時系列と堆積範囲

トレンチ断面観察を主体とした堆積物調査により、今回の土石流の主要な流れは3波である事、第1波は褐色の粘土を主体とし、ブロックや河床礫、流木を含んだ土石流である事、第2波は青灰色の大きな粘土ブロックを豊富に含んだ土石流である事、第3波は小規模な土砂流である事が明らかにされた。

図-2にこれらの3波の流下・堆積区域を示す。赤川橋を閉塞させて国道341号上に氾濫し第1号砂防ダムまで達したのは、残存している堆積物から判断して第1波の土石流である。この土石流は、5月11日午前8:01に赤川橋で目撃された土石流と同一のものである。第2波の土石流は、赤川温泉直下流での砂防ダム床掘断面にはその堆積物がほとんど認められない事、土石流直後に撮影された空中写真から比較的明瞭にその堆積先頭部を認識できる事から、第2波のほとんどはこの付近(勾配約6度)で堆積したと見なせる。河道の屈曲や拡幅・狭窄といった多様な地形要素が土石流が停止することの少ない勾配6度区間で堆積させた要因の一つと考えられる。第3波は第2波の堆積物を薄く被覆し、そのほとんどが赤川温泉から約300m上流地点で停止している。

2.3. 粘土ブロックを多く含んだ土石流の流動状況

今回の主要な3波の土石流の中でも、第2波の土石流は、大きな粘土ブロックを豊富に含有している点の特徴である。トレンチ断面の観察によれば、この堆積物内の各粘土ブロックの大きさはブロック相互の境界が明確でない所もあるが、堆積層上部のブロックの規模は下部よりも大きくせん断変形の程度が小さい。即

ち、第1波堆積表面との境界から約1mの厚さの部分(4.0~3.0m)には、大きな粘土ブロックはあまり見当たらず、うすく引き伸ばされた層状のも認められる事、第1波の堆積物から取り込んだと思われる礫をある程度含有している事等から、この部分がせん断変形の進んだ境界層に相当するものと考えられる。その厚さは第二波の堆積層の約1/4である。このような事から第二波の流動時の形態はせん断降伏値をもったプラグフローであると推察される。そのような土塊のせん断変形を生じさせる要因としては土塊の流下に伴う河床との摩擦エネルギーが考えられ、それがより多く土塊内部の破壊のために消費され得るような条件、例えば、流下距離が長くなるような場合や摩擦速度が増大する急勾配区間、河床粗度の大きな区間を流下する場合はよりせん断変形の程度が発達し、粘土ブロックが破壊されて土塊が完全に流動化するに至ることも考えられる。その場合、流下距離や勾配等に応じて土塊内部のせん断変形の程度が変化していると考えられる。ちなみに前述のトレンチ箇所より約250m上流のトレンチ箇所Bでは、第2波の堆積物内に占める粘土ブロックの規模が大きく、せん断変形の程度が大きい境界層の厚さが箇所Aより小さいように観察された。今回のトレンチ調査では掘削可能箇所が2箇所と限界されたため、より詳細な変化までは十分明らかにできなかったが、粘土ブロックを含む土石流の運動モデルを作成するうえで貴重な資料を得ることが出来たといえる。

3. 土石流の発生場

今回の土石流を発生させた地すべりブロックは末端部のCブロックである。空中写真でこのブロックを詳細に判読すると、地形的に5つの小ブロックに分割できる(図-2)。そして、トレンチ掘削断面から明らかとなった各土石流の構成材料等から判断すると、それぞれの土石流の発生場は以下のように推察される。また、関係機関による現象の目視等の情報を加味するとそれらの発生時刻は以下のように推定される。

○第1波(午前7:57頃)⇒旧澄川温泉の建物及びその周辺の立木等の基礎地盤部(C-1ブロック)

○第2波(第1波の発生直後)⇒旧澄川温泉を中心とした温泉余土地域(C-2ブロック)

水蒸気爆発の噴煙が全体的に白っぽく爆発時に大量の放出物が確認されていない事、C-2ブロック内に水蒸気爆発による降下物がある程度堆積している事から、第2波は水蒸気爆発の前に発生したものと考えられる。

※水蒸気爆発(5月11日午前7:58)

○第3波(水蒸気爆発直後)⇒旧澄川温泉南部の区域(C-3ブロック)

土石流の上面には水蒸気爆発に伴う降下物がほとんど認められない。

○C-4,5ブロックからの土石流(水蒸気爆発後ある程度の時間を経て発生)

流下距離は約700mであり、今回のトレンチ掘削箇所B直上流で停止している。これらのブロック上には水蒸気爆発に伴う降下物が全く認められない。

4. おわりに

塑性体である地すべり崩土が流体的な挙動を示すようになり土石流化する過程とその機構については未だ、不明な点が山積している。今回の調査によって、例えば秋田八幡平のような地すべりに起因して発生した土石流は粘土ブロックを豊富に含むため、土石流の応力構造として粘性応力が重要と思われる。今後は、この点を重点的に、精度の高い実験や理論的な考察によって明らかにし、地すべりに起因した土石流の発生・流下・堆積現象を統一的に表現できる物理モデルとそれに基づく影響範囲等の予測手法を開発する必要がある。現地調査にあたり数々の便宜を賜りました秋田県砂防課及び鹿角土木事務所の関係各位、トレンチ掘削等の現地調査に協力頂いた三菱マテリアル資源開発株式会社の佐々木健司、石井学両氏に深謝の意を表します。

参考文献

- 1)南哲行、網木亮介、小山内信智、藤澤和範、萬徳昌昭、杉淵清徳(1997):平成9年5月秋田県鹿角市八幡平で発生した土砂災害調査報告(速報)、砂防学会誌 Vol.50 No.2(211)、pp68-73.
- 2)南哲行、山田孝、水野秀明、石田哲也(土木技術資料投稿中):地すべりや深層崩壊に起因した土石流の実態、

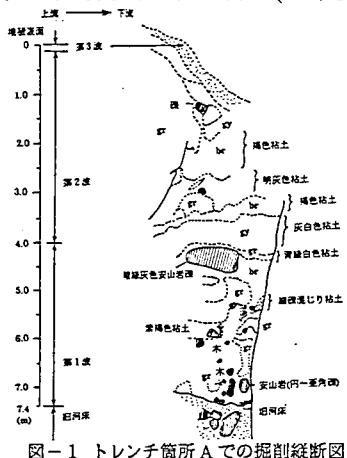


図-1 トレンチ箇所Aでの掘削縦断面図

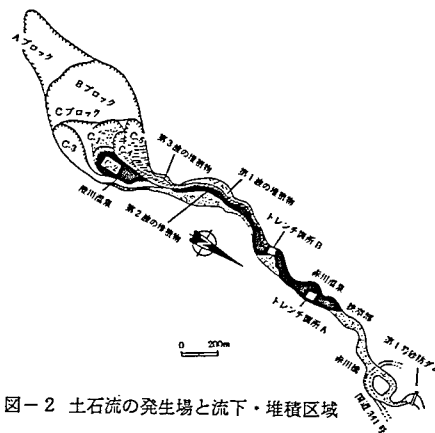


図-2 土石流の発生場と流下・堆積区域