

## 平成19年7月鹿児島県船石川で発生した深層崩壊に起因する土石流の実態

独立行政法人土木研究所 田村圭司・内田太郎・武澤永純・鈴木隆司  
株式会社建設技術研究所 ○金野崇史

## 1. はじめに

平成19年7月に九州地方を襲った豪雨により、鹿児島県南大隅町の船石川(図-1参照)では深層崩壊に起因する土石流が発生したが、下流の砂防えん堤で相当量の土砂を捕捉したため、大きな被害には至らなかった。深層崩壊に起因する土石流は、下流に大きな被害を及ぼしうるものの、その流下実態に関する報告事例は少なく(例えば参考文献1)、その実態には不明な点が少ない。そこで本研究は、現地調査の結果に基づき、深層崩壊に起因する土石流の流下実態について推定を試みたものである。

## 2. 災害の概要と現地調査結果

土石流の発生は、平成19年7月14日10:55頃と推定される。7月10日から14日までの累積降水量は気象庁佐多観測所で826mmであった。

当該地は土石流危険渓流として抽出され、鋼製B型スリットえん堤1基と溪流保全工が整備されていた。えん堤の袖部は鋼製セルとダブルウォールが用いられている。今回の土石流は船石川右支川の船石川2において発生した。土石流はえん堤を乗り越えて下流に土砂が流出しており、崩壊土砂量は鹿児島県の現地測量結果から29,000m<sup>3</sup>と推定された。

現地調査では、巨礫(礫径2~4m程度)はえん堤周辺と勾配変化点の2カ所に集中して堆積していた。堆積勾配は2度と水平に近い状況であった(図-2参照)。

また、崩壊箇所の下流に湾曲している箇所があり、右岸側に土砂が乗り上げていた。せり上がり高さは現地調査より概ね10mから15mであったと考えられる。

また、透過部の鋼製B型スリットの鋼材には局所的なへこみ(13mm~91mm)は確認されたが、鋼材の変形については確認できなかった。さらに、右岸側袖部のセルは天端部が下流側に1.4m変位しており、16度下流にせん断変形していた。ダブルウォールには顕著な被災はみられない。左岸側の鋼製セルは、除石後の調査により、巨礫の衝突による鋼材の局所的なへこみ(150mm)は確認できたが、セル自体の変形はないことを確認した。巨礫の堆積状況や左右岸側の鋼製セル、鋼製B型スリットの被災状況を勘案すると、右岸側の鋼製セルを被災させた土石流の流下幅は、右岸側の鋼製セルの幅(9m程度)ないし右岸側の鋼製セルと鋼製B型スリット部までの幅(18m程度)と考えられる。また、右岸側の鋼製セルの下流側の天端付近の矢板が被災していないことから、土石流の水深はえん堤より低かった(袖部の高さ7.5m)と考えられる。

## 3. 現地で発生した土石流の規模の推定

## 3.1 土石流の推定方法

本研究では、土石流の規模についてピーク流量、水位、流下幅を対象とし、偏流痕跡、鋼材のへこみ、右岸側の鋼製セルの被災状況の3つの状況を矛盾なく説明できる組合せを調査した。

## 3.2 流下域の流速推定

現地の痕跡と元地形の状況から推定した偏流によるせり上がり高( $D_{d(OUT)max}$ : 10~15m)と土石流の流速の関係を式(1)<sup>2)</sup>を用いて推定し、実際のせり上がり高さを矛盾なく説明できるピーク流量、水位、流下幅の組合せを抽出した。

$$D_{d(OUT)max} = D_d + \alpha \cdot \frac{B_r \cdot U^2}{\theta_r \cdot g} \quad (1)$$

ここで、 $D_d$ : 直線部での水深(m)、 $\alpha$ : 係数(2~10)、 $B_r$ : 流

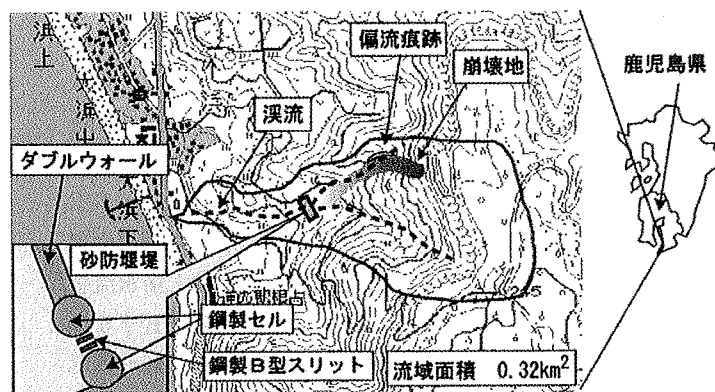


図-1 位置図(国土地理院発行1/2.5万地形図をベース)

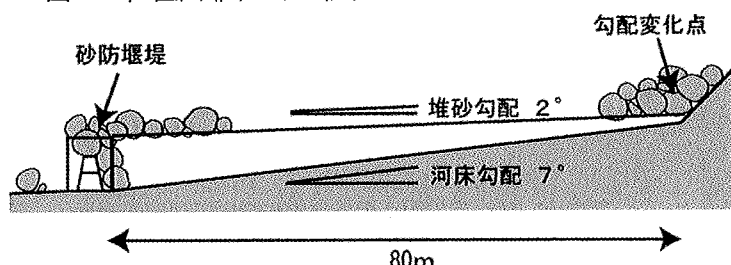


図-2 砂防えん堤堆砂域の断面模式図

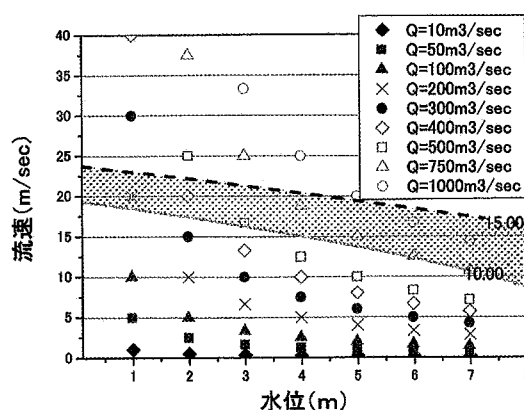


図-3 偏流状況 ( $\alpha = 2$ : 流下幅10m)

路幅(m)、 $U$ :平均流速(m/sec)、 $\theta r$ :水路中央の曲率半径(m)、 $g$ :重力加速度(9.8m/sec<sup>2</sup>)である。曲率半径は現地で計測しておらず、図面から流線を想定して77m( $\theta=66$ 度)とした。流下幅を10mとした場合の結果を図-3に示す。このケースの場合、式(1)より、せり上がり高さが10mから15mであった事実と矛盾しない流速と水位の組み合わせは、図-3の10.00の実線と15.00の破線の間の範囲である。その結果、同様に流下幅20mのケースも含めて考えると、流速は概ね3.5m/sec～33m/secの範囲と推定された。

### 3.3 えん堤位置における土石流の規模の推定

#### 3.3.1 鋼材のへこみ状況に基づく推定

当該えん堤の水通し部は、B型鋼製スリットで礫の衝突によると思われるへこみ変形が確認された。このへこみ変形の位置や堆積していた礫径から土石流の流速を推定した。へこみ量はEllinas<sup>3)</sup>の方法を用いて算出した(図-4参照)。えん堤背後に堆積していた巨礫の直径は2～4m程度であり、図-4の網掛け部分に該当する。鋼材のへこみ量に応じた流速と礫径の関係は各曲線で示され、網掛け部分と重複した範囲が現地で発生した土石流の流速と考えられる。図より、流速は概ね1～12m/secの範囲と推定した。

#### 3.3.2 えん堤の安定性に基づく土石流の規模の推定

現地調査の結果、右岸側の鋼製セルはせん断変形等により被災していたと考えられる。そこで、安定計算を行い、鋼製セルを被災させる土石流の規模について推定することにした。具体には土石流時の鋼製セルの安定性を評価し、せん断変形の条件を満足しない土石流のピーク流量・水位・流速・流下幅を逆算するものである。被災状況等を勘案して鋼製セル背後には堆砂がなかったものと想定し、土石流は鋼製セルの底部(河床)に作用させた。安定条件として用いる数値は安全率を考慮しない極限值とした。結果の一例を図-5に示す。このケースの場合、鋼製セルがせん断変形によって被災した事実と矛盾しない流速と水位の組み合わせは図-5の網掛けの範囲内に示されるケースである。その結果、同様に流下幅20mのケースも含めて考えると、流下幅20mでは流量750mm<sup>3</sup>/sec以上、流下幅10mでは流量400mm<sup>3</sup>/sec以上と推定された。

## 4. まとめ

前述した結果をまとめると、土石流のピーク流量は400～750m<sup>3</sup>/sec以上、流速は1～12m/sec(流下域では3.5m/sec～33m/sec)程度、水深は4～7m、流下幅は9～18m程度の範囲にあると考えられ、当該地域で発生した土石流の規模・実態が概ね推定できた。

深層崩壊等に起因した土石流については針原川<sup>1)</sup>、集川<sup>4)</sup>、手取川上流別当谷(深層崩壊と示された文献は確認されていないが、規模が大きいため掲載した)<sup>5)</sup>、<sup>6)</sup>等で土石流の規模を推定している。今回の事例とこれら3事例について、流下区間における推定流速の上限と下限値に対する崩壊土砂量と関係を図-6に示す。崩壊地からの距離や縦断形状、流速を推定した地点の流下断面、勾配等の影響が考えられるが、崩壊土砂量が多くなると推定流速値の下限値も大きくなる傾向にある。

今後、本研究と同様な手法による調査を進め事例を収集することにより、深層崩壊に起因する土石流の実態が解明されるものとする。最後に本研究に当たり資料の提供や現地調査に協力頂いた鹿児島県に感謝の意を表す。

参考文献 1) 山田ら:1997年7月10日に鹿児島県針原川で深層崩壊に起因して発生した土石流の流下・堆積実態、砂防学会誌、Vol.51、No.1、p.46-54、1998。 2) 国土政策技術総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室:土石流・流木対策設計技術指針、国土政策技術総合研究所資料第365号、P.46、2006。 3) (財)砂防・地すべり技術センター:鋼製砂防構造物設計便覧、p.89-90、2001。 4) 高岡ら:2003年7月水俣川集川で発生した土石流のピーク流量の推定、第2回土砂災害に関するシンポジウム論文集、p.103-108、2004。 5) 中谷ら:急勾配区間での土石流に関する運動学的特性の再現手法について、砂防学会誌、Vol.58、No.4、p.35-40、2005。 6) 国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所ホームページ: [http://www.hrr.mlit.go.jp/kanazawa/hakusansa-bo/03history/images/saigai03\\_01\\_1.jpg](http://www.hrr.mlit.go.jp/kanazawa/hakusansa-bo/03history/images/saigai03_01_1.jpg)

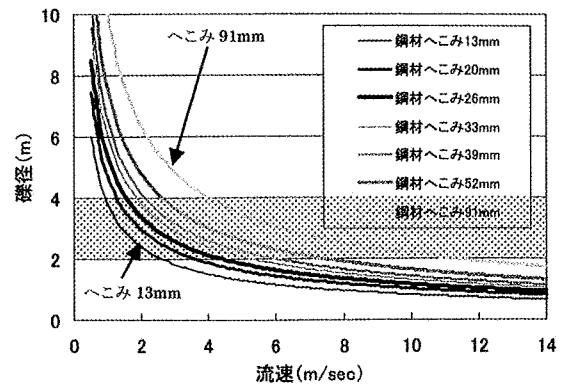


図-4 鋼材のへこみによる土石流の推定

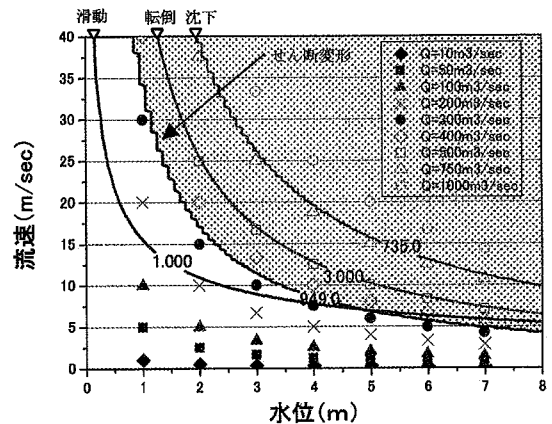


図-5 安定計算(流下幅10m)

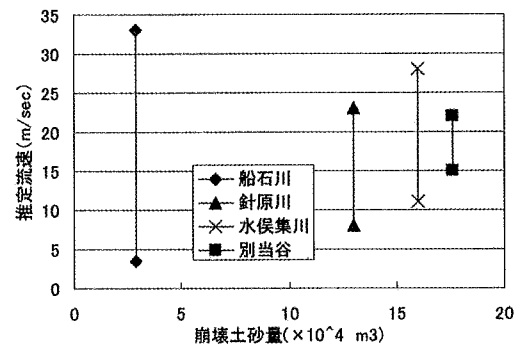


図-6 深層崩壊等に起因した土石流の推定流速と崩壊土砂量との関係