

# 鋼製透過型ダムの土石流捕捉形態

葛西俊一郎・嶋 文示・中野博志・山口健太郎

都市環境カンパニー・構造技術部

## States of Debris Flows Trapped by Steel Open-type Sabo Dams

Shunichiro Kasai・Joji Shima・Hiroshi Nakano・Kentaro Yamaguchi

Stony and woody debris flows were trapped by open-type sabo dams and the debris capture states were investigated. Through these investigations, the following were confirmed : 1) In case of stony debris flow, huge rocks in the flow were trapped and maximum discharge was reduced. 2) In case of woody debris flow, most sediment was trapped by woody debris which occluded the opening of the dam. The difference between both states was clearly caused by the debris flow material .

まえがき = 当社の格子形鋼製砂防ダムは直径 60cm の鋼管を立体格子状に組合せた構造で、その正面図における鋼管の柱の間に空けきがあることなどから、砂防の分野では、透過型砂防ダムに分類されている。近年、透過型ダムは、同一ダム高さでの土砂の捕捉量が多いこと、環境面で優れていること、また、多量の流木を捕捉できるスクリーン効果があることなどから、土石流対策工や流木対策工として広くもちいられるようになってきた。しかし、この透過型ダムが土石流を捕捉する機能は実験で確かめられているが<sup>1)</sup>、現地で実際に土石流を捕捉した事例はきわめて少ない<sup>2)</sup>のが現状である。

1990 年には、礫や土砂が混じった砂礫型の土石流が、また、1996 年には、流木が混じった土石流が実際の透過型ダムに作用し、それらの捕捉状況が追跡調査された<sup>3)~5)</sup>。本報告は、これらの個別に調査された結果を比較検討することにより、土石流構成成分の異なった土石流が作用するときの透過型ダムによる捕捉形態の相違を述べ、考察を加えるものである。

### 1. 当該ダムの計画概要

砂礫型の土石流の作用を受けた透過型ダムとして大柵

沢第 2 砂防ダム(建設省富士川砂防工事事務所)、また、流木混じりの土石流の作用を受けたものとして中谷川砂防ダム(兵庫県土木部砂防課)がある。以下に、両者のダムの計画諸元を示す。

#### 1) 大柵沢第 2 砂防ダム

第 1 図は構造一般図である。最上流における柱の純間隔  $b_0$  は 4.0m で、最大礫径  $d_{max} = 2.00m$  の 2 倍に設定されている。この 2 倍という値は、土石流対策技術指針(案<sup>6)</sup>および鋼製砂防構造物設計便覧<sup>7)</sup>によれば、土石流先端部の巨礫を止め、ピーク流出土砂量(瞬間最大流出土砂量)  $Q_{max}$  を半減させると記述されている。その他の計画諸元は以下のとおりである。

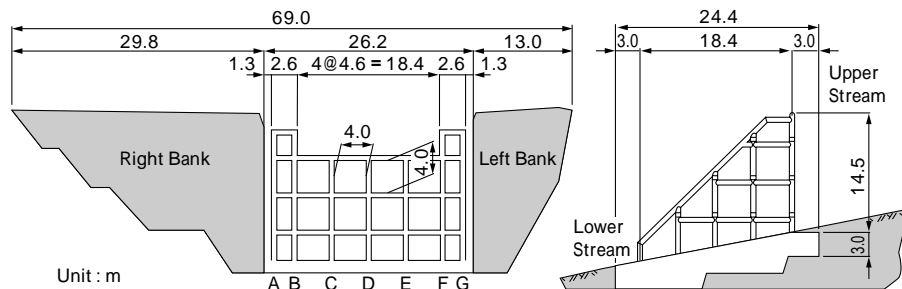
流域面積  $A = 3.90km^2$ 、計画降雨強度  $r_e = 52.7mm/h$ 、流出係数  $f = 0.85$ 、計画洪水流量  $Q = 48.5m^3/s$ 、元河床勾配  $i = 1/5.7$ 、設計土石流水深  $U = 3.00m$ 、土石流の速度  $U = 7.24m/s$ 、単位面積当たりの衝撃力  $q = 196kN/m^2$

#### 2) 中谷川砂防ダム

第 2 図は構造一般図である。柱の純間隔  $b_0$  は 3.4m で、最大礫径  $d_{max} = 1.70m$  の 2 倍である。この 2 倍という値の設定も大柵沢第 2 砂防ダムの場合と同様である。その他の計画諸元は以下のとおりである。

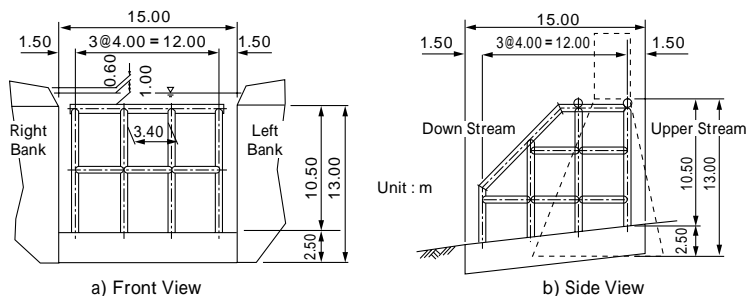
第 1 図 構造一般図(大柵沢第 2 砂防ダム)

Fig. 1 General drawing of the structure (The second dam in Oh-tanazawa)



第 2 図 構造一般図(中谷川砂防ダム)

Fig. 2 General drawing of the structure (The Nakatani-gawa sabo dam)



流域面積  $A = 1.40 \text{ km}^2$ , 計画降雨強度  $r_e = 75.0 \text{ mm/h}$ , 流出係数  $f = 0.75$ , 計画洪水流量  $Q = 26.25 \text{ m}^3/\text{s}$ , 元河床勾配  $i = 1/6.5$ , 設計土石流水深  $U = 2.00 \text{ m}$ , 土石流の速度  $U = 6.18 \text{ m/s}$ , 単位面積当たりの衝撃力  $q = 68.6 \text{ kN/m}^2$ .

## 2. 土石流発生状況

### 1) 大柵沢第2砂防ダム

大柵沢第2砂防ダムは富士川本川上流部の釜無川右支川小武川の上流部にあり、付近の地質は花崗岩が主体で、糸魚川 - 静岡構造線が通っているため、きわめて脆弱で荒廃している。そのため、本流域は流出土砂量が多く、さらに、集中豪雨があれば砂礫型の土石流が発生しやすい環境にある。土石流は1990年8月9日から10日にかけての台風11号により発生した。そのときの最大時間雨量は  $47.0 \text{ mm/h}$  であった。

### 2) 中谷川砂防ダム

中谷川砂防ダムは兵庫県多紀郡丹南町当野地先に設置された。この中谷川周辺の地質は凝灰角岩を主体とし、崖錐層が厚く堆積しているため、中小出水時においても土砂生産を繰返し、また、植生条件から流木を含んだ土石流の発生しやすい状況にある。土石流は1996年8月27日から28日にかけての秋雨前線による集中豪雨により発生した。そのときの最大時間雨量は  $67.0 \text{ mm/h}$  であった。

## 3. 調査結果

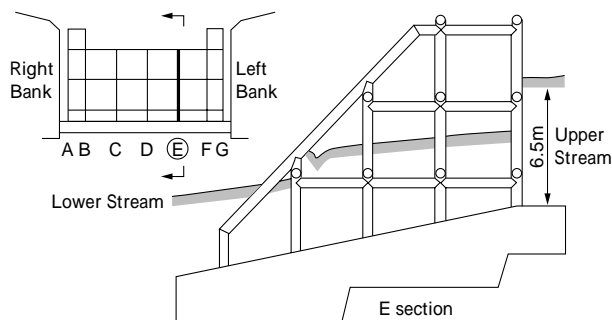
### 3.1 大柵沢第2砂防ダム

第3図および写真1は土石流の堆積状況を、写真2は開口部（最上流における柱と柱の間の空隙部）で捕捉された礫を、また、第4図は格子枠内の堆砂表面における礫径調査の結果を示したものである。その測定は第4図の ~ の各領域ごとに10個の礫径を計測することによっておこなわれ、図中の  $d_{\max}$  および  $d_{\text{mean}}$  は各領域ごとの最大値および平均値を意味する。

写真2から、柱の純間隔より小さな礫であってもそれらが密集していれば開口部に絡み合っ、うまく捕捉されることがわかる。この最大礫径  $d_{\max}$  は第4図より  $1.8 \text{ m}$  であり、格子内部のどの範囲の礫径よりも大きい。

また、第3図から、格子枠内の堆砂高さは、最上流がもっとも大きく、以下、下流に行くにしたがって徐々に低下しているのがわかる。とくに、最上流における堆砂高は  $6.5 \text{ m}$  を示している。

以下に、砂礫型の土石流が透過型ダムに捕捉されていく状況を推定する。第5図は調査の結果をもとにした



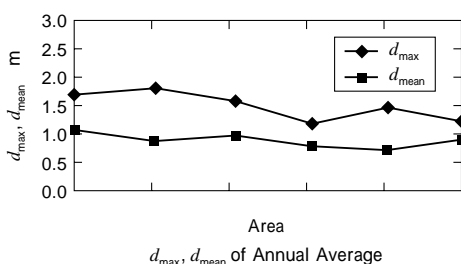
第3図 格子枠内における堆砂縦断面（大柵沢第2砂防ダム）  
Fig. 3 State of sediment inside the open-type steel gridded sabo dam



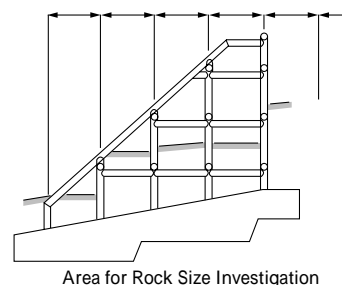
写真1 堆砂状況（大柵沢第2砂防ダム）  
Photo 1 State of sediment (The second dam in Ohtanazawa)

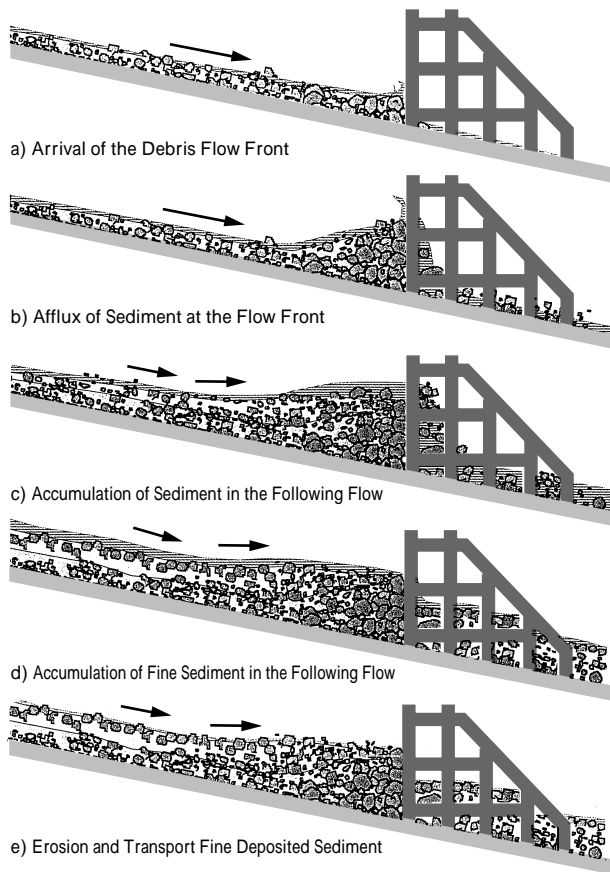


写真2 開口部で捕捉された礫（大柵沢第2砂防ダム）  
Photo 2 The rocks trapped at the space between the pipes (The second dam in Ohtanazawa)

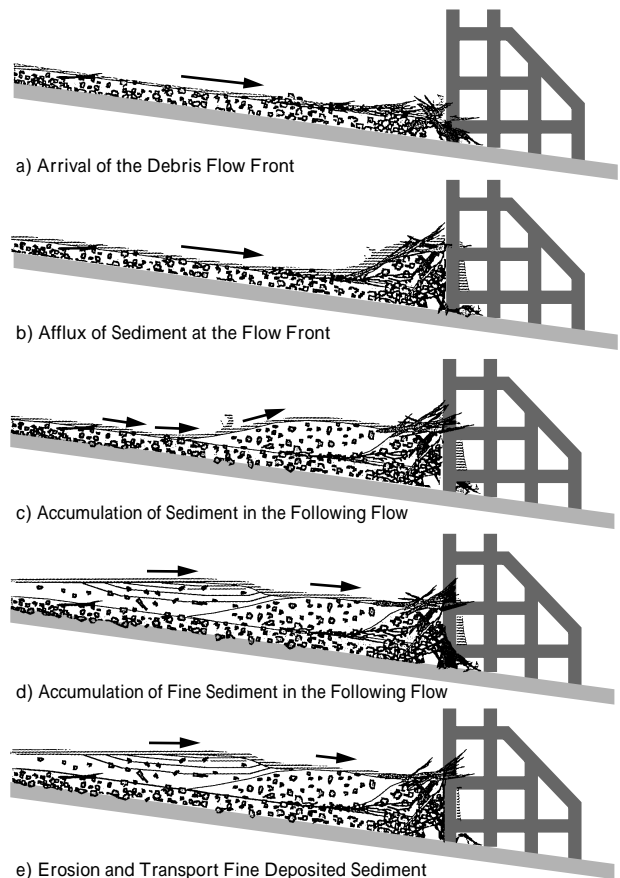


第4図 礫径調査結果（大柵沢第2砂防ダム）  
Fig. 4 Result of the rock size investigation (The second dam in Ohtanazawa)





第5図 土石流捕捉時の想像図(大柵沢第2砂防ダム)  
Fig. 5 Imaginative picture when debris flow is trapped  
(The second dam in Ohtanazawa)



第6図 土石流捕捉時の想像図(中谷川砂防ダム)  
Fig. 6 Imaginative picture when debris flow is trapped  
(The Nakatanigawa sabo dam)

土石流捕捉時の想像図である。

- 1) 土石流の先端部には巨礫が密集しているため、先端部は瞬間的に捕捉されたものと思われる(第5図a))。
  - 2) 最初に捕捉された先端部の土砂は後続流の勢いによって盛り上がり、堆砂高は土石流の波高の約2~3倍にも高くなると思われる。高くなった位置まで巨礫が開口部に絡まり、開口部を閉塞する(第5図b))。このため、第3図に示した堆砂面の段差が最初の開口部でもっとも大きくなる。いっぽう、高くなった位置より下側における後続流中の土砂はある程度捕捉されることになる。
  - 3) 開口部に近い後続流中の土砂は堆砂面を越流して格子枠内に流入し、いっぽう、開口部から離れた土砂は上流側の盛上がって高くなった土砂を乗り越えられずにその後方に堆積する(第5図c))。また、洪水の流れは堆積土砂を削りながらその土砂を運び、開口部から越流させる。格子枠内に流入した土砂の一部は底版コンクリート上に堆積し、その他の一部は下流に運ばれる。
- したがって、第4図の格子枠内の礫径は後続流に含まれる礫を測定したことになり、その礫径は開口部に捕捉された土石流先端部のそれより小さくなっている。
- 4) 時間の経過とともに後続流には細粒分が多くなり、かつ、流れの勢いも弱くなる。このため、細粒土砂の後方堆積が進む(第5図d))。



写真3 ダム上流部における堆砂縦断面図(中谷川砂防ダム)  
Photo 3 Vertical section of sediment at upper stream of the dam  
(The Nakatanigawa sabo dam)

- 5) 洪水の末期になると、細粒土砂の侵食と下流への輸送がおこなわれ堆砂面が平滑化する(第5図e))。

### 3.2 中谷川砂防ダム

写真3は土石流が捕捉された縦断面、また、第6図は写真3を参考にした土石流捕捉時の想像図である。

写真3における縦断面は以下の7種に区分される。

- 1は開口部に捕捉されている流木群、
- 2は流木の屑の層である。
- 1は粒径1.3m程度の巨礫群、
- 2は粒径0.3m程度の小径の礫群、
- 3は礫混じりの土砂である。また、
- 1は上記の
- 3と同様で礫混じりの土砂、
- 2は比較的、細粒の土砂が盛り上がりながら何層にも重なって堆積している部分である。

このような堆積状況の縦断面図をもとにして、流木混じりの土石流が透過型ダムに捕捉されていく状況を第6図

に示す。

- 1) 土石流の先端部には流木や巨礫が密集しているため、先端部は瞬間的に捕捉されたものと思われる(第6図a))。
- 2) 最初に捕捉された先端部の土砂は後続流の勢いによって盛上がり、堆砂高は土石流の波高の2~3倍にも高くなる。先端部の直後にある流木は高くなった堆砂面よりさらに高い位置まで堰上げられる。このため、かなり高い位置まで開口部は流木によって閉塞状態となり、後続流中の土砂を捕捉する壁ができる(第6図b)、写真3の -1)。  
いっぽう、取残された流木は最初の土石流の波高の位置に残ったままとなる。これが写真3の -2)の部分となる。
- 3) 開口部に近い後続流中の土砂は高くなった流木の壁を通過できずに堆積し、開口部から離れた土砂は盛上がって高くなった土砂を乗り越えることができず、その後方に堆積していく(第6図c))。また、洪水流により侵食された土砂は開口部に運ばれるが、この土砂も流木の壁を通過できずに堆積する(写真3の -1)。このように、流木混じりの土石流の場合、大半の土砂が捕捉されることになる。したがって、底板コンクリート上での土砂の堆積はみられない。
- 4) 時間の経過につれ、後続流中の土砂は高くなった堆積土砂を乗り越えられず後方で層状に堆積する(第6図d)、写真3の -1)。上記の3)、4)に示した土砂の後方での堆積により、開口部における土砂の堆砂高さは水通し天端までには到らないことになる。
- 5) 洪水の末期になると、砂礫型土石流の場合と同様に細粒土砂の侵食、および、下流への輸送がおこなわれ堆砂面が平滑化する(第6図e))。

### 3.3 捕捉形態の相違

大柵沢第2砂防ダムと中谷川砂防ダムとの捕捉形態から、砂礫型と流木混じりの土石流の捕捉形態の相違を述べる。

- 1) 土石流先端部の巨礫を止め、ピーク流出土砂量を低減させるのは両方の土石流に対し同様である。
- 2) 流木混じりの場合、最先端にある流木が開口部を高い位置まで密閉状態にするため大半の土砂が捕捉されるのに対し、砂礫型の場合、後続流が開口部を通過するためすべての土砂は捕捉されない。つまり、土石流の減勢が主体になる。

むすび=今回の追跡調査によって、土石流の構成成分が流れてくる順序、また、それらが捕捉される形態がほぼ明確になった。これより、土石流の構成材料の相違が透過型ダムによる捕捉形態に大きな影響を及ぼすことがわかった。これらのことは、実験結果ともよく一致している。

透過型ダムの開口部の大きさは上記の土石流の構成成分の種類や大きさによって設定される。この意味から、透過型ダムの計画にあたっては、その構成成分(流木が混じるかどうか、その長さ、さらに、最大礫径など)の調査はきわめて重要な要素となる。

今後とも、既設の透過型ダムの追跡調査、とくに、土石流を捕捉できなかったダムの調査をもおこない、設計段階における構成成分の適切な調査の重要性を述べてゆきたい。

### 参考文献

- 1) 渡辺正幸ほか：土木技術資料，22-2，(1980)，p.64.
- 2) 高梨和行ほか：砂防学会誌(新砂防)，Vol.39，No.5，(1987)，p.4.
- 3) 瀬戸俊彦ほか：砂防学会誌(新砂防)，Vol.51，No.3，(1998)，p.19.
- 4) 小段慶司ほか：平成9年度砂防学会研究発表会概要集，(1997)，p.12.
- 5) 藤波昭男ほか：平成9年度砂防学会研究発表会概要集，(1997)，p.14.
- 6) 建設省河川局砂防部砂防課：土石流対策技術指針(案)，(1989)，p.33.
- 7) 財団法人砂防・地すべり技術センター：鋼製砂防構造物設計便覧，(1993)，p.63.