

土石流・流木対策として活躍する 鋼製透過型砂防堰堤

鋼製透過型砂防堰堤の機能および施工・捕捉事例紹介

筒井智照・大村佳正

日本国内では、毎年のように梅雨前線や台風等の影響により、土砂災害が発生し、人々の生活に甚大な被害を及ぼしている。このような状況の中、日本の国土および人命・資産を守るため砂防事業として、ハード対策が推進されている。鋼製透過型砂防堰堤は、土石流・流木対策施設として、捕捉機能や環境保全の面で着目されている。本稿では、鋼製透過型砂防堰堤の捕捉機能および特長を述べるとともに、その施工方法および施設効果事例等について報告するものである。

キーワード：鋼製透過型砂防堰堤、土石流・流木捕捉、溪流保全、無人化施工、施設効果

1. はじめに

我が国の国土は、地形・地質・気象等のさわめて厳しい状況下であり、土石流の発生するおそれのある溪流（土石流危険溪流）が約18万箇所存在している（表一1）。集中豪雨や地震に伴う土砂災害は、過去10年（平成16年～25年）の年平均で約1,000件以上発生しており、人命や資産に多大な被害が生じている。そのため、土石流による災害から国土を保全し、人命・資産を守るため砂防関係施設の整備が推進されている。

表一 土石流危険溪流

	土石流危険溪流			
	I	II	III	計
全国	89,518	73,390	20,955	183,863

土石流・流木対策の砂防施設として整備が推進されている砂防堰堤は、中小出水時には下流に土砂を流す「透過型」と流出土砂をすべて止める「不透過型」の型式に大別される。現在、土石流・流木対策施設として用いられている「透過型」は、鋼管で構成されるものが主流となっており、これまでに全国で1400基以上の施工実績がある。本稿では、鋼製透過型砂防堰堤の捕捉機能および特長を述べるとともに、その施工方法および施設効果事例等について報告するものである。

2. 鋼製透過型砂防堰堤の捕捉機能および特長

(1) 鋼製透過型砂防堰堤の捕捉機能

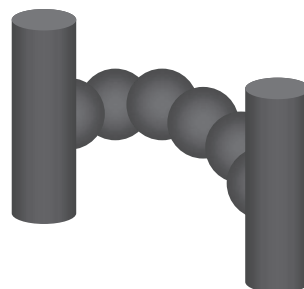
鋼製透過型砂防堰堤は、土石流として流下してくる

巨礫・土砂・流木を捕捉することを目的とし、鋼管等を縦横に配置することで開口部を設け、透過壁を構築する構造物である。鋼製透過型砂防堰堤にはいくつかのタイプがあるが、その中の一例を写真一1に示す。

土石流の捕捉機能は、流下してくる土石流中の礫に対し、所定の間隔に配置された鋼管と鋼管の間において生じる礫のアーチアクション効果（礫同士の噛み合わせにより礫同士の押す力がアーチのように作用する：図一1）に期待するものである。鋼管と鋼管の純



写真一1 鋼製透過型砂防堰堤の一例



図一1 礫によるアーチアクション効果イメージ

間隔は、「土石流・流木対策設計指針及び同解説」¹⁾に準拠し、最大礫径D95の1.0倍程度に設定している。ここで言う最大礫径D95とは、砂防堰堤計画地点の上下流に200m区間に存在する巨礫の粒径分布に基づく95%に相当する粒径のことである。

(2) 鋼製透過型砂防堰堤の特長

(a) 貯砂容量の効率的な確保

鋼製透過型砂防堰堤は、所定の間隔に鋼管を配置し、開口率を有した構造であるため、平常時は土砂および水を下流に流すことができ、堰堤上流の堆砂域に土砂が堆積することが少なく、必要な貯砂容量を確保しておくことができる。そして、土石流発生時には、土石流として流下する礫・流木を捕捉する構造である(図一2)。不透過型砂防堰堤と異なり、平常時から堰堤上流の堆砂が進行しないため、土石流発生時まで貯砂容量を効率的に確保することができる特長を有している。

(b) 優れた流木捕捉効果

土石流区間では、流木は単体で流下するのではなく、土石流と一体となって流下する。流木の計画捕捉量は、「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)及び同解説」²⁾において、計画捕捉量に対する割合が定められている。図一3に不透過型と透過型の計画捕捉量の模式図を示す。計画捕捉流木量は、不透過型の場合、計画捕捉量の2%、透過型の場合、計画捕捉量の30%が流木の捕捉量として考慮することができ

る。したがって、鋼製透過型砂防堰堤は、流木の捕捉効果が大きく期待できるため、流木対策として非常に効果的である。

(c) 生態系の保全および環境負荷軽減

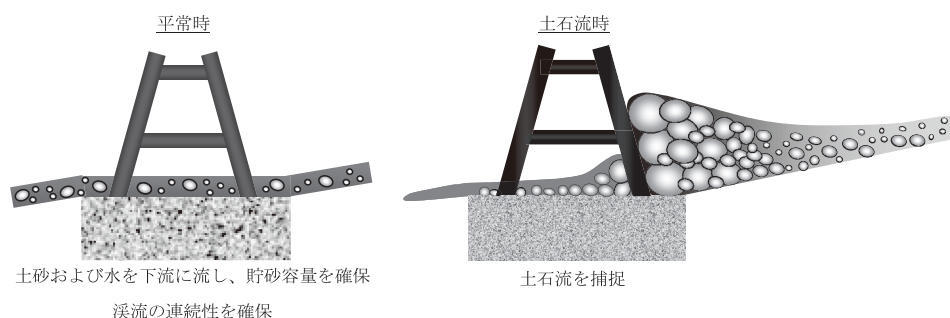
不透過型砂防堰堤は、すべての流出土砂を止めるため壁が構築され、堰堤を境に溪流の上下流に高低差が生じ、流れを分断することとなる。一方、鋼製透過型砂防堰堤は、現溪床に沿って基礎コンクリートを打設し、その上部に鋼製部を構築するため、現溪床勾配を維持することができ、動物や魚類の往来を妨げる事がなく、溪流の連続性を確保できるため、溪流環境や生態系の保全が可能となる。

また鋼製透過型砂防堰堤は、コンクリートの使用量を抑えることができるため、CO₂の発生量も少なく環境負荷軽減効果に寄与することができる。

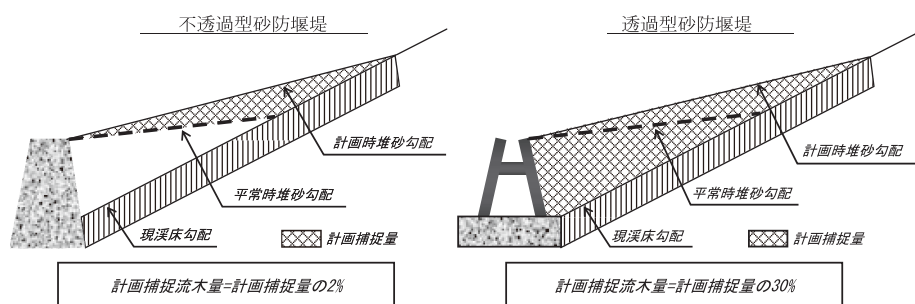
(d) 施工日数の短縮と施工制約が少ない構造

鋼製透過型砂防堰堤は、製品をプレハブ化しやすいため、現場での作業が少なくでき、工期短縮が可能な構造である。また、現場での組立ては、パーツ化された部材をボルトで接合する作業が主であり、そのボルト接合も専用の締付け工具を使用することで、現場での管理を必要とせず、省力化を図ることができる(写真一2)。

鋼材を主材料としていることから、気象条件に左右されにくく通年施工が可能である。また、材料の運搬が少ないため、運搬方法や運搬量が制限されるような現場での施工にも適した構造である。



図一2 鋼製透過型砂防堰堤の捕捉機能



図一3 砂防堰堤の計画捕捉量



写真—2 ボルト接合（トルシア形高力ボルト）

3. 鋼製透過型砂防堰堤の施工および設置事例

(1) 鋼製透過型砂防堰堤の施工方法

鋼製透過型砂防堰堤には、いくつかの型式があり、施工手順についても若干異なりがある。一般的な施工方法は、あらかじめ工場にて部材を切断・加工したものを現場搬入し、現場ではパーツ化された部材を架設し、ボルト接合をし、構造物を構築していくものである。部材の架設は、ラフテレーンクレーン 25t 吊りを使用して行うのが一般的である。図—4 に鋼製透過型砂防堰堤の一般的な施工方法を示す。

①床掘・整地均し 1次コンクリート打設



②材料搬入



③測量・墨出し



④アンカーボルト工



⑤足場組立



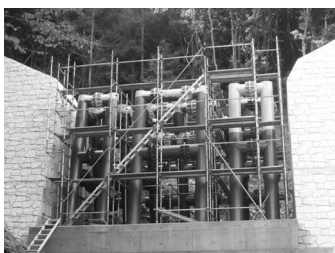
⑥部材架設



⑦高力ボルト締付け工



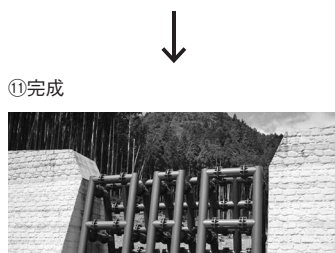
⑧現場塗装



⑨出来高検査



⑩足場解体 2次コンクリート打設



⑪完成



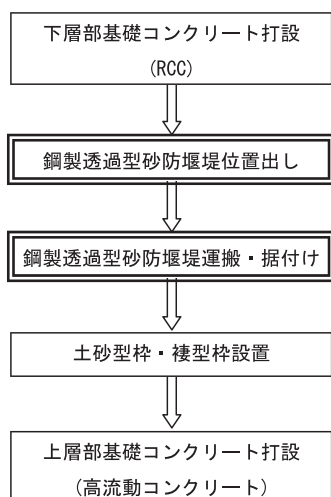
図—4 鋼製透過型砂防堰堤の一般的な施工方法

(2) 無人化施工機械を用いた施工事例

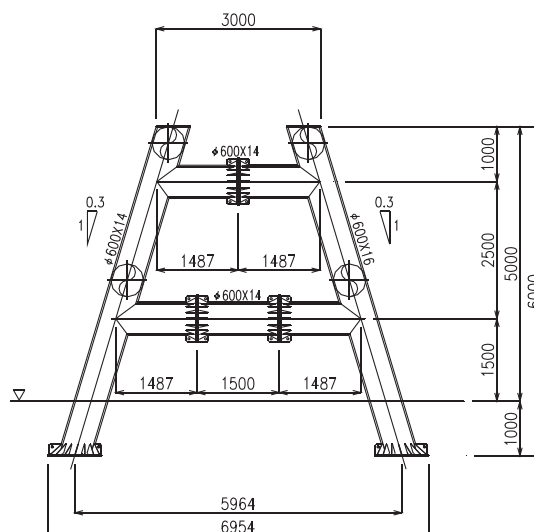
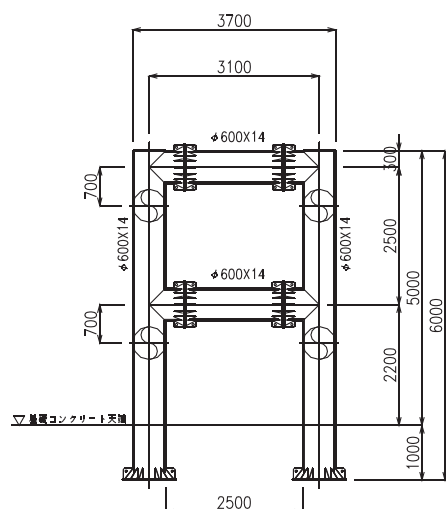
鋼製透過型砂防堰堤は、上述したような施工方法によって構築されるのが一般的であるが、平成14年雲仙復興事務所管内では、日本国内では初実績となる無人化施工機械を用いた鋼製透過型砂防堰堤の施工が実施されている。

雲仙普賢岳は、平成2年に198年ぶりに噴火活動を開始し、この噴火により火砕流・土石流が断続的に発生し、人命・資産に甚大な被害を与えた。これら土石流災害から地域の安全を確保することを目的に、雲仙復興事務所管内では砂防施設の整備が実施されており、鋼製透過型砂防堰堤の無人化施工もその事業の一環として行われた。

図一5に鋼製透過型砂防堰堤の無人化施工のフロー、図一6に鋼製透過型砂防堰堤の構造図、表一2に構造諸元を示す。本章では、鋼製透過型砂防堰堤の組立てに関わる運搬、据付け工程について紹介する。



図一5 鋼製透過型砂防堰堤の無人化施工フロー



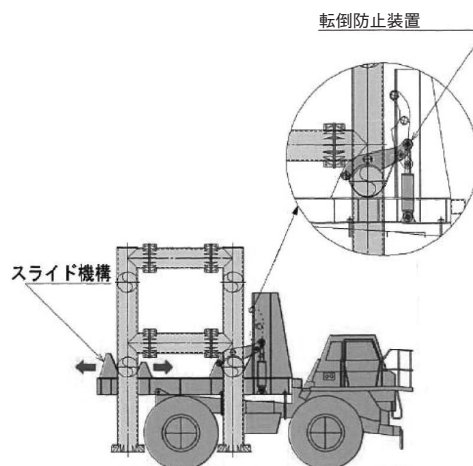
図一6 鋼製透過型砂防堰堤の構造図

表一2 鋼製透過型砂防堰堤の諸元

鋼材重量	15.08 t / 基	
主要部材	上流部	φ 600 × 16
	下流部	φ 600 × 14
	水平材・つなぎ材	φ 600 × 14
鋼管根入れ深さ	1.0 m (高流動コンクリート)	

(a) 鋼製透過型砂防堰堤の運搬

鋼製透過型砂防堰堤の無人化運搬は、遠隔操作用の45t重ダンプトラックを改造し、ベッセルと呼ばれる積荷を収容する箱を取り外し、専用の運搬台を取り付けた運搬車によって作業を行っている。図一7に無人鋼製透過型砂防堰堤運搬車の概要図と写真一3に運搬状況を示す。この運搬車は、運搬時に構造物がずれ落ちないように遠隔操作で開閉ができる転落防止が取り付けられており、また堰堤計画地点でバックホウにて構造物を把持した後、地きりが円滑に行えるよう後方の荷台にスライド機能が付けられている。



図一7 無人鋼製透過型砂防堰堤運搬車



写真—3 鋼製透過型砂防堰堤の運搬状況

(b) 鋼製透過型砂防堰堤の据付け

鋼製透過型砂防堰堤の設置位置は、無人化測量機によりマーキングをし、決定する。所定の位置に対して、把持装置を取り付けた3.5 m³バックホウが、鋼製透過型砂防堰堤を据え付ける(写真—4)。把持装置は、油圧機構により、フックの開閉による鋼管の掴みおよび微小位置決めを行うために90°回転可能な構造となっている。また、把持装置にバランスウエイトを追加し、据付け時の鋼製透過型砂防堰堤のバランス調整を行っている。



写真—4 鋼製透過型砂防堰堤の据付け状況

据付け作業は、まず運搬車上の鋼製透過型砂防堰堤を据付け位置に待機しているバックホウで把持し、地きりを行っている。完全に吊り上げた後、運搬車を移動している。移動後、旋回して所定の位置へ据付けを行っている。据付けは、モニター映像により無人測量機によるマーキングを確認しながら、据付け目標値内(±50 mm)に収まるまで繰り返し実施している。

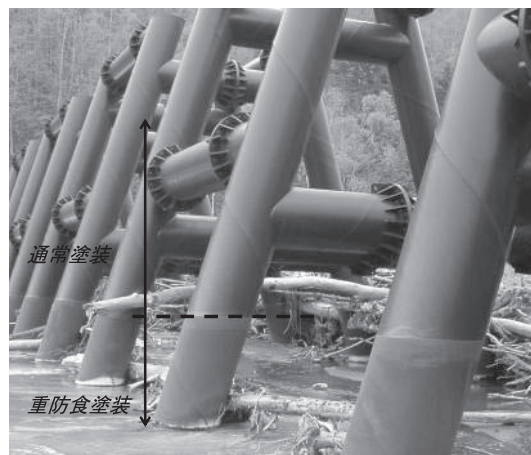
当該現場にて施工された鋼製透過型砂防堰堤は、脚立のような形状をした構造体である。ダム軸方向に部材が接続されておらず、ユニット単体を設置していくことにより、砂防施設として機能を発揮する構造形状となっている。ユニットが独立した形状であることが、無人化施工を行うにあたり、適した形状であった

といえる。

(3) 特殊環境下における設置事例

鋼製透過型砂防堰堤は、錆の発生による鋼材の有効断面厚の低減を考慮し、あらかじめ腐食しろを設け、板厚を決定することで構造物としての耐久性を確保している。鋼材は、pHが4以下(酸性域)になると、急激に腐食速度が大きくなる傾向にある。そのため、鋼製透過型砂防堰堤においても、火山地域や酸性河川といった腐食環境の厳しい箇所に設置する場合は、塗装等による防錆処理を行う必要がある。

写真—5に酸性河川における防錆処理として、重防食塗装を施した一例を示す。常時流水の影響のある高さまでを重防食塗装とし、それより上部は、通常の塗装仕様で施工したものである。



写真—5 重防食塗装を施した事例

4. 鋼製透過型砂防堰堤の施設効果事例

これまで鋼製透過型砂防堰堤は、全国で60箇所以上の捕捉実績が報告されている。ここでは、その一部を紹介する。各鋼製透過型砂防堰堤の構造諸元を表—3に示す。

表—3 鋼製透過型砂防堰堤 構造諸元

	捕捉事例①	捕捉事例②	捕捉事例③
県名	北海道	山口県	東京都
溪流名	雄忠志内	八幡谷川	長沢本川
施工年度	平成18年度	平成17年度	平成23年度
堰堤高さ	8.0 m	8.5 m	14.5 m
鋼製高さ	6.0 m	6.0 m	12.0 m
水通し幅	15.0 m	15.0 m	10.0 m
最大礫径	1.0 m	1.0 m	0.6 m
鋼管純間隔	1.4 m	1.0 m	0.6 m

(1) 捕捉事例① 北海道利尻島

平成 18 年寒冷前線に伴う大雨により土石流が発生した。鋼管の鉛直純間隔は 1.4 m に設定されており、透過部全体にわたって礫が捕捉されている。透過部を閉塞している礫径は、鉛直純間隔 1.4 m 程度の礫が数個確認できる程度であり、大部分は、それよりも小さな礫が噛み合った状態で閉塞していることが確認できる。このことより、礫のアーチアクションが効果的に発揮し、礫が絡みあって閉塞していることが見てとれる（写真—6）。



写真—6 捕捉事例① 北海道利尻島



写真—7 捕捉事例② 山口県八幡谷川



写真—8 捕捉事例③ 伊豆大島長沢

(2) 捕捉事例② 山口県八幡谷川

平成 21 年活発な梅雨前線の影響により大雨が降り、土石流が発生した。鋼管の鉛直純間隔は、1.0 m に設定されている。捕捉事例①が、開口部の全体が礫で閉塞しているのに対し、本堰堤は流木により開口部が閉塞し、比較的細かな土砂を捕捉している状態にある。このことより、礫が無い状況下においても流木の流下により開口部が閉塞し、比較的細かな土砂の捕捉についても期待することができる（写真—7）。

(3) 捕捉事例③ 伊豆大島長沢

平成 25 年台風 26 号による局地的な豪雨により土石流が発生した。鋼管の純間隔は、0.60 m に設定されている。開口部が流木で閉塞し、その背後に細粒分を多く含んだ土砂が堆積している（写真—8）。

5. 鋼製透過型砂防堰堤の維持管理

鋼製透過型砂防堰堤は、土石流発生により土砂および流木を捕捉した場合、除石・除木を行い、計画捕捉量を確保する必要がある。土石流や流木の流出を受けた際、鋼製透過型砂防堰を構成する鋼管に損傷がみられない場合は、除石により貯砂容量を確保することで継続して土石流対策施設として供用することができる。しかしながら、鋼管に凹みが生じている場合は、凹みの程度によって補修・補強の必要性を検討することとなっており、鋼管径に対し 10% 未満の凹み量であれば「補修の必要は無し」、40% 以上の凹み量であれば、「必ず補修・補強を行う」とされている（表—4）³⁾。

表—4 部材の損傷レベルと対応

損傷レベル	機能低下レベルと定義	対応策	判定
レベルⅠ 健全	完成時と比べ機能の低下がなく、供用に支障がない	補修の必要なし	鋼管径の凹みが鋼管径に対して 10% 未満
レベルⅡ 損傷	部材耐力が低下しており、完成時と比べ機能低下のおそれがある	構造照査により補修・補強の必要性を検討する	鋼管径の凹みが鋼管径に対して 10% 以上、40% 未満
レベルⅢ 破壊	施設機能が喪失しており、次に設計荷重が作用すると機能が発揮できない	必ず補修・補強を行う	鋼管径の凹みが鋼管径に対して 40% 以上

6. おわりに

毎年のように土砂災害が発生する状況下において、鋼製透過型砂防堰堤に期待される役割は、今後ますます重要なものになると考えている。現在までに全国で鋼製透過型砂防堰堤の活用が進み、その効果事例についても報告されている。今後も、土石流・流木の捕捉実態のデータを蓄積するとともに、コスト・施工性・維持管理等さらなる高度化を図り、土砂災害防止と自然との共生、人命・資産の保全に微力ながら貢献していく所存である。

謝 辞

最後に、鋼製透過型砂防堰堤の無人化施工の事例紹介をするにあたり、(株)フジタ 須郷様には貴重なご意見および資料提供を頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省砂防部, 国土交通省国土技術政策総合研究所: 土石流・流木対策設計指針及び同解説, 2007年11月
- 2) 国土交通省砂防部, 国土交通省国土技術政策総合研究所: 砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)及び同解説, 2007年11月
- 3) 鋼製砂防構造物委員会: 鋼製砂防構造物設計便覧 平成21年度版, 2009年9月

【筆者紹介】

筒井 智照 (つつい ともてる)
日鐵住金建材(株)
土木鉄構商品部 土木鉄構商品営業室
シニアマネージャー



大村 佳正 (おおむら よしただ)
日鐵住金建材(株)
土木鉄構商品部 土木鉄構商品営業室

