

# 土木研究所資料

## 道路横断排水カルバート流入口の 閉塞軽減施設事例集

令和2年12月

国立研究開発法人土木研究所  
地質・地盤研究グループ施工技術チーム

Copyright © (2020) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

# 道路横断排水カルバート流入口の 閉塞軽減施設事例集

施工技術チーム	上席研究員	宮武 裕昭
	主任研究員	宮下 千花
	交流研究員	青木 信哉
	交流研究員	青山 翔吾

## 要 旨 :

土石流の発生が予測される溪流を道路が横断する場合の土石流対策のうち、道路横断排水カルバートによる土石流対策の一環で検討されたカルバート流入口の閉塞軽減施設の設置事例を国内外から収集し、整理することにより、道路用地内で比較的簡易に実施できるカルバート流入口の閉塞軽減施設の具体的な計画、設計及び維持管理方法を紹介する。

キーワード：土石流、流木、道路横断排水カルバート、流入口、閉塞軽減施設



# 目次

## 第1章 総論

1.1 本事例集の目的	1
1.2 国内の道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設の位置づけ	1
1.3 海外の道路建設における土石流対策及び横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設	2
1.4 本事例集に関連する技術図書等	2

## 第2章 米国及びカナダの道路建設における土石流対策

2.1 米国の道路建設における土石流対策	7
2.1.1 Debris Control Structures- Evaluation and Countermeasures (HEC09) の概要	7
2.1.2 アメリカの気候と降雨に関連する災害	14
2.1.3 日本の道路横断排水カルバートへの米国の閉塞軽減施設の適用性	14
2.2 カナダの道路建設における土石流対策	27
2.2.1 ブリティッシュコロンビア州 バンクーバーに建設された土石流対策施設の概要	27
2.2.2 バンクーバーの気象データ	29
2.2.3 日本の道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設への応用	29

## 第3章 道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設

3.1 道路横断排水カルバートの閉塞による道路の被害形態と閉塞軽減施設の設置事例の分析	33
3.1.1 道路横断排水カルバートの閉塞による道路の被害形態の分析	33
3.1.2 閉塞軽減施設の設置事例の分析	33
3.2 閉塞軽減施設の計画、設計及び維持管理方法	35

参考文献	41
------	----

謝辞	43
----	----

参考資料	45
------	----



# 第1章 総論

## 1.1 本事例集の目的

土石流の発生が予測される溪流を道路が横断する場合の土石流対策のうち、道路横断排水カルバートによる土石流対策の一環で検討されたカルバート流入口の閉塞軽減施設の設置事例を国内外から収集し、整理することにより、道路用地内で比較的簡易に実施できるカルバート流入口の閉塞軽減施設の具体的な計画、設計及び維持管理方法を紹介することを目的とする。

## 1.2 国内の道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設の位置づけ

道路土工 切土工・斜面安定工指針<sup>1)</sup>には、道路建設における土石流対策の基本的な考え方が図 1-1 のように整理されている。土石流による被害への対策の基本は、計画段階における路線の変更などで発生源を回避する、道路構造単独で土石流を流下させる、又は土石流対策施設を設けて土砂及び流木を捕捉することである。計画上溪流の横断を回避できず、道路の高さが溪床の高さよりも高い、又は同程度の場合は、橋梁又は道路横断排水カルバート（盛土）により土石流を流下させる。ここで、本事例集では、道路の下を横断する水路の空間を得るために盛土内に設けられる構造物のことを、道路横断排水カルバート又はカルバートという。

溪流で発生した土石流がカルバートに到達すると、土砂及び流木の著しい堆積によりカルバート流入口が閉塞することがある。流入口の閉塞は盛土の湛水及び飽和、道路上への土砂流出の原因となり、盛土及び原地盤の損傷、崩壊の危険性が高まる。カルバートに堰堤等の土石流対策施設を組み合わせると、カルバートへの土石流の到達量を抑制することができる。しかし、堰堤等の設置には砂防事業、治山事業等の他事業との調整が必要である上、十分な用地が確保できない流域面積の小さい溪流では実施が困難である場合も多い。また、供用期間中の想定を上回る降雨事象に対しては通行規制により対処することで利用者の安全を確保できるが、土石流の発生後には早期の道路機能の確保が求められる。従って、カルバートによる土石流対策では、道路用地内で実施できるカルバート流入口の閉塞対策を検討するのが良いとされている<sup>1)</sup>。

道路用地内で実施できるカルバート流入口の閉塞対策としては、カルバートの断面を確保する、又は閉塞を軽減する施設を流入口の手前に設置する方法がある。カルバートの断面は土石流ピーク流量が通過できる大きさで、水深方向及び水平方向の寸法が土石流に含まれる礫の最大粒径の2倍より大きいカルバートを計画すること<sup>1)</sup>とされている。流入口の手前に設置して土石流による閉塞を軽減する施設を、本事例集では閉塞軽減施設という。閉塞軽減施設とは、カルバートの閉塞を完全に防ぐためのものではなく、閉塞を抑制する、又は閉塞による排水能力の低下を軽減するためのものである。図 1-1 の赤枠に示すとおり、カルバートによる土石流対策の一環で設置を検討する施設として位置づける。

道路土工 切土工・斜面安定工指針<sup>1)</sup>には、カルバート流入口の閉塞を軽減する施設として鋼製の柵、流木止め（図 1-2）が具体例として挙げられている。また、切土区間、盛土区間（カルバートの有無を問わない）のいずれにおいても適用可能な流出土砂への対策施設として、待ち受け擁壁（図 1-3、必要に応じて

横断管渠を設ける)の設置についても触れられている。いずれも砂防施設と比較して規模が小さい施設であることは推測可能だが、簡素な二次元の模式図であり、溪流の規模と各施設の規模の関係、溪流と各施設との位置関係などに関する具体の記述はない。また、鋼製の柵及び流木止めについては、施設の具体的な計画、設計及び維持管理方法が詳述されていない。

### 1.3 海外の道路建設における土石流対策及び横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設

米国では、Federal Highway Administration (FHWA) が1964年に「Debris Control Structures- Evaluation and Countermeasures (HEC 09)<sup>2)</sup>」の初版を出版し、米国の道路建設において実施されている河川又は溪流横過部の橋梁及びカルバートでの Debris の集積への対策技術を紹介している。紹介されている対策の多くが、冬期に大規模な土石流が発生することで知られるカリフォルニア州で実施されたものである。

カナダのブリティッシュコロンビア州バンクーバーからスカミッシュへとフィヨルドの海岸沿いを北上する国道 99 号では、沿線の溪流で多数発生した大規模な土石流への対策として、1983 年から施設の計画が始まり、現在も当時の土石流対策施設が活用されている。盛土による土砂捕捉施設はこの計画の一環で建設されたものであるが、これを道路盛土のカルバート流入口の閉塞軽減施設に応用し、日本国内で実施工に至った例がある。

米国及びカナダで既に実施、確立された土石流対策及びカルバート流入口の閉塞軽減施設に関する資料を収集、整理し、日本国内の道路への適用性について検討する必要がある。

### 1.4 本事例集に関連する技術図書等

本事例集に関連する技術図書等を以下に示す。道路盛土の建設における土石流対策及び盛土工事に関わる図書である。収集、整理した近年の日本国内の事例で取り扱われた技術図書等を、道路、河川、砂防、気象の分野順に記載している。ただし、国土交通省各地方整備局、北海道開発局、高速道路株式会社各社、各都道府県の道路建設のための設計要領及び標準設計図集は、組織ごとに正式名称が異なる場合があると共に、発刊年を記載していない。このほかに、保安林の指定を解除して排水施設を建設する場合の各都道府県が定めた設計要領等(例えば北海道水産林務部の保安林(自治事務)に関する要綱、平成 12 年 4 月)、地域毎の雨量が記載された砂防施設の設計のための規定集(例えば兵庫県の土木技術管理規定集(砂防編)、平成 7 年 9 月(平成 15 年一部改訂))等がある。各事例における各図書の利用方法(準拠又は準用の状況、用途の詳細等)については、参考資料を参照されたい。

道路設計要領	国土交通省 各地方整備局又は 北海道開発局
設計要領第一集 土工編	東日本高速道路(株) 中日本高速道路(株) 西日本高速道路(株)
設計要領第一集 排水編	東日本高速道路(株) 中日本高速道路(株) 西日本高速道路(株)
設計要領第二集 橋梁建設編	東日本高速道路(株) 中日本高速道路(株) 西日本高速道路(株)
道路設計要領	各都道府県



土木構造物設計マニュアル（案）－土工構造物、橋梁編－	平成 11 年 11 月	国土交通省（建設省）
土木構造物設計マニュアル（案）に係わる設計・施工の手引き（案）－ボックスカルバート・擁壁編－	平成 11 年 11 月	国土交通省（建設省）
道路構造令の解説と運用	平成 27 年 6 月	（公社）日本道路協会
舗装設計便覧	平成 18 年 2 月	（社）日本道路協会
道路土工要綱（平成 21 年度版）	平成 21 年 6 月	（社）日本道路協会
道路土工－切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）	平成 21 年 6 月	（社）日本道路協会
道路土工－カルバート工指針（平成 21 年度版）	平成 22 年 3 月	（社）日本道路協会
道路土工－盛土工指針（平成 22 年度版）	平成 22 年 4 月	（社）日本道路協会
道路土工－擁壁工指針（平成 24 年度版）	平成 24 年 8 月	（社）日本道路協会
道路土工－軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版）	平成 24 年 8 月	（社）日本道路協会
道路土工－仮設構造物工指針	平成 11 年 3 月	（社）日本道路協会
道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編	平成 24 年 3 月	（社）日本道路協会
道路橋示方書・同解説 I 共通編・III コンクリート橋編	平成 24 年 3 月	（社）日本道路協会
道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編	平成 24 年 3 月	（社）日本道路協会
道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編	平成 29 年 11 月	（公社）日本道路協会
杭基礎設計便覧（平成 26 年度改訂版）	平成 27 年 3 月	（公社）日本道路協会
杭基礎施工便覧（平成 26 年度改訂版）	平成 27 年 3 月	（公社）日本道路協会
落石対策便覧（平成 29 年 12 月改訂版）	平成 29 年 12 月	（公社）日本道路協会
2012 年制定 コンクリート標準示方書（基本原則編）	平成 25 年 3 月	（公社）土木学会
2012 年制定 コンクリート標準示方書（設計編）	平成 25 年 3 月	（公社）土木学会
2012 年制定 コンクリート標準示方書（施工編）	平成 25 年 3 月	（公社）土木学会
2012 年制定 コンクリート標準示方書（維持管理編）	平成 25 年 11 月	（公社）土木学会
改定 解説・河川管理施設等構造令	平成 12 年 1 月	（社）日本河川協会
水門・樋門ゲート設計要領（案）	平成 13 年 12 月	（社）ダム・堰施設技術協会
河川砂防技術基準（案）設計編	平成 9 年 5 月	国土交通省（建設省）
土石流危険渓流及び土石流危険区域調査要領（案）	平成 11 年 4 月	国土交通省（建設省）
砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）	平成 19 年 3 月	国土交通省

土石流・流木対策技術指針	平成 28 年 4 月	国土交通省
土石流・流木対策設計技術指針	平成 19 年 3 月	国土交通省
土石流・流木対策の手引き	平成 24 年 3 月	林野庁
砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説	平成 28 年 4 月	国土交通省 国土技術政策総合研究所
土石流・流木対策技術指針 解説	平成 28 年 4 月	国土交通省 国土技術政策総合研究所
改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編	平成 9 年 10 月	（社）日本河川協会
新版 地すべり鋼管杭設計要領	平成 15 年 6 月	（社）斜面防災対策技術協会
崩壊土砂による衝撃力と崩壊土砂量を考慮した待ち受け擁壁の設計計算事例	平成 16 年 6 月	全国地すべりがけ崩れ対策協議会
平成 21 年度鋼製砂防構造物設計便覧	平成 21 年 9 月	（財）砂防・地すべり技術センター
保安林・林地開発許可業務必携	平成 26 年 1 月	（一社）日本治山治水協会
異常気象リスクマップ 確率降水量 地点別一覧表（51 地点）		気象庁 HP
北海道の大雨資料（第 12 編）	平成 27 年 1 月	北海道 建設部

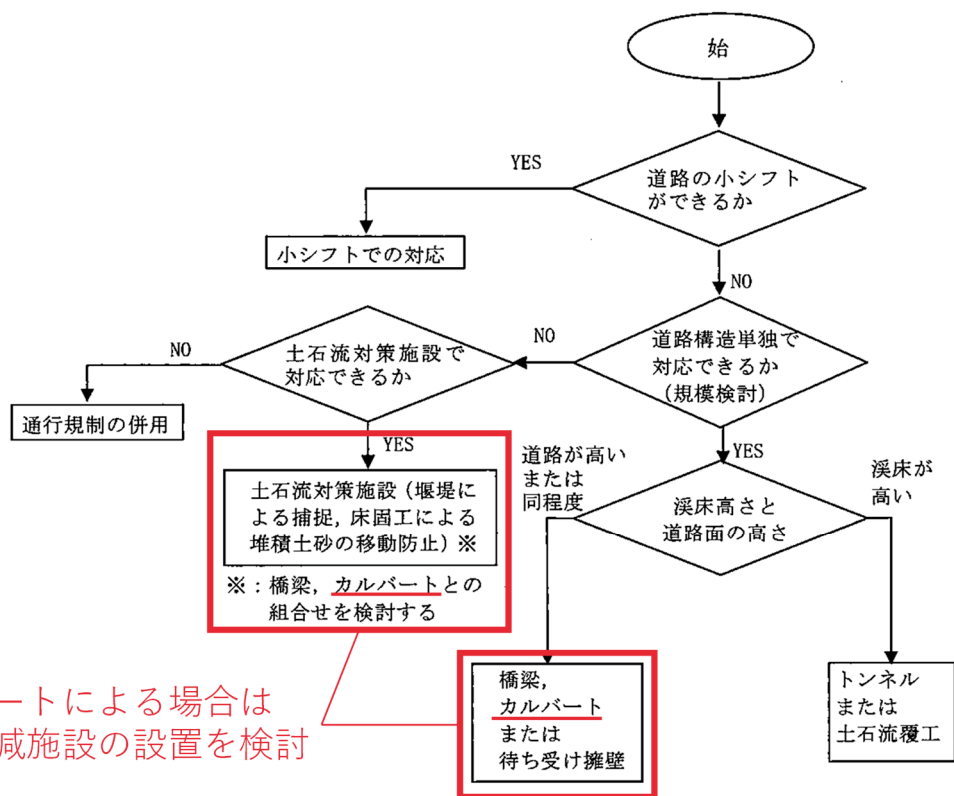


図 1-1 道路建設における土石流対策の選定 (道路土工 切土工・斜面安定工指針<sup>1)</sup>に加筆)

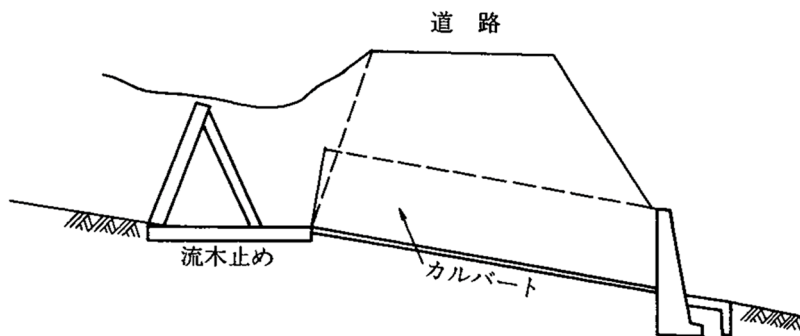


図 1-2 カルバート流入口の手前に設置する流木止め (道路土工 切土工・斜面安定工指針<sup>1)</sup>)

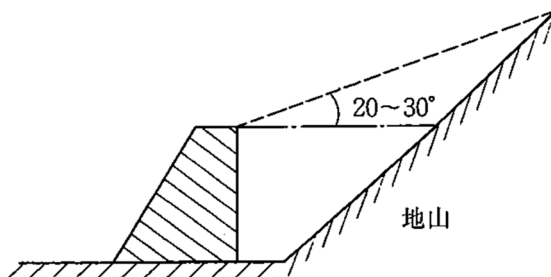


図 1-3 待ち受け擁壁 (道路土工 切土工・斜面安定工指針<sup>1)</sup>)

(余白)

## 第2章 米国及びカナダの道路建設における土石流対策

### 2.1 米国の道路建設における土石流対策

Federal Highway Administration (FHWA) が作成した「Debris Control Structures- Evaluation and Countermeasures (HEC09)<sup>2)</sup>」は、米国の道路建設において実施されている溪流横過部の橋梁及び道路横断排水カルバートの Debris の集積への対策をまとめた技術図書である。この図書は、対策の対象となる Debris の特性、Debris の集積の影響を解析するためのガイドライン、Debris の集積への対策手法及び対策施設の選定のためのガイドラインを提供することを目的としている。2.1.1 項では、この図書から道路横断排水カルバート流入口の閉塞を抑制、軽減するための施設に関する記述を抜粋、和訳して概説する。加えて、2.1.2 項では、米国の閉塞軽減施設の日本の道路への適用性について整理する。

ここで、Debris とは日本でいう土石流及び土砂・洪水氾濫<sup>3)</sup>により運搬される流木、土石、土砂等の総称と考えられ、本事例集では和訳を付けずに記述するものとする。また、その他の専門用語についても、国内の文献<sup>例えば 3), 4)</sup>に照らし合わせた結果それらの意味を正確に和訳できない可能性が高いと判断したものについては、英語表記も併用して記述するものとする。

#### 2.1.1 Debris Control Structures- Evaluation and Countermeasures (HEC09) の概要

##### (1) 背景

道路横断排水カルバート流入口での Debris の集積は、流入口での洗掘、盛土への越流、盛土崩壊、隣接地の浸水被害等の原因となる。Debris の集積を防ぐ、又は集積の規模を軽減するために実施されてきた対策には、対策施設の設置による方法と、維持管理による方法があるとされる。Debris の集積への対策手法の選定には、Debris の寸法、量及び種類、人命及び財産への潜在的危険性、対策のための費用、維持管理性が関与するとされる。

##### (2) Debris の分類

各箇所にも有効な対策施設を選定するために必要な Debris の分類とその定義が示されている。分類の概略をまとめると表 2-1 のとおりであり、いずれもカルバート流入口を閉塞させる要因となり得るものとして示されている。

##### (3) 対策施設の設置による対策

カルバート流入口に適用可能な対策施設として 6 種類の施設が紹介されている。各施設の対策の観点と、対象とする主な Debris を表 2-2 にまとめる。図 2-1～図 2-15 を引用し、各施設の代表的な設置事例を示す。

###### a) Deflectors (図 2-1～図 2-3)

Deflectors は、大きな Debris の流れの向きをそらすことにより、Debris の到達を抑制、軽減するための施設であるとされる。ここで大きな Debris とは、大、中サイズの Floating Debris (流木等)、粗石、巨石を指す。平面図上で V 字の形状で、V の頂角が水路(河川又は溪流)の上流を向くように設置する、とある。

図 2-1 は粗石、巨石の多い地域に設置された鉄道レールと鋼線(又は鉄線)による Deflector である。

V字の枠とそれを支持する縦方向の部材はレールを利用し、水平方向の中段の部材には石の衝突による衝撃を吸収できる鋼線（又は鉄線）を使っている。図 2-2 は三連のカルバート流入口の手前に設置されたレール製の Deflector の平常時の様子である。Flooding（氾濫）発生時にこの Deflector が機能を発揮し、大きな Debris の流入を抑制しているとされる写真を図 2-3 に示す。

#### b) Racks（図 2-4～図 2-6）

Racks は、主に小、中サイズの Floating Debris（流木等）をカルバートの手前で捕捉することにより、Debris の到達を抑制、軽減するための施設であるとされる。鉄鋼製又は木製の柵を、カルバート流入口の上流に水路（河川又は溪流）を横切るように設置する。通常は水路に直交する向きに鉛直に設置することが多いが、水路の向きに対して斜めに設置する、又は傾斜させて設置する場合もあるとされる。

図 2-4 は小、中サイズの Floating Debris（流木等）を捕捉するために設置された Rack である。カルバート流入口から 30 m 上流に 35 年間設置されており、鉄鋼製の柱とレールにより作られている。図 2-5 の Rack の縦スリットの間隔は図 2-4 の Rack より大きく、0.6～0.9 m である。図 2-4 及び図 2-5 の Rack は水路幅全体をカバーする寸法である。

図 2-6 の Rack は乾燥地域の道路横断排水カルバート流入口に設置されたものであり、鉄道レール製である。Rack の高さはカルバートの直径（約 1.2 m）の 2 倍くらいの高さである。a) の建設当初と比較すると、b) の数年経過後のカルバート流入口にはシルトの堆積が見られ、カルバートの有効断面が減少しているものの、Rack の外側に繁茂した植物によって更に有効断面が減ることを防いでいる、と説明されている。

#### c) Risers（図 2-7～図 2-9）

Risers は、設置する場所により 2 種類の異なる機能を有する。溪流上流側の盛土のり面脇の空間（ポケット）にカルバート流入口が上向きに設置されている場合は、流入口の直上に上端の閉じた Riser を取り付け、Flowing Debris（不均質な流体）、シルト～中礫等の Debris を沈殿させるための施設として使う。溪流の流れと直交する向きに設置されたカルバート流入口に Riser を取り付ける場合は、流入口よりも数十 cm（数フィート）後ろでカルバートの天端よりも高い位置に取り付け、カルバートの排水機能を確保するためのもう一つの流入口として使う。メタルパイプを利用して作られたものが多いようである。

図 2-7 は、カルバート流入口の直上に設置された Riser の例である。盛土との位置関係は明記されていない。Riser の上端には渦防止装置が付いている。

図 2-8 は溪流に直交する向きに設置されたカルバート流入口に Riser を取り付けた例である。メタルパイプ製で、カルバート流入口よりも数十 cm 後ろに、カルバートの天端よりも高い位置に設置されている。図 2-9 は、Flooding（氾濫）の後の図 2-8 のカルバート周辺の様子である。Debris により閉塞したカルバート流入口に代わって、Riser が流入口として機能し、洪水を排水させた、と説明されている。

#### d) Cribs（図 2-10、図 2-11）

Cribs は中礫～粗石程度の土砂と小さな Floating Debris（流木等）の流入口への到達を抑制、軽減するための施設であるとされる。河床勾配の急激な変化又は河道の狭窄部で小さなカルバート流入口に中礫

～粗石程度の土砂が集積するような場所に適している、とある。鉄筋によるダボをコンクリート又は木材の両端に差し込んで交互に積み上げ、カルバート流入口を覆うように設置する。積み上げる目的は Risers と同様で、Debris が Crib のまわりに集積してもカルバートの排水機能が確保されるようにするためである。

Cribs と Risers が最も適切に機能していて、メンテナンスフリーである、と記述されている。

図 2-10 はプレキャストコンクリート部材と鉄筋によるダボで作られた Crib で、上端に開口部を持つ構造となっている。流入口の取付ますを覆うように設置されており、コンクリート部材が追加できるよう、鉄筋によるダボが長く取られている。コンクリート部材を積んで高さをかさ上げすることにより、Debris が Crib のまわりに集積してもカルバートの排水機能が確保されるような構造となっている。

図 2-11 は盛土脇空間（位置不明）に設置された開口部のないタイプの Crib で、赤杉により作られている。木材の間隔が狭く、比較的小さな Debris も捕捉しようとするものであると推測される。

#### e) Fins (図 2-12、図 2-13)

Fins は大サイズの Floating Debris（流木等）の向きを整え、Debris の流下を補助するための施設であるとされる。コンクリート製（であることが多い）の壁を、カルバート流入口の上流側水路内に、最大壁面の向きを水路の流向に揃えるように設置する。大口径のカルバート、又は二連以上のボックスカルバートの流入口上流側に設置される。橋梁にも適用されている。

図 2-12 は二連ボックスカルバートの中央壁を延長する形式で設置された Fin である。不透過なコンクリート製の Fin が水流を二分し、それぞれのカルバートへ導く構造となっている。図 2-13 はコンクリート製の Fin とコルゲートメタルパイプカルバート（直径約 3 m）による Riser が設置され、複合的な対策が施されたカルバートの様子である。Fin とカルバート流入口との間に 3 m 程度の間隔があり、水流は二分されない。Riser は流入口から数十 cm（数フィート）後ろのカルバートよりも高い位置に取り付けられている。

#### f) Dams and Basins (図 2-14)

Dams and Basins は、主に Flowing Debris、シルト～粗石程度の土砂を捕捉するための施設であるとされる。一定規模以上の水路（well-defined channel）に、水路を横切るように設置する。日本国内では砂防施設に位置づけられる、不透過型の砂防堰堤及び遊砂地を指すものと考えられる。また、Basins は次節で紹介するカナダの土砂捕捉施設（Barrier）に相当するものと考えられる。

図 2-14 はプレキャストコンクリート部材による Dam である。水路全体を横切るように設置されており、Dam の中央部付近の放水路から水を通す構造となっている。

#### g) 複数の施設を組み合わせた複合的な対策 (図 2-13、図 2-15)

一箇所に複数の施設を組み合わせて設置することにより、多くの種類の Debris に対応でき、かつ複合的な観点からの対策も可能となる。

例えば図 2-13 に示したカルバートでは、大サイズの Floating Debris（流木等）の流下を Fin により促しつつ、これ以外の Debris による流入口の閉塞後にも Riser による排水機能が確保できるような対策が施されているとされる。

図 2-15 に示す施設は、ワシントン州に設置された Rack と Riser の二つの機能を併せ持つ施設である。Rack の多くは水路幅全体をカバーするように設置されるが、ここではカルバート流入口付近にコンクリート枠で囲まれた Rack が設置されている。これにより、巨石の衝突への耐性を高めていると説明されている。施設の高さがカルバートの高さの数倍あるため、水位が上昇しても Rack の機能が持続する、とある。また、施設の天端の開口部が Riser としての役割を果たし、Rack の下部（＝カルバートと同じ高さ）が Debris により閉塞し始めても、高い位置からの排水機能が確保されるようになっているとされる。

#### (4) カルバートの維持管理による対策

緊急及び年次の維持管理によるカルバートの閉塞軽減の考え方についても説明されている。遠隔地の（立ち入りの困難な）カルバート、又は集水面積の小さなカルバートでは維持管理による対策が現実的ではない場合もあるが、比較的大きな集水面積を有する大規模なカルバートでは、維持管理による対策が妥当な選択肢となり得る、とある。

緊急の維持管理では、流入口や既設の(3)に挙げた対策施設から Debris を除去する、とされる。年次の維持管理では、カルバートの内部、流入口及び流入口付近の水路からの Debris の除去、既設の対策施設の補修を行う、とされる。

#### (5) 対策施設設置のための調査

現地調査は、Debris 集積の対策施設又はカルバートの設計に先立ち必ず実施するとされる。Debris の集積による問題の全容を理解することが調査の目的である。具体的には、到達する Debris の種類を推定すること、水文解析、水理解析、Debris 集積の解析等を実施しながら到達する Debris の量を推定すること、対策施設の構造設計に必要な情報を得ることを目的とした調査を行うとされる。

##### a) 到達する Debris の分類の推定

対策施設の種類、到達する Debris 量の推定に必要なデータ及び分析手法の決定を行うために、当該地点に到達し得る Debris の分類を調べる。調査の方法は現場踏査、過去の Floods（氾濫）の記録の収集（緊急の維持管理、近隣住民の目撃情報、研究報告等、ない場合が多い）、土地利用図及び地質図の収集、などが挙げられている。

現場踏査には、水路（河川又は溪流）及びその流域の特性を把握するための調査（方法の詳細は HEC20<sup>9</sup>）に委ねている）や測量も含む。水位の高い時期と低い時期の両方で踏査を行うと、流下し得る Debris の種類をより高精度に推定できる可能性があるとする。

Floods（氾濫）、山火事、都市化、伐採、放牧、農業、河道改変、環境保全等、土地利用の変化は Debris の種類に変化をもたらす。対策施設の設置段階において土地利用の変化の可能性がある場合は、変化を考慮した推定を行う必要があるとされる。

##### b) 到達する Debris の量の推定

Debris 量の推定は、溪流上流側の盛土のり面脇に設けるポケット空間の大きさ、及び Debris 集積のカルバートへの影響を評価するために必要となる。現場踏査、過去の Floods（氾濫）の記録、土地利用図、地形図、航空写真等の収集により必要なデータを入手すると共に、必要に応じて水文解析、水理解析、Debris 集積の解析等を実施するとされる。



現場踏査、土地利用図、地形図及び航空写真により得られる地形、水路及び流域の粗度係数等を利用すると、水文解析、水理解析により Floating Debris（流木等）の到達量や速度が計算できる、とある。現場踏査を高水位、低水位の時期に実施し、Floating Debris（流木等）の集積状況から潜在的な集積量を評価することも可能である、とされる。

地形図、測量データ、航空写真などの経時的な履歴を収集することができると、地形の差分から過去の流出土砂量を評価できるとされる。また、現場踏査で水路（河床）の土質や堆積状況が分かると、水路内の土砂移動による Debris 集積量の解析が可能となる、とされる。

Floods（氾濫）、山火事、都市化、伐採、放牧、農業、河道改変、環境保全等、土地利用の変化は Debris の量にも変化をもたらす。対策施設の設置段階において土地利用の変化の可能性がある場合は、変化を考慮した推定を行う必要があるとされる。

#### c) 対策施設の構造設計に必要な情報の収集

許容最高水位、盛土の高さ等、対策施設の種類及び設計に必要なデータを収集する、とある。

#### (6) 対策施設の選定

表 2-3 は、(3)の 6 種類のカルバート向けの対策施設の特徴を Debris の分類に対する適性、維持管理、各州の適用実績等で整理したものであり、この表に基づき施設の種類を選定するとされる。原典<sup>2)</sup>の表は橋梁の対策施設も含んでいるが、本事例集ではカルバートのみを抜粋して表を再構成している。維持管理のコスト又は頻度の程度を示す「H/L/M」、美観の許容性を示す「A」、及び環境への影響の程度を示す「L/H」の表記はいずれも施設間の相対的な評価に基づくものであり、主観的な評価であることに注意が必要であると説明されている。各州の適用実績は、施設の設置による対策が成功した事例もそうでない事例も両方含んでいる。

対策施設の選定におけるその他の検討事項として挙げられている項目のうち、主要なものを以下に箇条書きで示す。

- ・ Deflectors は、Floods（氾濫）の後にいずれも対策の対象とする Debris が溪流上流側の盛土脇に捕捉、貯留される。従って、これらの対策施設の設置箇所においては、溪流上流側の盛土脇に Debris を一時的に貯留できる空間（ポケット）が確保されている必要があるとされる。原典<sup>2)</sup>では Deflectors のみへの指摘となっているが、Racks 及び Cribs の選定においても同様の検討が必要であると考えられる。
- ・カルバートにより通過させることのできる Debris の大きさ又は量には限界がある。確実に Debris を通過させるためには橋梁構造を用いることが望ましいとされる。これは、新設の道路計画において考慮すべき事項として記載されているものと考えられる。
- ・対策施設の選定及び設計においては、施設の維持管理のためのアクセス方法（管理用道路の設置、作業用重機のためのスペースの確保）を考慮するとされる。

#### (7) 対策施設の設計

6つの対策施設の設計ガイドラインとして、施設の機能、Debris の一時的な貯留に必要な空間の大きさ、施設の部材、施設の位置及び向き、形状寸法、及び部材間隔の目安が紹介されている。施設の機能、施設の位置及び向きは(3)において表 2-2 で整理したとおりである。日本国内では砂防施設として扱われる Dams

and Basins を除く 5 つの対策施設について、設置位置の条件と構造に関する残りの 4 項目の概要を表 2-4 にまとめ、特記事項を以下に示す。原典<sup>2)</sup>でも、Dams and Basins の設計は他の図書<sup>6)</sup>を参照している。

#### a) Deflectors

部材：鉄鋼による部材を用いる場合には、経済性を考慮して廃材となった鉄道レールを用いるのが良いと記述されている。図 2-1 に示したとおり、中間の横部材にはケーブル（鋼線又は鉄線）を使用する場合もあるとされる。

形状寸法：水路（溪流）上流側の縦部材の多くは鉛直に設置されているが、下流方向に傾斜させて設置すると大きな流木や巨石による衝撃を低減させる効果が期待できるとされる。

部材間隔：Flood（氾濫）による水位が Deflector の上端よりも高く、Floating Debris（流木等）の集積が想定される場所では、横部材は Deflector の上端にも必要であるとされる。

具体的な計算例：直径 1.8 m のカルバートに中礫～粗石で構成される土砂及び Medium Floating Debris（中サイズの流木等）の集積が予想される場所に設置する Deflector の形状寸法の例が、計算方法と共に図 2-16 に示されている。原典<sup>2)</sup>では、表 2-4 に示す施設の最小寸法及び部材間隔を満足するよう、V 字頂角、側面の距離及び部材数を繰返し計算により決定する方法が説明されている。Debris の衝突や水圧等、部材に作用しうる荷重について照査する記述は見られなかった。

#### b) Racks

部材：Racks の縦部材が鉛直に設置されていると Floating Debris（流木等）及び巨石による衝撃を全て受けるため、縦部材はコンクリート基礎により支持するとされる。

形状寸法：Racks の高さの実績の範囲は 3～6 m、とある。

部材間隔：間隔が狭いと通常の流れて Racks が閉塞しやすく、維持管理の頻度も上がる。下端の部材の高さを 15 cm 河床から上げて、low flow（通常の流れ）で運搬される Debris を流下させる工夫を施すと良いとされる。

具体的な計算例：原典<sup>2)</sup>では、直径 1.8 m の道路横断排水カルバートに幅 76 mm の鉄レールで作る Rack の形状寸法の例が、計算方法と共に示されている。水路（溪流）幅が 7.3 m、計画洪水水位が 2.7 m、Debris の流出量が 9.9 m<sup>3</sup>/s（計算に使用しない）、Light to Medium (Floating) Debris を含む流れの場合、例えば長さ 4 m の縦部材を 7 本、1.15 m 間隔で設置すると表 2-4 に示す施設の最小寸法及び部材間隔を満足することが説明されている。計算例では部材間隔はカルバートの最小寸法に依存し、Debris の大きさは考慮されていなかった。Debris の衝突や水圧等、部材に作用しうる荷重について照査する記述は見られなかった。

#### c) Risers

貯留空間：Risers の設置高さに到達するまでは、土石流が排水を伴わずに溪流上流側の盛土脇空間に貯留される可能性がある、と指摘されている。

部材：カルバート流入口よりも後ろでカルバートの天端よりも高い位置に取り付ける Riser は、L 型にしたコルゲートメタルパイプを利用して作ることができるとされる。流入した粗粒土砂（石）による衝撃や、粗粒土砂が水と一緒に流れる際に作用する摩擦による損傷を軽減するために、パイプの内部をコ

ンクリートで補強する場合もあるとされる。極めて過酷な条件下に設置された Riser は、コンクリート製のジョイントボックスで Riser とカルバートを接続した、とある。

寸法形状：維持管理を考慮すると直径は 1 m 以上とすることが望ましいとされる。また、部材の脆弱性を考慮すると直径は 1.4 m 以下であることが多い、とある。

部材間隔：カルバートに大きな Debris が流入しないよう、Riser の入り口にグレーチングを設置するとされる。グレーチングの目開きはカルバート直径の 1/2 以下とされる。グレーチングはパイプに直接取り付けず、清掃できるようにカップリングバンドで接続する、とされる。Low flow（通常の流れ）の流下を妨げないよう、メッキ加工する前に、側面に小さな穴を開けたパイプを Riser として用いると良いとされる。側面の穴は、カルバート流入口直上にかぶせるように設置するタイプの Riser について記述されたものと推測される。

#### d) Cribs

形状寸法：Crib が Riser としても機能し、その箇所に土砂の蓄積がある場合（集積した Debris が数回の小規模な災害で蓄積していく場合、と推測）には、使用中に部材を積み上げてかさ上げするとされる。

高さ 1.5 m までかさ上げされた事例がある。

#### (8) 対策施設の維持管理

道路の維持管理手法を定めたガイドラインは確立されていないが、道路構造物の一般的な維持管理には定期的な点検と清掃、緊急時の Debris の撤去が含まれるとされる。点検の手順及び記録の方法は *Culvert Inspection Manual*<sup>7)</sup> に記載されている。

Debris の撤去は時宜を得て行うとされる。Flood（氾濫）の発生中に緊急で Debris を撤去することができると、構造物の崩壊を防ぐ、又は構造物への Flood の影響を低減することができるとされる。

維持管理の頻度は構造物の設計時に考慮しなければならないとされる。Primary highway（主要な幹線道路）を構成する構造物の維持管理の頻度は、Secondary highway を構成する構造物よりも高くなる。Debris 対策施設または道路構造物に供給できる維持管理水準が低いことが想定される場合は、維持管理の頻度を低く設定できる対策施設を設置する、複合的な対策とする、又はカルバートの規模を大きくすることが望ましいとされる。

Debris 対策施設への維持管理のための管理用道路の設置が難しい場合には、作業用重機のためのスペースをカルバート設置箇所の周辺に確保し、維持管理作業中に車両の通行を妨げることなく Debris を撤去できるようにすることが必要であるとされる。

カルバートから撤去された Floating Debris（流木等）は、水路の下流側に直接廃棄したりせず、適切な処分を行う、としている。焼却、埋設、再利用（薪、園芸資材、材木等）等が適切な処分方法として挙げられるが、処分の対象が有害物質で汚染されているには取り扱いに注意が必要であるとされる。

定期点検及び緊急時の点検における作業項目、頻度、アクセス方法、Debris の処分方法等を明確に定義した維持管理計画が立案されるべきであるとされる。

## 2.1.2 アメリカの気候と降雨に関連する災害

前項に示す Debris 対策施設が設置されている 5 つの州 (表 2-3) の位置と、代表的な気象データ (2019 年) を図 2-17 に示す。日本の年降水量と比較するといずれの州も降水量が小さい。Fin の設置事例があるサウスダコタ州及びテネシー州は、内陸部で春の雪解けの時期等に生じる大河川の氾濫による洪水が頻繁に報告される地域である。全施設の設置事例があるカリフォルニア州は、年降水量は低いものの、乾燥した夏期の山林火災で流域が荒廃し、冬期の降雨で土石流の発生が報告される地域である。

## 2.1.3 日本の道路横断排水カルバートへの米国の閉塞軽減施設の適用性

水山 (1982、1983) <sup>8),9)</sup>によると、カリフォルニア州ロサンゼルス郡では 20 世紀初頭から砂防工事が行われており、ほぼ全ての溪流の最下流端 (山地の麓の谷出口) に Debris Basin (盛土形式の遊砂池) が設けられている <sup>10)</sup>。Debris Basin に到達した土石流は Outlet Tower (排水塔) に接続された排水管を通じて盛土の下流に排水され、石及び土砂は Basin の遊砂池内に沈殿する。Outlet Tower は沈殿、蓄積した石及び土砂で排水管が埋没しないように設置されたものである。現在は例えばロサンゼルス郡で 172 基、サンタバーバラ郡で 17 基の Debris Basins が整備、運用されており、パトロールと蓄積した石及び土砂の除石による維持管理が行われている <sup>11),12)</sup>。土石流及び土砂・洪水氾濫が発生する誘因は日米間で異なるが、対象とする流出土砂量には大きな違いがないことが報告されている <sup>11)</sup>。ここで、カルバートの閉塞軽減施設の一つである Riser は、Debris Basin と比べると小規模な道路盛土脇空間で、Outlet Tower と同じ機能を持たせた施設であると考えられる。カリフォルニア州の道路設計マニュアル <sup>13)</sup>及び標準設計図集 <sup>14)</sup>では、Pipe riser with debris rack cage (D93C) として形状、寸法、及び部材の標準的な仕様が示されている。

アメリカ西海岸側に広がるロサンゼルス郡の市街地は、サン ガブリエル山地等の北西部の山地の麓に広がる広大な盆地に形成されている。Los Angeles County Flood Control District のウェブサイトで開催されている電子地図、ウェブ公開された航空写真等を閲覧すると、山地の麓に多くの Debris Basins を確認できる。また、ウェブ公開された航空写真等では、例えばラ カナダ フリントリッジから山地を北上する山地部道路 (Angels Crest HWY)、ベンチュラ郡南西の海岸沿いを走るフリーウェイ (101、Ventura FWY) の盛土部において、Riser、Crib と Rack の併用、Riser と Rack の併用等による対策が複数箇所を確認された。カルバートの Debris 対策施設の設置箇所を全て確認していないため、周辺の地形条件や砂防施設 (Debris Basins 等) との位置関係を十分に把握できているとは言いがたいが、日本の山地部における道路と同様に、降雨等により土砂が流出する危険性が高い山地に建設されたカルバートに、Debris 対策施設が設置されているようである。従って、カリフォルニア州で設置されているカルバートの Debris 対策施設は、日本の道路横断排水カルバートにも適用し得る施設として参考になるものと考えられる。

表 2-1 Debris の分類<sup>2)</sup>に基づき作成

Debrisの分類		Debrisの特徴
Floating Debris 流木等	小	小枝、細い枝、葉、ゴミ。 小規模な降雨でも溪流の流れに取り込まれ、流下する。
	中	樹木の枝。地盤の崩壊、風又は冰雪荷重、ビーバーの活動、樹木の老化又は病気など生物学的な要因で発生し、溪流の流れに取り込まれ、流下する。
	大	木の幹又は樹木。発生要因は中サイズのFloating Debrisと同じ。移動及び蓄積の特性は雨水流出量、水路の特性（形状、深さ、勾配等）、Debrisと水路の大きさの関係により異なる。
Flowing Debris 不均質な流体		粘土、シルト、砂、礫、岩、ゴミ、枝、樹木等を含む不均質な流体。
Bed Material 河床堆積物（流出土砂）	Fine Detritus シルト～中礫	粒径の範囲は0.004～8 mm（JGS0051「地盤材料の工学的分類方法」でシルト、砂、細礫及び中礫に分類される土砂）。層状（面状）侵食、ガリー侵食、リル侵食、landmass（地塊又は陸塊）の移動、河床の洗掘及び盛土の侵食により生じる。生成速度は流域の状態と変化（例えば都市化、山火事等）の影響を著しく受ける。河床付近を移動する掃流砂、又は水中の浮遊砂として流下する。
	Coarse Detritus 中礫～粗石	粒径の範囲は16～256 mm（JGS0051で中礫から粗石に分類される土砂）。ガリー侵食、landmass（地塊又は陸塊）の移動、河床の洗掘及び盛土の侵食により生じる。通常は河床付近を移動する掃流砂となって流下するが、動水勾配の大きな流れやガリーでは水中の浮遊砂として流下する。
	Boulders 粗石、巨石	粒径は256 mm以上2048 mm以下（JGS0051で粗石及び巨石に分類される石）。急峻な山間部の溪流における河床侵食、ガリー侵食、landmass（地塊又は陸塊）の移動により生じる。河床付近を移動する掃流砂として流下する。

表 2-2 対策施設の種類と特徴<sup>2)</sup>に基づき作成

対策施設の種類	対策の観点	対象とする Debrisの種類	施設の概要（形状、構造、設置位置等）
Deflectors	大きなDebrisの偏向による到達抑制、軽減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中、大サイズのFloating Debris（流木等）</li> <li>・ Boulders（粗石、巨石）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平面図上でV字の形状</li> <li>・ カルバート流入口の直前に、Vの頂角が水路（溪流）上流側を向くように設置</li> </ul>
Racks	流木等の捕捉による到達抑制、軽減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小、中サイズのFloating Debris（流木等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 柵</li> <li>・ 水路を横切るように設置</li> <li>・ 水路（溪流）に直交する向きに鉛直に設置することが多いが、斜めに設置する場合もある。</li> </ul>
Risers	<ul style="list-style-type: none"> <li>①Debrisの沈殿による到達抑制、軽減</li> <li>②流入口の追加による排水機能確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Flowing Debris</li> <li>・ Fine Detritus（シルト～中礫）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ カルバート流入口の直上（①）、又は数十 cm 後ろの天端（②）に設置</li> <li>・ 遊砂地の排水施設直上に設置する場合は上端を閉じた構造とし、Debrisを沈殿させる（①）。</li> <li>・ 道路横断排水カルバートに設置する場合は、流入口の数十cm後ろでカルバートよりも高い位置に設置し、排水機能を確保する（②）。</li> </ul>
Cribs	流木等、中礫～粗石の捕捉による到達抑制、軽減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小サイズのFloating Debris（流木等）</li> <li>・ Coarse Detritus（中礫～粗石）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ カルバート流入口を覆うように設置</li> </ul>
Fin	大きな流木等の整流による流下補助	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大サイズのFloating Debris（流木等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主にコンクリートによる壁</li> <li>・ カルバート流入口の上流側水路内に、最大壁面の向きを水路の流向に揃えるように設置</li> <li>・ 橋梁にも適用</li> </ul>
Dams and Basins 砂防堰堤及び遊砂地	Debrisの捕捉による到達抑制、軽減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Flowing Debris</li> <li>・ Fine &amp; Coarse Detritus（シルト～粗石）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一定規模以上の水路（溪流）に、水路を横切るように設置</li> </ul>



図 2-1 粗石、巨石の多い地域に設置された鉄レールとケーブルによる Deflector<sup>2)</sup>



図 2-2 三連のカルバート流入口の手前に設置された鉄レール製の Deflector (平常時) <sup>2)</sup>



図 2-3 図 2-2 の Deflector が洪水時に機能を発揮している様子<sup>2)</sup>



図2-4 カルバートの30 m 上流に35年間設置されている鉄製の柱とレールによる Rack<sup>2)</sup>



図2-5 鉄レールによる Rack (縦スリットの間隔は図2-4より大きく、0.6~0.9m)<sup>2)</sup>

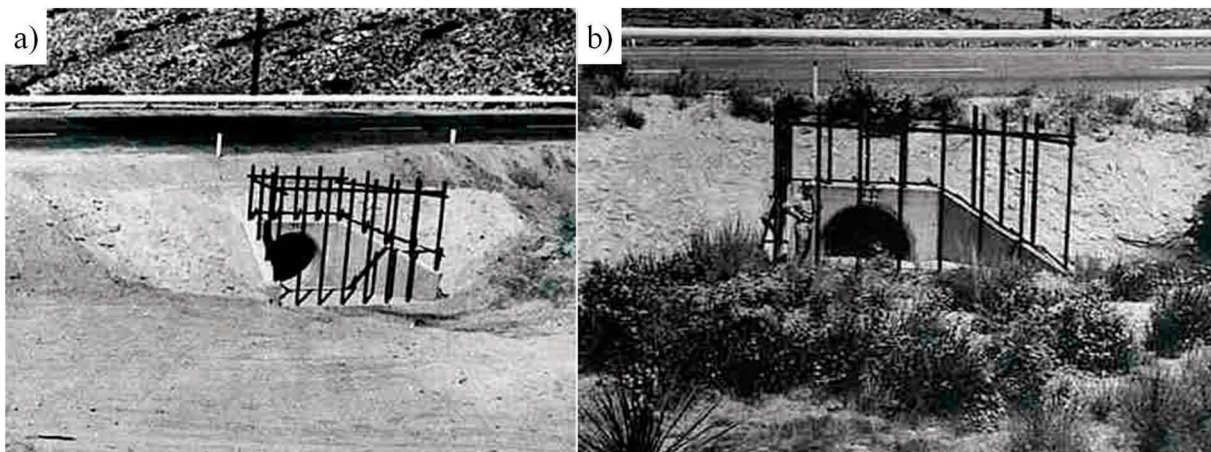


図2-6 乾燥地域のカルバート (直径約1.2 m) に設置された鉄レールによる Rack の  
a) 設置直後、b) 設置から数年後の様子<sup>2)</sup>





図2-7 盛土脇空間（位置不明）のカルバート流入口直上に設置された Riser（上端に渦防止装置）<sup>2)</sup>



図2-8 カルバート流入口の天端から数フィート内側に設置された Riser、設置当初<sup>2)</sup>

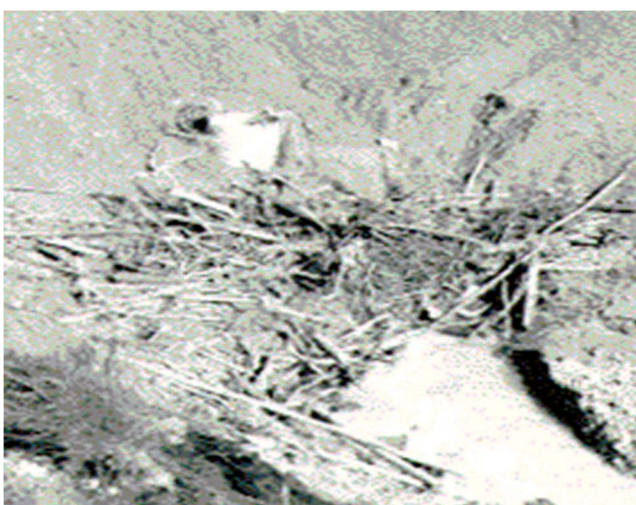


図2-9 Flood 後の図2-8 のカルバートの様子（カルバート流入口は閉塞、Riser が機能して排水させた）<sup>2)</sup>



図2-10 プレキャストコンクリート部材と鉄筋によるダボで作られた Crib  
(流入口の取り付けますを覆うように設置)<sup>2)</sup>



図2-11 盛土脇空間（位置不明）に設置された赤杉による Crib<sup>2)</sup>



図2-12 二連のボックスカルバートの中央壁を延長する形式で設置されたコンクリート製のFin<sup>2)</sup>



図2-13 コンクリート製のFinとコルゲートメタルパイプカルバート（直径約3 m）が設置され、複合的な対策が施されたカルバート<sup>2)</sup>



図2-14 プレキャストコンクリート部材による Dam<sup>2)</sup>



図2-15 Rack と Riser の機能を有する施設 (ワシントン州) <sup>2)</sup>

表 2-3 対策施設選定のための種類と特徴<sup>2)</sup>に加筆

対策施設の種類	対策施設の特徴										
	Debrisの分類 <sup>2)</sup>							維持管理 予想される コスト (頻 度)	美 観 <sup>3)</sup>	環 境 へ の 影 響 <sup>4)</sup>	適 用 事 例 の 有 る 州 <sup>5,6)</sup>
	Floating Debris 流木等			Flowing Debris 不均質 な流体	Bed Material 河床堆積物 (流出土砂)						
	小	中	大		Fine Detritus シルト ～中礫	Coarse Detritus 中礫～ 粗石	Boulders 粗石、 巨石	H: 高 M: 中 L: 低			
Deflectors		X	X				X	H	A	L	CA
Racks	X	X						H	A	L	CT, CA, WA
Risers				X	X	X		L	A	L	CA
Cribs	X					X		M	A	L	CA
Fin			X					M	A	L	SD, TN, CA
Dams and Basins 砂防堰堤及び遊砂地				X	X	X		H	A	H	全州で 広く適用

- 「X」はDebrisの分類から当該対策施設の設置が有効であることを示す
- Debrisの分類の詳細は2.1.1 (2)に記載
- 美観の「A」は許容できる (acceptable) の意
- 環境への影響の「L」は低い (low)、「H」は高い (high)
- 州の略称はそれぞれ次のとおり  
CA : カリフォルニア州、CT : コネチカット州、WA : ワシントン州、  
SD : サウスダコタ州、TN : テネシー州
- WAは前後の図表及び文章に基づき加筆 (原典の表には記載なし)

表 2-4 対策施設の設置位置の条件と構造に関する諸条件 2)に基づき作成

対策施設の種類	盛土脇空間 (ポケット)	部材	形状寸法	部材間隔
Deflectors	一度の災害で予想されるDebris集積量が貯留可能な大きさ	鉄鋼 (棒、鉄道レール、ケーブル) 木材 (木杭)	<ul style="list-style-type: none"> <li>幅と高さはカルバート直径の1.1倍以上</li> <li>側面の面積はカルバート断面積の10倍以上</li> <li>V字頂角の角度は15~25度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>縦部材の間隔はカルバートの最小寸法の1/2~1倍 (2/3倍とすることが多い)</li> <li>側面の横部材の間隔は1/2~1倍</li> <li>上端とその下段の横部材の間隔はカルバートの最小寸法の1/2以下</li> </ul>
Racks	一度の災害で予想されるDebris集積量が貯留可能な大きさ	鉄鋼 (棒、レール) 木材、コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> <li>高さはカルバートの高さ以上、又は計画洪水高に余裕を持たせた高さ</li> <li>カルバート断面積の10倍以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>縦部材の間隔はカルバートの最小寸法の1/2~2/3倍</li> <li>市街地では子供の侵入を防ぐために間隔を15 cm以下とした上で、カルバート天端の壁にRackを固定</li> </ul>
Risers	<ul style="list-style-type: none"> <li>一度の災害で予想されるDebris集積量が貯留可能な大きさがDebrisが排水を伴わずに盛土脇に貯留される可能性あり</li> </ul>	メタルパイプ等 (コンクリートメタルパイプ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>直径1 m 以上が望ましい</li> <li>通常は直径1.4 m以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開口部を取り外し可能なグレーチング (目の細かさはカルバート直径の1/2以下) 等で覆う</li> </ul>
Cribs	記述なし	鉄筋 (ダボの役割) プレキャストコンクリート部材、木材	<ul style="list-style-type: none"> <li>上端に開口部がある場合はDebrisの集積高さ以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>側面、 (ある場合は) 天端共に15 cm</li> </ul>
Fin	—	コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> <li>カルバートと同じ高さ</li> <li>長さはカルバート高さの1.5~2倍</li> <li>上流側の壁の上端部が傾斜している場合の傾斜角は26.6~33.7度</li> <li>厚さは流れの乱れが最小限となるように設定</li> <li>最少寸法が1.2 m以下のカルバートには設置しない</li> </ul>	—

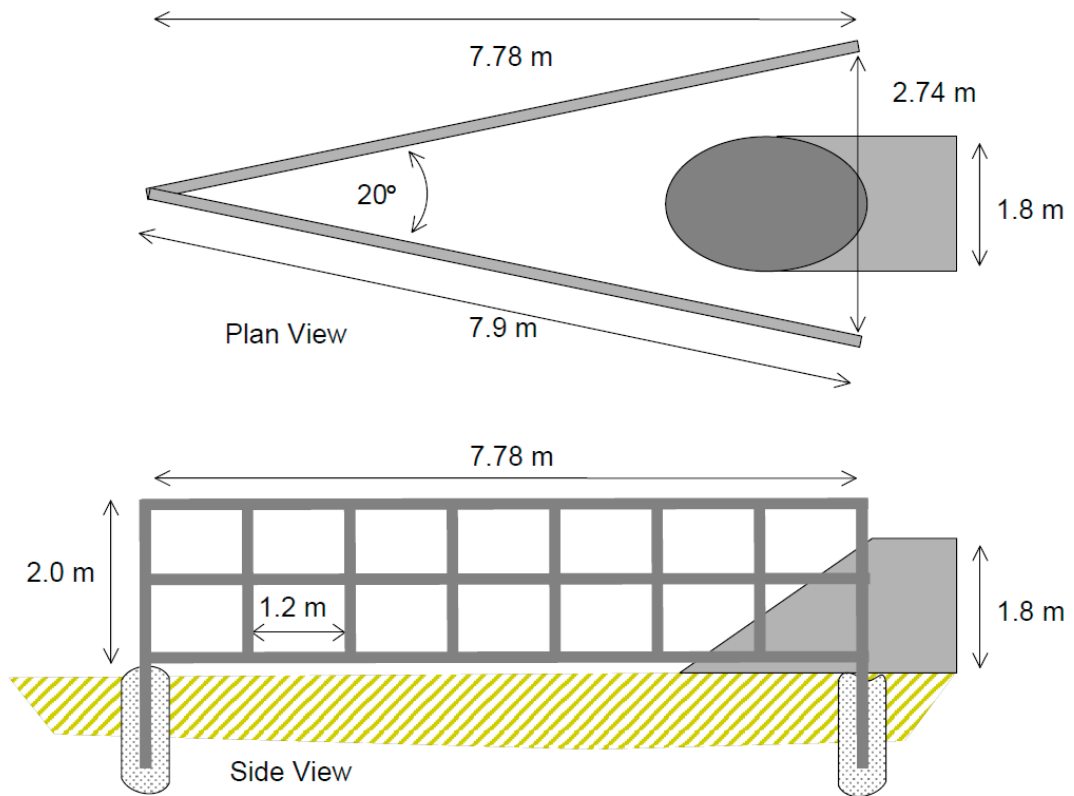


図2-16 直径1.8 m のカルバートに設置する Deflector の形状寸法の例<sup>2)</sup>

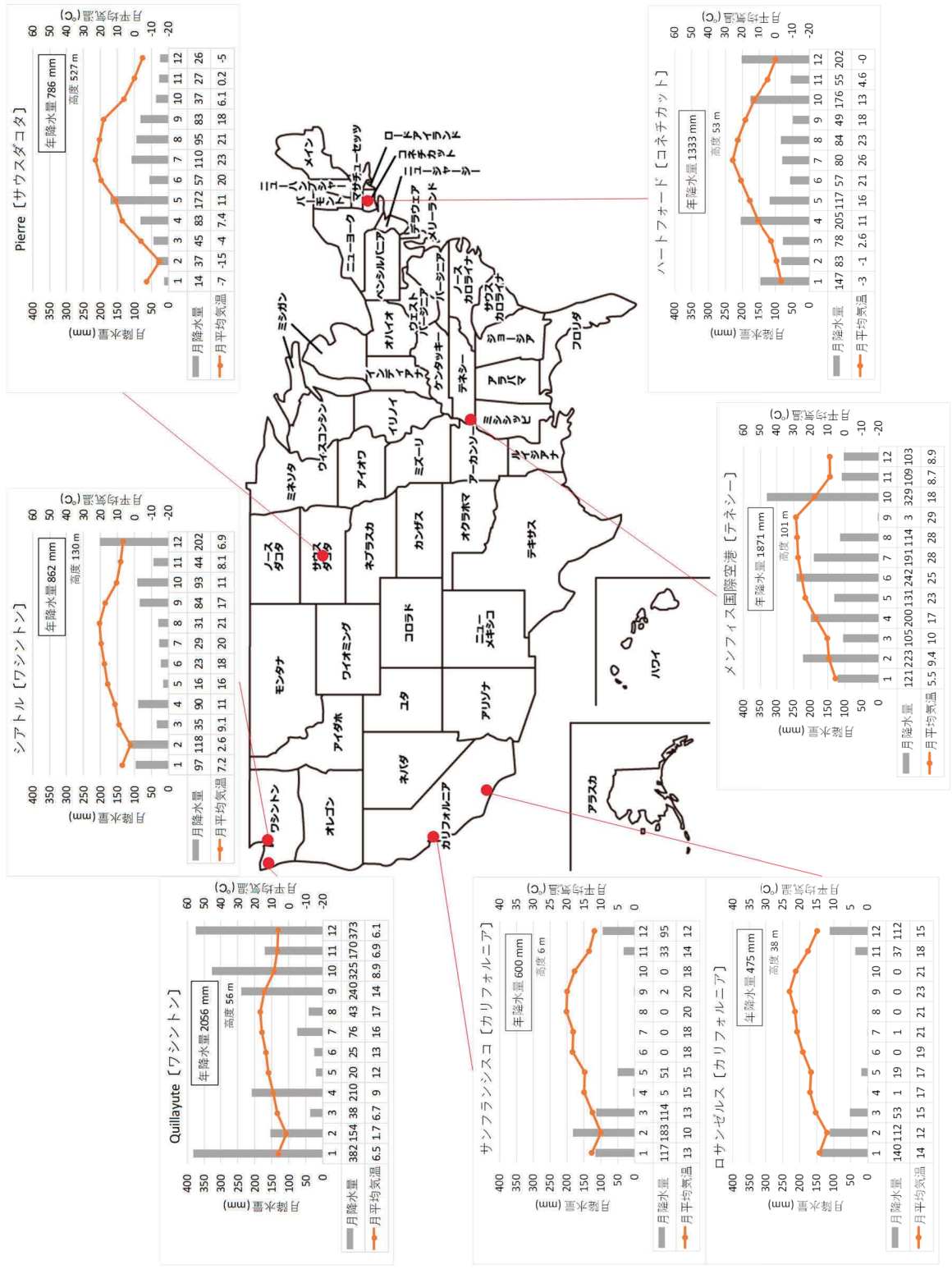


図 2-17 Debris 対策施設が設置されている 5 つの州 (表 2-3) の位置と、代表的な気象データ (2019 年、データは気象庁ウェブサイトより取得)



## 2.2 カナダの道路建設における土石流対策

公表資料<sup>15)</sup>のほぼ全文を翻訳する形式で、カナダ ブリティッシュコロンビア州 バンクーバーの国道 99 号沿線に建設された土石流対策としての土砂捕捉施設の概要を紹介する。加えて、カナダの土石流対策施設を、日本の道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設に応用した例について紹介する。

### 2.2.1 ブリティッシュコロンビア州 バンクーバーに建設された土石流対策施設の概要<sup>15),16)</sup>

本項では、Mizuyama and Vandine による内部資料<sup>16)</sup>の情報を付加しながら公表資料<sup>15)</sup>を翻訳している。

(以下翻訳)

国道 99 号と British Columbia Railway Mainline は、ブリティッシュコロンビア州 バンクーバーからハウサウンドフィヨルドの北までの海岸沿いの急斜面に建設されている。平均雨水量は 3000 mm を超えていて、1956 年の鉄道建設から 6 本の橋脚と多くの住宅地が土石流による被害を受けていた。ハウサウンドフィヨルドでは、巨礫、礫及び様々なサイズの流木 (mulch to intact trees) を含む土石流が狭い溪流を高速で流下していた。大雨の度に濁流が一時的なダムを形成し、ダムが決壊すると渓床からかなりの体積の礫を削り取って土石流となった。濁流の流速は 7~10 m/s で、大きな礫、後続にそれよりも細かい土砂を伴って流下した。1986 年当時の土石流で一番大きかった移動土砂量は 20000 m<sup>3</sup> であった。

1983 年から土石流対策施設の計画が始まった。計画流量は 350~500 m<sup>3</sup> で、V 字谷に深さ 4.5 m の土石流が流下することを想定した。周辺に住宅等の施設がない溪流では、土石流が横過できる十分な余裕を持った高さに橋梁を通す計画が立てられた。

国道 99 号と交差し、扇状に土砂が堆積して土石流発生の危険性が極めて高い 3 つの溪流では、防護壁又は盛土形式の土砂捕捉施設 (Barrier) が計画された。この施設は移動土砂を捕捉し、地表水を横過させる機能を有するものとして計画された。計画捕捉土砂量は 33000~60000 m<sup>3</sup> であった。建設費は計画土砂量と原位置の工事の難易度に応じ、30~65 カナダドル/m<sup>3</sup> であった。図 2-18 の写真に示すような盛土形式の土砂捕捉施設の高さは、中央部付近の水路 (横断排水施設) 設置箇所では 12~15 m、両脇は余裕高を持たせてさらに 8~9 m 高い構造とされた (ただし、後に図 2-19 に示す施設はこの寸法の範囲よりも小さい施設)。

最もシンプルな土砂捕捉施設は防護壁形式で、基盤岩を 15~25 m 掘削し、排水施設を接続したものであった。格子状の梁が中央の控え壁と土台に支持された構造であった。

基盤岩が露出していない残りの 2 溪流では、急峻な地形のすべりを考慮し、のり面のコンクリート被覆を施した盛土形式の土砂捕捉施設 (concrete faced, zone fill structures) とした。盛土材は上流側の溪流を掘削して調達することで、土砂の捕捉及び貯留に都合の良い谷形状の貯留領域 (2.1 節では Debris Basins の遊砂池) を同時に形成した。土砂が貯留領域に捕捉され、堆積したまま次の土石流が発生した場合にそなえて、盛土の中央部付近に図 2-19 の平面図に示される越流水路が設けられた。また、水路の直下には横断排水施設 (閉塞軽減施設を付したカルバート) が図 2-19 の断面図のとおり設置され、貯留領域内の地表水を横過させる構造とした。盛土の尻付近には、浸透流による水圧を低減させるための減圧井戸 (relief well)

が掘られた。盛土のり面の侵食防止のためのコンクリート被覆は、吹付けコンクリートにより施工された。

設計における最も重要な観点は、土砂捕捉施設の建設が施設の下流域に悪影響を及ぼさないことであった。計画貯留量が不十分である場合又は大規模な土石流が発生する時点で貯留領域に土砂の堆積がある場合に、土砂捕捉施設と施設の下流域が繰返しの越流に崩壊せず耐え得るものでなければならなかった。あるケースでは、土砂捕捉施設の下流側の溪流河床に長さ 400 m の床固めが建設された。この床固めは、100 m<sup>3</sup> 以上の洪水流が 3 つの橋の下を安全に横過できる施設であった。床固めの傾斜は 20 % 以上であった。土石流による衝撃波が床固めに作用することが懸念されたため、鋼繊維による補強コンクリートに直径 1000 mm の巨礫を混合し、rough な表面とした。

貯留領域が過去の土石流で満砂状態の場合、次の土石流は貯留領域全体に広がって減速されず、礫及び土砂が留まって堤防状に堆積する場合がある。また、次の土石流のエネルギーがほとんど損失せずに貯留領域に堆積した土砂を乗り越えていくと、対策施設の越流水路の形状が越流を誘導することになる。

土石流による地表水を排水させる横断排水施設は、はり 8 段で構成された水平スリットによる閉塞軽減施設、及びカルバートにより構成されている。閉塞軽減施設は排水施設の流入口に設置され、土石流先端の巨礫のはりへの衝撃力をそらすために盛土のり面とほぼ同じ角度で傾斜している。鉄筋コンクリート造の水平はり、塑性ヒンジと無補強ゴムベアリングパッドの圧縮により 2 m の巨礫の運動エネルギーを分散させている。はり、巨礫の衝撃力と、貯留領域への土石流の堆積及び越流による静水圧に耐えうる性能を有する必要がある。はりに作用する圧力は 30 m を超える静水圧と同等である。

横断排水施設の崩壊は許容されない。カルバートは、土被りに耐えられる強度を有する鉄筋コンクリート造（ボックスカルバート？）とした。水平スリットによる閉塞軽減施設の傾斜は約 60 % とした。

貯留領域が満砂状態で土石流が越流、溪流下流側に流下する場合を想定し、下流側の越流水路は 1 セグメントあたりの容量が 6000 kN を超えるアンカー（deadman anchors）で支持されている。越流水路の側壁は、水路の天端から水深 4 m の越流に耐えられる強度とした。越流水路の床板は、越流により流向の変わった土石流からかすめるような方向の打撃を受ける。床板は、側壁から離れた状態で押し抜きせん断に抵抗できるよう設計された。

（以上翻訳）

ウェブ公開されている航空写真等により、図 2-18 及び図 2-19 に示した盛土形式の土砂捕捉施設、溪流（チャールズクリーク）下流側の現況等を確認することができる。また、内部資料によると、盛土形式の土砂捕捉施設はハーベイクリークにも設置されている。ウェブ公開されている航空写真等によると、ハーベイクリークの土砂捕捉施設よりも下流側では、溪流河床が床固めにより保護されている現況を確認することができる。

## 2.2.2 当該地域の気象データ

ブリティッシュコロンビア州の 2019 年の月別降水量、月平均気温のデータを気象庁ウェブサイトより入手し、図 2-20 に示す。気象データのあるスカミッシュは、図 2-18、図 2-19 に示したチャールズクリークから約 30 km 北上した位置にある。秋から冬にかけての降水量が多く、2019 年の年降水量は 1661 mm であった。

## 2.2.3 日本の道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設への応用

原田ら<sup>17)</sup>は、前節で紹介したカナダの盛土形式の土砂捕捉施設を応用し、道路盛土の横断排水カルバート流入口の直前にのり面と同じ勾配の水平スリットを設置し、土石流により運搬される土砂で流入口が閉塞することを軽減する施設を提案している。原田らの水平スリットによる閉塞軽減施設の設計法は一連の水路実験結果や関連する技術図書に基づき提案され、実施工に至っている。



図 2-18 国道 99 号と交差する溪流に設置された盛土形式の土砂捕捉施設の外觀  
(チャールズクリーク)<sup>15)</sup>

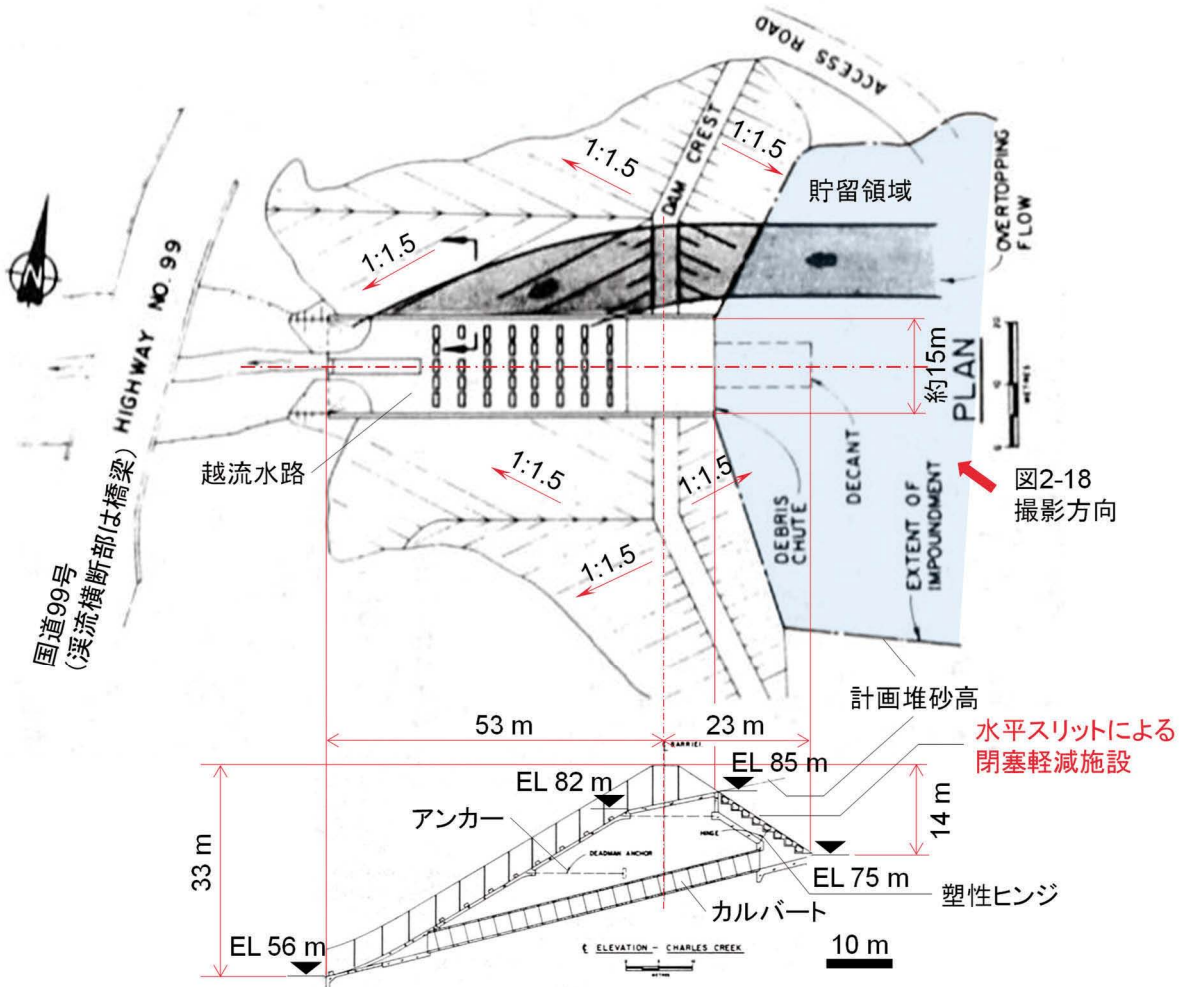


図 2-19 国道 99 号と交差する溪流に設置された盛土形式の土砂捕捉施設の概略

(チャールズクリーク) 16)の情報を 15)に付加して加筆

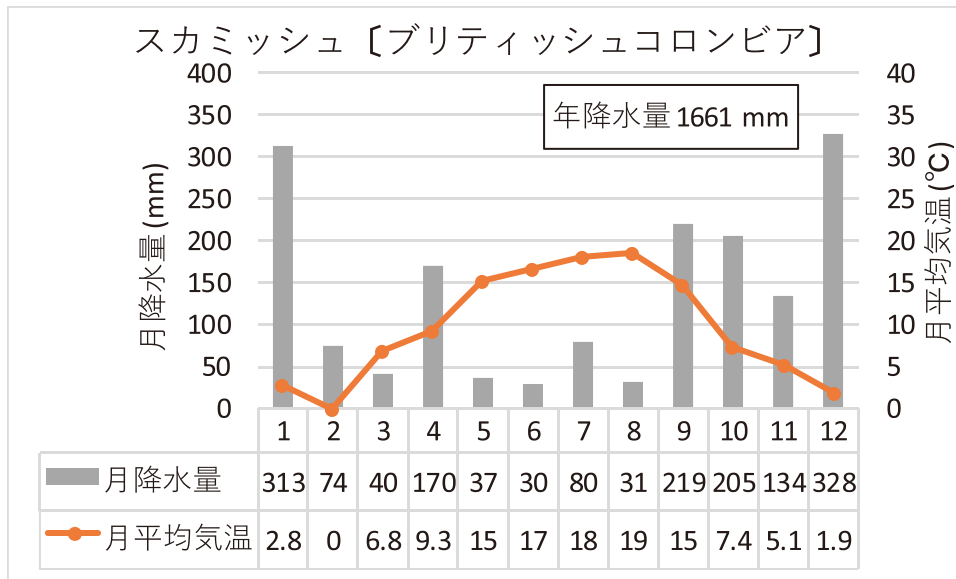


図 2-20 近傍の 2019 年の気象データ (データは気象庁ウェブサイトより取得)

(余白)

## 第3章 道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設

### 3.1 道路横断排水カルバートの閉塞による道路の被害形態と閉塞軽減施設の設置事例の分析

国内の直轄国道及び高速自動車国道で近年の災害により発生した道路盛土の被害又は通行止めのうち、道路と交差する溪流の上流で発生した土石流による土砂及び流木が道路横断排水カルバートまで到達し、流入口を閉塞させたことが原因で発生したと考えられる事例を8件収集した。また、道路盛土の被害又は通行止めは発生していないが、土石流による土砂及び流木がカルバートまで到達し、流入口を閉塞させた事例を1件収集した。更に、高速自動車国道の危険溪流と盛土の交差部において計画、設計、施工された閉塞軽減施設の事例を1件収集した。収集した計10件の事例を整理し、このうちの8件の事例は参考資料として本事例集に付した。

土石流による被害では、土石流そのものによって道路ごと押し流されるというような被害も考えられるが、ここでは横断排水施設の機能に着目して事例を収集し、分析した。参考資料に付す8事例については、道路被害の誘因となった災害の発生年及び名称、被害の発生箇所又は閉塞軽減施設の設置箇所を、各箇所の事例番号と共に表3-1にまとめる。本節では全事例の分析結果を概説することとし、事例01～08の詳細は参考資料に記載する。

#### 3.1.1 道路横断排水カルバートの閉塞による道路の被害形態の分析

カルバートの機能喪失による被害は次の4種類の形態で発生したものと推察された。各事例の被害状況の詳細は参考資料を参照されたい。

形態1：カルバートが排水機能を失った結果、溪流上流側に堰止め池が形成され、池からの越水が溪流下流側の道路のり面を侵食、盛土を崩壊させた（事例04）

形態2：カルバートが排水機能を失った結果、盛土が湛水、飽和し、不安定となって崩壊した（事例01、05、08）

形態3：溪流からの土石流が土砂流及び地表水となって道路路面を縦断勾配下流方向に流下し、溪流から離れた位置にある盛土のり面を侵食、盛土を崩壊させた（事例02）

形態4：溪流からの土石流が道路路面に溢れ出し、盛土のり面を侵食した、又は車両の通行を妨げた（事例03、06、07）

#### 3.1.2 閉塞軽減施設の設置事例の分析

9カ所の閉塞発生箇所では、いずれも復旧に際して道路用地内での閉塞軽減施設が設置されている。盛土の建設段階で閉塞軽減施設を設置した事例も含め、本項では10件の事例で行われた閉塞軽減施設設置のための調査、計画及び設計の概要を示す。事例01～08の詳細は参考資料を参照されたい。

##### (1) 調査

溪流の調査、閉塞軽減施設の計画のための土石流による計画流出土砂量の算出は、次のいずれかの図書（複数が組み合わさった事例もあり）が利用されていた。

- ・道路土工 切土工・斜面安定工指針
- ・砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説

## (2) 計画及び設計

閉塞軽減施設の中には、次の図書を準用し、透過型砂防堰堤と同様のスリット間隔の設定方法が採用されていた事例があった。

- ・土石流・流木対策の手引き（事例05）
- ・土石流・流木対策設計技術指針解説

閉塞軽減施設の中には、次の図書を準用し、部材に作用する荷重を設定することにより閉塞軽減施設の部材断面を照査している事例があった。

- ・道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編（事例05）
- ・水門・樋門ゲート設計要領（案）（事例08）
- ・鋼製砂防構造物設計便覧
- ・砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）

参考資料に付す8件の事例で設置された閉塞軽減施設を対策の観点で整理し、表3-2に概要を示す。注記のとおり、既出の技術図書においては別の施設に分類される可能性もあるが、カルバート流入口の閉塞を軽減する、又はカルバートの排水機能を確保することに寄与していると考えられる施設は、本事例集では閉塞軽減施設の一つとして取り扱い、掲載することとした。

土石流、流木等の到達による閉塞を抑制しようとするタイプ1の施設の設置事例が最も多かった。鋼製柵及び鋼製枠を活用した施設、ワイヤロープ又はワイヤネットを活用した施設、吊り式かごを積み上げた施設、ステンレス鉄筋及びグレーチング蓋を取り付けた集水ます、形鋼又は鋼管による施設、等があった。土石流、流木等が到達して施設に衝突するため、部材への荷重を設定して照査を行い、部材断面を決めている施設もあった。一方、災害復旧のための施設の中には、緊急対策の一環で詳細な検討を実施せず選定されたものもあった。

土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能を確保しようとするタイプ2の施設の設置事例には、流入口を異なる高さに複数設置し、主となるカルバート又は復旧のために新設した排水施設の排水機能を確保しようとするタイプ2-1と、別系統の排水施設を主となるカルバートよりも高い位置に設置して排水機能を確保しようとするタイプ2-2があった。タイプ2-1には、中間ますを積み上げた施設、側面に穴のあいた現場打ちの嵩上げますを既製のます蓋に付した施設、排水マットによる導流工を活用した施設があった。タイプ2-2では、高さや位置の異なる別系統のカルバートを追加した事例と、タイプ2-1のますに路面排水施設を接続して別系統の排水経路を確保した事例があった。

多くの事例で、複数のタイプの施設を組み合わせた対策が施されていた。タイプ2-2では、施設の設置位置によって主となるカルバートが閉塞すると溪流上流側の盛土脇空間（ポケット）に滞水が生じるおそれがあるため、タイプ1やタイプ2-1の施設を、主となるカルバートを対象に設置するなどの配慮がなされていた。また、設計体系の確立された施設ではないことから、複数のタイプ、同タイプで複数種類の



施設を高さや位置を変えて組合せる計画となっていた。

### 3.2 閉塞軽減施設の計画、設計及び維持管理方法

道路と交差する溪流での土石流に対しては計画段階での対応や砂防施設等による対策が基本であるが、道路横断排水カルバートの閉塞による被害については、施設の流下能力に余裕を持たせる、又は本事例集に具体例を取りまとめた閉塞軽減施設を設けるといった対策が必要に応じて検討されている。

閉塞軽減施設の設置は、道路用地内で、道路本体及び道路通行に大きな影響を与えることなく実施できる場合が多い。このため、維持管理の一環で実施される定期点検等においてカルバート流入口付近での流下物の顕著な堆積が認められる、流下物の堆積による排水能力の低下がしばしば認められる、等の不具合への対策としても選定しやすい。

#### (1) 調査

土石流の発生と規模等に関する調査、及び土石流対策施設の選定は、例えば次の図書を参照して行われる。

- ・道路土工 切土工・斜面安定工指針
- ・砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説

土石流による土砂及び流木が既設のカルバートまで到達し、流入口を閉塞させた場合には、土石流が発生しなかった溪流を含めた堆積土砂の調査が行われ、土石流対策の必要性について検討される。

#### (2) 計画及び設計

砂防等関係機関との連携による土石流対策として、堰堤等の土砂を捕捉する施設、土石流の流向を導流により制御する施設の設置等が検討される。カルバート流入口の閉塞により盛土が崩壊した場合には、道路用地内で実施できる土石流対策のうち、カルバートの強化復旧対策として、断面の増大、すなわち断面余裕の設定が検討される。ライフライン等の埋設物の配置、又は対策中の通行規制が許容されない等の理由により断面の増大が難しいと判断される場合には、カルバート流入口の閉塞軽減施設の設置が検討される。

閉塞軽減施設は、土石流の調査結果に基づき、カルバートに到達する流下物の特徴と量、カルバート口径、用地条件、維持管理手法等を考慮して選定される。

表 3-2 にて整理した閉塞軽減施設の対策の観点に、アメリカで設置された施設の観点も加えて再整理すると、本事例集で収集した国内外の閉塞軽減施設は表 3-3 のようにまとめられる。タイプ 1-1、2-1 及び 2-2 には、概略図に示す形状とは異なる施設も含まれることに注意されたい。大別すると 3 種類の観点により施設が設置されている。すなわち、土石流、流木等の到達による閉塞を抑制する観点、土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能を確保する観点、流木の流下を補助する観点である。当該地点で起こり得る事象に対して必要な対策の観点と規模を整理し、最も適切な施設が選定される。その際、いくつかの施設を組み合わせた複合的な対策も計画されている。ただし、流木の流下を補助するタイプ 3 の施設は、日本国内においては、山地部道路で発生する土石流への対策施設としては適用の可能性が低いものと考えられる。例えば、土砂災害警戒区域よりも下流で発生する土砂・洪水氾濫<sup>18)</sup>のうち、主な流下物が流木であ

るものへの対策として、平野部の大口径の道路横断排水カルバート等への設置が考えられる。

土砂又は流木を捕捉するための閉塞軽減施設のスリット間隔は、カルバート断面の大きさが考慮される他、透過型砂防堰堤と同様の考え方で設定されている。また、部材に作用し得る荷重を設定し、閉塞軽減施設の部材断面を決定する場合は、砂防堰堤、橋脚、水門・樋門等と同様の考え方が準用されている。一方、経験に基づいた施設の規模及び部材の設定で応急処置として閉塞軽減施設を設置し、維持管理の段階で施設の適性が判断される場合もある。

米国のマニュアル<sup>2)</sup>を参照すると、閉塞軽減施設の計画及び設計段階で、維持管理の条件及び手法を考慮するとされている。ここで、維持管理の条件及び手法とは、定期点検及び緊急時の点検における作業項目、維持管理の頻度、アクセス方法、土砂及び流木の処分方法等であるとされる。維持管理の頻度は道路の重要度に応じて設定される。頻度が低くなることが想定される場合は、土砂及び流木が堆積しにくい閉塞軽減施設を設置する、複合的な施設の設置を検討する、又はカルバートの断面余裕を設定することが望ましいとされている。閉塞軽減施設へのアクセスには管理用道路を設置することが望ましいが、これが難しい場合には、作業用建設機械のためのスペースをカルバート設置箇所の周辺に確保し、堆積物の除去等の作業中に車両の通行を妨げることのないように配慮する、とされている。除去した土砂、流木等の堆積物の運搬先は、維持管理作業の開始前に確保されていることが望ましいとされている。

### (3) 維持管理

カルバートの通水断面を確保し、適切な機能を保持するためには、維持管理によってカルバートの内部空間の閉塞を抑制、防止することが重要であるとされる。具体的には、土砂、流木等のカルバート流入口での堆積による顕著な通水阻害の発生の有無が観察され、必要に応じて堆積物等の除去が行われる。また、カルバート流入口の閉塞軽減施設の維持管理では、特に次の点に留意されている。

- ・施設の部材の損傷及び劣化の状況を確認し、必要に応じて補修、補強等の対策を講じる。
- ・施設が対策の観点（原理）に従って適切に機能していることを確認すると共に、必要に応じて堆積物等の除去を行う。

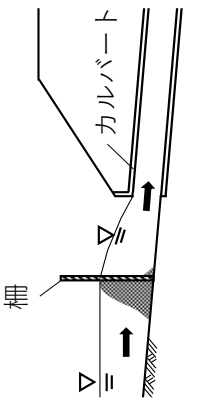
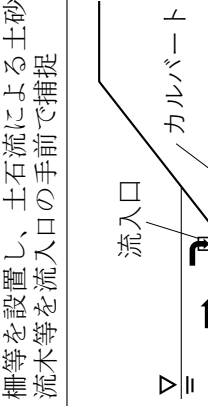

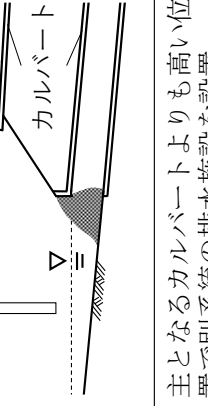
維持管理の一環で実施する点検は定期的なものだけでなく、大きな降雨の後には、主に堆積物等の除去と施設の損傷の状況を確認することを目的とした緊急の点検を行うとされている。

表 3-1 国内で収集、分析した道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設の設置事例

事例 番号	災害の発生年	災害の名称	被害の発生箇所／閉塞軽減施設の設置箇所
01	平成28年（2016年）	台風10号	国道274号 北海道日高町字千栄
02			国道274号 北海道清水町字石山北
03			国道274号 北海道清水町字石山北
04			国道274号 北海道清水町字清水
05	平成29年（2017年）	台風3号	国道186号 島根県浜田市金城町
06	平成30年（2018年）	平成30年 7月豪雨	国道41号 岐阜県下呂市金山町保井戸
07			国道41号 岐阜県下呂市金山町小川
08			広島呉道路 広島県安芸郡坂町

※事例09、10は非公表

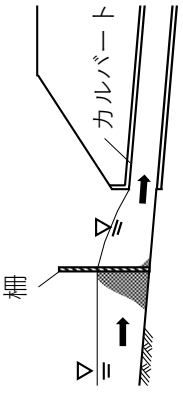
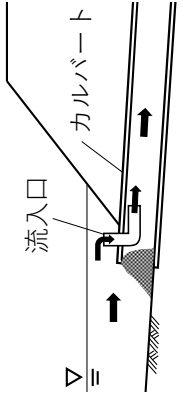
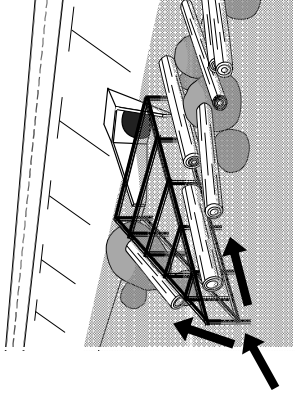
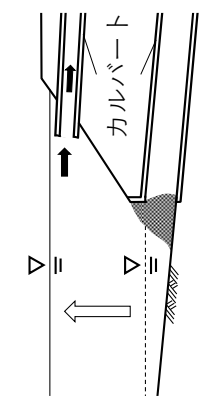
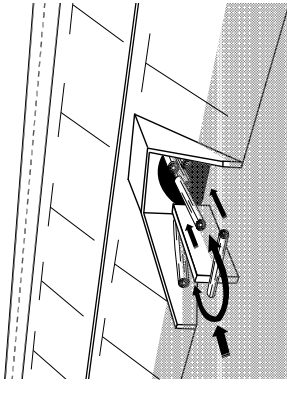
表 3-2 国内で収集、分析した道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設設置事例 01～08 の分類

タイプ	対策の観点①	対策の観点②	事例番号	施設形式、名称
1	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	 <p>柵</p> <p>カルバート</p>	01 02 03 05 06 07 08	鋼製柵及び鋼製枠による待ち受け施設（土砂止め） <sup>1</sup> 吊り式かごによる流出防止対策施設 <sup>1</sup> グレーチング蓋（カルバートへの取付ますに設置） ステンレス鉄筋とグレーチング蓋による流木対策用集水ます ワイヤロープによる土砂流出防止柵 <sup>1</sup> ワイヤロープによる土砂流出防止柵 <sup>1</sup> 形鋼による閉塞軽減工（鋼製バースクリン） ワイヤメッシュによる土砂流入防止柵 <sup>2</sup>
		 <p>流入口</p> <p>カルバート</p> <p>柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉</p>	02 03 04	中間ます（既製品）による取付ますの嵩上げ 嵩上げます（現場打ち、追加した路面排水施設の取付ます） 中間ます（既製品）による取付ますの嵩上げ
2-1	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	 <p>流入口</p> <p>カルバート</p> <p>流入口を異なる高さにも複数設置し、カルバートの排水機能を確保</p>	02 03 04	カルバートの追加 路面排水施設の追加及び導流 カルバートの追加
		 <p>カルバート</p> <p>主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。 タイプ1又は2-1を併用することが望ましい。</p>		
2-2				

1：「道路土工 切土工・斜面安定工指針」においては待ち受け擁壁の一種に分類される可能性があるが、カルバート流入口の閉塞軽減にも寄与すると考えられることから、本事例集においては閉塞軽減施設の一種として取り扱い、掲載する。

2：土石流捕捉工（高エネルギー吸収型）に分類されるものであるが、鋼製の閉塞軽減施設に設置位置が近く、流入口の閉塞軽減にも寄与すると考えられることから、本事例集では閉塞軽減施設の一種として取り扱い、掲載する。

表 3-3 道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設設置事例の分類

タイプ	対策の観点①	対策の観点②	タイプ	対策の観点①	対策の観点②
1-1*		 <p>柵</p>	2-1*		 <p>流入口 カルバート</p>
	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉		土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保
1-2		 <p>土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制</p>	2-2*		 <p>カルバート</p> <p>主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。</p>
	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制		土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保
3	流木の流下補助	 <p>規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す</p>			
	流木の流下補助	規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す			

\*：概略図に示す形状とは異なる施設も含まれる

(余白)

## 参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針、2009.
- 2) U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration : Debris Control Structures Evaluation and Countermeasures, Hydraulic Engineering Circular No. 9, Third Edition, FHWA-IF-04-016, 2005.
- 3) 国土技術政策総合研究所編：豪雨時の土砂生産をとまなう土砂動態解析に関する留意点、国土技術政策総合研究所資料第 874 号、2015.
- 4) 日本応用地質学会：応用地質用語集、2004.
- 5) U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration : Stream Stability at Highway Structures, Hydraulic Engineering Circular No. 20, Fourth Edition, FHWA-HIF-12-004, 2012.
- 6) Fox, S.V., Gilje, S.A., Johnson, F.L., Kober, W., McGuffey, V.C., Reed, L., Robinson, A.R., Spaine, L.F., and Zanganeh, S. : Design of Sedimentation Basins, National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 70, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1980.
- 7) U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration : Culvert Inspection Manual, Report No. FHWA-IP-86-2, 1986.
- 8) 水山高久：ロサンゼルス市の砂防（1）、新砂防、Vol. 35、No. 2 (125)、pp. 36-38、1982.
- 9) 水山高久：ロサンゼルス市の砂防（2）、新砂防、Vol. 35、No. 3 (126)、pp. 17-19、1983.
- 10) Los Angeles County Flood Control District : Design Manual Debris Dams and Basins, 1979.
- 11) 内田太郎：米国西海岸における土砂マネジメントの調査報告、Web 公開資料、[https://www.mlit.go.jp/river/sabo/working\\_group/190405/04shiryo1.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/sabo/working_group/190405/04shiryo1.pdf)、2019（アクセス日：2020年12月25日）。
- 12) 近藤玲次：米国西海岸における土砂災害対策の実態等調査参加報告、Sabo、Vo. 126、pp. 26-29、2019.
- 13) California Department of Transportation : Highway Design Manual, Seventh edition, 2020.
- 14) California Department of Transportation : Standard Plans, 2018.
- 15) Price, J. : Debris torrent control facilities (Vancouver, BC, Canada), IABSE structures C-38, IABSE periodica, No. 3, pp. 60-61, 1986.
- 16) Mizuyama, T. and VanDine, D. : Debris flow control structures, Field Trip Vancouver and Highway 99 British Columbia, Canada, 2002. (内部資料)
- 17) 原田紹臣、内藤秀弥、中谷加奈、里深好文、水山高久：道路盛土横断排水構造物の高機能化に関する研究、土木学会論文集 B1 (水工学)、Vol. 72、No. 4、I\_871-I\_876、2016.
- 18) 国土交通省：土砂・洪水氾濫とは？、Web 公表資料、<https://www.mlit.go.jp/common/001296657.pdf>（アクセス日：2020年12月25日）。

(余白)



## 謝辞

本事例集で紹介した国内の事例は、北海道開発局、島根県、中部地方整備局、西日本高速道路株式会社及び高速道路総合技術研究所の各部局関係者よりご提供いただいた技術情報に基づきとりまとめた。国内の事例の技術情報の収集は、国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所寒地基盤技術研究グループ防災地質チーム、国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路基盤研究室及び構造・基礎研究室の各関係者のご協力を得て実施した。

米国資料の翻訳は、山口大学の中島伸一郎准教授のご協力を得て実施した。カナダの土石流対策の情報は、三井共同建設コンサルタント株式会社の原田紹臣氏よりご紹介いただいた。

また、閉塞軽減施設の模式図は施工技術チーム非常勤職員の田谷陽子氏に作成いただいた。

事例集作成にご協力くださった皆様に感謝の意を表す。

(余白)

## 参考資料

国内で収集した道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設の設置事例を参考資料として付す。事例の一覧は下表に示すとおりである。事例は次の項目順に取りまとめられている。ただし、●印の付いた項目は、各事例に必ず記載があることを示す。

- ・災害による道路被害の概要
- ・カルバート流入口の閉塞軽減施設
  - ・道路用地内の土石流対策
  - ・道路用地外の土石流対策
  - ・盛土の排水施設の復旧
  - ・盛土の復旧
- ・関連する技術図書等、事例の取りまとめで引用した参考文献

表 国内で収集、分析した道路横断排水カルバート流入口の閉塞軽減施設の設置事例

事例番号	災害の発生年	災害の名称	被害の発生箇所／閉塞軽減施設の設置箇所
01	平成28年（2016年）	台風10号	国道274号 北海道日高町字千栄
02			国道274号 北海道清水町字石山北
03			国道274号 北海道清水町字石山北
04			国道274号 北海道清水町字清水
05	平成29年（2017年）	台風3号	国道186号 島根県浜田市金城町
06	平成30年（2018年）	平成30年 7月豪雨	国道41号 岐阜県下呂市金山町保井戸
07			国道41号 岐阜県下呂市金山町小川
08			広島呉道路 広島県安芸郡坂町

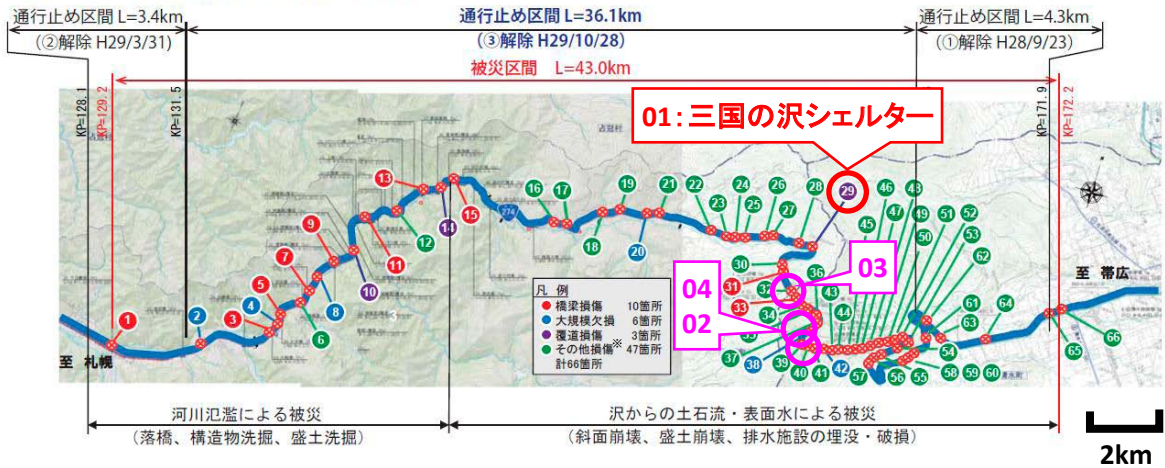
※事例09、10は非公表

(余白)

事例番号	01	所在地	北海道日高町字千栄	路線	国道274号 KP154付近
被害概要 (1/2)					
被災年月	平成28年9月	被災原因	平成28年台風第10号		

●被災箇所位置図

- 被災区間：国道 274 号日高町～清水町(延長 43.0km)
- 被災内容：落橋等による橋梁損傷 10 箇所、道路本体の大規模欠損 6 箇所、覆道損傷 3 箇所、その他損傷 47 箇所、計 66 箇所
- 被災原因：「河川氾濫」と「土石流・表面水」



※ その他損傷：切土、盛土、擁壁の損傷または土石流出  
○：事例02～04の位置(概略)

●被災箇所縦断面図

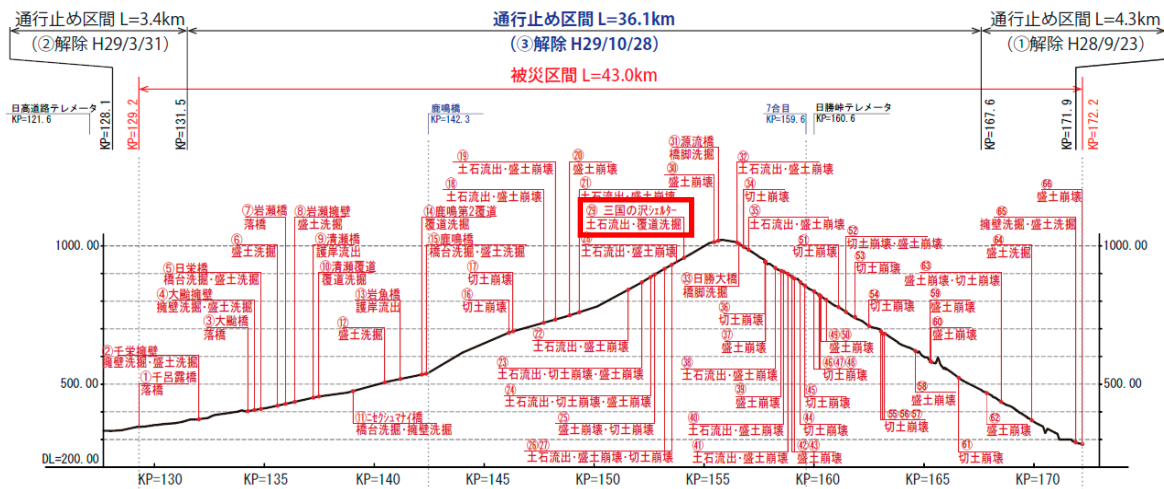


図1 被災箇所位置図及び縦断面図a)に加筆

状  
況

内  
容

【被害状況】

- 平成28年台風第10号により、図1に示す一般国道274号の各所においては、河川増水による橋梁基礎及び道路の洗掘、切土及び盛土の崩壊等の被害が発生した。
- 本事例箇所である三国の沢シェルター(図1中⑳)においては、溪流からの土石流により谷埋め盛土が洗掘されて崩壊し、シェルター内の路面が陥没・流出した(p.01-2 図2、図3)。

【カルバート及び流入口の状況】

- カルバート流入口には、大量の流木や細粒(砂質～泥質)堆積物が層状に分布していたが、巨礫はほとんど認められなかった(p.01-2 図4)<sup>b), c)</sup>。カルバート自体については破損は認められなかった。



図2 三国の沢シェルターの路面陥没・流出状況(終点側から起点側を撮影) c)に加筆



図3 三国の沢シェルターの洗掘状況(下流より撮影) c)に加筆



図4 三国の沢シェルターのカルバート流入口の被災状況 d)に加筆

状  
況

内  
容

【想定される被害発生メカニズム】

- ・本事例箇所における被害発生メカニズムは次のように想定された<sup>b), c)</sup>。すなわち、溪流からの土石流により、谷埋め盛土に敷設しているカルバートが閉塞した。その影響で谷埋め盛土は洗掘、崩壊、流出した。洗掘と崩壊の影響で、シェルター内の路面等は陥没・流出し、道路が寸断された。
- ・本事例箇所を現地調査したところ、盛土付近には土砂及び流木が堆積している状況が確認された。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（全体概要）

実施された対策	分類	観点①	観点②	詳細掲載ページ
	1-1	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉	01-3
	1-2		土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制	
	2-1	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保	
	2-2		主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。 タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。	
3	流木の流下補助	規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す		

状況

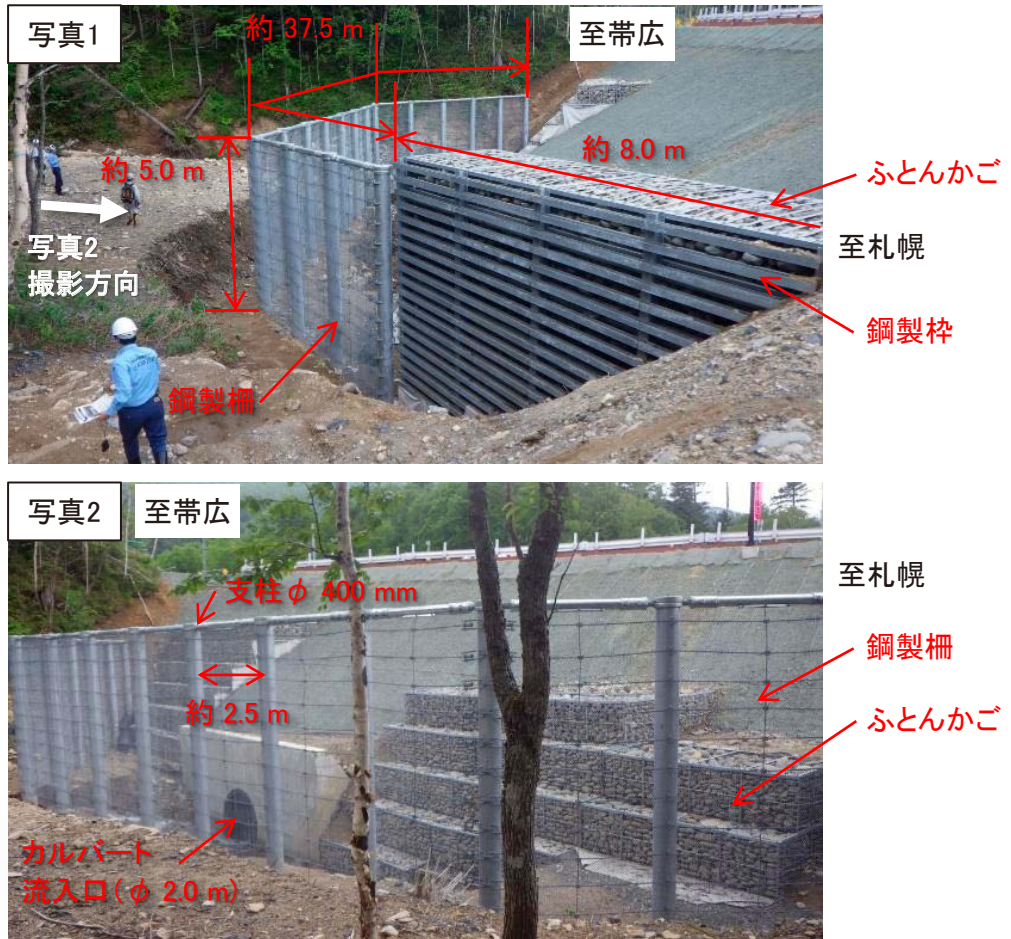


図5 鋼製柵及び鋼製柵による待受け施設の状況

内容

- 被害発生箇所の上流には治山対策施設(p.01-4 図6)が設置されたが、それとは別に新たに鋼製柵及び鋼製柵による待受け施設が設置されていた(図5)。この待受け施設はカルバート流入口に設置位置が近く、流入口の閉塞軽減にも寄与すると考えられることから、本事例集では閉塞軽減施設の一種として取り扱い、ここに掲載する。
- 待受け施設の高さは約 5 mであった。施設の札幌側の端部はふとんかごと鋼製柵(長さ約 8 m)、それ以外は鋼製柵(長さ約 37.5 m)により構成されており、土石流上流側の盛土のり面全体を覆うように設置されていた(図5)。
- 鋼製柵の支柱は直径 400 mm、設置間隔は約 2.5 m であった。金網の目は 25 mm であった。

状  
況



図6 治山対策施設

内  
容

- ・被害発生箇所の上流には、日高北部森林管理署の砂防工事で整備された治山対策施設が新たに設置されていた(図6)。



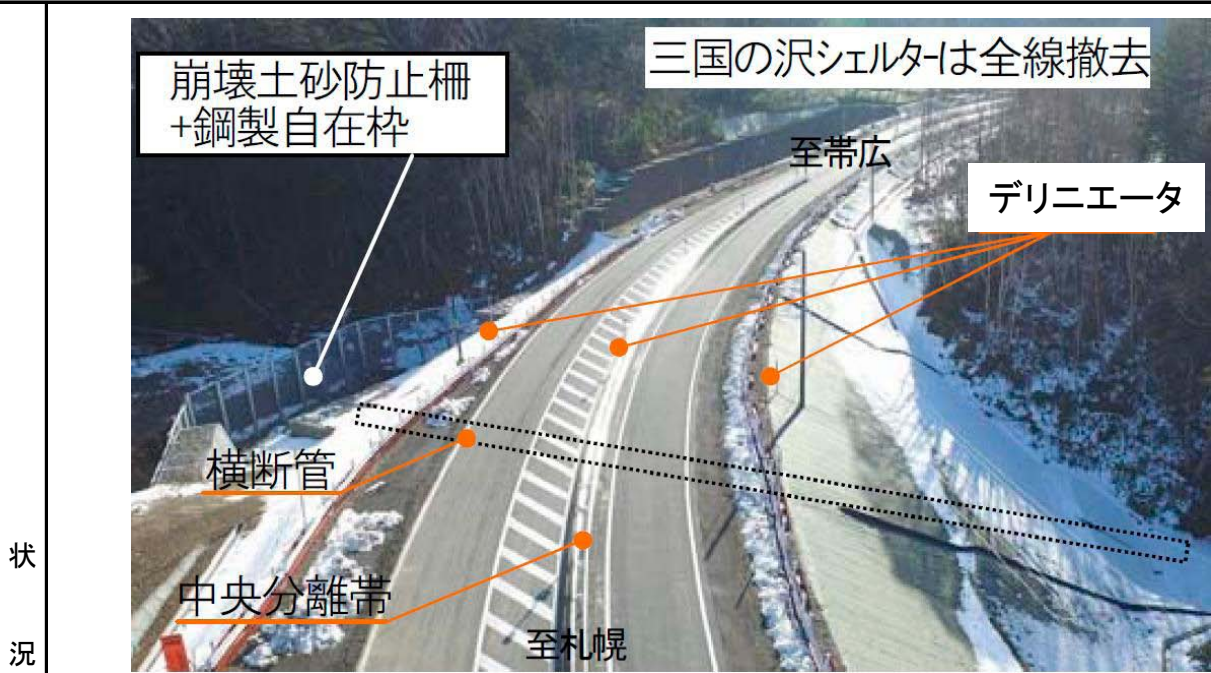
状  
況



図7 カルバート流入口の状況

内  
容

・カルバートの管径はφ 2000 mm であった(図7)<sup>○</sup>。



状  
況

図8 三国の沢 Shelter の復旧後の状況<sup>○</sup>

内  
容

- ・溪流上流側の盛土のり面にはふとんかご(p.01-3 図5)が設置され、土石流に対する耐性が高められていた。
- ・三国の沢 Shelter は設置後40年以上経過し、劣化が著しい状況であった。今後の維持管理や施工性等を踏まえ、土石流の影響を受けた区間のみならず、全区間が撤去されていた<sup>○</sup>。
- ・防雪対策・交通安全対策として、新たに防雪柵、中央分離帯を設置し、道路の左右及び中央分離帯にはデリニエータ等の安全施設が設置された<sup>○</sup>。

出 典

(1/1)

関連する技術図書等

- 1) 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)解説、平成28年 4月
- 2) (社)日本道路協会:道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)、平成21年 6月
- 3) 北海道開発局:道路設計要領、平成28年

参考文献

- a) 国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部・帯広開発建設部:国道274号日勝峠 災害復旧の歩み～424日間の軌跡～、  
[https://www.hkd.mlit.go.jp/ob/douro\\_keikaku/fns6al0000006p2g-att/fns6al000000mxwa.pdf](https://www.hkd.mlit.go.jp/ob/douro_keikaku/fns6al0000006p2g-att/fns6al000000mxwa.pdf)  
(アクセス日:2020年12月25日)
- b) 伊東佳彦、倉橋稔幸、角田富士夫、山崎秀策:2016年の台風10号による北海道日勝峠周辺の道路斜面災害について、第52回地盤工学研究発表会講演概要集、2017. 7
- c) 佐藤友祐、佐藤大、藤岡博之:台風の影響により被災した国道274号日勝峠(日高側)の復旧について―被災から14か月での開通を可能にした受発注者との協力体制―、第61回(2017年度)北海道開発技術研究発表会発表論文集、防8、2018
- d) 川村志麻:2016年8月～9月の北海道における豪雨災害に関する報告7 一般国道274号日勝峠の被害と土質特性について、寒地土木技術研究 No.771、pp.48-53、2017. 8

(余白)

事例番号	02	所在地	北海道清水町字石山北	路線	国道274号 KP158.8付近
被害概要					(1/2)
被災年月	平成28年9月	被災原因	平成28年台風第10号		



内容

**【被害状況】**

- 平成28年台風第10号により、隣接する2つの溪流で土石流が発生した。このうち、道路終点側(帯広側)の溪流を終点側溪流、終点側溪流からの土石流を終点側土石流、道路起点側(札幌側)の溪流を起点側溪流、起点側溪流からの土石流を起点側土石流とそれぞれ称する(図1)。
- 終点側土石流は擁壁に衝突し、道路終点方向に流路を変えて、擁壁端部から道路へと流出した。一部の土砂と流木は中央分離帯に捕捉されたが、それ以外の土砂と水が道路を横断し、盛土のり面を侵食、崩壊させた(図1の崩壊箇所①)。この土砂流は道路路面を縦断勾配下流方向に流下し、溪流から離れた位置にある二箇所の盛土のり面を侵食、崩壊させた(図1の崩壊箇所②、③)。
- 起点側土石流の土砂の多くは、バツフルピア(雪崩減勢施設)の背面、内部及び前面に堆積していた。特に粒径の大きな土石については、その多くがバツフルピアに捕捉されている状況であった(図2)<sup>a)</sup>。

状況



図3 終点側溪流の流出防止用盛土の侵食崩壊状況<sup>a)</sup>に加筆

内容

【カルバート及び流入口の状況】

・終点側溪流からの土石流により、カルバート流入口は埋没されていた(図3)。

【想定される被害発生メカニズム】

・終点側溪流は、過去に発生した土石流や雪崩が道路本線に流出していたと考えられ、図3に示す盛土と擁壁による流出防止対策が行われていた。しかし、台風第10号で発生した土石流の規模は大きく、カルバートの流入口を閉塞させるとともに、流出防止対策施設の容量を超えて道路本線に流出した。後続の土石流、土砂流及び洪水流が擁壁端部から道路へ流出、道路の路面勾配に従って横断及び縦断方向へ流下し、三箇所の盛土のり面を侵食、崩壊させたものと推察される。

・一方、起点側溪流からの土石流による土砂の多くはバツフルピアに捕捉され、図2(p.02-1)に示すように、バツフルピアと終点側溪流の間には細粒土砂の堆積が確認されていた。仮に、起点側溪流からの細粒土砂が終点側土石流を乗り越えるように流下した場合、このような細粒土砂の堆積は生じないと想定されることから、起点側溪流からの土砂は終点側土石流の手前までしか到達していなかったものと推察される。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（全体概要）

実施された対策	分類	観点①	観点②	詳細掲載ページ
	1-1	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	
1-2	土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制			
2-1	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	排水機能の確保	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保	02-5
2-2			主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。	02-6
3	流木の流下補助	流木の流下補助	規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す	

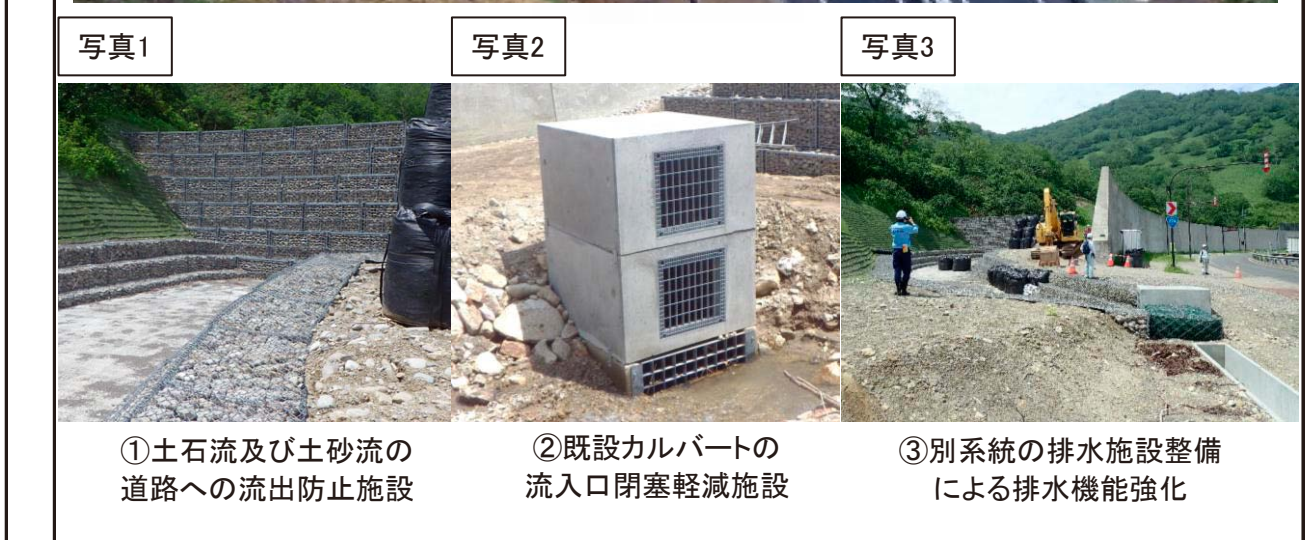
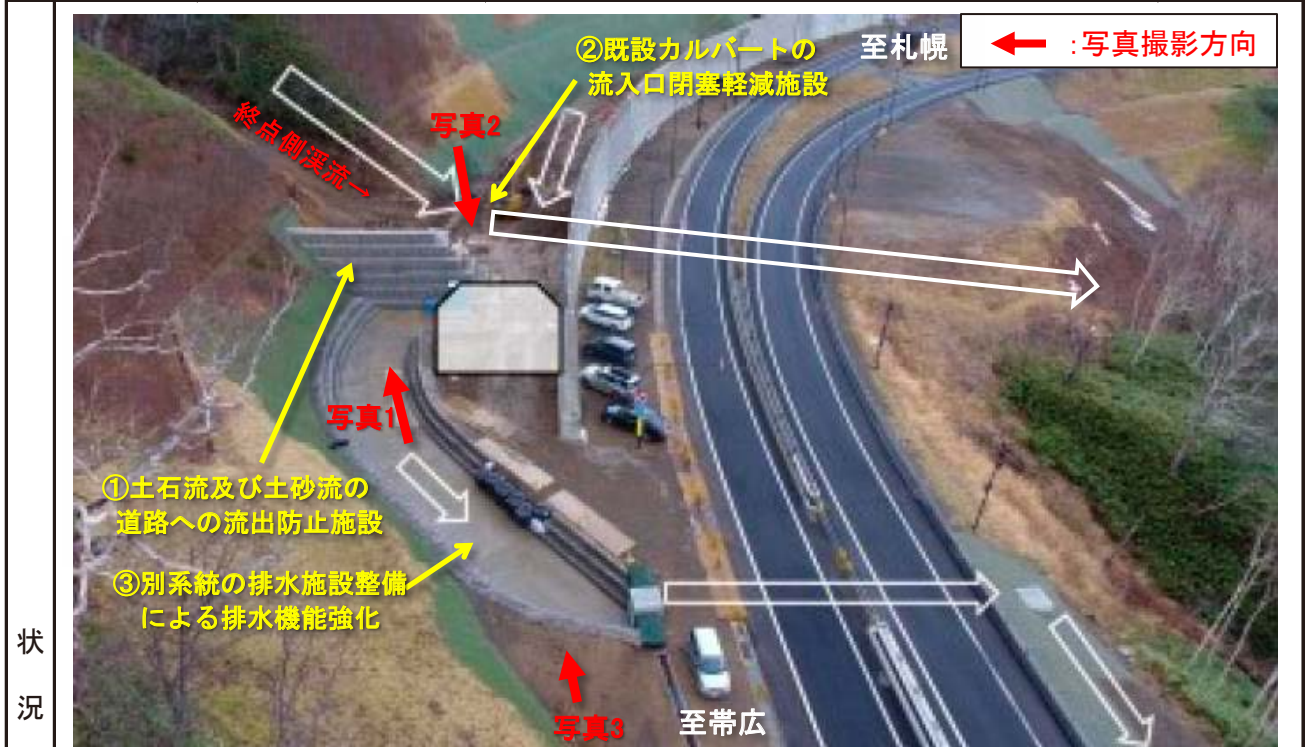


図4 カルバート流入口の閉塞軽減施設の全体図<sup>b)</sup>に加筆

内容  
 ・本地点では、①土石流及び土砂流の道路への流出防止施設、②既設カルバートの流入口閉塞軽減施設及び③別系統の排水施設整備による排水機能強化が行われた(図4)<sup>b)</sup>。①の実施は③の閉塞軽減対策を兼ねていることから、本事例集では①を閉塞軽減施設の一つとして取り扱い、掲載することとする。

分類	1-1	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	観点②	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉
----	-----	-----	--------------------	-----	-------------------------------

状  
況



図5 土石流及び土砂流の道路への流出防止施設の状況

内  
容

**【①土石流及び土砂流の道路への流出防止施設】**

- ・土石流及び土砂流の道路への流出を防止するために、雪崩防止擁壁の背面端部に吊り式かごによる高さ  $H = 2.0 \text{ m}$  の流出防止施設が設置された(図5)。



カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/1)

分類	2-1	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	観点②	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保
----	-----	-----	--------------------------	-----	-------------------------------



内容

【②既設カルバートの流入口閉塞軽減施設】

- 既設カルバートの流入口に設置された取り付けますを中間ますによりかさ上げし、中間ますの側面に開口部を設けることで、段階的にますが埋没しても排水機能を確保できる構造が採用された（図6）。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/1)

分類	2-2	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	観点②	主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。
----	-----	-----	--------------------------	-----	-------------------------------------------------------

状況		<p>新設カルバート 流入口</p>
	<p>図7 水路の状況</p> <p>図8 新設カルバート流入口の状況</p>	

内容	<p>【③別系統の排水施設整備による排水機能強化】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>排水機能を強化するために、既設のカルバートと別系統の排水施設が整備された(図7、図8)。</li> <li>別系統の排水施設は土石流の流出防止施設(p.02-3 図4 写真1)を透過した地表水が水路に流れ込み、新設のカルバートを横過する構造となっている。</li> <li>擁壁背面は今後も土砂の堆積が予想され、堆積した土砂を撤去する際に使用する管理用通路が必要となる。そのため、水路脇を小規模の建設機械が通行できる構造とされている(図7)。</li> </ul>
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

状  
況



図9 崩壊箇所③の盛土復旧状況<sup>o)</sup>

内  
容

- 一連の盛土崩壊の中で最も被害の大きかった崩壊箇所③(p.02-1 図1)は、復旧工事や早期復旧の条件より、盛土(12段、勾配 1:1.8)により復旧されていた(図9)。高盛土の安定性を確保するために、材料は砕石などの礫材を主部材とし、基盤・小段・水平排水層などによる排水対策がなされた<sup>o)</sup>。

出 典

(1/1)

- 1) 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)解説、平成28年4月
- 2) 北海道開発局:道路設計要領、平成28年
- 3) 国土交通省道路局:平成22年度道路交通センサス、平成22年
- 4) 北海道 建設部:北海道の大雨資料(第12編)、平成27年 1月
- 5) 国土交通省(建設省) 水管理・国土保全局:河川砂防技術基準(案)設計編、平成9年 5月
- 6) (社)日本道路協会:道路土工要綱、平成21年 6月
- 7) 北海道 水産林務部:保安林(自治事務)に関する要綱、平成12年 4月
- 8) (一社)日本治山治水協会:保安林・林地開発許可業務必携、平成26年 1月
- 9) (公社)日本道路協会:道路構造令の解説と運用、平成27年 6月

関連する技術図書等

- a) (一財)北海道道路管理技術センター:平成28年(2016年)台風10号による北海道豪雨災害現地調査報告写真集、2018.3
- b) 南朋恵、伊東佳彦、中原孝行:国道274号日勝峠災害の類型区分とその復旧—復旧工事におけるICTの活用—、第61回(2017年度)北海道開発技術研究発表会発表論文集、防10、2018
- c) 水尾隆、齋藤浩志:国道274号日勝峠の開通—平成28年8月豪雨—、基礎工、Vol.48、No.6、pp.65-68、2020.6

参考文献

事例番号	03	所在地	北海道清水町字石山北	路線	国道274号 KP156.5付近
被害概要 (1/2)					

被災年月	平成28年9月	被災原因	平成28年台風第10号
------	---------	------	-------------

状況

図1 被害状況<sup>a)</sup>に加筆

図3 土石流発生後の溪流の状況<sup>a)</sup>

状況

図2 土石流発生状況<sup>a)</sup>に加筆

図4 擁壁裏の状況<sup>a)</sup>

内容

図5 擁壁裏端部の状況<sup>a)</sup>に加筆

**【被害状況】**

- 平成28年台風第10号により発生した土石流により、日勝トンネル終点側坑口付近の盛土が崩壊した。崩壊に伴い、のり面に埋設された情報ボックスが約40mにわたって流出した(図1)。
- 溪流からの土石流はトンネル坑口に設置された擁壁の端部から道路路面に流出し、崩壊した盛土の谷側のり面の方向に流下した(図2～図4)。なお、日勝トンネル及び擁壁(壁高H=8.5m程度)に損傷はなかった。
- 擁壁端部から土石流が道路に流出する際、土石流が擁壁の裏側のり面(自然斜面)を侵食し、のり面崩壊が生じていた(図5)。

状況



図6 被害を受けた既設カルバート流入口の位置<sup>a)</sup>に加筆

内容

**【カルバート及び流入口の状況】**

- ・土砂の堆積により、カルバート流入口が閉塞している状況が確認された(図6)。

**【想定される被害発生メカニズム】**

- ・日勝トンネル坑口付近で道路と交差する溪流から発生した土石流により、カルバート流入口が閉塞された。カルバート流入口の閉塞により、擁壁裏に一時的に堆積した土砂がカルバートを流下できなかった地表水と共に道路に流出、盛土の谷側のり面の方向に流下し、盛土を侵食して崩壊に至ったと推定される。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（全体概要）

実施された対策	分類	観点①	観点②	詳細掲載ページ
	1-1	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉	
1-2	土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制			
2-1	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保	03-5	
2-2		主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。	03-6	
3	流木の流下補助	規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す		

状況

至帯広

③別系統の排水施設整備による排水機能強化

土石流及び土砂流の道路への流出防止施設

のり面保護施設

写真3

写真1

写真2

①既設ますの復旧

②土石流が直撃しない位置での閉塞軽減施設を付した新設ますの設置

至札幌

← :写真撮影方向

写真1

のり面保護施設

土石流及び土砂流の道路への流出防止施設

②土石流が直撃しない位置での閉塞軽減施設を付した新設ますの設置

写真2

←①既設ますの復旧

③別系統の排水施設整備による排水機能強化→

写真3

図7 カルバート流入口の閉塞軽減施設の全体図<sup>a)</sup>に加筆

内容

- ・本地点では、①既設ますの復旧、②土石流が直撃しない位置での閉塞軽減施設を付した新設ますの設置及び③別系統の排水施設（路面排水施設）整備による排水機能強化が行われた（図7）。
- ・②のますは③の路面排水施設に接続されている。
- ・擁壁裏には土石流及び土砂流の道路への流出防止施設が設置された（p.03-7 図12）。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/1)

分類	1-1	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	観点②	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉
----	-----	-----	--------------------	-----	-------------------------------



状況

図8 既設ますの補修後の状況

内容	<p>【①既設ますの復旧】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>既設カルバート流入口の閉塞軽減策として、流入口に接続されたます上部にグレーチングが設置された(図8)。</li> </ul>
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



分類	2-1	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	観点②	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保
----	-----	-----	--------------------------	-----	-------------------------------

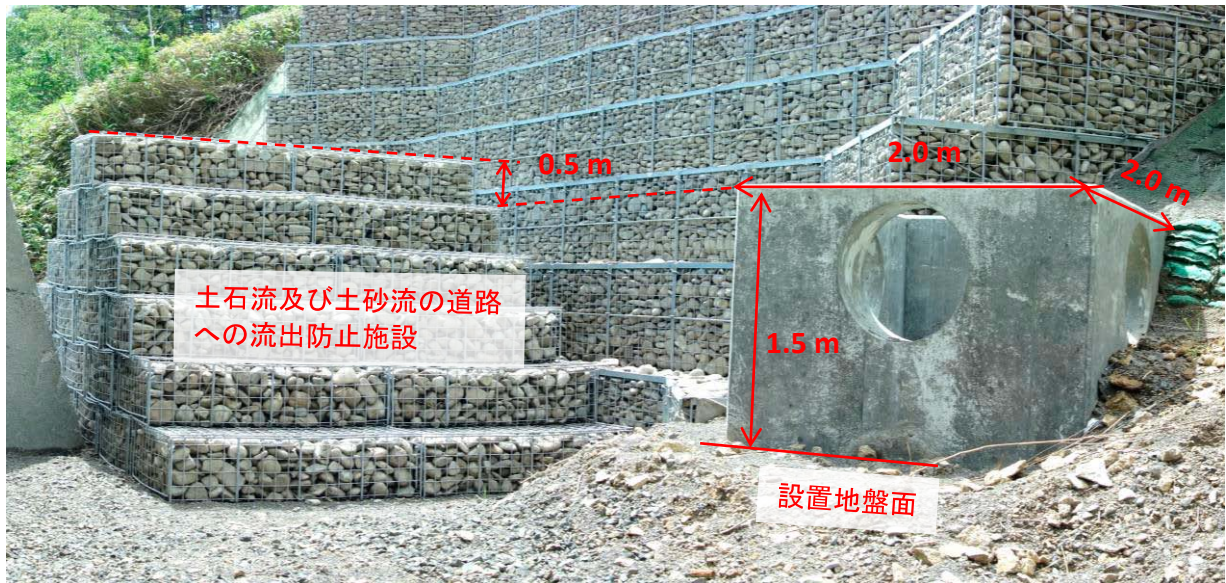


図9 土石流及び土砂流の道路への流出防止施設と新設ますの状況

状況

写真1



写真2



図10 かさ上げされたます蓋

内容

## 【②土石流が直撃しない位置での閉塞軽減施設を付した新設ますの設置】

- 土石流が直撃しない位置に閉塞軽減施設を付した新設ますが設けられ、これを山側に新設した路面排水施設に接続、別系統の排水施設が確保されていた(図9、p.03-6 図11)。
- 新設ますの設置地盤面は既設ます上端よりも約 1 m 高くなっていた(p.03-04 図8)。既設ますに接続されたカルバートが閉塞した後も排水機能が別系統により確保されるようにしたものと考えられる。
- 流下した土石流及び土砂流が吊り式かごによる流出防止施設を越流しないよう、かご枠天端高から 0.5 m 下げた高さが、かさ上げされた新設ますの天端高さとなっていた(図9)。
- 新設ますはます蓋のコンクリート枠がかさ上げされており、ますの天端及び山側を除く3方向から地表水が流入可能な形状となっていた。グレーチングと直径約 0.7 m のかさ上げ部分の開口部により、ますの土砂による閉塞を軽減する形状となっていた(図10)。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/1)

分類	2-2	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	観点②	主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。
----	-----	-----	--------------------------	-----	-------------------------------------------------------

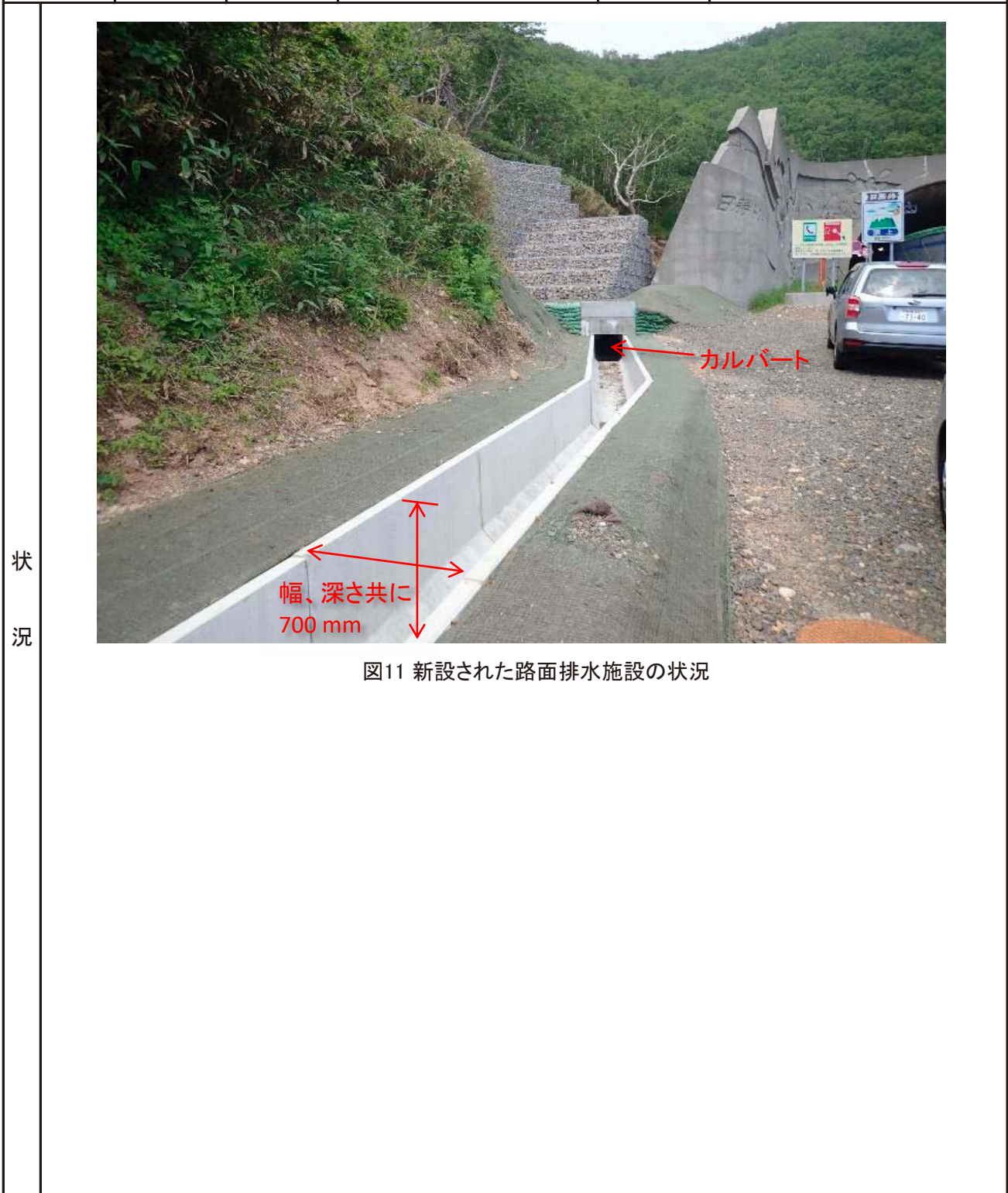


図11 新設された路面排水施設の状況

内容	<p>【③別系統の排水施設整備による排水機能強化】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>山側に、カルバート及び側溝（U-700）による路面排水施設が新設されていた（図11）。</li> <li>路面排水施設は新設ますに接続されており、新設ますの流入口は既設ます上端面よりも高い位置に設置されている（p.03-4 図8、p.03-5 図9）。</li> <li>日勝大橋の橋脚付近（p.03-1 図2）で流末処理されていた。</li> </ul>
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

状  
況



図12 土石流及び土砂流の道路への流出防止施設の状況

寸法mm

内  
容

- 道路本線及び日勝トンネルに土石流及び土砂流を流出させないための対策として、吊り式かごによる流出防止対策施設が設置されていた(図12)。
- 擁壁裏側の崩壊したのり面を保護するために、大型かご枠によるのり面保護施設が設置されていた(図12)。



状  
況

図13 アンカー付き山留式擁壁による盛土の復旧

・侵食により崩壊した盛土は、アンカー付き山留式擁壁により復旧されていた(図13)。

内  
容

関連する技術図書等	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 北海道開発局:道路設計要領、平成28年</li> <li>2) 国土交通省 道路局:平成22年度道路交通センサス、平成22年</li> <li>3) 北海道 建設部:北海道の大雨資料(第12編)、平成27年 1月</li> <li>4) 国土交通省(建設省) 水管理・国土保全局:河川砂防技術基準(案)設計編、平成9年 5月</li> <li>5) (社)日本道路協会:道路土工要綱(平成21年度版)、平成21年 6月</li> <li>6) 北海道 水産林務部:保安林(自治事務)に関する要綱、平成12年 4月</li> <li>7) (一社)日本治山治水協会:保安林・林地開発許可業務必携、平成26年 1月</li> <li>8) 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)解説、平成28年 4月</li> <li>9) (公社)日本道路協会:道路構造令の解説と運用、平成27年 6月</li> <li>10) (社)日本道路協会:道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)、平成21年 6月</li> <li>11) (社)日本道路協会:道路土工—カルバート工指針(平成21年度版)、平成22年 3月</li> <li>12) (社)日本道路協会:道路土工—盛土工指針(平成22年度版)、平成22年 4月</li> <li>13) (社)日本道路協会:道路土工—擁壁工指針(平成24年度版)、平成24年 8月</li> <li>14) (社)日本道路協会:道路土工—仮設構造物工指針、平成11年 3月</li> <li>15) (社)日本道路協会:道路土工—軟弱地盤対策工指針(平成24年度版)、平成24年 8月</li> <li>16) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編、平成24年 3月</li> <li>17) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 I 共通編・IIIコンクリート橋編、平成24年 3月</li> <li>18) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編、平成24年 3月</li> <li>19) (公社)土木学会:2012年制定 コンクリート標準示方書(基本原則編)、平成25年 3月</li> <li>20) (公社)土木学会:2012年制定 コンクリート標準示方書(設計編)、平成25年 3月</li> <li>21) (公社)土木学会:2012年制定 コンクリート標準示方書(施工編)、平成25年 3月</li> <li>22) (公社)土木学会:2013年制定 コンクリート標準示方書(維持管理編)、平成25年 11月</li> <li>23) 国土交通省(建設省):土木構造物設計マニュアル(案)—土工構造物、橋梁編—、平成11年 11月</li> <li>24) 国土交通省(建設省):土木構造物設計マニュアル(案)に係わる設計・施工の手引き(案)—ボックスカルバート・擁壁編—、平成11年 11月</li> </ol>
-----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

参考文献	<p>a) 一般財団法人北海道道路管理技術センター:平成28年(2016年)台風10号による北海道豪雨災害現地調査報告写真集、2018.3</p>
------	---------------------------------------------------------------------------

(余白)

事例番号	04	所在地	北海道清水町字清水	路線	国道274号 KP158.24付近
被害概要					(1/2)
被災年月	平成28年9月	被災原因	平成28年台風第10号		

至帯広 至札幌

図1 道路の被害状況<sup>a)</sup>に加筆

図2 土石流発生状況<sup>a)</sup>

図3 溪流上流側の道路脇窪地での土砂及び地表水の貯留状況<sup>a)</sup>に加筆

【被害状況】

- 石山トンネルの起点(日高)側の盛土が交差する溪流からの土石流により崩壊した(図1)<sup>b)</sup>。土石流は平成28年台風第10号によって発生した。
- 土石流による土砂が道路を横断し、溪流下流へ流下した(図2)。
- 溪流上流側の道路と溪流の交差部はくぼ地であったが、土石流による土砂及び地表水が溜まっていた(図3)。
- 土石流の後に発生した洪水流により、土石流堆積物の一部が谷側に流出したものと推定(p.04-2 図4)。

【カルバート及び流入口の状況】

- カルバートの流入口に設置されたます天端は、堆積土砂のおよそ8～9m下に位置し、完全に埋没していた。一方、カルバート自体に損傷は確認されず、横断勾配が急であるため、土砂が管内に溜まり閉塞している状況は確認されなかった<sup>b)</sup>。



図4 道路の被害状況(トンネル入口付近拡大)<sup>c)</sup>

状  
況



図5 土石流により運搬された礫及び土砂の状況<sup>a)</sup>

内  
容

**【想定される被害発生メカニズム】**

- 道路と溪流の交差部において、溪流からの土石流によりカルバート流入口が埋没することで排水機能を失い、溪流上流側に堰止め池が形成され、さらに多量の巨礫まじりの砂質土が堆積した(図5)。溪流下流側ののり面は、起点側からの路面水により路肩が崩壊したところに堰止め池からの越水が加わることで、大きく崩壊、車線が亡失した<sup>b)</sup>。



カルバート流入口の閉塞軽減施設（全体概要）

実施された対策	分類	観点①	観点②	詳細掲載ページ
	1-1	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制		柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉
1-2	土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制			
2-1	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保		流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保	04-4
2-2			主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。 タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。	04-5
3	流木の流下補助		規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す	



図6 カルバート流入口の簡易な閉塞対策の全体<sup>b)</sup>に加筆

内容

・本地点では、①既設カルバートの流入口閉塞軽減施設の設置及び②新設カルバートによる排水機能強化が行われた(図6)。

## カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/1)

分類	2-1	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	観点②	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保
----	-----	-----	--------------------------	-----	-------------------------------



図7 既設カルバートの間中ますによるかさ上げの状況

内容

**【①既設カルバートの流入口閉塞軽減施設】<sup>b)</sup>**

- ・流入口ますを中間ますによりかさ上げ(1.25 m × 2 段)し、それぞれの間中ますの側面に 0.9 m × 0.9 m の開口を設けることで、段階的にますが埋没しても排水機能は確保できる構造が採用された(図7)。
- ・側面の開口は溪流の流下方向に対して90度ずらした面に設け、礫及び土砂による衝撃力が開口部に直接作用しない工夫が施されていた。
- ・道路本線から流入口ますへ降りる管理用道路を整備し、土砂が堆積した際にも施設の維持管理が容易な構造とされていた。

## カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/1)

分類	2-2	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	観点②	主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。
----	-----	-----	--------------------------	-----	-------------------------------------------------------

状  
況



図8 新設カルバート流入口の状況

内  
容

【②新設カルバートによる排水機能強化】<sup>b)</sup>

・今回の被害は、土石流により既設カルバートの流入口が埋没したことに起因する。そのため、既設カルバートの流入口が埋没した場合においても排水機能が確保されるよう、既設カルバートとは別に、山側盛土のり面上方に管径 900 mm のカルバートが新設され、道路の表層に近い位置に新たな流入口が設けられた(図8)。

状  
況図9 盛土の復旧状況<sup>c)</sup>内  
容

- ・崩壊部は、復旧工事の条件や早期復旧の条件より、盛土(9段、勾配 1:1.8)の再構築により復旧されていた(図9)。高盛土の安定性を確保するために、材料は砕石などの礫材を主部材とし、基盤・小段・水平排水層などによる排水対策がなされた<sup>c)</sup>。

出 典

(1/1)

- 1) 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)解説、平成28年 4月
- 2) 北海道開発局:道路設計要領、平成28年
- 3) 国土交通省 道路局:平成22年度道路交通センサス、平成22年
- 4) 北海道 建設部:北海道の大雨資料(第12編)、平成27年 1月
- 5) 国土交通省(建設省)水管理・国土保全局:河川砂防技術基準(案)設計編、平成9年 5月
- 6) (社)日本道路協会:道路土工要綱(平成21年度版)、平成21年 6月
- 7) 北海道 水産林務部:保安林(自治事務)に関する要綱、平成12年 4月
- 8) (一社)日本治山治水協会:保安林・林地開発許可業務必携、平成26年 1月
- 9) (公社)日本道路協会:道路構造令の解説と運用、平成27年 8月
- 10) (社)日本道路協会:道路土工一盛土工指針(平成22年度版)、平成22年 4月
- 11) 東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株):設計要領第一集 土工編、平成24年 7月

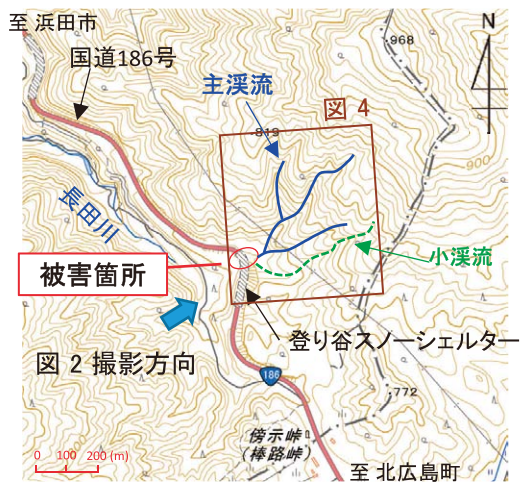
関連する技術図書等

- a) 一般財団法人北海道道路管理技術センター:平成28年(2016年)台風10号による北海道豪雨災害現地調査報告写真集、2018.3
- b) 南朋恵、伊東佳彦、中原孝行:国道274号日勝峠災害の類型区分とその復旧一復旧工事におけるICTの活用一、第61回(2017年度)北海道開発技術研究発表会発表論文集、防10、2018
- c) 水尾隆、齋藤浩志:国道274号日勝峠の開通一平成28年8月豪雨一、基礎工、Vol.48、No.6、pp.65-68、2020.6

参考文献

(余白)

事例番号	05	所在地	島根県浜田市金城町	路線	国道186号 長田地区
被害概要					(1/2)
被災年月	平成29年7月	被災原因	平成29年7月九州北部豪雨		



※ 電子地形図25000(国土地理院)を加工して作成  
 図1 被害発生箇所付近 地形図



図2 被害発生箇所付近 航空写真

状  
況

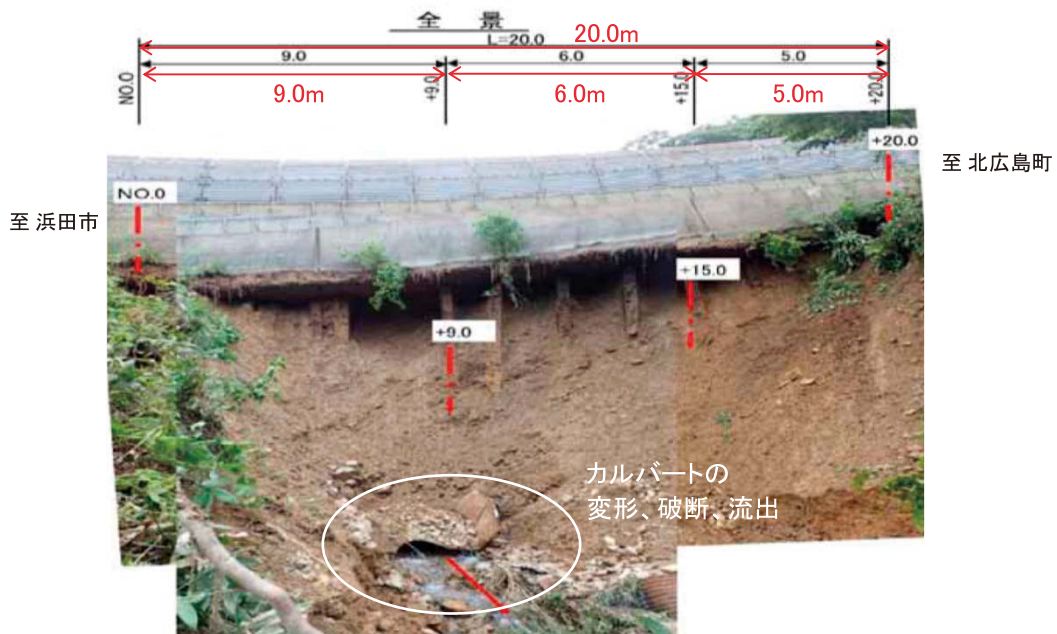


図3 道路盛土 被害状況

内  
容

【被害状況】

- 平成29年7月豪雨により、国道186号の道路盛土が崩壊。盛土の崩壊によりスノーシェルターの下部工及び基礎杭の杭頭部が露出し、道路部がオーバーハングした状態となり、全面通行止めによる規制が実施された(図1、図2、図3)。



図4 カルバート流入口への溪流流入状況

状況



(図4 A-A' 断面)

図5 カルバート及び流入口の被害状況

内容

【カルバート及び流入口の状況】

- ・カルバートには主溪流と小溪流の2溪流からの流入がある(図4)。このうち流域の広い主溪流からの土石流が流入口に到達し、流入口に流木が詰まった(図5 写真1)。
- ・流入口周辺には洪水痕跡(現況河床 +1.6 m)が確認された(図5 写真2)。
- ・カルバートは残存盛土部の直下で変形・破断し、下流側は流出した(p.05-1 図3)。
- ・カルバート流出部の盛土は表層の植生がそのままであり、カルバート及び周囲の土砂が流されたことにより落下したような状態であった(図5 写真3)。
- ・盛土内に残ったカルバートについては、流入口より11 mの地点で破損及び土砂の堆積(図5 写真4)が、流入口付近には「ずれ」(図5 写真5)が、それぞれ確認された。

【想定される被害発生メカニズム】

- 1) カルバート内、図5 写真3の箇所流木が詰まり、排水が阻害されカルバートに水圧がかかった。
- 2) 上記の水圧に耐えきれずカルバートが破断して抜け出した。
- 3) カルバートの破断・抜け出しに伴い、周囲の盛土が崩壊した。



カルバート流入口の閉塞軽減施設（全体概要）

実施された対策	分類	観点①	観点②	詳細掲載ページ
	1-1	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉	
1-2	土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制			
2-1	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保		
2-2		主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。		
3	流木の流下補助	規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す		

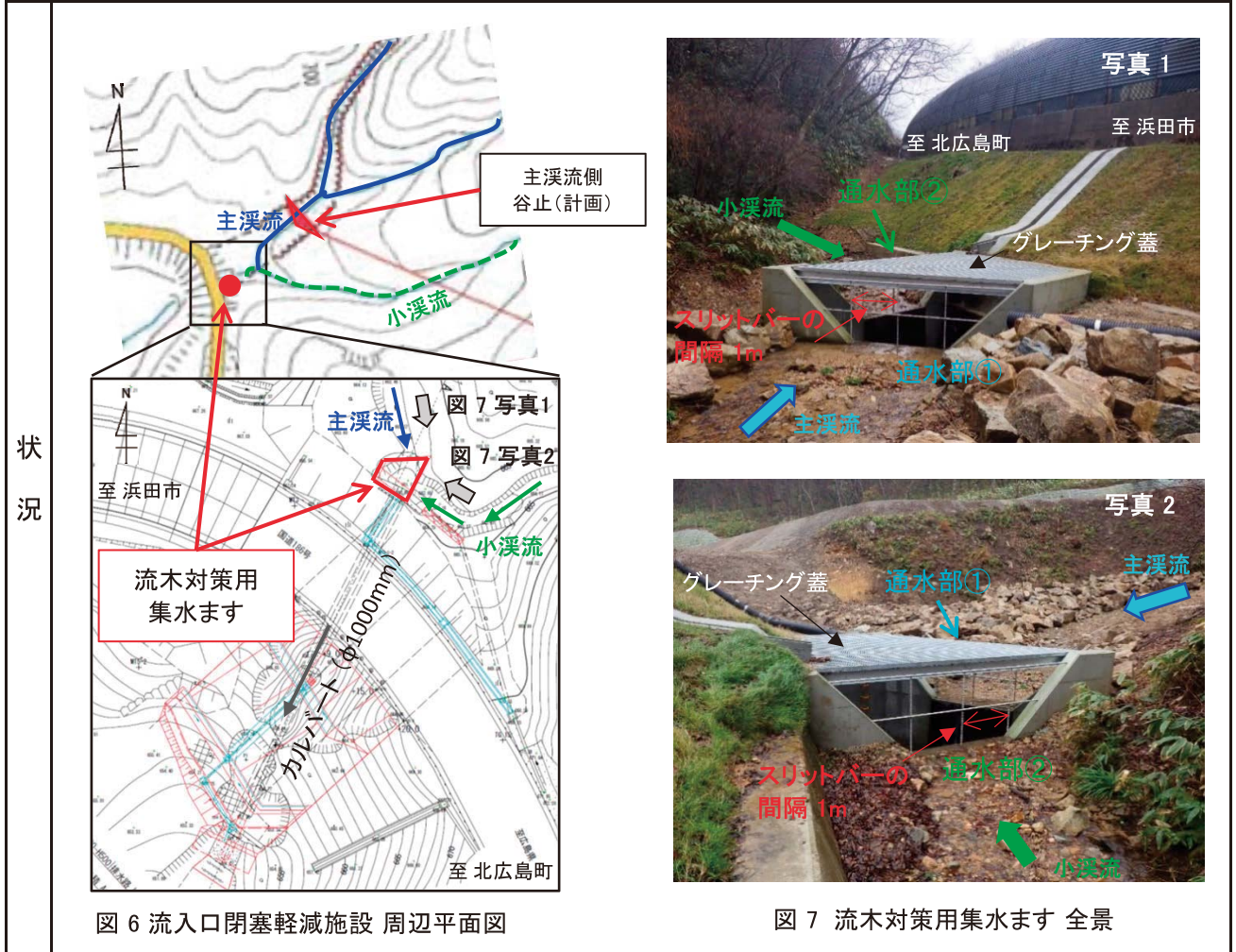


図6 流入口閉塞軽減施設 周辺平面図

図7 流木対策用集水ます 全景

内容

- カルバートに流入する2溪流のうち、主溪流上流には災害関連緊急治山事業による谷止が計画されており、これより上流側で発生する土砂や流木は谷止により捕捉される。しかし、主溪流谷止から当地点までの間の流木や、小溪流側からの土砂・流木が最小でも  $V_g = 15 \text{ m}^3$  程度発生することが推定された。このため、カルバート流入口に閉塞軽減施設（流木対策用集水ます）を設置し、カルバートには清水（流木以外）のみを流下させる計画がなされた（図6、図7）。
- 流木対策用集水ますには、流入する2溪流それぞれの方角に対して通水部が設けられた。
- 流木対策用集水ます内への流木の流入を防止するために、通水部にはスリットバー（1 m 間隔）が設置された。スリットバーには維持管理性等を考慮し、ステンレス鉄筋（鋼種：SUS304 - SD295B、寸法：D29）が採用された。
- 流木対策用集水ます通水部のスリットに流木が堆積した場合には越流も考えられることから、集水ますの転落防止対策として設置された頂版には透過性のあるグレーチング蓋が採用された。蓋は形鋼によるはりで支持され、維持管理等で必要な場合には蓋をフルオープンできる構造とされた。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/2)

分類	1-1	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	観点②	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉
----	-----	-----	--------------------	-----	-------------------------------

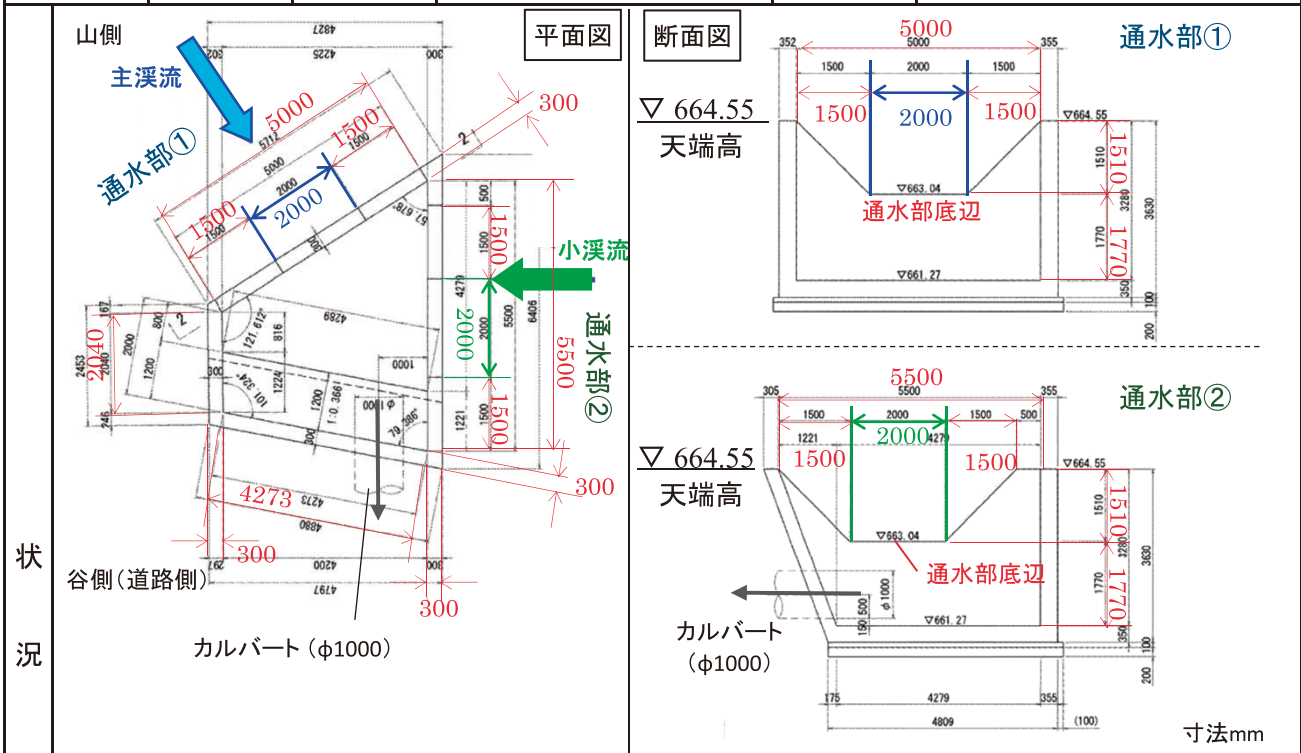


図 8 流木対策用集水ます 平面図 断面図

(主溪流)

(小溪流)

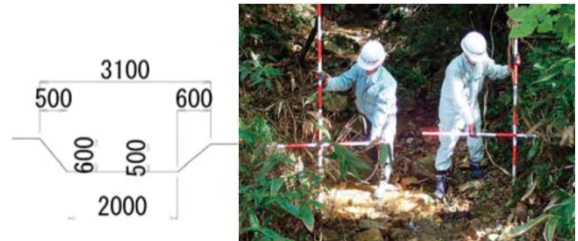
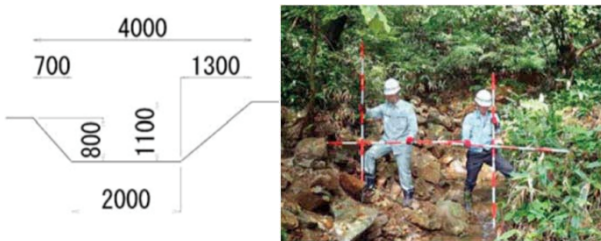


図 9 現況断面 調査結果

寸法mm

内容	<p><b>【流木対策用集水ます 諸元】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>流木対策用集水ますの2つの通水部の形状(図8)は、各溪流の現況断面(図9)、各溪流からの計画洪水流量及び主溪流上流に計画されている谷止の計画洪水流量のそれぞれを通水可能な形状として設計された。</li> <li>流木対策用集水ますの天端高(H = +664.55 m)は、今回の被害で確認された洪水水位を基準に設定された。洪水水位は流入口周辺の洪水痕跡(p.05-5 図10、現況溪床高 &lt;H = +662.95 m&gt; +1.60 m)から想定された。</li> <li>流木対策用集水ますの通水部底辺の高さは、ます設置部の現況溪床高(H = +663.04 m)とされた。</li> </ul>
	<p><b>【流木対策用集水ます通水部のスリット間隔(流木捕捉の観点での最大間隔)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>流木対策用集水ます通水部に流木を捕捉する目的で設置したスリットバーの間隔dの最大値は、土石流・流木対策の手引き<sup>1)</sup>に基づき、確実に流木を捕捉できる間隔として、平均流木長<math>h_{ave}</math>のおよそ1/3となる <math>d = 1 \text{ m}</math> が採用された。平均流木長<math>h_{ave}</math>については、同・手引き<sup>1)</sup>に基づき土石流最小流下幅に等しいものとされた。</li> </ul>



図 10 流入口周辺の洪水痕跡調査結果

状  
況

$$P = K \times v^2 \times A$$

ここに、P: 流水圧による荷重(kN)  
 K: 右表に示した係数(0.2)  
 v: 最大流速(m/s)  
 A: 橋脚の鉛直投影断面積(m<sup>2</sup>)

表-2.2.9 橋脚の形状により定まる係数

橋脚の流水方向端部の形状	係数
→ □	0.7
→ 長方形	0.7
→ ○	0.4
→ 楕円形	0.4
→ 尖頭楕円形	0.2

式 1 橋脚に作用する流水圧による荷重 2)に加筆

内  
容

【流木対策用集水ます流入部のスリットバー設計】

- ・スリットバーの部材は、単純はりモデルに基づく許容応力度法による設計がなされた。
- ・スリットバーに作用する荷重には流木による衝突荷重と流水圧による荷重の2つが想定されるが、本事例では流木よりも比重が大きい水による流水圧が支配的であると考えられた。
- ・通水部に作用する流水圧による荷重Pは、道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編<sup>2)</sup>の「橋脚に作用する流水圧」(式1)に基づき算定された。  
 同式中の最大流速vについては、主溪流側の通水部断面を模擬した開水路において主溪流からの流量Q<sub>1</sub>'が流下する時の等流水深H<sub>T</sub>をニュートン法により近似解として求め、同水深H<sub>T</sub>における通水部断面積A<sub>HT</sub>で流量Q<sub>1</sub>'を除する(v = Q<sub>1</sub>' / A<sub>HT</sub>)ことで算定された。
- 算定時の粗度係数nには、n = 0.10 (自然水路、非常に不整正な断面、雑草、立木多し)<sup>3)</sup>が用いられた。

状  
況



図 11 盛土内に残った既存カルバートの管内状況

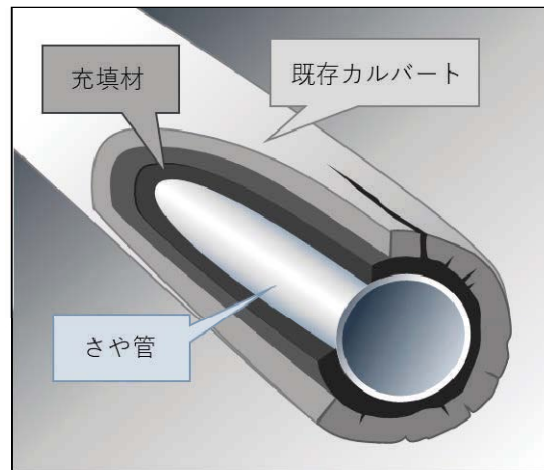


図 12 さや管工法の概要図

内  
容

- 盛土内に残った既存カルバートについては、管内調査の結果(図11)、ボルト孔が剥がれ地盤が露出し、管が腐食している部分が確認された。強度も不足していることから、部分的な補修による復旧は困難であると判断された。
- 施工性、経済性、及び早期交通開放などが考慮され、既存カルバートの中に一回り小さい管を挿入し、周辺をモルタルなどで充填する「さや管工法」による復旧(図12)が採用された。
- 復旧管(さや管)の管径に対しては以下に示す2つの条件が設定された。
  1. 災害発生時の降雨量による推定流量(土砂を含む)を流下可能な断面であること。
  2. 本地点のカルバートは普通河川にも該当することから、定期的な維持管理を要する。  
このため、河川管理施設等構造令<sup>4)</sup>及びNEXCO設計要領<sup>5)</sup>に示されている維持管理に必要な最小管径  $\phi = 1 \text{ m}$  以上であること。
- 近傍観測所(波佐)の災害発生時の日降水量最大値(394 mm/日)から推定した主溪流及び小溪流からの合計流量を流下させるために必要なカルバートの管径は  $\phi = 0.9 \text{ m}$  以上となった。この結果、復旧管(さや管)の管径は維持管理の観点より  $\phi = 1.0 \text{ m}$  と設定された。
- 復旧管(さや管)に用いる材料には、小断面で流量を確保するために内面が平滑で粗度係数 $n$ が小さい塩化ビニル管( $n = 0.010$ )が選定された。  
敷設位置における土被り( $H = 11 \text{ m}$ )を考慮し、道路土工カルバート工指針<sup>3)</sup>に基づき塩化ビニル管のなかでも高耐圧ポリエチレンカルバートが採用された。

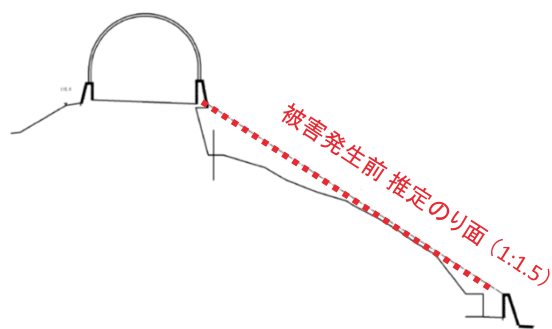


図 13 被害発生前の推定断面(のり面勾配(1:1.5))

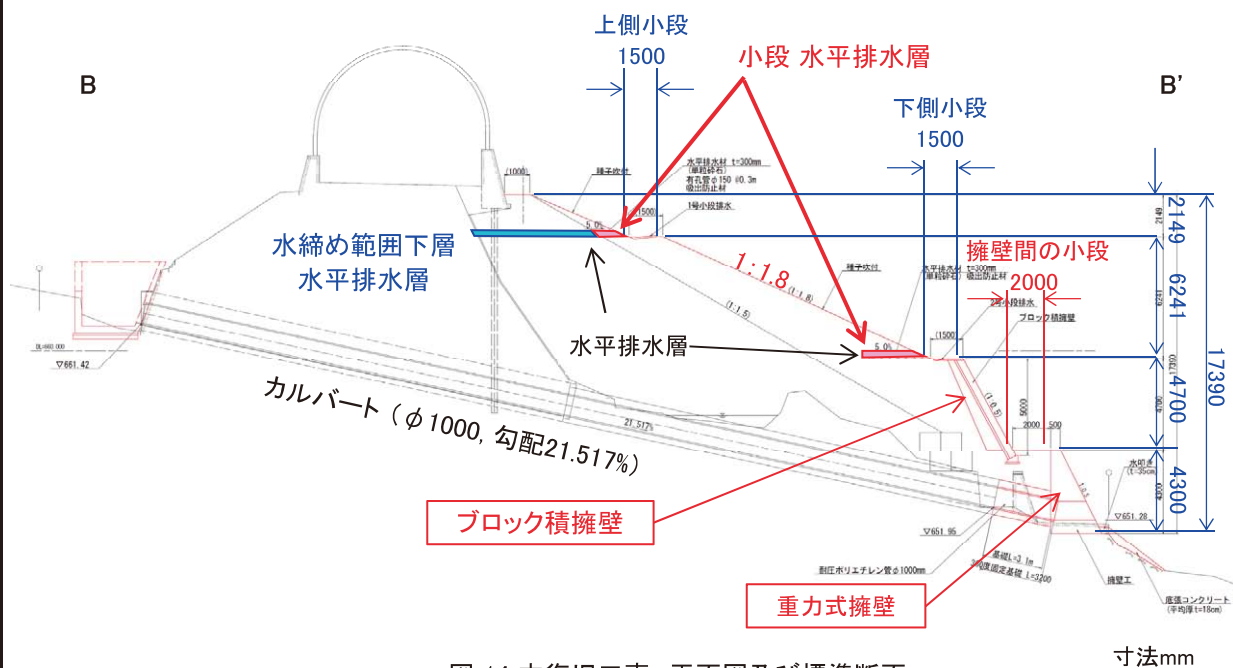


図 14 本復旧工事 平面図及び標準断面

寸法mm

状  
況

内  
容

・被害発生前の当地点における道路盛土ののり面勾配は概ね 1:1.5、小段は設けられていなかったものと推定された(図13)。

【復旧盛土の断面形状】

- ・復旧盛土の平面図及び標準断面図を図14に示す。
- ・復旧盛土ののり面勾配は、盛土高(H ≥ 10 m)及び盛土材料(粒度の良い砂(S)、礫及び細粒分混じり礫(G))における標準のり面勾配の目安(1 : 1.8 ~ 1 : 2.0)<sup>6)</sup>を考慮し、[1 : 1.8]とされた。
- ・道路土工 盛土工指針<sup>6)</sup>に基づき、幅 1.5 m の小段が2段設置された。上側小段の位置は、小段の水平排水層と盛土水締め範囲の下層水平排水層が連続するよう定められた。
- ・盛土をのり面勾配 1 : 1.8、小段幅 W = 1.5 m × 2 段で盛りこぼした場合、のり尻位置が道路用地を大きく超過することから、ブロック積み擁壁及び重力式擁壁(落差工)が設置された。
- ・各擁壁の設置位置及び高さは、各擁壁の壁高 H ≤ 5.0 m、並びに擁壁間の小段幅 W = 2 m<sup>7)</sup>となるよう設計された。

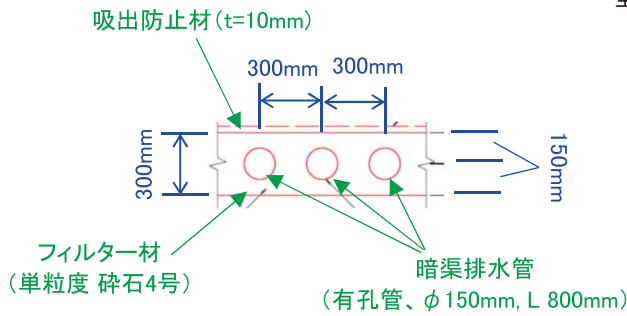


図 15 盛土の水平排水層

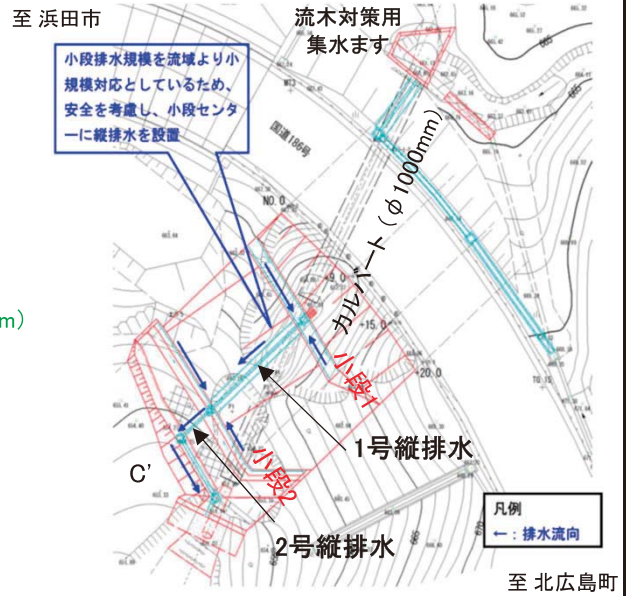


図 16 縦排水 平面図

路床部100cmは水締め盛土(砂層)を再生砕石(RC-40)に置換

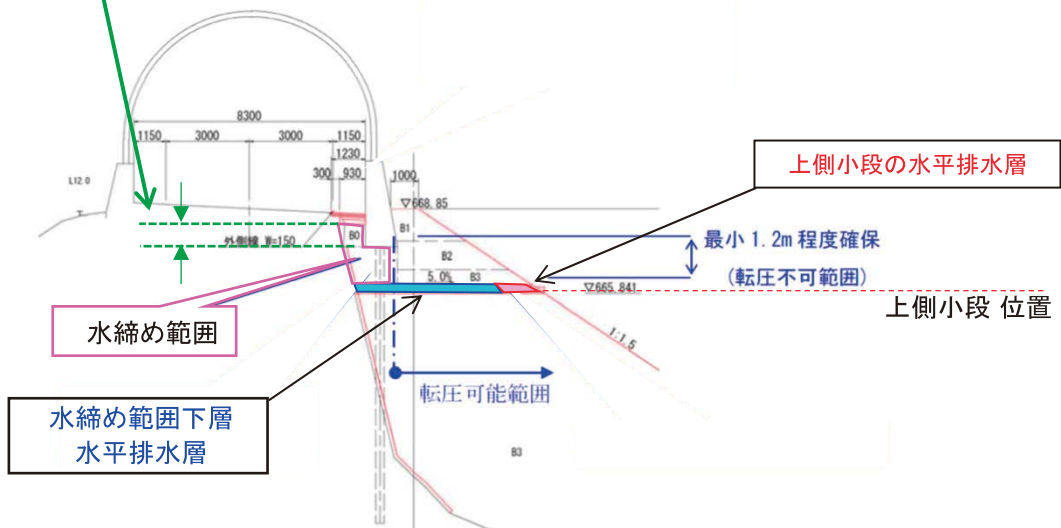


図 17 水締めによる盛土施工範囲と排水層の設置位置

【盛土の排水】

- ・ 盛土の安定性を確実に確保するため、道路土工 盛土工指針<sup>6)</sup>に基づき各小段の高さには水平排水層が設置された(p.05-7 図14)。
- ・ 水平排水層は層厚 300 mm、傾斜 5 度とし、フィルター材には単粒度砕石4号が用いられた。フィルター材の中には暗渠排水管として直径 φ = 150 mm、長さ L = 800mm の有孔管が中心間隔 300 mm で設置された。水平排水層の上面には、厚さ t = 10 mm の吸出防止材が設置された(図15)。
- ・ 水平排水層からの水は、小段排水及び小段中央に設置された縦排水を経て盛土外へ排水される(図16)。

【オーバーハング部の復旧】

- ・ 既設シェルター基礎より谷側の舗装部がオーバーハングした部分については、通常の盛土施工ができないため、水による締固め工法(水締め)が採用された(図17)。
- ・ 水締めにより生じる地下水が周囲に浸透し、盛土が弱体化することを防ぐため、水締め範囲の下層には水平排水層が設置された。排水層内には集水暗渠管(有孔管)が設置された。この水平排水層は上段小段の水平排水層(p.05-7 図14)と連続するよう設計された。
- ・ 水締めにより施工した盛土(砂層)については路床としての支持力(CBR)を見込めないことから、路床部 100 cm の砂層は再生砕石(RC-40)により置換された。

状  
況

内  
容

出典

(1/1)

- 1) 林野庁 計画課: 土石流・流木対策の手引き、平成24年 3月
- 2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編、平成24年 3月
- 3) (社)日本道路協会: 道路土工—カルバート工指針(平成21年度版)、平成22年 3月
- 4) (社)日本河川協会: 改訂 解説・河川管理施設等構造令、平成12年 1月
- 5) 東日本高速道路(株) 中日本高速道路(株) 西日本高速道路(株): 設計要領第一集 排水編、平成24年 7月
- 6) (社)日本道路協会: 道路土工—盛土工指針(平成22年度版)、平成22年 4月
- 7) (社)日本道路協会: 道路土工—擁壁工指針(平成24年度版)、平成24年 8月

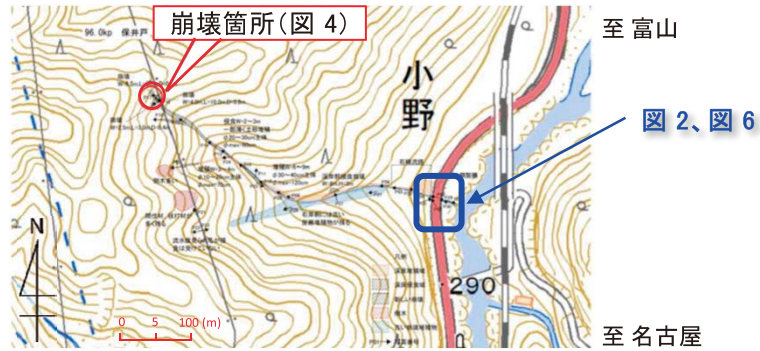
関連する技術図書等

参考文献

(余白)



事例番号	06	所在地	岐阜県下呂市金山町保井戸	路線	国道41号 KP96.0 付近
被害概要					(1/2)
被災年月	平成30年7月	被災原因	平成30年7月豪雨		



※ 電子地形図25000(国土地理院)を加工して作成

図1 被害発生箇所付近 地形図



図2 道路被害状況写真 位置図



図3 道路被害状況 (図2の①から撮影)



図4 崩壊箇所(土石流源頭部)の状況



図5 溪流内の土砂・転石 堆積状況

状況

内容

**【被害状況】**

- 平成30年7月豪雨により上流の荒廃した溪流に大雨が降り、土石流が発生。国道本線へ土砂が流出(約 250 m<sup>3</sup>)し、上下線通行止めとなった(図2、図3)。
- 現地調査の結果、道路より比高約 180 m の溪流に土石流源頭部と見られる崩壊が確認され(図4)、崩壊箇所より下流側の溪流内には不安定な土砂、転石が堆積(図5)していることが確認された。

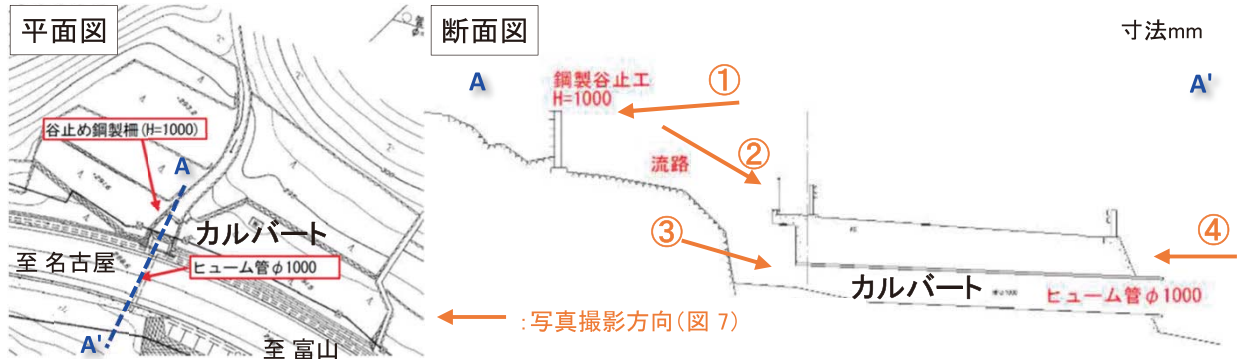


図6 道路被害箇所周辺の被害発生当時の施設平面図及び断面図

状  
況



① 谷止鋼製柵 (※土石流発生時は満砂状態)



② 流路末端部及び集水ます



③ 集水ます及びカルバート流入口



④ カルバート流出口

図7 被害発生当時の施設の状況(①~④)

【カルバート及び流入口の状況】

- ・ 集水ますの上流には谷止鋼製柵(H = 1000 mm) (図7- ①)が設置されているが、土石流発生時は満砂状態であった。
- ・ 流路末端には集水ます及びカルバート(ヒューム管 φ 1000 mm)が設置されていた。土石流発生後、カルバート流入口付近の流路(図7- ②)及び集水ます(図7- ③)は流出土砂により閉塞されていた。
- ・ 土石流発生後、カルバートの流出口付近(図7- ④)には流出土砂の堆積が見られた。

内  
容

【想定される被害発生メカニズム】

- ・ 谷止鋼製柵が満砂状態であったため、豪雨により発生した土石流が谷止鋼製柵を越えて集水ます及びカルバート流入口に流れこんだ。
- ・ 流れ込んだ土砂が集水ます、流入口及びカルバートを閉塞し、ます部からあふれ出した土砂が道路上に流出した。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（全体概要）			
実施された対策	分類	観点①	観点②
	1-1	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉
	1-2		土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制
	2-1	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保
	2-2		主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。
	3	流木の流下補助	規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す
状況	<p>※ 電子地形図25000(国土地理院)を加工して作成</p> <p>図 8 土砂流出防止柵設置位置 平面図・(概略図)</p>		
内容	<p>図 9 土砂流出防止柵及び想定捕捉土砂 断面図 (図 8、B-B'断面)</p>		
	<p>図 10 土砂流出防止柵 設置状況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>カルバート流入口の上流には谷止鋼製柵が設置されている。しかし、この谷止鋼製柵の上流側には依然として大量の土砂・転石が堆積している。これらの堆積土砂や転石は、被害発生時と同様の高強度降雨が発生した場合には、再移動しカルバート及び流入口へ流下する可能性がある。このため、土砂流出防止柵が計画・施工された(図8、図9、図10)。</li> <li>本防止柵はカルバート流入口に設置位置が近く、流入口の閉塞軽減にも寄与すると考えられることから、本事例集では閉塞軽減施設の一種として取り扱い、ここに掲載する。</li> <li>国道への土砂のこぼれだしを防止するため、土砂流出防止柵①(柵高 3.5 m)が道路際に設置された。</li> <li>加えて、上流側の道路用地内に土砂流出防止柵②(柵高 1 m)を設置することで、十分な土砂捕捉容量が確保された。</li> </ul>		

カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/1)

分類	1-1	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	観点②	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉
----	-----	-----	--------------------	-----	-------------------------------

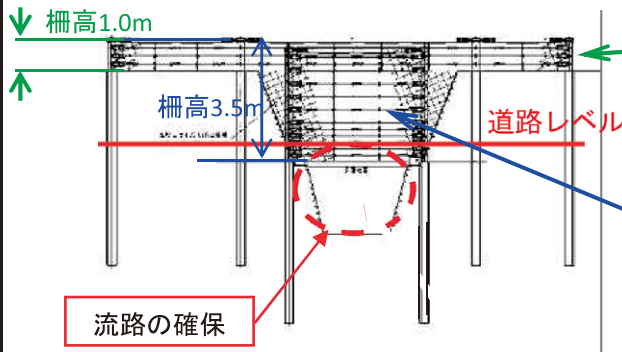


図 11 土砂流出防止柵 正面図

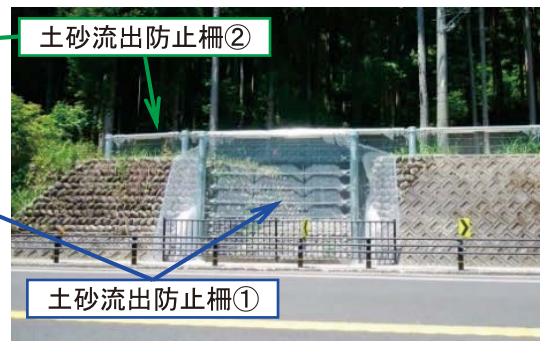


図 12 土砂流出防止柵 設置状況（再掲）

状況

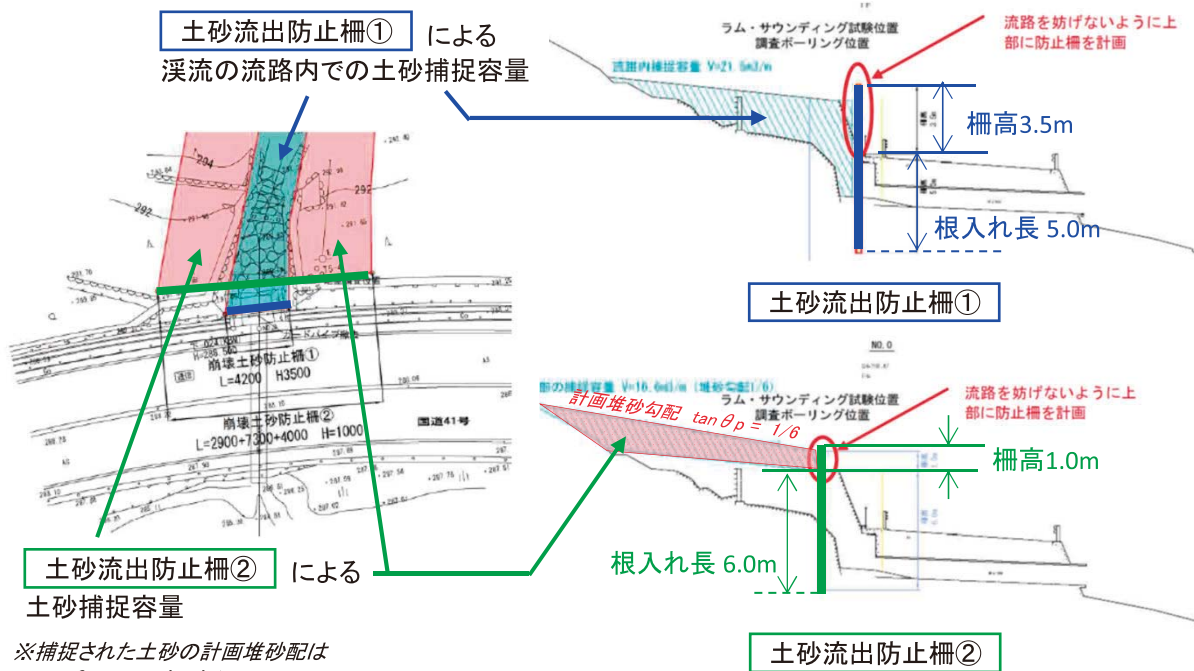


図 13 土砂流出防止柵による捕捉土量の考え方

内容

- 土砂流出防止柵（以下、防止柵）は、渓流を障害しないように渓流の流路、または集水ますの天端より上方に設置された（図11）。
- 防止柵の選定においては、土石流による流出土砂を捕捉することが可能な施設が比較検討され、維持管理性・施工性・経済性の観点からワイヤロープを用いた構造が採用された（図12）。
- 防止柵設計時の捕捉対象土量は災害発生時の土石流流出量（250 m<sup>3</sup>）とされた。
- 防止柵の柵高は、防止柵①により渓流の流路内に捕捉される容量と、防止柵②の柵突出部により渓流の流路上方及び周辺領域にて捕捉される容量の和が上記捕捉対象土量を上回るように設定された。このとき、防止柵②背面での計画堆積勾配は  $\tan \theta_p = 1/6$ <sup>1)</sup>とされた（図13）。
- 試算の結果、防止柵①の柵高は 3.5 m、防止柵②の柵高は 1.0 m とされた。
- 各防止柵の根入れ長さは、防止柵①が 5.0 m、防止柵②が 6.0 m とされた。

出 典

(1/1)

- 1) 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)解説、平成28年 4月
- 2) (公社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編、平成29年 11月
- 3) (公社)日本道路協会: 杭基礎設計便覧(平成26年度改訂版)、平成27年 3月
- 4) (公社)日本道路協会: 落石対策便覧(平成29年12月改訂版)、平成29年 12月
- 5) (社)斜面防災対策技術協会: 新版 地すべり鋼管杭設計要領、平成15年 6月
- 6) 国土交通省 中部地方整備局: 道路設計要領、平成27年 3月
- 7) 東日本高速道路(株) 中日本高速道路(株) 西日本高速道路(株): 設計要領第二集 橋梁建設編、平成28年 8月
- 8) (社)日本道路協会: 道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)、平成21年 6月
- 9) (社)日本道路協会: 道路土工一擁壁工指針(平成24年度版)、平成24年 8月
- 10) 全国地すべりがけ崩れ対策協議会: 崩壊土砂による衝撃力と崩壊土砂量を考慮した待受け擁壁の設計計算事例、平成16年 6月

関連する技術図書等

参考文献

(余白)

事例番号	07	所在地	岐阜県下呂市金山町小川	路線	国道41号 KP106.9 付近
被害概要 (1/2)					
被災年月	平成30年7月	被災原因	平成30年7月豪雨		

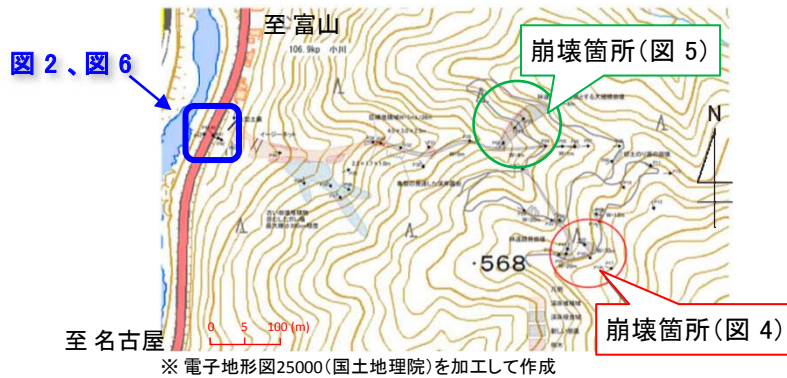


図1 被害発生箇所付近 地形図

状  
況



図2 道路被害状況写真 位置図



図3 道路被害状況(図2の①から撮影)



図4 崩壊箇所(土石流源頭部)の状況



図5 溪流沿いの崩壊箇所

内  
容

【被害状況】

- 平成30年7月豪雨により上流の荒廃した溪流に大雨が降り、土石流が発生。国道本線へ土砂が流出(約 300 m<sup>3</sup>)し、上下線通行止めとなった(図2、図3)。
- 現地調査の結果、道路より比高約 200 m の溪流沿いに土石流源頭部と見られる崩壊が確認され(図4)、崩壊箇所より下流側の溪流内には不安定な土砂・転石が堆積していることが確認された。
- 溪流の途中にも、林道路肩を頂部とし幅 6 ~ 8 m に及ぶ崩壊が確認された(図5)。

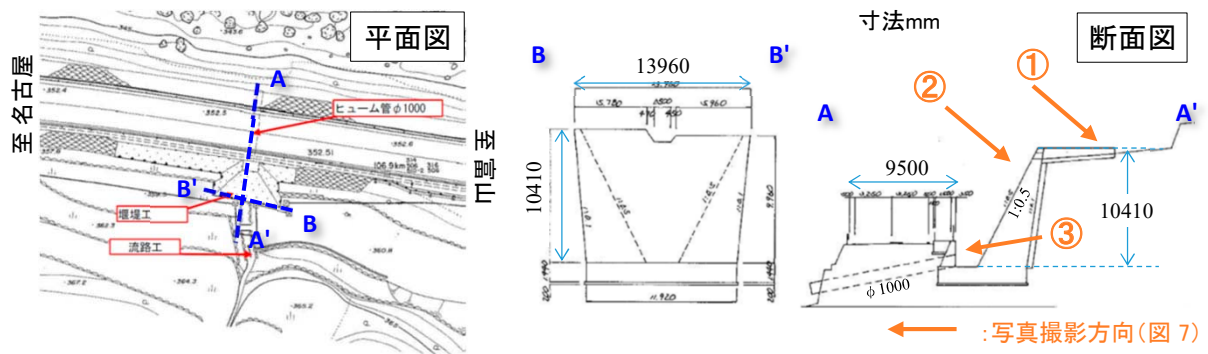


図6 道路被害箇所周辺の被害発生当時の施設平面図及び断面図

状況



① 護岸・床止



② 堰堤



③ カルバート(ヒューム管φ1000mm) 流入口及びます部

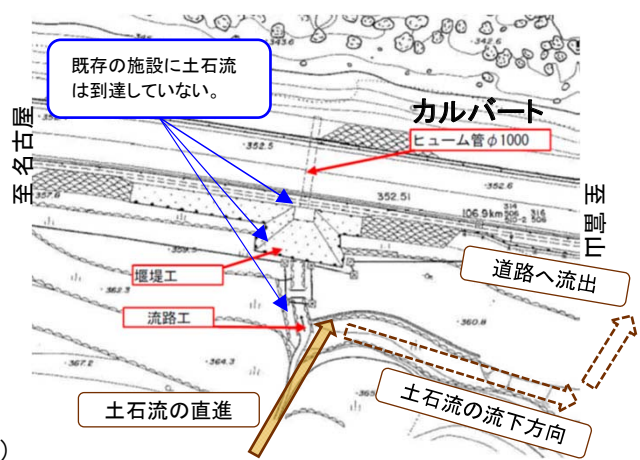


図8 土石流の流下方向

図7 被害発生当時の施設の状況(①~③)

内容

【カルバート及び流入口の状況】

- ・ 渓流下流部の流路には護岸及び床止(図7-①)が施工されており、道路際にはコンクリート堰堤(図7-②)が設置されている。
- ・ コンクリート堰堤の基礎部と一体になったます(図7-③)には、道路下のカルバート(ヒューム管φ1000mm)が接続されており、渓流からの地表水を飛騨川へ横過させる流路となっている。
- ・ 発生した土石流の流下方向が排水施設の流路の方向と一致しなかったため、一連の排水施設には土石流が到達せず(図8)、施設の閉塞及び損傷は認められなかった。

【想定される被害発生メカニズム】

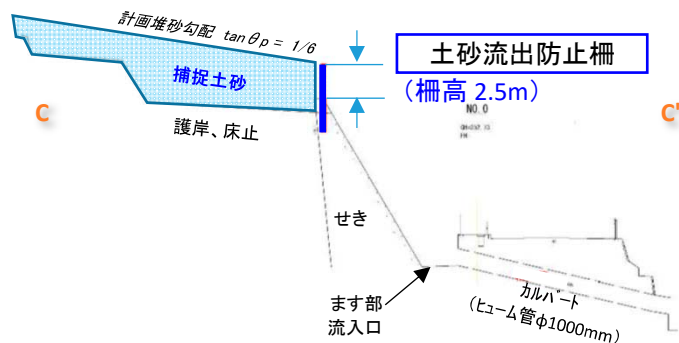
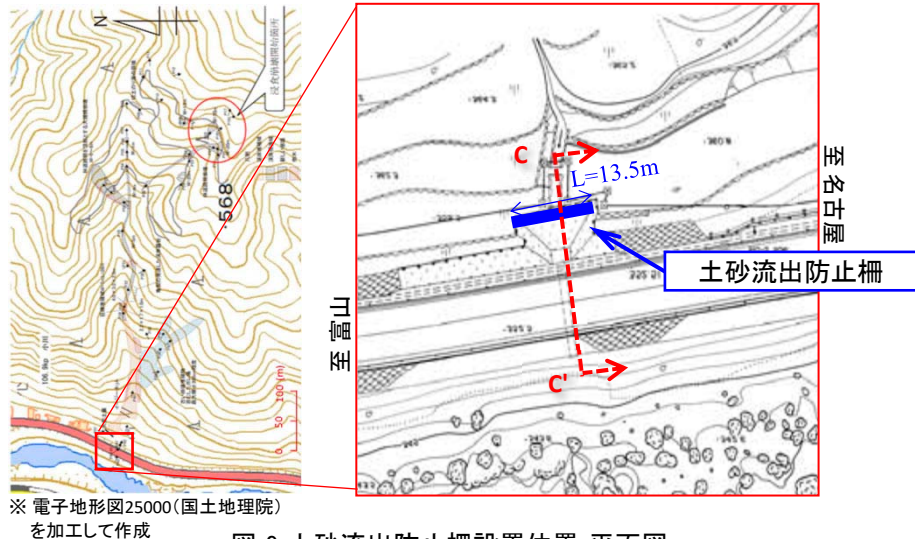
- ・ 流域の広い渓流の中で、上流の荒廃した渓流に大雨が降り、途中に堆積する不安定土砂を含めて、土石流が発生した。
- ・ 発生した土石流は、土石流の直進性により排水施設を流下せず、途中で流下方向を変えて道路上に流出した(図8)。



カルバート流入口の閉塞軽減施設（全体概要）

実施された対策	分類	観点①	観点②	詳細掲載ページ
	1-1	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉	07-4
1-2	土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制			
2-1	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保		
2-2		主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。		
3	流木の流下補助	規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す		

状況



内容

- ・ 治山事業としての災害対策計画(既設のせき堤による捕捉量を含む)で捕捉対象とならない堆積土砂(p.07-5参照)が今後移動した場合にも国道へ土砂が流出しないよう、土砂流出防止柵が計画、施工された(図9、図10、図11)。
- ・ 本防止柵はカルバート流入口に設置位置が近く、流入口の閉塞軽減にも寄与すると考えられることから、本事例集では閉塞軽減施設の一種として取り扱い、ここに掲載する。
- ・ 土砂流出防止柵は道路用地内の配置とするため国際線のコンクリート堰堤上部(延長 L = 13.5 m)に設置された。
- ・ 土砂流出防止柵の柵高Hは、流出土量を十分捕捉できるよう H = 2 m とされた(p.07-4参照)。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/1)

分類	1-1	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	観点②	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉
----	-----	-----	--------------------	-----	-------------------------------

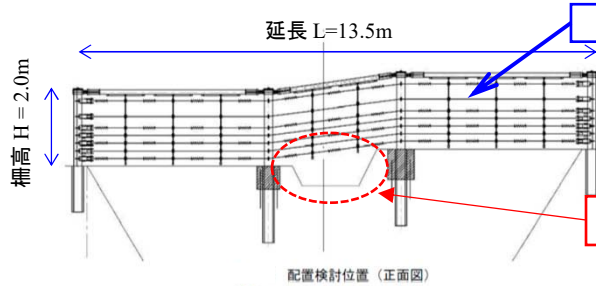
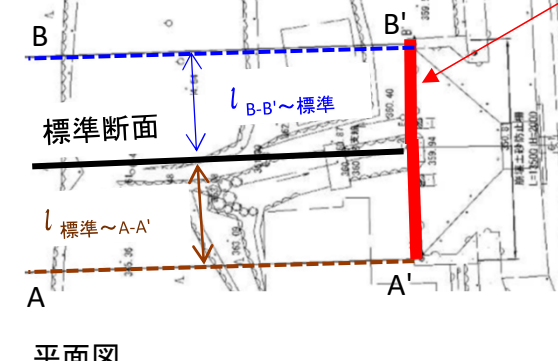
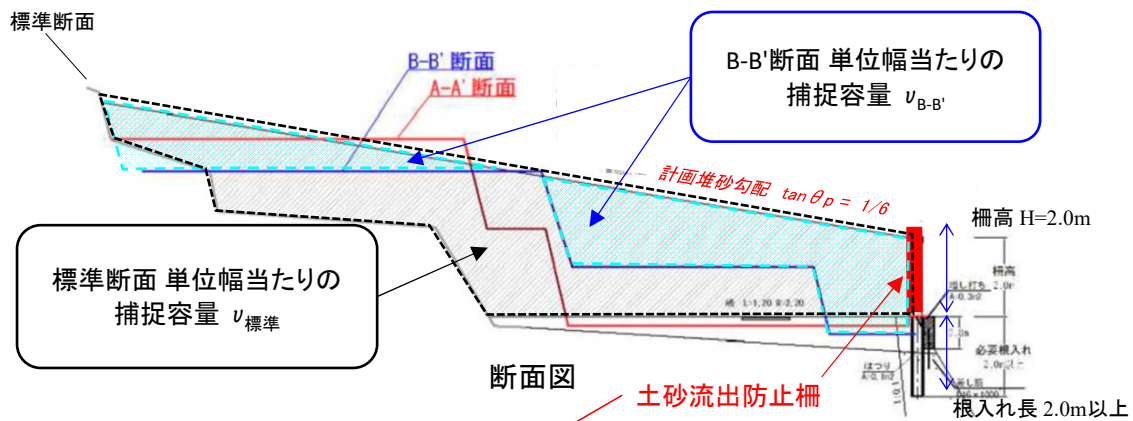


図 12 土砂流出防止柵 正面図



図 13 土砂流出防止柵 設置状況（再掲）



対象断面	B-B'断面	標準断面	A-A'断面
単位幅当たりの堆積量(m <sup>3</sup> /m) (i)	27.2	48.4	15.8
単位幅堆積量 平均値(m <sup>3</sup> /m) (ii)	37.8		32.1
隣接2断面間の 平面距離(m) (iii)	6.9		6.3
隣接2断面間の 捕捉容量(m <sup>3</sup> ) (iv)	260.8		202.2
合計捕捉容量(m <sup>3</sup> ) (v)	463.1		

※柵高2mの時

図 14 土砂流出防止柵による捕捉土量の考え方と柵高H=2m時の試算結果

- 状況
- 内容
- 土砂流出防止柵（以下、防止柵）は、溪流を阻害しないように溪流の流路より上方に設置された（図12）。
  - 防止柵の選定においては、土石流による流出土砂を捕捉することが可能な施設が比較検討され、維持管理性・施工性・経済性の観点からワイヤロープを用いた構造が採用された（図13）。
  - No.2～No.1谷止間に堆積している土砂のうち、No.1谷止で抑止できない 275.2 m<sup>3</sup> の土砂が防止柵での捕捉対象土量とされた（P.07-5 参照）。
  - 防止柵による捕捉容量は以下の通り算定された（図14）。
    - 標準断面及び左右2断面（A-A'、B-B'）で単位幅当たり捕捉容量（i）を算定する。  
この時、防止柵背面の計画堆砂勾配は  $\tan \theta_p = 1/6$  とされた。
    - 隣接する2断面で単位幅あたり捕捉容量の平均値（ii）を求め、この平均値に2断面の平面距離（iii）を乗じて2断面間の捕捉容量（iv）を求める。
    - ②で求めた2断面間の捕捉容量を足し合わせ、全体の捕捉容量（v）を求める。
  - 防止柵の全体捕捉容量（v）が捕捉対象土量（275.2 m<sup>3</sup>）を上回るように柵高の試算が行われ、防止柵の柵高はH=2m（この時の全体捕捉容量：463.1 m<sup>3</sup>）と設定された。
  - 防止柵の根入れ長さLは、L = 2.0 m とされた。



※ 電子地形図25000(国土地理院)を加工して作成

図 15 治山事業位置図、及び カルバートへ流下する可能性のある土砂の堆積範囲(No.2谷止～No.1谷止)

表 1 No.3谷止より上流側の土砂収支

流下土砂量 (m <sup>3</sup> )	1820
流木量 (m <sup>3</sup> )	+
流出可能土砂量 (m <sup>3</sup> ) ①	1952
No.3 谷止 抑止量 (m <sup>3</sup> )	578
No.2 谷止 抑止量 (m <sup>3</sup> )	+
谷止 抑止量合計 (m <sup>3</sup> ) ②	1962
流出量 (m <sup>3</sup> ) ① - ②	0

表 2 カルバートへの流下土砂量

No.2～No.1谷止間の土砂堆積面積 (m <sup>2</sup> )	400
No.2～No.1谷止間の土砂堆積層厚 (m)	×
No.2～No.1谷止間の土砂堆積量 (m <sup>3</sup> ) ※流出土量に相当	
No.1谷止の抑止量 (m <sup>3</sup> )	+
カルバートへの流下土砂量 (m <sup>3</sup> ) ※捕捉対象土量	124.8
	275.2

状  
況

内  
容

- ・上流の溪流内には、不安定な土砂及び転石が多量に堆積していることから、次の豪雨時には土砂が再び流出する可能性が高い。
- ・治山事業で想定されているNo.3谷止(図15)より上流側の流出可能土砂量は 1952 m<sup>3</sup>(流下土砂量 1820m<sup>3</sup> 流木量 132m<sup>3</sup>)であり、これは、No.3谷止及びNo.2谷止にて全量捕捉される計画である(表1)。
- ・No.2 ～ No.1谷止の間に堆積している土砂量のうち、No.1谷止にて捕捉できない分がカルバートへ流下する(図15、表2)。この流下分が土砂流出防止柵の捕捉対象土量とされた。
- ・No.2 ～ No.1谷止間の堆積土砂量については、土砂堆積面積 400 m<sup>2</sup> に堆積層厚 1 m を乗じて求められた。

出 典

(1/1)

- 1) 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)解説、平成28年 4月
- 2) (公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV下部構造編、平成29年 11月
- 3) (公社)日本道路協会：杭基礎設計便覧(平成26年度改訂版)、平成27年 3月
- 4) (公社)日本道路協会：落石対策便覧(平成29年12月改訂版)、平成29年 12月
- 5) (社)斜面防災対策技術協会：新版 地すべり鋼管杭設計要領、平成15年 6月
- 6) 国土交通省 中部地方整備局：道路設計要領、平成27年 3月
- 7) 東日本高速道路(株) 中日本高速道路(株) 西日本高速道路(株)：設計要領第二集 橋梁建設編、平成28年 8月
- 8) (社)日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)、平成21年 6月
- 9) (社)日本道路協会：道路土工一擁壁工指針(平成24年度版)、平成24年 7月
- 10) 全国地すべりがけ崩れ対策協議会：崩壊土砂による衝撃力と崩壊土砂量を考慮した待受け擁壁の設計計算事例、平成16年 6月

関連する技術図書等

参考文献

事例番号	08		
所在地	広島県安芸郡坂町～呉市二河町	路線	広島呉道路
被害概要 (1/2)			
被災年月	平成30年7月	被災原因	平成30年7月豪雨



※ 電子地形図25000(国土地理院)を加工して作成

図1 被害発生箇所付近 地形図



図2 被害発生箇所付近 全景 a)に加筆

状況



図3 道路盛土及び周辺の被害状況 b)に加筆

内容

**【被害状況】**

- 平成30年7月豪雨により、広島呉道路 坂南～天応西IC間の道路盛土(図1)が崩壊。
- 崩壊土砂(約 20,000 m<sup>3</sup>)はJR呉線及び国道31号に流出し、広島呉道路と並行するJR呉線及び国道31号も寸断された(図2、図3)。

**【カルバート及び流入口の状況】<sup>b)</sup>**

- 土石流による土砂などでカルバートの流入口は閉塞された。
- 一方、カルバート内部には土砂などの堆積は認められなかった。

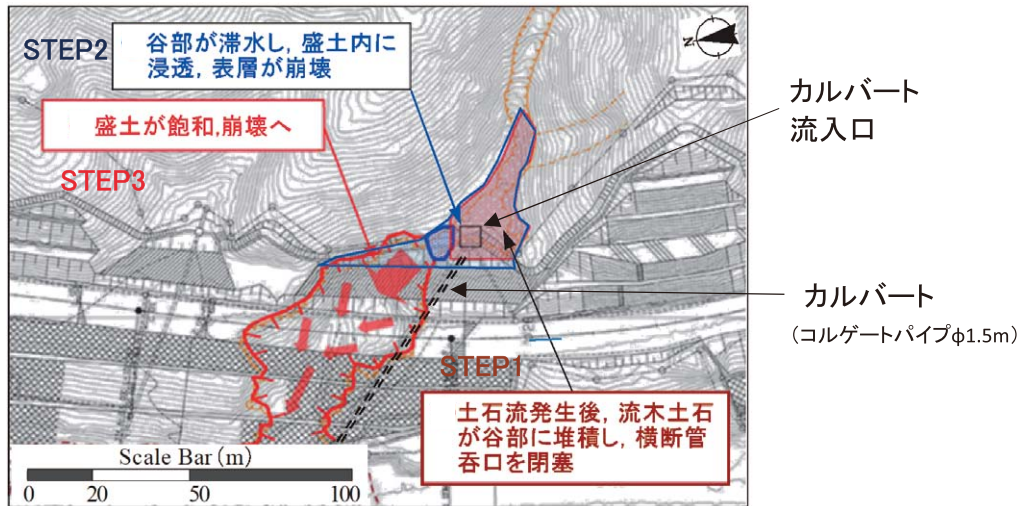


図4 盛土崩壊のメカニズム(平面図) a)に加筆

状況

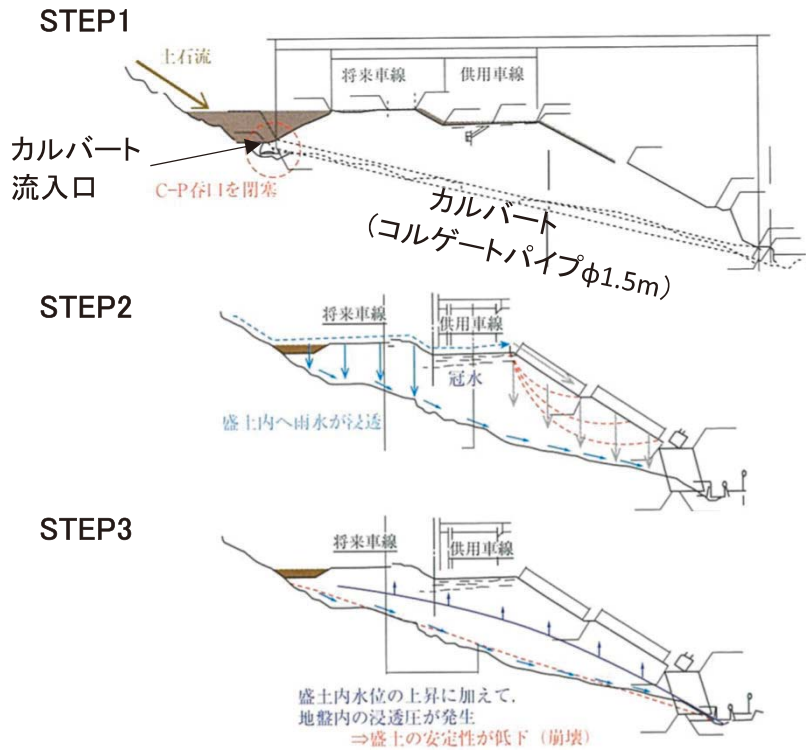


図5 盛土崩壊のメカニズム(断面図) b)に加筆

内容

【想定される被害発生メカニズム】

- ・ 広島呉道路 災害復旧に関する検討委員会<sup>c)</sup>において、以下の盛土崩壊メカニズムが推定された。  
 [STEP1]  
 高速道路区域外で発生した土石流が道路区域内(盛土ポケット)に流入した。  
 この土石流による大量の流木と土砂が、道路盛土内のカルバート(コルゲートパイプφ 1.5 m<sup>b)</sup>)の流入口を閉塞した。  
 [STEP2]  
 盛土ポケットの排水機能が絶たれた結果、路面及び盛土内に雨水が流入・浸透・滞水し続けた。  
 [STEP3]  
 その結果、盛土のり面が侵食されるとともに、盛土内水位が上昇し、不安定となり崩壊に至った。
- ・ 本メカニズムを平面図及び断面図として図4及び図5にそれぞれ示す。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（全体概要）

実施された対策	分類	観点①	観点②	詳細掲載ページ
	1-1	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉	08-4
	1-2		土石流の向きを変え、大きな閉塞物の流入口への到達を抑制	
	2-1	土石流、流木等の到達による閉塞後の排水機能の確保	流入口を異なる高さに複数設置し、カルバートの排水機能を確保	
	2-2		主となるカルバートよりも高い位置で別系統の排水施設を設置。タイプ1-1又は2-1を併用することが望ましい。	
3	流木の流下補助	規模の大きいカルバートの流入口の手前で、コンクリート壁等により流木の向きを整え、流下を促す		



図6 強固な閉塞軽減工(施設)を設置した溪流(図中、赤丸) a)に加筆

状況

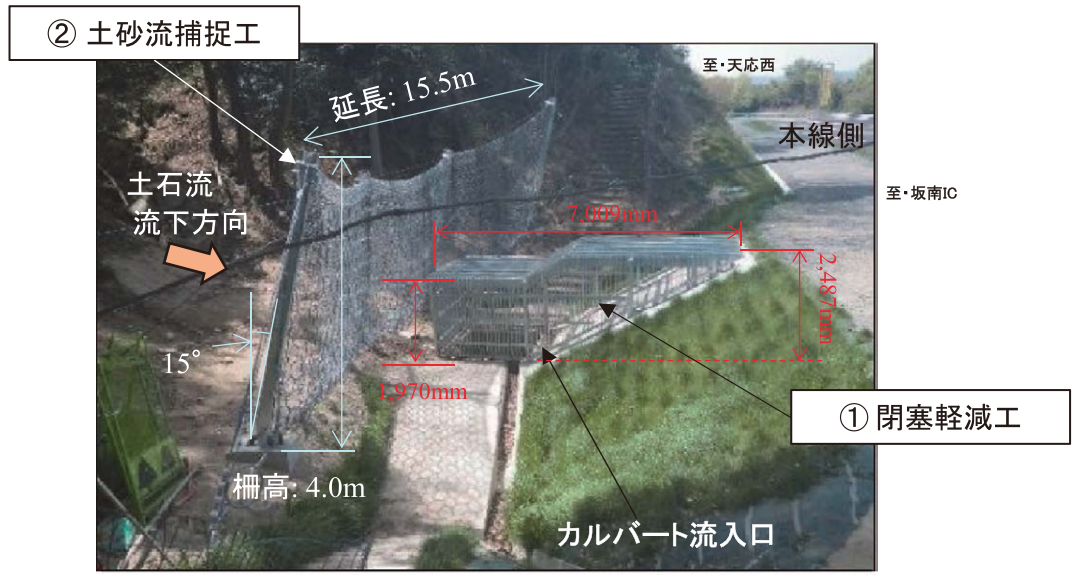


図7 設置された閉塞軽減工(施設)及び土石流捕捉工(施設) a)に加筆

内容

・ 今回の被害発生時と同様に道路区域外から土砂や流木が流入した場合においてもカルバートが閉塞されないよう、広島呉道路 災害復旧に関する検討委員会<sup>d)</sup>において以下の土砂流入対策に関する基本方針が示された。

- ① カルバートの機能保護のため、流入口に強固な閉塞軽減工を設置する。
- ② 流入口に大量の土砂が入り込まないように、上流側に土石流対策工を設置する。

・ この方針を受け、本被害において閉塞されたカルバート流入口及び同様に区域外からの土砂や流木による閉塞が想定されたカルバート流入口(図6)に対し、鋼製バースクリーンによる強固な①閉塞軽減工(施設)が設置された(図7)。

さらに上流側にはリングネット・ワイヤメッシュによる②土石流捕捉工(高エネルギー吸収型)が設置された(図7)。この捕捉工(施設)は閉塞軽減工(施設)に設置位置が近く、流入口の閉塞軽減にも寄与すると考えられることから、本事例集では閉塞軽減施設の一種として取り扱い、ここに掲載する。

カルバート流入口の閉塞軽減施設（分類ごとの詳細）

(1/1)

分類	1-1	観点①	土石流、流木等の到達による閉塞の抑制	観点②	柵等を設置し、土石流による土砂、流木等を流入口の手前で捕捉
----	-----	-----	--------------------	-----	-------------------------------

状況

i) 閉塞軽減工(施設) A [図7の軽減工(施設)に同じ] e)に加筆

ii) 閉塞軽減工(施設) B b)に加筆

図8 カルバート流入口に設置された強固な閉塞軽減工(施設)

内容

【① 強固な閉塞軽減工(施設)】

- ・強固な閉塞軽減工(施設)として設置された鋼製バースクリーンは形鋼で構成されている(図8)。
- ・形鋼の断面形状はスクリーン内外の設計水位差により生じる曲げモーメントを考慮した許容応力度設計により決定された<sup>1)</sup>。
- ・閉塞軽減工(施設)の高さは、災害復旧という特性上、準備可能な材料や維持管理性を考慮して決定された。
- ・上・側面の部材間隔(スクリーン目幅)は、人(子供)の転落防止の観点から  $w = 100 \text{ mm}$  とされた。

【② 土砂流捕捉工(高エネルギー吸収型)】

- ・土砂流捕捉工(高エネルギー吸収型)として設置されたリングネット・ワイヤメッシュは、柵高 4.0 m、延長は 15.5m であり、谷側に  $15^\circ$  傾斜させて設置された (p.08-3 図7)。
- ・同捕捉工(施設)については緊急対策として設置された経緯から、入手可能なものが選定されており詳細な設計は実施されなかった。



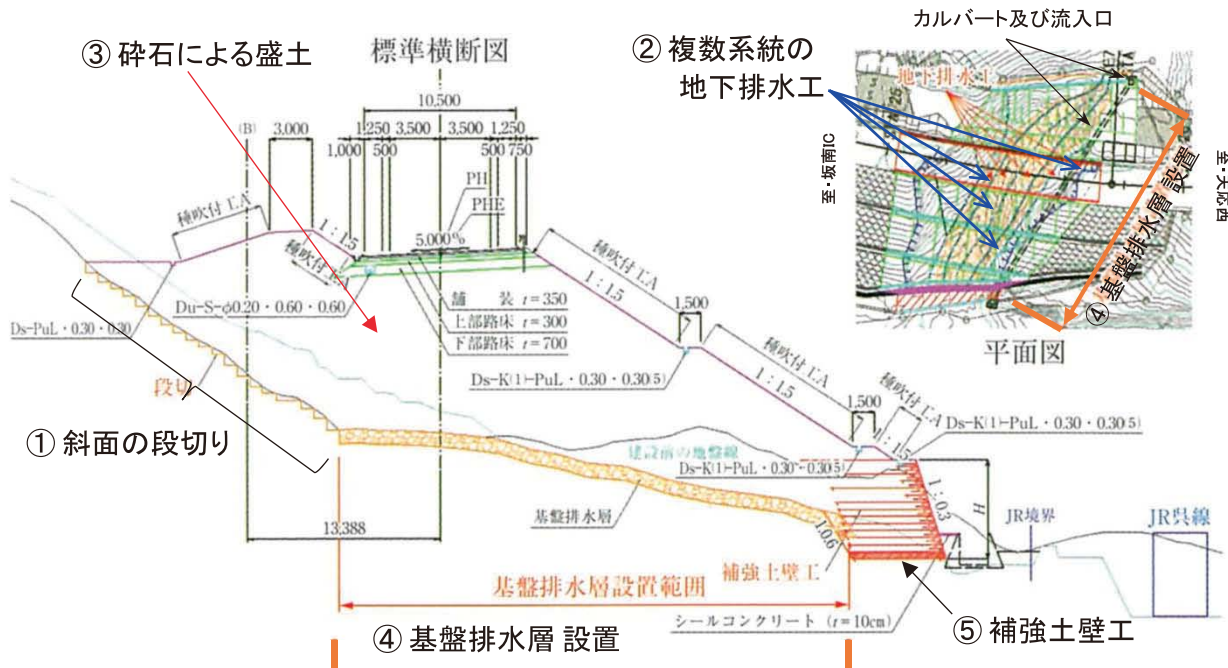


図9 復旧盛土 標準横断面図 b)に加筆

状況



図10 盛土施工状況 d)に加筆



図11 盛土完成状況 b)に加筆

内容

- ・広島呉道路 災害復旧に関する検討委員会<sup>d)</sup>において道路盛土復旧に関する基本方針として以下が示された。
  - a. 排土後の斜面上に安定的に盛土を施工できるよう斜面の段切りを行い、地下排水工を設置する
  - b. 地下排水工は複数系統で敷設することで、十分な排水機能を確保する
  - c. 盛土材には侵食防止も兼ねて排水性の高い砕石を使用し、早期復旧を図る
- ・本方針に基づき復旧された盛土の標準断面図を図9に示す。
- ・方針に示された①斜面の段切り(図10)、②複数系統の地下排水工の敷設、③砕石による盛土に加え、段切りのできない緩斜面には基盤排水層(図9-④、図10)が設置された<sup>b)</sup>。この基盤排水層により「地山からの湧水および地下排水を面的に集水し、速やかに盛土外へ排水可能な構造」<sup>b)</sup>が確保された。盛土下部は既設部法面との連続性を考慮し補強土壁工<ジオテキスタイル>(図9-⑤)が採用された<sup>b)</sup>。
- ・本線の復旧状況を図11に示す。
- ・本線山側には土石流ポケットが確保された。また、「将来的に実施する可能性のある土石流対策や維持管理の容易性を目的として、大型作業ヤードおよび作業用進入路」<sup>b)</sup>が設置された。

1) (社)ダム・堰施設技術協会: 水門・樋門ゲート設計要領(案)、平成13年 12月

関連する技術図書等

- a) 下野宗彦: 昨今の災害事例から見た道路斜面防災の在り方と留意点、公益社団法人地盤工学会 中国支部論文報告集 地盤と建設、Vol.37、No.1、2019、pp.9-18  
b) 大江伸司: 広島呉道路における盛土崩壊災害と復旧、基礎工、Vol.48、No.6、2020. 6、pp.73-76  
c) 国土交通省 道路局高速道路課: 第2回 広島呉道路災害復旧に関する検討委員会の結果について、<https://www.mlit.go.jp/common/001246258.pdf> (アクセス日:2020年12月25日)  
d) 国土交通省 道路局高速道路課: 第3回 広島呉道路災害復旧に関する検討委員会の結果について、<https://www.mlit.go.jp/common/001249000.pdf> (アクセス日:2020年12月25日)  
e) 三瀬博敬、湯免竜太郎: 平成30年豪雨災害 広島呉道路の盛土崩壊災害の復旧、土木施工、Vol.60、No.9、2019.9、pp.55-58

参考文献

---

土木研究所資料  
TECHNICAL NOTE of PWRI  
No.4405 December 2020

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課  
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754