

大規模天然ダムの長大斜仮排水路の水制について

大塚 康之¹・梶原 修²

¹大成建設株式会社 関西支店 栗平地区堰堤他工事作業所（〒637-1211 奈良県十津川村滝川794-2）

²近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 工務課（〒637-0002 奈良県五條市三在町1681）

土砂崩壊による河道閉塞により発生した天然ダムは、越流による土石流災害等の二次災害発生の恐れがあるため、下流域住民の安全・安心を確保する上で早期に安定した排水可能な水路を造成することが必要となる。平成23年9月初旬に上陸した台風12号により発生した栗平地区天然ダムは、ダム高がほぼ100m、下流面の勾配は約50%の急斜面の形状を有した。次出水期到来前に完成など工期的な制約の他に、陸路の無い場所での発生のため使用できる建設機械・材料に制約があり総合的な条件を考慮した水路の設計および施工方法を立案し、排水路の造成を行うことが求められた。今回は、天然ダムの長大斜仮排水路に着目して報告する。

キーワード 天然ダム、長大斜仮排水路、粗度係数、吹付工法、TAO工法

1. はじめに

平成23年9月初旬、南紀3県に豪雨をもたらした台風12号は、死者・行方不明98名、倒壊家屋3,270戸という大被害を引き起こした。また、多くの個所で地滑りや河道が閉塞し、この内5か所で大規模な河道閉塞天然ダムが形成され、越流による二次災害の懸念がされた。中でも栗平地区（図-1、写真-1参照）は最大の崩壊土量を持ち、ダム高がほぼ100mで、その下流面は勾配が約50%の急斜面の形状を有し、下流域の住民が安全・安心して生活するためにこの陸路の無い閉塞個所に且つ次出水期までの短期間に、想定された洪水を安定して排水する延長576mの仮排水路を完成する必要があった。そのために

主要資機材の運搬は、河川内に工事用道路を造成し運搬費用の低減を図るとともに、一般重機を使用して工期短縮が図れるような仮排水路の設計および施工方法を立案しその造成を行った。



写真-1 栗平地区天然ダム



図-1 位置図

2. 工事概要

(1) 全体工事概要

工 事 名：熊野川栗平地区河道閉塞緊急対策工事
発 注 者：国土交通省近畿地方整備局
施 工 者：大成建設株式会社
工 事 場 所：奈良県吉野郡十津川村内原地先
工 期：2011年10月8日～2013年11月30日
表-1に主要工事数量を示す。

表-1 主要工事数量

工種・種別	細別	数量
砂防土工 掘削工		113,500m ³
流路護岸工	かごマット	820m ²
	地盤改良工	23,200m ³
	吹付け工	12,100m ²
流末処理工		1式
流路護岸改良工		1式
仮設工		1式

(2) 仮排水路設計・施工の制約

当初、仮排水路は、崩壊面より離れた旧河川対岸の位置に、カゴマット構造による水路を計画した。しかし、以下に示す制約からセメント改良による基盤造成した表面に吹き付けによる表面処理を施した構造の仮排水路とした。

a) 搬入可能な資機材の制約

陸路がないため全ての資機材はヘリコプターによる輸送となるが、重量が3t未満という制約がある。汎用ショベル系重機で、分解し空輸の上現地で組立可能な規格は0.5m³級が最大である。また、輸送重機は、2.5t級の不整地運搬車が最大級であり、ブルドーザはほぼ搬送不可能であった。そのため、土工事等を極力減ずる形状の水路設計が求められる。

b) 工期の制約

次出水期までの約8か月間で工事完了可能な水路の構築が必要である。

c) 材料の制約

天然ダムの表面は倒木や立木で覆われ地盤の状況は、完全には把握できなかったが、カゴマットの中詰め材を現地で採取するためには、10万m³以上の土砂を篩分けする必要がある。現地材料は、風化したものが多くしかも法面崩壊による自然破砕しているため非常にもろく、粒径が150mm～200mmサイズの材料を採取するために良質の材料をブレーカ等による破砕も必要であった。

d) 天然ダムの形状による制約

天然ダムの下流面の勾配は、1:1.8程度の勾配であり、そこに排水路を設け流水した場合の流速は約15.5m/秒と計算された。この流速では、カゴマット工の設計流速である8m/秒に耐えることが不可能となるため他の構造形式にする必要がある。

a)～d)の各制約に対して、汎用重機を用いて急速施工が可能な水路の設計が必要であった。

(3) 設計概要

前述の設計及び施工上の制約を解決する施工方法を以下のように決定した。

a) 基盤造成

カゴマットの使用箇所を最小限にするとともに現地発

生土砂を有効利用したセメント改良土を採用し水路の基盤とした。目標強度レベルは、過去の実績から土砂の性状より0.15～9.0N/mm²とかなりのばらつきがあったが、水平部におけるFEM解析の結果より0.5N/mm²とした。

b) 表面処理

改良土水路表面の水流による洗掘防止は、工期短縮を図るため型枠コンクリートではなく、吹付モルタルを施工する。しかし、下流面は長大斜面(斜長約130m)であるため、排水流速が早くなり構造物安定性に問題が生じる可能性があった。よって、水路の粗度付の方法として考えられているイボ型粗度の形状をお椀状に工夫した構造を採用した。

図-2～5に仮排水路の計画図及び縦横断面図を示す。

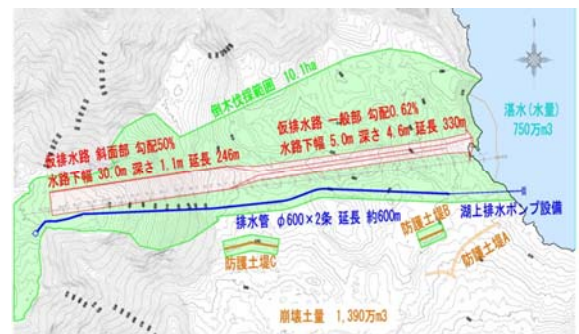


図-2 計画平面図

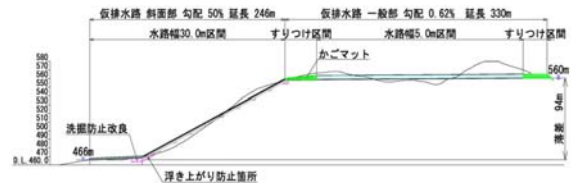


図-3 計画縦断面図

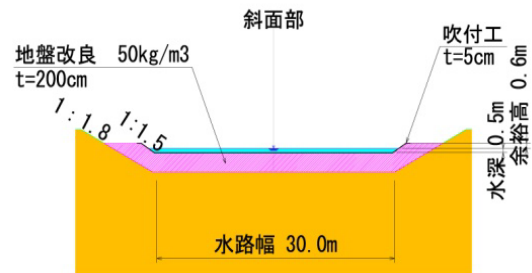
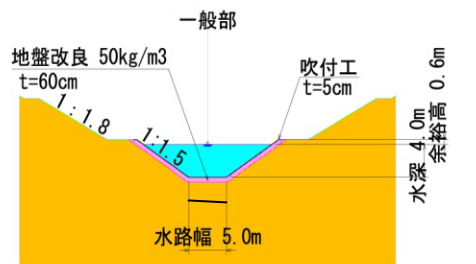


図-4 計画横断面図

3. 水路粗度率向上のための施工方法(TAO工法)

水路粗度向上のための技術としては、カゴマット工法、布製型枠工（ファブリフォーム等）、モルタル吹付工、地盤改良+モルタル吹付工などの工法が考えられる。この中で、緊急対策工事で資材運搬経路が確保されていないことや、工程的な面、経済性の面から判断して、地盤改良+モルタル吹付工を選定した。

しかし、カゴマットや布製型枠（それぞれ粗度係数0.032、0.025）に対し、モルタル吹付は粗度が小さく（粗度係数0.019）、流速が大きくなるため吹付工の損傷や斜路下流端での衝撃圧の発生などが懸念された。

そこで、イボ型粗度（図-6、参考文献-1、2）による、人工粗度を設置した。流木等の衝突を考慮して粗度の形状はお椀状とし、その設置にはアンカーの定着部を利用した。（図-7）

尚、このアンカーは、モルタル吹付工自体の流出（剥離）防止を目的としたものでもある。したがって、アンカーバーによりイボ型粗度の定着を確保すると同時に、イボ型粗度がアンカーバー定着部の保護の役割を果たしている。

イボ型粗度の形状は、粗度係数がカゴマットと同等の0.032となるように、図-6を参考に決定した。

写真-2～4にTAO工法の施工状況を示す。人工粗度は、その形状の均一性を確保するため、特殊なお椀状の鉄筋籠を製作し、その内部に吹付けを実施して構築した。

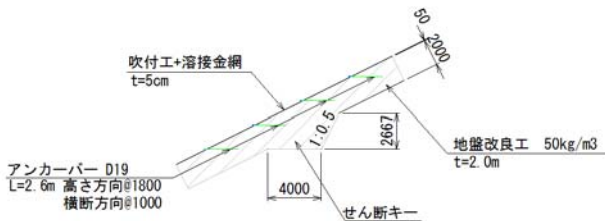


図-5 斜仮排水路縦断面図

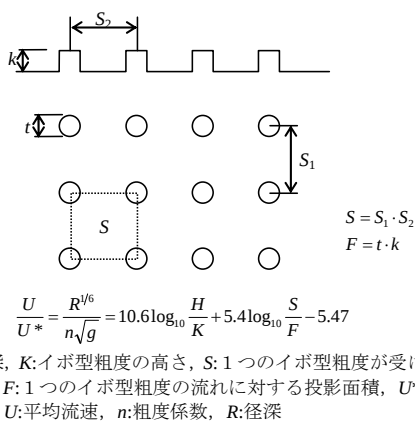


図-6 イボ粗度の考え方（参考文献-1）

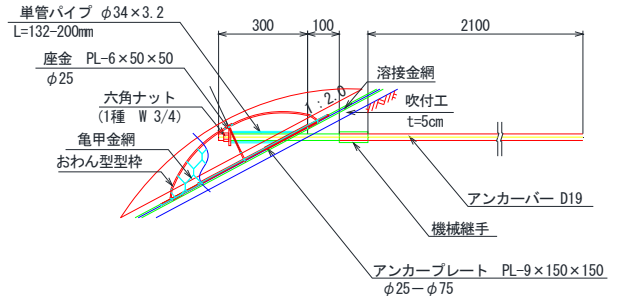


図-7 アンカー定着部形状（TAO工法）



写真-2 アンカーバーヘッド設置状況



写真-3 お椀状の鉄筋籠設置完了



写真-4 斜仮排水路吹付け状況

4. 対策工の効果と検証

平成 24 年 6 月 19 日の台風 4 号による降雨により，施工済の斜仮排水路に土砂ダムからの水が流下した．写真-5～6 に示す通り，水流は TAO 工法により減衰されている様子が判断できる．



写真-5 流下状況① (台風 4 号)



写真-6 流下状況② (台風 4 号)

今回のように緊急対策工事としての斜仮排水路の造成は，本設水路の完了までの数年の使用に耐えることが可能であり，しかも短期間に大流量を流すことが可能な水路の設置方法として，最適と考える（セメント改良土＋モルタル吹付けの水路）．

セメントと現地発生土砂が主材料である地盤改良と吹付工は，仮設構造物の施工においてローコストで，しかも任意の構造形状の水路を早期に設けることが可能である．また，モルタルであるため粗度係数は低くなり流速を抑えることが難しいという欠点を持っているが，当現場では，水路表面にお椀上の突起物を設けることにより解決することができたと考える．

5. おわりに

長大斜仮排水路は，3 度の台風にも耐えることができたが，天然ダム満水位の状態で迎えた昨年の台風 17 号により流出した．その原因は，想定以上の強度の降雨があったことと，本水路流末部が崩壊土砂上に造成されているため，洗掘崩壊したと推測されている．ただし，天然ダム湖面まで水路崩壊が到達せず，その機能を十分発揮したため，下流域への土砂流失は最小限に抑えることができたと考える．

今後は，以前の急斜面構造から変化し，比較的緩斜構造となったため，斜仮排水路の復旧ではなく，天然ダム内の水位を下げ，バイパス排水路を作成し，最下流部に堰を造成するなど，減災化に努めて次期の出水期に備える．その後，落差工など本設対策工の施工を適時進める所存である．

最後に，本論文の作成にあたり技術的な支援を頂いた，国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所の方々に深く感謝の意を表します．

参考文献

- 1) 須賀堯三 (1990) : 水理模型実験，山海堂，PP. 84-85
- 2) 足立昭平 (1962) : 人工粗度の実験的研究，京大防災研究所年報第 5 号 A，PP. 252-259