

土石流の恐ろしさと安全に施工できる環境づくり

工事名: R3祖母谷第4号砂防堰堤改築他工事

受注者: 大高建設株式会社

- 現場代理人 : 杉原 剛二
- 監理技術者 : 谷口 貴志
- ICT 担当技術者 : 大谷 浩一
- 担当技術者 : 廣川 玲央斗

1. はじめに

本工事は、小黒部谷第2号砂防堰堤の新設工事と祖母谷第4号砂防堰堤摩耗箇所への老朽化対策工事である。本文は、令和4年8月20日(土)に発生した土石流災害の恐ろしさについて説明し、その経験を踏まえ安全に施工できる環境づくりを達成するハード・ソフト対策と土石流災害の恐ろしさの継承について報告する。

2. 工事概要

- 1) 工期: 令和4年3月8日～
令和4年12月23日

2) 主要工事内容

小黒部谷第2号砂防堰堤

掘削(砂防)岩塊・玉石	1,250 m ³
掘削(砂防)軟岩	540 m ³
掘削(砂防)転石:発破	160 m ³
コンクリート	279 m ³
置換えコンクリート	154 m ³

被災数量

流出土: 仮締切復旧 **4,740 m³**

堆積土: 掘削 **4,390 m³**

設計数量の約2.8倍

UAV 測量により算出

祖母谷第4号砂防堰堤

コンクリート	101 m ³
弾性版設置	113 m ²

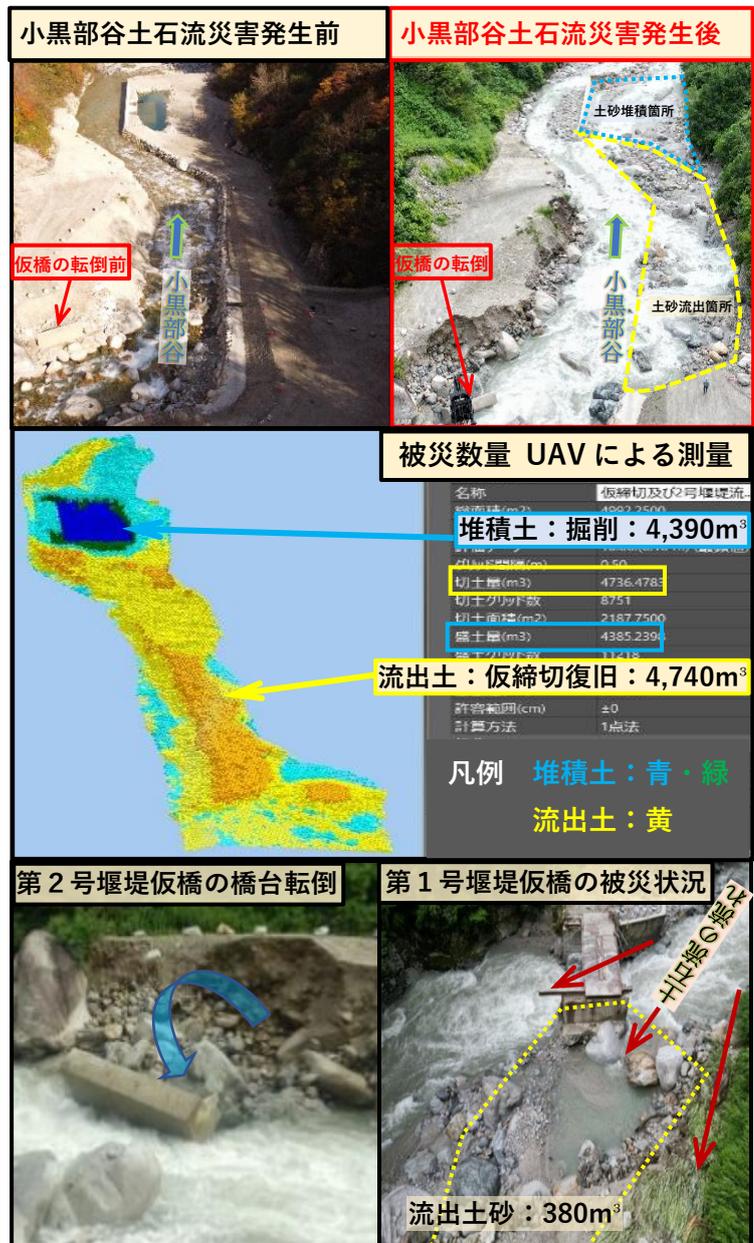
3. 土石流の恐ろしさについて

発生場所: 黒部川左支川 小黒部谷

発生日時: 令和4年8月20日(土)

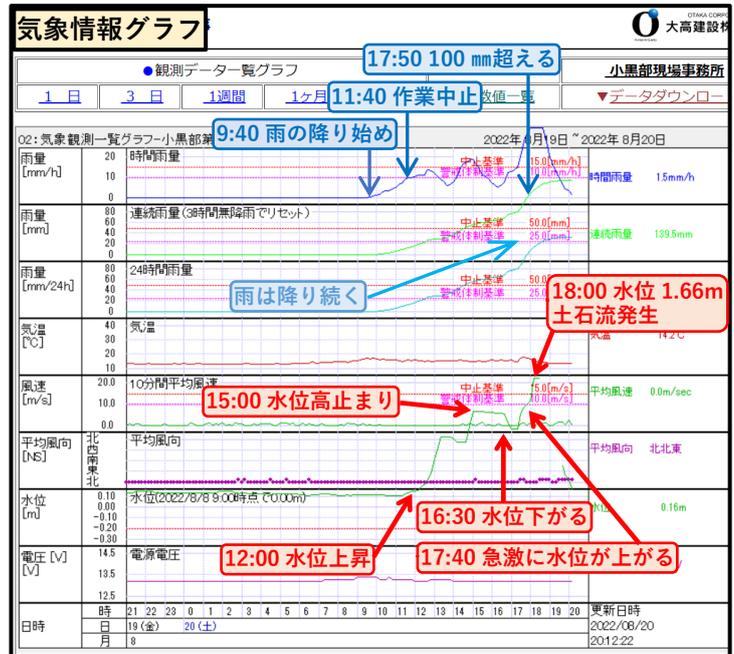
発生時刻: 18:00

今回発生した土石流は、17:40～18:00間で水位が約80cm上昇し、仮締切設計対象流量180m³/sを決壊させ4,740m³の土砂を流出し掘削完了直前だった現場は4,390m³の土砂が堆積した。小黒部谷第2号砂防堰堤建設当初から河川を横断する際の仮橋、橋台は洗掘され転倒した。さらに、小黒部谷第1号砂防堰堤建設時に設置された、現在は生コンクリートを製造する骨材の原石を運搬するために設置されている流下能力204m³/sの仮橋上を通過したことが UAV による上空からの映像で確認できることから過去と比較しても大きな土石流災害であった。



現場では何が起きたか？時系列で説明する。

- 9:40 雨が降り始める
- 11:40 河川内作業中止基準の降雨量を記録
⇒作業中止
- 12:00 水位が上昇し始める
- 15:00 水位が高止まり
- 16:30 水位が 30 cm 下がる
- 17:40 急激に水位が 80 cm 上昇
- 17:50 降雨量 累計 100 mm を超える
- 18:00 小黒部谷 水位計が 1.66m を記録
⇒土石流が発生
- 18:04 水位低下
- 18:20 最高時間雨量 45 mm を記録
- 18:40 降雨量 0 mm で雨が止む



以上が右図、気象情報グラフからの分析結果であり、

【雨が降り続く中で水位が下がる】 直後に水位が急激に上昇、土石流が発生している。土石流の特徴が顕著であることが分かる。この気象情報は、独自の無線通信とソーラー電源を使用していたため WEB カメラ情報が遮断しても記録が可能であった。

4. 三次元土石流シミュレーションによる

流量算出

河川流量情報が把握できない小黒部谷である。今後の土石流対策を計画する上で流量の把握が必要である。本工事では ICT 技術を活用し、仮締切の点群データと水位を三次元設計データで作成し比較することで完成する右図の三次元土石流シミュレーションを行い現場付近の断面図(右図 A-A 断面)を発生前・発生直前・発生後で作成し、マンシングの方式により流量を算出した。

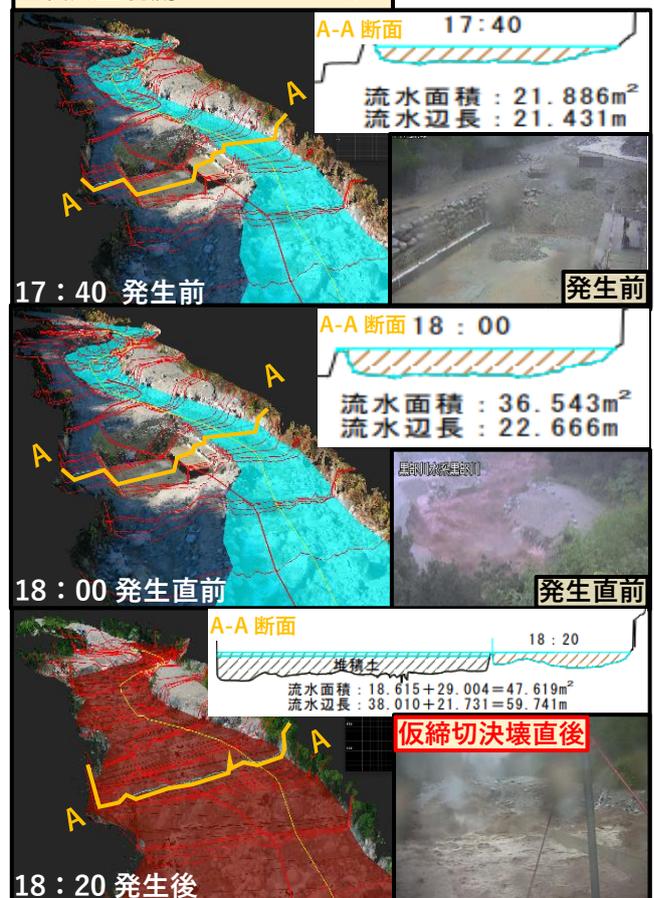
時間	流量
17:40 発生前	148m ³ /s
18:00 発生直前	336m ³ /s
18:20 発生後	273m ³ /s

仮締切設計対象流量180m³/sを遥かに超える流量であり、恐ろしい被災であったことが確認できた。

5. 本工事で実施していた土石流対策と効果

ハード対策:前年工事にて計画対象流量180 m³/sの仮締切と洗堀防止対策の巨石積(練石積)が施工済。本工事では、創意工夫として55tクローラークレーンのヤードに巨石積と補強コンクリートを施工した。今回の被災ではこれらに損傷がなく1か月で全体の復旧を迅速に完了できた。未施工であった場合、復旧には1.5倍の1か月半を費やしたと想定され**施工日数を1/3に削減する効果**があった。

三次元土石流シミュレーション



ソフト対策:1) 施工箇所より上流150m 地点に超音波式水位計を設置、急激な水位低下が発生した場合に0.5秒以内に無線通信で現場内は、サイレン・パトライト、重機は警報装置で避難を知らせる土石流観測システムを確立。

ソフト対策:2) 関係者全員に教育し実践を想定した訓練を月1回実施。連続雨量10mmを観測した時点で河川内作業の中止を徹底し、**人的被害は回避**された。

ICT 技術による対策:被災状況確認と数量算出に UAV 測量を実施。従来は、天候の回復と水位低下までの待機時間、河川内での測量による二次災害の危険性があったが、UAV による測量により2日間で完了、**2週間以上の施工日数短縮効果**と安全性が大幅に向上した。



6. 土石流災害発生後の課題について

- 1) WEB カメラ情報が遮断された。流出の恐れが無い場所への WEB カメラの設置。
- 2) 小黒部谷・祖母谷は通信網が脆弱であり、避難時間短縮や連絡体制強化のために通信網の整備。
- 3) 上記の情報を基に関係者全員が、「いつ」「誰が判断するか」「どこへ」「どれだけの時間」を理解して動く避難のシステム構築が課題である。

7. 土石流災害発生後の対策について

ハード対策:計画対象流量 $336\text{m}^3/\text{s}$ を超える仮締切は、「コスト高」「いつ必要か不明」「計画を超える土石流には対応できない」など総合的に判断するとハード対策では限界でありソフト対策を重点的に実施した。

ソフト対策:1) 無線電波と有線を併用し土石流が発生しても途切れることのない WIFI ネットワーク網を整備した。また、現場の状況確認を優先していた WEB カメラは、水位・河川状況を確認できる箇所へ設置した。

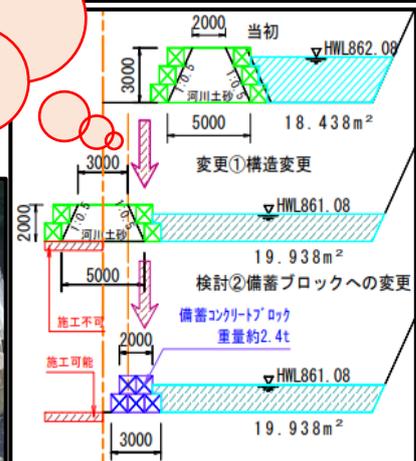
ソフト対策:2) 関係者全員を対象に「**いつ:サイレン・パトライトが鳴った瞬間**」「**誰が判断するか:自分自身**」「**どこへ:避難箇所**」「**どれだけの時間:50秒**」を明確化し繰り返し教育、避難訓練を実施した。訓練後には、避難経路、設備(索道やサイレン、パトライト)の使用手法と点検・UAV により撮影し避難方法についての検討を関係者全員で重点的に行いその都度改善した。



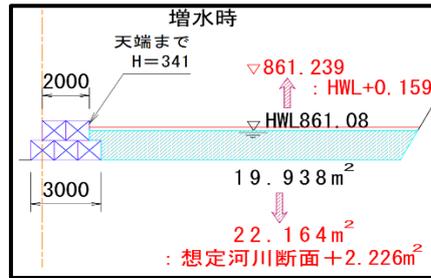
8. その他祖母谷での土石流対策について

ハード対策の有効性については、祖母谷の例に挙げる。祖母谷は、本工事で仮締切を施工した。そのため施工前に流量シミュレーションを実施した。結果、計画対象流量 $140.4\text{m}^3/\text{s}$ の河川断面確保が可能で施工量が大幅に減工となる右図変更①の大型土嚢2段積への変更した。それに伴い施工不可となる中央部は、右図検討②のコンクリートブロックを提案・採用された。創意工夫として、コンクリートブロックは、ワイヤーロープで天端・1段目・2段目の3重によって一体化し強固な構造とした。

変更により仮設工が
1/3に削減!
両岸施工が可能になり
工事量は2倍以上に!
創意工夫が生産性
向上効果も!!



効果として、8月20日設計対象流量を $18\text{m}^3/\text{s}$ 上回る $158\text{m}^3/\text{s}$ の増水が発生し HWL を 159mm 上回り、右写真では、コンクリートブロックの隙間から漏水が発生しているが洗堀、決壊もなく耐えきった。



河川を横断し施工するため避難経路を確保できない左岸施工時は、創意工夫として避難用の索道(河川を横断するゴンドラ:右写真)を提案し採用され避難経路を確保した。



流量シミュレーションと創意工夫を加えることは安全に施工できる環境づくりにおいて有効である。

9. 今後のソフト対策について

今回の情報を基に本工事では、メタバースを活用し土石流の模擬体験による恐ろしさの継承を行った。

【メタバースとはインターネット上に存在する仮想的な空間です。その空間は自由度の高い空間であり、「アバター」と呼ばれるキャラクターが自分の分身となり、メタバースの世界で自由に行動することが可能です】

現状は、トロッコ電車往復2.5時間かけて現地へ出向、現実の世界で教育を行うのが一般的である。本工事では、右写真の通り若手技術者にデータや映像を見せることで模擬体験を実施した。

右:説明者【杉原】中:監理技術者【谷口】左:若手担当技術者【廣川】

今後、土石流シミュレーションを活用して作成した3D 動画映像による模擬体験や360° カメラで撮影するリアルタイム映像内に複数人のアバターが参加する模擬体験を導入する。



土石流の模擬体験は、恐ろしさを継承し関係者に避難設備、訓練の重要性と安全意識向上の手段として非常に効果的で有効である。

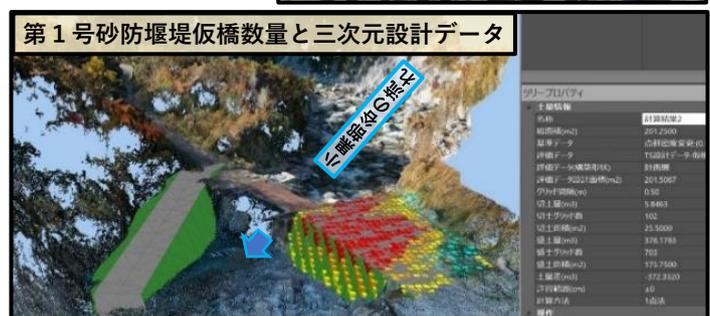
10. メタバースを活用した波及効果

本工事では、富山県立大学と産学連携事業～ケンダイラボ～に参加し【仮想空間におけるVR動画の融合について】の協力をしており現場視察など共同研究し彼らも論文発表しており、波及効果に期待する。



11. 小黒部谷第1号堰堤への仮橋について

小黒部谷第1号堰堤への仮橋も被災しており骨材採取ができない状況である。本年は、被災時に堆積した土砂で骨材を生産し工事を完成させた。仮橋の復旧は急務である。本工事では、迅速な復旧を目指し UAV による測量を実施し数量算出と三次元設計データ作成を行った。



12. おわりに

土石流の恐ろしさを改めて実感し黒部川下流域の人命・財産を守るため砂防工事の重要性を改めて感じた。今回の経験からハード対策は、想定を超える災害時には限界がありソフト対策【情報と訓練】の重要性を再認識した。WIFI ネットワーク網による情報共有化と連絡体制の強化を推進し土石流観測システムを発展させ、【関係者全員が理解して動く避難体制】を確立する。さらに、これから従事する人たちへ土石流の恐ろしさを継承するため最新技術であるメタバースに積極的に取り組む。そして安全に施工できる環境づくりに努める。