

石積み堰堤を対象とした砂防堰堤の改築設計事例

中電技術コンサルタント株式会社 ○高橋源貴, 中西まどか, 濱田隆敬, 來須洋二
河井恵美, 佐藤正, 山口浩司

1. はじめに

石積み堰堤は、現在でも山地河川や土石流危険渓流に残存しているが、老朽化が進行しているものが多い。平成30年7月豪雨では、土石流災害による石積み堰堤の相次ぐ流出被害も確認されており¹⁾、これらを契機に今後は土石流および洪水流に対応可能な、現行基準を満足する砂防施設への改築が要求される。

一方で、これらの石積み堰堤では施設諸元を把握するための図面等の既往資料が不足する場合も多いため、設計に必要な諸元の設定が課題であるとともに、現地状況に応じた改築が必要となる。

本報告では石積み堰堤における改築の事例として、調査および設計の一連の流れを、要点とともに紹介する。



写真-1 UAVの活用 (左: 斜め写真, 右: 3Dモデル)

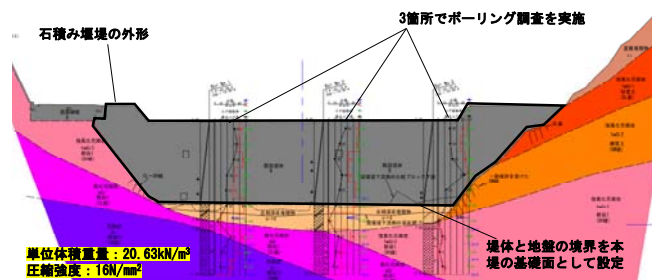


図-1 地質断面図

2. 改築対象堰堤の調査と評価

2. 1 外観調査に基づく施設の現況把握

改築設計にあたり、施設の損傷状況および石積み堰堤周辺の現地状況に即した対策工法を提案するためには、現在の状態を把握するための詳細な外観調査が不可欠である。

そのため、本事例では地上調査に加え、UAVを活用することで、堤体の漏水状況や上流部における堆砂状況等の周辺状況について網羅的に把握した。写真-1に示すように斜め写真を撮影するとともに、斜め写真等を元に、SfM解析によって作成した3Dモデルを用い、基礎部における洗掘状況を定量的に把握した。

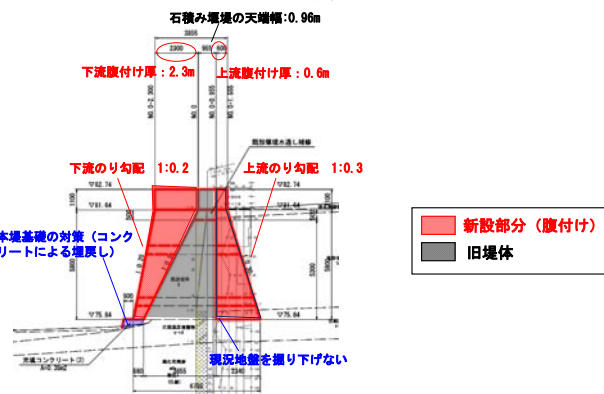


図-2 堰堤側面図

2. 2 地質調査に基づく堤体の強度確認および形状の把握

既存の石積み堰堤の安定性照査や腹付け・挿し筋等の対策を適切に実施するためには、堤体の強度を確認するとともに、堰堤高等の諸元を適切に把握することが重要である。

そのため、図-1に示すように、本事例では石積み堰堤上で3箇所(水通しセンター1箇所、左右岸1箇所ずつ)ボーリング調査を実施し、堤体内部のコアを採取するとともに、室内岩石試験(圧縮強度試験、密度試験)によって、コンクリートの圧縮強度や単位体積重量を設定した。また、堤体の内部材は粗石コンクリートであることを確認した上で、堤体と地盤の境界を本堤の基礎面として設定した。

2. 3 既存施設の評価

外観調査および地質調査の結果を踏まえ、現行基準に準

拠して、既存の石積み堰堤を対象とした安定性照査(転倒、滑動および支持力)を実施した。その結果、安定条件を満足しないことを確認した。

3. 対策工法の検討

図-2に、改築における対策工法適用後の側面図を示す。対策工法の考え方の詳細は、3.1~3.3に示す。

3. 1 対策工法の考え方

(1) 本堤基礎の対策

外観調査結果から、写真-1に示すとおり既存の石積み堰堤では基礎部に顕著な洗掘が確認されたため、洗掘防止対策としてコンクリートによる埋戻しを計画した。なお、現行基準に準じた根入れを満足することが望ましいが、現況河床の掘削は基礎地盤を著しく乱す可能性が高く、堰堤の安定度の低下につながるため、現況地盤を掘り下げない計画とした。

(2) 上下流腹付け工法

従来、安定化対策における腹付けは、上流側腹付けまたは下流側腹付けのいずれかを採用することが多い。一方で、本堰堤については、以下に示す理由を踏まえ、図-2 に示すように上下流腹付け工法を採用した。

- ・下流側全体で漏水が確認されるため、上流側腹付けを計画する。(写真-2)
- ・下流のりは 1:0.5 であるため、不透過型堰堤の一般値 (1:0.2) を満足するように、下流側腹付けを計画する。

なお、腹付け厚さの組み合わせは、既存の石積み堰堤の天端幅が 0.96m であることを踏まえ、最低腹付け厚や丸めを満足するか安定条件を満足する経済断面を採用した。



写真-2 石積み堰堤下流面



写真-3 石積みの厚さ

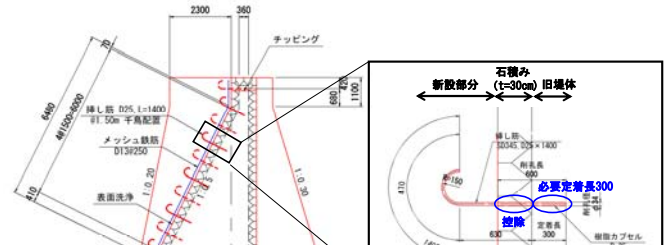


図-3 石積み堰堤における挿し筋

3. 2 新設部分の旧施設部分の一体化 (石積み堰堤特有の対応事例)

(1) 石積み堰堤における挿し筋計画の留意点

地質調査に基づく室内岩石試験結果より、堤体の内部材の圧縮強度は所定の強度 (16N/mm²以上) を有していることが確認された。そのため、腹付け施工に伴う既設堤体との一体化対策として、挿し筋を計画した。

一方、当該堰堤は図-3 に示すとおり、内部材が粗石コンクリートであり、その表面が厚さ (t=30cm) の石積みに被覆された構造を有している。このような構造的特徴を考慮し、挿し筋の必要定着長は石積厚 (t=30cm) を控除したうえで、内部材の粗石コンクリート部分にて確保する計画とした。なお、写真-2 に示すとおり石積み間には隙間が存在するため、削孔時の振動による石積みのずれが懸念される。そのため、削孔前にはコンクリート吹付により隙間を充填し、石積みを安定させた後に削孔を行うことが望ましい。

(2) 石積み堰堤における表面処理の考え方

従来、腹付け施工に際しては、新設部と既設部の境界における付着抵抗を確保する目的で、既設表面にチップング処理を施し、適度な粗面化を行うことが一般的である。

一方で、写真-2 に示す既存の石積み堰堤の表面には、十分な凹凸が確認された。このため、本計画ではチップング処理は行わず、表面の不純物等を除去することを目的として、ウォータージェットによる表面洗淨を計画した。

3. 3 本堤下流側の対策

当該堰堤では本堤基礎部において顕著な洗掘が確認されている。改築後の施設を長寿命化するためには、現状で発生している基礎部の洗掘を防止することが重要である。このため、3.1 で述べた本堤基礎の対策に加え、表-3 および図-4 に示す対策を講じることとした。

これらの対策は、現行基準における水叩きの計画の考え

表-3 本堤下流側の対策の考え方

方針	内容	備考
①堰堤下流側の洗掘防止対策	洗掘の懸念があるため、コンクリートを打設	
①-1縦断方向の対策範囲	必要最小限の範囲として、半理論式の水脈飛距離分の長さを計画	4.0m程度
①-2横断方向の対策範囲	水通し幅と同等の範囲を計画	20m程度
①-3洗掘防止対策の厚さ	必要水叩厚を目安に計画	1.5m程度
②堰堤下流側の洗掘防止対策と自然河道部の接合部の対策	洗掘が懸念されるため、布田かごを計画	

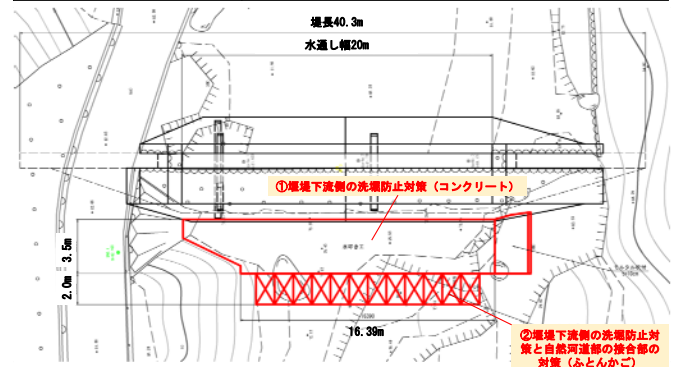


図-4 本堤下流側の対策

方を参考に、本堤下流部における左右岸の地形条件や河床状況 (土砂堆積の有無等) といった現地状況を踏まえた計画とした。

4. まとめ

本稿では、石積み堰堤を対象とした改築の事例について報告した。今後は砂防堰堤の長寿命化を重要な課題として位置付け、石積み堰堤を含む既存施設の現行基準への適合を図るとともに、既存施設の健全度に応じた適切な補修・修繕工法の採用や施設機能の付加を進め、既存ストックを活かしたハード整備をより一層推進していく必要がある。

参考文献

1) 「平成30年7月豪雨に伴う石積砂防堰堤の被災 検証チーム」とりまとめ (平成31年1月25日、国土交通省砂防部)」