

既設石積砂防堰堤の補強設計・施工事例

国土交通省中部地方整備局 多治見砂防国道事務所 植野利康
玉野総合コンサルタント株式会社 ○中山貴士, 加藤真雄, 中居暁
株式会社 加藤工務店 青木信彦

1. はじめに：

平成30年7月豪雨において、西日本を中心に広範囲に渡って記録的な大雨を記録し、広島県では、各地の雨量観測所で観測史上最大の日雨量が記録され、河川の氾濫や浸水害、土砂災害等により、自然災害としては戦後最大級の甚大な被害が発生した。山間地では、広島県の広い範囲で土石流等による土砂災害が発生している中で、既設の砂防堰堤が土石流や流木を捕捉する等、施設整備に一定の効果が確認されている。しかし、その一方で、石積砂防堰堤の被災する事例が見られた。

こうした事態を踏まえ、平成30年7月豪雨に伴う石積砂防堰堤の被災に対する検証チーム¹⁾が立ち上げられ、被災原因の分析、補強・改築等の対策がとりまとめられている。

本研究では、平成30年7月豪雨での被災事例を踏まえ、木曾川砂防管内の中津川流域（四ツ目川）内に整備された既設石積砂防堰堤を対象に、土石流等に対する補強、及び変状に対する健全性の回復を目的とした対策工の設計・施工事例を報告する。

2. 対象石積砂防堰堤の状況：

対象とする穴ヶ沢第1砂防堰堤は、流域面積0.7km²、現況溪床勾配 $I=1/8$ である下平次沢の支溪である穴ヶ沢に、昭和24年に完成した石積砂防堰堤である。堰堤の形状は、堰堤高8.0m、堤長28m、水通し天端幅2.0mであり、水通しは、幅8.0m、高さ2.0mで、現在、満砂状態である。これまでに実施された砂防関係施設点検において、本堤の下流側に、石積間の目地開きや漏水が各所に確認される他、写真-2に示すように、右岸側の下部には、孕み出しが発生している。



写真-1 堰堤全景



写真-2 孕みだしの状況

等がトリガーとなり、その後の後続流等により、積石や中詰め材が流出、堤体の侵食が拡大し、場合によっては施設全体の流出に至るものと推定されている。

以上の被災実績より、堤体天端部の損傷、または積石の欠落等に端を発していることを踏まえ、土石流等に対する補強として、次の①②を基本とする対策が提案されている。

①堤体上部及び袖部の上流側への緩衝材の設置

②堤体天端の保護（堤冠コンクリートによる置換等）

本設計では、上記に基づき、①に対しては、図-1に示すように緩衝材の設置を検討した。緩衝材の設置箇所について、土石流等の流下が想定される本堤水通し部では、土石流の流下に伴う堆積土砂の侵食を考慮し、堆積土砂を掘削した上で、図-1(b)のように、水通し天端から深さ2mの範囲を緩衝材で置き換えるものとした。また、袖部では、土石流等の衝突を考慮し、図-1(c)のように、堆砂面を基礎として緩衝材を設置した。なお、左岸袖部上は道路であり、道路盛土が溪流に張り出しているため、袖部への土石流の直撃はないものとして、緩衝材は右岸側のみとした。緩衝材については、現地の巨礫を活用した粗石コンクリートを使用している。

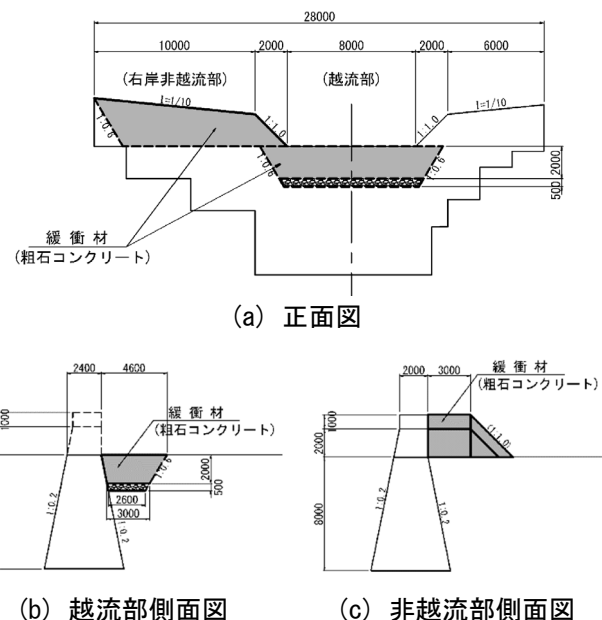


図-1 緩衝材構造図

3. 補強対策工法：

(1) 土石流等に対する補強対策

「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」のとりまとめ結果¹⁾より、石積砂防堰堤の被災のメカニズムとしては、まず、土石流等の衝突による堤体上部の破壊、もしくは巨礫の衝突や土石流の流下に伴うせん断力の作用による堤体天端部の積石の欠落

(2) 変状に対する健全性の確保

石積の構造物は、石とのかみ合わせを中心として安定した構造物を造り出しているものであり、変状等により、かみ合わせに不備があると安定性の低下につながる事となる。前述のとおり、本堰堤では目地開きや

孕み出し等の変状が確認されており、常時の作用による石積み全体のすべりや積み石の中抜けによる倒壊等が想定され、健全性を回復するための補修・補強を検討する必要がある。また、土石流等の作用に対しては、全壊しにくく、全壊に至る時間を少しでも延ばすことができる粘り強い構造とすることが考えられる。そこで、石積堰堤の一補強対策として、形状変更や大規模な改築を伴わず、比較的簡易な工法で緊急時における活用も想定し、落石の予防工等の斜面安定対策で実績のある高強度ネットを用いた工法を試行した。

設計にあたり、高強度ネット工に求める機能・効果としては、石積の自重による全体のすべり破壊と補強材間の狭い範囲で発生する局所的な崩壊に対する積石の中抜けの抑止である。前者は、必要抑止力に対して、補強材（全ねじ異形棒鋼 SD345, D19）の長さ（ $L=1.5m$ ）を設定した上で、補強材の引き抜き抵抗力を加味して安定性を確保するものであり、後者は、高強度ネットの引張力で抵抗させるものである。

また、高強度ネット工の設置にあたっては、流水や礫等によるネットのめくれを防止するため、ネットを堤体及び袖部の上流面まで堤体を囲うように設置し、前項で述べた緩衝材で抑え込むこととした。これにより、上述した土石流等に対する補強対策②（堤体天端の保護）に対しても効果を期待している。さらに、流水や石礫の落下の影響を受けやすい越流部には、比較的強度の高いネットを使用し、その他非越流部には、越流部で使用するものよりも強度の低いネットを使用した。高強度ネット工の配置は、図-2 に示すとおりである。

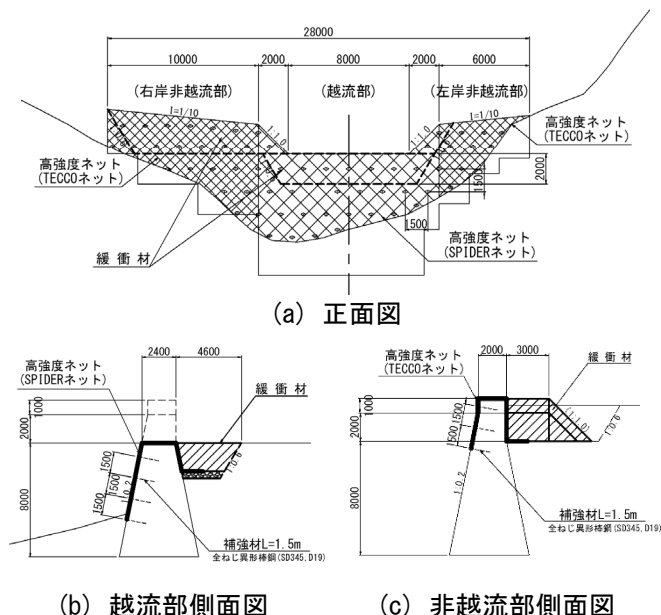


図-2 高強度ネット工構造図

4. 施工上の課題とその対応：

以上の補強対策工について、現地における施工状況は、写真-3 に示すとおりである。高強度ネット工を用いた石積砂防堰堤の補強における施工上の主な課題及びその対応を以下に示す。

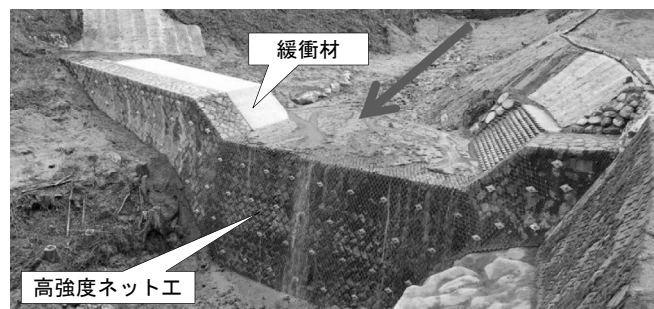


写真-3 補強対策の施工状況

(1) 目地開き・孕み出し箇所の施工

堤体の内部構造が不明であり、堤体削孔時やグラウト注入時の作用により、石積の崩壊が懸念された。そこで、比較的健全度の高い箇所から順に高強度ネットを設置した上で、最後に孕み出しの大きい箇所を実施した。その際、積石の変位計測を実施しつつ、目地開き箇所にはモルタル充填による積石間の補強を行った。

(2) 積石の凹凸を考慮した支圧プレートの設置

積石表面の凹凸により、補強材の締付時に圧力が均一にかからず、積石の破損・変形が懸念された。その対応として、ざぶとん材を積石と高強度ネット工の間に取り付け、セメントミルクを注入することでざぶとん材が膨らみ、凹凸を埋めた上で、締付を実施した。

(3) 補強材の頭部処理

補強材頭部が突出するため、落下礫等により頭部の損傷が懸念された。その対策として、ナット一体型のキャップを提案し、補強材頭部の保護を行った。



写真-4 ざぶとん材・キャップ付きナット

(4) 削孔時における孔壁の自立性

補強材設置に伴う堤体削孔時において、ロッド引き抜き時に孔周囲の礫が孔内に崩れ落ちるケースや削孔コアが孔内に残されるケースがあった。その際には再削孔や手作業による孔内の残石処理を行った。今後の実施にあたっては、事前のボーリング調査による堤体内部の状況確認や必要に応じて二重管による施工等を検討する必要がある。

5. おわりに：

高強度ネット工を用いた石積砂防堰堤の補強は、全国的に初の試みであり、その効果を検証するため、経年的なモニタリングの実施が必要である。モニタリングにあたっては、本工事の施工前後において3Dレーザースキャンによる堤体の計測を実施しており、補強材頭部等のポイントの座標化や基準線の設定により、積石の変位や全体の挙動を把握する方法等が考えられる。

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）