

大谷川上流床固群における損耗状況と復旧工法について

国土交通省関東地方整備局日光砂防事務所 光永健男, 佐藤勇, 中濱匡
国際航業株式会社 O渡辺智, 宇野沢剛, 高橋研二

1. はじめに

栃木県日光市の中禅寺湖に源を發し、鬼怒川に合流する大谷川の上流床固群は、河床・溪岸を固定して侵食による土砂生産を防ぎ、洪水をコントロールしている。

しかし、当該床固群は溪床勾配が急であることから、流砂・落下流による施設の磨耗・損傷が発生しやすく、これまでも補修工事が行われてきた。特に水叩きは磨耗の進行が著しく、平成 23 年 8 月段階で床固群 17 基中 5 基が、平成 23 年 9 月の台風被害では更に 1 基の水叩きの一部が貫通した状況にある。

本稿では、損耗著しい大谷川上流床固群の現地状況を報告するとともに、磨耗対策を考えた復旧工法（恒久的対策）について紹介する。

2. 大谷川上流床固群の損耗状況

2.1 水叩き磨耗・洗掘の時期

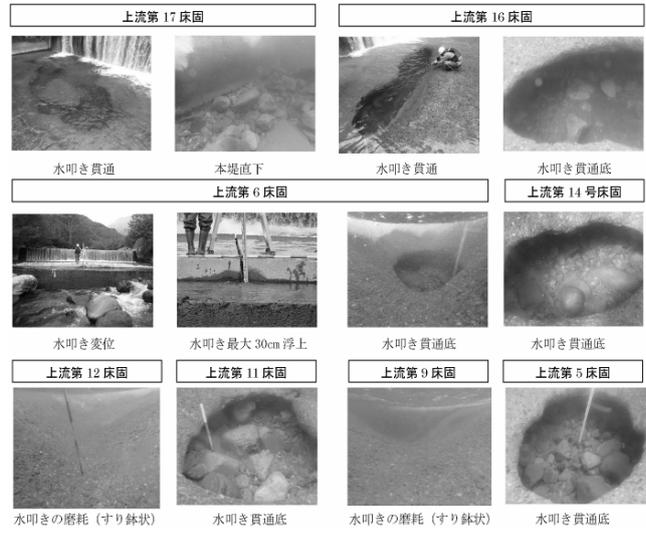
過去 7 回（14 年分）の施設点検資料より、上流床固群の水叩きの損耗拡大の時期は、洪水イベントの生起年と符合し、特に、華厳の滝の流量が最大（中禅寺ダム：100m³/s）を記録した年（H23 年 9 月 21～22 日）には拡大が目立っている。

表-1 大谷川上流床固群の水叩き被災状況と復旧工法

大谷川上流床固群	堤長 (m)	堤高 (m)	竣工年度	前庭保護工形式	水叩きの損耗状況		備考	復旧工法
					厚さ (cm)	最大侵食深 (cm)		
上流第17床固	66.4	5.0	S57	コンクリート	100	230	水叩き貫通	鋼板
上流第16床固	49.0	8.0	S57	コンクリート	150	280	水叩き貫通	間知石
上流第15床固	51.4	8.5	S63	水巻池	100	80		間知石
上流第14床固	41.9	6.0	S58	コンクリート	100	180	水叩き貫通	間知石
上流第13床固	82.0	6.5	S62	コンクリート	200	130		間知石
上流第12床固	55.8	5.0	S62	コンクリート	200	110		間知石
上流第11床固	48.5	4.5	S56	コンクリート	100	120	水叩き貫通	自然石
上流第10床固	67.2	4.5	S56	乾石張り	100	20	H11水叩き補修	経過観察
上流第9床固	58.0	3.5	S59	コンクリート	100	80		自然石
上流第8床固	99.7	3.5	S59	コンクリート	100	70		自然石
上流第7床固	92.5	4.0	S60	コンクリート	100	80		自然石
上流第6床固	114.0	3.5	S60	コンクリート	100	120	水叩き貫通	自然石
上流第5床固	59.0	5.0	S60	コンクリート	100	170	水叩き貫通	自然石
上流第4床固	87.0	4.0	S60	コンクリート	100	80		自然石
上流第3床固	98.0	6.0	S61	水巻池	100	0		経過観察
上流第2床固	97.2	5.5	S62	水巻池	100	0		経過観察
上流第1床固	136.7	5.0	S63	水巻池	100	0		経過観察

■ 水叩き厚さに対する侵食深の比率

後述3.2を参照



2.2 水叩き磨耗・洗掘部の位置・形状の特徴

- ① 洗掘箇所は、縦断方向にすり鉢状に丸みを帯びる。
- ② 洗掘箇所は、横断方向には水通しの幅相当に進行・拡大している。
- ③ 深掘れ箇所を含む顕著な洗掘は、本堤前法つま先から 6m の範囲に集中する。
- ④ 先掘箇所は 3.5～4.5m に集中するが、水脈落下部付近で深掘れが生ずると考えて、半理論式から水脈飛距離 3.5～4.5m 程度となる流量を算出すると 100m³/s 程度となり、この流量は中禅寺ダムの最大放流量に匹敵する。
- ⑤ 水叩きは、洗掘箇所の下流側でも全体的に 10～30cm 程度の表面侵食を受けている。
- ⑥ 水叩きの貫通箇所には φ=30cm 程度の石やスコリアが、充填されたかのように堆積している。



2.3 水叩き磨耗・侵食機構の推定

大谷川上流床固群の設置区間は、河床勾配が 1/20～1/30 の急流であること、最大礫径は 60cm 程度で多量のスコリアも見られ、粒度組成の範囲が広いという特徴を持つ。

上記 2.2 節に示す水叩部の洗掘の進行はスポット的な深掘れが左右に広がっていく傾向があるように見えることから、磨耗・洗掘は以下の順序で進むと考えられた。

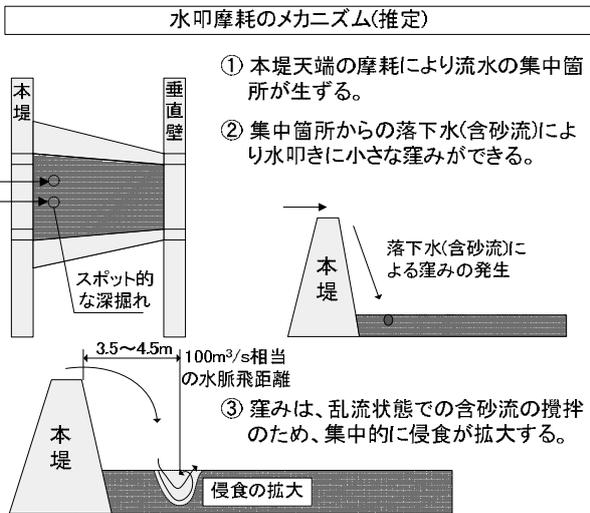


図-1 水叩き磨耗のメカニズムの推定

- ① 大礫の落下や本堤天端の摩耗による落下水の集中による洗掘箇所の出現
- ② 多量の石礫を含んだ洪水流(含砂流)による洗掘箇所の攪拌
- ③ 攪拌した含砂流による摩耗・洗掘箇所の拡大

侵食機構推定の結果、最初のきっかけとなる洗掘を如何に防ぐかが対応のポイントになるものと考えられた。

3. 恒久的な水叩き復旧工法について

3.1 コンクリートによる復旧の課題

これまでに磨耗対策として、当該床固群 17 基で水通し天端にA種コンクリート (27N/mm²) を打設する対策を実施している(建設コストは直工 1.6 万円/m²)。しかし、この工法では、対策実施後の経過年数 24~30 年で 10~70cm と磨耗が著しく、流砂が多い当該河川では、再度磨耗することが懸念された。

3.2 鋼板による復旧・石張りによる復旧の提案

よって、コンクリート以外の耐摩耗性の高い材料として、効果とコスト等の面から比較を行い、水叩きに「鋼板」「石(自然石・間知石)」を張る工法を採用することとした(鋼板は試験施工として採用)。

鋼板はコンクリートの 100 倍の耐摩耗性を有し¹⁾、水通しを鋼板とした立山砂防の事例では、鋼板設置後 40 年近く経過しても磨耗は若干のみである²⁾。また、発電ダムでも排砂施設のエプロンを鋼板とする事例(益田川ダム、宇奈月ダム)がある。なお、建設コストは直工 2 万円/m²である。

石はコンクリートの 1.4 倍の耐摩耗性を有し¹⁾、水叩きを自然石張りで補修した管内事例(大谷川上流第 10 床固)では、施工後 13 年を経過して磨耗は充填コンクリートに僅かに確認される程度である。

建設コストは石を購入する場合で直工 2.3 万円/m²だが、現地材の流用(自然石)によりコスト縮減が図られる。

但し、現地材は採取・仮置の可否等の施工環境を考慮して採否を決定する必要がある。

3.3 採用した工法に対する設計の技術的特徴

立山砂防の事例から鋼板の剥離防止を図る工夫が必要と考え、鋼板が水叩きの一部として一体化する構造・施工法を考案した。それは鋼板とH型鋼を溶接したユニット部材を一次打設コンクリートの上に載せ、高流動コンクリートで充填してH型鋼を埋め殺す施工法である。鋼板と一次打設コンクリートとの空間を確実に充填する必要があるため、施工業者にヒアリングを行ったうえで、必要な空間の高さや空気孔の配置等を決定した。

4. 総括

4.1 まとめ

- 直上流でダム放流が行われ火山性堆積物の供給が多い当該床固群では、水叩きの磨耗・損傷が顕著であり、砂防堰堤に比べ小さな床固であっても、適切な磨耗対策が必要である。
- 水叩きに鋼板または自然石を張ることで、A種コンクリートに比べて長寿命化が図られ、将来メンテナンスの軽減が期待できる。

4.2 今後の展望

- 流砂の多い河川における砂防施設(堰堤・床固・溪流保全工)の底張り等では、維持管理頻度の軽減・長寿命化の観点より、設計段階から洗掘・磨耗を考慮した材質や構造について検討することが望まれる。
- 鋼板工法は事例が少ないため、大谷川における試験結果をモニタリングし、他への適用を検討することが望まれる。

5. おわりに

今後、前庭保護工の被災事例や復旧について、全国的な事例をデータベース化し、河川特性に応じた対策工法が選択できるガイドラインを整備できればよいと考えている。

【参考文献】

- ¹⁾コンクリートダムの細部技術 昭和 58 年建設省河川局
- ²⁾コンクリート製砂防堰堤の水通し部磨耗対策に関する一考察 平成 17 年度北陸地方整備局管内事業研究会論文

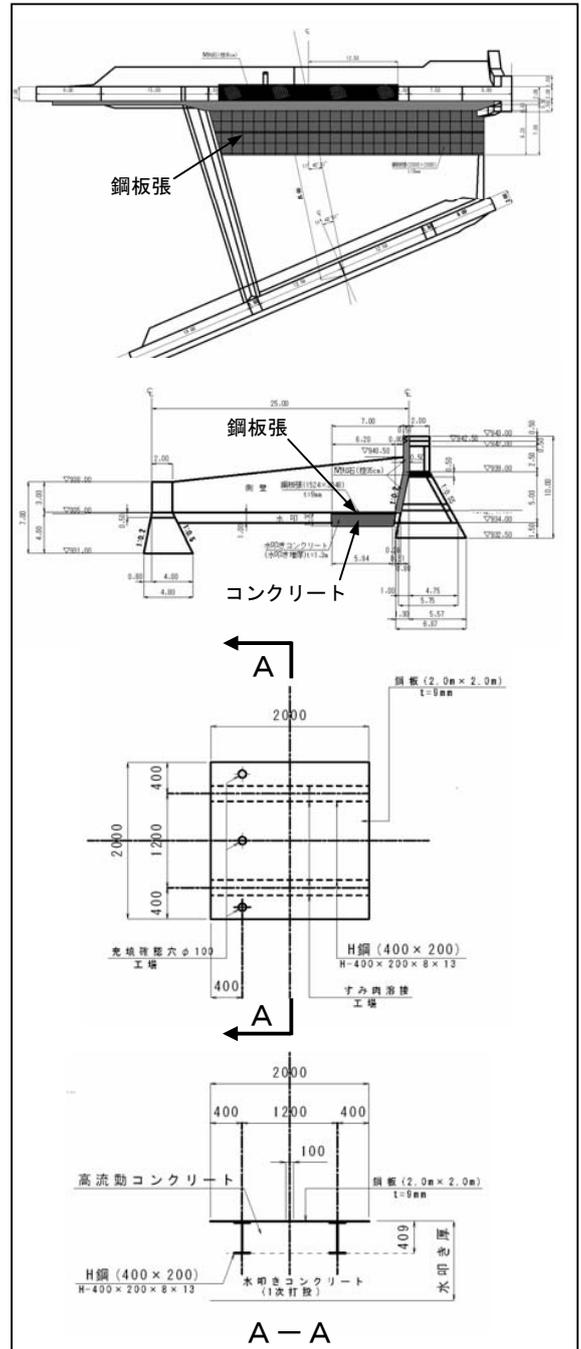


図-2 鋼板工法の設計図