

手取川流域農業水利事業 白山頭首工建設工事 施工報告

固定堰石張改修の工夫

川 本 喜 憲

石川県有数の穀倉地帯である手取川扇状地を潤している用水を取水する白山頭首工は完成後 70 年以上が経過し、堤体の劣化等の老朽化が著しい状況であった。よって、施設の安全確保や用水の安定供給のため 6 ヶ年を掛け改修工事を行った。白山頭首工の既設固定堰は自然石による石積構造となっていたが、地元の要望を受け、景観を保全するべく既設同様の石張工法にて改修を行った。本稿では石張改修において実施した様々な工夫について報告する。

キーワード：白滝再現、石材再利用、固定堰、石張、老朽化

1. はじめに

国営手取川流域農業水利事業にて改修を行った「白山（しらやま）頭首工」が位置する手取川は、その源を霊峰白山（標高 2,702 m）に発し、下流部は白山市鶴来地区を扇の要とする扇状地を流れる一級河川である。流路延長は約 72 km、流路面積約 809 km² を有している。河口から水源までの平均河床勾配は 1/27 と日本で有数の急流河川で、古来より日照りが続くと水が枯れ、一雨来れば洪水となる暴れ川と呼ばれている。

「白山頭首工」は、昭和 12 年に完成した農業用水最大約 56 m³/s を発電用水とともに合口取水するフィクスタタイプの複合堰であり、受益地域は 5 市 1 町の 7,402 ha にまたがる。農業用水だけでなく、北陸電力（株）や七ヶ用水土地改良区、宮竹用水土地改良区が発電に利用している他、消雪や防火など地域用水としても利用されている。

施設は、北陸電力（株）により適切に維持管理され、完成後 70 年以上にわたって用水の安定供給に寄与してきたが、堤体および基礎部の劣化、護床部の洗掘等、老朽化が進行し、国営事業にて 6 箇年で全面的な改修を行うことになった。なかでも固定堰部は自然石を使用した石張構造となっているが、今回の改修工事においても、石張工法が採用された。

2. 概要

(1) 施設概要

表一 1 に白山頭首工改修前の施設の概要を示す。

写真一 1 に改修前写真を示す。

(2) 改修概要

(a) 工事概要

工 事 名：手取川流域農業水利事業

白山頭首工建設工事

工事場所：石川県能美市和佐谷町地内（左岸）

表一 1 白山頭首工施設概要

項目	内容
竣工年度	昭和 12 年（北陸電力）
主な経歴	昭和 24 年：固定堰堰上げ、農水用取水口追加、土砂吐改修（農水省） 昭和 36 年：固定堰被災補修（農水省）
施設管理者	北陸電力（株）
最大取水量	55.95 m ³ /s
構造規模	固定堰：表面石張無筋コンクリート 堤高 5.8 m、堤長 127.9 m 取水口：電力用 5 門、かんがい用 1 門 土砂吐：2 門 魚 道：階段式



写真一 1 改修前（平成 26 年 9 月）

石川県白山市白山町地内（右岸）

工期：平成26年9月1日～令和2年6月30日

本工事では、堤長約128mの構造物を5ブロックに分割し、各年度の非出水期に1ブロックずつ「仮締切設置～本体構築～仮締切撤去」を行った。

(b) 改修内容

表一2に施設の改修内容を示す。

表一2 白山頭首工 固定堰補修内容

施設	回復すべき機能	対策工法
固定堰	・躯体表面の耐摩耗性、耐衝撃性の回復	・石張工法
	・基礎部における所要の根入れの確保	・カットオフ新設 ・下流エプロン延長
	・漏水の防止、空隙などにより低下した安定性の向上	・グラウト工法

3. 石張改修における課題及び問題点

(1) 白滝の再現

石張改修において、固定堰を越流する水が白く滝のように流れる景観（以下「白滝」と称す。）を守ることが、事業計画時の環境に関する情報協議会で提案された。そのため、今回の改修においても石張工法が採用されたのだが、発注者に白滝景観保持だけではなく、発生位置を全面的に均一にして欲しいと要望された。そのため、白滝発生メカニズムを把握する必要が生じた。写真一2に改修前の白滝発生状況を示す。全面的に均一な白滝発生は見られず、一部白滝が欠損している。

(2) 石材再利用

固定堰下流エプロン部については、撤去した既設石材を再利用する計画であるが、寸法が不揃いの既設石材を施工するには熟練した石工が必要であり、弱部となる目地が大きくなることも懸念された。また、水平



写真一2 改修前の白滝発生状況

面での胴込めコンクリート充填不足も懸念された。

この課題に関しては、発注者より「固定堰補修工の石張の再利用に係る施工上の工夫について」として技術提案を求められた。写真一3に既設石張の状況を示す。増水による石材の欠損補修痕が見られ、寸法不揃いの石材を積んでいるため目地幅も大きい。



写真一3 既設石張

4. 技術的提案及び創意工夫

(1) 白滝の再現

(a) 現況の把握

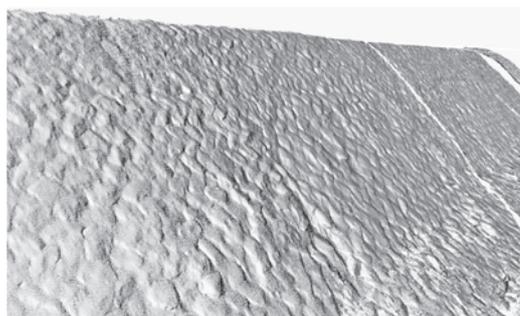
白滝の再現にあたり、まず現況の把握を行った。実施した内容は以下のとおりである。

- ・既設固定堰の3D観測
- ・河川流量（越流水位）による白滝の発生状況

3D観測の結果、既設石張の石材表面の凹凸は5cm程度であった。図一1に3D観測イメージを示す。また、既設堰堤の天端高さは堰中央が高く、左岸側が低い傾向にあった。写真一2と比較すると、白滝の発生は天端高さ（越流水深）と相関関係にあることが判明した。

今回の改修に伴い、堰堤天端高さを均一に仕上げることで、河川全幅において越流水深が均一となり白滝の発生位置の高低差は生じないと想定できた。

河川流量の増減による白滝の発生状況を観察した結



図一1 3D観測



写真-4 白滝発生状況
(上流の土堰堤の影響で越流水位が低い位置のみ白滝が発生している。)

果、写真-4に示すとおり、越流水位によって発生位置が異なることが判明した。これは水理計算でも証明されることである。この観察より河川流量が多い場合には白滝が発生しないことを、発注者に理解して頂いた。

(b) 試験施工

石材表面凹凸の差による白滝の発生を検証するため、事前に石材の表面加工及び施工方法（石の積み方）の違う、以下の表-3に示す3種類で試験施工を実施した。表面加工について設計では明示がなかったが、No.3が当初計画に近い方法である。

表-3 試験施工

No.	石材表面加工	凹凸	積み方
1	こぶだし	45 mm	布積
2	こぶだし	90 mm	布積（鎧積）
3	割り肌	20 mm	谷積

写真-5に試験状況（通水前）を示す。通水試験の結果、表面の凹凸により白滝の発生状況に差異があることが分かった。白滝の発生は、1 ≧ 2 > 3であった（写真-6参照）。ただし、流砂、流石による耐磨耗の観点および現況計測の結果より過度の凹凸は避けるべきと判断した。

(c) 実施工

現況の白滝のような景観を保持するためには、現況に近い凹凸を再現することが最善であると判断した。また、既設堰堤の越流部は角張っていたが、今回改修に伴い、越流部が曲線形状で滑らかになることより、石材の凹凸はより重要であると考えられた。

よって、観測や試験施工の結果を踏まえ、石材表面の加工を50mmのこぶだしとした。ただし、越流上部で白滝が発生してしまえば、越流下部は追従して発生するため、こぶだし加工石材の設置範囲は図-2に示すとおり、SL=2.5m（R2700区間の前後）とし、その他は割り肌加工とした。

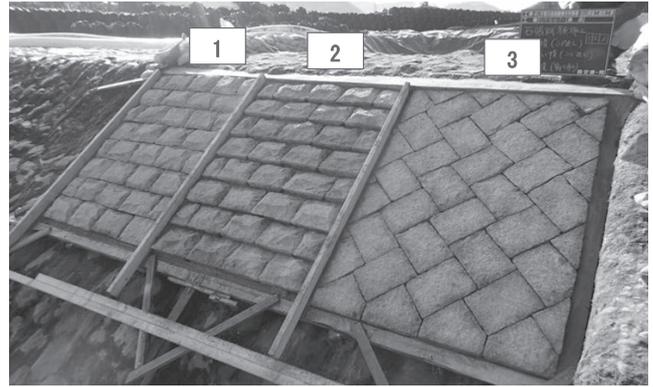


写真-5 試験施工（通水前）

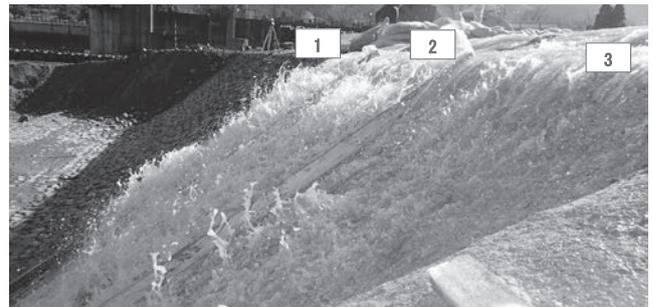


写真-6 試験施工（通水時）

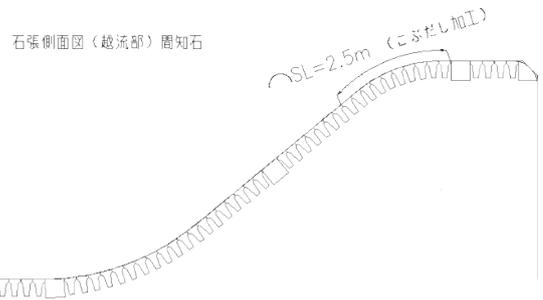


図-2 こぶだし加工石材 設置範囲図

(2) 石材再利用

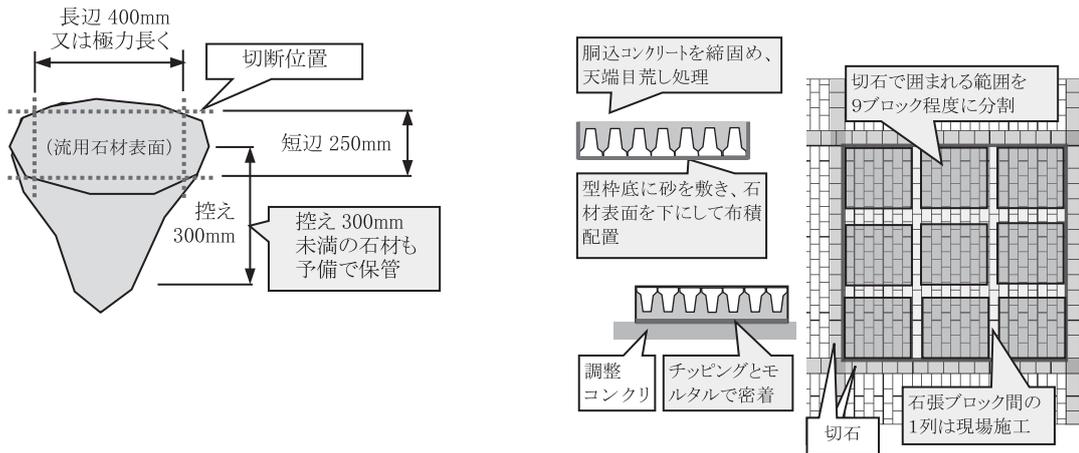
既設石材の再利用について、以下のとおり石材のユニット化を提案した（図-3参照）。

①再利用石材の切断加工

- ・再利用石材の強度を確認し、硬岩 100 N/mm²以上を選別する。
- ・購入石材（250×400×控え 300 mm）より大きな石は、購入石材寸法に切断する。長辺だけが400 mmに満たない石は短辺 250 mm（横目地間隔）を揃え、長辺は極力長く切断する。また、控え 300 mm未満の石も予備として保管し、石材不足に備える。

②石張ブロックの事前製作

- ・切石で囲まれる再利用石材使用の各区画を9ブロック程度に分割し、石材仮置場でブロック毎の型枠を製作する。



図一三 再利用石材ユニット化

- ・型枠内に石材を「逆さ」にして布積み状に配置する。その際、型枠底に砂を敷き、表面へのコンクリート付着を防止する。
- ・胴込コンクリートを十分に締固めし、充填を目視確認する。
- ・密着性向上のため高圧水で表面を目荒しする。

③石張ブロックの据付

- ・調整コンクリートをチップングし、モルタルを敷く。
- ・クレーンを使用し、事前製作した石張ブロックを据付ける。
- ・ブロック間の石材1列と切石は現場施工し、一体化する。

また、施工に際し、以下のメリットがあった。

品質：目地幅を最小にすることができ、洗掘されにくい（耐摩耗性向上）。

石材を逆さ配置するため、胴込コンクリート打設・締固め時の施工性が向上し、充填状況が目視確認できる。

目地が通り見栄えが良い。

工程：事前製作でき、工程短縮となる。

安全：河川内工事量を削減でき、洪水時の被害が軽減できる。

環境：河川外で製作することで、胴込コンクリート打設によるアルカリ排水流出の懸念が無い。

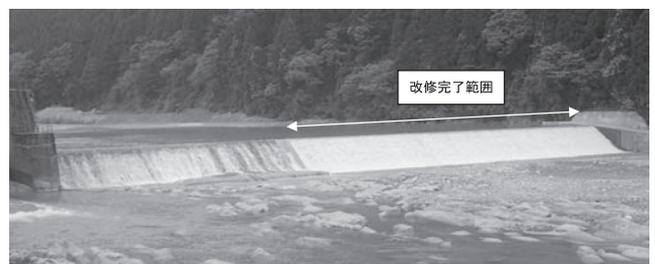
写真一七にユニット化した再利用石材ブロックを示す。



写真一七 再利用石材ブロック



写真一八 石張完了写真



写真一九 白滝発生状況（2期完了時）

5. 施工結果

写真一八に石張工完了写真、写真一九に工事2年目の完了時の白滝発生状況を示す。

通常の河川流量においては、均一できれいな白滝が

発生している。施工する上で留意した点は、計画通りの石張形状になるよう、形状を犯すような突出した箇所が出ないように管理徹底して施工したことである。また、使用石材（計18種類）の間違いが無いよう、



写真—10 完成（令和2年6月）

識別を徹底した。

再利用石材の施工も含めて、発注者や地元の方に高い評価を頂いた。仮締切を撤去し、通水後に白滝が発生した時の感動は忘れがたいものとなった。

6. おわりに

工事は6箇年で既設頭首工を改修する計画であったが、固定堰の石張改修は左岸側より1期で42m、2期で24m、3期で31m改修した。工事完了時には全面に渡ってきれいな白滝が発生している（写真—10参照）。

工事は急流河川である手取川を半川締切で非出水期（10月16日～6月14日）に行ったが、工事期間中は異常出水による仮締切堤の決壊を幾度となく経験した（写真—11、12参照）。最も大きな出水量は、非出水期にも関わらず、当該年度の仮締切堤対象流量（ $1,040 \text{ m}^3/\text{s}$ ）を大幅に超える $1,634 \text{ m}^3/\text{s}$ に達した。

しかし、過去の最大出水データを基に退避基準を設定していたこと、上流の河川情報（雨量、ダム放流量）の収集を徹底して行ったこと、増水を想定した避難訓練を毎月1回実施し、油漏れの恐れがある発動発電機は車両に搭載し迅速に退避行動ができるようにしていたことなどの現場独自の工夫により、異常出水による人的災害、油流出等の災害は起きず、無事竣工を迎えた。

最後に本工事の施工にあたり、ご指導、ご協力を頂いていた皆様に感謝申し上げます。



写真—11 仮締切設置（平成27年11月）



写真—12 仮締切破堤（平成27年12月）

JCM A

【筆者紹介】

川本 喜憲（かわもと よしのり）
 ㈱安藤・間
 北陸支店 土木部 木沢川橋作業所
 所長

