

水路橋の維持管理について

JR 東日本(株) 信濃川発電所 正会員 ○笠原 隆祐、四宮 卓夫 非会員 伊部 秀之
第一建設工業(株) 非会員 村上 幸司

1. はじめに

大正8年、石炭節約に関する国策として鉄道電化の方針が閣議決定され、信濃川水力開発が昭和6年から4期に分けて進められ、昭和44年に完成した。昭和60年には再開発として5期工事に着工し平成2年に現在の信濃川発電所が完成した。本報は、前述のように長期にわたった工事の中でも、戦争という時代背景を有する第3期工事で建造された水路橋の維持管理について述べるものである。

2. 水路橋の概要と現状

本水路橋は、昭和26年に完成した全長90.5m、幅9.4m、高さ23mのコンクリートアーチ水路橋であり、千手から小千谷発電所間を導水させるために重要な役割を担っている。

水路橋は、新潟県小千谷市南部の急峻な地形で囲まれた河川の上に架設されており、発電用水の架空が目的で建造された。(写真-1)本橋は、日光が地形に遮られ断続的に照射されるため、表面温度の変化が激しい条件を有し、厳冬期には外気温の低下や、山間を吹き抜ける風により、凍害を受けやすい環境下にある。現在の、水路橋の状況は、躯体表面のひび割れが起因となって生じるコンクリートの剥離剥落が多く確認されている。従来から幾度かの修繕を行なっているところではあるが、今後は凍害対策を考慮して更なる延命化を図る必要がある。



写真-1 水路橋全景

3. 修繕方法の検討

修繕方法を考える際には、「どのレベルまで構造物の性能を回復するか」といった目標となる性能水準を設定することが必要となる。図-1に示すとおり、対策を実施する場合の目標性能水準は次の3つが考えられている。

- ①初期性能以上のレベルにまで性能を回復
- ②初期性能程度のレベルにまで性能を回復
- ③現状維持または対策実施以降の性能低下速度を軽減

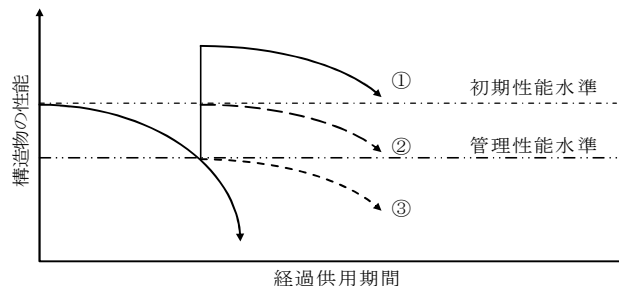


図-1 構造物の目標性能水準

水路橋の現状と、前述の目標性能水準を勘案すると、経年60年を超える構造物として、すでに失った性能を、①に示した初期性能水準以上に回復させるためには、非常に大規模な対策を講じる必要があり、水路橋を使用しながら補強工事を行なうことは困難と判断した。また、③に示す劣化速度を軽減する対策については、今後のライフサイクルコストを考えると、適切な対応とは考えがたい。よって、修繕方法は、②に示す初期性能程度まで性能水準を回復させることを目的とした。

具体的な修繕方法は、水路橋のうちコンクリートの剥離が顕著な箇所では、該当部を取り壊した後、吹付による断面修復工法を施し、ひび割れ箇所については、低圧及び高圧を併用した注入工法を施すこととした。また、今後の凍害による劣化を防止する観点から、断面修復工法及び注入工法を施す箇所に、表面保護工法を追加施工することとした。尚、水路橋は、経年60年を越えるものであり、信濃川発電所の代表的な「古いコンクリート構造物」としての景観保持という観点も勘案して各工法の検討を行なった。以下、凍害に対し特に効果を期待した、断面修復工法と表面保護工法の検討について述べる。

3. 1. 断面修復工法の検討

コンクリートの剥離は、最大で100mmの深さに及んでおり、建設当時の鉛直施工継目から700mmから900mmの範囲で確認されていた。また、施工時は水路内に発電用水が流れていることと、剥離箇所を取り壊し一時的に断面が欠損することを考えると、大面積かつ迅速な施工が要求された。一般に断面修復工法は、大きく分けて吹付工法と左官工法および充填工法に分けることが出来る。今回の修繕期間を鑑みると、型枠組立などに工程が支配されるような充填工法は、適さないと判断し、乾式吹付工法と湿式吹付工法および左官工法で「施工速度」、「施工品質」、「景観性」をキーワードに工法を検討した。(表-1)

乾式吹付は、時間当たりの施工速度が、他と比較して、3倍程度の速度を見込める。また、高い圧力で吹付けるため、

キーワード 水路橋、維持管理、景観性、乾式吹付工法、表面含浸工法

連絡先 〒947-0012 新潟県小千谷市山本 316 番地 エネルギー管理センター 信濃川発電所 TEL0258-82-2702

鉄筋背面へ確実にモルタルを充填できること、100mmの剥離に対しても1層で吹き上げられ、非常に密実な断面を形成できることから、耐凍結融解性も期待できる。一方、景観性を考えると、他の工法より新設としての仕上がりは期待できないが、「古いコンクリートとの一体感」でいえば十分であると判断した。加えて、施工速度や施工品質を考えれば、乾式吹付工法を選定するメリットのほうが大きいと判断し、今回の修繕工法として採用した。

表－1 断面修復の工法評価

工法	項目	施工速度	施工品質	景観性	総評
乾式吹付	内容	施工量1.0m ³ /h程度 積層間隔が数分間程度 大面積の施工が可能	鉄筋背面への充填性が高い 1層の施工厚さが100mm程度 高密度な断面を形成できる	コテ仕上げが困難 些少の不陸が残る	○
	評価	○	○	△	
湿式吹付	内容	施工量0.5m ³ /h程度 積層間隔が数時間程度 大面積の施工が可能	鉄筋背面への充填性が低い 1層の施工厚さが30mm程度 乾式吹付ほどの密度は形成できない	コテ仕上げが容易 仕上がりがきれい	△
	評価	△	△	○	
左官工法	内容	施工量0.04m ³ /h程度 積層間隔が数時間程度 大面積には不向き	鉄筋背面への充填性が低い 1層の施工厚さが10mm程度 乾式吹付ほどの密度は形成できない	仕上がりがきれい	×
	評価	×	△	○	

3. 2. 表面保護工法の検討

一般に表面保護工法は、表面被覆工法と表面含浸工法および断面修復工法に大別される。断面修復工法は、既に施工するものとして、ここでは、表面被覆工法と表面含浸工法を、「耐久性向上」、「維持管理」、「景観性」をキーワードに工法を検討した。(表－2)

耐久性の向上に関しては、含浸工法、被覆工法ともに、凍害に有効であり、中性化を抑止または改善する効果を期待できることが既往の研究から確認できる。維持管理面については、両工法とも、ひび割れや剥離等の劣化に対し、目視は可能であるが、含浸工法では、コンクリートの素地から確認できるのに対し、被覆工法では、ひび割れや剥離に追従した被覆材の劣化を目視できるだけで、コンクリートの劣化事象を間接的にしか判断できない懸念がある。また、施工単価や速度を考えると含浸工法は被覆工法に比べ優れているといえる。景観性についても、被覆材により美観は著しく改善されるものの、今回の目的である、「古いコンクリート構造物」といった景観性は損ねてしまう。以上のことから、今回の修繕工法として、表面含浸工法が最適であると判断した。

表－2 表面保護工の工法評価

工法	項目	耐久性向上	維持管理	景観性	総評
含浸工法	内容	凍害に有効 中性化に有効 ※材料による	劣化視認性が非常に高い 施工単価が安価 施工期間が少ない	無色透明 景観は保持される	○
	評価	△	○	○	
被覆工法	内容	凍害に有効 中性化に有効 ※施工実績も多い	劣化視認性が低い 施工単価が上記の約3倍 施工期間が上記の約2.5倍	被覆材が残置 景観は向上する	△
	評価	◎	△	×	

4. 施工管理

水路橋のひび割れ及び凍害の対策として、前項までで各工法の検討を行なった。構造物の性能水準を確実に初期性能程度まで回復させるためには、工法の検討のみならず、施工管理を適切に行なう必要がある。

4. 1. 断面修復工法

乾式吹付工法は、ドライミックスしたセメント等(以下ドライミックス材)を圧縮空気で吐出口まで圧送し、吐出す直前で水と混合して吹付ける工法である。このため、コンクリートとしての水セメント比は、混合後(吹付後)にしか確認できない弱点がある。尚、湿式吹付工法の場合は、ミキサーで混合した後に、1回/日の頻度で水セメント比を確認(スランプ試験等)している。当該工事では、1日の施工前に仮吹きしたコンクリートを採取後、単位水量試験により施工前の水セメント比管理を行なった。また、施工日の午前午後において、ドライミックス材と水の量を測定し、終日における水セメント比の管理を行なって、前述の弱点を克服した。

4. 2. 表面保護工法

一般に表面含浸工法は、コンクリート表面に含浸を阻害するような物質がある場合は、適切な方法で除去し、施工範囲のコンクリート表面を乾燥状態に維持することを条件に施工しなければならない。当該工事ではコンクリート表面の素地調整として、表面の異物除去はもちろんのこと、表面の乾燥についても、ブロワー等でコンクリートの表乾状態を確保し、高周波式水分計を用いて表面水分率が6%以下であることを確認した後施工を行なった。



写真－3 施工後の状況

5. まとめと課題

水路橋の維持管理として、「立地条件」、「目標とする性能水準」、「景観性」の観点から劣化箇所の修繕方法として、乾式吹付工法および表面含浸工法を適正に選定・施工を行なった。景観的には、構造物の歴史という観点を判断基準に取り入れた点は、本報で特筆すべきことである。実施工に関し、含浸工法を施したところでは期待通りの撥水性能が確認され、凍害に対し有効に働くと思われる。今後、維持管理する上で経過観察を行うと共に、特に表面含浸工法については、経年に伴う含浸深さの動向や、機能低下に伴う再塗布時期などの検討を課題として取り組んで行きたい。

参考文献

- 1) 社団法人土木学会：吹付けコンクリート指針(案)[補修・補強編]，コンクリートライブラリー123，2005。
- 2) 社団法人土木学会：表面保護工設計施工指針(案)，コンクリートライブラリー119，2005。
- 3) 坂元貴之，武若耕司，山口明伸，樋原弘貴：各種表面含浸材の塩分浸透および中性化に対する抑制効果，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp1625－1630，2011