

新潟大堰の長寿命化計画立案 に対する課題について

新保 和庸¹・二木 渉¹

¹信濃川下流河川事務所 管理課 (〒951-8153 新潟市中央区文京町14-13)

新潟大堰は昭和46年竣工に完成した河川管理施設で、日本海に面した関屋分水路の河口部に位置している。新潟大堰の劣化現象は、主に機械設備において、設置後20年を経過した頃から顕著に現れてきており、40年を経過した現在、緊急な対応が必要な管理橋PCケーブルの損傷が確認されたほか、塩害により操作上屋を含む堰柱等の鉄筋腐食が進行している。

本稿では、設置後40年以上が経過し、老朽化が進む新潟大堰について、施設更新にあたってのライフサイクルコスト(LCC)の評価に対し、ゲート等の機械・電気設備の老朽化による課題を抽出し、再評価を行った事例を紹介する。

キーワード 維持管理, LCC評価, 老朽化, 機械・電気設備

1. はじめに

(1) 関屋分水路と新潟大堰

新潟大堰は関屋分水路の河口部に位置し、信濃川本川との分岐点に位置する信濃川水門と連携して、信濃川本川と関屋分水路の分流量を調節する重要な役割を担う。

出水時は信濃川本川沿川を洪水被害から守り、平常時は本川水利施設の利便性向上に貢献している。また、新潟大堰から土砂を排出し、本川河口部に位置する新潟西港の土砂堆積防止や、新潟海岸の砂浜流失防止の役割も担っている。

2. 新潟大堰の概要

(1) 新潟大堰

新潟大堰は、表-1に示すとおりであり、主なものとしては、堰柱6基、主ゲート5門、閘門・魚道ゲ-

表-1 新潟大堰施設諸元

竣工年	昭和46年
施設の目的	塩水の逆流防止、流量調節
本体構造	鉄筋コンクリート構造
本体内諸元	総幅241m(堰純径間41.2m×5門、堰柱6基、魚道、閘門各1箇所) 上下流延長 L=20m、高さ h=22m
基礎形式	鋼管杭(609.6~1016mm、L=15m)
ゲート形式	鋼製ローラーゲート(2M2D) 主ゲート:41.2m×6.4m×5門 その他、閘門・魚道ゲート
上屋構造	RC 幅7.0m×延長8.0m×高4.5m×6基
管理橋構造	橋長L=242.7m、全幅員B=8.8m 構造:ブレンデン単純T桁



写真-1 冬期風浪の様子



写真-2 新潟大堰全景(上流側より望む)

トが各一箇所のほか、管理用として新潟市道との兼用工作物である管理橋が備えられている。

(2) 新潟大堰の主な役割

前述したとおり、新潟大堰は信濃川水門と連携し、信濃川本川下流域の水害の軽減に大きく寄与している。平成23年7月の新潟福島豪雨時には、新潟大堰から既往最大となった洪水の大半（約2,600m³/s）を放流できたため、県都新潟市は信濃川の氾濫による被害を免れた。この時、関屋分水路がなかったら信濃川水門から萬代橋までの全川にわたって堤防の決壊・はん濫が生じ、大きな被害が発生したと推定される。

3. 新潟大堰の損傷概要

(1) 劣化を放置した場合の危険性

上屋の底部については、鉄筋の腐食・膨張によりかぶりコンクリートのひび割れ、剥離そして剥落が進行する危険性が高い。特に、新潟大堰の管理橋は区道として一般住民も使用されており、剥落による「第三者への影響」が懸念される。現在は、底をネットで覆い、コンクリート剥落による一般住民への安全策を実施している。

上屋、門柱、堰柱については、部分的に表面被覆が剥がれてきている。これは、波か洪水の影響もあるとともに、コンクリートの再劣化によるひび割れの発生など挙げられる。現在の表面被覆工は平成4年に施工されており、約20年経過している。劣化因子（ここでは塩分や水分）の遮断を目的として施工されているが、環境条件の厳しさを考え合わせると、部分的にはあるが被覆材の浮きも見られることから、更新時期に達しているものと考えられる。

更に、現在のゲート形式は引き上げ式であることから、流量調整用のゲートは宙に浮いた状態となっており、冬期風浪などににより繰り返し衝撃を受け、振動に弱く、戸あたり部がたびたび損傷を受けるなど、ゲート形式については、今後検討する必要がある。

(2) 上屋・堰柱・門柱の劣化原因と劣化度

新潟大堰で発生した、あるいは発生している変状の主たるものは「劣化」で、またその劣化原因は、「塩害」および「アルカリ骨材反応」とであると評価

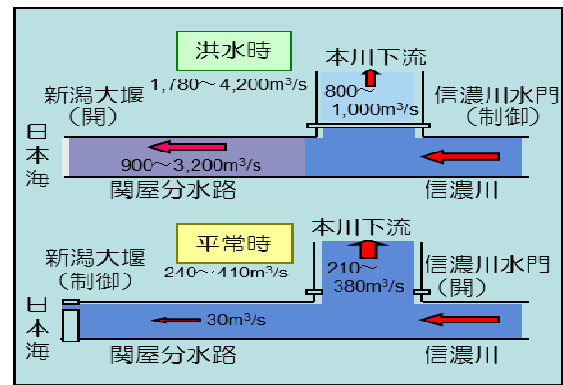


図-1 新潟大堰・信濃川水門の操作方法

された。なお、塩害については、初期欠陥である「かぶり不足」が大きく影響している。

1) 塩害による劣化度

塩害による劣化度は、鉄筋位置での塩化物イオン量から判定した。非破壊試験を用いた土木コンクリ

表-2 「劣化原因ごとの劣化の程度-塩害-」に関する劣化度

鉄筋位置での全塩化物イオン量	劣化の程度に関する判定結果
2.5kg/m ³ 以上	B
1.2kg/m ³ 以上、2.5kg/m ³ 未満	C
0.3kg/m ³ を超えて、1.2kg/m ³ 未満	D1
0.3kg/m ³ 以下	D2

「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアルP127」

表-3 劣化度と補修の要否

劣化度	補修の要否
A	補修・補強の必要性が高い。構造物の耐荷性能についての検討を早急に行い、補修・補強の要否や補修方法などを検討することが望ましい。
B	補修を実施することが望ましい。構造物の今後の劣化予測を行い、補修の要否や補修方法などを検討することが望ましい。
C	すぐに補修が必要であるとは限らない。しかし、構造物の今後の劣化予測を行って維持管理の計画を立てることが望ましい。
D	D1 現状では補修は必要ない。しかし、構造物の今後の劣化予測を行って維持管理の計画を立てるとよい。
	D2 当面は補修を必要としない。通常の定期点検を主体とした維持管理で十分である。

「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアルP130」

ート構造物の健全度診断マニュアルでは、表-2 の劣化度判定表を利用している。

なお、劣化度 A, B, C, および D と補修要否との関係は、表-3 に示すとおりである。結果として、新潟大堰の劣化度は「D1」と評価される。

2) アルカリ骨材反応による劣化度

社団法人ダム・堰施設技術協会が、平成 5 年度に実施した「新潟大堰維持管理検討業務委託」では、建設後約 21 年(その時点で)経過している堰柱のアルカリ骨材反応の進行はほぼ終了していると評価されている。この結果を参考にして評価すると、平成 3 年の調査で確認されたアルカリ骨材反応によると思われるひび割れは、ほぼ安定状態にあると考えられる。

したがって、アルカリ骨材反応による劣化度の評価は、前述の結果とひび割れの発生状況を基に、非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアルにより実施した。表-4 に判定表を示す。

結果として、新潟大堰の劣化度は「C」と評価される。

3) 上屋の劣化原因と劣化度

① 劣化原因

表層部が比較的塩化物イオン量が高く、特に屋根といった、かぶりが薄い箇所は塩化物侵入による鉄筋の腐食膨張に伴うひび割れが発生していることから劣化原因を「塩害」とした。

また、屋根の庇はかぶりが 2cm しかないため、「中性化」も劣化要因となっている。

② 劣化度

コンクリートの劣化については、下表に示すとおりである。外観上の劣化については、外観調査結果(ひび割れ、錆汁、浮きの確認)を踏まえ、現在、潜伏期～劣化期のどの状態にあるか評価した。鉄筋かぶりの薄い屋根については加速期、壁については、1号上屋では潜伏期～進展期、6号上屋では潜伏期～加速期の状態となる。

また、コンクリートの塩化物イオン濃度から劣化度を判定した場合、1号上屋では屋根が C、壁が D と判断した。また6号上屋については、壁が B～D、屋根を B と判断した。なお、屋根の塩化物イオン濃度は、調査した壁部のかぶり 0mm～20mm 位置での結果を用いた。

中性化については、かぶりの薄い屋根の底部を B～C と判断し、その他は D1 とした。以上のことから、

表-4 「劣化原因ごとの劣化の程度-アルカリ骨材反応-」に関する劣化度

		膨張量試験による評価結果	
		膨張量が 0.05% を超える	膨張量が 0.05% 以内
詳細目視調査による観察結果アルカリ骨材反応に起因すると見られる変状の程度	著しい変状が見られる	B	B(または D2)
	ひび割れがあり、開口している	C	C(または D2)
	ひび割れはあるが、析出したゲルで埋まっている	D1	D2
	アルカリ骨材反応に起因する変状は見られない	D1	D2

「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル P120」

表-5 「劣化原因ごとの劣化の程度-塩害-」に関する劣化度

鉄筋位置での全塩化物イオン量	劣化の程度に関する判定結果
2.5kg/m ³ 以上	B
1.2kg/m ³ 以上, 2.5kg/m ³ 未満	C
0.3kg/m ³ を超えて, 1.2kg/m ³ 未満	D1
0.3kg/m ³ 以下	D2

「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル P127」

表-6 「劣化原因ごとの劣化の程度-中性化-」に関する劣化度

中性化残り	劣化の程度に関する判定結果
0.0mm 未満	B
0mm 以上, 10mm 未満	C
10mm 以上, 30mm 未満	D1
30mm 以上	D2

「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル P128」

外観上および塩化物イオン濃度から 6 号を優先的に補修の実施が必要となる。また 1 号やその他上屋についても、多少の劣化進行が確認できることから、今後補修することが必要である。なお、劣化度 A, B, C,

および D と補修要否との関係は、表-7 に示すとおりである。

表-7 劣化度と補修の要否

劣化度		補修の要否
A		補修・補強の必要性が高い。構造物の耐荷性能についての検討を早急に行い、補修・補強の要否や補修方法などを検討することが望ましい。
B		補修を実施することが望ましい。構造物の今後の劣化予測を行い、補修の要否や補修方法などを検討することが望ましい。
C		すぐに補修が必要であるとは限らない。しかし、構造物の今後の劣化予測を行って維持管理の計画を立てることが望ましい。
D	D1	現状では補修は必要ない。しかし、構造物の今後の劣化予測を行って維持管理の計画を立てるとよい。
	D2	当面は補修を必要としない。通常の定期点検を主体とした維持管理で十分である。

「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル P130」

4) 管理橋の劣化原因と劣化度

新潟大堰管理橋の上部工は、詳細調査結果より、塩害よりアルカリ骨材反応が卓越した損傷が発生していると考えられ、外観目視調査、促進膨張試験結果及び圧縮強度試験コアの挙動からもアルカリ骨材反応は、現時点で進展しておりさらにひび割れが進展する可能性が高いものと推定された。

写真-2 のとおり、第4経間 G 桁ではクラックが大きく開き、すでに内部のケーブルが腐食により消滅していた部分も有り、平成 23 年度には外ケーブルと炭素繊維による補修をおこなっている。その他の経間、桁については、クラックは認められるものの、ケーブル等は健全で有り、緊急的に対応する必要性は少なく、計画的な補修が必要とされている。



写真-3 第4経間G桁フランジのクラック

5) 機械・電気設備の劣化原因と劣化度

当初は、損傷箇所とその程度が明らかになり次第、速やかに対応していたが、設置後 20 年経過後からゲート等の劣化が顕著になり、特に、維持流量の放流のため、ゲートの開度調整している箇所は、ゲートが宙に浮いた状態のため、主ゲートローラ軸が冬期風浪などで繰り返し衝撃を受け、戸当たりがたびたび損傷を受けている状態である。また、河口部に有りながらステンレス製の扉体が採用されておらず、定期的な塗装のほか、扉体の内部補強桁等も腐食し、補強の必要が生じている。

4. LCC（ライフサイクルコスト）の評価

設置後 40 年が経過し、塩害等により堰の老朽化が著しく、今後劣化予測を行い、維持管理の計画を立て、適宜補修を行っていく必要性が指摘された。特に管理橋は、アルカリ骨材反応に塩害が加わって、著しいダメージを受けており、長寿命化のための早期補修や今後の維持管理について相当の費用を要することになる。また、機械施設の技術革新が進む中で、ゲート等の機械設備の老朽化も著しいことから、①管理橋架け替え案および②補修延命案に対し、③大堰本体および管理橋を全て更新する案（以下、更新案と記す）について、LCCによる評価の観点から比較検討を行うとともに、それぞれの課題や問題点を整理した。

(1) 更新案

更新案について、設置位置を設定し、延長・ゲート形式・支間割り・橋梁形式・基礎形式等を経験的に設定する。設置位置は、現堰より下流側、現堰～浜浦大橋間、浜浦大橋上流等から総合的に適切な位置を設定した。併せて、河川内における、基礎施工法、止水・仮設工法、橋梁架設方法、現堰の撤去方針等を想定した。

検討結果として、現在の機能が維持でき、コストが最も安価となる現堰～浜浦大橋間に設置する案を抽出した。

(2) ①管理橋架け替え案および②補修延命案

管理橋の予備設計検討時に①管理橋架け替え案において1位として選定された案（バブルT桁+下部工耐震補強）および②補修延命案（管理橋は、外ケーブル+炭素繊維補強対策）を比較案とした。

(3) LCCの算定

コストはイニシャルコスト（建設コスト+既設撤去コスト）と維持管理コストの両方を算定した。

LCCは、①現堰の余寿命相当である60年後および②更新案の目標耐用期間相当である100年後の2種類について算定し、更新案、管理橋架け替え案および補修延命案について60年目、100年目のコストを比較した。

更新案（CASE1）、管理橋架け替え案（バルブT桁）案（CASE2）、補修延命案（CASE3）として以下に示す。

表-8 更新案と架替え案のLCC算定イメージ

	初期	～60年(①)	60年以降	～100年(②)
更新案(CASE1)	堰・橋梁新設費	維持管理費	維持管理費	維持管理費
架替え案(CASE2)	管理橋架替え費	維持管理費	堰・橋梁新設費	維持管理費
補修延命案(CASE3)	補修・補強費	維持管理費	堰・橋梁新設費	維持管理費

1) 堰新設時の工事費；昭和43年施工からの推定

関屋分水路事業誌(P659)によれば、新潟大堰の工事費は2,190百万円であった。

「治水経済マニュアル H24.2 改正 国土交通省」により、現在価値に換算した。

- H43時点；28.4
 - H22年現在；103.7 ※(H17年を100とした)
- 現在価値にした場合の事業費；2190百万円×103.7/28.4=8,000百万円

2) 堰の維持管理費

「信濃川下流大規模河川構造物耐震対策設計業務委託 H22年2月」において、現施設の延命化を図るために、耐震補強を含め、今後60年に必要となる新潟大堰の維持管理費を算定した。

なお、対象は土木施設、機械設備、管理橋を対象とし、更新案の維持管理費は、耐久設計による劣化抑制を勘案して、現大堰維持管理費の60%とした。

3) 算定したLCCの基本的な考え方

表-9 新潟大堰維持管理費

維持管理費(百万円)		備考
堰本体	901百万円	耐震補強(鋼板巻立)したものとする。堰柱、門柱の表面被覆工は行わない。上屋は継続して被覆工実施。
管理橋	884百万円	
機械設備	8,714百万円	
合計	10,500百万円	管理橋を除けば、約9,615百万円

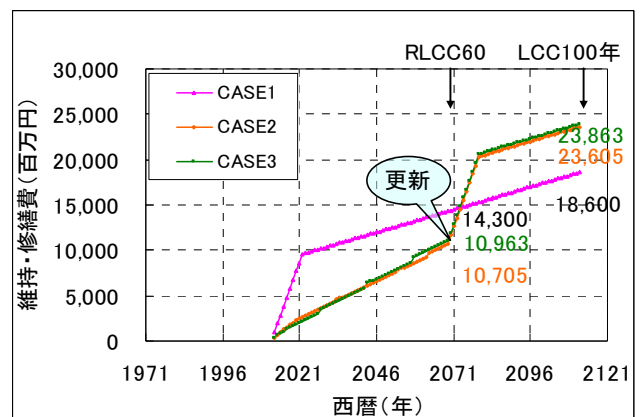


図-2 新潟大堰更新LCCの比較

- ① 初期コストは、更新案が現堰と同程度のものを設置すると仮定し、約80億円、架け替え(管理橋)案がバルブT桁橋+下部工の耐震補強で約11億円、補修延命案(管理橋を含む)が外ケーブル+炭素繊維補強で約5億5千万円。
- ② 維持管理費(LCCに見込む費用)
 - ・堰本体：鋼材巻き立ての耐震補強
表面被覆工(15年ごと)
ひび割れ補修
詳細点検(10年ごと)
定期点検(5年ごと)
 - ・管理橋：定期点検(5年毎)
調査委調査、補修設計(10年ごと)
維持補修工事(実績値参照)
 - ・機械設備：河川用ゲート設備 点検・整備・更新検討マニュアル(案)に基づき予防保全的修繕(修繕費用は実績値参照)更新、点検

4) LCCの比較検討

3つのケースについて行ったLCCの比較検討の結果を図-2に示す。

なお、LCCの検討にあたっては、ミニマムメンテナンス橋に関する検討 H9年6月（建設省土木研究所）、ミニマムメンテナンスPC橋に開発に関する共同研究報告書（I）H13年3月（国土交通省土木研究所）、鋼橋のライフサイクルコスト 2001年改訂版（（社）日本橋梁建設協会）、治水経済マニュアル H24.2改正（国土交通省）を参考にした。

図-2によれば、検討更新案は初期投資が大きくなるため、現施設の余寿命相当である60年後においてもCASE2、CASE3が、CASE1のコストを上回ることはない。しかし、今回の検討においては、津波対策あるいはゲートの形式変更などは考慮はしていないため、正しいLCCの評価とはなっていない。

5. まとめ

維持管理費が増加の一途を辿る中、施設の長寿命化計画が着々と策定されている。新潟大堰についても、厳しい気象条件下に置かれながら、独自の管理マニュアルを策定し、大きな損傷に至る前に的確な点検、補修を行い、現在に至っている。

今回行ったLCCの検討からは、今後老朽化予測を行い、的確な維持管理を行うことで、余寿命である60年間を全うさせることが、一番経済的であることが示されたが、新潟大堰を継続的に管理していくに当たっては、津波対策や現堰の構造上の懸案解消と言った点、更には管理橋の補強の際に適用した外ケーブルの再劣化時の対応等について未検討であるため、今後更に検討を重ね、正しいLCCを算出した上で、比較検

討を行い、施設改修の方向性を明確にしていく必要がある。

今回、本調査結果のとりまとめにあたって、貴重な資料を提供頂くとともに、ご指導いただきました建設技術研究所の皆様方には、この場をお借りして感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル(平成20年4月)
- 2) ミニマムメンテナンス橋に関する検討 H9年6月（建設省土木研究所）
- 3) ミニマムメンテナンス PC 橋に開発に関する共同研究報告書（I）H13年3月（国土交通省土木研究所）
- 4) 鋼橋のライフサイクルコスト 2001年改訂版（（社）日本橋梁建設協会）
- 5) 治水経済マニュアル H24.2改正（国土交通省）
- 6) 新潟大堰管理橋における PC ケーブル損傷箇所の補強について(遠山晃・二木渉 信濃川下流河川事務所管理課)
- 7) 海に面した河口堰（新潟大堰）における冬期波浪等を考慮した大規模地震動対策検討(村山英俊・青木剛・大上陽平 信濃川下流河川事務所調査設計課)
- 8) 新潟大堰のアセットマネジメント(木村勲・藤崎稔彦・高本康貴 信濃川下流河川事務所管理課)
- 9) 大河津可動堰改築事業(国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所)
- 10) 信濃川下流大規模河川構造物耐震対策設計業務委託 H22年2月(国土交通省北陸地方整備局信濃川下流河川事務所)