

新黒川水門の詳細点検及び長寿命化対策の検討

北陸地方整備局 信濃川河川事務所 管理課 小山英夫

○有澤良佑

1. はじめに

新黒川水門は、新潟県長岡市与板地先（信濃川左岸と黒川の合流点付近）に位置し、信濃川から黒川への逆流防止を目的とした3径間プレートガーダ鋼製ローラゲート施設である。本施設は完成後約50年（竣工昭和44年）が経過しており、施設の経年劣化による機能の低下が懸念される状況であった。このため、本稿では本施設の土木構造物に関する詳細点検、機能確保状況および長寿命化を図るための対策工検討についての事例を報告する。

2. 施設の現状

新黒川水門の主要構造諸元を表-1に、施設の全景を写真-1、堰柱の状況を写真-2、頂版下面の状況を写真-3に示す。現状において、施設に多数の亀甲状のひび割れが発生していることが特徴である。既往の調査結果から、コンクリートコアを用いたアルカリシリカ反応試験において「無害でない」結果が確認されており、ひび割れはアルカリ骨材反応（以下、ASR反応）が原因であることが推定されている。なお、過去の補修工事としてはひび割れ補修やコンクリートへの雨水の浸水防止を目的とした表-2に示す補修が実施されている。しかし、経年的にひび割れが発生しており、ASR反応の進行を考慮した対策工法を詳細点検結果から判断する必要がある。



写真-1 新黒川水門全景（上流側）



写真-2 新黒川水門堰柱



写真-3 新黒川水門頂版下面

表-1 新黒川水門の主要構造諸元

完成年	1969年3月（昭和44年）
全長	22.5m
径間割	15.0m×3径間
ゲート形式	プレートガーダ鋼製ローラゲート方式
開閉装置形式	ワイヤーロープウインチ式
構造形式	箱型形式
本体基礎形式	鋼管杭基礎

表-2 新黒川水門補修工事履歴

年度	工種	施工箇所
H12～H15	ひび割れ注入工	取付擁壁、門柱、堰柱、頂版下面、管理通路
	塗膜防水工	頂版上面、管理通路上面
H26	撥水系表面保護工	門柱、頂版下面、堰柱、管理通路

3. 詳細点検調査計画

(1) 調査方針

新黒川水門において、施設の経年劣化や機能確保に関する評価を行うための調査方針を以下に示す。

a) 水門を構成する各部位の調査の実施

本水門は「頂版」、「門柱」、「堰柱」、「取付擁壁」といった部位で構成されている。水門全体を評価するために、これらの各部位で調査を行うことを基本とする。

b) 構造耐力への影響評価に関する調査の実施

構造耐力への影響評価に関する調査項目について、以下の調査を実施するものとする。

- ・コンクリート強度：コア採取による圧縮強度試験、静弾性係数試験を実施する。
- ・鉄筋径、かぶり：コンクリートのはつりを行い、現状の腐食度を反映した鉄筋径鉄筋かぶりの実測値を計測する。
- ・その他、外観調査として著しいひび割れやコンクリート変状の記録を行う。

c) コンクリートの各劣化要因に関する調査の実施

コンクリートの劣化要因の特定および対策工の検討を行うために、コンクリートの主な劣化要因のうち、試験によって定量的に評価することが可能な「塩害」、「中性化」、「ASR反応」に関する調査を実施する。

なお、「ASR反応」に関しては、補修対策工の検討材料として必要となる今後のコンクリートの残存膨張量に関する調査を実施する。

(2) 調査内容

上記調査方針に則り、実施した調査項目を表-3に、調査箇所を図-1、図-2に示す。

a) 調査項目

水門を構成する各部位において、「構造耐力への影響評価に関する調査」、「コンクリートの各劣化要因に関する調査」、「外観調査」を行った。

b) 調査位置

水門を構成する「頂版」、「門柱」、「堰柱」、「取付擁壁」の各部位にて、過年度調査位置を考慮した調査位置を選定した。また、選定した調査位置において、はつり調査や各種試験用のコア採取を行った。「外観調査」は施設全体を確認した。

表-3 調査項目一覧

No	調査項目	目的	調査結果の使用用途
1	はつり調査	鉄筋かぶり・鉄筋径・腐食状況の把握	・劣化状況の評価 ・構造耐力への影響評価
2	圧縮強度・静弾性係数試験	圧縮強度・静弾性係数の把握	・劣化状況の評価 ・構造耐力への影響評価
3	塩化物イオン量試験	コンクリート表面～鉄筋位置における塩化物イオン量分布の把握	・コンクリート劣化原因（塩害）の推定
4	中性化深さの測定	コンクリートの中性化深さの把握	・コンクリート劣化原因（中性化）の推定
5	アルカリシリカ反応試験（化学法）	アルカリ濃度減少量の経年変化の把握、ASRが無害であるかの確認	・既往調査結果との比較によるASR進行性の確認
6	残存膨張量試験（アルカリ浸漬法）	ASR反応の進行性の把握	・ASR反応による劣化が生じるかどうかの推定
7	外観調査	ひび割れ状況、コンクリートの変状の把握	・劣化状況の評価

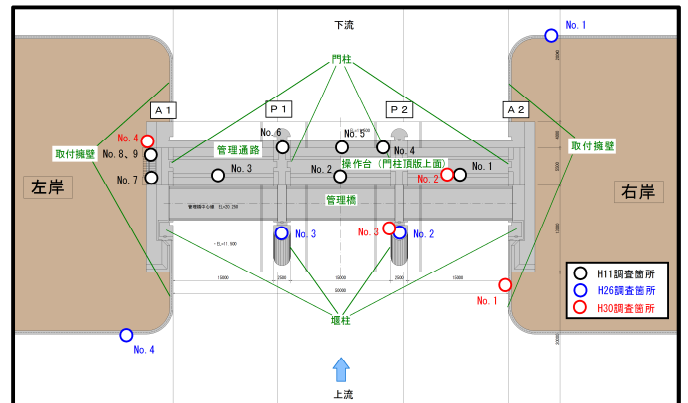


図-1 調査位置図（平面図）

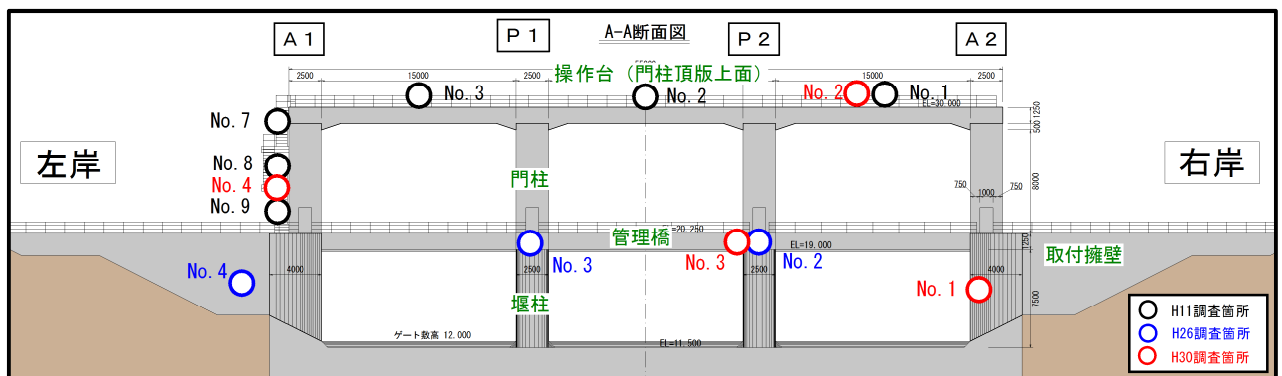


図-2 調査位置図（正面図）

4. 詳細点検結果

(1) はつり調査・コンクリート試験結果

はつり調査・コンクリート試験結果を、調査項目別に表4～表8に示す。判定は「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」¹⁾を参考とした。

表4 はつり調査結果 (かぶり・鉄筋径・腐食度)

位置	かぶり(mm)			鉄筋径 (mm)				鉄筋腐食度 評価	
	鉄筋	設計値	実測値	判定	鉄筋	設計値	実測値		判定
頂版	主筋	75	121	OK	主筋	D32	D32	OK	II
	配力筋		153	OK	配力筋	D16	D16	OK	
門柱	主筋	100	93	7mm不足	主筋	D32	D32	OK	II
	配力筋		68	32mm不足	配力筋	D16	D16	OK	
堰柱	主筋	100	112	OK	主筋	D10	D13	OK	II
	配力筋		93	8mm不足	配力筋	D13	D13	OK	
取付擁壁	主筋	75	97	OK	主筋	D13	D13	OK	II
	配力筋		87	OK	配力筋	D13	D13	OK	

※鉄筋腐食度II：部分的に浮き錆があるが、小面積の斑点状態

【補修の要否：否】 (写真4)



写真4 門柱鉄筋腐食状況

表5 コンクリート試験結果 (圧縮強度・静弾性係数・中性化)

位置	圧縮強度 (N/mm ²)		判定	静弾性係数 (kN/mm ²)		判定	中性化残り (mm)	残り10mm までの年数
	基準値	試験値		基準値	試験値			
頂版	24	37	OK	19.7	26.8	OK	120	100年以上
門柱	24	44	OK	19.7	33.5	OK	93	(中性化無し)
堰柱	24	30	OK	16.2	19.8	OK	112	(中性化無し)
取付擁壁	24	41	OK	19.7	79.6	OK	97	(中性化無し)

表6 コンクリート試験結果 (塩化物含有量)

位置		塩化物含有量 (NaCl %)			塩分含有量 (kg/m ³)		
		基準値	試験値	判定	基準値	試験値	判定
頂版	壁面-8~10cm	0.03	0.013	OK	1.2	0.193	OK
門柱	壁面-8~10cm	0.03	<0.008	OK	1.2	0.119	OK
堰柱	壁面-8~10cm	0.03	<0.008	OK	1.2	0.119	OK
取付擁壁	壁面-8~10cm	0.03	<0.008	OK	1.2	0.122	OK

表7 コンクリート試験結果 (アルカリシリカ反応)

位置	アルカリ濃度減少量Rc (mmol/l)	溶解シリカ量Sc (mmol/l)	判定
門柱	71	90	無害でない

※判定は溶解シリカ量Sc/アルカリ濃度減少量Rcが1未満は「無害」、1以上の場合は「無害でない」と判定する。

表8 コンクリート試験結果 (残存膨張量)

試料名	膨張率 (%・促進期間)							判定 OK: 値<0.1%
	0日	1日	3日	7日	14日	21日	28日	
頂版	0.000	0.029	0.034	0.041	0.041	0.043	0.043	OK
堰柱	0.000	0.019	0.022	0.028	0.028	0.028	0.028	OK
取付擁壁	0.000	0.017	0.023	0.040	0.040	0.040	0.040	OK

上記試験結果を受けて、コンクリートの劣化の観点からの健全度評価内容を以下に示す。

- 鉄筋かぶりにて不足箇所は確認されたものの、鉄筋径及び腐食度は補修が必要な変状ではなかった。
 - コンクリート強度及び静弾性係数は許容値を満足した。
 - 中性化は進行していなかった。
 - 塩害は無害であった。
 - ASRは「無害でない」ことが確認されたが、残存膨張の進行は収束していることが確認された。
- これらから、ASR対策は必要ないと判断した。

(2) 外観調査結果

外観調査は、未補修箇所の変状及び平成12~15年度に実施された補修対策工事後に発生したと考えられる著しいひび割れ等の変状を対象として、変状写真の撮影及び損傷図の作成を行った。取付擁壁の現地写真を写真-5に、損傷図の例を図-3に示す。

補修対象となる変状として、以下の変状が確認された。

- 施設全体に確認されるひび割れの発生
- 取付擁壁打継ぎ目に確認される漏水・褐色の滲出物の発生

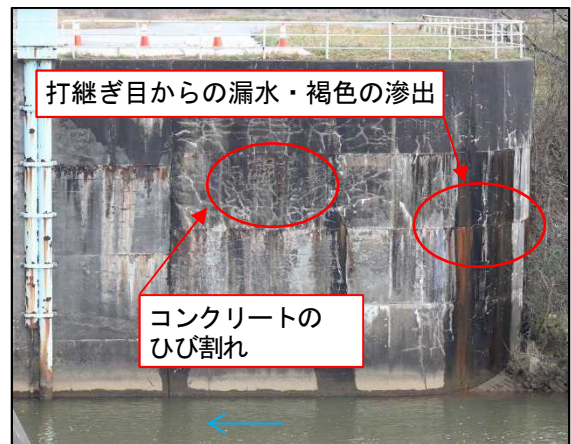


写真5 取付擁壁 (右岸上流部) 変状状況

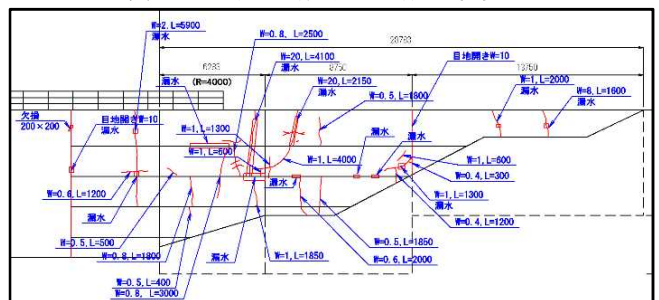


図3 損傷図例 (右岸上流部)

(3) 地質等調査による褐色滲出物の原因推定

上述のとおり、取付擁壁打継ぎ目には錆汁に似た褐色の滲出物が確認された。また、この滲出物は右岸より左岸に多く確認された。この滲出物の要因確認を目的として、取付擁壁背面土のボーリング調査および水質調査を実施した。ボーリング調査位置を図-4に、調査結果より想定される地質断面図を図-5に示す。

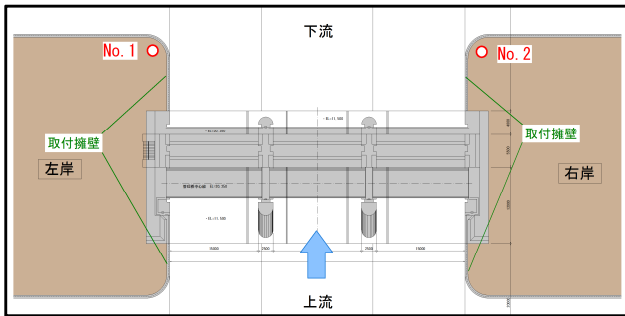


図-4 ボーリング調査位置

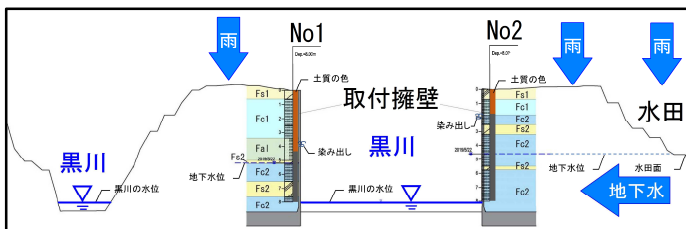


図-5 地質想定断面図

ボーリング調査および水質調査結果から、以下の理由により、褐色の滲出物は鉄筋の錆ではなく地下水由来の可能性が高いと考えられた。

- 地下水に鉄分が含まれている。
- 取付擁壁の左右岸で比較された褐色化の状況（左岸側の方が褐色箇所が多い）と、左右岸の地下水の鉄分量（左岸側の方が鉄分量が多い）とに相関が見られる。
- 地形条件から推定される土壌からの地下水への溶け出しやすさ（地下水の供給源から判断して、右岸よりも左岸の方が地下水の滞留時間が長く、土壌から鉄分が溶け出しやすと考えられる）と左右岸の地下水の鉄分量（左岸側の方が鉄分量が多い）とに相関が見られる。

5. 機能確保状況の評価

詳細点検結果から、各部位において鉄筋径や圧縮強度は問題ないことが確認された。ただし「頂版」・「堰柱」・「取付擁壁」で鉄筋かぶりが設計値より大きい箇所が確認されたため、実測かぶりをを用いた断面計算を実施し、構造耐力に問題が無いことを確認した。以上より本施設の土木構造物は、現時点で所要の機能が確保されていると考えられる。

6. 補修対策工の検討

(1) 補修内容の抽出

a) 現状の機能確保を目的とした補修

上述の検討結果より、現状で施設の機能確保状況は問題無いと考えられる。このため、当該内容を目的とした補修は実施しない。

b) 施設の劣化対策を目的とした補修

上述の調査結果より、本施設においてはひび割れ等の変状（劣化）が確認された。「ひび割れ（打継目の隙間を含む）」を今後放置した場合、変状箇所からコンクリートの劣化および鉄筋の腐食の進行が懸念されることから、施設の耐久性の回復を目的とした補修を実施する。

以上より、本施設の補修内容としては、施設の劣化対策を目的とした「ひび割れ補修（打継目の隙間を含む）」を実施するものとした。

(2) 補修対策工の検討

コンクリート構造物の補修工法には、漏水処理、表面被覆・含浸工法、断面修復工法、ひび割れ修復工法および電気化学防食工法等がある²⁾。

本施設においては、コンクリートの材料に起因するひび割れは収束していると考えたことから、コンクリートのひび割れ部を塞ぐことで劣化因子の浸入防止やコンクリートの一体化を図り、コンクリートの劣化進行を抑制する工法として、ひび割れ幅に応じて以下の工法を選定した。

➤ ひび割れ注入工法（ひび割れ幅：0.3～5.0mm）

➤ ひび割れ充填工法（ひび割れ幅：5.0mm以上）

なお、補修材は、ひび割れの挙動に対する追随性及び耐用年数（40年）から「ひび割れ修復工法（樹脂系）」を採用した。

7. おわりに

本検討の結果を用いて今後補修対策を実施していくことになるが、今後も毎年実施する目視点検および一定の期間毎に実施する詳細点検により、現状の変状の進行および新規の変状の有無等に注意することが必要である。また、施設の機能確保の観点からは補修の緊急度が低い変状においても、予防保全の観点から必要と考えられる補修工は計画的に実施して、施設の長寿命化を図ることが重要である。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所、日本構造物診断技術協会：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
- 2) 国立研究開発法人土木研究所：コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル（案）