

プロジェクト紹介【寄稿】

大河津分水路固定堰の現況調査 および記録保存

下 菌 晋 一 郎

SHIMOZONO Shinichiro

日本工営株式会社
コンサルタント国内事業本部
交通運輸事業部
インフラマネジメント部
技師



はじめに

大河津分水は信濃川の洪水を日本海へ流し、越後平野に安定した流量を確保する施設であり、洗堰、可動堰、固定堰、床固・床留群から構成される。当初の大河津分水路は、明治42年に本格的な工事が始まり、昭和6年に現在の形となった。

大河津分水の完成により、年平均2~3回発生していた越後平野の水害は激減し、越後平野は目覚ましい発展を遂げた。例えば、平成23年7月に起こった新潟福島豪雨では、上流からの洪水を日本海へ流し、下流域の洪水の影響を最小限に止めたことは記憶に新しい。

一方で大河津分水は、これまでも災害や経年劣化により、分水路の機能を維持するための維持工事や補修工事が繰り返し実施されてきた。

既に、洗堰は平成4年から改築され平成12年に新洗堰として完成している。また、昭和6年に完成した可動堰についても、基礎部分の空洞化などの老朽化が進み、安全性が低下したため、洪水に耐える新たな可動堰が必要となり、平成15年度から新可動堰の建設事業がスタートしている。平成24年

11月23日には新可動堰が通水し、旧可動堰から洪水を安全に流す役割が受け継がれた。

今回紹介する固定堰は、可動堰の新設に合わせて撤去された施設である。この固定堰は、旧可動堰が建設される以前に陥没崩壊した自在堰と同時(大正11年)に建設された。現存する大河津分水の中では最も古く、竣工後90年以上経過している施設である。

本プロジェクトは、北陸地方整備局信濃川河川事務所からの発注業務であり、固定堰の構造や使用材料について、把握・記録する観点から調査を実施した。



写真1 大河津分水路固定堰(平成22年5月31日撮影)

ここでは、歴史的建造物の貴重な知見が得られたため、その結果を報告する。

調査概要

● 調査項目

- ① 既往資料収集・整理：固定堰の構造、工事変遷の把握
- ② 堰表面観察：表面構造の把握
- ③ 堰断面観察：断面構造の把握
- ④ 木杭、鋼矢板観察：材料劣化把握
- ⑤ コア目視観察：コンクリート状態把握
- ⑥ 室内試験：コンクリート性状把握

● 調査位置

本調査の調査位置および部位名称を図1に示す。固定堰は表面構造の違いから3つのタイプ(A~C)に分類した。断面観察はタイプBのみ実施した。

■ 調査結果

● 固定堰の工事変遷

本業務で収集した資料(表1)を基に、固定堰の工事変遷を整理した(表2)。大正11年の竣工後、機能を維持するために補修工事が繰り返し実施され、現状の構造となった。

● 堰の構造

表面の堆積土砂を撤去・洗浄した後、堰表面を目視観察し、スケッチ、写真で整理した。表面の材質および変状の概要を以下に示す。

- ① 越流部上流側に石と間詰めコンクリートが使用されていた(写真2左)
- ② 越流部天端部のコンクリート表面に磨耗、骨材露出、欠損が確認された
- ③ 水叩部はコンクリート張工であった(写真2右)

堰撤去に併せ、堰断面を平滑に形成し、目視観察を実施し、使用材料や寸法をスケッチ、写真にて整理した。堰断面の特徴を以下に示す。また、代表例として、越流部の堰断面観察結果を表3に示す。

表2 固定堰の工事変遷

年代	変遷	工事概要
大正11年	固定堰竣工	・ 固定堰竣工
昭和3年	固定堰補修工事	【越流部下流法先】 ・ 5m鋼矢板打ち込み、鋼矢板上部への被覆コンクリート施工 【水叩補足部】 ・ 捨石留として帯工(床留杭として木杭埋め込み)施工 ・ 1~3区間目は割石と間詰めコンクリート施工 ・ 4区間目はじゃかご工の上に被覆コンクリート施工 ・ 最下流部に10mの鋼矢板打ち込み後、鉄筋にて床留杭と繋ぎ
昭和43年	固定堰維持修繕工事	【水叩部】 ・ 旧コンクリート上に鉄筋コンクリート施工
昭和53年	水叩補足部補修	【水叩補足部】 ・ 3区間目のコンクリート張工
昭和57年	固定堰災害復旧工事	【水叩補足部】 ・ タイプA(施工延長75m)の1区間目、2区間目のコンクリート張工 ・ タイプC(施工延長100m)の2区間目のコンクリート張工

- ① 帯工の固定に木杭が埋め込まれていた
- ② 水叩補足部4区間目は表面にコンクリート版が施工されており、下には玉石を使った鉄線籠工(じゃかご工)が施工されていた

堰表面観察および堰断面観察結果より、竣工時の構造と現状は変わりなく維持されていた。また、これまで被災等で工事を繰り返し

行ってきたが、残された工事記録とほぼ同様の構造および材料が使用されていることを確認した。

● 材料劣化(木杭、鋼矢板観察)

堰撤去作業で回収した木杭および鋼矢板について、腐食状況等をスケッチ、写真撮影し、寸法を簡易測定した。代表例として、越流部上流法先の木杭断面の腐食状況を写真3に示す。越流部上流法先の木杭(径12cm)表面は、黒っ

表1 固定堰に関する収集資料

既往資料	発行機関	発行年月
「信濃川補修工事 概要」	内務省新潟土木出張所	昭和12年8月
「信濃川大河津自在堰の破壊と補修工事について」	建設省信濃川工事事務所	昭和29年6月
「信濃川大河津分水誌(第2集)、(第2集別冊)」	建設省長岡工事事務所	昭和44年3月
「固定堰災害復旧工事設計書」	建設省信濃川工事事務所	昭和53年10月

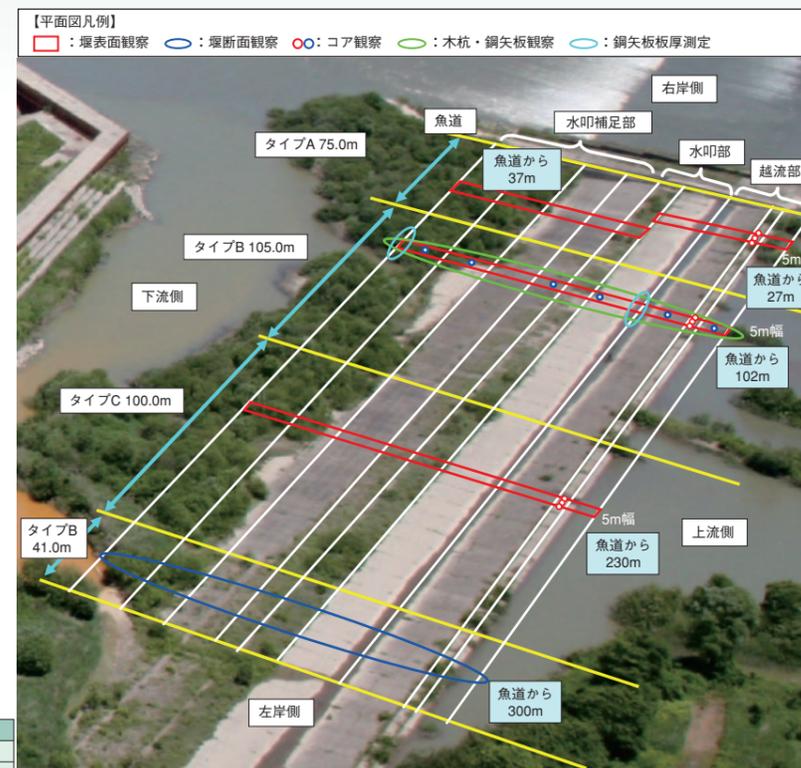


図1 固定堰の調査位置および部位名称



写真2 越流部(左)と水叩き部(右)の表面状況(タイプB)

表3 大河津分水路固定堰断面観察結果(タイプB、越流部)



ばく変色しているが、腐食は確認されなかった。

木杭を輪切りにして断面を観察した結果、断面のほぼ中央に直径5~6cmの健全部(変色なし)が確認された。施工当初から設置されている越流部上流法先の木杭は約90年経過しているが、内部は健全な状態を保っていることが確認できた。

鋼矢板の腐食状況を表4に示す。鋼矢板の腐食状況は深度が浅いほど腐食しており、深度が深くなるとほとんど腐食していなかった。また、超音波による板厚測定を実施した結果も併せて示す。

既往資料では、板厚の記載がなかったため不明であるが、これは腐食が軽微な地中の板厚を健全板厚(10.0mm)とすると、地表面の板厚は8.8mmで1.2mm減厚していた。地表面に近い箇所が腐食する要因は、地表面が酸素と接す

る環境にあることが考えられる。

● コンクリートの性状

コア目視観察

コアマシーンで採取したコアを目視観察し、寸法や性状を写真にとりまとめ、堰内部のコンクリートの状態を把握した。越流部天端部のコア目視観察結果の概要を以下に示す。

- ① 全体的に粗骨材の量が多く、大きな石(約20cm)が混在(写真4)しており、ジャンカが確認されるコアもあった。
- ② 粗骨材は、玉石を使用していた(写真4)。

局所的にジャンカによる空洞が確認されたが、大規模なものではなく、現状でもセメントペーストと骨材の付着は良好であった。

コンクリートの配合推定

固定堰のコンクリートの性状を把握するために、採取したコアを用いて、セメント協会法に基づき配



写真3 木杭腐食状況(大正13年施工)

表4 鋼矢板腐食状況(昭和3年施工)

鋼矢板の地表からの深度	表面腐食状況	超音波による板厚計測結果(平均)
0.1m	腐食大	8.8mm
9.8m	腐食軽微	10.0mm

合推定を実施した。配合推定にあたり、既往資料からコンクリートに火山灰が使用されていることを確認した。火山灰が使用された目的は、当時高価だったセメントの代替やポゾラン反応を期待したものと推察される。

分析結果は、火山灰を含むセメント量は205kg/m³、水量は122kg/m³、骨材量は2,140kg/m³、水セメント比は59.5%であった。

2007年制定コンクリート標準示方書「施工編」では、粗骨材の最大寸法が40mmの場合、単位水量は145~165kg/m³、単位セメント量は250kg/m³以上を推奨値で示している。固定堰の配合推定結果はコンクリート標準示方書の推奨値に対し、水量とセメント量がともに小さな値となった。

単位水量が小さいことは、乾燥収縮の低減に寄与するため問題ではないが、セメント量が小さいことは、材料分離を生じやすくさせ、豆板や未充填といった不具合発生の要因となりうる。しかし、これはポンプ車を使用した現代の問題である。ポンプ車の無かった時代はスランプを小さくし、人力で突き固めながら施工した(写真5)。そのため、セメント量が小さいことで材料分離が生じる可能性は低かったと考えられる。

骨材については、現代では約1,700~1,900kg/m³が使用されている(セメント会社配合表より)が、この固定堰の使用骨材は約200kg/m³ほど大きい。この結果はコアの目視観察を実施した際、骨材量の多さを確認したことと一致する。

以上、セメントが高価な時代であったことを背景に、セメントの代替として火山灰を使用することや、セメント量を少なくするために割石を混入し骨材量を多くするなど、多くの工夫が確認できた。

● 圧縮強度と割裂引張強度試験

採取したコアに対して、圧縮強度・割裂引張強度試験(JIS A 1107、JIS A 1113)を実施した。結果を図2に示す。図中の凡例は「堰のタイプ(A、B、C)一採取箇所(気中、水中)一圧縮用コア」を意味する。なお、コアの気中部と水中部の境界は、国交省テレメータ水位を参考とした。コア試料の圧縮強度は、16.1~24.6N/mm²の範囲の強度を示し、コア試料の引張強度は、1.4~2.6N/mm²の値を示した。

図2より、タイプA、Bでは、気中部より水中部の圧縮強度、引張強度が大きい傾向を示した。これは、常時水中にあることで乾燥から守られ、十分に水和反応が進んだと考えられる。また、タイプA、BよりタイプCの供試体強度が大きい傾向が確認された。これは、施工年代は同じであることから、当時の現場打ちコンクリートに起因する粗骨材や空隙の偏り、突固め不良等によるバラツキが原因であ

ると考えられる。

ただし、単位セメント量が現在の使用状況より少ない中で、無筋コンクリートとしては十分な強度を有していた。

■ おわりに

本稿では、可動堰の新設に併せて撤去される大河津分水路固定堰の記録保存調査結果を整理した。

調査結果より、過去の記録資料とほぼ同様の材料、形状、工法により施工されていることが確認できた。また、実際の断面構成や材料を写真に記録し、物性を確認できたことは、貴重な知見となった。

時代の流れの中で、構造物が劣化・衰退し姿を消していくことは避けられないことであるが、先人たちが残した貴重な技術・知恵は継承していく必要があると考える。

<写真出典>

図1、写真1 信濃川河川事務所
写真5 「ひび割れのないコンクリートのつくり方(実戦編)」日経アーキテクチャ p25 2008.12



写真4 コンクリート材料の玉石と割石

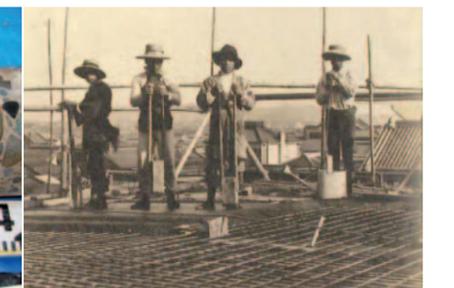


写真5 タコ木を用いた明治時代のコンクリート打設状況

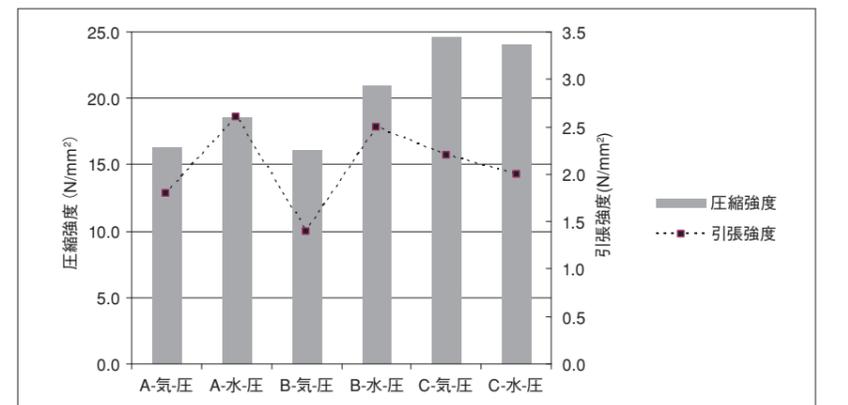


図2 圧縮強度と引張強度の結果比較