

# 豊平峡ダム堰堤改良事業について

## — L 2 耐震性能照査に基づくダム本体の耐震補強工事の続報 —

札幌開発建設部 豊平川ダム統管理事務所 豊平峡ダム管理支所 ○上出 洋介  
村上 裕子  
中井 健太

豊平峡ダムは昭和 47 年に完成したアーチ式の多目的ダムであり、大規模地震が発生した場合にダム堤体上部の耐震補強が必要であることが確認されたことから、令和 3 年度から堰堤改良事業に着手している。

本論文は、本年度までに実施した工事等の概要について報告するものである。

キーワード：防災、危機管理、維持管理

### 1. はじめに

豊平川は、石狩川水系南西端の札幌市北部において石狩川に合流する流域面積902.3km<sup>2</sup>、流路延長72.5kmの石狩川1次支川であり、その源を小漁(こいざり)山(標高1,235m)に発し、流域の大半が札幌市に位置する。

豊平峡ダムは昭和 36 年・37 年の洪水を契機として、都市化が進む札幌市を洪水から守るとともに、増加する水需要・電力需要に応えるため、昭和 47 年に完成した堤高 102.5m、堤頂長 305.0m、ダム集水域 159km<sup>2</sup>のアーチ式の多目的ダムである。

大規模地震時の耐震性能を照査した結果、ダム堤体上部の耐震性能が不足していることが判明し、耐震補強対策が必要となった。アーチ式ダムでは初めての対策工法となるため、令和 3 年度より試験施工を実施しつつ、堰堤改良事業に着手している。

本論文は、本年度までに実施した工事等の概要について報告するものである。

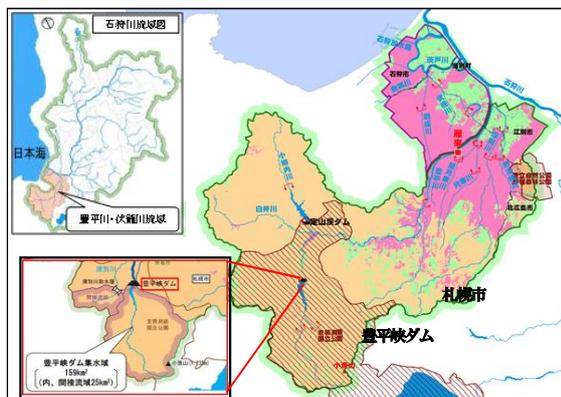


図-1 豊平峡ダム位置図

### 2. 豊平峡ダム堰堤改良事業の概要

大規模地震時の安全性を評価するために、

「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」及び H23 年東北地方太平洋沖地震等の知見を踏まえて、耐震性能を照査した。照査



写真-1 ダム全景

は、『大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説』に則り、アーチダムの耐震性能照査フローに基づいてレベル 2 地震動に対する耐震性能を照査した。(図-2)

線形動的解析で引張強度(4.8MPa)を超える応力が確認され、照査フローに従い、損傷過程を考慮した非線形動的解析を行った。解析の結果、局所的に引張強度と同程度の引張応力が計算されたが、堤体の分断に至るものではなかった。また、せん断破壊に対する安全性は、ブロック全体の安全率 1.0 以上となり、堤体の安全性は確保されていることが検証された。

ただし、堤体コンクリートのボーリング調査等により、打継ぎ目に水平クラックが確認されているため、専門家の助言等を踏まえて、より詳細な検討(クラックを考慮した非線形動的解析)を必要とされたことから、水平クラックを考慮した三次元解析モデルにより、設計地震時・レベル 2 地震時における安定性を評価した。

耐震性照査の結果、ダム地点における想定最大地震:(M6.5 相当(L2 地震))に対する安全性を担保するため、ダム堤体上部の耐震補強対策が必要と判断された。

ダム堤体上部が被災した場合、洪水時にはゲート操作出来なくなることが想定されるため、ダム本体の堤頂における補強工事により耐震性能を向上させ、ダム機能を確保する。

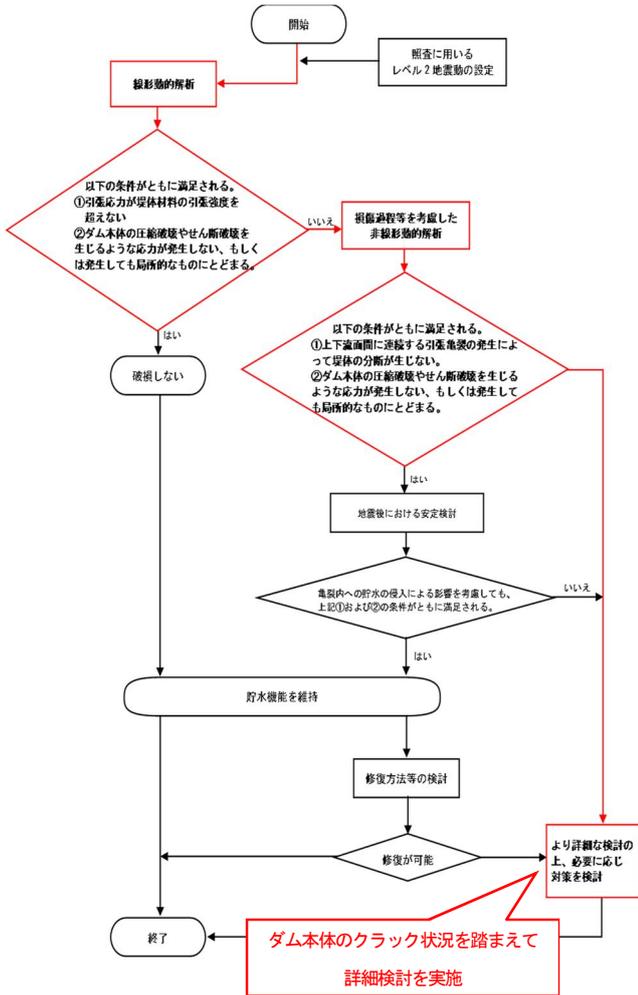


図-2 アーチ式ダムの耐震性能照査フロー<sup>1)</sup>

### 3. 堤体耐震補強工事

#### (1) 堤体耐震補強工事の概要

ダム天端からボーリング削孔(φ200mm)し、せん断耐力を増すための補強鋼材(φ140mm)を挿入する。(図-3、写真-2)

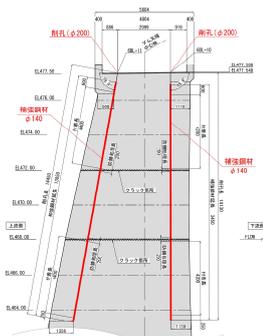


図-3 堤体断面図



写真-2 挿入する補強鋼材

堤体耐震補強工事の流れを図4に示す。ボーリング削孔、孔内洗浄、セメントミルク注入、補強鋼材挿入が一連の作業となる。

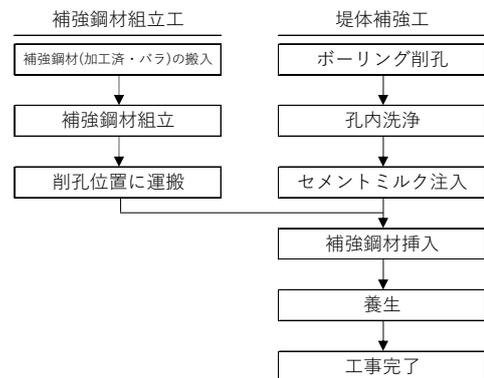


図-4 施工フロー図

#### (2) 堤体耐震補強工事の施工方法

##### a) ボーリング削孔

2m程度毎にボーリング削孔を止め、コンクリートコアを切断し引き抜く。所定の深さまでボーリング削孔が完了した後、同様にコンクリートコアを切断する必要があるが、この際に削孔底面に不陸が発生するため、底面は研磨ビットを使用した不陸整正を行いボーリング削孔完了とする。

また、定山湖(豊平峡ダム湖)の貯留水は、札幌市民の生活用水として利用されているため、削孔口部に吸引装置を設置し、全ての削孔水を回収することで濁水の流出防止を徹底する。(写真-3)



写真-3 ボーリング削孔状況

**b) 孔内洗浄**

ボーリング削孔が完了した孔内に清水を圧送し、孔内の切削粉等を除去する。

ボーリング削孔同様に、全ての洗浄水を回収し、濁水の流出防止を徹底する。孔内洗浄後は、セメントミルク注入作業まで孔内に汚水やごみが混入しないよう、プラスチック板等で孔口を塞ぎ養生し作業完了とする。

**c) 補強鋼材組立**

補強鋼材は最大15m程度であり、鋼材表面のネジ加工時の制約により、最大長さ2mの補強鋼材をバラの状態では搬入し現地で組み立てる。(写真-4)

接続後は所定の長さ及び規格を満足していることを確認し作業完了とする。



写真-4 補強鋼材(組立前)

**d) セメントミルク注入**

セメントミルクと補強鋼材の間に空隙が生じないように、補強鋼材挿入前にセメントミルクを注入する。注入作業は孔底まで注入ホースを挿入し、徐々に引き揚げる。

補強鋼材挿入後は、必要に応じて現況のダム堤体コンクリート天端面までセメントミルクを二次注入し作業完了とする。(写真-5)

セメントミルクの圧縮強度は、ダム堤体建設時の設計基準強度である40N/mm<sup>2</sup>以上を確保する。



写真-5 セメントミルク二次注入状況

**e) 補強鋼材挿入**

ラフテレーンクレーンにより補強鋼材を挿入する。補強鋼材の上下端部に取り付けられたスペーサーにより孔壁との離隔を確保し、ワイヤーロープで吊り下げなが

ら所定の位置に挿入する。(写真-6)

挿入後は汚水やごみが混入しないよう、プラスチック板等で孔口を塞ぎ養生し作業完了とする。



写真-6 補強鋼材挿入状況

**4. 堤体耐震補強工事の試験施工及び試験施工結果を踏まえた本施工の計画**

**(1)試験施工概要**

令和5年度以降の本施工に向け、令和3,4年度に実施した試験施工の概要を表-1及び図-5を示す。

表-1 試験施工概要

	令和3年度	令和4年度
目的	①施工計画及び事業工程概成 ②ボーリング削孔速度等の施工能力確認	①左記精査 ②機材移設時間、錯綜状況の確認及び配置計画の精査 ③一般利用者への影響及び配慮事項把握
施工箇所	2BL ※一般立入禁止区域を選定	3,4,5,19BL ※端部ブロックを選定



図-5 試験施工箇所図

## (2)試験施工結果

試験施工により、工事工程のクリティカルとなるボーリング削孔速度は、2.1m/日程度であることを確認した。コンクリートコアに閉塞されていないクーリングパイプが確認され、隣接のボーリング削孔箇所へ注入したセメントミルクが漏洩することが分かった。(写真-7)

また、試験施工中は補強鋼材組立設備等を施工ブロック毎に配置及び移設する計画としていたが、施工ブロックを移動する際に、資機材等運搬等で錯綜することが分かった。



写真-7 削孔が完了したコンクリートコア

## (3)試験施工結果を踏まえた施工計画及び事業工程の策定

閉塞されていないクーリングパイプにより、漏洩したセメントミルクが固化するまでに補強鋼材挿入が可能なのは最大2孔であることとした。

また、工事に伴う一般利用者の天端立入禁止区域を必要最小限に留めるため、堤頂右岸袖部の元々の一般利用者立入禁止区域に資機材保管及び補強鋼材組立設備を配置した。また、資機材等の搬入・搬出を考慮し、ボーリング削孔作業を上下流面での同時施工は行わないこととし、運搬経路を確保することで、資機材等運搬等の錯綜が解消された。

上記の試験施工結果及びボーリング削孔速度等の施工能力を踏まえ事業工程を策定した結果、堤体耐震補強工事は3カ年で完了する工程となった。

## 5. おわりに

### (1) 令和5年度からの本施工及び一般利用者への配慮

試験施工結果を受け、日施工数量や工程が決定し、効率的な施工を行うことが出来た。

また、地元調整を行い、10月中の紅葉時期は一般利用者配慮のため不施工としている。

工事期間中の配慮事項として、資機材の搬入搬出作業は一般利用者のいない時間帯とする。

また、組み立てた補強鋼材をボーリング削孔箇所へ小運搬する必要が生じたが、一般利用者のいない時間帯に行うことで、一般利用者への影響を必要最小限に抑えている。

### (2) 関連構造物の耐震対策

耐震性能照査は、門柱部、非常用洪水吐及び非常用洪水吐操作室上屋も対象として実施しており、いずれも耐震対策が必要な結果となった。

次年度以降、門柱は曲げ耐力を増加させるため、ダム天端からボーリング削孔し、曲げ耐力を増すための補強材を挿入する。また、せん断耐力を増加させるため、あと施工せん断補強工法により、門柱側面からドリル削孔し、せん断耐力を増すための補強材を挿入する。

非常用洪水吐及び非常用洪水吐操作室上屋についても耐震対策方法及び施工計画等を検討している。

### 参考文献

- 1) 国土交通省河川局：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説
- 2) 稲澤豊、北畑大輔、上出洋介：札幌平峽ダム堰堤改良事業について(第1報), 第65回(2021年度)北海道開発局技術研究発表会論文