

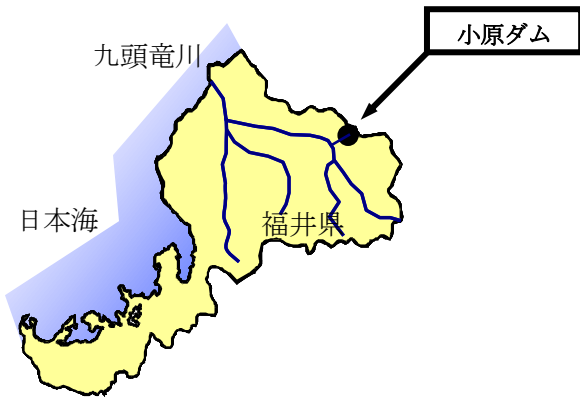
滝波川第一発電所 小原ダム水理実験

高澤 英樹*1

1. はじめに

滝波川第一発電所（出力 12,300kW，使用水量 5.00m³/s，有効落差 298.40m）は，平成 22 年 4 月に福井県から譲り受けた一級河川九頭竜川水系滝波川上流域に位置するダム水路式発電所であり，この発電所の本川取水口となる小原ダムは，洪水吐ゲート 1 門を有する高さ 35.5m，頂長 77.777m の曲線重力式コンクリートダムである。（第 1 図，第 1 表，第 2 図）

当ダムにおいては，これまでダムで常駐管理を行っていたが，当該ダム地点は山間部にあり冬期の常駐管理が困難なうえ，洪水吐ゲートが 1 門でトラブル時に代替設備がない。このこと及び近年の情報処理及び通信技術の飛躍的な発展を踏まえ，ダム放流の安全性向上とダム管理の効率化を目的とし，遠隔監視所で監視を行なうことで非常駐管理（ダム無人化）が可能となるダム改修を計画した。



第 1 表 小原ダム諸元

ダム形式	曲線重力式コンクリートダム
頂長	77.777m
ダム高	35.500m
洪水吐ゲート	B=6.5m×H=7.5m 1門



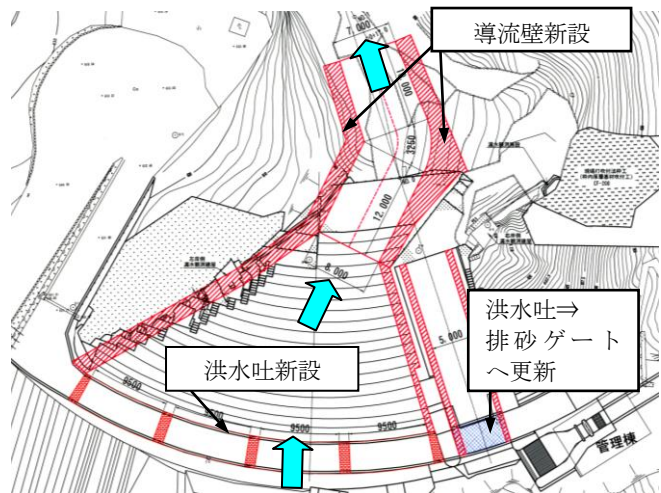
第 2 図 小原ダム全景

2. 基本計画の策定

改修案として，洪水吐ゲートを 2 門とし冬期のみ非常駐管理する案とゲートレス化により通年非常駐管理とする案の 2 案を検討した結果，ダム放流の安全性向上や勤務環境の改善，費用対効果等の面で有利となるゲートレス化を基本計画とした。（第 2 表，第 3 図，第 4 図，第 5 図）

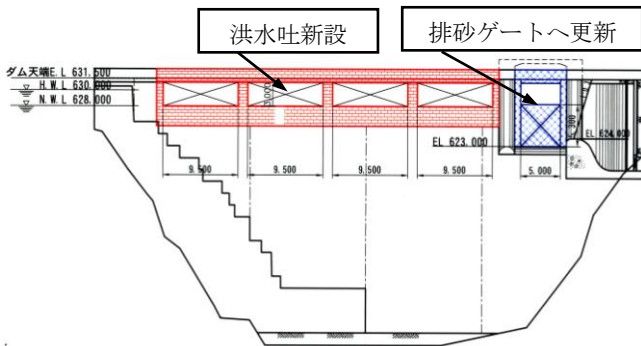
第 2 表 改修基本計画の概要

変更・改修項目	改修前	改修後
設計洪水量	220m ³ /s	230m ³ /s
洪水吐 (コンクリート製)	—	B=9.5m×H=3.0m 4 箇所
ゲート (目的の変更)	B=6.5m×H=7.5m 1 門 (洪水吐)	B=5.0m×H=5.3m 1 門 (排砂)
導流壁	—	ダム頂部～左右岸 溪谷入口まで設置
常時満水位	EL630.000m	EL628.000m

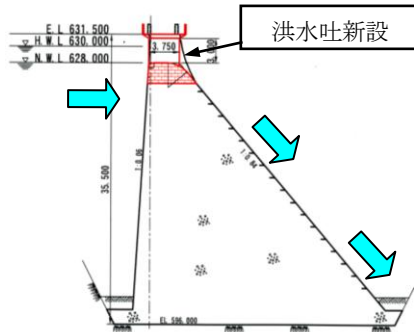


第 3 図 改修基本計画 平面図

*1 土木部 水力室 水力士木チーム



第4図 改修基本計画 正面図



第5図 改修基本計画 縦断面図

基本計画策定にあたり、ダム及び下流河川の特異な形状から以下の3点が懸念された。(第6図)

- ①ダム背面が曲線状となっており、すり鉢形状
- ②ダム直下流の河川に狭窄部が存在
- ③ダム下流 80m付近で河川の線形が屈曲



第6図 ダム下流河川状況

これら複雑な形状について、改修後の水の流れを数値計算により正確に把握することは困難であると判断し、最適な改修形状の決定と下流河川の流況確認のため、水理実験を実施することとした。

3. 水理実験の内容

(1) 模型概要

実験は「フルードの相似律」に従うものとし、模型縮尺は1/20（設計洪水量 $230\text{m}^3/\text{s} \rightarrow 128.5\text{l}/\text{s}$ ）として、当社技術開発研究所水理実験棟で実施した。再現範囲は、ダム上流は150m、ダム下流は狭窄部や屈曲部を考慮し、ダム下流100mまでとした。また、模型横断面は、3~40m間隔とし、形状影響が大きい範囲はアクリル板でピッチを細かく再現し、それ以外の範囲については合板やコンクリートブロック等で再現を行ない、それぞれの断面を直線補間した。(第7図)

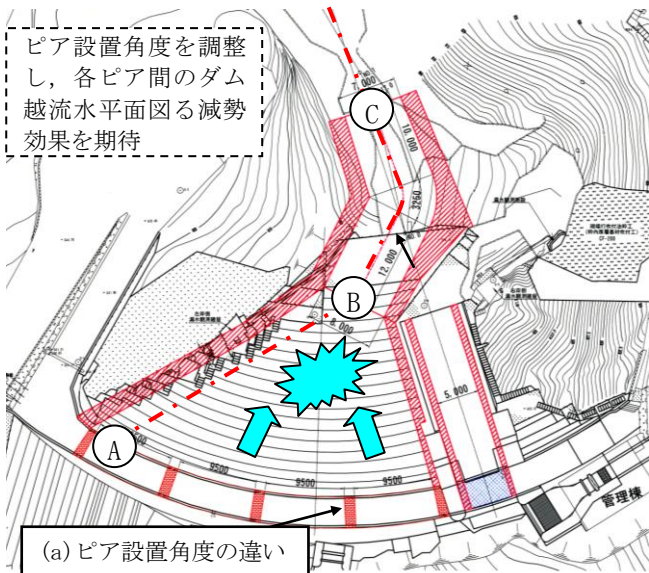


第7図 模型設備全景

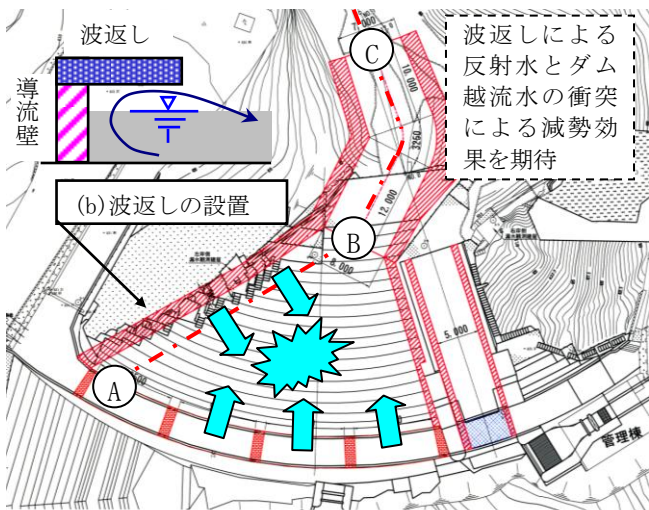
(2) 実験項目

実験項目は、下流河川への影響をできるだけ小さくする改修形状の決定を主眼に、4種類の減勢工作物の設置を検討し、新設洪水吐からの設計洪水量放流時の水位変化の比較から、最適形状を選定することとした。(第8図、第9図、第10図、第11図)

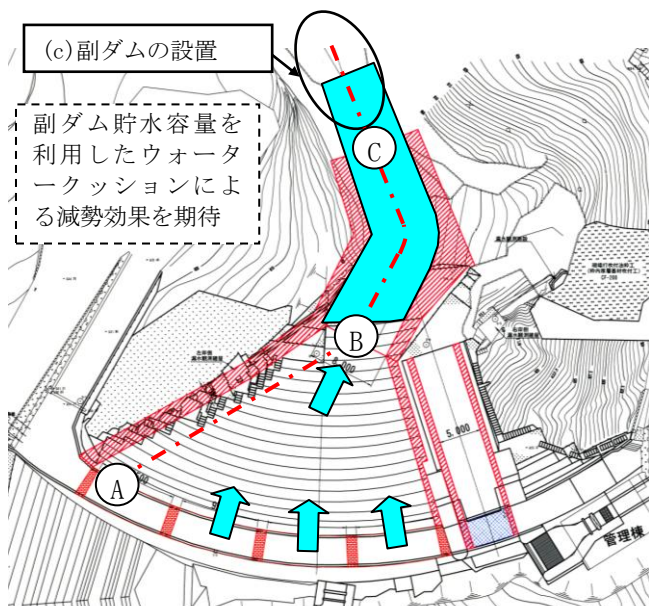
また、選定した最適形状に対し、実運用上起こりうる状況を確認する目的で、流量（最大流量、1/2流量、1/4流量）、ダム放流方法（新設洪水吐のみで放流、ダム排砂ゲートを併用して放流）、ダム堆砂位（現堆砂位、計画堆砂位）の3項目をパラメータとし、いずれの状況下においても改修前の流況を悪化させることがないことを確認する実験も合わせて実施することとした。



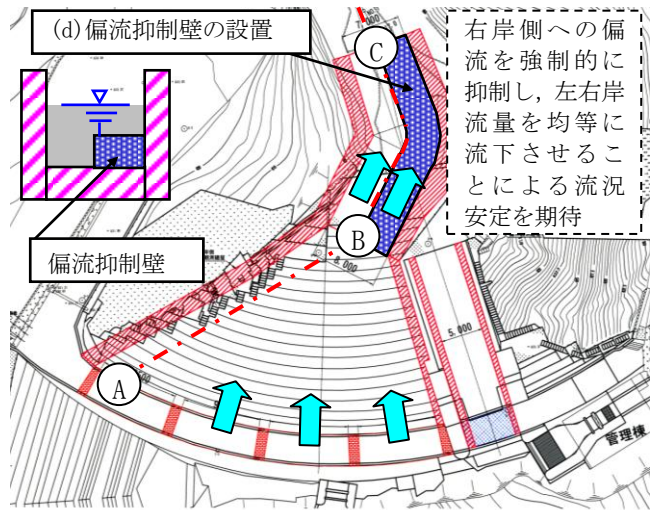
第 8 図 減勢工作物の検討（ピア設置角度の違い）



第 9 図 減勢工作物の検討（波返しの設置）



第 10 図 減勢工作物の検討（副ダムの設置）



第 11 図 減勢工作物の検討（偏流抑制壁の設置）

(3) 実験結果

各々の実験により得られた結果を以下に示す。
(第 3 表)

最適形状の決定にあたり、減勢工作物なしとしたベース案に対し改善効果が見られたのは、副ダム設置案のみであった。副ダム設置案については、当初の想定どおり、放流水が副ダム貯水池に流れ込んで減勢し、改修前の流況を若干改善できることが確認できたが、次の 3 点が懸念された。

- ・改修前に比べ、下流河川水位が上昇
- ・副ダム袖部の経年の岩洗掘による副ダム不安定化
- ・渓谷内での副ダムの維持管理

以上の 3 点及び副ダムがない状態でも改修前の流況を悪化させず、副ダムの改善範囲は岩盤が露頭している渓谷内のみであることから、副ダムの設置は行なわないこととし、ベース案である減勢工作物なしを最適形状とした。

また、最適形状に対し、実運用上起こりうる状況を確認する目的で、流量、ダム放流方法、ダム堆砂位の 3 項目をパラメータとし実験を行った結果、いずれの状況下においても改修前の流況を悪化させないことを確認できた。

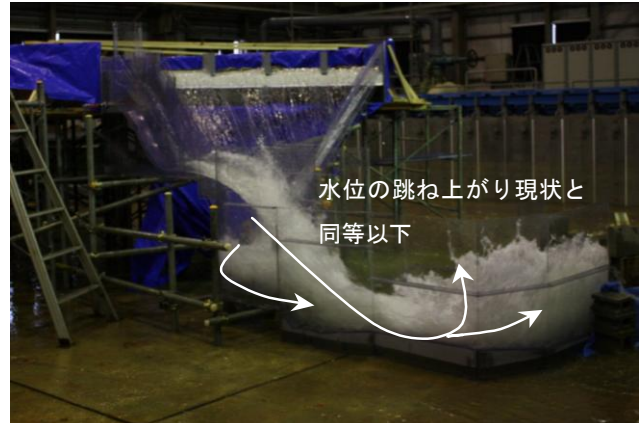
実験状況の一例として、①改修前の流況（現洪水吐ゲートからの現設計洪水量放流状況）、②最適形状における新設洪水吐からの新設計洪水量放流状況、③新設洪水吐とダム排砂ゲートを併用した場合の放流状況、④副ダムを設置した場合の新設洪水吐からの放流状況の写真を示す。（第 12 図、第 13 図、第 14 図、第 15 図）

第3表 実験項目及び実験結果

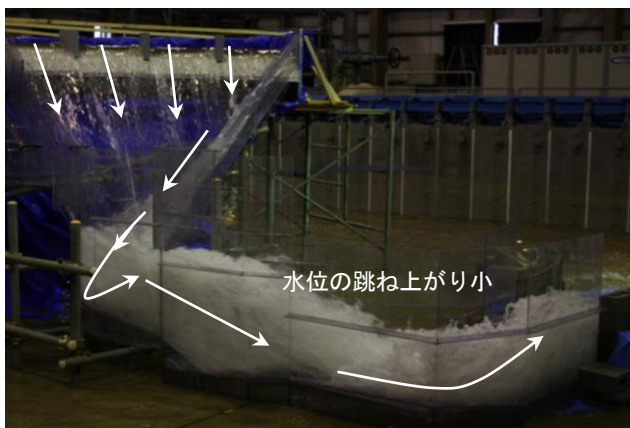
確認内容	実験内容	実験結果	評価
【Step1】 最適形状の決定	【ベース】減勢工作物なし	水位の跳ね上がりが改修前に比べ小さくなり、改善	◎
	(a) 越流頂ピア設置角度の違い	【ベース】に比べ、水位変化はなく、効果なし	△
	(b) 導流壁天端への波返し設置	【ベース】に比べ、水位の跳ね上がりが若干大きくなり、効果なし	×
	(c) 副ダムの設置	【ベース】に比べ、副ダム上流水位は上昇するが、減勢効果は若干改善	○
	(d) 偏流抑制壁の設置	【ベース】に比べ、大きな水位変化はなく、効果なし	△
【最適形状】⇒減勢工作物なし			
【Step2】 最適形状に対し、実運用上起こりうる状況の確認	流量の違い ・最大流量 ・1/2 流量 ・1/4 流量	流量の減少に伴い、水位が減少し、特異な流量で大きく水位が上昇する事例は見られなかった	問題なし
	ダム放流方法の違い ・新設洪水吐のみから放流 ・新設洪水吐+ダム排砂ゲートを併用して放流	ダム排砂ゲート放流の併用により、新設洪水吐のみからの放流に比べ、水位が上昇したが、改修前のゲート放流のみの場合と同等程度以下の水位	問題なし
	ダム堆砂位の違い ・現堆砂位 ・計画堆砂位	現堆砂位に比べ、越流部の接近流速が大きくなる分、水位の跳ね上がりが若干大きくなったが、改修前のゲート放流のみの場合と同等程度以下の水位	問題なし



第12図 【改修前】現洪水吐ゲートより 220m³/s 放流



第14図 新設洪水吐と排砂ゲートより 230m³/s 放流



第13図 新設洪水吐より 230m³/s 放流



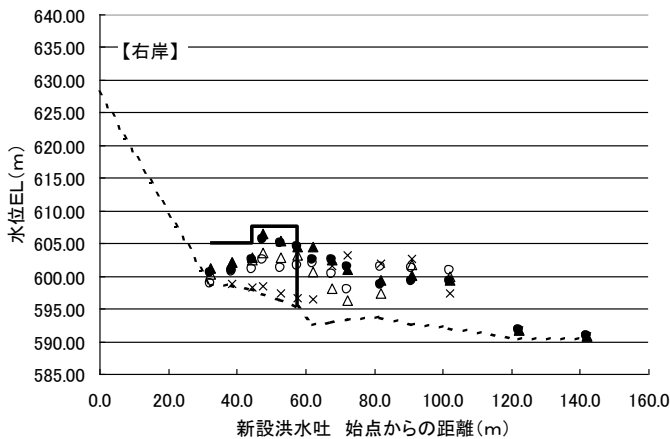
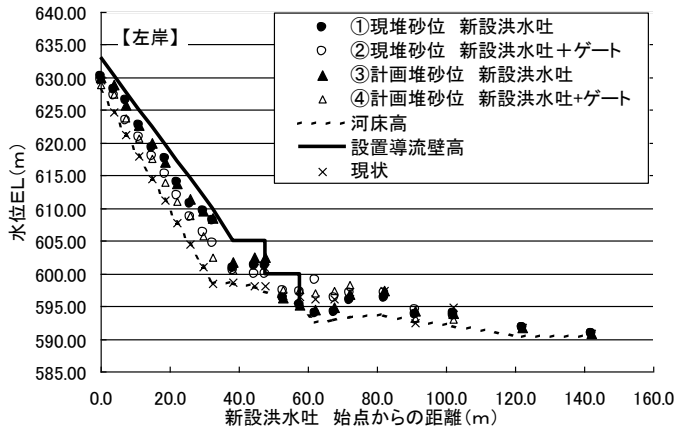
第15図 新設洪水吐より 230m³/s 放流 (副ダム設置)

4. 改修計画案の決定

最適形状について実運用上起こりうる状況を確認した結果、改修前に比べ、いずれの場合も下流河川の流況は悪化しないことが確認できたため、この最適形状を最終案とし、ダム下流導流壁の壁高を水理実験結果より決定することとした。

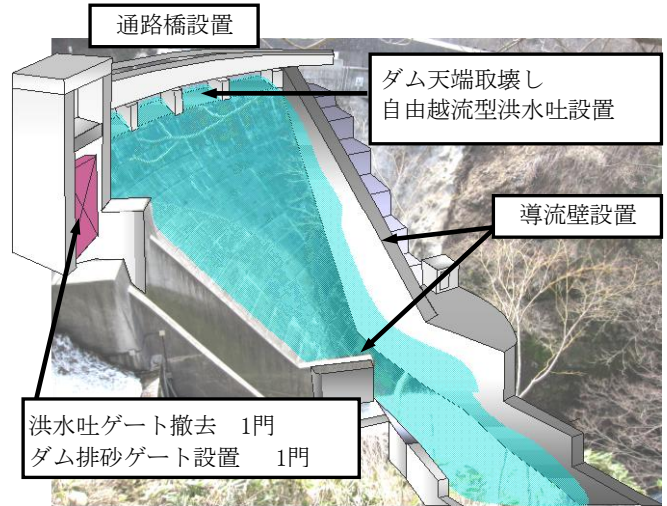
壁高は、流量、放流方法、堆砂位の組合せによる複数のケースの中で各部位で発生する最高水位に「解説・河川管理施設等構造令」の堤防の余裕高 0.8mを加味し、決定した。(第 16 図)

- ① 現堆砂位で新設洪水吐放流
 - ② 現堆砂位で新設洪水吐+排砂ゲート放流
 - ③ 計画堆砂位で新設洪水吐放流
 - ④ 計画堆砂位で新設洪水吐+排砂ゲート放流
- の 4 ケースの最高水位より決定。



第 16 図 ダム下流導流壁高の決定

以上の実験結果より決定した改修計画案のイメージの全体図を示す。(第 17 図)



第 17 図 改修計画案のイメージ

5. おわりに

現在、水理実験より決定した改修計画案を基に詳細設計を進めており、平成 23 年春の着工、平成 24 年秋の運開を目指し、設計・工事を鋭意実施していく。

最後に、実験実施にあたり、(財)電力中央研究所 佐藤隆宏主任研究員には、多大なご助言を頂きました。ここに深くお礼申し上げます。

(本論文の一部は、NO.351,2011,電力土木「滝波川第一発電所 小原ダム改修に伴う形状検討の水理実験」(社団法人 電力土木技術協会発行)より、許諾の上転載しております。)