

## 鶴田ダム再開発事業の概要

安部宏紀・遠山哲生

### 1. はじめに

鶴田ダムは、図-1に示すように九州で2番目の流路延長を持つ川内川のほぼ中央にあたる、河口から約51kmの地点に位置する洪水調節と発電を目的とした九州最大規模の多目的ダムです。

平成18年7月豪雨により鹿児島県北部では、総雨量1,165mm（西ノ野雨量観測所：7月19～23日）と記録的な豪雨となりました。

鶴田ダムは、洪水調節を行ったことによりダムから約13km下流の宮之城水位観測所で、洪水調節を行わなかった場合と比較して、最高水位を約1.3m低下させ、最高水位に達する時間を約4時間遅らせる効果を発揮しました。しかし、川内川流域では、浸水家屋2,347戸をはじめとする甚大な被害が発生したため、河川激甚災害対策特別緊急事業が採択されました。鶴田ダムについても激特事業と相まって川内川流域の洪水被害を軽減するために、平成18年12月に洪水調節機能の強化を図る鶴田ダム再開発事業が採択されました。

平成28年4月には増設放流設備の完成により、事業採択から10年という異例の早さで再開発後の運用を開始しました。その後、既設減勢工の改造工事等を行い、平成31年1月をもって全ての工事が完了しました。



図-2 平成18年7月川内川被災状況

### 2. 鶴田ダム再開発事業の概要

#### 2.1 目的

今回の再開発事業では、洪水期において発電容量と死水容量を洪水調節容量に振り替え、洪水調節容量7,500万m<sup>3</sup>を約1.3倍の9,800万m<sup>3</sup>に増量することで洪水調節機能の強化を図ることとしました。

この再開発事業により、川内川に平成18年7月規模の洪水が発生した場合、甚大な被害を被った宮之城地点において、激甚災害特別緊急事業後の水位から、さらに約1.0mの水位を低下させることが可能となりました。

#### 2.2 工事概要

再開発事業では、洪水調節容量を増量するため、低い貯水位で放流できるように新たな放流設備を新設するなど多くの工事が必要となり、主な工事は、以下の5つでした。

- ・洪水を調節するための放流管3条を新たに設置する増設放流管
- ・増設放流管から洪水を流す増設減勢工
- ・増設放流管、増設減勢工を造るための地山掘削
- ・増設減勢工と同様の減勢方式とするための既設減勢工改造
- ・発電を行うための発電取水管2条の付け替え

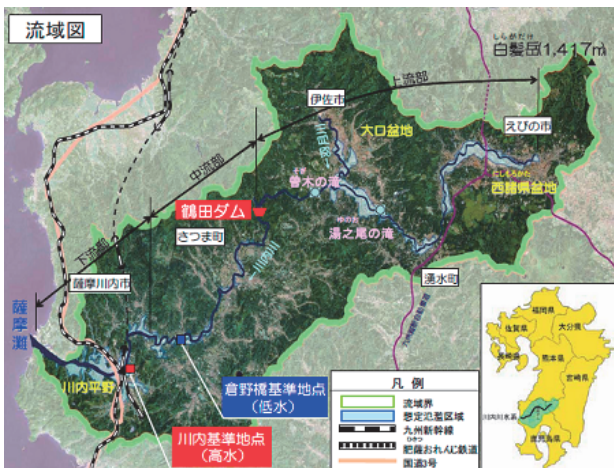


図-1 鶴田ダムの位置

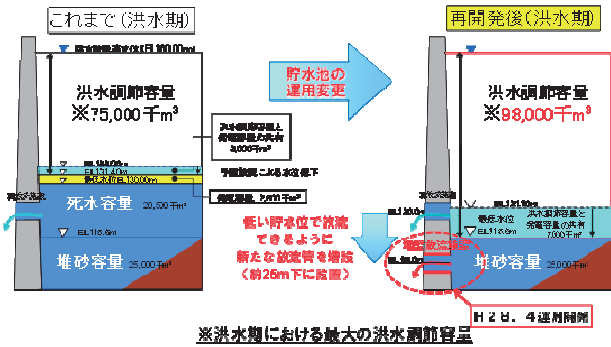


図-3 再開発事業の目的

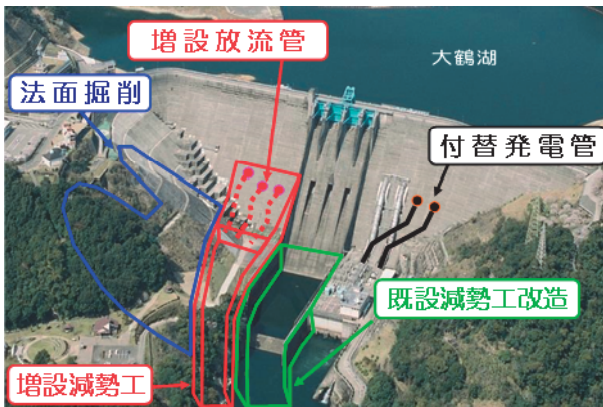


図-4 再開発工事の概要

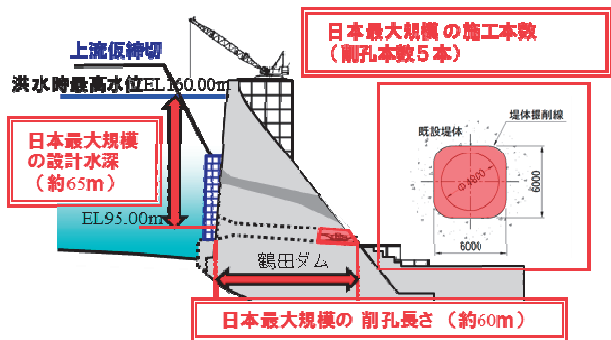


図-5 日本最大規模の堤体削孔

### 2.3 技術的な課題

再開発事業には、多くの技術的な課題や懸念があり、1つずつ解決を図りながら事業を進捗してきました。本稿では、以下の2つの課題について報告いたします。

- 1) 国内最大級となるダム堤体削孔
- 2) 貯水位を維持した上で最大水深65mでの水中作業

### 3. 国内最大級となるダム堤体削孔の実現

本事業では、既存の放流施設より低い天端から65m以深に放流設備を増設する必要があります。また、増設放流管（直径4.8m、幅6.0m×高6.0m）3本、付替発電管（直径5.2m、幅6.4m×高6.4m）2本と、ダム堤体に国内最大級のトンネルを貫通させ

る必要がありました。

堤体削孔は、構造安定性に大きな影響を及ぼすことが想定されたため、断面に欠損が生じることに対する安定性の検証、開口部周辺の応力状態の検証をおこないました。

#### 3.1 堤体削孔に伴う削孔周辺部の安全性確認

堤体削孔については、一般的に削孔径が堤体1ブロック幅15mの1/3の5m以下であれば、堤体コンクリートに発生する引張応力は大きくないと考察されています。しかし鶴田ダムの場合、削孔幅が6mと大口径であるとともに、設計水深が60mを超える過去に例の無い条件でした。そのため、設計段階において堤体削孔に伴いコンクリートに発生する引張応力について詳細な解析的検討及び事前試験施工を行い、あらかじめ安全性を確認してから本施工に着手しました。

工事中並びに工事完成後の発生応力を3次元FEM解析により詳細に検討した結果、削孔形状については円形に対して最大発生応力の小さい矩形断面を採用しました。

推定された引張応力は、既設堤体コンクリート強度を下回るものでしたが、施工時の安全性をさらに担保する観点から、事前に既設堤体を用いて

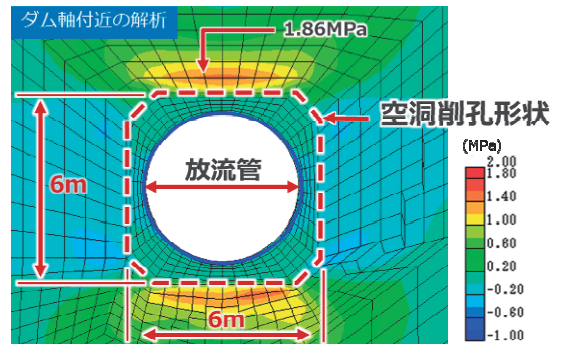


図-6 FEM解析結果



図-7 堤体削孔実証実験



クラック発生の有無を確認する実証実験を行いました。

これらの実証実験の結果、削孔部と同レベルの引張応力が発生した状態でも、削孔面に引張りに伴うクラック等が発生することはないと、削孔に対する堤体コンクリートの安定性を確認しました。

### 3.2 削孔における振動速度の評価

工事に伴う堤体コンクリートへの悪影響を防止するために、振動速度の規制値として2kine以下と設定しました。今回、堤体削孔にあたっては、自由断面掘削機を使用しましたが、切羽と堤体上流面の距離が80cm程度となっても、計測された振動速度の最大値は規制値の2kineよりも小さいことが確認できました。また、離隔距離80cmの振動のL10値は、最も大きい場合でも0.4kine程度であり、これらを踏まえると、削孔に伴う振動が堤体コンクリートに及ぼす悪影響はなかったことが確認されました。



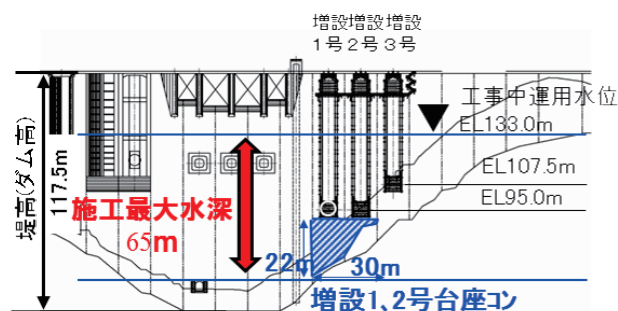
図-8 振動計測状況

2点で課題となりました。

### 4.1 大水深下での飽和潜水による水中作業

大水深下での主な作業内容は、浚渫や岩盤掘削、フーチング撤去、水中型枠設置、台座コンクリート打設等でした。また、水中での最大作業水深が65mとなり通常の空気潜水での水中作業では、作業員の減圧時間の関係により極端に実作業時間が制限されることが懸念されたため、潜水士の安全確保と作業の効率化を図るため直轄事業では施工実績が少ない「飽和潜水」を採用しました。

飽和潜水とは、船上で高圧環境を実現するための加圧タンク及び高圧環境を維持したままで加圧タンクから湖底までを往復するためのベル（潜水鐘）を使用することで潜水士が作業水深と同気圧空間内で約1ヶ月間通常的生活を行うことにより、1日約6時間の作業時間が確保できるものであり、今回安全で計画的な作業の実施に併せ大幅な工期短縮が図られました。



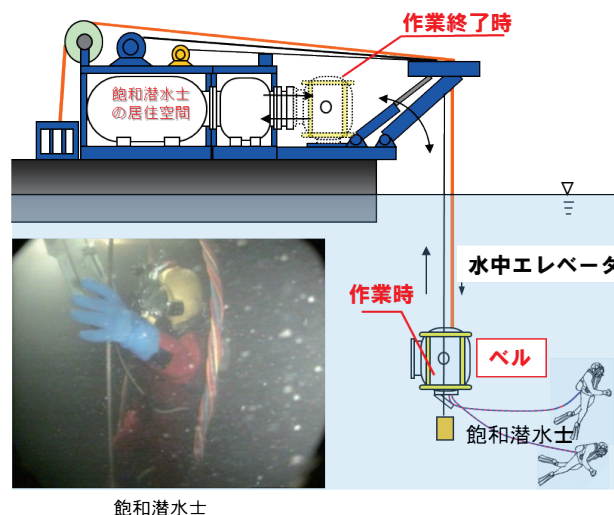
最大施工水深(ダム上流面) 図

図-9 最大水深65mの水中作業

### 4. 貯水位を維持した上で最大水深65mでの水中作業

貯水池内での施工計画を検討するにあたり、本来、貯水位を可能な限り低下させて実施することが望ましいですが、発電事業者と協議を重ねた結果、発電への影響が最小限となるような水位設定条件を基本とし、原則として貯水池内の工事は、非洪水期（10月16日～6月10日）のうち10月16日～5月31日に通常よりも貯水位を下げたこととしました。

また、上流仮締切施工時においては、発電のために最低限必要な水位である標高133mの貯水位にて施工しました。そのため、水中での最大作業水深が65mと大水深になる点と事業工期の遅延の



飽和潜水士

図-10 飽和潜水作業イメージ

## 4.2 浮体式仮締切工法の開発

水中作業による台座コンクリート施工は、不確定要素が多く、当初予定していた施工能力が著しく低下し、工程の遅延、コストの増加が懸念されました。

そこで、施工業者（土木・機械）、一般財団法人ダム技術センター、発注者において検討を重ね、新たな方法として台座コンクリートを必要としない「浮体式仮締切」を開発し、3号増設放流管施工時の仮締切に採用することで、問題解決を図りました。浮体式仮締切の主な特徴は、扉体に浮力を持たせる構造にあり、空気を入れ浮く状態にして、陸上部ではなく貯水池内で組立を行い一体化した状態で運び、順次沈降させることで、ダム本体に設置することが出来るため、水中作業を大幅に軽減することができました。

なお、本工法は、国、鹿島建設(株)、日立造船(株)、一般財団法人ダム技術センターの4者により5種の特許を取得しました。さらに、第16回(平成26年度)国土技術開発賞において最優秀賞を受賞した他、第6回(平成27年度)ものづくり日本大賞において、内閣総理大臣賞を受賞し、今後も広く技術活用が期待されています。

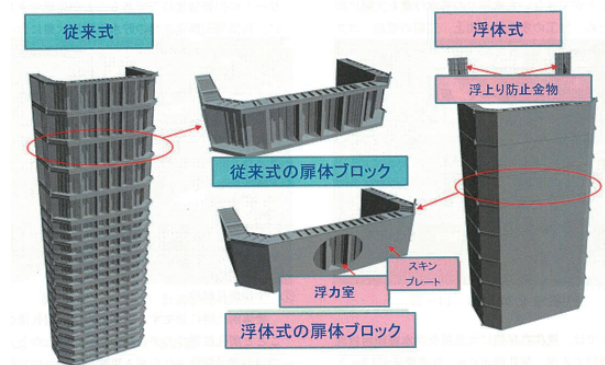


図-11 浮体式仮締切扉体イメージ



図-12 浮体式仮締切水上組立状況

## 5. まとめ

鶴田ダム再開発事業は、地域住民の方々の強い要望と期待を受け、早期の事業化が実現しました。そのため、一刻も早い治水効果の発現を目指し、安全面を確保しつつも、常に効率的な施工方法、施工計画を模索しながら進捗してきました。その結果、地域住民の方と約束した期間で治水効果を発現することができ、平成31年1月に無事完了いたしました。また、国内最大級のダム堤体の削孔、大水深での水中作業などにおいて、多くの先駆的な技術を採用することで、ダム再生技術の飛躍的な発展をもたらすことができました。



図-13 鶴田ダム再開発事業完成状況

## 謝 辞

鶴田ダム再開発事業の構造設計、水理設計にあたり、国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所の皆様、また、鶴田ダム再開発技術検討委員会や環境検討委員会をはじめとした関係した多くの方々にご指導・ご助言を頂きました。ここに心より感謝の意を表します。

安部宏紀



国土交通省九州地方整備局川内川河川事務所長  
Hironori ABE

遠山哲生



研究当時 国土交通省九州地方整備局川内川河川事務所専門員、現 筑後川河川事務所九州北部豪雨復興出張所  
Tetsuo TOOYAMA