既設丸山ダムの機能を生かした新丸山ダムの施工方法について

吉川敦師[1]・瀧川豪[2]

[1,2]新丸山ダム工事事務所　（〒505-0301岐阜県加茂郡八百津町八百津3351）

新丸山ダム建設事業は、木曽川本川中流部に位置する(既設)丸山ダムの下流47.5mの位置に、20.2m嵩上げして機能アップを図るダム再生事業である。

木曽川のような大河川で、丸山ダムの機能を維持しながら大規模なダムの嵩上げ工事は、国内では前例がなく、設計や施工方法など技術的に先駆的なダム建設といえる。

新丸山ダムの施工時に丸山ダムからのゲート放流の影響を極力軽減し、安全に施工を行うための転流方法の施工計画について検討を行った。

キーワード：洪水調節機能維持、左岸活用案

1.　はじめに

新丸山ダムは本体工事に向け、本体実施設計・施工計画を検討中である。

平成29年3月に、ダム本体実施設計及び施工計画などの技術的課題についての課題解決を目的に「新丸山ダム設計施工検討委員会」を設置している。

委員会において、「河床部施工・放流管据付時における洪水処理計画が重要である。」との意見があり、洪水処理計画及び施工計画を検討したものを報告するものである。

(1) 新丸山ダムの概要

新丸山ダムは、木曽川の河口より約90km上流にある既設の丸山ダムの下流側47.5mの地点に20.2m嵩上げするダム再生事業(図-1,2)である。

a) 新丸山ダムの諸元

河 川 名：木曽川水系木曽川
位　置：左岸：岐阜県可児郡御嵩町小和沢
　　右岸：岐阜県加茂郡八百津町八百津
集水面積：2,409km^2
湛水面積：3.68 km^2
型　　式：重力式コンクリートダム
堤　　高：118.4m
堤 頂 長：378m
堤 体 積：約1,025,000 m^3(減勢工含む。)

b) ダムの目的(特定多目的ダム)

①洪水調節
②流水の正常な機能の維持
③発電

(2) 丸山ダムの概要

a) 丸山ダムの諸元

湛水面積：2.63 km^2
型　　式：重力式コンクリートダム
堤　　高：98.2m
堤 頂 長：260m

b) ダムの目的(国と関西電力との共同ダム)

①洪水調節
②発電

図-1　ダム側面図

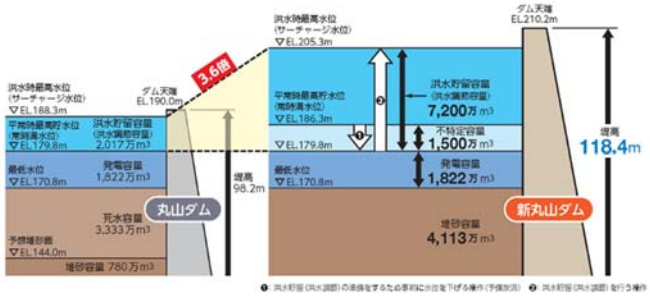

図-2　貯水池容量配分図

２．洪水処理計画

(1) 洪水処理計画における条件

新丸山ダムは丸山ダムの下流に設置するダムであり、工事中については現丸山ダムの洪水調節と発電の機能を維持しながら行う必要がある。

a) 洪水調節

丸山ダムは木曽川本川の洪水調節において重要な役割を有しているため、工事中でも現在の洪水調節機能(**図-3**)を維持する必要がある。

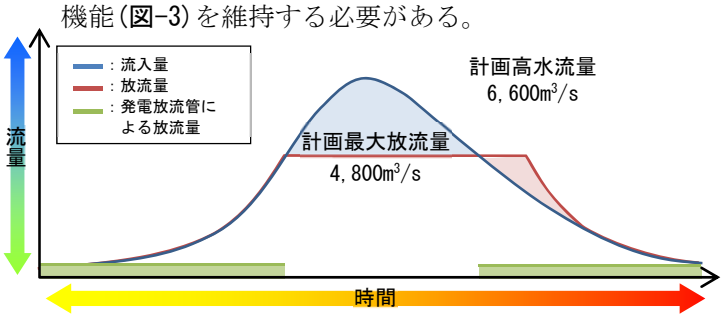

図-3　丸山ダム洪水調節計画

b) 発電

丸山ダムには発電所が2つ有り電力供給の面で重要な役割を有している。そのため、減電となる水位低下を行わない施工計画を検討する。なお、減電が生じた場合は金銭補償が必要となる。(**図-4**)

項目	丸山発電所	新丸山発電所
竣工年月日	S29年4月9日	S46年5月21日
発電形式	ダム水路式	ダム水路式
出力	最大125,000kW	最大63,000kW
使用水量	最大186m³/s	最大93m³/s
有効落差	最大80.75m	最大78.10m

図-4　丸山ダム発電所位置図

(2) 新丸山ダムの工事における条件

丸山ダムからのゲート放流は、ダムへの流入量が下記①②合計である1,100m³/sを超える場合に実施される。(**図-5**)

①工事中最大発電量　：200m³/s
②仮排水路（転流工）：900m³/s
合計1,100m³/s

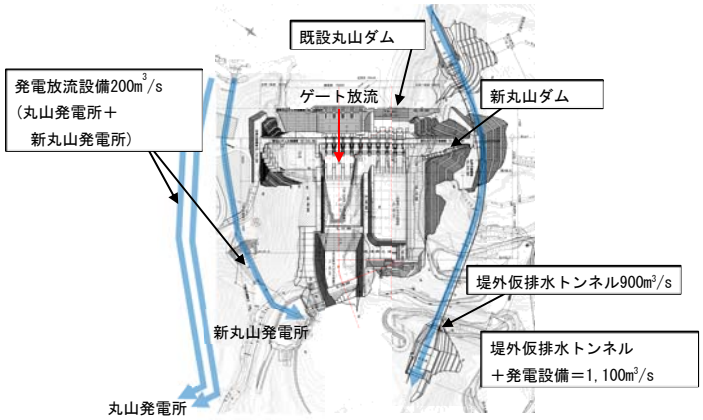

図-6　仮排水路配置図

新丸山ダムは、既設丸山ダム下流47.5mに建設し、約66mの落差があり、1,100m³/s以上の放流の影響はとても大きいものであり、適切に洪水処理計画を立案することが、工事現場の被災・手戻りによる工期延伸をなくすこととなり重要である。(**写真-1**)

写真-1　H30.7.6　14時頃（Q＝2,500m³/s）

(3) 洪水処理計画における課題

新丸山ダムは、丸山ダムからのゲート放流の影響を受ける河床ブロックと、放流の影響を受けない左右岸ブロックの３ブロックに分類ができ、左右岸ブロックは通年施工が可能である。(**図-7**)

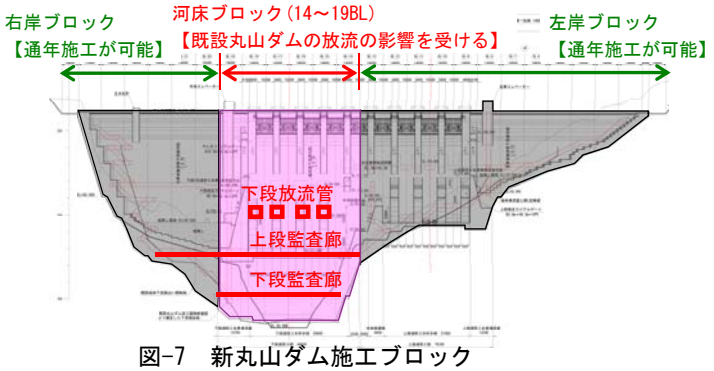

図-7　新丸山ダム施工ブロック

河床ブロックにおいて、既設丸山ダムからの放流の影響を受ける工時は、①河床部掘削、②監査廊、③下段放流管、④河床ブロック打設面であり、これらに工事に配慮した洪水処理計画の検討が必要となる。

(4) 洪水処理計画対象流量の設定

上記課題から、丸山ダムからの放流影響及び頻度を軽減することを目的に設定を行う。

丸山ダムにおける放流実績（63年間）を、流量と発生月別に整理した。(**図-8、表-1**)

洪水期（6～9月）において、丸山ダムから放流する頻度は、167回/63年あり、年平均で2.65回発生している。また、月別最大放流量においても、計画放流量である4,800m³/s相当が毎月発生している。

そのため、工事現場の被災・手戻りによる工期延伸の可能性が大きいため、原則、非洪水期施工とする。

非洪水期（10～5月）において、丸山ダムから放流する頻度は、99回/63年あり、年平均で1.57回発生している。また、月別最大放流量においては、11月～2月は2,000m³/s程度と比較的少ない流量である。

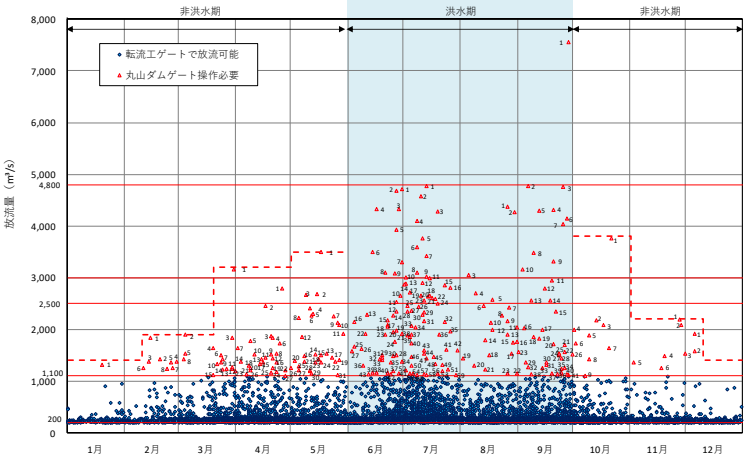

図-8　丸山ダム放流状況

表-1　丸山ダム月別放流状況

月	1,100m³/sを超える回数（回/63年）	最大放流量（m³/s）	備考
1月	1	1,326.0	
2月	8	1,838.0	
3月	15	3,169.0	
4月	27	2,801.5	
5月	31	3,499.0	
6月	43	4,718.7	↕
7月	60	4,774.0	洪水期
8月	23	4,384.0	
9月	41	7,564.0	↕
10月	9	3,760.4	
11月	6	2,198.8	
12月	2	1,915.4	
集計	266		

非洪水期の対象流量は、①～③の施設の組み合わせにより設定し、後述する施工計画検討から、構造・コスト検討結果と合わせて設定している。

なお、Q＝3,000m³/sを超える洪水は3回/63年であり、1回/21年で発生している。

●検討条件：非洪水期：Q＝3,000m³/s

①工事中発電量：200m³/s

発電事業者に対する工事中の発電量である。

②仮排水路流量：900m³/s

水路トンネルとして設置する施設のコスト的に優位な最大規模である。

③施工方法で処理する流量：1,900m³/s

河床ブロック、左岸ブロックにおいて施工方法により対応できる最大流量である。

本報告は、③施工方法で処理する流量：1,900m³/sの洪水処理方法について検討を実施したものである。

3．施工計画検討

施工方法で処理する流量：1,900m³/sに対して、丸山ダム貯水位への影響がなく減電が生じないことを前提に、①コンクリート打設順序②洪水処理方法が違う下記２案を選定し、①安全性②構造③コストを比較検討する。

(1) 堤内バイパス案

コンクリートダムの一般な打設順序である河床ブロックから打設を行う。

洪水処理は、左岸に設置した仮排水路（転流工）を用いて、中小洪水処理を行い、丸山ダムからのゲート放流を、堤体内に設置したバイパス４条により流下させる。（図-9）

①河床部からコンクリート打設

②堤内バイパス

図-9　堤内バイパス案イメージ図

(2) 左岸活用案

丸山ダムからの放流影響を受けない左岸ブロックから打設を行い、上段常用洪水吐き等の放流設備を含め、左岸部を完成させる。

洪水処理は、左岸に設置した仮排水路（転流工）を用いて、中小洪水処理を行い、完成させた左岸部と丸山ダムを上流隔壁でつなぎ上段放流管に転流させる。（図-10）

①左岸からコンクリート打設

②完成した上段常用洪水吐き

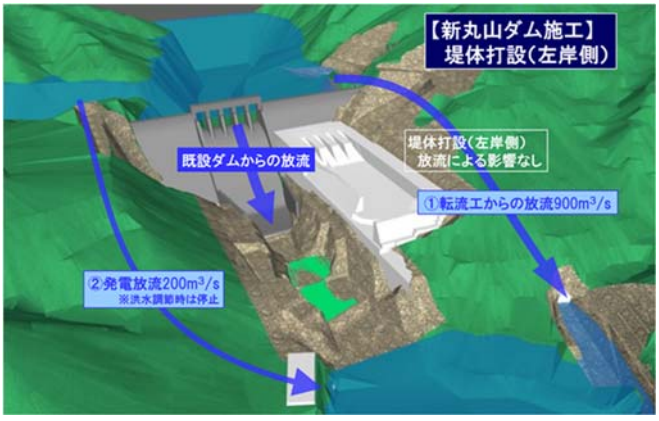

図-10　左岸活用案イメージ図

(3) 選定２案における比較検討

選定した２案において、丸山ダムの放流の影響をうける河床ブロックの工事時期に着目し比較評価を行う。

a) 堤内バイパス案

表-2　堤内バイパス案放流影響工種

既設丸山ダム放流の影響を受ける工種	対　応
河床部掘削	・非洪水期施工
監査廊	・12 月～1 月施工
堤内バイパス	・11 月～2 月施工
下段放流管	・11 月～1 月設置 ・2 月～4 月巻き立て
河床ブロック打設面	・段違い施工 ・既設丸山ダムからの放流は打設ブロックと反対側から行う

■堤内バイパス案平面図

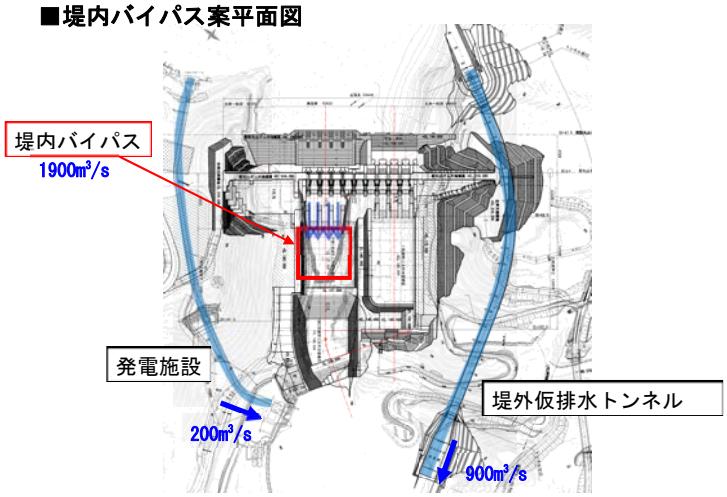

図-11　堤内バイパス案平面図

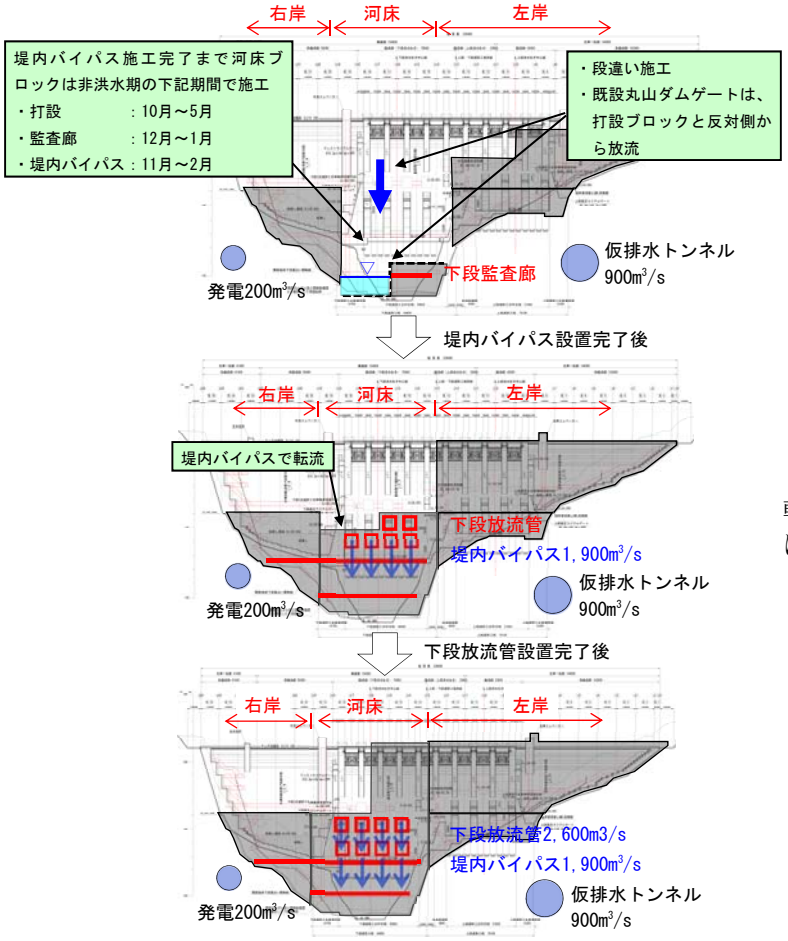

図-12　堤内バイパス施工順序

a) 安全性

堤内バイパス案では、河床ブロックにおいて丸山ダムからの放流の影響を受ける工種は、５種類ある。(表-2)

左岸活用案との差異として、堤内バイパスの設置時及び河床ブロック打設面に着目し評価する。(図-11)

堤内バイパスの設置工事は、4ヶ月必要であり丸山ダムからの放流頻度が少ない11月～2月に実施する。(表-1)

しかし、直撃するリスク(1,100m³/sを超える洪水)は、17回/63年発生しており、工事中に放流水が直撃した場合は、堤内バイパス（２次製品）及び型枠等の仮設材が流失し、災害補填及び工期延伸が発生する。

なお、洪水が発生するリスクは1回/3.7年であり、1非洪水期に2条ずつ設置し2年間必要であるため、工事の安全管理としては大きなリスクである。(図-12)

河床ブロック打設面は、洪水処理ブロックを設けて段違い施工を実施する。

しかし、打設ブロックへの浸水は、洪水処理ブロックに一定に防止することできるが、型枠等の仮設材は流失する恐れがある。

b) 構造

堤内バイパスは、下段常用洪水吐きの直下に設置するため、堤体下流部でコンクリート厚2m程度と薄く、形状が鋭角となり構造上の弱部となる恐れがある。(図-13)

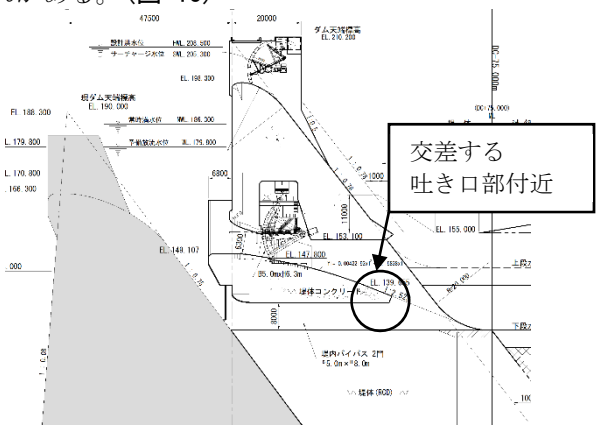

図-13　堤内バイパス案断面図

また、堤内バイパスは4条設置するため、ダム軸方向の設置間隔が4.5mと狭く、温度応力拘束によるクラックが発生する恐れがある。(図-14)

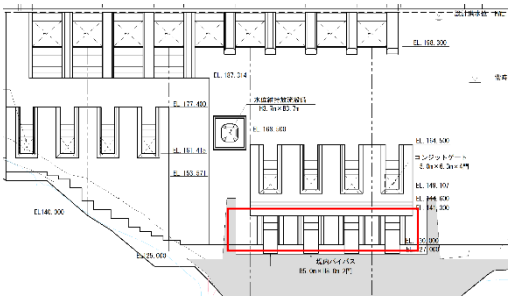

図-14　堤内バイパス案上流面図

b) 左岸活用案

表-3　左岸活用案放流影響工種

既設丸山ダム放流の影響を受ける工種	対　応
河床部掘削	・非洪水期施工
監査廊（下段）	・12 月～1 月施工
監査廊（上段）	・左岸を先行して完成させ、上段放流管で転流
下段放流管	
河床ブロック打設面	・非洪水期打設

■左岸活用案平面図

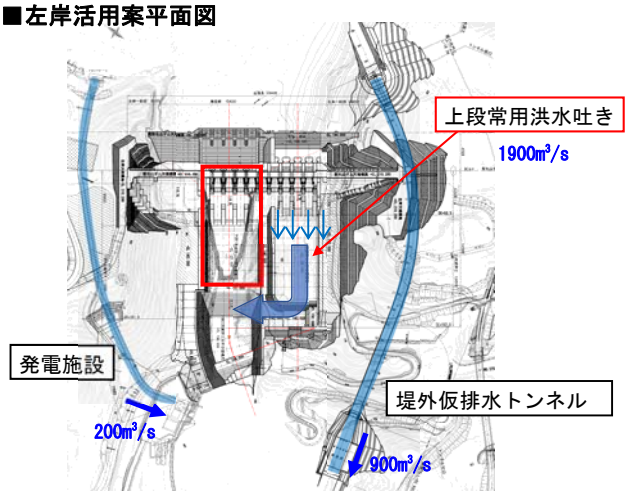

図-15　左岸活用案平面図

■左岸活用案の基本的な考え方

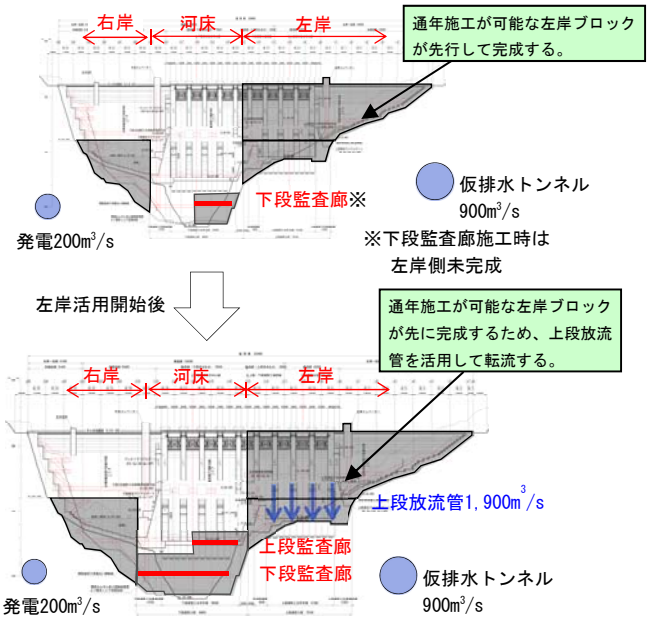

図-16　左岸活用案施工順序

a) 安全性

左岸活用案の特徴は、丸山ダムからの放流の影響を受けない左岸ブロックを、放流設備を含め先行して完成させることです。

洪水が発生した場合は、上段常用洪水吐き（Q＝1,900m³/s）を使用し転流させ、Q＝3,000m³/s までの洪水であれば、河床ブロックは放流の影響を受けなくなります。

そのため、左岸活用案では、河床ブロックにおいて、丸山ダムからの放流の影響を受ける工種は、２種類に減ることになります。(表-3)

堤内バイパス案では、堤内バイパスの設置工事において、大きなリスクがありましたが、左岸活用案では設置の必要が無くなり大きなリスク低減となります。

河床ブロック打設面は、左岸部に転流することにより、浸水及び型枠等の仮設材は流失する恐れも、3回/63年と大きくリスク低減します。

(図-15)

b) 構造面

左岸活用案では、先行して完成させた新丸山ダムと丸山ダムを連結する上流隔壁設置する必要がある。(図-17)

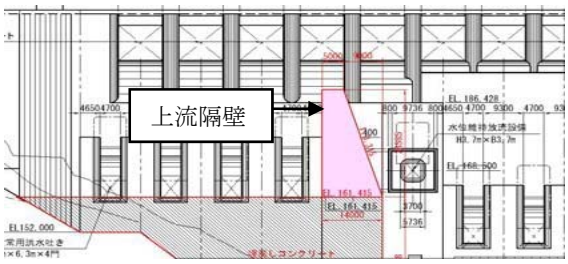

図-17　上流隔壁断面図

上流隔壁は、丸山ダムと新丸山ダムを連結する構造として、現ダム堤体、新ダム堤体、隔壁、基礎岩盤をモデル化した三次元FEM解析を実施した。結果、上流隔壁上流側に引張応力が発生することとなるが、発生する引張応力に対しては、部分的に鉄筋を配し、鉄筋コンクリート構造物として対応する。(図-18)

「河川管理施設等構造令」規則第9 条抜粋
上流面に引張応力を生じない構造とするものとする。ただし、局部的な引張応力に対して鉄筋等で補強されているダムの堤体の部分については、この限りでない。

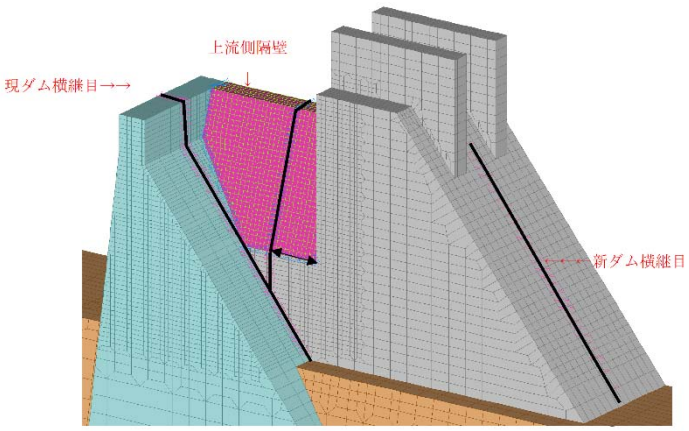

図-18　上流隔壁3次元FEM解析図

(4) 総合評価

a) 安全性

左岸活用案では、完成させた左岸ブロックに洪水を転流させることで、堤内バイパス設置工事、河床ブロックの浸水リスクは大幅に向上する。

b) 構造

堤内バイパス案は、コンクリート厚が薄くなることへの温度クラック発生が懸念される。

左岸活用案は、上流隔壁構造の安定性の照査が必要となる。

両案の課題については、他ダム等で事例があり、技術的検討で解決できる内容である。

C) コスト

両案における工事量の差異は、下記の①②であり、概算工事費においては大きな差はない。

①堤内バイパス：約1億円

②上流隔壁　　：約1億円

工期においては、左岸活用案の方が１年早く完成するため、コンクリート打設設備等の損料が安くなる。

堤内バイパス案は、被災リスクが大きいため被災した場合は、災害補填及び工期延伸が必要となる。

●上記比較検討結果から、左岸活用案は、新丸山ダムの施工計画における課題である丸山ダムからの放流影響に対して、工事中の安全性の優位が確認され、１年早く完成出来ることが整理できた。

４．左岸活用案における課題

(1) リフト差による温度クラック

左岸活用案では、先行して左岸部を完成させ、河床部をコンクリート打設するため、河床部と大きくリフト差が生じる(図-19)。

一般的なダム軸方向リフト差制限(8リフト)を超えるため、開放面対策が必要となる。なお、丹生川ダム等で養生シートによる対策をした事例があり、温度応力解析を合わせて、今後、対策工を検討する。

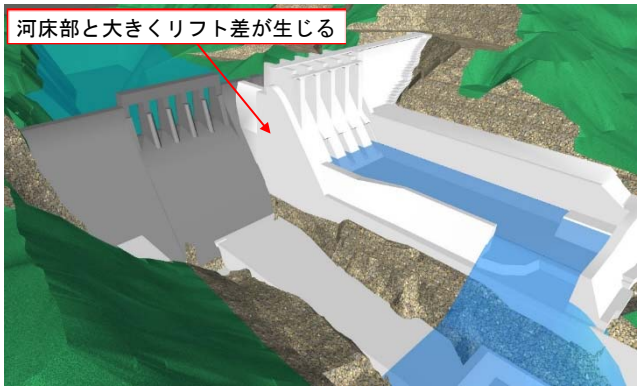

図-19　左岸活用案　リフト差のイメージ

(2) 丸山ダムの左岸活用案における管理

左岸活用案では、先行打設する左岸部と丸山ダム堤体を接続し、工事中のダム管理運用を実施する。(図-20)

転流工をはじめとする放流設備が複数あり、確実な操作運用できるマニュアル等を合わせて整備する必要がある。

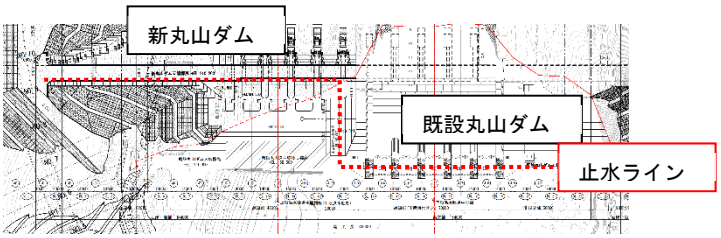

図-20　左岸活用案における堤体形状

６．まとめ

新丸山ダムは、丸山ダムの機能を維持しながら大規模なダムの嵩上げをする工事であり、国内では前例がなく、従前から転流方法を含めた施工計画の検討をしてきた。

本体工事を目前に控え、実現性の高い施工計画として、丸山ダムからのゲート放流に着目し、安全かつ効率の良い洪水処理計画及び施工計画の検討を実施した。

コンクリートダムでは、河床部からコンクリート打設を実施することが一般的であるため、堤内バイパス案を整理し、逆転の発想として、放流の影響のない左岸部から打設する左岸活用案を比較検討し、左岸活用案の優位性を確認した。

今後、整理する課題もあるが、ダム本体工事に向け、BIM/CIMを活用し見える化を行い、技術的にわかりやすい施工計画を検討する。