

既設胎内川ダムのカレストゲート増設に おける放流水脈の減勢方法

神林 涼¹

¹新潟県 土木部 河川整備課 (〒950-8570 新潟県新潟市中央区新光町4番地1)

胎内川河川総合開発事業は、胎内川上流域に奥胎内ダムを建設し、1977年に完成した胎内川ダムの洪水吐き改造を行う2ダム1事業である。胎内川ダムの洪水吐き改造に関して、概略設計の成果を基に水理模型実験を行うことで水理特性を把握し、課題抽出と構造物設計への検討を実施したので報告する。

キーワード 胎内川ダム, 洪水吐き改造, 水理模型実験

1. はじめに

胎内川河川総合開発事業は、胎内川上流に奥胎内ダムを建設し、既設胎内川ダムとの最適な連携運用により洪水調節、流水の正常な機能維持、水道用水の補給および水力発電を行うことを目的としている(図-1)。

胎内川ダムは、高さ93m、堤頂長215mの重力式コンクリートダムとして1977年に完成したが、河川管理施設等構造令(1976年10月施行)¹⁾で規定する洪水吐きの放流能力を満足していない。そこで、現行基準のダム設計洪水流量1,900m³/sを安全に流下させるため、非越流部にカレストゲート1門を増設する(写真-1, 表-1)。

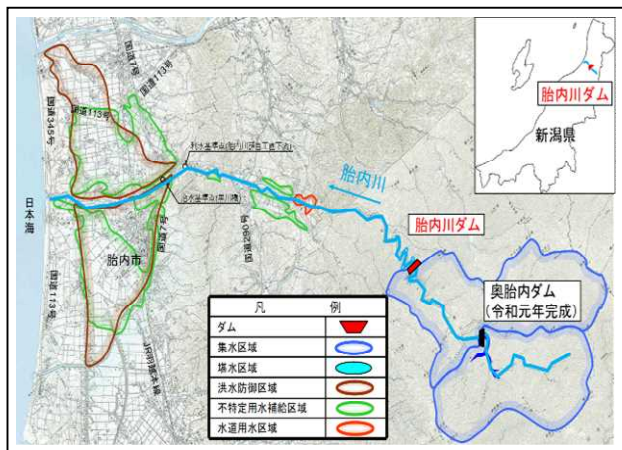


図-1 胎内川ダムと奥胎内ダム位置図



写真-1 カレストゲート増設イメージ

表-1 建設当時と現在の基準の違い

	ダム建設当時	現在
基準	ダム設計基準 ²⁾ (昭和44年11月)	河川管理施設 等構造令 (昭和51年10月)
ダム設計 洪水流量	異常洪水流量 1,600m ³ /s ※設計高水流量 より20%程度大 きい流量	1,900m ³ /s ※1/200年確率 流量相当
設計洪水位	異常洪水位 EL.304.5m	EL.303.7m

この洪水吐きの改造にあたり、概略設計(以下、改造原案と称す。)を基に水理模型実験を行ったところ、既設減勢工では減勢できないことが明らかとなった。本文では、この対応策について、水理模型実験を中心に述べる。

2. 既設洪水吐きの減勢工改良検討

(1) 既設洪水吐きの課題

既設ダムは、異常洪水流量 1600m³/s をコンジットゲート 2 門で 800m³/s、クレストゲート 1 門で 800m³/s 放流する計画である。これに対し改造後は、ダム設計洪水流量 1,900m³/s を既設コンジットゲート 2 門で 800m³/s、既設クレストゲート 1 門で 730m³/s、新設クレストゲート 1 門で 370m³/s 放流する計画である。

改造原案に対して、既設洪水吐きを異常洪水流量 1,600m³/s を放流する場合、及び新設洪水吐きも含めてダム設計洪水流量 1,900m³/s を放流する場合の水理模型実験を行った。その結果、両ケースで放流水脈がローラーバケット直下で飛散状態となり、それが右岸地山に直撃し、一部は地山沿いに這い上がって副ダムを超える流れとなった(写真-2)。



写真-2 改造原案 1,900m³/s 流況

(2) 既設洪水吐きの流況

水脈が飛散する要因を明らかにするため、放流量を徐々に上げて水理模型実験を行った。その結果、放流量 800m³/s ではローラーバケットの減勢機能が発揮されていたが、1,300m³/s では間欠的に、1,600m³/s では常時、ローラーバケット内で射流水面が露出した(写真-3)。

この流況を観察すると、放流量が 1,300m³/s を超えると、この吹き上がりが勢いを増しながら変動し、それに伴って減勢池内が激しく波打つ状況が見られた。また、コンジットゲート 2 門からの放流水脈が勢いよくローラーバケットへ突入することが、直下での吹き上がりを助長しているようであった。

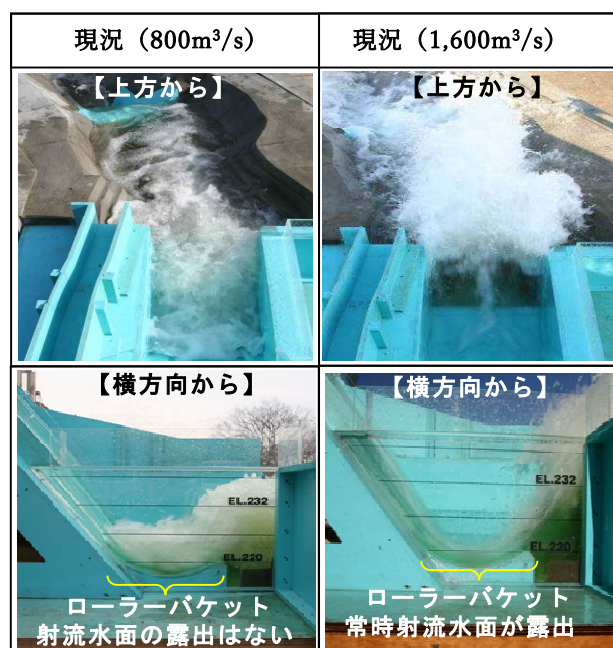


写真-3 既設洪水吐きの流況

(3) 既設減勢工の改良検討

流況の観察から、放流水脈の吹き上がりや減勢池内の水面変動を抑制するため、減勢池で十分な水深を確保すること及びローラーバケット部で流向を調整することとし、更にコンジットゲートからの放流水脈の分散に着目し、下記の改良形状を立案した。

- a. 副ダムのかさ上げまたは水通し幅の縮小により、減勢池の水深を確保する（図-2a）。



図-2a 副ダムの改良イメージ

- b. ローラーバケットを水平に埋め戻し、流向を水平にする（図-2b）。

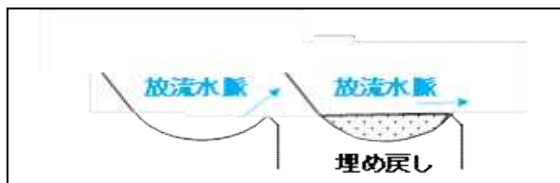


図-2b ローラーバケットの改良イメージ

- c. 水たたき始端に補助構造物を設置し、コンジットゲートからの放流水脈を分散する（図-2c）。



図-2c 補助構造物の設置イメージ

上記 a~c の組合せで実験ケースを立案し（表-2）、対象流量を異常洪水流量に近い $1,500\text{m}^3/\text{s}$ とし、水理模型実験を行った（写真-4）。

表-2 既設減勢工の改良案

ケース	ローラーバケット	副ダム高	水通し幅	補助構造物
1	現況	かさ上げ2.0m	現況	なし
2		現況	縮小	
3	水平埋め戻し	かさ上げ4.5m	現況	
4		現況	縮小	
5		かさ上げ3.0m	現況	あり

いずれのケースにおいても減勢池内の水深が確保でき、バケット始端で露出射流は発生せず、減勢機能を有することがわかった。特に補助構造物を設置したケース5では、コンジットゲートからの放流水脈が分散し、バケット下流の水位が最も低くなった。

なお、副ダムの水通し幅の縮小を伴うケース2およびケース4は、地山からの袖の張出し部分へ直進性の強い流れが直撃するため、これらは改良案から除外した。



写真-4 既設減勢工改良案の流況

残る3案について減勢池の水面形を計測した。ケース1は平均水位が既設減勢工壁高を超えた（図-3）。ケース3は最高水位が壁高を超えるが平均水位は壁高以下に収まり、ケース5は最高水位もほぼ既設壁高に収まった。ダム直下の

水位は、堤体の安定性に影響を及ぼすことから、下流水位の上昇を最も軽減できるケース5を採用した。

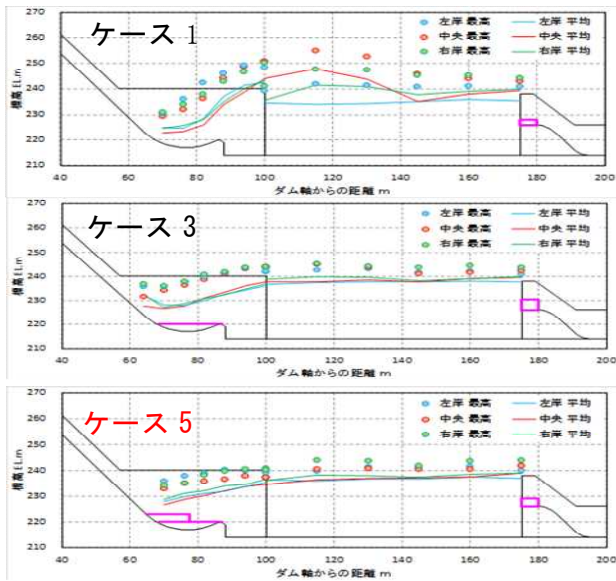


図-3 既設減勢工改良案の水面形

3. 新設洪水吐きの検討

(1) 新設洪水吐きの課題

新設クレストゲートの単独放流で、ダム設計洪水流量の分担量 $390\text{m}^3/\text{s}$ および小流量の $50\text{m}^3/\text{s}$ で水理模型実験を実施したところ、下記の課題が明らかとなった。

- ・ $390\text{m}^3/\text{s}$ 時に、水脈が右岸擁壁に衝突する(写真-5左)。
- ・ $50\text{m}^3/\text{s}$ 時に、水脈が左岸擁壁に落下する(写真-5右)。

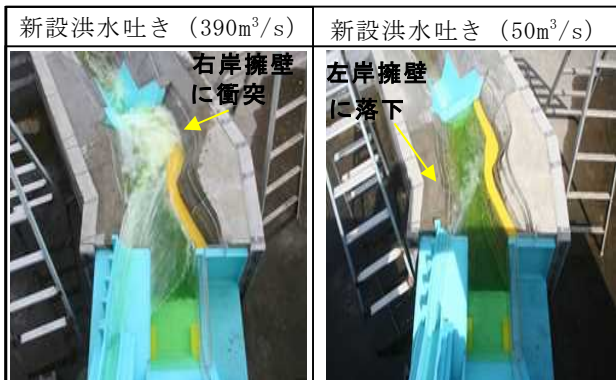


写真-5 新設洪水吐きの流況

(2) 新設洪水吐き改良案の検討

これらの導流部終端において下記の改良形状を立案した(図-4)。

- ・ 大流量時の水脈を右岸擁壁の手前に落下させるため、水平の水路底面に傾斜を付ける。
- ・ 大流量時の水脈を分散させ、小流量時の水脈を左岸擁壁からそらせるために、終端部に3段の階段状ブロックを設置する。

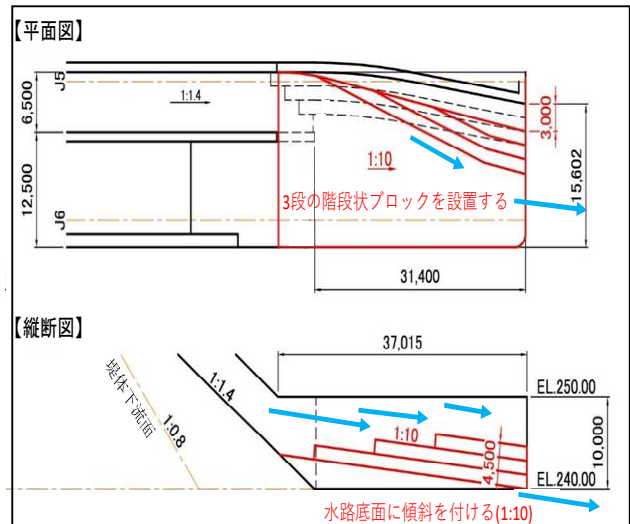


図-4 新設洪水吐き改良形状(黒:改良原案)

(3) 新設洪水吐き改良案の流況

この改良形状で再び水理模型実験を実施し、新設単独 $390\text{m}^3/\text{s}$ 時に水脈が右岸擁壁に衝突せず手前の減勢池内に落下すること(写真-6左)、新設単独 $50\text{m}^3/\text{s}$ 時に水脈が左岸擁壁からそれて減勢池内に落下すること(写真-6右)を確認した。

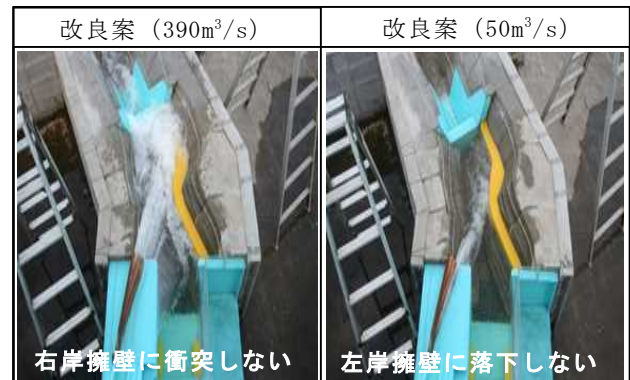


写真-6 新設洪水吐き改良案の流況

4. 最適案の流況

既設減勢工の改良案と新設洪水吐きの改良案を組み合わせた模型にダム設計洪水流量1,900m³/sを与え、水理模型実験を行った。減勢池の水深が保たれ、新設クレストゲートからの放流水脈が減勢池中央部へ落下しており、減勢機能に問題ないことを確認した(写真-7)。



写真-7 最適案の流況

・530m³/s 時に、副ダム下流の水叩き始端にヒレ状の水脈が発生し、下流河道の地山へ飛散した(写真-9右)。



写真-8 土砂の流入・堆積状況

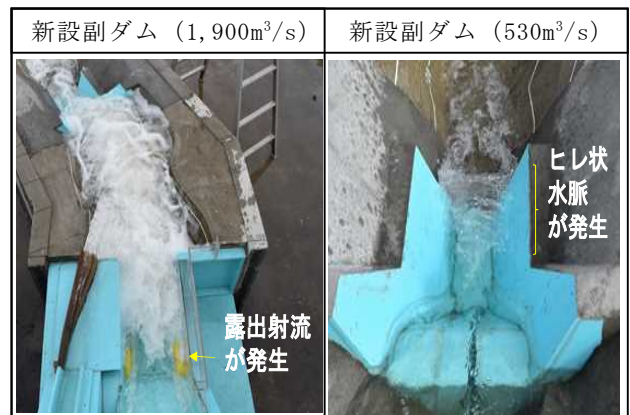


写真-9 新設副ダムの流況

5. 副ダムのかさ上げ形状の検討

(1) 副ダムのかさ上げ形状の課題

既設減勢池では、右岸側の沢から流入する土砂が副ダムの水通し穴を閉塞し除去できなくなる可能性がある(写真-8)。そのため、水通し穴の代わりにスリットを設けることとしたが、開口面積が増加することにより、減勢機能に影響することが予想された。ダム設計洪水流量相当の1,900m³/sおよび計画最大放流量の530m³/sで水理模型実験を実施したところ、下記の課題が明らかとなった。

・1,900m³/s 時に、減勢池の水深が低下してバケツ水叩き始端に露出射流が発生した(写真-9左)。

(2) 副ダムのかさ上げ形状の検討と流況

これらを踏まえ、副ダムの下流面の勾配を中段以下で緩傾斜化(1:2.0)する改良形状を立案した(図-5)。実験の結果、減勢池内の水位が維持され、バケツ水叩き始端での露出射流はおさまった(写真-10左)。また、副ダム下流では流れの集中が生じず、ヒレ状水脈が発生しないことを確認した(写真-10右)。

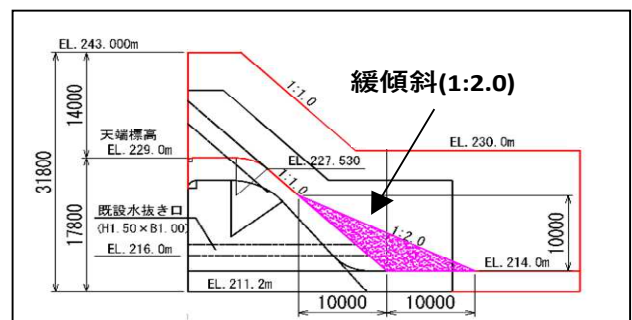


図-5 新設副ダム縦断面図

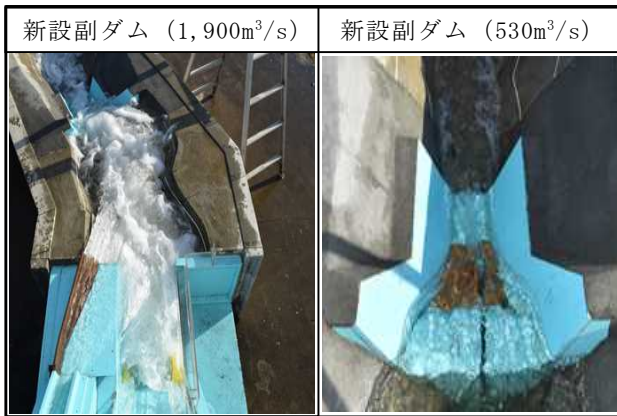


写真-10 新設副ダム改良案の流況

参考文献

- 1) 社団法人日本河川協会：河川管理施設等構造令，P13-14，1976
- 2) 社団法人日本大ダム会議：改訂ダム設計基準上巻，P8，1969

6. おわりに

当該事業は、上述の検討を踏まえて洪水吐き改造の基本形状を固め、2021年6月には基本設計会議（実施設計）を行い、現在は詳細設計などを進めている。当該設計や水理模型実験にかかる一連の検討において、有益な助言等をいただいた各関係機関の皆様に対し、この場を借りて深くお礼申し上げます。