

横瀬川ダム小容量放流設備 孔付きリターンフロー形減勢工の設計と施工

中筋川総合開発工事事務所 工務課 水野 来依人
中筋川総合開発工事事務所 工務課長 渡辺 教仁
中筋川総合開発工事事務所 係長 大岡 正憲

中筋川総合開発工事事務所では、横瀬川ダム建設事業に平成2年6月より着手し、平成31年度の完成を目指して昨年度よりダム本体の打設を開始したところである。横瀬川ダムではダム周辺の自然環境を保全するため、ダム直下に減勢工や放流設備等の施設を設けないこととした。このため利水放流設備である小容量放流設備は、堤体内部の大空洞部に設置し、放流水の減勢を堤体内で行う設計とした。本稿では、堤体内部の減勢工として採用した孔付きリターンフロー形減勢工の設計から現場施工における課題や工夫までを説明する。

キーワード 横瀬川ダム、孔付きリターンフロー形減勢工

1. はじめに

(1) 横瀬川ダム概要

横瀬川ダムは、渡川水系四万十川支流中筋川の左支川である横瀬川の高知県宿毛市山奈町山田地先に建設するもので、宿毛市平田町黒川地先に建設された中筋川ダム（平成10年度完成）とともに、中筋川総合開発事業として中筋川流域の治水・利水・環境保全に貢献する施設である。図-1にダム建設地と完成予想図を示す。

横瀬川ダムは堤高 72.1m、集水面積 11.4km²、総貯水容量 7,300,000m³の重力式コンクリートダム型式（図-2）として、「環境負荷最小限を目指したエコダム」をコンセプトに環境に配慮した取組みを実施し、平成28年度よりダム本体工事に着手、平成31年度の完成に向けて工事を進めている。

(2) ダムの特徴

当該事業実施区域周辺はシイ・カシ天然林が多く分布する自然豊かな環境であり、また、横瀬川ダム建設地直下には、落差 10m 程度の「とどろの滝」があり、水神が宿っているとされていて、その祠が地域信仰の対象となっている。このため、これら環境の改変区域を最小限とするため、従来採用されてきたダム直下に施工する水平水叩式減勢工の代替案として、日本で初めてのダム本体の下流面に減勢機能をもたせる「側水路減勢方式」（図-3）を採用している。

その他にも、ダム建設に必要な骨材を得るために原石山を設けず購入骨材とすることや、「山林保全措置制度」を活用し、ダム湖周辺の山林を地元自治体取得し適正な保全を図ることから付替道路の建設を一部取りやめるなど、自然への影響を抑える取組みを実施している。



図-1 横瀬川ダム建設予定地と完成予想図



図-2 横瀬川ダム貯水容量

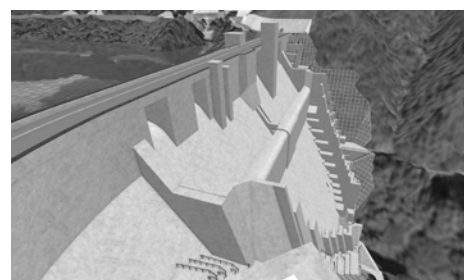


図-3 側水路減勢方式の減勢工（VR画像）

(3) 小容量放流設備の概要

本設備は下流への維持流量及び水道用水の補給として $0.089\text{m}^3/\text{s} \sim 0.749\text{m}^3/\text{s}$ の維持放流と、試験湛水時や緊急時に $3.988\text{m}^3/\text{s}$ の水位低下放流を行うものである。

主たる仕様を以下に示す。

- a) 主ゲート
 - 形 式 ジェットフローゲート
 - 口 径 $\phi 500\text{mm}$
 - 数 量 1 門
 - 操作水位 $\text{EL}150.300\text{m}+0.600\text{m}$
(設計洪水位+風波浪高)
 - 開閉方式 電動スピンドル式
 - 開閉速度 $0.05\text{m}/\text{min}$
- b) 副ゲート
 - 形 式 高圧スライドゲート
(円形底部戸溝無しタイプ)
 - 口 径 $\phi 500\text{mm}$
 - 数 量 1 門
 - 操作水位 $\text{EL}150.300\text{m}+0.600\text{m}$
(設計洪水位+風波浪高)
 - 開閉方式 電動スピンドル式
 - 開閉速度 $0.1\text{m}/\text{min}$
- c) 小容量放流管
 - 形 式 円形断面埋設管
 - 口 径 $\phi 800 \sim 500\text{mm}$
 - 数 量 1 式
 - 設計水位 $\text{EL}150.300\text{m}+0.600\text{m}$
(設計洪水位+風波浪高)

全体構造を図-4 に示す。

2. 小容量放流設備減勢工の設計について

(1) 減勢工の役割

減勢工は、ダムの堤体又は下流の河道や河川管理施設等への被害を防止するため、ダムからの放流水を下流に影響が出ない程度まで減勢する構造物である。

横瀬川ダムでは前章で述べたとおり堤体下流の環境保全を目的として、減勢工をダム直下に設置しないことから、放流設備室をダム下流ではなく堤体内に配置している。このため、小容量放流設備からの放流水を堤体内で減勢する必要がある。

(2) 減勢方法の決定

小容量放流設備の主ゲートである「ジェットフローゲート」の減勢方法としては「ダム・堰施設技術基準(案)¹⁾」より、次の方法が上げられる。

a) 跳水式減勢工

空中放流方式の減勢工で、ダム堤体内のトンネルまたは開水路に空中放流し跳水を起こして減勢する形式。水中減勢工と比べて減勢工の深さは浅くなるが、減勢工の長さは長くなる。

b) リターンフロー形減勢工

水中放流方式の減勢工で、エンドウォール及びデフレクタで構成し、帰還流により減勢する形式。図-5 に示す標準的な形状とは異なる形状や、流入フルード数が基準値を超えるような場合には、別途水理実験を実施し減勢効果を確認する必要がある。流入フルード数が大きい場合は、デフレクタを孔付き構造としてデフレクタ上部の水面変動を小さくした形式も採用することができる。

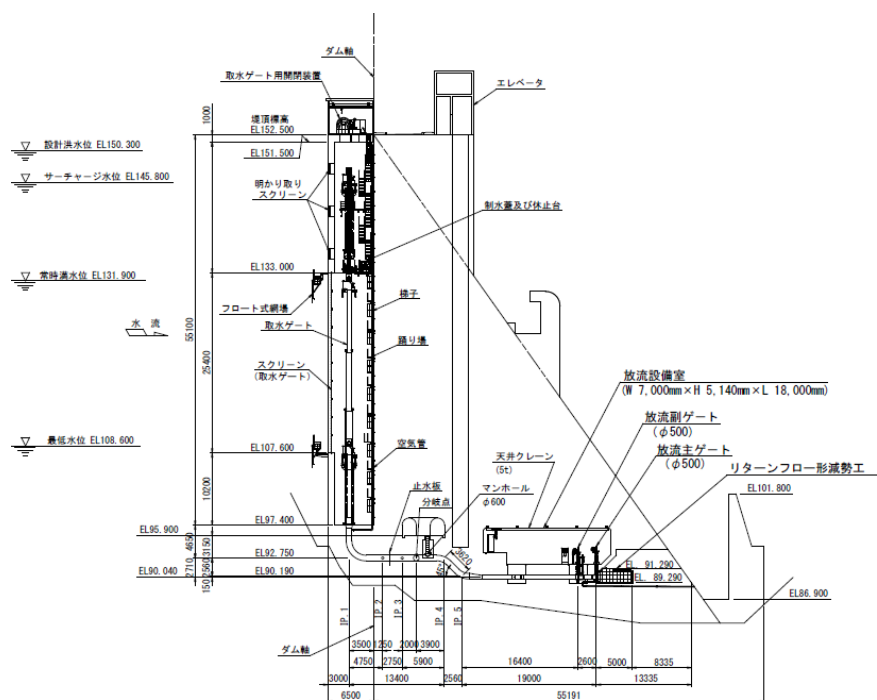


図-4 全体構造図

前頁にあげた2種類の方法のうち、跳水式減勢工については減勢工の必要長が長くなり堤体内での減勢ができず横瀬川ダムへの適用はできない。よって、リターンフロー形減勢工を採用することとした。

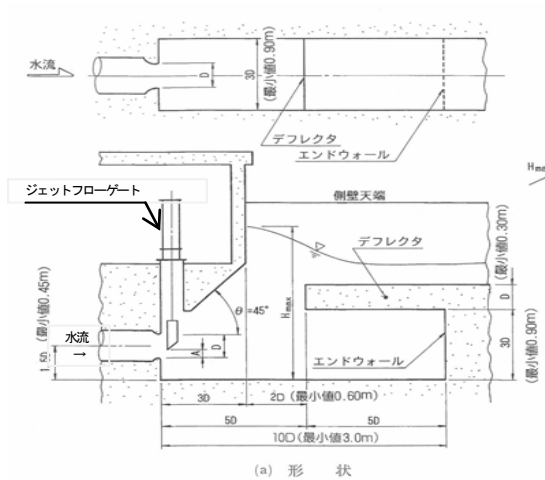


図-5 リターンフロー形減勢工の標準例

(3) 減勢工の構造検討

リターンフロー形減勢工の構造について、検討した。利水放流管吐口部のフルード数は11.5と基準値(7以下)を超える値となり、標準的な形状の採用が難しいことが判明した。そのため、孔付きリターンフロー形状を採用し、堤体内で確実に減勢する構造を水理模型実験により検討した。

決定した孔付きリターンフロー形減勢工の構造を図-6に、減勢工内の流れの概要を図-7に示す。

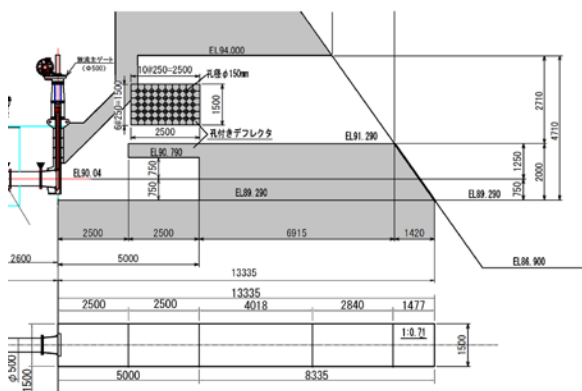


図-6 孔付きリターンフロー形減勢工構造図

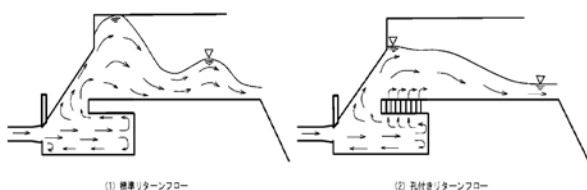


図-7 減勢工内の流れの概要図

(4) 水利模型実験の実施

孔付きリターンフロー形減勢工の減勢効果を確認するために、以下の点に着目して水理模型実験を行い、問題が無いことを確認した。

- ・放流能力は設計条件を満たしているか。
 - ・どの開度においても安定した流況となっているか。
- 水理模型実験の結果を表-1、図-8～10に示す。

表-1 放流能力調査結果

条件	ゲート開度	水位	流量		判定
			目標	結果	
利水放流	5%	EL.131.90m (常満水位)	0.089m ³ /s以下	0.077m ³ /s	OK
利水放流	100%	EL.106.80m (最低水位)	0.749m ³ /s以上	1.849m ³ /s	OK
水位低下放流	100%	EL.145.80m (サーチャージ水位)	3.988m ³ /s以上	4.053m ³ /s	OK

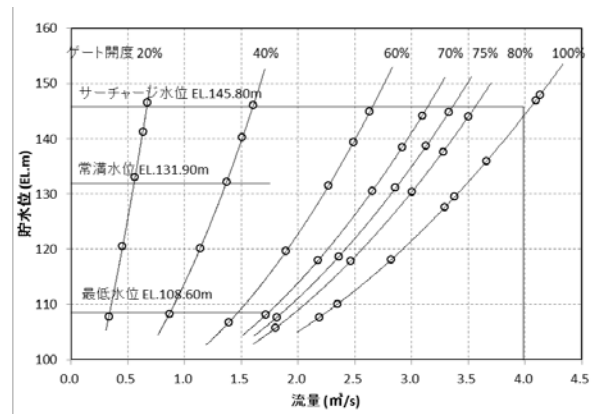


図-8 放流特性調査結果

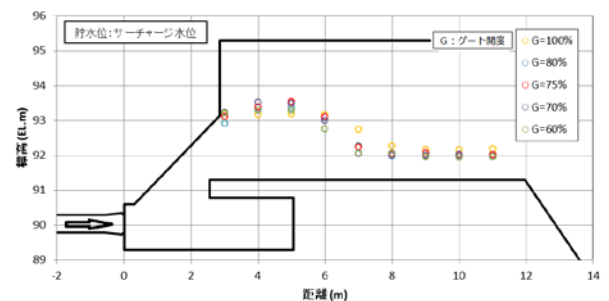


図-9 減勢工内の最高水位水面比較

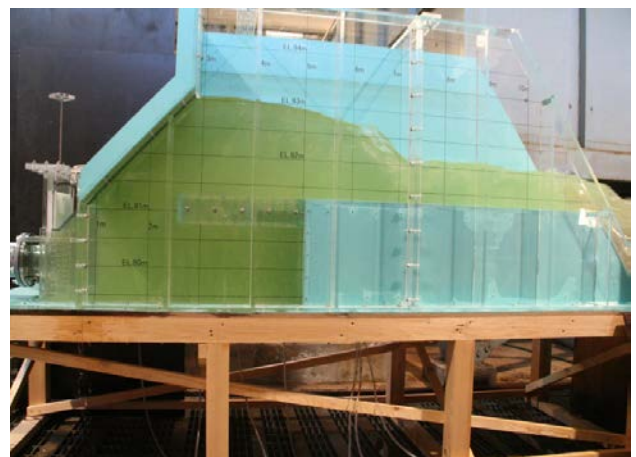


図-10 流況の調査状況（縮尺1/5の水理模型）

(5) コンクリートの摩耗対策

堤体内に減勢工が設置されることから、放流水によりコンクリートが摩耗した場合には構造用鉄筋が腐食しダムの安全性を損なう恐れがある。そのため、維持管理が容易なコンクリートの摩耗対策として減勢工内を鋼製の保護板（以下、減勢工保護板）で覆う構造とした。

減勢工保護板の外観を図-11 に示す。



図-11 減勢工保護板の外観

3. 現場施工の課題と工夫

(1) 底板部分へのコンクリート充填対策

前章に示した減勢工保護板は浸透水圧やコンクリート打設圧によって変形することの無いように、コンクリートと接する面にスティフナを配置して平板の区画を細分化している。そのため底板は、スティフナに囲まれた区画に空気が残留してコンクリートを完全に充填できない可能性があるため、コンクリートの充填対策を実施した。

実施したコンクリート充填対策を下記に示す。

a) コンクリート配合の変更

コンクリート配合を元々の C1 配合（Gmax80mm、スランプ 5cm）から C2 配合（Gmax40mm、スランプ 8cm）に変更し、充填性を確保した。

b) インナーパイプブレータの追加

通常使用するダム用パイプブレータφ130 では十分な締め固めができない可能性があるため、インナーパイプブレータφ60を追加した。

c) スティフナへの空気抜き孔の設置

通常活用される交差部のスカラップに追加して、スティフナの中央部にも空気抜き孔を設置した。

減勢工保護板の据付状況を図-12 に、コンクリートの締め固め状況を図-13 に示す。

(2) デフレクタのひび割れ対策

デフレクタは、減勢工保護板を型枠として周りをコンクリートにより打設する構造となっている。しかし管体どうしの間隔が狭く、部材断面が小さいことから応力集中によりクラックの発生が懸念された。そこで、管体の間に補強鉄筋として D16 ダブル鉄筋を配置した。

補強鉄筋の設置状況を図-14 に示す。



図-12 減勢工保護板の据付状況

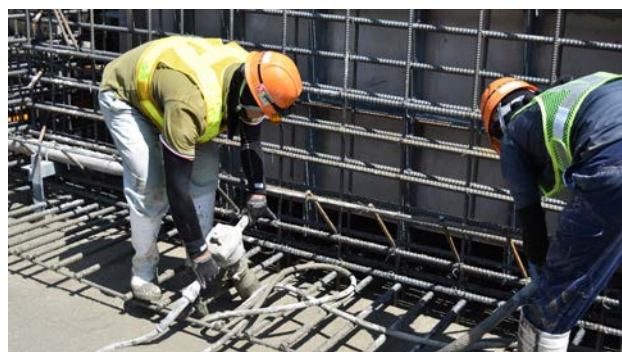


図-13 底板部分のコンクリート締め固め状況



図-14 デフレクタの補強鉄筋設置状況

4. おわりに

本稿では、横瀬川ダムの特徴を活かすために実施した小容量放流設備減勢工の設計から現場施工について紹介した。

既に施工が完了した減勢工は、外気にさらされることが無いよう適切な養生を行い、試験湛水に向けて品質管理を実施している。

今後、平成 30 年度の冬頃にはコンクリート打設を完了し、平成 31 年度には試験湛水を実施する予定である。

参考文献

1) 社団法人 ダム・堰施設技術協会、ダム・堰施設技術基準（案）（基準編・マニュアル編）、p.398～399、2011