

水力発電所余水路の減勢特性について

北海道電力（株） 神藤 謙一
 北海道電力（株） 笠井 秀男
 北海道電力（株） 吉澤 良
 北電総合設計（株） 青山 信幸

1. はじめに

水力発電所の発電ダム洪水吐や余水路では、高い位置エネルギーを有する箇所から十分減勢させて下流に放流する必要がある。今回は現在工事中の E 発電所余水路の水理模型実験を実施し、跳水型減勢工の減勢特性で得られた知見について報告する。

2. 検討概要

E 発電所の余水路は、水圧管路に併設する線形であること等から減勢工には副ダムを有する跳水型を採用した。この減勢工は上部に町道が新設されるため、ボックスカルバート構造で減勢工上部が閉塞した形状となっている。このため、減勢工では、急勾配水路による大量の空気が不定常に通気

することで振動や騒音が発生し、上部町道および下流の T 貯水池に及ぼす影響が懸念された。また、余水路は水槽に堆積した土砂を排砂する計画としているため、排砂に有利な流況となるよう設計する必要がある。本稿では、工事の計画にあたり減勢工の最適形状を検討するために実施した水理模型実験¹⁾結果から得られた知見について述べる。図-1 に E 発電所余水路第 1 減勢工の縦断面図を示す。なお、第 1 減勢工上部の余水管の線形については、IP 2 付近の地質が良好であり設置標高を 3 m 程度上昇させる予定であるため、余水管上部の線形を直線化した場合についても確認試験を実施したので合わせて報告する。

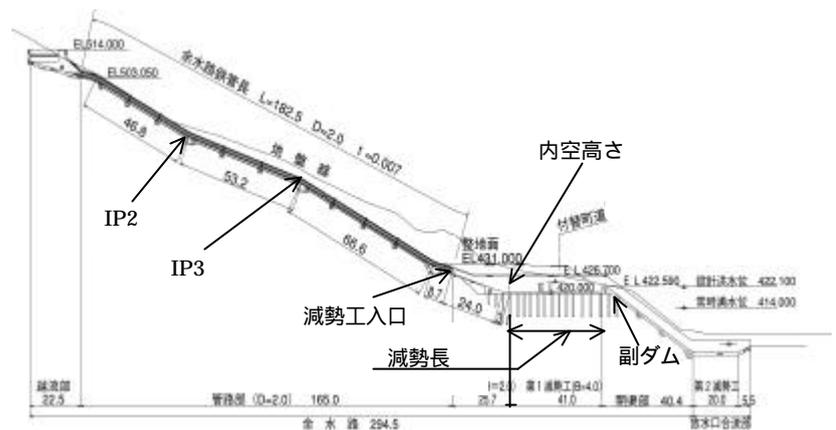


図 - 1 E 発電所余水路第 1 減勢工縦断面図

3. 実験方法

実験の前提条件は、フルードの相似則（常流区間と射流区間の再現）を基本とし模型縮尺を 1/20 として実験フィールドを最大限利用することとした。余水路の主要位置でのフルード数 (F_r)

表 - 1 主要位置でのフルード数

位置	$Fr = \sqrt{(gh)^{0.5}}$	備考
管路部 IP3	9.19	射流
減勢工入口	11.87	射流
副ダム +1m	0.14	常流
副ダム直下	1.00	限界流

を表-1 に示す。余水管部～減勢工流入部～跳水箇所については射流、完全跳水後～副ダム上流までは常流となる。減勢工の主な検討内容は図-2 の検討フローに示すとおり減勢効果、通気（プライミング）、連行空気量である。

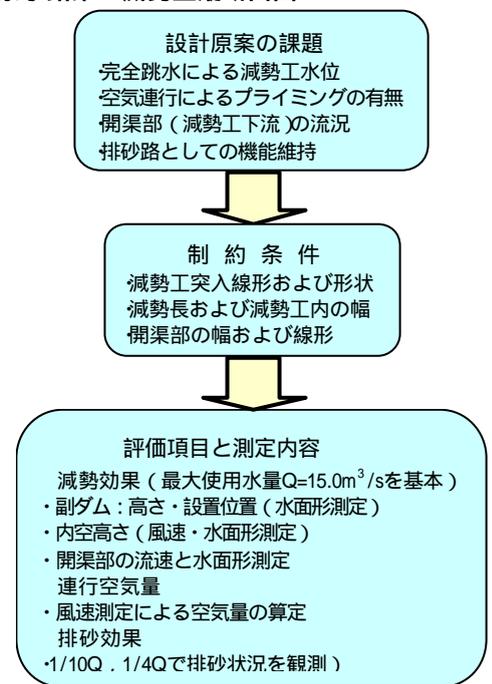


図 - 2 検討フロー

キーワード 跳水型減勢工，副ダム形状，連行空気量，フルード数，減勢効果

連絡先 〒067-0033 北海道江別市対雁 2-1 TEL 011-343-8007

4. 副ダム排砂口の形状

排砂口が開口および閉塞した場合について最大使用水量時の水面形を比較した結果を図-3、写真-1~2に示す。副ダム排砂口の有無が減勢特性に与える影響について考察すると以下のとおりである。

開口している場合は共役水深が 3.723m で閉塞時 4.107m より小さくなり減勢長が 1.5 倍程度必要となった。また、副ダム直上流の越流水深から合成流量係数 ($C = Q/BH^{3/2}$) を算出すると、開口時が $3.446m^{1/2}/s$ で閉塞時が $2.388m^{1/2}/s$ であった。従って副ダムに開口（オリフィス）を有する場合の跳水型減勢工の設計では、副ダムの合成流量係数に留意して共役水深を設定し、必要減勢長を設計する必要がある。

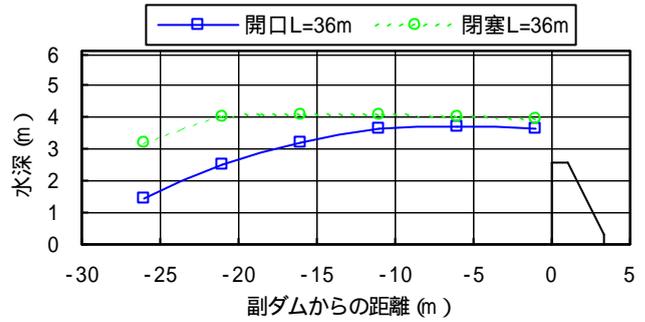


図-3 排砂口状況別平均水深



写真-1 排砂口閉塞

写真-2 排砂口開口

5. 連行空気量

余水管の線形の違いによる連行空気量の測定結果を図-4に示す。連行空気量は計算値（不等流計算で最大流速となる位置で算定）と線形変更した場合での測定結果は類似している。原線形の測定結果は、余水路の凸線形（IP3付近）による影響で流量の違いによる給気量に差がなく、最大使用水量時においては、水路敷から水脈が剥離し通気断面が減少したために給気量が減少している。ただし、4/4Q 時の連行空気量は、流量の 2 倍程度であり実物では更に増加すると考えられるため、他地点の実物測定実績 2.5~4 倍²⁾の範囲内と予測されることから余水路内の通気は良好と考えられる。

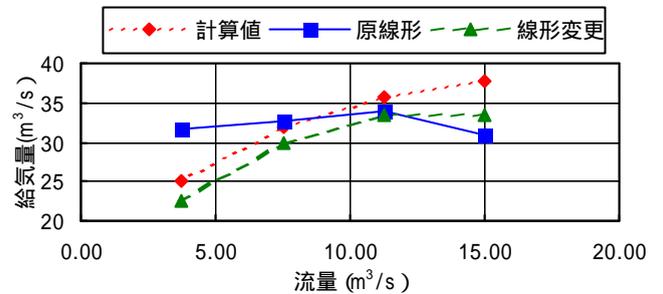


図-4 連行空気量の比較

6. 減勢効果

余水管の線形の違いによる最大使用水量時の水面形の測定結果を図-5に示す。線形変更の場合は、原線形に比べ給気量が多くなるため跳水位置が若干下流側に移動しているが、平均水深の最大は副ダムの上流側で現れ完全跳水しており、共役水深も同程度である。

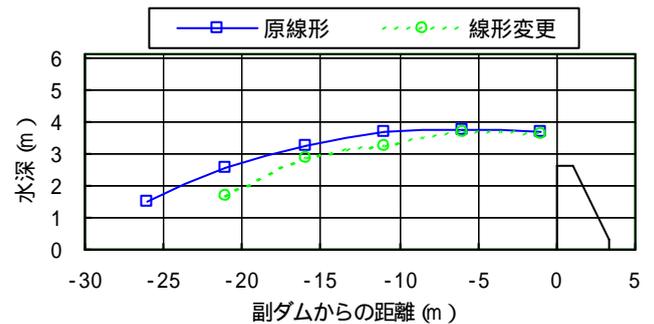


図-5 余水管線形状別平均水深

7. まとめ

今回得られた知見は以下のとおりである。

- ・跳水型減勢工の設計では、副ダムの流量係数を考慮して共役水深と減勢長を設定する必要がある。
- ・最大使用水量時の模型上の連行空気量は、余水管線形の違いによって若干異なるものの、模型上の連行空気量は流量の 2 倍程度と既往地点の測定実績²⁾程度であり、余水路内の通気は良好と考えられる。
- ・余水管の線形によらず、副ダム上流側で最大水深（共役水深）が発生しており良好な減勢状況である。

[参考文献]

- 1) 神藤謙一他：水力発電所の余水路減勢工に関する研究,土木学会北海道支部論文報告集第 60 号,2004.1
- 2) 福原華一：水力発電所余水路立坑減勢工の水理設計法,電力中央研究所研究報告 No.U88018,1988.9