

Ⅱ-119 水力発電所余水路における水理模型実験と現場計測

北海道電力総合研究所 正会員 平井祐次郎
 北海道電力土木部 正会員 横辻 幸
 北電興業土木部 正会員 青山 信幸

1. はじめに

流れ込み式発電所が緊急停止した時に生じる余水は高速射流で余水路を流下するため、多量の空気も流下することとなる。余水路内の通気断面を確保するためには、ルートを直線にすることが望ましいとされているが、地形、地質、出口位置等の制約から曲線部を挿入することがある。特に縦断曲線では通気断面を確保しづらいことから、通気断面が閉塞すると余水路内は圧力変動を伴った流れとなり、騒音、振動、水路の損傷が発生する場合がある。

今回、余水路と放水路の出口を一本化する改造工事を実施した発電所において、水理模型実験と現場計測を行ったので、結果を報告する。余水路改造図を図-1に示す。

2. 水理模型実験

2.1 実験設備概要

実験設備および実験装置の概要は図-2に示すとおりであり、模型は流況が観察できるように透明アクリル製とした。模型縮尺は1/24とし、相似則はFroude相似則を適用した。連行空気量は、空気孔に設置した熱線式風速計により風速を9点測定し、平均風速に断面積(9cm×9cm)を乗じて算出した。

2.2 実験方法

今回対象の余水路断面形状は上部半円下部矩形で水路高は水路幅の約1.17倍である。本実験では水平曲線部において水面形を計算した結果、水流が旋回しないと予測されたため、通気に関しては風速と空間面積および流速を合わせることに

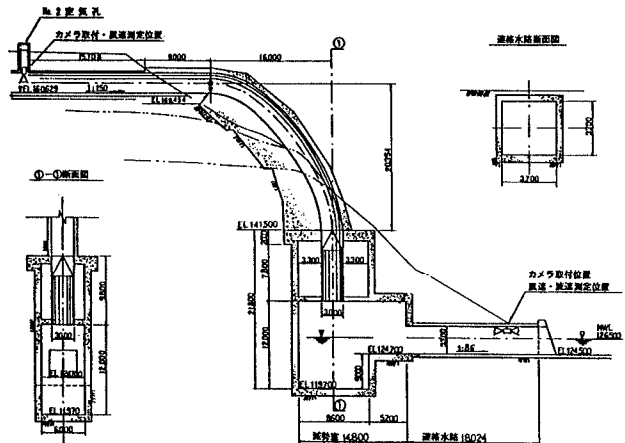


図-1 余水路改造図

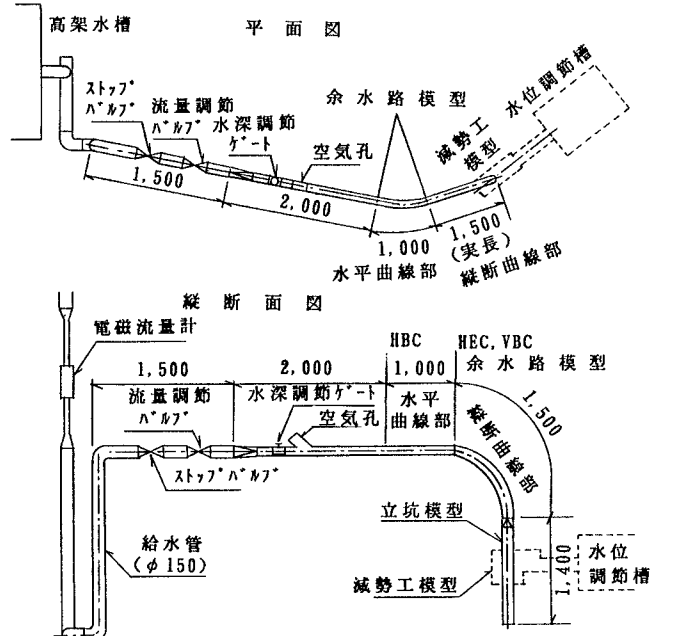


図-2 水理模型実験設備概要図

キーワード：余水路、高速射流、連行空気量、水理模型実験、現場計測

〒067 江別市対雁2番1号

TEL.011-385-6720

FAX.011-385-7553

〒060 札幌市中央区大通東1丁目

TEL.011-251-1111

FAX.011-251-0425

〒060 札幌市中央区北1条東1丁目2番5号 明治生命ビル5F

TEL.011-210-0772

FAX.011-232-7726

より実験結果を実物に適用可能であると判断し、汎用性の高い水路高と幅が同一な模型($B=H=10\text{cm}$)を用いることとした。

立坑型減勢工を採用した余水路の連行空気量は、他の発電所の現場計測などで設計流量の2.5～4倍となっている。しかし、一般的にトンネル内の高流速による連行空気量は、Froude 相似則を用いた模型実験を行うと実物より小さくなり、実物と模型の通気状況が異なるため、本実験は模型上の連行空気量が設計流量の2.5～4倍となるように、立坑長さを24m(実物換算値)延長した。

3. 現場計測

現場計測は有水試験時に実施した。計測項目は余水路水平曲線部始点および連絡水路出口における水深・風速などである。水深は側壁コンクリートに量水標を貼り付け、ライト・ワイパー付きのビデオカメラを遠隔操作することにより撮影し、風速はプロペラ式風速計によって測定した(図-1 参照)。

余水路水深(図-3)は実験結果と比較して約65%と小さく、実験で想定した粗度係数(0.015)は過大で、実験より実物の方が通気空間が十分確保されていた。風速(図-4)も流量が $10\text{m}^3/\text{s}$ を越えると実測値が実験値の55%となった。風速の変動は小さく、 $[\sigma/\text{風速}]$ (σ : 風速の標準偏差)は0.03と実験におけるブライミング発生時 $[\sigma/\text{風速}] = 0.335$ の1/10以下であり、実物ではブライミング現象が発生していないと考えられる。連行空気量も流量が $10\text{m}^3/\text{s}$ を越えると実測値が実験値の70%と小さくなり、空気量比(図-5)も実物が1.8～2.5倍、模型値が2.7倍～3.3倍と実物の方が下回ったことは、水槽に上屋があり空気を吸いにくい条件であったためと考えられる。また、現場計測時に水槽上屋のドアが開けられなかったことから、余水路内には相当の負圧が生じていたものと考えられる。

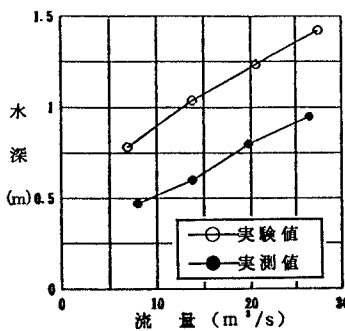


図-3 余水路内の水深

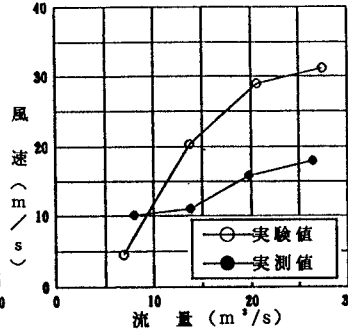


図-4 余水路内の風速

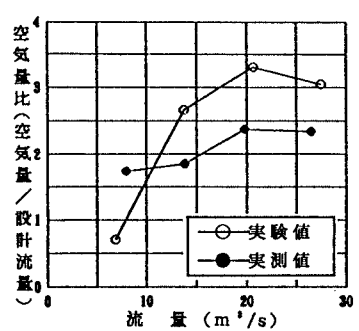


図-5 空気量比(連絡水路)

4. まとめ

余水路の水理模型実験と現場計測で得られた結果は以下のとおりである。

- ・ 実測した水深は実験の約65%となったが、実測水深から粗度係数を逆算すると0.010程度となり、余水路内の負圧による摩擦損失の減少が原因の1つと考えられる。
- ・ 余水路への連行空気量は、水槽上屋などにより吸気しづらく、実測値が実験値の約70%、設計流量の1.8～2.5倍となった。
- ・ 実物においても、ブライミング現象は発生しなかった。

5. 参考文献

- ①福原：水力発電所余水路立坑型減勢工の水理設計法，電力中央研究所研究報告 No.U88018，1988 ②峯田他：高速湾曲水路の設計に関する実験的研究，土木学会北海道支部論文報告集，1994 ③竹沢：尾添発電所余水路実験，電力土木 No.183，1991 ④芦田他：土石流の調整制御に関する研究(2)，京都大学防災研究所年報，第24号B-2，1979 ⑤高須他：ダム放流管における空気連行流の発達過程，土木技術資料 29-8，1987 ⑥小山他：水力発電所余水路改造工事に伴う水理模型実験と現場計測，土木学会北海道支部論文報告集，1997