

水力発電所での放水路直結方式 による余水路減勢設備の設計

中部電力株式会社	正会員	○金原 俊也
中部電力株式会社	正会員	渡辺 増美
中部電力株式会社		豊田 淳史
中部電力株式会社	正会員	野池 悦雄

1. はじめに

水力発電所のトリップ時の余水は、直接河川へ放流した場合、河川水位の急激な変動を生じる。したがって、これを防止するため余水を放水路へ合流させて放水口から河川へ放流することが望ましい。本設計は、既設発電所において余水路末端に減勢工を設置し、トンネルを介して放水路へ合流させるものである。減勢工の設計にあたっては、以下の点に留意し、予備検討を行った後、水理模型実験によりその結果を確認した。

- ・余水の最大放流量は $47.5\text{ m}^3/\text{s}$ 、放流流速は 25 m/s であり、減勢対象としては比較的大規模である。
- ・減勢工と放水路を直結することにより、減勢工内水位が河川水位の変動と連動するため、洪水時の最高水位を考慮すると、減勢工規模が非常に大きなものとなる。
- ・既設余水路と放水路の間には屋外開閉所が位置しており（図-1）、放水路直結とするには開閉所の直下をトンネルで結ぶこととなる。既設余水路は開水路のため、トンネルと接続するには余水路からの高速流を一度満管流とする必要がある。この際、多量の空気連行が予想される。

2. 予備検討

(1) 減勢方式の検討

減勢工の最終形状は図-2に示す形状であり、余水路からの放流水は一度デフレクターに衝突し、そこでエネルギーの一部を減勢させ、さらに減勢室内の水の渦流にて最終的に減勢させる方式とした。

(2) 減勢規模の検討

河川水位は常時WL 271.3（河川流量 $5\text{ m}^3/\text{s}$ ）から既往最大洪水時WL 281.0（ $3,000\text{ m}^3/\text{s}$ ）まで約10 mの変動（減勢工内の水位も連動）が生じる。この水位変動を対象に完全な減勢を可能とするためには、極めて大規模な減勢工が必要であり、非常に不経済な設計となる。そこで、以下の条件を加味し、既設余水路にも余水放流量を分配する設計とした。

- ・河川流量が少なく川に人がいると想定される場合は、余水の全量を放水口から放流する。
- ・河川流量が多く川に人がいないと想定される場合は、余水の一部を既設余水路出口から放流する。

現地調査の結果、河川流量が $100\text{ m}^3/\text{s}$ 以上（50日流量に相当）であれば入川者がいないことが確認できたため、この時点で、既設余水路に余水の一部を分配できるよう、減勢工下流側に越流堰を設け、規模縮小を図ることとした。

(3) 放水路直結ルートの検討

放水路直結ルートとしては、現地の条件から開閉所直下をトンネルで結ぶルートに制約される。当初設計では、図-1に示す放水路に直結するルートAで検討していたが、水理模型実験の結果、空気連行量が非常に多く、放水口でのエアハンマー現象が頻繁に確認された。そこで、ルートBに変更し、一度既設放水庭に注水し、ここで連行された空気を除去する設計とした。

3 水理模型実験

水理模型はフルードの相似則を適用し、 $1/18.8$ の三次元模型を塩化ビニル板およびアクリル管を使用し、製作した。模型の範囲は、余水路途中から減勢工、連絡トンネル、放水庭、放水路、放水口までとし、河川水位は、水位調節水槽を放水口地点に設けて調節した。

減勢工形状は、水理模型実験に基づき次のように決定した。

(1)減勢工幅

立坑型減勢工の一般的な値である水路幅の2.5倍(=8m)とした。

(2)減勢工長さ

21 mおよび16 mで実験を実施したところ、長さが増加すると流況が良くなる傾向はあるが、16 mで期待される減勢効果が得られる。ただし、実設計では余裕を見て18 mとした。

(3)底部形状

減勢室の容積を小さくするため、堰上流の敷高さ(図-2のA部)を1~6m変化させたところ、4mまではほとんど流況が変化しないため、敷高さを4m上げた。

(4)天端高さ

減勢工内の最高水位はEL 282.2であったため、余裕を見てEL 285とした。

(5)越流堰Aの位置および高さ

減勢室内の堰Aの位置、高さを変化させて実験を実施したところ、高さについてはトンネル天端付近、位置については堰上流側部分を広く取る方が流況が良いことがわかった。

(6)既設余水路への越流堰Bの高さ

実験の結果よりEL 280とすれば、河川流量が100m³/sまでは越流が生じない。

(7)エア-ハンマー対策工

水理模型実験から、減勢工で発生した気泡のトンネル内への連行を完全に防止することは不可能であった。したがって、その一部を許容することとし、連行された空気については別途放水庭で対処することとした。空気連行による放水庭でのエア-ハンマー現象に対しては、様々な対策工の実験を行い、最も効果的な方法として水平多孔板とエア-抜きパイプを併用する方法を採用した(図-3)。これにより、放水口(河川内)でのエア-ハンマー現象は防止することが可能となった。

4 おわりに

本減勢工は、単に高速流を減勢させて河川に放流するのではなく、開水路の高速流を一度減勢後、満管流にし放水路へ合流させるという設計上の課題があった。これに対し、水理模型実験を実施し、幾つかの条件を設けることにより、比較的コンパクトな減勢工形状とすることができた。今後は、実際の減勢工完成後、現地でトリップ試験を実施し、問題点の有無を究明していく予定である。なお、今回の減勢工設計にあたっては、電力中央研究所の協力を得た。記して謝意を表する。

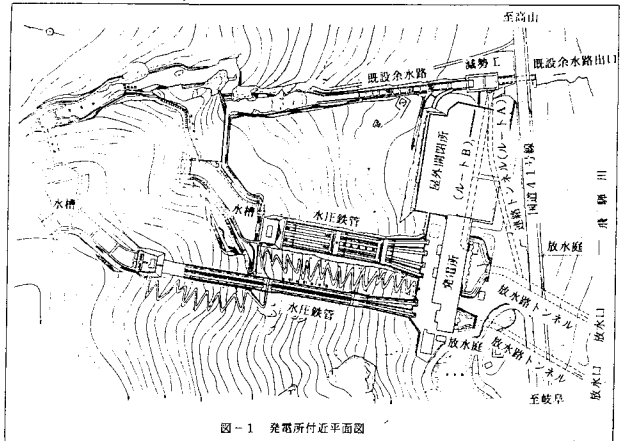


図-1 発電所付近平面図

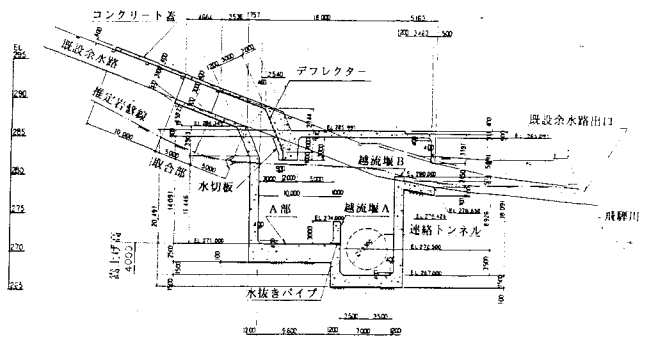


図-2 減勢工縦断面図

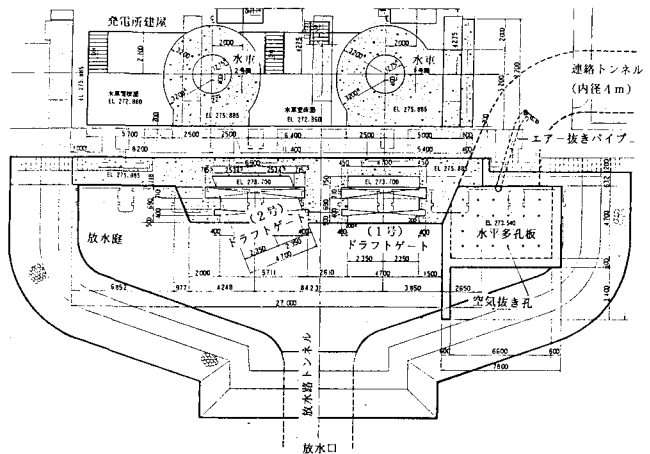


図-3 放水庭エア-ハンマー対策工