

中部電力(株) 正員 〆 田 敏
シ 松本 敏和

1. まえがき

計画中の小坂川水力発電所は、最大流量 $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ の流水を約 $5,640 \text{ m}$ の閉水路トンネルで導水し、 424 m の落差を利用して、最大 21.3 MW の発電を行なう水路式発電所である。

発電所の出力変動セトリップ時などに生じる余水は、ヘッドタンクを溢流し、余水路を経て小坂川に放流する計画であり、余水路末端の流下速度は、約 24 m の高速流になるため対岸および河床の洗掘、周辺環境に及ぼす影響を考慮して、この高速水流を減勢する必要から経済的かつ効果的な水理機能を有する減勢工形状について、水理模型実験により検討した。

2. 減勢工の形状

余水を減勢する形式としては、跳水式、立坑式、衝撃式等があげられるが、本地奥の地形を考慮して、高さ約 18.5 m の減勢塔を設置して、余水路からの高速水流をバッフルウォール(減勢塔側壁)に衝突拡散させ、さらに減勢塔下流の減勢池内で跳水により減速整流する機構であり、第1図にその減勢工形状を示す。

3. 実験結果の概要

実験は模型縮尺 $1/10$ として、Froude の相似則に従って行ない、減勢塔の幅 W は、衝撃式減勢工に関する米国内務省開拓局の資料に基づいて、 W と流量 Q の関係を

$$W = 2.080 Q^{0.4} \quad \text{----- (1)}$$

とした。従って流量を 20% の余裕を見込んで $Q = 7.2 \text{ m}^3/\text{s}$ に対する $W = 4.6 \text{ m}$ を採用することとして、減勢塔下部の大きさを、巾 4.6 m × 長さ 4.6 m の寸法とした。

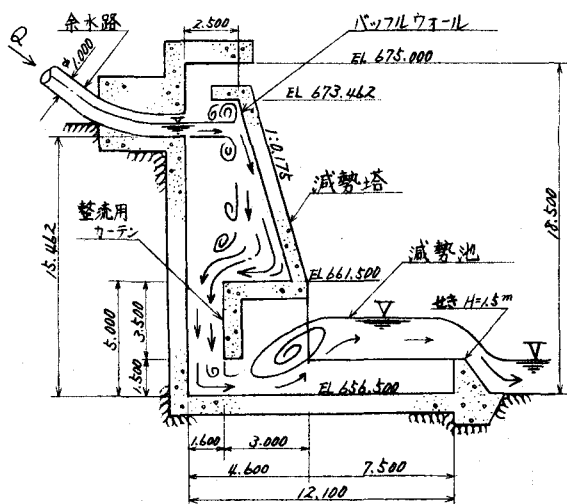
(1) バッフルウォールの位置

バッフルウォール上部での飛散、管内排水、減勢効果などから、余水路末端から 2.5 m (0.543) の位置が妥当である。

また形状は構造物の側壁を兼ねさせ、 $1:0.175$ の勾配をつけ、バッフルウォール上部は十分に通気しうる構造とした。

(2) 減勢塔内のカーテン形状

バッフルウォールで衝突拡散された流れは、減勢塔壁面に沿って落下するが、①: この落下する流れを整流する。②: 余水の放出方向を変える。③: 減勢池での跳水混合領域を長くする。等の目的から第1図に示すよう



第1図 減勢工形状

に整流用カーテンを配置した。位置は減勢池数から 5.0 m ($1.09 W$) 高くして、形状はカーテン上板長さ 3.0 m ($0.65 W$)、高さ 3.5 m ($0.76 W$) が妥当である。

(3) 減勢池の大きさ

減勢池の大きさは、バッフルウォールで衝突拡散させた流れのエネルギー保有量によって決まるもので、エネルギー減衰率について検討すれば、図2図に示すバッフルウォールの上下流断面①および②の間にベルヌーイの定理を立てる。

$$Z_1 + h_1 + V_1^2/2g = h_2 + V_2^2/2g + h_f \quad \text{-----}(2)$$

ここに Z_1 : 高低差, V_1, V_2 : 流速, h_1, h_2 : 水深, h_f : バッフルウォールおよび減勢塔内で失った損失エネルギー水頭とする。

減衰率を①および②断面において、それぞれの流れの保有エネルギー水頭 (E_1, E_2) の比率 μ であらわせば

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= Z_1 + h_1 + V_1^2/2g, \quad E_2 = h_2 + V_2^2/2g + h_f \\ \mu &= 100 E_2 / E_1 \quad (\%) \end{aligned} \right\} \text{-----}(3)$$

となる。実験結果では、 $\mu = 5.4\%$ ($Q = 7.2 \text{ m}^3/\text{s}$) であり、余水のもつ初期保有エネルギー E_1 に対して、 95% のエネルギーを減勢して、減速比 $\beta = V_2/V_1 = 0.25$ 近減速することができた。

このように減勢塔内で大部分のエネルギーを失った流れを更に、跳水により減速整流するため減勢池を配置した。跳水に関する共役水深 h_3 および必要水路長 l は、

$$\left. \begin{aligned} h_3/h_2 &= (\sqrt{1 + 8F^2} - 1)/2, \quad F = V_2/\sqrt{gh_2} \\ l &= 5 h_3 \end{aligned} \right\} \text{-----}(4)$$

であり、 $Q = 7.2 \text{ m}^3/\text{s}$ に対して、(4)式から $h_3 = 1.485 \text{ m}$, $l = 7.425 \text{ m}$ となる。

従って減勢池の長さは、図1図に示すように減勢塔終端から 7.5 m として、その終端に高さ 1.5 m のせきを配置した。このような検討を行なった結果、 $Q = 6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 時、当初 $24.1 \text{ m}^3/\text{s}$ の高流速で流入した余水をバッフルウォールで衝突拡散させた後、整流用カーテンにより流向変更して、 $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ に減勢させ、更に減勢池の跳水により、放出流速を $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 近減速整流することができた。

(4) バッフルウォールに加わる動水圧

実験における水平方向の動水圧は $Q = 6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 時で 12.2 ton であった。また運動量保存の法則による理論値は 16.0 ton であり、実験値は低い値になったが、設計に当っては理論値を採用することとして、高流速の衝突による損傷を防ぐため流水衝突面は鋼板等で保護することが望ましいと考えられる。

4. まとめ

比較的小流量の水力発電所における余水処理の設計に関して水理実験を行ない、バッフルウォールおよび整流用カーテンならびに減勢池を適切に配置した結果、小規模で経済的かつ効果的な余水処理ができることを見い出した。

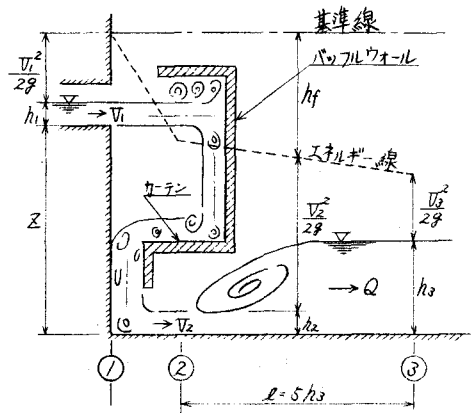


図2図 エネルギー損失