

衝撃型減勢工に関する実験的研究

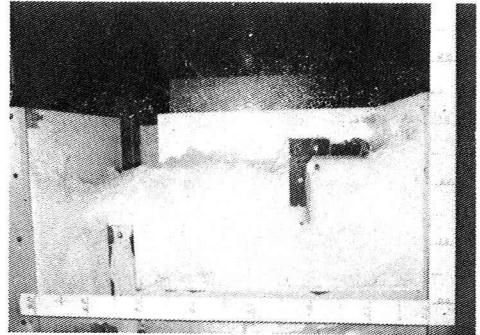
中部電力(株)正員大沢 勲 正員森野昌浩

〃 〃 〃 赤池良一 〃 広田 敏

1 まえがき 一般に自流水力発電所では、負荷の急変による余水の処理が必要であり、ヘッドタンクから越流する高エネルギーの余水流を減勢する方法としては、地形地質および構造物との関係で各種の減勢工が考えられ、一般的なものとしては跳水現象を利用した跳水式、水じょう池の噴流拡散による落下式また水脈を空中拡散させるスキージャンプ式等、従来から各種の形式が採用されてきたが、今回限られた敷地内に減勢構造物を収容させる必要性から、構造物の規模が比較的小さい衝撃型減勢工を採用した場合の減勢効果について、実験的に検討したものである。

2 減勢池寸法 エネルギーの減勢は、流入した水脈が垂直にたれたバッフルに突当るときの衝撃とバッフルに衝突する時に生じる流水の攪乱により減勢させる方法であり、米国内務省開拓局の資料によれば減勢池に流入する肘流の流速が10%以上、また10%までの流量に対して効果的であり最も良い水理作用は、下流水位の高さが、バッフルの高さの半分程度であり、かつバッフルの下端は上流の水路敷の高さに等しい時、有効に働くものと報告されている。従って減勢池の設計に関して、既往の算定規準に基づき余水流量4.7%、余水流24%に対して減勢池容量を巾3.8m、長さ5.2mとした。実験は上記寸法を基準として、既往算定式を検証するとともに、形状の改良による減勢能力の向上方法について検討した。実験流量は安全に対する余裕を考慮して設計流量の2割増しとし、フルードの相似則を適用して模型縮尺1/4の幾何学的相似なものとした。

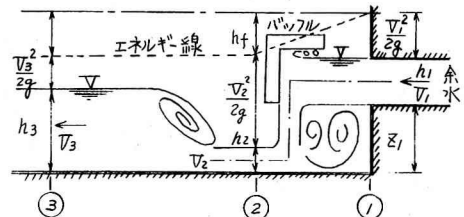
3 バッフル形状 本地点の余水路は屈曲しているため減勢池に流入する余水の流れは、遠心力の影響を受け複雑な水脈形状を呈し水路内を螺旋状に回転しながら、その中心部は空洞となり同筒形状を呈して減勢池に流入して拡散するため、当初設計のバッフル寸法(縦0.9m×横0.4m)では、大きさが不足であり流入水の一部が、鉛直上方向に高く飛散した。このためバッフル寸法および形状を種々改良して減勢効果を増大させた。(写真)



4 エネルギー減衰率 この種の減勢では衝突するときの衝撃と攪乱により、エネルギー減殺されるものであり、減衰率について検討すれば、図に示すバッフルの上下流側の断面①、②の間にベルヌーイの定理を適用すれば

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

ここに、 Z_1 : 水路敷の高低差、 V_1 : V_2 : 流速、 h_1 , h_2 : 水深、 h_f : バッフルによる損失エネルギー水頭となる。減衰率をバッフルの上下流断面におけるそれぞれの流水が持つエネルギー水頭(E_1 , E_2)の



比率(k)であらわせば、

$$E_1 = z_1 + h_1 + V_1^2/2g, \quad E_2 = h_2 + V_2^2/2g, \quad k = 100 E_2/E_1 (\%)$$

となり、実験結果ではkは3.0(%)となり、流入水の持つ保有エネルギー水頭 $E_1 = 32.8 \text{ m}$ の97%のエネルギーを減殺できる。またバッフル下流に流出する流水を跳水により、減勢させるため、跳水の上下流にとられた断面②、③を検査面として、単位巾当りの流量 q 、水の単位重量 w として、運動量方程式を立てれば、 $wq(V_2 - V_1) = wq(h_1 - h_2)/2$ となる。一方連続の関係から、

$$q = h_2 V_2 = h_1 V_1$$

であるから両式を連立させて、フルード数 $F = V_2/\sqrt{gh_2}$ とすれば、

$$h_1/h_2 = (\sqrt{1 + 5F^2} - 1)/2$$

となる。従、て跳水に必要な共役水深 $h_2 = 0.76 \text{ m}$ となる。

跳水に必要な水路長 l は $l = 4.5 h_2 = 3.42 \text{ m}$ となる。従、てバッフル下流の流れを常流にするためには $l = 3.42 \text{ m}$ 、 $h_2 = 0.76 \text{ m}$ に相当する阻壁を減勢池下流端に設置すれば良い。計画では $l = 2.9 \text{ m}$ であり、上記水路長よりも多少短い。高さ1.2 mの阻壁を設置する計画であることから、水路長の不足分は、阻壁によって補う。阻壁の抵抗により形成される水じょく池内で十分減勢できるものと考えられる。

5. バッフルに加わる圧力変動 この種の減勢池は、構造設計上当然考慮しなければならない大きな動水圧や乱れを受け、バッフルに加わる衝撃荷重による滑動に抵抗できる十分な構造設計としなければならない。また構造物全体が、この型式の装置につきものの激しい振動に抵抗しうるとともに構造物に個々の部材が大きな動水圧に対し十分に抵抗できる設計が必要である。バッフルに加わる圧力変動測定は、まずマノメーターにより動水圧の分布形状も測定した。流水が衝突する所では、最高16.6%の動水圧が加わる。上記圧力分布形状から動水圧が集中していると考えられる点を基準として鉛直方向に3ヶ所、水平方向2ヶ所について、圧力変動および変動位相の測定は圧力変換器(共和電業製PGM-2KC)を使用し、これらを直記式電磁オシログラフに記録した。圧力変動特性については、現在、データー解析中であるが、圧力変動の平均値(ベース圧力)は、最大16.6%を中心にして±7.8%中で変動しており、振動数は20 Hz程度であり、各測定の位相は全く同時性が認められず、それぞれ渦による流速変動が各点バラバラであることを示した。バッフルの固有振動数は、100 Hz程度であることから、共振現象は生じないものと推察されるが今後の検討課題としたい。

6. 空気混入量 バッフルに高速流を直接、衝突攪乱する型式であるため、空気混入が激しく流量の空気が混入される現象が認められた。この種の空気混入に関する既往の算定資料は少なく複雑な現象であることから算定することが困難な現状であり、Gumenskyの実験式によれば、空気混入量 Q_a 、水量 Q_w 、フルード数 F に対して、 $Q_a/Q_w = F^2/200$ 、と求められ、本地点では、 $Q_a = 1.12 Q_w$ であり、使用水量4.7%に対して混入空気量は、 $Q_a = 5.3\%$ と使用水量よりも多量な空気量を供給させる構造としなければならない。一方実験結果は $Q_a = 0.44 Q_w$ となり上式と異なる結果となった。空気混入量の測定方法が困難な現状であるが、今後引続いて模型のスケールファクター等を考慮して、この種の空気混入現象について実験的な検討を加えたい。

7. まとめ 衝撃型減勢工に関する今回の実験結果から判断すれば、小規模の減勢に関しては、相対的な減勢効果が得られるものと考えられるが、空気混入量および圧力変動等の構造物に及ぼす影響について、今後、実験および現地実測を重ね、安全かつ使用性のあるものとした。