

鉛直落下流に対する立坑型減勢工の水理特性

東北電力(株) 総合研究所

奥野敏彦

(株)東北開発コンサルタント 正員 ○ 三瓶隆雄

1. まえがき

一般に、高落差の余水路では、水流を安全に河川や放水路へ放流するため、末端に減勢工を設置する必要がある。減勢工には多くの種類があり、この内、立坑型減勢工は、滝つぼ状の水フッシュンを利用し減勢するものである。ところで、現在、立坑型減勢工を設計する場合、既設減勢工の実績を参考にしたり、水理模型実験を行ない決定しており、設計資料としては、不十分な点が多い。

そこで、今回、鉛直落下流に対する立坑型減勢工の水理特性を実験により検討し、水理的に最適な減勢池形状を求めた。

2. 実験装置および方法

本実験では、次のような最も基本的な状況で実験を行なった。

- ①余水路の流れは、空気連行がなく満管流とする。
- ②減勢池平面形状は正方形で、その同幅で下流水路へ連絡する。
- ③水流は、減勢池平面中心に鉛直落下する。

実験装置は、図-1に示すとおりで、水は、ポンプにより上部水槽に汲み上げ、その下部に鉛直管を接続し、末端にノズルを取付け、水流を減勢池中心に鉛直落下させた。減勢池は、底盤を0.2, 0.3, 0.4 mの3種類の正方形形状とし、深さは下流水路敷高を基準に最大深さ0.8 mまで0.1 mごとに換えられる構造とした。

底盤および側壁には、マンメーターを取付け圧力測定を行ない、水位測定および流況判定は、目視観測および写真により行なった。

実験は、表-1に示す範囲で行なった。

3. 実験結果

(1) 減勢池内噴流の特性

空気中を自由に落下した水流が、水面に突入すると、気泡を伴った噴流となる。このような噴流の流速減少について、本間および安、岩崎および千秋らの実験式と今回の実験値とを片対数紙にプロットすると、図-2になる。実験値にバラツキはあるが、各実験ケースについてみると、流速は、深さの増加に対し、片対数紙上、直線的に減少し、本間および安、岩崎および千秋の実験式

$$v_z/v_1 = K_1 \cdot \exp(-K_2 \cdot H/d_1)$$

と同様な傾向を示す。また、底盤に加わる動水圧分布は、図-3となり、すそ部でバラツキはあるが正規分布曲線とよく一致する。

実験を行なった落下水流は、減勢池内で以上のような水理特性を持ち、この結果を基に、水理的に最適な減勢池形状を求める。

(2) 水理的最適深さの検討

各実験ケースとも、深さごとの底盤中心では、図-4のような

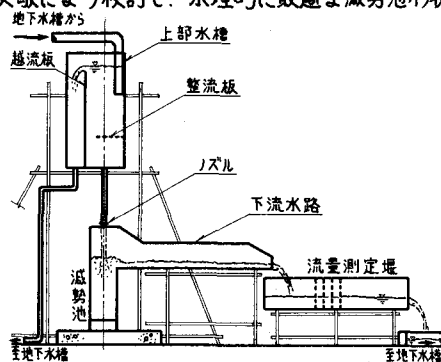


図-1 実験模型概要図

表-1 実験ケースの範囲

B (m)	0.2, 0.3, 0.4
Q (ℓ/s)	1.4 ~ 18.35
v_0 (m/s)	4.71 ~ 6.64
d_0 (cm)	1.94 ~ 7.0
v_1 (m/s)	5.76 ~ 7.56
d_1 (cm)	1.73 ~ 6.37

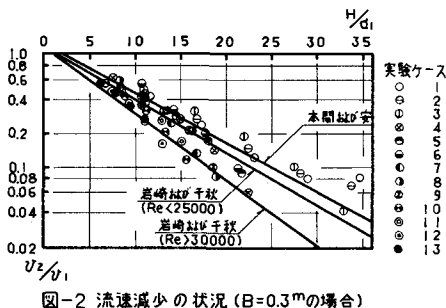
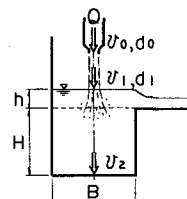


図-2 流速減少の状況 (B=0.3mの場合)

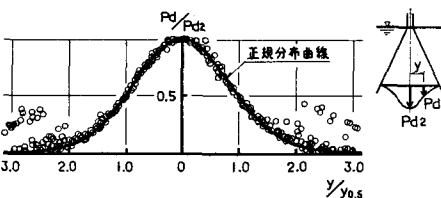


図-3 底盤に加わる動水圧分布 (B=0.3mの場合)

圧力特性を示し、総圧が最小となる点と水理的に最適な深さHoptと考える。各実験ケースの最適深さと落水流の持つ運動量との関係を無次元化すると、図-5となり、実験式

$$Hopt/\frac{u^2}{2g} = 2.954 \cdot (Q \cdot u/g \cdot d_1^3)^{-0.545} \quad (1)$$

$$40 < (Q \cdot u/g \cdot d_1^3) < 260$$

が得られる。この式により、水理的に最適な深さを求めることができる。

(3) 水理的最適幅の検討

以上のように求められる最適深さについて、水理的に最適幅を検討する。底盤に衝突した水流は、底盤により90°横方向に曲げられ、底盤付近の側壁に再度衝突し、側壁に動水圧が作用することとなる。最適深さにおける側壁最深处の動水圧と減勢池幅との関係を無次元化すると、図-6となり、 B/d_1 が8.2を越えると Pd_3/Pd_2 は、ほぼ一定となる。これは、これ以上幅を広げても水理的に有利だとは考えられないので、水理的に最適幅Boptとして、

$$Bopt/d_1 = 8.2 \quad (2)$$

と考える。

(4) 減勢池水面の盛り上がり水位の検討

減勢室の天端高を決定する場合、減勢池水面の最大盛り上がり水位と連行される空気を安全に処理できる余裕高を考慮しなければならない。

ここでは、下流水路敷高を基準とする最大盛り上がり水位について検討する。

各実験ケースの最大盛り上がり水位と落水流の持つ運動量との関係を無次元化すると、図-7となり、実験式、

$$hmax/B = 1.827 \cdot \{B/(Q \cdot u/g)\}^{-1.751} \quad (3)$$

$$0.8 < \{B/(Q \cdot u/g)\} < 4.3$$

が得られる。この式により、最大盛り上がり水位を求めることができる。

(5) 流況

以上の検討結果より求められる実験式により、水理的に最適な減勢池形状を求め、この形状について、深さや幅を変えた場合の流況を検討した結果、実験式より求められる最適形状は、流況の面からも、減勢効果が減勢池全域で有効に作用する形状と判断される。

4. あとがき

以上の検討結果より、諸条件が与えられた場合、水理的に最適な減勢池形状および減勢池水面の最大盛り上がり水位を求めることができる。

今後の課題として、今回の実験結果は、最も基本的な状況における、減勢池内の水理特性より求めた最適形状であるため、実際に立坑型減勢工を設計する場合、この結果に、工学的および経済的な面からの検討を考慮しなければならないと考える。

(参考文献)

1) 本間仁・安芸暎：物部水理学 2) 岩崎敏夫・千秋信一：静水中に落下する水流の実験，土木学会第8回発表

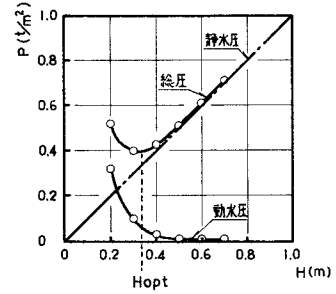


図-4 深さと圧力の関係

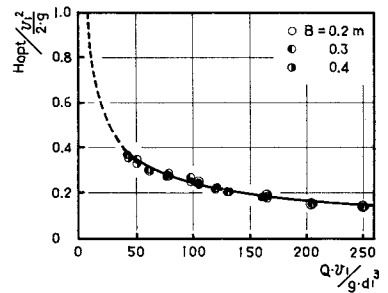


図-5 $Q \cdot u/g \cdot d_1^3$ と $Hopt/\frac{u^2}{2g}$ の関係

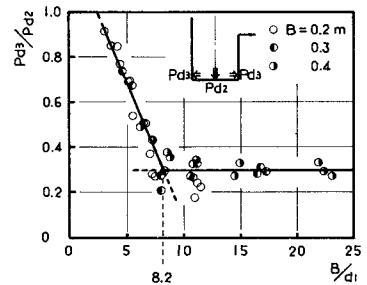


図-6 B/d_1 と Pd_3/Pd_2 の関係

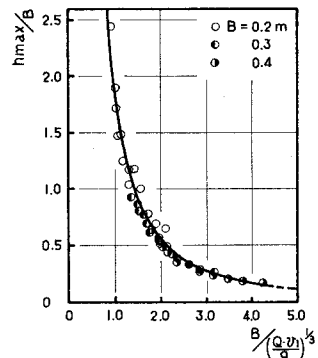


図-7 $hmax/B$ と $B/(Q \cdot u/g)$ の関係