

II-185 多孔式リターンフロー水中減勢工の水理設計 (Multi-hollow Type Return-flow Submerged Energy Dissipators)

(株) 栗本鉄工所 正員 森野純孝
建設省土木研究所 正員 柏井条介

1. はじめに ダムの放流設備の中で、利水放流設備等の比較的流量の少ない設備における減勢方法の一つとして水中放流減勢工がある。水中減勢工は放流に伴う騒音や霧の影響が小さいこと、比較的小規模な設備で良好な減勢効果が得られるため近年多く採用されている形式であるが、その水理設計手法は未だ十分に確立されていないのが現状である。筆者らは水中減勢工の水理設計方法を確立すべく検討を行っており、既にジェットフローゲートを有する減勢池を対象として、エンドウォールとディフレクタで構成されるリターンフロー型水中減勢工の水理設計手法に関して成果を得ている。しかし、この型式はフルード数が7程度までが一般的な使用範囲と考えられ、それ以上のフルード数では、流況がかなり悪化する。今回、このような大きなフルード数($F \leq 10$)まで、安定した流況が得られる形式として、ディフレクタに空隙を設けた多孔式リターンフロー型水中減勢工を考案したので、その水理特性及び水理設計手法について報告する。

2. 基本形状 図-1に本減勢工の基本形状を示す。減勢池巾 $B=3D$ (D はゲート口径)、減勢池長さ $L=10D$ 、エンドウォール高さ $W_0=3D$ 、ディフレクタ長さ $L_D=5D$ 、ディフレクタ厚さ $D_t=D$ 及びゲート中心高さは底面より $E=1.5D$ と規定した。これは、リターンフロー型水中減勢工の検討結果を踏まえて決定した最もコンパクトで十分効果のある形状である。ゲート操作室を設けるために必要となる上流張り出し長さ A_0 は、 $0D$ 、 $2D$ 及び $3D$ の3種類とした。

3. ディフレクタの空隙率 図-2に示すとおり、空隙率 V_r は9、14及び21%の3種類について、図-1のNo.1点の平均水深、水面変動標準偏差及び最大水深を容量式波高計、AD変換器及びパソコンにより測定した。ゲートの放流条件はフルード数 $F=10 \sim 5$ の6通り、ゲート開度 $G=1.0 \sim 0.5$ の6通り、合計36通りの測定結果を、全般的特徴を調べるため、平均した値について整理したのが図-3である。水面変動に注目すると($\bigcirc \Delta \square$)、空隙率が大きくなると下に凸の曲線で水面変動標準偏差が小さくなる。平均水深や最大水深には空隙率による変化が少ない、 $V_r=14\%$ と21%とでは水面変動にあまり差がないこと、 V_r が大きすぎると構造的に不利となることから、この3種類の中では14%を採用し、以下の検討は14%で行う。

4. 上流側平均水深の推定 上流側(No.1測点)の水深

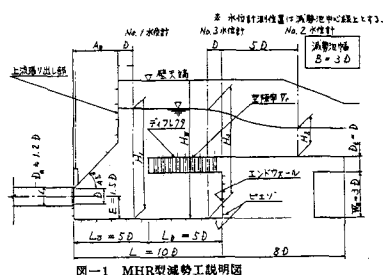
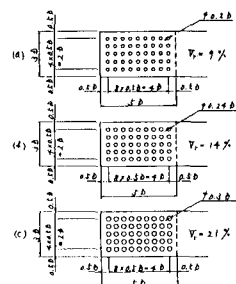
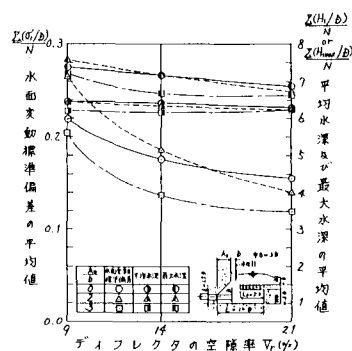
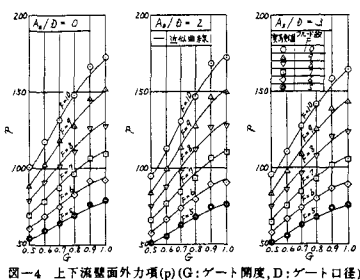
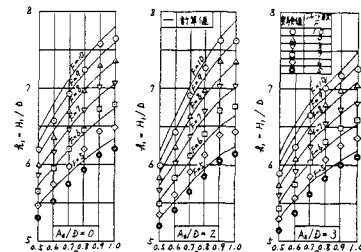


図-1 MHR型減勢工説明図

図-2 実験に使用したディフレクタの空隙形状(D :ゲート口径, V_r :空隙率)図-3 減勢工形状と減勢池水位平均量との関係 ($N=36$, $F=10 \sim 5$ の6ケース, $G=1.0 \sim 0.5$ の6ケース)図-4 上下流断面外力項(p)(G :ゲート開度, D :ゲート口径)図-5 上流側(No.1測点)の平均水深(h_1)(ゲート口径 D を除く無次元化)(G :ゲート開度, A_0 :上流張り出し長さ)

$h_1=H_1/D$ は下流水深(No.2測点) $h_2=H_2/D$ と上下流壁面(エンドウォール、ディフレクタ上流面、及び上流壁面(付加水圧))の合計水圧(外力項とする) $p=P/D^3$ (図-4)とから運動量方程式より次のように求められる。

$$h_1 = \sqrt{\frac{2}{b} \left\{ \frac{\pi^2 C^2 F^2}{16 C_0^2} \left(\frac{1}{b h_2} - \frac{4}{C \pi} \right) + \frac{b h_2^2}{2} + p \right\}} \quad \dots(1)$$

ここに、 $b=B/D$ 、 C はゲートの流量係数、 C_0 はゲート全開時の C であり、 C はつぎの式で与えられる。

$$C = G(0.386 + 0.592G + 0.362G^2 - 0.525G^3) \quad \dots(2)$$

フルード数 F はつぎの式で定義する。

$$F = \frac{4 C_0 Q}{C \sqrt{g \pi^2 D^5}} \quad \dots(3)$$

ここに、 Q :流量、 g :重力加速度である。式(1)により求めた結果を図-5に示す。計算値は実験値よりも0~4%大きくなっているが、実用上問題のない精度で推定できている。

5. 減勢池壁高の設定 図-6は上流側(No.1測点)

の平均水深+3×変動の標準偏差(以下 $3\sigma_1$ 水深とする)を F と G について求めたものである。水位分布が正規分布とすれば、 $3\sigma_1$ 水深以内に入る確立は理論的に99.7%となる。実験データを統計処理した結果、分布は正規分布と考えることができ、 $3\sigma_1$ 以内の確立は99%~100%の間であった。よって、 $3\sigma_1$ 水深は最大水深の統計的な目安と考えられる。

図-7は、No.1測点での最大水深実測値と $3\sigma_1$ 水深の差を F と G について求めたものである。値はバラツキが大きく一定の規則を有しないため、その最大値をカバーする値を求めたのが(…)および表-1である。図-8はNo.3測点の平均水位からNo.1測点の平均水位を引いた値を F と G について求めたものであり、そのピーク値をカバーするところに線引き(…)をし、表-2にその値を示した。これは、水面の最高位置が A_0 や G あるいは F によりNo.1点になったり、No.3点になったりするため安全側の壁高を設定するため導入した補正高である。図-6の $3\sigma_1$ 水深に表-1及び2の補正高を加えることにより、任意の F 及び G について必要壁高を求めることができる。この壁高は1つのフルード数に対して、あるゲート開度で最大値をとるが、その開度は A_0 により異なる。簡易的に各フルード数について、壁高の最大値を求めたのが図-9である。図-9には、下流水位堰上げに対しても対応できるよう配慮している。図-10は平均水位分布例であり、これより壁高の必要位置はエンドウォール下流4Dと考えることができる。(図-1参照)。

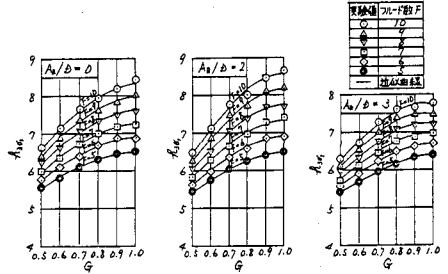


図-6 上流側(No.1測点)での $3\sigma_1$ 水深(ゲート口径 D で除し無次元化) (G :ゲート開度, A_0 :上流張り出し長さ)

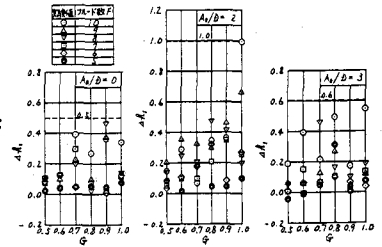


図-7 上流側No.1測点での最大水深と $3\sigma_1$ 水深との差($\Delta h_1 = \Delta H_1/D$)
表-1 補正高 $\alpha(\Delta h_{c1})$ (G :ゲート開度, D :ゲート口径, A_0 :上流張り出し長さ)

A_0/D	補正高 $\alpha(\Delta h_{c1})$
0	0.5
2	1.0
3	0.6

(値はゲート口径 D で除し無次元化している)

A_0/D	補正高 $\alpha(\Delta h_{c2})$
0	0.3
2	0.4
3	0.7

(値はゲート口径 D で除し無次元化している)

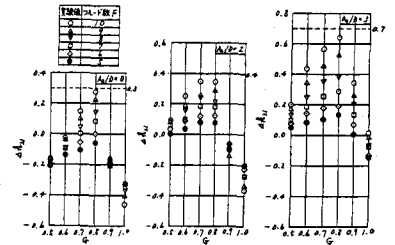


図-8 $\Delta h_{31} = (No.3点平均水位)/D - (No.1点平均水位)/D$
(G :ゲート開度, D :ゲート口径, A_0 :上流張り出し長さ)

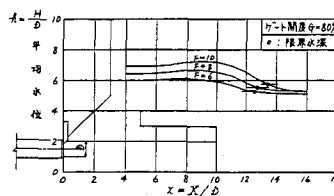


図-10 減勢池中央の平均水面形状 ($A_0/D=0$ の場合)

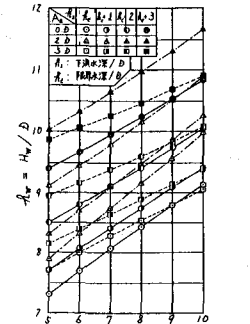


図-9 減勢池無次元壁高の最大設置値 (hw):ゲート口径 D で除した値)