

II-41 シリンダーゲートの温水取水効率に関する研究

日本工営KK技術研究所 正員 工修 〇林 憲吉
日本工営KK技術研究所 藤野利夫

1. 要旨

貯水池からの温水取水の必要性として、主に寒冷地での灌漑用水が上げられる。一方近年の水資源保全利用も灌漑用水の外に 発電 上水道 工業用水等多目的化し大容量の取水が必要となってきた。この様に大容量の取水を行う場合にはたして温水は取水出来るかどうか、また温水が取水出来るとしてもどの程度の温水が取水出来るか、更に効率よく温水を取水するにはどのような取水口形状がよいか、等の疑問が生じてくる。ここでは最も温水取水効率の良い取水口として呑口形状が円形であるもの(シリンダーゲート)について 上記の疑問点を説明しようと試みたものである。シリンダーゲートは取水塔式の取水口で流入時に生じる渦流防止のために取水口上部にフロートを有し常に取水深を一定に保ちながら利用水深の増を昇降して貯水池水面附近の温水を取水することができ。また取水量に応じて 取水口径 シリンダー径 更に取水深を決定する事によって設計最大取水量を安全に取水することができる。本報ではシリンダーゲートによる取水の内 温水取水に関する効率の問題 及び 貯水池水温分布が与えられた場合における簡単な取水温実験推算式について実験的に研究したものである。もちろん本論は密度流の複雑な諸要素の考慮については不十分な点も多いが、あえてここに紹介し御批判を仰ぎ今後の改良につとめたいと考えている。

2. 実験設備及び測定方法

貯水池水温分布に相当する水槽内模型水温分布は図-1に示す模型水槽の上蓋にセットした32KWのヒーターで一定時間温め、ヒーターのスイッチを切って一定時間放置する。この時間の変化によって水温分布の形状を各種変化させることが出来た。水温の測定は12点読みサーミスタ温度計を使用し 先ず流水前の貯水槽内水温分布はシリンダーゲート呑口端より5, 50, 100, 150 cmはなれた地点で上蓋スリットより測定しその平均値を用いた。更に取水温は流下された水を直接測定し経過時間毎の水温を記録し図-2に示す様に一定になったときを取水温とした。また実際の貯水池に於いては 地形的な要素、ゲート周囲

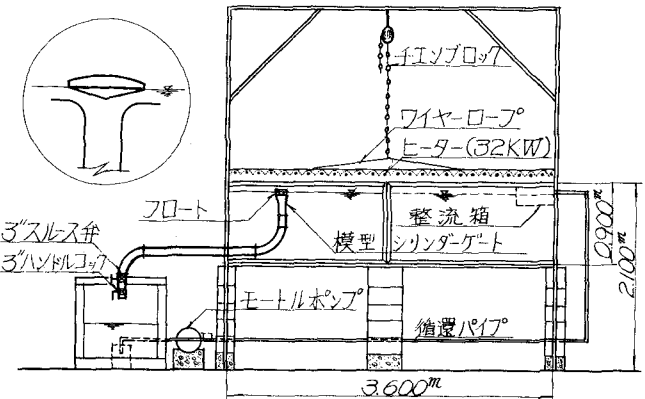


図-1 模型実験設備

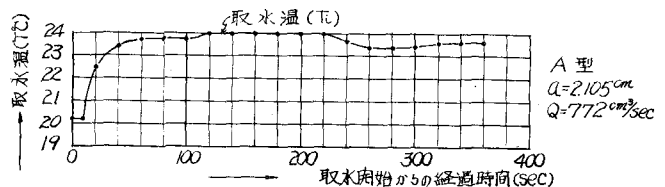


図-2 経過時間と取水温の関係(実測値)

の水中構造物の形状、取水塔設置位置、風の吹きよせ等も温水取水に影響を及ぼすものと考えられるがここでは温水取水の基礎的実験を行う意味でそれ等を取り除いて実験を行った。

3 実験

実験に使用した模型シリンドーゲートは最上段部を模型化したもので図-3に示す形状のものについて行った。図-3に示すA型については主として取水深が取水温に及ぼす影響について考察することとし取水深4ケースについて行った。またB型についてはフロート径の違いによる取水温の変化を見い出すために行ったものである。各々の実験条件は下記の通りである。

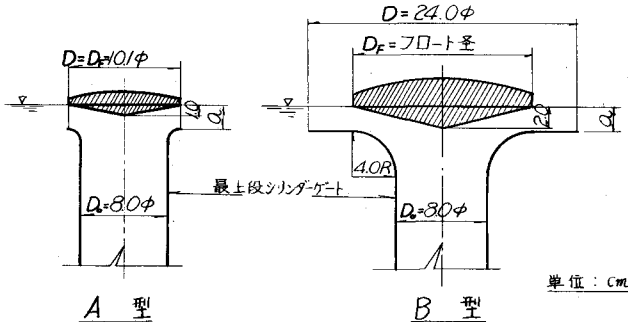


図-3 模型シリンドーゲート

A 型			B 型		
取水深	取水量	水温分布	フロート径	水温分布	
2.105 ^{cm}	772 ^{cm³/sec}	6種類	10 ^{cm}	12種類	但し取水深2.105 及び4210 ^{cm} 取水量772 ^{cm³/sec} について行った。
2.105	386	6 "	13	13 "	
4.210	772	9 "	16	8 "	
6.315	772	9 "	20	9 "	
8.420	772	5 "	24	8 "	

4 実験結果

模型の水温分布は実験毎に変化する。特に夏期においては模型池底水温が20℃程度まで高まり実際の貯水池池底水温よりもはるかに高くなる。これを実際の水温分布に近い形に統一するため実験時の水温分布を密度差に変換し、池底水温を7℃とした場合の水温分布に引き直して整理した。越流型温水取水ゲートの取水温実験公式としては 南の式 がある。

$$T_t = 0.705 \, t_g \left(\frac{a g^{1/2}}{Q^{2/3}} \right)^{0.3} \left(\frac{h_g g^{1/2}}{Q^{2/3}} \right)^{0.2} \text{------(1)}$$

(1) 式は 比較的大容量の貯水池からの取水の場合取水温に影響する因子として、 t_g ：池底水温以上の温度の垂直分布に対し その図心点を求め この図心点の温度とする。 g ：重力の加速度。 h_g ：水面から図心点までの距離。 Q ：取水量。 T_t ：取水温。 a ：取水口の越流水深。 を考え次元解析および実験結果から得られたものである。シリンドーゲートは各口上部にフロートを有するから越流型の取水口ではないが、取水温に影響する因子は同様であると考えれば(1)式と同じ形の式が成立する。 即ち

$$T_t = C t_g \left(\frac{a g^{1/2}}{Q^{2/3}} \right)^N \left(\frac{h_g g^{1/2}}{Q^{2/3}} \right)^M \text{------(2)}$$

となり、 N 、 M 、 C を実験結果から求めることによりシリンドーゲートの取水温推算式が得られる。 N 、 M はそれぞれ無次元量、 T_t/t_g と $(a g^{1/2}/Q^{2/3})$ 、 T_t/t_g と $(h_g g^{1/2}/Q^{2/3})$ の関係から求められる

。 図-4は T/t_g と $(a g^{1/2}/Q^{3/5})$ との関係と h_g をパラメータとして表わしたものである。 図-4から明らかなように取水量 Q を一定とした場合 K は N の値は取水深 a によって変化し、一定値を示さない。 しかし

取水が $2.105 \sim 4.210 \text{ cm}$ の範囲では N は $0.16 \sim 0.03$ 程度の範囲にあり比較的変化は小さい。

また h_g の違いによる変化は殆んどないようである。 B型の場合 K は取水深が2点しかないので詳しくはわからなすが取水深が $2.105 \sim 4.210 \text{ cm}$ の範囲ではほぼ 0.067 程度である。 M の値はA型について、図-5に示し、B型については図-6に示す。 M の値はA型で 0.5 程度、B型では 0.35 程度となっており呑口径によって変化するようである。

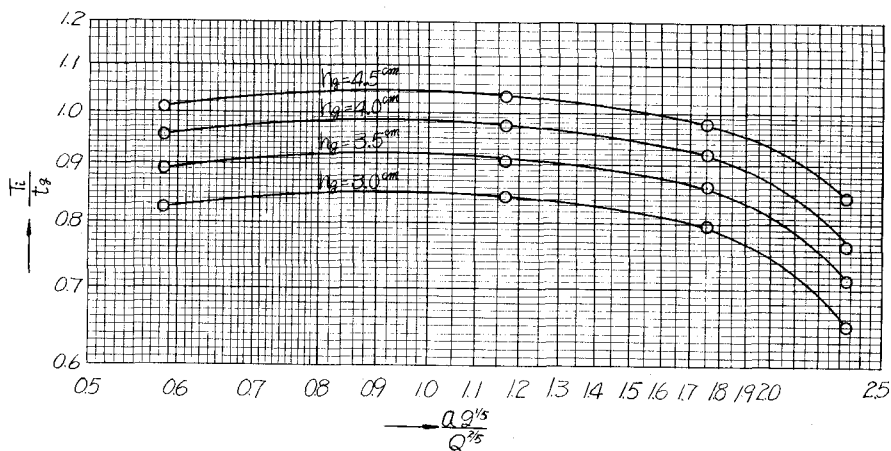


図-4 A型による T/t_g と $(a g^{1/2}/Q^{3/5})$ の関係

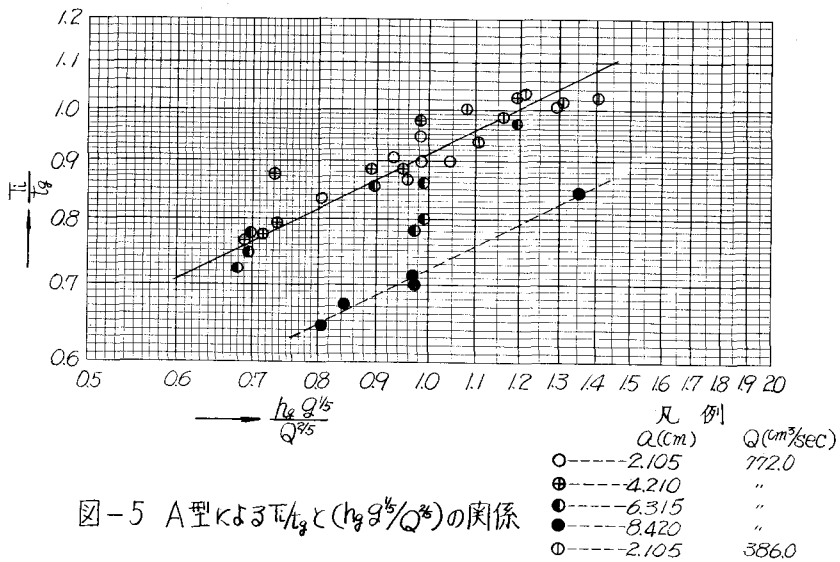


図-5 A型による T/t_g と $(h_g g^{1/2}/Q^{3/5})$ の関係

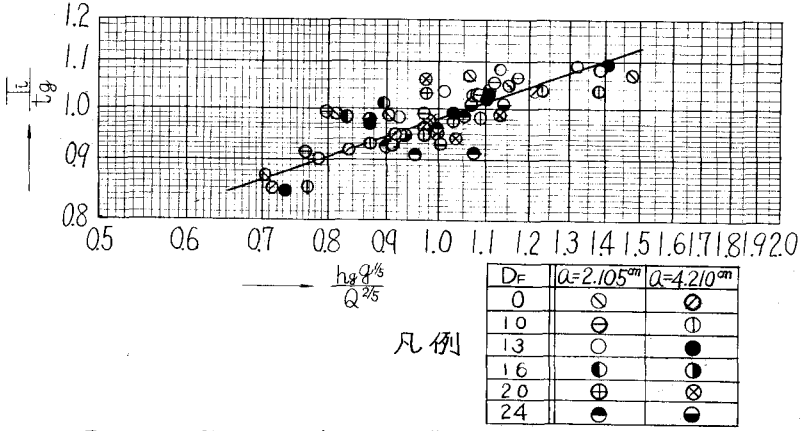


図-6 B型による T/t_g と $(h_g g^{1/2}/Q^{3/5})$ の関係

これらの、 N 、 M 、の値を使用して C を算出するとA型では0.86~0.96、B型では0.95~1.05程度である。従ってそれぞれのタイプの誤差は±5%程度であると考えられる。更に巨視的な見方をすればシリンダーゲートの近似推算式は C 、 g 、 S 、単位で表わせば

$$\text{A型に対して} \quad T_L = 0.91 t_g \left(\frac{a g^{1/5}}{Q^{2/5}} \right)^{0.065} \left(\frac{h_g g^{1/5}}{Q^{2/5}} \right)^{0.50} \text{----- (3)}$$

$$\text{B型に対して} \quad T_L = 1.00 t_g \left(\frac{a g^{1/5}}{Q^{2/5}} \right)^{0.067} \left(\frac{h_g g^{1/5}}{Q^{2/5}} \right)^{0.35} \text{----- (4)}$$

となる。

またB型について 取水口径に対してフロート径を変化させた場合の温水取水効率の変化は図-7に示すようになる。図-7から明らかなようにフロート径が小さくなる程温水取水効率は良くなっている。フロート径が小さくなった場合の温水取水効率の上昇は流入口における流速分布の形の差によるものであると想像されるが、流速分布については測定を行っていないので今後の課題としていと考えている。

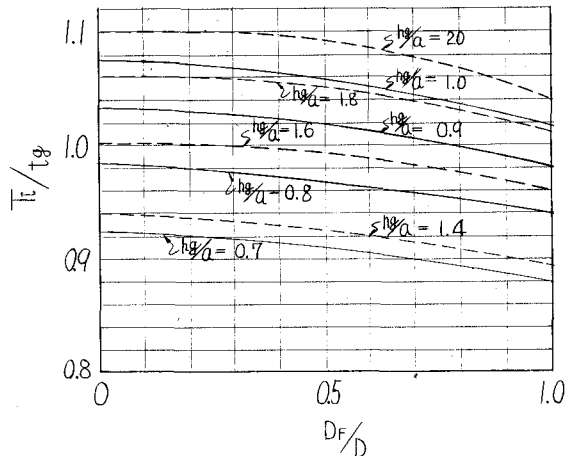


図-7 B型による T_L/t_g と D_F/D の関係

5. 結論

1). シリンダーゲートの取水温水実験式は近似的に(3)および(4)式で与えられる。

従って貯水池の水温分布を推定すれば取水温度も推算することが出来る。

2). 温水取水効率は越流型式の取水口に比べてはるかに大きいことが認められる。

3). 取水口径に対してフロートの径を小さくすると温水取水効率は大きくなる。 D_F/D を0.5とすると効率は $D_F/D = 1.0$ に対して約7~8%増加する。

4). 取水温水効率は取水量および取水深が一定であれば h_g/a が大きくなるに伴って増加する。また取水深 a は、取水量、取水口径が一定の場合には最適取水深があり、それよりも大きくても小さくても効率は低下するようである。特に取水深がある限度よりも大きくなれば効率は急激に低下する。

本実験に際しては 中央大学 林 泰造教授よりご指導をいただいた。ここに感謝します。

参考文献

高月豊一、南 勲：温水取水施設における取水温の一推算法および模型実験について、(1)、(2)、水温の研究、オ3巻、オ3号、昭和34年3月

林 泰造：岩手県仙人発電所貯水池、温水取水水理模型実験報告書、昭和40年8月