

II-254

整流曲管付放流管の下流整流管に関する実験的研究

(株)栗本鐵工所 正員 山下敏和
建設省土木研究所 中沢顕司

1. はじめに

整流曲管付放流管はコンクリートダムの合理化施工(RCD工法等)に対応した放流設備型式である。その特徴は水平に設置された管路と堤体下面に流水を沿わせる曲管部の存在であるが、下流整流管部の水理特性は未知であり、設計に必要な一般的かつ基礎的な資料が不足している。本研究は流量調節用の円形ゲートを有するタイプの整流曲管付放流管について、流況、需要空気量および作用水圧と下流整流管寸法形状並びに作用水頭および開度との関係を実験的に検討したものである。

2. 実験概要

実験ケースを表-1に示す。実験Ⅰは水平部直管長 L 、曲管部曲率半径 R および整流管径 kD の一般的な影響をみるための実験A、B、Cに分けられる。ゲート模型の口径は $D=10\text{cm}$ である。作用水頭 H_E はゲート上流 $1D$ の整流管中心線上の点を基準点とした圧力水頭と断面平均速度水頭の和である。実験Ⅱでは H_E と L の範囲をしぼると共に開度設定を10%毎とし、より詳しく検討した。諸量の測定要領を図-1に示す。

表-1 実験ケース一覧表

実験	ケース	整流管径	直管長 L	曲管部曲率 半径 R	作用水頭 H_E	ゲート開度 G
実験Ⅰ	A	1.3D	5D, 10D 15D, 20D	5D	25D, 50D 75D, 100D	25%, 50% 75%, 100%
	B	1.3D	10D	5D, 10D 15D	25D, 50D 75D, 100D	25%, 50% 75%, 100%
	C	1.4D	5D, 10D 15D, 20D	5D	50D 100D	25%, 50% 75%, 100%
実験Ⅱ		1.3D	3D, 5D, 7D	5D	*15D, 20D *25D, 30D *35D	10%, 20%, 30% 40%, 50%, *60% 70%, *80%, 90% *100%

3. 実験結果

3.1 流況概要

流況は作用水頭、開度および水平部直管長に大きく依存する。小開度の場合、水脈のゲート噴出方向が下向きとなり整流管底面への衝突角度が深くなるため、水脈の拡散、乱れが激しい。作用水頭が大きい程この傾向は顕著である。大開度の場合、水脈が整流管に衝突するまでの距離が長く、衝突角度も浅い。このため水脈は直管部で減勢されずに曲管部に流入するが、作用水頭が大きく水平部直管長が短い程この傾向は強い。流量がある程度大きいと水脈によって曲管部より上流の気室と下流がしゃ断されるが、このとき水脈が上下に変動するケースも見られる。 $H_E=1.5D\sim 2D$ 、 $L=5D$ 、 $kD=1.3D$ の低作用水頭全開放流実験では、安定した開水路流となることを確認している。

3.2 需要空気量

需要空気量 Q_A は作用水頭の増大にともない増加するが、水平部直管長の違いによる顕著な差はない。作用水頭が小さい場合、開度50~70%付近で最大需要空気量 Q_{AMAX} が出現するが、作用水頭が大きい場合にはこれ以上の開度でも Q_A は減少せず明確なピークを示さない。給気パターンは専ら作用水頭に依存し、水平部直管長の影響は少ない。需要空気量は曲管部曲率半径にあまり影響を受けず、曲管部水脈衝突部分より上流の条件(流速、乱れの強度、気層の大きさ、水と空気の接触面積等)で決定されと考えられる。整流管径 kD の違いによる需要空気量の差は、これら条件の差が明確になる高作用水頭あるいは大開度において現れてくる。

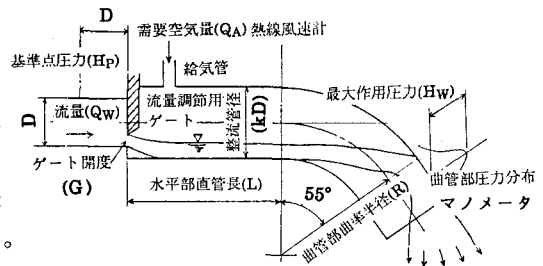


図-1 整流管模式図

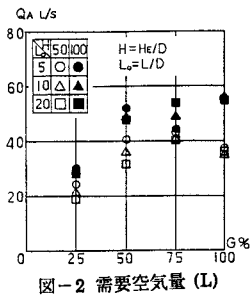


図-2 需要空気量 (L)

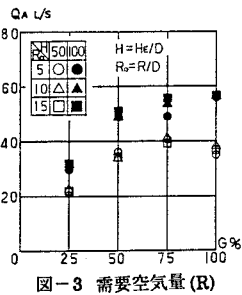


図-3 需要空気量 (R)

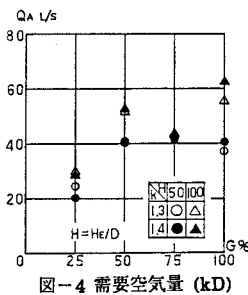


図-4 需要空気量 (kD)

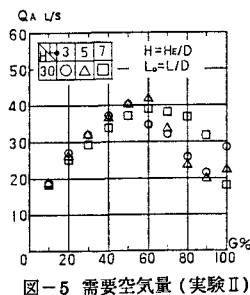


図-5 需要空気量 (実験Ⅱ)

3.3 曲管部作用力

曲管部最大作用圧力 H_W は作用水頭の増加に伴い単調に増加し、増加率 H_W/H_E は開度が大きく直管長が短い程大きい。つまり等しい作用水頭下では開度が大きく水平部直管長が短い場合に曲管部作用圧力が大きくなる。これは流況概要で述べたように直管部が短いと水脈が減勢しないで集中して曲管部に衝突することによる。また曲率半径が小さく水脈が急激に変向するケースで作用水圧は大きくなる。圧力観測結果から算定した曲管部作用力 F 、 F_X 、 F_Y と流水の運動量変化から求めた計算値 F_C 、 F_{XC} 、 F_{YC} の比を表-2に示す。ここに F 、 F_C は合力、 F_X 、 F_{XC} は水平分力、 F_Y 、 F_{YC} は鉛直分力である。全開で比較すると、直管長が短いケース程計算値より観測値が大きいことがわかる。

4. まとめ

4.1 需要空気量

概ね $H_E \leq 50D$ の時、最大需要空気量は $G=50 \sim 70\%$ で生じ、全開時流量に対する比で示せば図-9のとおりとなる。

4.2 曲管部作用力

図-10に最大作用力を計算値に対する比で表した。作用線は曲率中心から上流 $0.5D$ 、鉛直下方 $1.7D$ の点を通り、傾斜角 $\Theta=33 \sim 36^\circ$ の直線となる。

5. おわりに

以上円形ゲートに有するタイプの整流曲管付放流管の下流整流管に関する流況、需要空気量および曲管部作用力について述べた。これら成果は実機放流試験等による検証、補正等を要するが、その他にも振動、負圧等の問題の究明、さらに角形ゲートタイプの水理特性の解明等残された課題は多い。

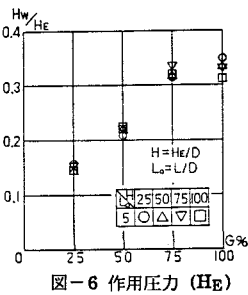


図-6 作用圧力 (H_E)

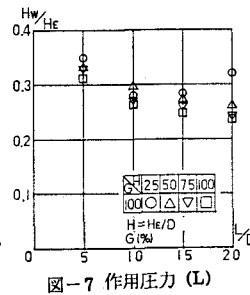


図-7 作用圧力 (L)

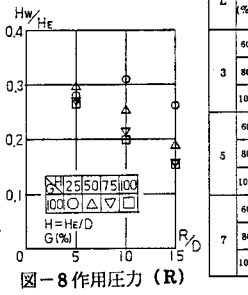


図-8 作用圧力 (R)

L	G (%)	最大値			作用位置		
		F_x/F_{xc}	F_y/F_{yc}	F/F_c	$\Theta(^{\circ})$	X/D	Y/D
3	60	0.631	0.350	0.426	43.2	1.649	1.784
	80	0.859	0.481	0.566	41.0	1.022	1.185
	100	1.462 (15D)	1.026	1.094	33.7	1.095	1.679
5	60	0.612	0.360	0.427	41.5	1.364	1.564
	80	0.776	0.508	0.576	38.5	0.809	1.020
	100	1.337	0.983	1.068	35.3	1.016	1.465
7	60	0.621 (15D)	0.386	0.438	38.6	0.806	1.016
	80	0.812	0.549	0.615	37.6	0.609	0.793
	100	1.043	0.748 (25D)	0.814	35.3	0.512	0.725

表-2 曲管部最大作用力

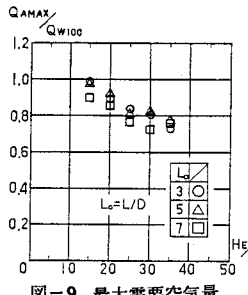


図-9 最大需要空気量

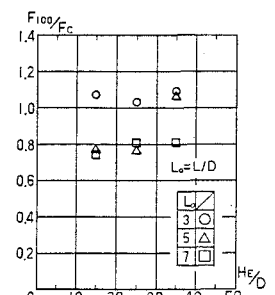


図-10 曲管部最大作用力