

II-87

低角度放流水脈の減勢に関する実験的研究

(株)建設技術研究所 正員○後藤 修次

建設省土木研究所 正員 箱石 憲昭

1. はじめに

近年、重力式コンクリートダムに設置される小容量の低水放流設備（利水放流設備等）においては、専用の減勢工を設けずに空中放流方式として、本体洪水吐きの減勢工を利用する場合が多い。またこれらの設備は、水平あるいは最大でも 10° 程度の緩傾斜で放流する例が多いことより、減勢池への突入角度が低角度となり、放流水が減勢池に安定して突入するか否かが問題となる。しかしながら、これら放流設備の配置設計等においては、放流水の減勢に関する検討が十分行われていないのが現状と考えられる。そこで本研究は、小容量放流設備として比較的良好に用いられる2種類の模型を使用して空中放流実験を行い、減勢池内の流況区分を行うと共に、放流水が減勢池内に安定して突入する場合の減勢長について検討を行った。

2. 実験概要

実験概要図を図-1に示すが、使用した設備模型はJ. F. G. およびH. J. V. であり、いずれも設置角度は水平、ゲート開度は全開とした。実験ケースを表-1に示すが、実験Ⅰは流況変化点を調査するものであり、流況変化点における有効水頭を1点求めた。流況の判断は目視観察によった。また実験Ⅱは、放流水が減勢池内に安定して突入する場合（潜り跳水）の減勢長（潜り跳水長）を調査するものであり、流況が潜り跳水となるケースについて潜り跳水長を目視により測定すると共に、底面圧力分布および下流水深も同時に測定した。

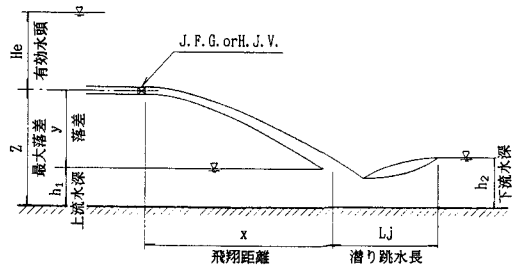


図-1 実験概要図

表-1 実験ケース一覧

	パラメータ			備 考
	最大落差 Z	有効水頭 He	上流水深 h ₁	
実験Ⅰ	5・D	流況変化点における有効水頭を1点求める。	2.5・D	D: ゲート径 (100mm)
	10・D		5.0・D	
	15・D		7.5・D	
実験Ⅱ	20・D	5・D 10・D 20・D	10.0・D	
			12.0・D	

3. 実験結果および考察

3.1 流況区分

減勢池内の流況としては図-2に示すように、水脈落下点下流が潜流となり跳水ローラーが発生する潜り跳水と、放流水が減勢池内に突入せず水面を走る流況（表面波状射流）の2種類に分類される。図-3および4にそれぞれの設備について、突入時の諸量である突入フルード数 $Fr_0 (=v_0/\sqrt{g \cdot d_0})$ と θ_0 で整理した流況区分図を示す。突入流速 v_0 は別実験にて放流水脈の軌跡調査を行い、水脈中心の軌跡を放物線で近似し計算より求めた。また水脈厚 d_0 は流量を一定とし、突入流速 v_0 より求める換算断面を円形と仮定して求めた。図中の曲線は Fr_0 の2次式で近似したものであり、いずれの設備についても、 Fr_0 が小さい程あるいは θ_0 が大きい程潜り跳水となりやすい傾向を示しているが、J. F. G. については Fr_0 が10程度を越えると、流況変化点となる θ_0 が一定値に近づく傾向が認められ、H. J. V. については Fr_0 が3~10の全実験範囲において、流況変化点に及ぼす Fr_0 の影響はJ. F. G. に比較して小さいようである。また、上流水深 $h_1/D = 2.5$ と $h_1/D \geq 5.0$ で流況変化点が異なるのは、表面波状射流となる場合の水脈の突入深さ h/D が最大でも5.0未満であり、 $h_1/D = 2.5$ の場合は底面の影響を受けていると考えられる。

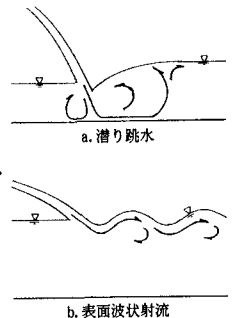


図-2 流況の分類

3.2 潜り跳水長

流況が潜り跳水となる場合においても図-5に示すように、底面に動水圧が作用する（潜り跳水Ⅰ）か否（潜り跳水Ⅱ）かにより、さらに流況を2つに区分し検討を加えた。潜り跳水長としては、潜り跳水Ⅰの流況においては突入点下流に圧力勾配が形成されることより、潜り跳水による減勢機構を考慮してこの圧力勾配との関係より決定した。また潜り跳水Ⅱの流況においては、圧力勾配は形成されないため目視の値を採用

した。潜り跳水Ⅰにおいては潜り跳水長 L_j は、底面に衝突するまでの噴流拡散による減勢区間 L_1 とそれ以降の跳水による減勢区間 L_2 とに分けられると考える。跳水による減勢区間長 L_2/d_0 は、底面に衝突する際のフルード数 $Fr(=v/\sqrt{g \cdot d_0})$ により規定されると予想されるため、噴流拡散による速度減衰が軸対称あるいは3次元自由噴流の場合と類似しているものと仮定して、底面に生ずる動水圧の最大値から速度減衰の式を推定した。その結果はそれぞれの設備について以下の通りであり、

$$\frac{Fr}{Fr_0} = \frac{3.962}{(L/d_0)} \quad (J.F.G.), \quad \frac{Fr}{Fr_0} = \frac{3.510}{(L/d_0)} \quad (H.J.V.)$$

この式により拡散距離 L/d_0 に対する衝突フルード数 Fr を推定するものとする。図-6および7に、跳水による減勢区間長 L_2/d_0 と底面への衝突フルード数 Fr との関係をそれぞれの設備について示すが、図中の曲線は近似式であり L_2/d_0 は突入角度 θ_0 にはよらず Fr のみの関数で表され、 $Fr^{1/2}$ に比例する傾向が認められる。潜り跳水Ⅱにおいては潜り跳水長 L_j は、噴流拡散により完全に減勢される区間 L_1 とそれ以降の潜流が水面まで上昇するのに要する区間 L_2 に分けられると考える。前記した速度減衰の式からも予想される通り、噴流拡散により完全に減勢される（ Fr が一定値になると仮定）のに必要な拡散距離 L_0/d_0 は突入フルード数 Fr_0 に比例すると考えられる。この比例係数 α は、動水圧が作用するか否かの条件によりJ.F.G.においては1.669~1.739の範囲に、H.J.V.においては1.641~1.717の範囲にあると考えられるが、ここでは多少安全側にJ.F.G.においては $\alpha=1.739$ 、H.J.V.において $\alpha=1.717$ として減勢に要する拡散距離 L_0/d_0 を推定するものとする。図-8および9に、 L_2/d_0 と突入角度 θ_0 との関係をそれぞれの設備について示すが、 L_2/d_0 は突入角度 θ_0 によらずほぼ一定値であると考えられる。

4. おわりに

以上減勢池内の流況区分を行い、流況が潜り跳水の場合の潜り跳水長について、水脈落下点より底面に達する間の減勢を、軸対象あるいは3次元自由噴流に類似するものと仮定して検討したが、この考え方により潜り跳水における減勢機構の平均的傾向がつかめたと共に、両設備の傾向も類似していることが明かとなった。しかしながら、突入厚 d_0 のとり方については多少問題が残るところであり、流況が表面波状射流の場合の必要減勢長についても、今後検討する必要があると考えられる。

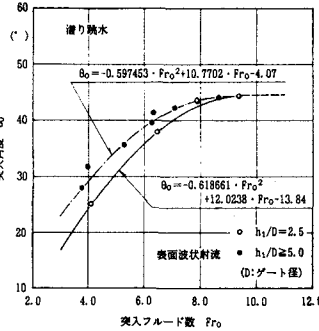


図-3 流況区分図(J.F.G.)

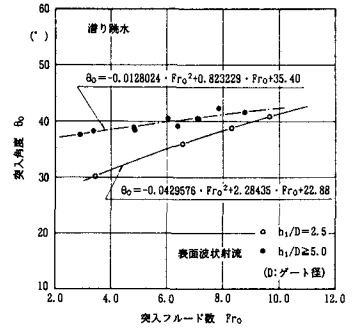


図-4 流況区分図(H.J.V.)

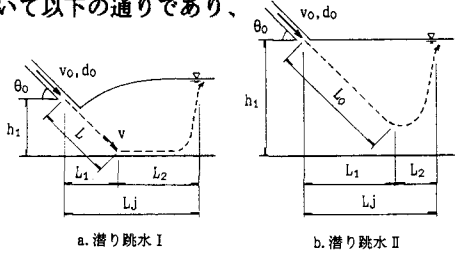
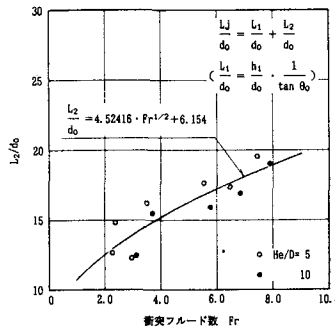
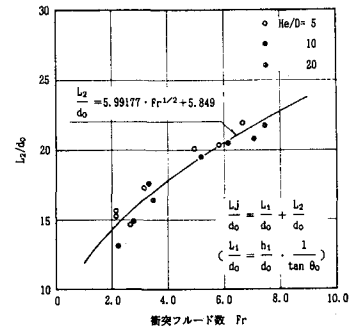
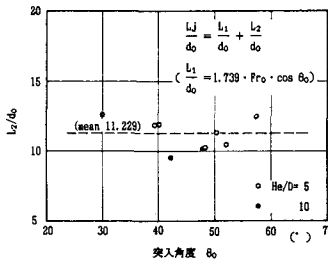
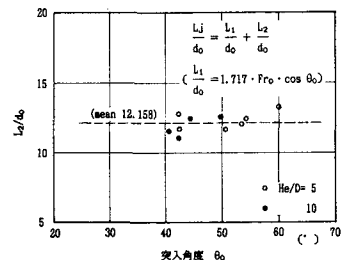


図-5 潜り跳水における流況の分類


図-6 L_2/d_0 と衝突フルード数 Fr との関係(J.F.G.)

図-7 L_2/d_0 と衝突フルード数 Fr との関係(H.J.V.)

図-8 L_2/d_0 と突入角度 θ_0 との関係(J.F.G.)

図-9 L_2/d_0 と突入角度 θ_0 との関係(H.J.V.)