

II-173

副ダムからの越流水による貯水池水塊の混合に関する実験

岐阜大学工学部 正会員 藤田 裕 一 郎
(株)エーシーイー 吉 野 敏 一

1. はじめに ダム貯水池の堆砂・濁水問題の対策の一つとして、湛水域の終端付近に副ダムを設け、主貯水池への土砂や濁質の流入を防止・軽減する試みが検討されてきている。こうした副ダムが設けられると、洪水流が落差を持って流入するために、主貯水池の流動の境界条件が著しく変化して、成層の形成・消滅等の主貯水池の流動状況が激変する可能性が考えられる。本文では、こうした副ダムを越流して主貯水池に流入する水塊の挙動に着目して開始した水理実験とその結果について述べる。

2. 実験の概要 実験は、図1に示すような長さ17m、幅1.8mの変可勾配水路を透明アクリル板を張った壁で1.4m幅に仕切り、その内部に副ダムの模型を設置して行った。水路の上流端は計量水槽とつながり、一方、下流端は受水槽の上方にあって流水が直接帰還するようになっていて、3φ3.7kWのポンプ4基によって0～約80 l/sの循環給水が可能となっている。水路の勾配は、ティルディングレベルで測定しながら、水路備え付けの油圧アクチュエータ及び手動ジャッキを操作して1/160に調整した。副ダムとして、高さ約20m、幅100～150m、水通し幅30～50m程度のを想定し、その約1/100スケールとして、図2のような全高20cm、全幅1.4m、水通し幅30cmのアクリル製ダム模型を作って水路の下流端から9.5mの位置に設置し、同様に、ダム下流の主貯水池部の水位調整用として、幅1.4m、高さ50cmの手動操作の鋼製転倒堰を1mの位置に取り付けた。下流の貯水位は、低い場合には副ダムの下流で跳水が生じ、一方、十分高い場合には副ダムが潜って越流水が上層を流下しながら混合拡散していくと予想されるが、ここでは、越流水が潜り噴流状態で底面に沿って流下する場合が貯水池上流部における混合状態としては最も重要であると考え、予備実験での観察から貯水部の静水面を副ダム水通しの天端から5cm下の高さに固定することとした。

<非成層実験> 基準実験として非成層状態における流速分布を測定した。すなわち、超小型プロベラ流速計（篠塚製作所製）をバルスモータ駆動のリニアヘッドに取り付けて自動的に路床から10～20mm間隔で移動させ、最後に水深5mmの位置で終了するようにし、1点約22秒で300個測定した。設定流量は、4, 8, 12, 16, 及び20 l/sであって、以下ではそれぞれの通水と測定をRun 1～Run 5とする。

<成層実験> 下部が8～9℃、上部が10数℃の成層状態にある主貯水池に上層とほぼ同水温の洪水が流入してくる状態を想定し、実験でも同程度の水温成層と流入水温を現出させるように試行錯誤を繰り返した。すなわち、大型LPG給湯器2基とそこに受水槽の水を送り込むと同時に受水槽を攪拌する3φ1.5kWのポンプを1基用意し、氷点近い受水槽の水を10数℃まで上昇させながら主ポンプで循環させた。つぎに、屋外であるので循環中に水面から水温が低下し、対流が発生して悪影響が出るのを防ぐため、水路に発泡スチロール板あるいはコンクリート型枠用合板で蓋をするとともに、大型の石油ファンヒーターを水路横の4基、計量水槽に向けて1基設置し、全体を防水シートで覆

って実験中の水路上部の気温を20数℃以上に保った。この状態で循環を中断し、給水系統からの冷水をディストリビュータを通じて水位調節堰の下端からできるだけ静かに貯水部に供給して初期成層状態を生

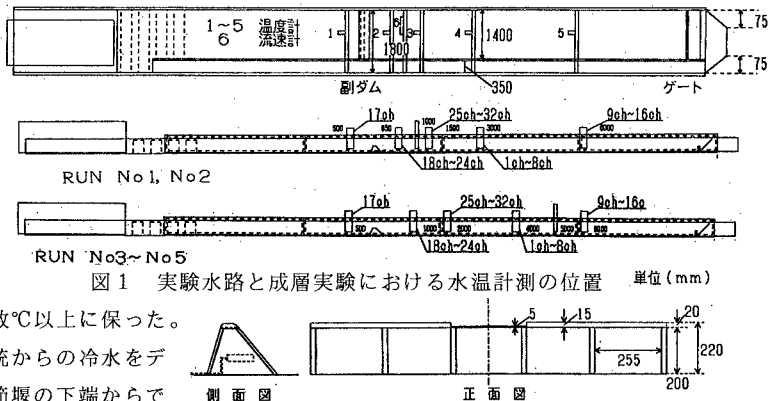


図1 実験水路と成層実験における水温計測の位置 単位(mm)

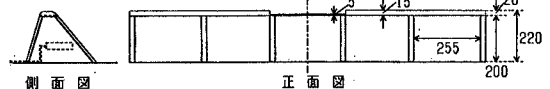


図2 副ダム模型の概要

成した。しかしながら、冷水が混合して下層の水温は9～11℃となり、結局、初期成層の温度差は5～8℃となった。

その後、循環給水を再開して実験を開始する。給水流量は、非成層実験の場合と同じであり、実験番号も同じにした。越流水によって低温の下層水が連行されるので、これを補うために、ダム模型からの越流が開始した時点を実験開始時刻として、冷水の供給を再開するとともに、図1の5個所の合計32点で水温計測を1測線で流速測定を開始した。測定位置は、状況に応じ、Run 1, 2とRun 3～5で変えている。

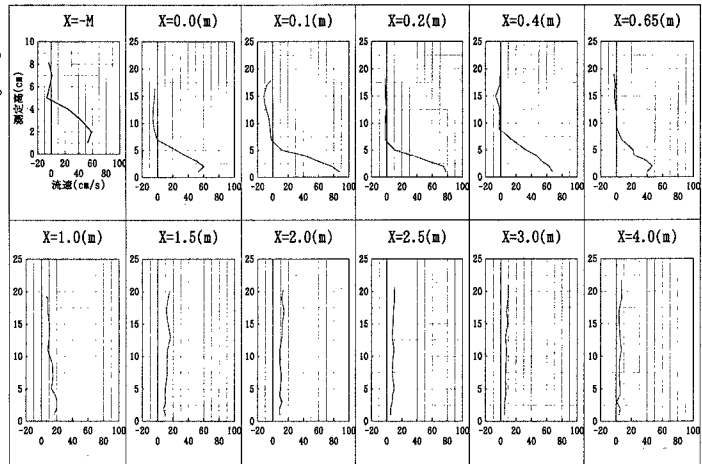


図3 流速分布の測定結果の例（非成層実験 Run 5）

3. 実験の結果 <非成層実験の流速分布> Run 1では、副ダム下流法先からの距離 x が $x=0\sim0.65$ mの範囲では、路床付近に近づくほど流速が速いが、その流速の流下方向への減衰が著しく、逆に、上層の流速が増加していく点は壁面噴流の拡散と同様の現象である。しかし、噴流の特性も1mほど流下すると失われて、 $x=1\sim3$ mでは、距離とともに最大流速点の位置が上昇し、徐々に通常の開水路の流速分布に近づくが、結局全層で数cm/s以下の一様な低流速分布になる。流量を増加させたRun 2～5では、図3に例示したRun 5のように、水位が約0.5cm～2.5cm上昇し、流速も全体的に10～20cm/s増加するが、やはりRun 1と同様に、 $x=0\sim0.65$ mの区間において、壁面噴流の拡散に類似の現象が生じ、その後最大流速点が増して最後に全層で一様な低流速となる。正逆流速を測定したRun 4, 5では、 $x=0.65$ mまでの区間の路床から7cm以上領域で逆流が測定され、実験での観察とも一致した。測定できなかったがRun 1～3でも生じていたと判断される。このように、流量が増加しても越流水脈の特性に大きな変化は現れなかった。

<成層実験の温度分布> Run 1の $x=0.65$ mでは、約1分で温度成層が破壊されて水温が一様になり、その後時間の経過とともに水温が上がって、約4分で流入水とほぼ同じ温度となった。 $x=1.5$ mでは1分22秒でほぼ成層が消えたが、水温の上昇は緩慢であって、この付近で流入温水と底面からの供給冷水とが混合するフロントが持続していたと推測される。 $x=3$ mでは2分程度から下層の水温がゆっくりと上昇していき、躍層の破壊された連続成層状態へと変化し、この連続成層状態も5分にはほぼ消滅した。また、下流側からの冷水供給の影響の強い $x=6$ mでも、水温躍層は徐々に低下して約5分で消え、連続成層状態も7分までになくなって、4 l/s程度の小流量でも下層がかなり連行されることが判った。また、 $x=1$ mで測られた流速分布は、この付近の水塊混合が速やかであったことを反映して、非成層の場合とほぼ同じであった。

Run 2では、実験開始後30秒から約40秒間 $x=0.65$ mの上・下層に水温の逆転現象が明確に現れ、この間副ダムの越流水が突入して下層から冷水が巻き上げ続けられたことを示唆していたが、それが終わった時点で水温は一様化した。これはRun 1でもある程度認められたが、測定位置を $x=1$ mに下げたRun 3～5では検知できず、流量規模による相違ではなく、逆流域に限定された現象と思われる。また、 $x=3$ mまでの水温の一様化は速やかに進んでおり、Run 1, 2では流量増加の影響が明確であった。

Run 3～5では、Run 1, 2よりも成層の破壊が速やかに進み、流量増加の影響と思われるが、これらのいずれも3分20～30秒で $x=6$ mの水温が一様となり、冷水の供給量を流量に応じて増やしたことを考慮しても、12 l/s以上では成層の破壊に要する時間に流量による明確な差は生じないと判断できる。

4. あとがき ここでは、時間や天候的な制約のために、主貯水池の水位が越流水の挙動に及ぼす影響を調べられなかった。今後、より一般的な結果を得るために水位を変化させた実験を行ってきたい。