

II-268

整流曲管付放流管の水理機能

建設省土木研究所 正員 桑原幹郎

建設省土木研究所 正員 宮脇千晴

1. はじめに

ダム放流設備の規模、形式は放流能力など必要とされる機能を満足することはもちろんのこと、ダム本体の形式、形状や施工法、さらに他の設備との位置関係を考慮して選定する必要がある。特に、近年重力式コンクリートダムにおいては

施工の合理化が進んでおり、放流設備を設計するに当たってもその据付がダム堤体を施工する上で大きな障害とならないよう配慮されるようになってきている。このような背景から、中小流量を対象とした常用洪水吐きや水位維持管理用放流設備では、放流管を傾斜させずに管路の大部分を水平に設置する形式が採用されることが多くなってきている。

そこで本論文は、合理化施工への影響を最小限にした整流曲管付放流管について検討したものである。

一般に整流管とはゲートから噴出する水脈を整流し、安定した流況で下流水路に導流する内張管を指し、通常直管であり、その径はゲートの径を D とした場合、 $1.3D$ 程度で設計される。それに対してここで対象とする整流管は直管部分と比較的曲率の小さな曲管で構成されるものであり、ゲートなど全体のレイアウトから十分に直管を取らずに設計されることが多い。この形式の放流管を設計するに当たっては整流管への給気量、管内の流況、作用力を把握することが必要である。これらに影響する形状ファクターとしては整流管径、直管長、曲管部の曲率半径が考えられる。本研究では、これら形状ファクターと給気特性や放流能力の関係について水理模型実験を主体に検討したものである。なお、本検討では、ダム放流管を対象に検討を行っているため、主ゲートには実際に採用されることが多いスライドゲートを採用している。

2. 模型及び実験方法

模型は透明アクリル製のものを使用し、圧力水槽に据え付けた。

流量は、電磁流量計のデジタル出力値の平均値を採用した。圧力水頭は、アクリル模型にピエゾを設け、水柱マノメータ板で計測した。給気量は、熱線風速計で給気管中心の風速を測定し、それに給気管断面積を乗じて求めた。流況観察は、目視にて行い、写真及びビデオにおさめた。

3. 結果

3.1 流況

整流曲管付放流管の流況は、次の3つに分けられる。流況1は流量調節用ゲート上流の水平直管部を含め、放流管内全てが開水路流である状態である。流況1の場合、作用水頭が小さいため、曲管部においても整流管上面に噴流が衝突するような流況はみられず、極めて安定した流況である。流況2は流量調節用ゲート上流のみが管路流となり、整流管内は開水路流の状態である。流況3は、ゲート上流が管路流で、整流管直管部が開水路流、曲管部下流またはその一部が噴霧流により閉塞された状態である。

ジェットフローゲートではゲートからの水脈は下向きに噴出し、整流管底面に衝突した水脈が側面に回り込み、整流管を包み込む流況であったが、スライドゲートでは、ゲートから噴流はゲート開度、作用水頭に係わらず、ほぼ水平に飛び出し、直接曲管部に衝突する。その後、曲管部上面を流下する主流と曲管部側面に回り込む流れを発生する。ゲート開度を大きくするにしたがい、水平に飛び出す主流の他にゲートから上向

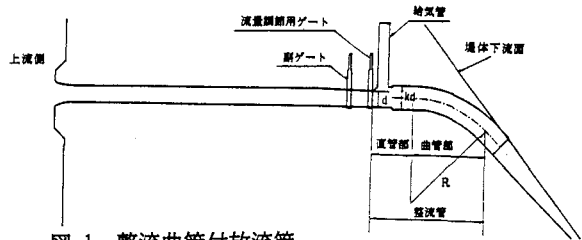


図-1 整流曲管付放流管

きに噴出する噴霧流が発達する。また、曲管部に衝突した主流は、そのまま流下する流れの他に上流側への戻り流を発生する。この戻り流は間欠的に給気管付近にまで達することがある。この現象はゲートからの高速噴流による空気連行で管内圧力が不安定になることによるものと考えられる。

ゲート開度が大きく、作用水頭が大きい場合は整流管出口付近は噴霧流で満たされ、流況3となる。今回の検討ではゲート開度 Gop が90%で作用水頭 Hd が25d以上、 $Gop=100\%$ で $Hd=10d$ 以上の条件においてはこのような流況となった。ゲートから噴出し、側面に衝突した水脈は、薄い水脈となって整流管側面に回り込み流下する。

3.2 放流能力

流量係数は作用水頭によらず、ゲート開度で一定となる。管内スライドゲートの流量係数と今回検討の対象とした整流曲管付放流管のスライドゲートの流量係数を比較すると、約5%程度の放流能力の増加が認められた。これはこの形式の放流管では曲管部下流が空気と水の混在する噴霧流で満たされることにより、より多くの空気が下流へと連行され、その結果不安定な負圧が発生することによると考えられる。

また、曲率半径が大きいほど流量係数は若干ではあるが増加する傾向にある。その傾向は、ゲート開度が大きいほど強い。

3.3 給気量

図-2に示すように、ゲート開度が小さいときは作用水頭の増加にともない給気量も増加する。しかし、ゲート開度が80%を越えると作用水頭を増加しても、給気量はそれほど増加しない。ゲート全開付近では $Hd/d=10$ 付近を境に給気量の増加傾向が小さくなる。また、最大給気量が発生するゲート開度は作用水頭により異なり、図-3に示すようにその給気パターンも異なり、整流曲管付放流管の給気特性は非常に複雑でかつ不安定であるといえる。給気量の傾向は、作用水頭が大きいときは kd が小さい方が多く、作用水頭が小さいときは kd が大きい方が多い。この傾向は、ゲート開度が小さいほど顕著に現れる。また、曲率半径 R が大きいほど給気量が大きくなり、今回の検討範囲においては最大給気量は作用水頭が10d～20dの間で発生した。ジェットフローゲートの場合と同様にスライドゲートにおいても、整流管径が十分大きい場合には整流管形状の違いによる需要給気量への影響はそれほど小さくなく、ゲートからの放流水脈の条件（作用水頭、ゲート開度、流況など）により影響されると考えられる。

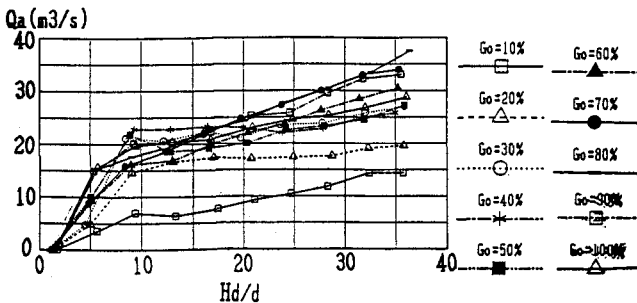


図-2 $Hd/d \sim Qa$

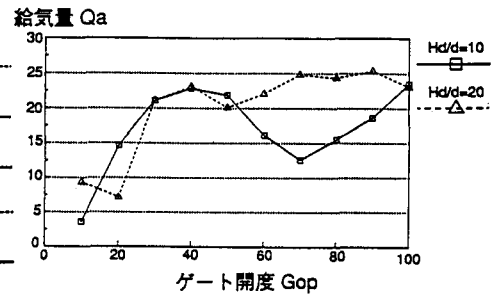


図-3 $Gop \sim Qa$

4. まとめ

整流管径を1.5d以上とすれば直管長、曲率半径の違いによる給気量、放流能力への影響を少なくできる。

5. おわりに

今回整流曲管付放流管の放流能力、給気特性に関する定性的な検討を行ったが、模型実験と実機の放流では空気混入特性が違うため、実機の放流試験により検証、または補正を行う必要があり、現在建設中のダムにおいてその準備を進めている。放流管の設計に当たっては、定量的な給気量、放流能力や放流水脈の衝突による放流管全体への作用圧力の算定が重要であり、現在さらに細かい検討により、放流能力、給気量や作用圧力についても検討を行っている。