

五名堰堤放水型式について

香川県土木部河川課 鎌 田 萬

1. 概 論

吾が香川県では堰堤工事は他県に先んじ既に総合開発堰堤として内場長柄の堰堤が見事に竣工し、治水利水に大いに効果を發揮して県民の喜びの的になつて居ります。次に五名堰堤が防災堰堤として本年度竣工する予定にて目下工事中である事はよく御存じのことと思います。

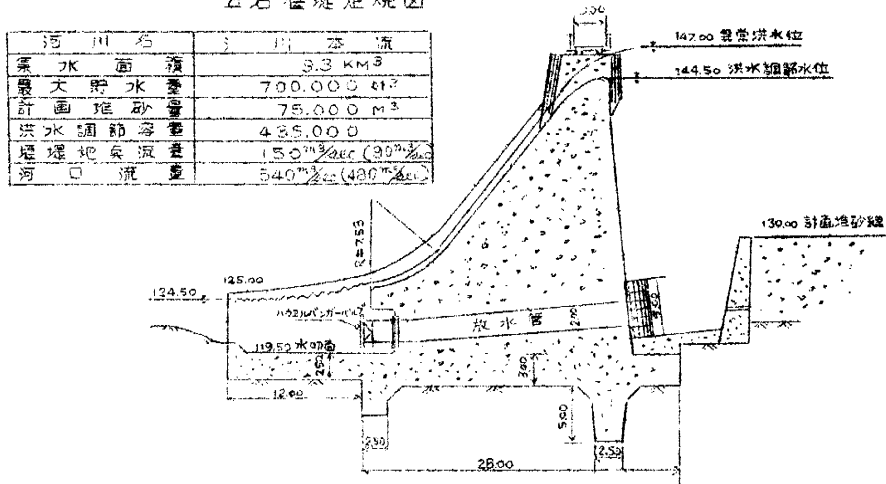
ところが五名堰堤の場合は洪水調節放水型式が大いに異つた型式を採用して居ります。それは①溢流式放水型を採用せず直径2.0米の円型鋼製放水管を2門堤体内に設置し、最大 $90\text{m}^3/\text{sec}$ の放水をし、尚異常洪水に備えて頂部に巾4.0米高2.5米の溢流部を3門設置し最大 $60\text{m}^3/\text{sec}$ 放水する事が出来る様にしてある事。但し此等には何れも門扉は設けていない。②放水管を河床高と同一高に設置したので上流に砂防堰堤を必要とし、此れをアーチ構造として築造した事。③放水の際生ずる運動の勢力（破砕力）を減殺する方法として静水池法を採用し、且効果的にする為米国モルガン・スミス社の特許品ハウエル、バンガーバルブを一部改造して放水管の出口に取り付けた事。以上防災堰堤は吾が国でも其の例が少なく④獨に於ては吾が国最初の放水型式であるので建設省に於ても水理実験をして水理学的分析の必要を認め、その実験は同省土木研究所に委託して昨年6月始めより本年2月まで行はれました其の結果此の放水型式は水勢の減殺方法としては最も新しき考え方であり効果よく且経済的工法である事がわかり、五名堰堤の放水型式として採用する事に決定した次第です。

2. 放水管型式

総合開発堰堤の洪水調節は一般に溢流部よりの放水に依つて行い計画堆砂線と溢流部との間の貯水量は利水に用いられるが防災堰堤の場合は目的が洪水調節作用のみであるから計画堆砂線に放水管を設置し洪水調節に必要な容量を貯水する高さを堰頂とする堰堤を築造すればよい事になります。そこで防災堰堤は必然的に放水管型式が採用されるのです。此れを県内の総合開発堰堤内場、長柄に例をとると、内場堰堤は堰高

50.0 米に対し洪水調節有効水深は 8.4 米此の比率を求めると 0.17 長柄堰堤は堰高 30.0 米に対し有効水深は 7.2 米比率は 0.25 であるが、防災五名堰堤は堰高 27.5 米に対し有効水深は 11.5 米比率は 0.42 となります。仮りに五名堰堤に於て溢流式放水型式を採用するとすれば堤体の上部約半分も切り削いで溢流部を設置せねばならなくなり、此の事は構造、水理學上無理を生じ外觀上もよくありません。此の事は貯水面積の狭小なる堰堤には特に顕著なものとて現はれるのです。

五名堰堤定規図



五名堰堤の場合は他の防災堰堤とは又趣を異にして居るのです。普通は放水管の位置を計画堆砂線にとるべきを河床高低下がった位置に設備して居る事です。今仮りに計画堆砂線にて直管を設けたとすると、放水流速は有効水深 11.5 米なる故に $V = \sqrt{2gZh} = 0.9\sqrt{2 \times 9.8 \times 11.5} = 13.5 \text{ m/sec}$ となり、此れが下流に落下する時の水勢力は実に大きく害に絶するものがありますから採用は出来ません。今一つ水勢減緩方法として考えられる事は後で述べる特殊パルプを取り付ける事です。此の例は東京都の水道用小河内堰堤に採用されています。ところが五名堰堤に於ては下流河巾が狭小なるため両河岸の破壊の恐れがあるので採用する事は出来ないのです。

次に考えられる型式は放水管の出口高を堆砂線として下流出口を河床高になる様な曲管を採用する考え方です。此の事は工費を検討した結果

五名堰堤の場合は、今実施して居る方法よりは不経済なる事が分かりました。何故かと申しますと、曲管は直管より製作費が高く且施工にも余分の工費を要するからです。此の例は岩手県の来内堰堤に採用されています。然し此の型式が防堰堤の放水型式としては一般的な考え方なのです。

今五名堰堤にて採用されている型式は放水管の管口高を堆砂筋より下げて河床高に設置し直管にて下流に放水する型式を採用しています。此の型式の利便は①放水流速は前述の場合より大きく20.0m/secにもなりますが、前者の様に高位置より放水するのでなく河床上にて放水するから水勢力は前者程ではない事。②施工が簡単であり、且放水管が堰堤築造の際の仮排水路として利用される為工費の軽減が計れる事。③堆砂量の少い時には、それだけ洪水調節容量が大に利用できる事。欠点として上流に砂防堰堤を築造せねばならない事。此の訓堰堤は一般にアーチ堰堤とする事に依り工費の節減が可能です。

3. 放水水勢減殺方法

前述の加き放水型式を採用してもなお且其の放水量の持つ水勢は非常に大きくて、此れは堰堤の水叩を砂礫し下流河道を洗掘して堰堤自身の危険を招く様になります。今堰堤の放水水勢減殺方法を一般的に考へますと。

① 水叩工のみの方法 堰堤の下流保護工として水叩工を施工します。此れのみにて効果を發揮させるには可成り長い水叩長を要するので、特に悪い河床地帯では工費的に不経済になります ② 放水管の出口先端に工作物を設置する方法

放水管の出口に例えば阻挫齒型堰等の工作物を設置しそこで水勢を減殺する方法です。此の方法は大変効果的ですが、其の工作物築造に多額の工費を要します。此の例は茨城県藤井川堰堤にて採用されています。又工作物として水割（Deflector）を水叩の先端に設けて水勢の一部を減殺しなほ跳水をさせて残分を減殺する方法があります。内場堰堤の場合は此の例であります。

③ 静水池法。 此の方法は堰堤の下流に割堰地又は水叩の高さを河床より掘り下げて静水池を造り、水中放水して破壊力を減殺するのです。此の方法は放水管より出た射流が下流の水位になる迄に跳水現象をし、

此の跳水作用を応用して水勢を消殺します、そして其の跳水区間水叩工を施工するのです。然らば当然放水管よりの流速に応じて最も最短期間にて水勢消殺する下流水深があるはずです。此れが所謂跳水共軛水深と言うもので下流水位は此れより高くても、低くても効果的でなくなるのです。五名堰堤の場合は本方法を採用しました。そして跳水共軛水深は計算しますと5.0米となりました即ち計画洪水量を放水した時下流水位が5.0米に堰上げられる様な副堰堤を築造すればよいのです。ところが五名に於ては好都合なる事には下流200米位の箇所に用水取入堰があり此の条件を満たしてくれるのです。此の跳水共軛水深の理論については水理学時に森北出版社発行、佐藤清一著水理学下巻及び土木雜誌社発行荒木正夫著堰水叩設計法に詳しく出と居ますから参考にして下さい。

④ ハウエルバンガー、バルブ。此のバルブは米國モルガンスミス社の特許製品にて放水管の先端に円錐杯を逆に取り付けた様な構造をしておりまして放水管を出た水が此の円錐杯に当たると噴霧状態と化し持つ水勢を完全に減殺してしまう様になって居るのです。最近此の製品を東芝KK(商業社)がスミス社と技術提携をして日本にも製作を許され使用方を運送して居た時でした。

そこで又新しい型式として五名堰堤に此れを採用する案が出されました。そしてバルブは高価であるが、効果的だとする水叩長が短縮され経済的となるから、反つて面白いとの考えのもとに水理実験をする様になった次第です。

4. 放水実験

本実験は建設省の御厚意で調査費の計上を認可され80万円の委託費で昨年6月初めより本年2月まで建設省土木研究所の赤羽分室で村、荒木技官の指導のもと行はれました。吾が県からは遠くなる私が其の任を負い7月初めより9月一杯実験に当りました。此の実験は基本実験と、3次元実験に分けて行いました。

此の赤羽分室は東京都の北方、荒川の堤防上隈田川の流れ奥に水理試験所として設置され古くから知られて居る世界的な試験所であります。吾が國の水理学の權威者は幾と嘗て此の研究所で研究をしたとの事でした。

基本実験は此の研究所内の1米水路にてハウエル、バンガー、バルブ

の縮尺 $1/15$ の模型を1個用いて果して水勢減殺効果があるか否かを実験しました。

実験結果に依れば水中放水の場合は此れ自身では水勢減殺には殆んど役立たぬ事が判明しました。即ちバルブの円錐体に當つた流れは再び合流するため円錐体の外側に渦を生じ僅かの水勢しか減殺出来ません。そこで円錐水体の外周に円板を取り付けて、円錐体に當つた流れの合流を防ぐことを試みました。此の様な特殊装置を行ない実験を行いますと水勢減殺効果は實に顕著である事が判明した。

②三次元(模型)実験

基本実験にて一応見通しがついたので次は四米水路内へ縮尺 $1/25$ の模型を製作しました。此の模型は堰堤及び河道を造りました。そして此の製作には約2ヶ月を要し9月19日に完成通水して実験を開始したのです。

本実験の課題は次のものでした。

(1)三次元に於ける、ハウエルバンカー、バルブの水勢減殺の状態及び水叩長、水叩巾の決定即ち下流河床の洗掘実験及び下流水位の決定。

(2)下流副堰堤の堰上高の決定

(3)溢流部の形状の水理学的検討及び溢流係数の測定

(4)上流砂防堰堤と放水管との水理学的検討

(5)放水管の流量及び内部圧力の測定。

(6)その他

以上実験の結果、ハウエル、バンカー、バルブは三次元実験に於ても水勢減殺効果は大変よく水叩長は此れを使用しない時は25~40米も必要ですから12米に短縮でき下流河床の洗掘は殆んど起らない事又下流の副堰堤も現用水堰高に之間に合う事上流砂防堰堤と放水管への流入の問題も設計通りで支障ない事が研りました。

其の他此の水理実験に就いてはもう少し詳しく説明をせねばならないのですが、又の機会にしたいと思います。実験記録写真及び報告書は五名現場事務所及び河川課に備えてありますから何時でも参考にして下さい。

なお水理実験の際大切な問題には相似律があります。此れも水理学時に佐藤清一著水理学上巻に出ていますから参考にして下さい。

5. 結 語

以上要するに五名堰堤の放水型式は此れが防災堰堤である事及び新製品ハウエル、バンガーバルブを用いて最も経済的に水勢減殺効果を発揮させ様としと色々の過程をたどつたのです。

此等の事項は本設計に當つた方々の考へ方であります。唯此れは私が整理したにすぎぬ事を御び申し上げ最後に大波御尽力下さいました建設省、治水課係官及び工本研究所村技官、荒不技官に感謝の意を表したいことと思ひます。 (河川課技師)