

釜谷ダム余水吐について
(半管路型の水理実験と考察)

東北大学教授 正員 工博 岩崎敏夫
東北地建釜谷ダム工事の技術所 正員 大石克雄
同 〇 皆川俊治

1. まえがき

ダム余水吐の設計に際し、地形条件等の制約により越流中にも十分に余裕を有する場合、半管路オーバーラップ型が考えられる。今回はこの半管路型余水吐の水理実験実験結果について考察を加えてみた。実験は東北大学において縮尺 $1/60$ の全体模型と $1/60$ の放水管部分抽出模型についてゲートの圧着式として実施した。この中から特に余水吐の越流量、開水路部流況、空気需要量等について述べてみる。

2. ダムの概要

釜谷ダムは名取川水系基石川に建設中の重力式コンクリートダムで計画洪水量 $1,650\text{m}^3/\text{s}$ のうち $800\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、 $850\text{m}^3/\text{s}$ を放流する機能を課せられている。更に計画放流量は全量を放水管で負担し、加えて将来の治水計画の度更等にも対応出来るように $850\text{m}^3/\text{s}$ と割増しある $1,020\text{m}^3/\text{s}$ も放流可能なように計画された。ダムサイトは河中が狭く、かつ水叩き終端付近は凝灰質泥岩で構成されている事等と勘案して半管路オーバーラップ型余水吐が採用されるに至った。

3. 半管路オーバーラップ型の特徴

半管路型の特徴としては流量損失が少なく、越流中の割に大きな洪水処理が出来る、ゲートが堤体の中に設置されるためダム堤体の美観がよく、全管路型に比較して空洞現象の恐れが少なく等の特徴がある。又、短所としては開水路部における空気連行により大なる給気孔を要し、更には堤体の中にゲート室、開水路等の開口部が存在する為に局部応力の発生を有する等がある。

4. 余水吐の設計条件

i) コンジット部

- 1) 貯水水位 $EL\ 147.800$ ($1,650\text{m}^3/\text{s}$ 流入時水位)において $1,020\text{m}^3/\text{s}$ の放流能力を有すること。
- 2) 放水管入口は鉛直、断面は矩形、流水と直交方向の長さ 4.00m とし、谷口敷高は $EL\ 123.000$ とす。
- 3) 放水管は3内径 1.0m 当りの流量は設計水位において $340\text{m}^3/\text{s}$ とする。
- 4) 閘取事柄はベベルグを考慮し、ベルマウス始端で 0.5% 、終端で 4% の断面積に当る閘取面積をもつ事とする。

5) ベルマウスは角型放水管のダ円式を用いる。

$$\frac{X}{a^2} + \frac{Y}{b^2} = 1 \text{ ----- (1)}$$

6) ベルマウス終端から 1.5m の直管部をもちけるが、直管部は短いのでしぼった。

7) 設計水位における流量係数は 0.82 と仮定する。

ii) フレスト部

- i) 貯水位 EL150600^mにおいて、コンジット、フレストの2000%の放流能力を有すること（100年確率洪水）
 - ii) 貯水位 EL152000^m以下において、図1より400%の放流能力を有すること。（異常洪水）
 - iii) フレストは4門、等径間、等数高とし数高は制限水位の EL143800^mに一致させる。
 - iv) 越流部形状は上流側ハロルド、下流側は類似標準形の2次放物線の下流面勾配に接続させる。
- わ 流量公式は次式を用い、収縮係数 K は橋名 筋脚 とも $N=1$ につき 2004002 とする。

$$Q = C(B - KNH)H^{\frac{3}{2}} \quad \text{----- (2)}$$

ハ 流量係数 C は右端の類似標準形の適合式を使用する。

$$Ca = 1.97 + 0.498\sqrt{h} + 6.63\sqrt{h^2} \quad (\text{設計水深}) \quad \text{----- (3)}$$

$$C = \frac{1 + 2a(\frac{H}{Ha})}{1 + a(\frac{H}{Ha})} \quad (\text{任意水深}) \quad \text{----- (4)}$$

以上の条件より水理計算、座標計算を行なひ、越流部形状を図-1 図-2 ように定めた。

図-1 下流面図

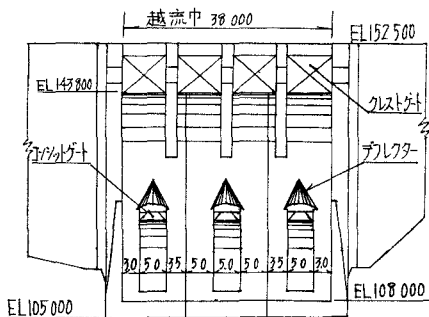
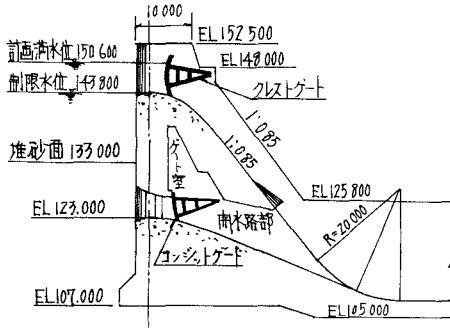


図-2 越流部断面図



5. 越流量と流量係数

実験の結果、流量条件である4つのi), ii)のi)のは全部満足されていることが図-3 からわかる。又 流量係数 C は他のダムと比較して図-4 に示したが設計水位における C は 0.94 (4% = 49) とより設計で用いた 0.92 より若干大きくなっている。

図-3 水位と越流量

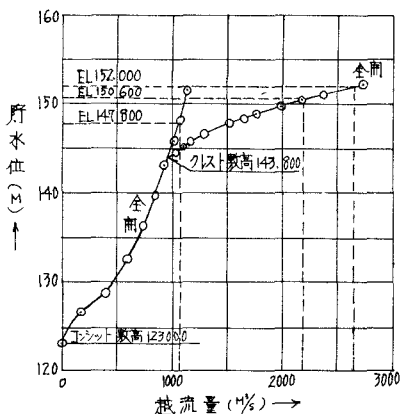
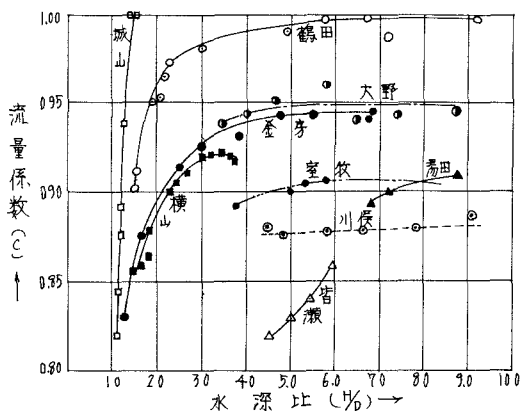


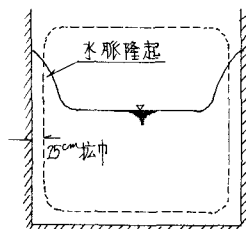
図-4 水深比と流量係数



6 開水路部流況

実験は貯水位とゲート開度の度化により 開水路部の流況がどのような状態を示すか、すなわち水流の乱れはどうか、開水路天井に水脈が付着するか、ゲートピンに流れがあたつか、左右側壁の水脈隆起はどうか等を観察するたぐに貯水位3種、ゲート開度3種の都合9ケースについて実施し、その結果次の中から判明した。

図-5 水脈の状況



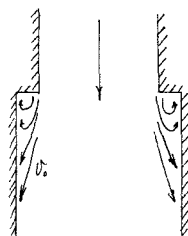
1) いづれの開度、水位においても側壁部には開水路中心よりやや高い水脈隆起が見られる。(図-5)

2) 開度40% (全開) 附近では側壁の一部は水脈一杯になるが中心部はなお余裕を残している。

3) 開度が35%以上になると水脈が時折ゲートピンにぶれる。

この水脈隆起の原因として考えられることは、放水管の管中よりそれに続く開水路中がゲートの圧着合だけ拡中されており側壁が不連続となっているので図-6のように渦乱を生じていることと、自由水面に射流水面に特有のマッハ波が生じているためと考えられる。

図-6 平面流況



又 放水管から出る射流は開水路部に瞬間的に三方の自由面に有するため噴流が横方向に拡散され、これが速度の側壁にあたる。単的に言えは速度水頭の一部が高さの水頭に度化しようとして、更にジャンプを飛んで行く現象だろうと思われる。但しこの現象が実物と相似するかどうかについては問題があるとしても定性的には言うをうける現象である。なお水脈隆起の防止策として側壁の不連続をなくすることが得策と考えられるが、ゲートの水密性等の関連等からも検討されるべきだろう。

7. 空気需要量

1) 給気孔の意義

コンジットから放出される高速流は多量の空気を管外へ連行する。従って連行空気量が管内へ補給される空気量よりも多いと管内の空気が稀薄になり開水路内の圧力低下のために不安定な圧力変動が生じ、ゲート掃き物の振動、放水管の破壊等の障害を招くおそれがある。これらの障害を除くために低圧部に空気を補給し、圧力を安定とすることが重要な課題であり、これが半管路型の大工を要素となっている。

2) 空気需要量の推定

空気需要量については従来より実験資料にもとづく経験的方法が採用されている。すなわち空気量 Q_a と水の流量 Q_w との比 β は噴出流のフルード数の関数であるとして次のような式が提唱されている。

$$\beta = Q_a / Q_w = 0.04 (F-1)^{0.85} \quad (\text{キーンベル, ガイトン}) \quad \text{--- (5)}$$

$$\beta = 0.076 (F-1)^{0.85} \quad (\text{土研報告}) \quad \text{--- (6)}$$

$$\beta = 0.0066 (F-1)^{1.4} \quad (\text{ロバートソン, カリンスキー}) \quad \text{--- (7)}$$

$$\beta = H/40 \quad (\text{土研報告}) \quad \text{--- (8)}$$

(5)式については断面不変の長方形放水管の場合であり、又(7)式は管路模型の跳水現象から導かれている。更に(8)式は井川、五十里ダムの実験から β は最大操作水頭にのみ影響するとして推定されたもの

