

新成羽川ダム並びに発電所の構造概要と洪水処理について

中国電力(株)新成羽川発電所建設所

所長 原 文太郎

I まえがき

新成羽川ダムは発電及び工業用水の確保等を目的にした、高さ103mの中央越流型重力アーチダムでその直下流に、新成羽川発電所を設けている。ダムサイトは高梁川支流域成羽川の中流部にあって、その集水面積は625km²である。また本流高梁川の河口には、水島臨海工業地帯があつて、本ダムの完成により、工業用水8%弱程度の増加確保が可能となる。

ダムは工業用水側(事業主体は岡山県)と発電側(中国電力)とが協力して建設する夢目的ダムであるが、施工は中国電力が担当し、工水側はアロケーションを負担することになっている。

新成羽川発電所は上記ダムによる貯水池(有効容量8050万t)を上池とする併用式揚水発電所で、発電専用機1基、可逆機3基を具え、その合計最大出力は303,000kWである。この揚水用下池として、下流3.1kmの位置に、高さ41mの田原ダムを設け、これに附設する田原発電所の出力は22,000kWである。これら発電所はいずれも尖頭負荷発電所であるから、最下流に高さ15mの黒鳥ダムを設けて逆調整する事とし、またこれにも発電所を設けて2,200kWの発電を行う。

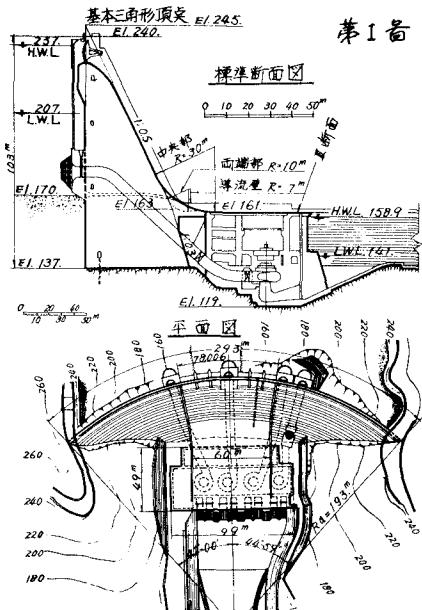
これら工事は昭和39年8月より始めており、昭和43年末に終るもので、現在(s 42.9末)工事は約77%進捗しており、総工事費は170億円余である。

水系一連の発電工事の中で、その主軸をなすものは新成羽川(発)であるが、その概要をオ1図に示すように、重力アーチダムの直下に大規模な発電所を置き、ダム下流面に沿って流下する洪水流(計画2400t/s)を発電所屋根をシートに利用し、下流の田原池に放流すると云う本邦では、未だ例を見ない型式をとっている。従って計画設計に当つては新らしい或は特殊な問題点も少なくない。その一つとして重力アーチは通常堤体の一部に著しい引張応力が発生するが、これを改善する「過冷却工法」について、オ22回講演会で御披露したが、この度は洪水処理について述べる。

II 洪水処理

オ1図に示すようにダムの越流部はR=193, l=78mの円弧で6門のテンターゲートより、同心円弧の堤体下流面(越流水に負压を生じない最急勾配1:0.5)に沿って、巾60mの発電所屋根上シートを洪水流が通過し下池にスキージャンプするもので、このような条件での越流水は求心方向に集中しながら、屋根上を流れると云う形となる。

(1) 越流水による問題点： 放流時放水庭に生ずる水面の動搖が、発電所水路系の運転時振動特性を助長して発電所の運転を阻害しないこと。屋根板に加わる洪水流荷重とその振動影響。洪水流の有効的な減勢と河岸河床の保護及び下流池内の回流を防止し、土砂のドラフト附近への流入(揚水発電に支障)



防止等が一応考えられる問題で、極めて重要なことである。

これらの問題に対しても、洪水流線の集中を避け、屋根上の流れを流量流速分布の均等な平行流に直すことが、どうしても必要なことになってくる。そこで流線の変向方法としては、この場合バケットカーブの形を工夫して デフレクター の機能をもたせる事を考えた。

(2) 減衰デフレクター : 縮尺 $1/60$ の模型実験による一連の実験結果によれば、流線の集中は屋根版下流部(右図Ⅲ断面)に最も見受けられ、上流部では幾分少ない。バケット部の変向効果は流量によって変化するもので、中央部を $R=30\text{m}$ 端部を 10m としたものが、 $Q=2400\text{m}^3/\text{s}$ に対し最も有効で、 Q の低下に従ってその効果は薄れてくる。即ち流線変向は遠心力及び流入流線に対するバケット R の横断方向の変化度によるものであるから、 Q の減少に伴う流速低下のため、 ν に比例する遠心力が小さくなり、従って変向効果が弱まってくる事が判る。

設計対象流量として頻度を考え、中間的洪水量に合わせる事も考えたが、この場合矢張り計画洪水量にすべきだとの判断から、モデル IV を採用した。これによるⅢ断面の流量分布を次2図に示す。(モデルIは均等なバケットカーブ)

(3) 下流池の状況 : スキージャンプした洪水流の落下点から上流を放水庭、下流を放水路と呼ぶ事にする。発電所の水路系は、ある振動特性を有しており吸出管内の圧力変動は、明らかでないが、大体水頭にして数m程度、周波数 $\approx \frac{1}{36}$ と言わざ、 N は回転数で本発電所は機種により周期 $T=1.1$ 及 1.5 sec となる

放水庭の水位変動は、模型より $Q=1500\text{m}^3/\text{s}$ 時(モデルIVで以下同様)長周期波振巾 0.27m 周期 16 sec 。短周期波 0.12m 周期 3.1 sec となり、可成りかけ離れているので、発電所の運転に支障を来たすとは考えられない。

次ぎにスキージャンプした洪水流は、放水路の水フッシュで減勢され、水路底に設けたエピゾメーター測定によれば、高速流は河床に達する迄に減衰し、河床洗掘の心配は殆んどない。

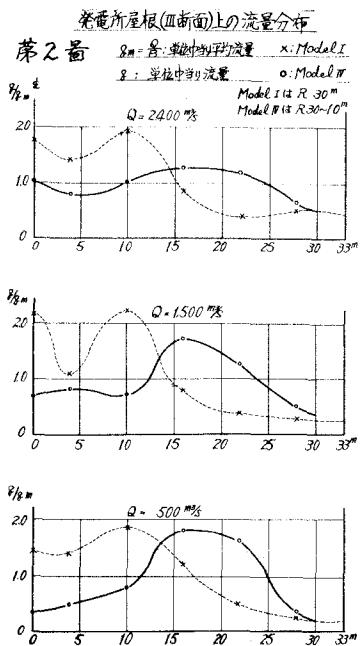
III 発電所屋根版

(1) 流水による荷重: 屋根上での流線の交叉、ピヤニ、バケットカーブからの衝撃波の交叉等は、避けがたく、屋根上での流れは、可成り複雑である。屋根版に働く洪水流の荷重は、水深による水の重量と(バケットカーブでの遠心力は屋根上では消滅)流れの摩擦による剪断力とである。

$1/60$ 模型実験によれば $Q=2400\text{m}^3/\text{s}$ 時の屋根上の平均水深は、約 1.1m 平均流速は約 35m/s である。また流れの摩擦による剪断力は、 $T_0 = 0.2 \sim 0.15\text{ sec}$ 程度で、計算値も大体似たような値を示す。(研究者名博士)

なお屋根版設計に重要な垂直荷重の変動は、水面の微小変動(乱流境界層内の圧力変動)によるものと水深の時間的変化(衝撃波の移動)とによるものとがあるが、これらの周期は前者が約 0.12 sec 後者が約 200 sec で、量的にもはるかに大きく、その上限値は 1.5m である。よって水深 1.5m を屋根版設計の垂直水荷重とし、共振については検算する。

(2) 屋根版: 構造は工程・振動・応力及び空洞性等を考慮して、次3及4図に示す2種間連続析と



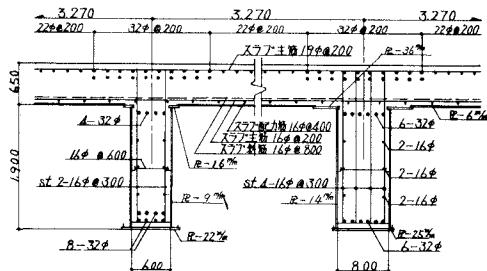
し、鋼製桁を架設してウエブのコンクリートを打ち、硬化後、スラブコンクリートを施工し洪水荷重に対抗させる「荷重合成梁」である。梁の1/4模型による荷重試験によれば、この合成梁は鉄筋コンクリート式により算定することができる。この桁の合成断面におけるコンクリート、特に後打ちのスラブコンクリートには越流水によりわざかの応力が、一時的に生ずるのみである。このような断面特性を考慮して 50 kg/cm^2 (かつ 25 kg/cm^2 以下)のコンクリート引張応力を認め、「合成梁設計施工指針」の方法に従って、断面計算するが、収縮応力を考慮して実際の引張応力を段階で各種ゲージによる計測値は計算値と符合している。

屋根版メント図

(3) 屋根版の振動：図のような支承条件で^{1/10}模型実験によれば、屋根版の固有振動数は6~23%の間に認められるが、衝撃波の平面的移動による長周期の変動とは共振を生じない事が判る。次に水面の微小変動による水圧変動周期は広範囲に分布しているが、値は小さい。版固有振動は6.8.10.23%附近で高い応答を示す事が模型より予想されるので、屋根版振動の主な原因として水圧変動の6.8.10.23%成分を考えると、梁の振動振巾は25cm程度で静荷重換算 $w=23\%$ 位となり、安全率の中に吸収し得るものである。

IV むすび

第4章 星根版断面图



上下流中央部

中面壁上部

上述の洪水処理に伴う諸問題、並びに、さきに御披露した堤体の「週冷却工法」による応力改善等の必要性は、つきりは当工事に重力アーチダムを採用した事に起因する。では何故このタイプを採用したかについて簡単に御説明しておきたい。(各種型式によるダムの工事量を下表に示す)

即ちダム単独で考えた場合本ダムサイトはドーム型アーチダムも經濟的に成り立つのであるが、発電所の大型化に伴う位置選定の問題、導水路を短くしないとこの工事比重も少くない、短かい導水路の為の発電機価格の低減、短かい放水路による揚水泵ポンプの安定性等総合的に検討すれば、発電所の位置はダムの直下が良く、ドーム型アーチダムの經濟性と、重力ダムの洪水処理、基礎処理等の有利性を兼ねえた重力アーチダムを採用する事が、この場合最もすぐれたものであるとの結論を得た次第で、構造物の安全性と信頼性を減ずる事なく、經濟性を著しく向上させる事が出来たと考えている。

なお一般的に言える事は、ダムサイトの地形地質が薄肉アーチの基礎として不十分な場合、或は洪水量が多い場合等重力アーチが有利となる事が多いと思われる。この場合の余水処理は本ダムと同様になる。また大型のダム式発電所を狭い河谷に建設する場合には、発電所の屋根を水叩に兼用することで空隙性を向上させ得ることもあるかと考える。計画に当り何等かの御役に立つ事があれば幸いである。

各種ダムの工事量比較表(本ダムサイト)			
ダム型式	重力ダム	重力アーチダム	ドム型アーチダム
切 取	165,000 m^3	140,000	160,000
コンクリート	610,000 m^3	430,000	260,000