

正員 荒木正夫
正員 和田浩伸
○正員 阿部利雄

1.はじめに

草木ダムは渡良瀬川の上流部に現在製造中の、洪水調節、用水補給及び発電を目的とした高さ144.92mの直線重力式コンクリートの多目的ダムである。洪水調節は洪水調節容量2,000万m³を利用して、ダム地点計画洪水量1,220万m³のとき1,220万m³をカットして640万m³を放流、また2,200万m³のとき1,580万m³をカットして670万m³を放流するものであり、調節方法は一定率放流、ピーク後は一定水位放流の方法である。放流は主放水設備の放水管2条で行なわれる。表面取水設備は利水放流及び発電共用の取水設備で、ダム製造によってダム下流の水質が現況より悪化させないための対策として設置するもので、最大取水量640万m³で計画されている。発電はダム左岸下流に新設される発電所で最大流量2,400t/sで、最大出力20,000kWの発電を行なう。本稿は主放水設備及び表面取水設備の概要と設計について検討された幾つかの問題について紹介し、参考に供するものである。

2.主放水設備

主放水設備は堤頭越流水と放水管流とをオーバーラップさせる位置にあり、主ゲート、副ゲート及び放水管がある。(図-1, 表-1)

(1) 設計条件 1) EL.444.92m(計画洪水量1,220万m³のピーク時貯水位)において計画放流量640万m³の放流が可能であること。2) EL.428.00m(計画洪水量2,200万m³のピーク時貯水位)において670万m³の放流が可能であること。3) EL.440.60m(洪水期制限水位)において600万m³放流可能であること。

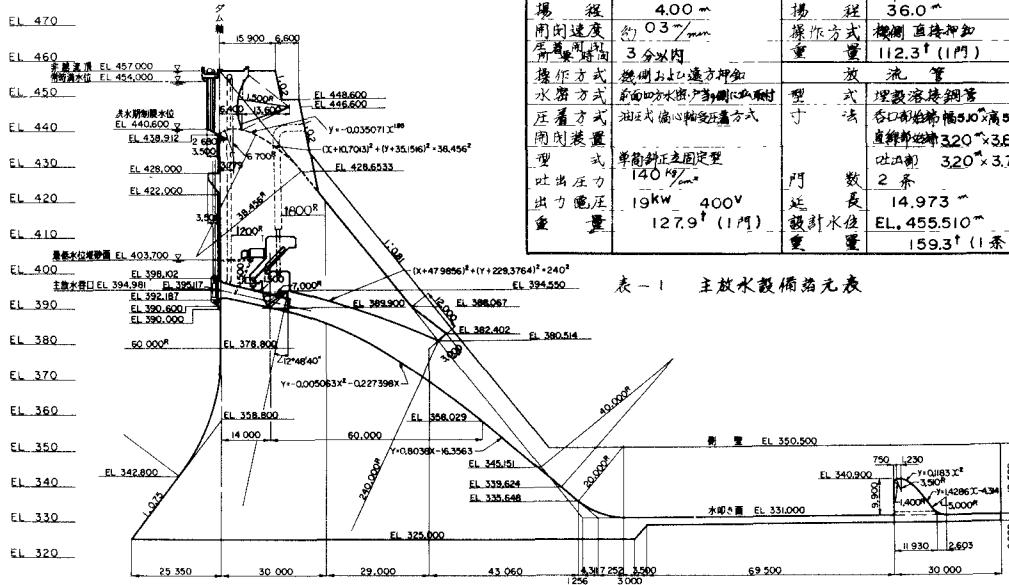


表-1 主放水設備諸元表

図-1 草木ダム越流部標準断面図

(2) 放流水管の型式 放流水管型式は半管路式を採用した。この型式は管路長が短くなり、流量損失が少ないので管径が小さくなる。特に渡良瀬川の水質に対する腐食、高速流による侵食対策としてステンレスフラット鋼を使用してため経済性の面で有利となる。また主ゲート操作室を堤体内に設置するので、美観的にも良い。しかし面開水路始端部に給気孔が必要であること、開水路部は充分注意して施工する必要があること、またゲート搬入、据付、操作室の施工がダムの打設工程に影響を及ぼす等の問題点もあるが、実際施工を行って見て現在のところ支障は生じていない。

(2) 主ゲート 主ゲートは扉体、主軸、開閉装置、圧着装置、油圧装置、水密構造、戸当たり止め付属設備からなる。(図-2)

1) 許容応力、安全率及び荷重 鋼構造部材の許容応力は水門鉄管基準により、地震時は常時の50%増しとした。機械構造部分の安全率は1.5以上とし、ペアリングは基本静定荷重に対しても1.5以上とした。主桁のたわみは支間長の1/2000以内、余裕厚はスキンプレートに対して1mmとした。荷重は常時溝水位に風波高を加えた静水圧を長期荷重とし、短期荷重はこの数値に地震波高Eを加え、水平震度0.12gとして動水圧を考慮した。

2) 駆体 駆体主構の構造は継主軸積重ね方式で、スキンプレート水平軸、継軸及び主脚の各プロックより成り、各自溶接一体構造とし、上下2分割とし、現地でボルト接合後スキンプレート側は水密溶接を行う。水平軸は 50×10 cm間隔に配置しスキンプレートを門間方向の連続ばかりとして許容断面を決定した。スキンプレートは四邊固定板としてT-mosherkaの式で算定し、余裕 $\pm 10\%$ を見込んで $2.5mm$ ステンレスのクナッド鋼 50×10 mm厚とした。継主軸と主脚は剛性あるボックス断面とし、M.T.ボルトで接合した。振動対策としては門扉下端のゲートトリップ排水長を短めくとり、 $\pm 5^\circ$ エッジとして、半開放流時の振動発生の原因となりないようにし、開閉途上の継振動に対しては駆体両側に防振ダンパーを設けダンパーの摩擦摺動抵抗により振動を抑制し、また圧着開時の横振動発生の万一を考え振動変位による局部応力の増加を極力減少させるために防振ダンパーのスプリング力で駆体横変位を拘束す

③ 開閉装置 開閉シリンダーはゲート室内に設置し固定式で、シリングーロッド、コネクティングロッドを介してゲートを開閉させる機構である。門扉の中間開度における開度維持は、機械的に緊定する方法とヒリ緊定装置はシリングーストロークに相当する区間にスピンドルスクリューを設けクロスヘッドに取付けられ、ボルナットの移動によりスクリューを同調可軽させる。緊定は所定開度においてスピンドルスクリューを電気的ロックして行う方法である。開閉装置の配置角度については次の事項について、 0° , 22.5° , 40° , 45° , 67.5° , 90° のケースについて検討した。検討事項は操作室はトランク油圧支持がゲートより 45° の線内にあって土木形状の複雑にならないこと、開閉シリンダーに加わる荷重が均一で小さなもの、扉体下端の開閉速度がなるべく均一となるもの、各開度において扉体を正着した場合水密ゴムのすり上り(下り)量が小さなもの、及び開閉シリンダーに加わる荷重に無理のないもの等である。検討の結果は、水平置きは土木形状、据付時の作業性、保守管理の面では有利となるが、機械的特性では 45° 配置が最も優れており、高圧ゲートの正着に関する問題は主ゲートの生命である点を重視して 45° の配置を採用した。表-2はシリンダーの配置角度の 0° , 45° , 90° , 135°

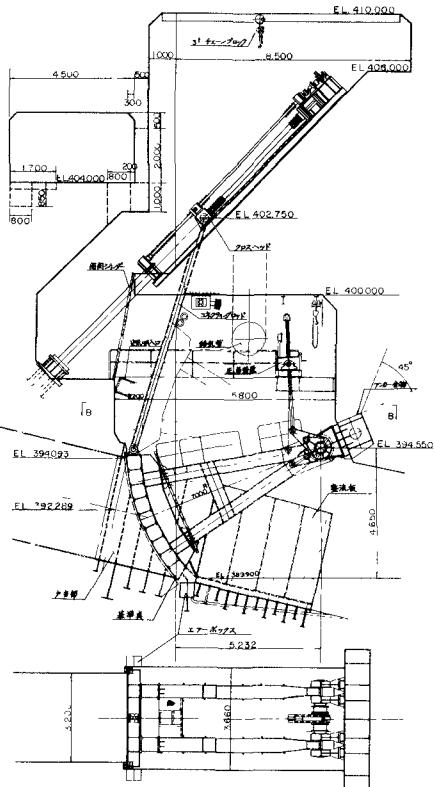


図-2 主ゲート一般図

場合の比較結果である。

4) 壓着装置 壓着装置は偏心主軸と特殊ギヤ-カップリング及び中間軸を経て圧着レバーを油圧モーターで駆動する方式である。圧着ストロークは①水止ゴムの弾性歪量と面圧(0.5cm)
②水止ゴムの永久歪量(0.1cm) ③水止ゴムヒスキンプレートの間隔(0.2cm)
④門扉の水圧荷重による捻り量(0.29cm)
⑤製作 摂付誤差(0.5cm)を考慮余裕を見て1.1cmとした。水止ゴムの圧着量はゴムの弾性及び永久変形を考慮してゴム高の80%以下にしてある。

5) 水密構造 水止ゴムは四周連続の小型ゴムを戸当たり側に額縫状にSUSボルトにてゴム裏板、ゴム押え板で全面的に強固に締付け、下部は放流拡散水脈と干渉しない構造とした。圧着開放時の噴出流は側部と頂部に噴射防止板を設けて防止した。(図-1)

(4) 放流管 放流管の基本寸法及び設計荷重は図-4に示す。材質は全管 $28mm$ ($8 \times 2mm$)厚のカット鋼で、管の補強はガーダー方式を採用した。それはコンクリート充填の良否に拘らずコンクリートの強度は期待しないでパイプ自身に充分強度が期待できる点を重視したためである。ガーダーは $50mm$ の間隔で管胴的有效幅と含めH形断面である。主ゲート戸当たり下流水 $5m$ 間には板厚 $14mm$ のカット鋼の整流板を設け、ジベル型式の補強を行って、放流用

(5) 副ゲート 放流管／渠に対してコースターゲート／門を非常用として設けた。
 ゲートは流水しゃ断が可能な構造で、しゃ断水位は洪水制限水位 (EL. 440.60m) 水深 4.8m をとっている。常時は EL. 422.0 m に設けられた休止位置に水中格納され、堤頭部より停止用レバーで操作できるようになっている。ゲートの型式はキャタピラー型式を採用した。その理由は、しゃ断水位が 4.8m と高水深であること、流水しゃ断時の降下抵抗を小さくすること、重量の軽減を計ること（ローラーゲートより 1/3 減）及び我が国の設計水深 5.0m 以上のコースターゲートの実績等を考慮してである。扉体では特にゲート下端リップの形状には考慮し、ダウンプルホースが最も小さくなる形状とした。（図-5）扉体の材質は水質の点から耐候性鋼 (SMA 41A) を使用した。

3. 表面取水設備

利水放流及び発電用の取水設備はダム左岸側に設けられ、取水設備から水圧鉄管のY分岐までは、利水、発電共用設備となつてゐる。Y分岐より利水放流専用部と発電専用部に分かれる。利水専用部はリンクホロワーゲート及びホロージェットバルブ(1,800t/s放流量65t/s)よりなり、減勢池に放流する。(図-8、表-10)

(1) 表面取水ゲートの設計 1) ゲート型式の選定 ゲート型式は半円形ローラーゲート型式を採用した。

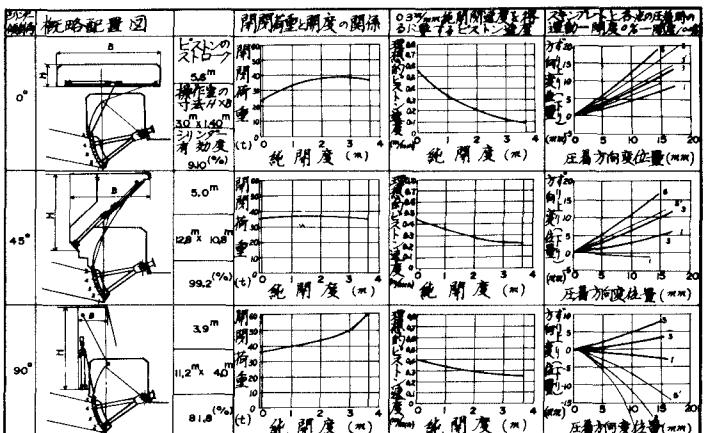


表-2 開閉シリンダー配置比較表

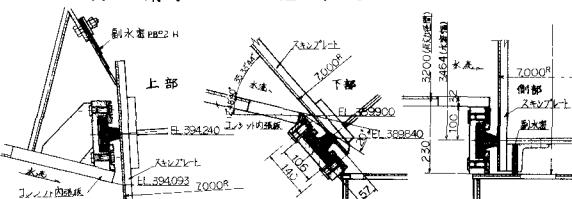


図-3 水密部詳細図

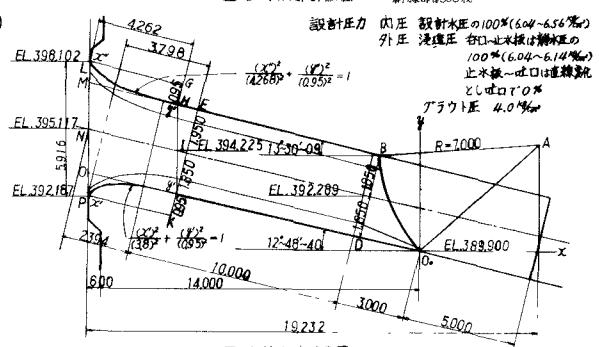


图-4 放逐策略图

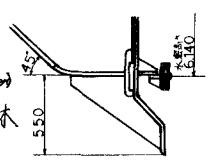


図-5 リップの形状

それは、シリンダー型ゲートは独立して取水塔が必要であるため、地形的に難点があった。直線型は越流頭となるためスパンが大きくなり構造上不利で、水理的にも実験の結果半円形より流況が良くなかった。これに對し半円形は整流板を上部に設置することにより流況は安定しており、特に仕惫取水を行うのに構造上有利である等の理由による。

2) 水理模型実験による設計条件の決定 水理模型実験の結果から次の事項を決定した。

- ①取水深は0.5mとする。0.5m未満では下層流入限界に明確な差は見られず、ベルマウス頂点より2m程度離れるところ流速の差は見られない。
- ②取水面形状は取水塔内に最大流速2.5m以下、各口越流平均流速1.5m以下になるようとする。ベルマウスは橢円曲線の代りに円弧を用いても損失水頭は少く流線のハクリも見られないで製作上を考慮して半円形とする。
- ③整流板は平面的過溝のため不可欠で、前面の角度を1.5°とする。
- ④仕惫取水は整流板とゲートを同時に水中に下げる方法を行う。

3) ゲート段数と扉体配置 ゲートは表面取水がEL.45.40 (H.W.L.)からEL.45.40 (L.W.L.)までの0.5mの全範囲について越流水深50cmで取水できるようにEL.45.40.0mからゲートを立ち上げ、5段ゲートとした。1段の長さは最上段が1.5mで他は1.75mである。扉体配置は下段方向に半径を大きくとり、最上段ゲートの半径は1.75mで、最下段は1.5mである。

(2) 開閉装置 上段扉用と下段扉用の2つの巻上機を設置し、各単体操作可能とした。下段扉巻上機の運転に当っては上段扉用巻上機のワイヤーロープのゆるみを防止するため、上段扉の開度を一組の差動ギルソンで演算し、常に2m以上、上段扉が先行していなければ作動しないようにしてある。何らかの原因で自動水面追従が不可能となった場合は自動的に最下段扉が約1分(1.8m)巻き上げられる機構となっている。

(3) 保安ゲート 保安ゲートは内外水位差が1.5mにならない場合自動的に開閉するものでカウンターウエイト方式のワイヤープゲート内蔵型スルースゲートである。

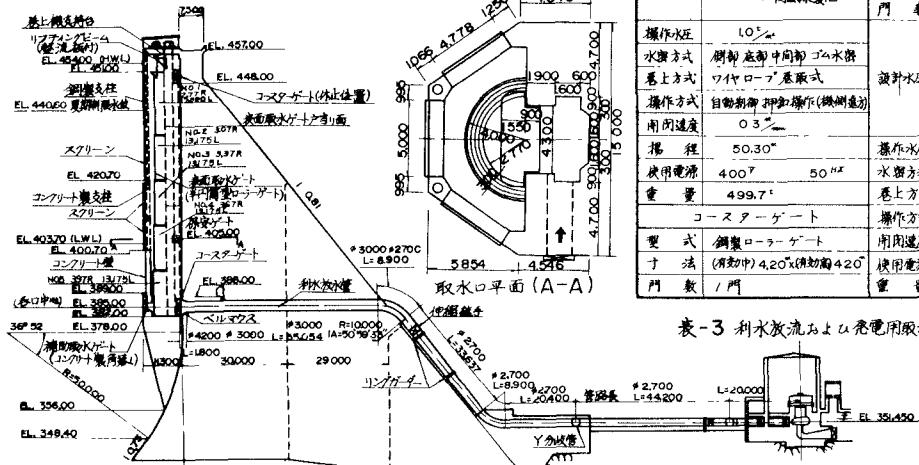


図-6 利水放水管部断面図

4. あとがき

以上、草木ダムの主放水、表面取水用設備の概要と設計の概略について述べたが、現場の工事の追ちと状況は主放水については主ゲート戸当り、整流板及びコンシットの据付が完了し、主ゲートの工場製作が行なわれており、表面取水ゲートは今月10月に発注され工場製作の段階である。ダム本体は11月末にはコンクリート総量10万m³の50%に当る5万m³が打設され、今年度末に5万m³以上打設する予定であり、今年度末の湛水を目指す草木ダム工事は着々と進んでいる。

表面取水ゲート		設計水位	
型式	半円型ローラーゲート	操作水位	常時溝水位EL.45.40(L.W.L.)
寸法	全高約長 68.60° 最高半径(溝水面) 2.60° 越流頭半径 4.00° 段数 5段	操作水位 溝水位迄 EL.45.40(L.W.L.)	溝水位
操作方式	後面四方水槽	操作方式	ワイヤーロープ基準式
卷上方式	ワイヤーロープ基準式	操作方式	脚錠操作(機械)
扉数	5段	開閉速度	1.00m/sec
門数	1門	揚程	56.1m
外圧	等外圧 3.0cm 偏外圧 0.6cm	使用電源	400V 50Hz
内圧	越流水頭 0.5m ゲート下端 8.5m この間直線化	重量	103.4t
操作水压	操作スルースゲート (各方向1.60m(各方向)2.00m)	標準ゲート	
寸法	(各方向)1.60m(各方向)2.00m	門数	1門
門数	1門	外圧	3.0cm
内圧	56.1cm	内圧	外圧 15.5cmにてフランジ
操作水压	側面底部中间部ゴム水槽	設計水压	ゲート自動制御
寸法	ワイヤーロープ基準式	操作方式	
操作方式	自動制御(脚錠操作(機械))	卷上方式	ワイヤーロープ基準式
開閉速度	0.3m/sec	操作方式	脚錠操作(機械)
揚程	50.30m	扉数	0.6t
使用電源	400V 50Hz	標準水压	水位バランス
重量	499.7t	水槽方式	四方水槽
操作水压	操作スルースゲート (各方向)4.20m(各方向)4.20m	卷上方式	ワイヤーロープ基準式
寸法	(各方向)4.20m(各方向)4.20m	操作方式	脚錠操作(機械)
門数	1門	開閉速度	0.6m/sec
外圧	3.0cm	標準水压	400V 50Hz
内圧	56.1cm	操作方式	脚錠操作(機械)
操作水压	外圧 15.5cmにてフランジ	扉数	21.7t
寸法	外圧 15.5cmにてフランジ	標準水压	

表-3 利水放流および発電用取水設備諸元

