

多々良川津屋堰上部工の工事報告

太田 勝¹⁾ 宮脇 重信²⁾

本ゲートは、福岡県から受注し、昭和63年3月に工事を終了したフラップ付親子ゲートである。その上段扉と下段扉との寸法割合が、他に類例を見ない特殊な形状となっているため、応力解析法や、既存の固定堰との切替の関係で、ゲートの運用計画に特筆すべき点があった。本文はこの工事の概要を報告するものである。

ま え が き

津屋堰は、都市河川中小河川改修事業の一環として、農業用水ならびに都市用水の確保のために福岡県が多々良川（福岡市東区大字津屋地先）に、昭和58年度から建設を進めている3径間の洪水吐ゲートからなる可動堰である。工事は3期に分けて施工する計画であるが、当面左岸側1径間のみ設置して、上段扉のみの暫定稼働を予定している。

当社は、洪水吐ゲート上部工（フラップ付親子ゲート）を、昭和60年の戸当金物および付属設備の製作工事を初めとして一連の工事を受注し、昭和63年3月に全体工事を完了した。昭和63年度末には現在の



図-2 多々良川流域図

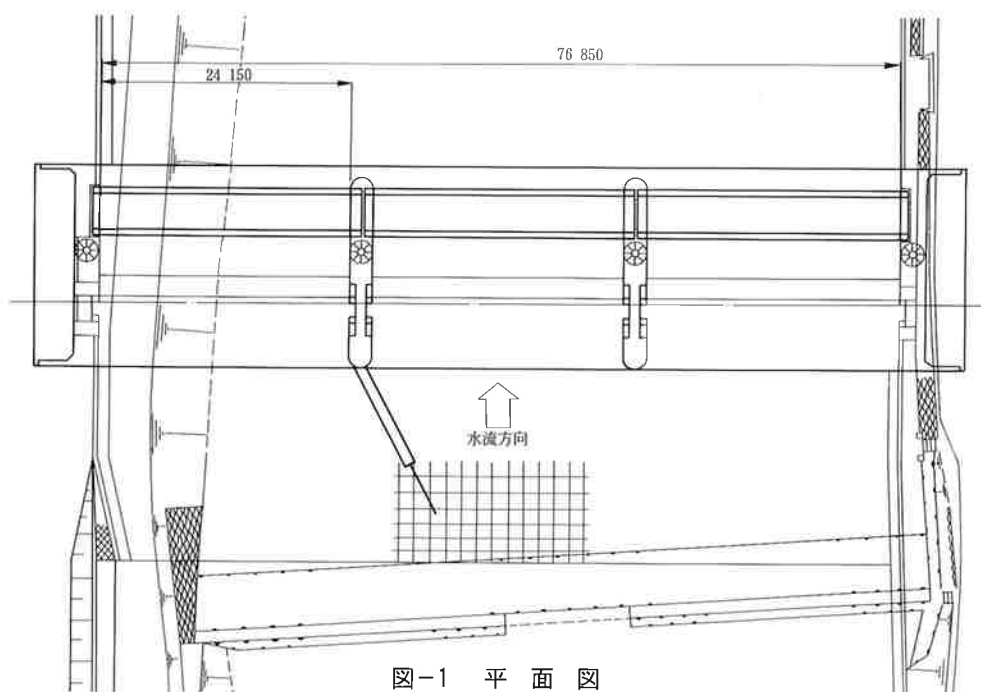


図-1 平面図

1) 大阪工場 水門機械課副課長 2) 大阪工場 水門機械課係長

津屋固定堰を一部撤去してゲートの運用を開始する予定となっている(図-1)。

1. 津屋堰の経過

二級河川多々良川は、福岡県粕屋郡久山町の砥石山(標高800m)に源を発し、猪野川、宇美川等の支川と合流して福岡市東区名島地先で博多湾にそそぐ流域面積199km²、流路延長19.6kmの河川で、河口から上流約3.5kmの地点に津屋井堰が設置されている(図-2)。津屋井堰はコンクリート造りで、中央に水通しがあり、この高さがT.P.2.24m、さらに灌漑期には角落しを入れてT.P.2.88mの水位を確保している。この井堰の断面阻害は著しく、堰右岸上流の津屋地区では小洪水においても溢水し、ほとんど毎年のように水害に見舞われる状況となっている。さらに下流250m地点には汐止堰が設置されており、2つの固定堰を統合して可動堰にすることが治水上重要課題となっていた。なお利水面では、福岡市水道局が井堰直下流にあった取水口を、津屋堰の左岸上流500mの地点に移転して、多々良川から大規模な取水を計画している。

津屋堰のゲート形式は洪水時の過放流を防ぎ、ゲートの稼働頻度を最低限に抑えるため、3径間同一形状のフラップ付親子ゲートが選定された(図-3)。その結果、下段扉有効高は1.82m、上段扉有効高は1.54mとなり、上・下段扉の剛性比率の関係で下段扉はシェル構造ローラゲート、上段扉は魚腹形シェル構造転倒ゲートを採用した(図-4)。

津屋堰の制御方式は、将来的にはコンピュータによる自動管理システムの導入が計画されているが、本工事では暫定制御方式としてフロート式水位計と連動した水位一定の自動制御方式が採用された。

2. 設 計

(1) 設 計 条 件

型 式	鋼製フラップ付親子ゲート 下段扉：シェル構造ローラゲート 上段扉：魚腹構造転倒ゲート
設置門数	1門(暫定)
純 径 間	24.150m
扉 高	3.360m(最大) 下段扉：1.820m 上段扉：1.540m(最大有効高)
ゲート敷高	EL - 0.480m
計画高水位	EL + 3.920m(水深 4.400m)
設計水深	
高水時	3.660m(上流水位EL+3.180m) 0.000m(下流水位EL-0.480m)
大潮時	0.000m(上流水位EL-0.480m) 1.820m(下流水位EL+1.340m)

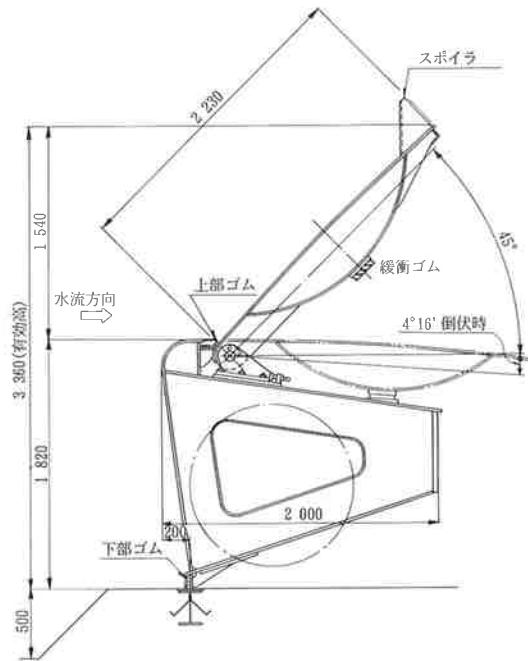


図-4 扉体断面図

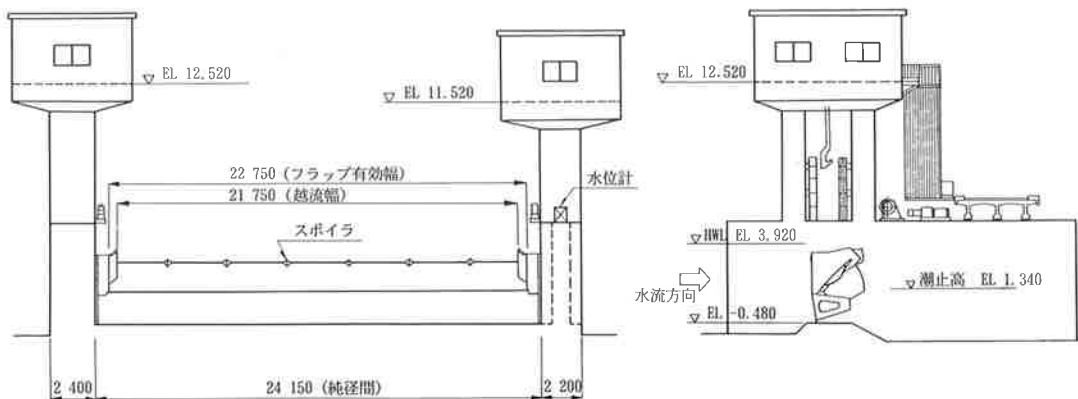


図-3 一般図

操作水深	3.660m (上流水位EL+3.180m) 0.000m (下流水位EL-0.480m)
水密方式	両面3方ゴム水密
揚程	5.500m (休止状態)
開閉方式	電動ワイヤロープウインチ式 (上下段扉共1モータ1ドラム)
開閉速度	0.30m/min.
操作方式	自動運転操作 (水位計連動) および機側押釦操作
主電源	三相、200V、60Hz
予備電源	非常用ディーゼル発電機 (将来)
水の比重量	海水 1.025t/m ³ (下流側) 淡水 1.000t/m ³ (上流側)
周辺温度	-10℃~40℃
許容応力	河川用ゲート設計指針による。
余裕厚	片面接水部材 1mm 両面接水部材 2mm
最小板厚	余裕厚を含み 8mm以上
たわみ率	径間の1/800以下
二次コンクリートの許容応力	設計基準強度 $\sigma_{28} = 210\text{kg/cm}^2$ 許容曲げ応力 $\sigma_{ca} = 70\text{kg/cm}^2$ 許容支圧応力 $\sigma_{ca} = 63\text{kg/cm}^2$ 許容せん断応力 $\tau_a = 4.5\text{kg/cm}^2$

(2) 応力解析

これまでフラップ付親子ゲートでは、上段扉はせん断力が線対称で線形的に変化する下端固定の転倒ゲートとして、下段扉は上段扉からの反力を受けるシェル構造ローラゲートとして上、下段扉を別々に設計することが通常であった。津屋堰では上段扉有効高の全体有効高に対する割合が約46%と従来の実施例に比較して非常に大きいので、昭和60年から岡山大学土木工学科と共同で1/10縮尺の弾性相似模型を使用して水理特性や流体力、ゲートの力学的挙動等を実験的に検証してきた。その結果、上段扉の応力分布状態は下部の抱束条件による影響が大で、従来採用されてきた設計法が妥当性を欠くことが判明した。そのため津屋堰では、薄肉弾性梁の理論で求めた断面力を立体連続梁の理論に代入して応力解析を行った。各断面形状を図-5、6に、断面解析モデルを図-7、8に、全体解析モデルを図-9に示す。

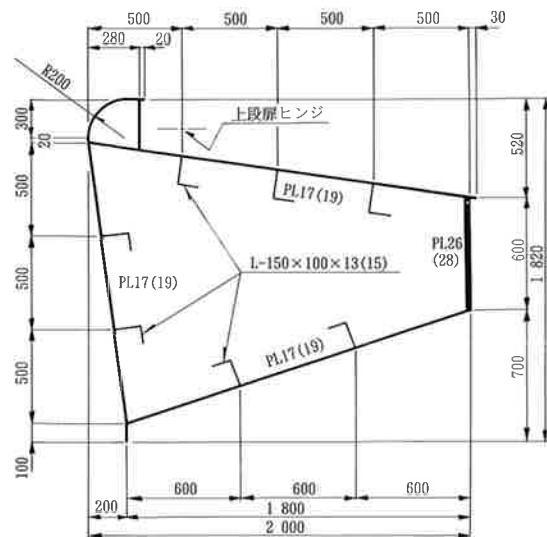


図-5 下段扉断面形状

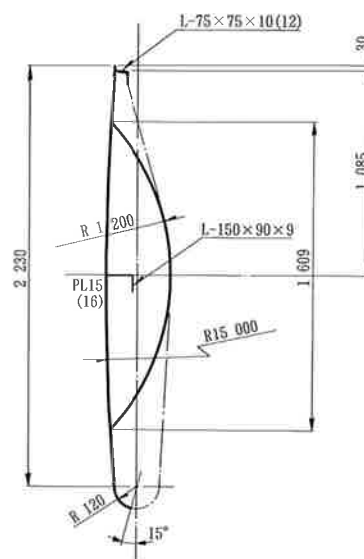


図-6 上段扉断面形状

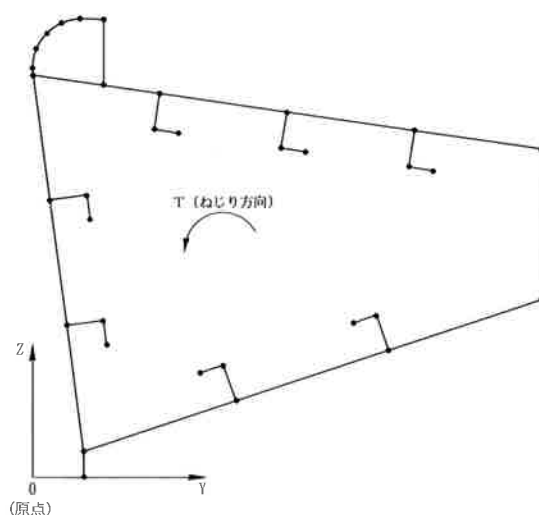


図-7 下段扉断面モデル図

計算の結果、得られた断面力は以下のとおりである。

1) 下段扉の断面性能

- 断面二次モーメント $I_y = 3540017.5\text{cm}^4$
 $I_z = 6699062.6\text{cm}^4$
- 断面相乗モーメント $I_{yz} = -310784.5\text{cm}^4$
- 純ねじり定数 $J = 4645538.4\text{cm}^4$
- 主軸の傾き角 $\theta = 5.566^\circ$

2) 上段扉の断面性能

- 断面二次モーメント $I_y = 2390722.9\text{cm}^4$
 $I_z = 91344.7\text{cm}^4$
- 断面相乗モーメント $I_{yz} = 6012.9\text{cm}^4$
- 純ねじり定数 $J = 237286.6\text{cm}^4$
- 主軸の傾き角 $\theta = 0.150^\circ$

3) ゲートの最大応力および最大変位

① 高水時 上段扉 45° 起立時

- 下段扉最大曲げ応力 $\sigma_b = 767.6\text{kg/cm}^2$
- 最大せん断応力 $\tau = 161.9\text{kg/cm}^2$
- 最大水平変位 $\delta_h = 1.81\text{cm}$
- 上段扉最大曲げ応力 $\sigma_b = 729.0\text{kg/cm}^2$
- 最大せん断応力 $\tau = 309.4\text{kg/cm}^2$
- 最大水平変位 $\delta_h = 2.54\text{cm}$
- 最大鉛直変位 $\delta_v = 0.67\text{cm}$

② 高水時 上段扉 20° 起立時

- 下段扉最大曲げ応力 $\sigma_b = 583.5\text{kg/cm}^2$
- 最大せん断応力 $\tau = 142.9\text{kg/cm}^2$
- 最大水平変位 $\delta_h = 1.30\text{cm}$
- 上段扉最大曲げ応力 $\sigma_b = 928.8\text{kg/cm}^2$
- 最大せん断応力 $\tau = 383.8\text{kg/cm}^2$
- 最大水平変位 $\delta_h = 2.11\text{cm}$
- 最大鉛直変位 $\delta_v = 1.96\text{cm}$

③ 高水時 上段扉 全倒伏時

- 下段扉最大曲げ応力 $\sigma_b = 436.8\text{kg/cm}^2$
- 最大せん断応力 $\tau = 115.0\text{kg/cm}^2$
- 最大水平変位 $\delta_h = 0.96\text{cm}$
- 上段扉最大曲げ応力 $\sigma_b = 1093.7\text{kg/cm}^2$
- 最大せん断応力 $\tau = 470.7\text{kg/cm}^2$
- 最大水平変位 $\delta_h = 0.87\text{cm}$
- 最大鉛直変位 $\delta_v = 2.69\text{cm}$

④ 大潮時 上段扉 45° 起立時

- 下段扉最大曲げ応力 $\sigma_b = -189.1\text{kg/cm}^2$
- 最大せん断応力 $\tau = 52.2\text{kg/cm}^2$
- 最大水平変位 $\delta_h = -0.45\text{cm}$
- 上段扉最大曲げ応力 $\sigma_b = 130.5\text{kg/cm}^2$
- 最大せん断応力 $\tau = 60.2\text{kg/cm}^2$
- 最大水平変位 $\delta_h = -0.29\text{cm}$
- 最大鉛直変位 $\delta_v = 0.14\text{cm}$



図-8 上段扉断面モデル図

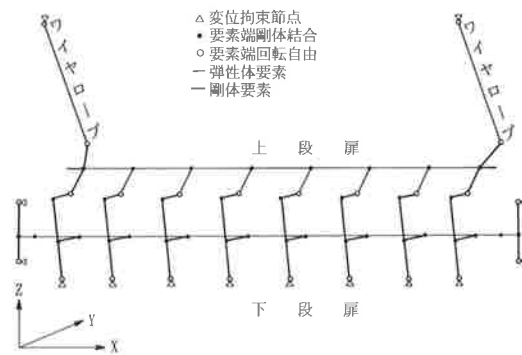


図-9 全体構造モデル図

(3) 扉体各部構造

主ローラ材質はSCMnCr3Bとし、片当りを防ぐためローラ踏面に $R' = 9\text{m}$ の曲率を設けている。なおローラレール材質はSUS304N2 (HB ≥ 220)を選定した。サイドローラはゲートの片寄り防止のためスプリングで位置を保つ方式を採用した(図-10)。

扉体の潤滑装置は、保守点検の頻度とグリスの硬化を考慮して、主ローラ、上部ローラおよび滑車、それぞれ個別に整流板上部から給油する方法を採用した。

(4) 開閉装置

開閉装置は、経済性と操作室内の配置を考慮して、電動ワイヤロープウインチ式(1M1D)を採用している。そして、下段扉用の開閉装置は、上・下段扉の同調性を機械的に維持するため、双方を単一のモータで同時に開閉する方式を採用した(図-11)。ワイヤリング(図-12)は下段扉片側6本掛、上段扉片

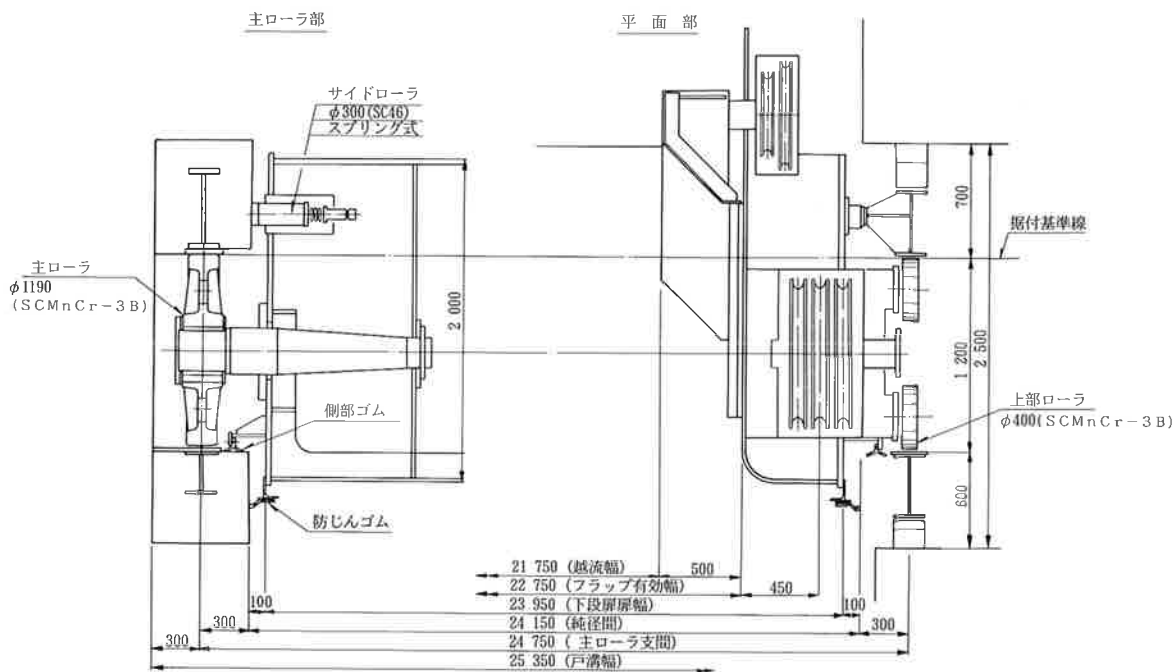


図-10 側部詳細図

側4本掛としたが、上段扉のワイヤが傾斜しているので、上・下段扉用開閉装置のドラムは最大起立角が45°となるようドラム径を調整している。

また滑車類は、開閉装置全体をコンパクトにするため機械台内部に収納した。なお潤滑装置は、保守性を考慮して機械台上から各ドラム、滑車類に給油ポンプで給油する集中給油装置を採用した。

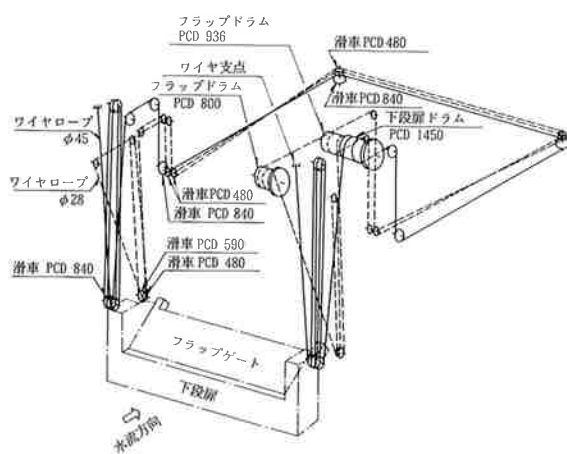


図-12 ワイヤリング

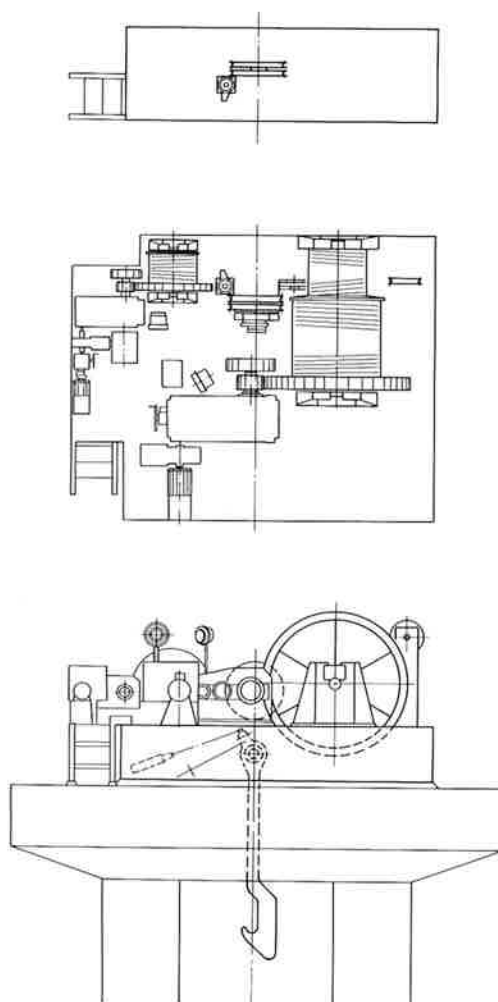


図-11 開閉装置組立図

(5) 操作概要

津屋堰の制御はフロート式水位計と連動して水位を一定に保つ自動制御方式を採用しているが、水位の管理精度を確保するために間欠追尾方式を選定している。制御フローと制御の概要をそれぞれ図-13、14、15に示す。

なおゲートの稼働については、2径間完成した段階で汐止堰を半川撤去して本格稼働を目指しているが、当面は昭和63年度末までに津屋井堰を半川撤去して、上段扉のみの暫定稼働を予定している。



写真-1 工場仮組立

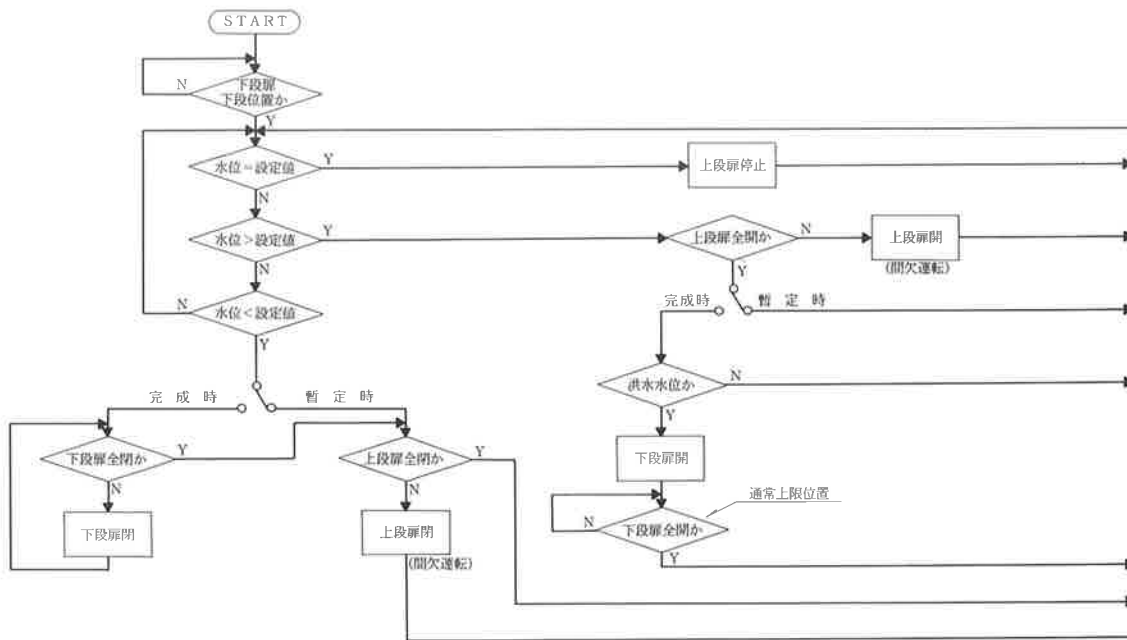


図-13 ゲート動作フローチャート
自動操作

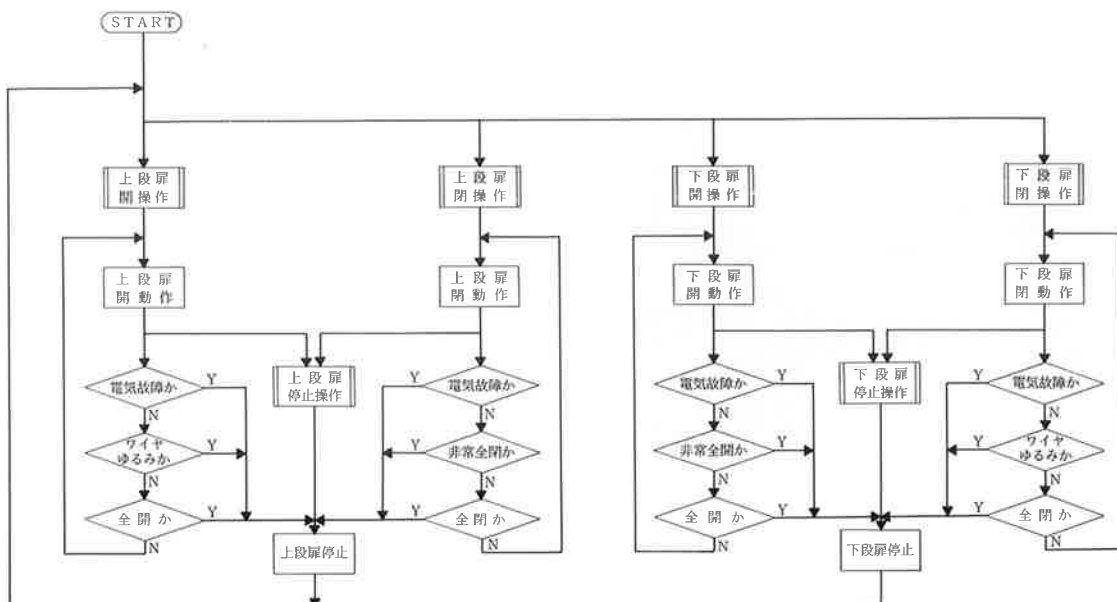
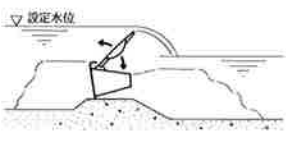

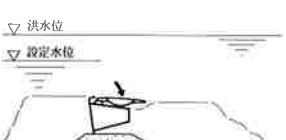

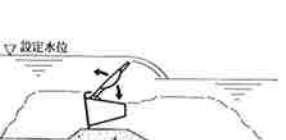
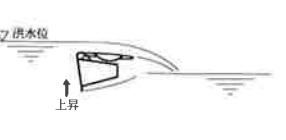

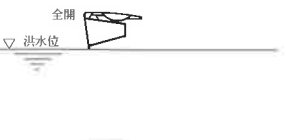
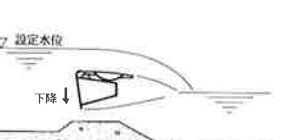



図-14 ゲート動作フローチャート
通常操作

1 暫 定 時		2 完 成 時			
NO	説 明	略 図	NO	説 明	略 図
1	下段扉は、埋設されている。設定水位を保つように、上段扉は増水すれば倒れ、減水すれば起立する。		1	設定水位を保つように上段扉は増水すれば倒れ減水すれば起立する。	
2	下段扉が埋設されているため没水時は、上段扉が全開状態で維持する。		2	増水が続くと上段扉は全開となる。	
3	水位が下がり設定水位以下になると上段扉は起立する。その後NO.1よりの繰返しを行う。		3	水位が更に上昇して洪水水位になると、上段扉は全開のまま下段扉と一体となって上昇する。	
<p>図-15 上下段扉自動運転概要</p>  <p>写真-2 扉体地組立</p>		4	洪水中、下段扉は全開状態にある。		
		5	水位が下がり、設定水位以下になると、上段扉は全開のまま、下段扉と一体となって下降する		
		6	設定水位を保つように上段扉が起立する。その後NO.1よりの繰返しを行う。		

3. 現場施工

(1) 据付工事概要

現場据付は3期に分けて施工した。第一期は左岸端堰柱の電線管およびアンカー金物類の埋設工事で昭和61年3月に、第二期は下部工の中間堰柱設置工事と並行して実施された戸当金物据付工事で昭和62年3月に完了、その後直ちに河床から2.5mの高さまで埋設保管された。第三期は扉体、開閉装置および付属設備の据付工事で昭和63年2月～3月に施工した。

製品は左岸堤防の工事用道路からトレーラおよびトラックで搬入し、組立はトラッククレーンを使用した。扉体は上段扉を一体輸送、下段扉を縦3分割(図-16)にして輸送し、現場組立は埋設地盤上、戸溝部に組立架台を設置して溶接接合した。試運転調整および機能試験は、開閉装置・操作室の施工完了後に扉体下部の盛土を底部戸当金物まで掘削して実施した。現場据付の施工順序を図-17に示す。

(2) 戸当金物の据付

戸当金物の据付は箱抜部を全てチップングした後底部戸当金物、側部戸当金物の順で据付けた。吊り込みはトラッククレーンを使用し、据付基準線に合わせて調整して、前年度に施工完了していたアンカー金物・挿筋に据付材により固定した。

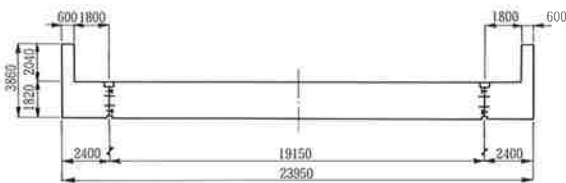


図-16 扉体分割図

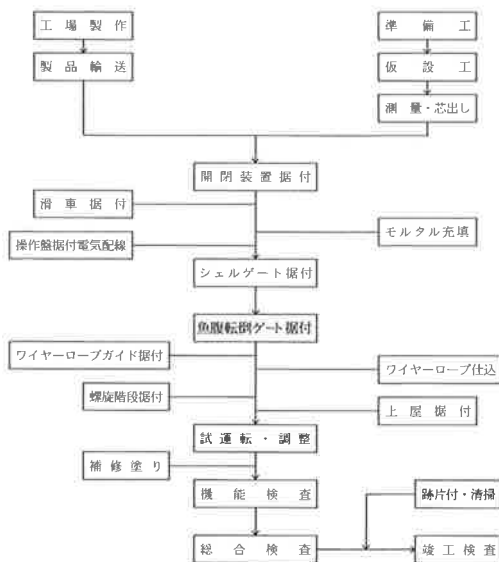


図-17 現場据付の施工順序

(3) 扉体の現場組立

扉体の現場組立は全てトラッククレーンを使用して実施した。上・下段扉のうち、最初に下段扉を地組立てし、現場溶接(図-18)完了後、上段扉の組立を行った。下段扉の組立順序は、先に両端のブロックを吊り込み、最後に中央ブロックをトラッククレーン2台で落とし込んで下段扉の組立を完了した。上段扉は工場から一体輸送し、トラッククレーンで吊り込んで組立てた。

(4) 開閉装置の据付

開閉装置については端堰柱側の滑車台は一体輸送し、中央堰柱側の機械本体は2分割にして輸送した。据付はそれぞれ80t吊りトラッククレーンを使用し、芯出し調整後、ボルトで接合して据付を完了した。

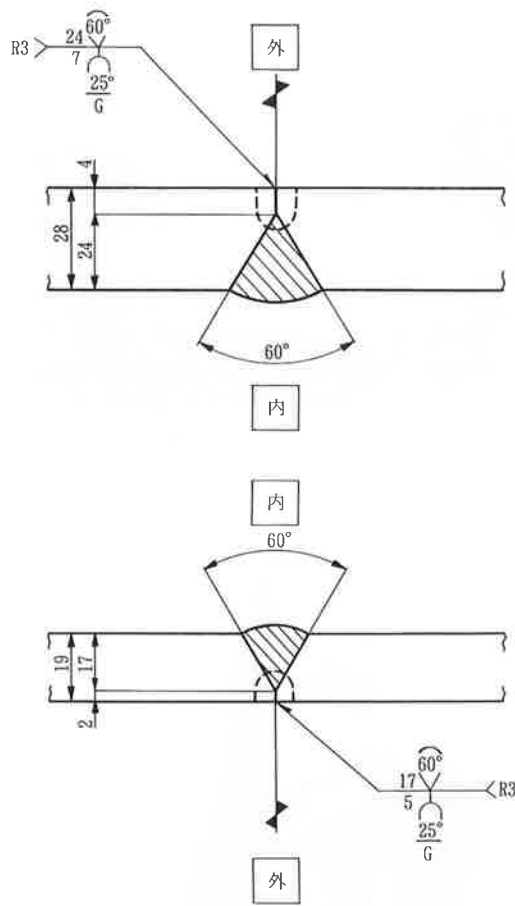


図-18 現場溶接形状



写真-3 扉体吊込み



写真-6 完成写真（下流面）



写真-4 扉体地組立



写真-7 完成写真（上流面）



写真-5 開閉装置吊込み

あ と が き

ゲート形状が特殊であったこと、各ブロック毎に分割発注されたため多少の取合い調整が必要だったこと、左岸端堰柱が昭和59年度に水門鉄管技術基準に準拠した形で完成していたが、途中で河川用ゲート設計指針に変更したため、開閉装置の基本設計に一部変更が発生したことなど種々の検討課題もあったが、架設期間中好天に恵まれたこともあり無事計画工程どおりに工事を完了することができた。

おわりに本工事の計画、施工面でご指導いただいた福岡県福岡土木事務所建設課の皆様、ならびに設計、稼働計画でご協力いただいた第一復建株式会社設計第二部の皆様に厚くお礼を申し上げる次第である。