



# ゲートの自動運転 (その1)

成実哲郎\* 島田信次\*

## I. まえがき

ゲートにはいろいろな形式があり、その使用目的、設置場所などによって多種多様である。

ゲートは、河川重要構造物の中においてダムなどにくらべややもすると軽視されがちであった。

しかし最近その重要性が深く認識され、その設計に当っては常にその性能、作用、利害得失等特長をよく理解されるようになってきたことは非常によいことである。

これらゲートの運転は従来小型ゲートは手動、中・大型ゲートは電動もしくはエンジンを使用するのが通常であったが、近年のめざましい工業の発展、文化水準の向上に伴ってゲートの操作も小型ゲートまで電動化、自動化されるようになってきた。このゲートの自動運転について紹介する。

## II. 自動運転の分類

自動運転といってもまったく動力（電力、原動機）を使用しないで水圧を利用するものや、時間差、水位差、による指示によって電氣的に自動運転するもの、コンピューターによって流量、降雨量、必要水量などを計算し、その指示によって電氣的に自動運転するものなどがある。目的、用途別に分類すると表-1のごとくなる。

表-1

目的	用途	設置場所
洪水調節	治水用	ダム・頭首工
取水量調節	発電・カンガイ用	“ ”
流量制御	“ ”	“ ”
温水取水	カンガイ用	“ ”
上流水位一定	“ ”	幹線水路
下流 “ ”	“ ”	幹線水路・支線水路
余剰水放流	発電・カンガイ用	水路
流量調節	カンガイ用	幹線水路・支線水路
逆潮防止	防潮用	河口

\* (株) 丸島水門製作所

## III. 自動運転とその実施例

### 1. 洪水吐ゲートの自動運転とその実施例

(1) 油圧式自動倒伏ゲート 最近、頭首工など低ダムの可動部分はずつぎのようなことから、在来使われてきた引上げ式ゲートにかわりフラップゲート（自動倒伏ゲート）が使用されるようになった。

- ① 中間ピャーを低くできる。
- ② もしくは省略できる。
- ③ 長大径間  $l$  に対してゲート高  $h$  が極端に低い ( $h/l \leq 1/20 \sim 1/30$ ) と両側ピャーで全荷重を支持する引上げ式ゲートでは構造的に成立しなくなる。
- ④ トピラはある一定水位（可変）で自動的に倒伏させることができる。
- ⑤ これらのことから河川貫流開口部を 100% 近く開

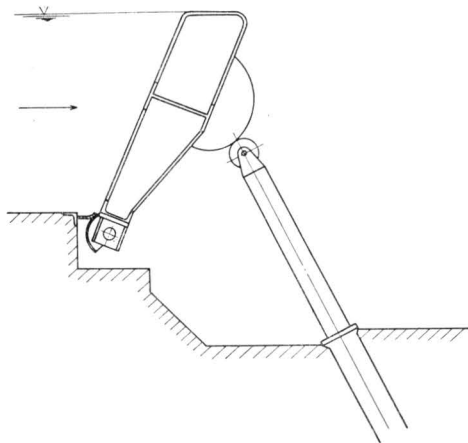


図-1 油圧シリンダー直圧型自動倒伏ゲート

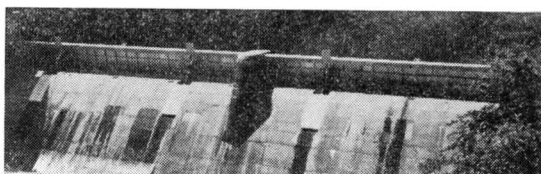


写真-1 油圧シリンダー直圧型自動倒伏ゲート

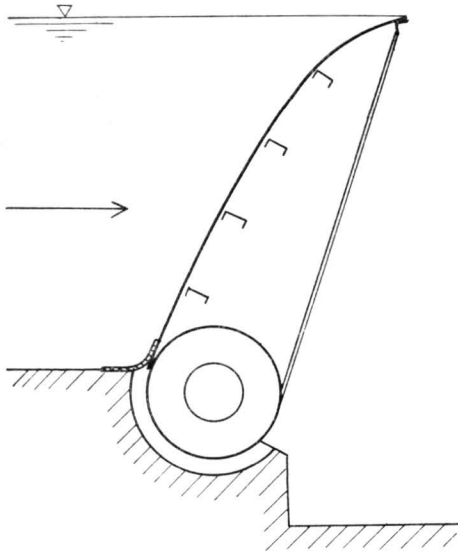


図-2 トルクチューブ型自動倒伏ゲート

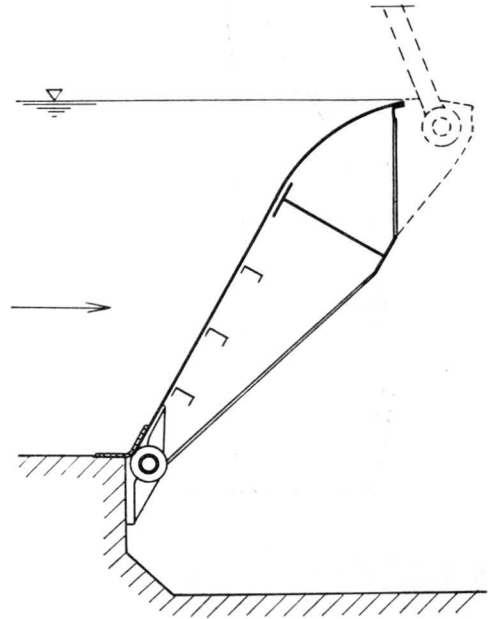


図-4 ワイヤロープ型自動倒伏ゲート

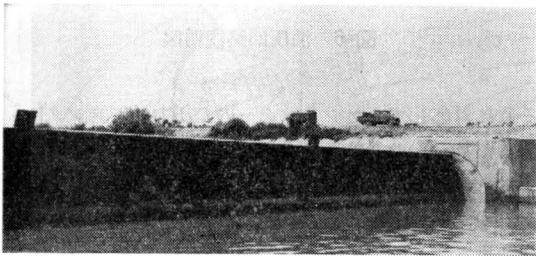


写真-2 トルクチューブ型自動倒伏ゲート

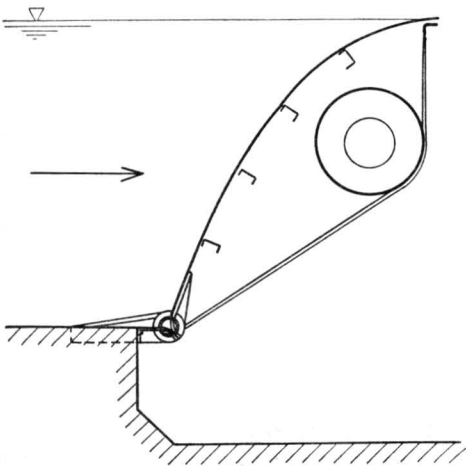


図-3 中間トルクチューブ型自動倒伏ゲート

放し、河川の流れを阻害することなく完全に流下させ、災害を未然に防止できる。

- ⑥ 土木工事費が節約できる。

⑦ 外観が優美である。  
この自動倒伏ゲートには油圧シリンダー直圧型 (図-1)、トルクチューブ型 (図-2)、中間トルクチューブ型 (図-3)、ワイヤロープ型 (図-4)、魚腹型 (図-5) のような型式がある。

図-1 はゲートの後方数箇所を油圧シリンダーで支持する方法で、図-2, 3, 4, 5 はトビラの両端上部を、ワイヤロープや軸で引張り、電動機もしくは、油圧シリンダーで駆動するか、またはゲートの両端下部を油圧シリンダーで回転させるかのいずれかである。図-1 の形式は従来わが国で数多くつかわれてきた。この形式のものは主ゲタに開放断面のものを使用されるのが通例であるが、これはネジリに弱く支持するシリンダーの数を多くする必要がある。自動倒伏ゲートの場合には低高、長径間が多いのでネジリを利用して設計するのが曲げモーメントを主体として考えるより得策である。このことから閉鎖断面を使用した図-5 の形式の方が支点距離を長くでき、かつ軽量になる。図-1 の形式はこれらのほかに支点数が多いこと。したがって計算が複雑なこと、シリンダーの数が多く荷重も不均一であるためシンクロナイズに問題があること、局部的に大きな応力を生ずること。シリンダーが水没するため土砂転石の影響を受けること、ゲートリーフ下流の逆流に対し危険であること、水タタキに穴をあけるためスラブにキ裂を生じやすい。中

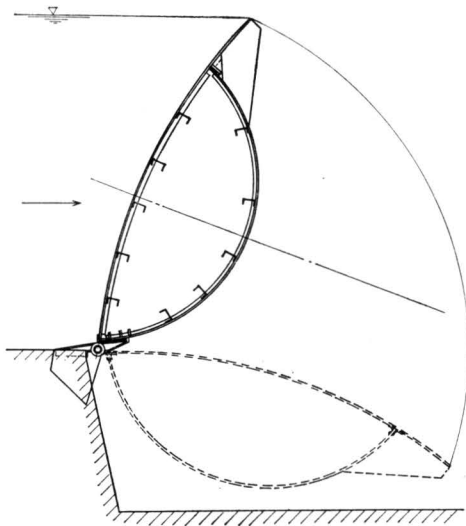


図-5 魚腹型自動倒伏ゲート

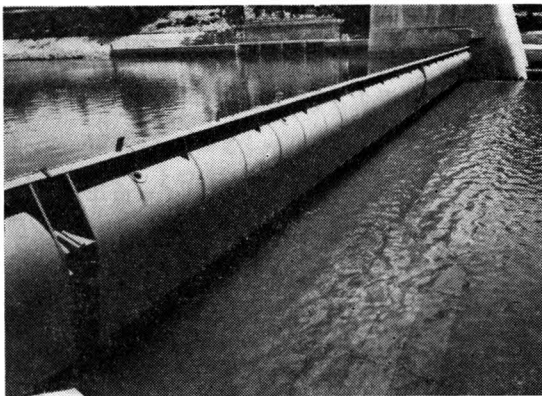


写真-3 魚腹型自動倒伏ゲート

間を支持されているためゲートリーフの断面二次モーメントが小さく剛度が弱く流木等の衝突に対して危険といった欠点がある。図-2、図-3はトルクチューブ型、図-5は魚腹型の自動倒伏ゲートであり、図-4は図-1の形式で中間支持をなくしたものである。これらは上記のごとく図-1にくらべ可動装置が両端にありシンクロナイズの問題、土砂転石に対する問題、逆流に対する問題などの心配がなく機械部分も水没しないから維持管理面からも安心できる。これらのうち図-5の形式がもっとも重量的には軽量であり倒伏時の水脈に沿った形状が取れるので水理的にもすぐれている。油圧シリンダーを使用する場合には図-6のごとく油圧シリンダーと油圧ユニットとの間に設置したメカニカルオペレーテッドバルブを上流水位の上昇とともに浮き上がったフロートの力でつき上げ自動的に開放する。ゲートに作用している水圧は

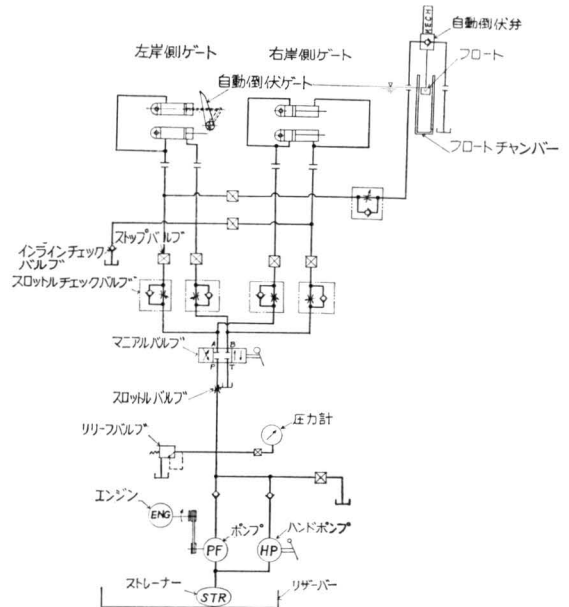


図-6 油圧回路説明図

それに対応していたシリンダー内の圧力油がタンクにもどるため、その力によってゲートは自動的に倒伏する。このとき圧力油がタンクにもどる速度を制御する速度制御弁をシリンダーとタンク間に設置すればゲートの倒伏速度を容易に調節することができる。

(2) 油圧式自動倒伏ゲートの実施例 自動倒伏ゲートの実施例はきわめて多い。そこで代表的なもののみを表-2に列記した。

表-2

設置場所	ゲートの種類	寸法 m
三重県員弁川第一頭首工	トルクチューブ型	30.0×1.35
岡山県大井出頭首工	〃	20.0×1.0
広島県高屋川頭首工	〃	25.0×1.5
大阪府勝尾寺川ヒ門	シリンダー直圧型	26.0×1.0
兵庫県新田ヒ門	魚腹型	30.0×1.6
三重県員弁川第三頭首工	トルクチューブ型	30.0×1.4

兵庫県豊岡土地改良事務所で設置された魚腹型自動倒伏ゲートの全般図を図-7に示す。

(3) 電動式自動倒伏ゲート 電動式開閉機を使用する自動倒伏ゲートでも油圧式同様、水位の上昇によってフロートを上昇させ、ある一定以上の水位ではその力でブレーキをメカニカルにゆるめ、ゲートを自動的に上流水位の変化に応じて階段状に(10~20段階)倒伏させる

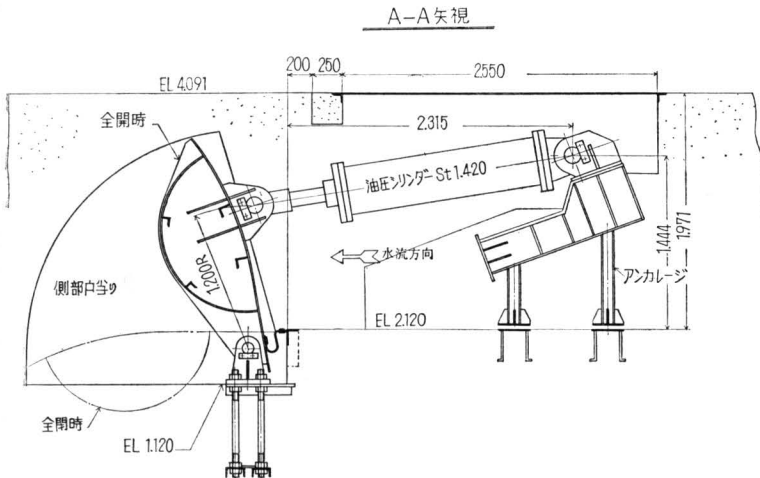
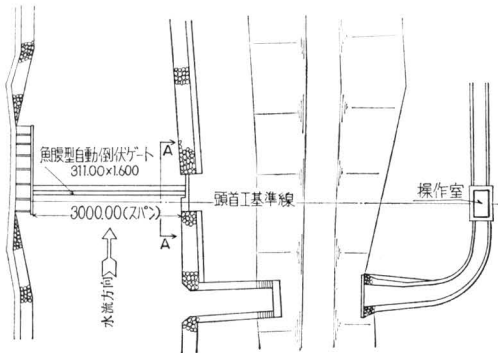


図-7 魚腹型自動倒伏ゲート全般図

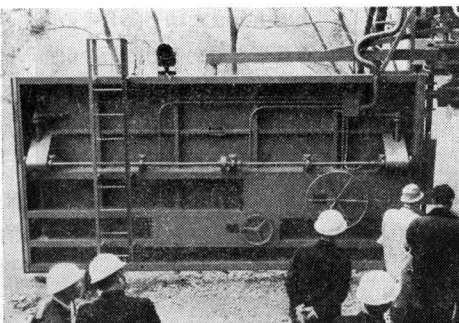


写真-4 トンネル入口閉鎖用ゲート



写真-5 長径間ローラーゲート

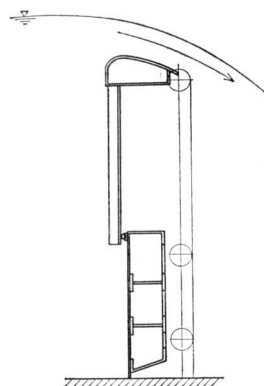


図-8 二段式ローラーゲート

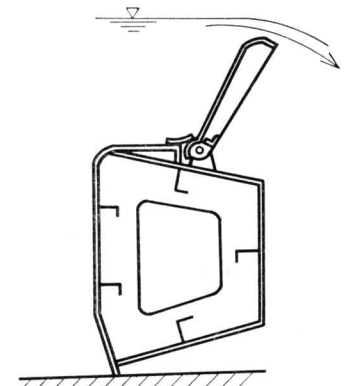


図-9 フラップゲート付ローラーゲート

ことが行なわれている(“水路ゲートの項”参照)。

自動倒伏ゲートのごとくゲート下端に回転ヒンジをもったもの以外にも、たとえば中間にヒンジをもった自動転倒ゼキ(シャッターウエア)、上部にヒンジを持つバスキュールウエア、縦方向にヒンジを持つ横開きゼキなどにもフロートを利用し、自動的に開放するようにしたものがある。洪水吐用としてでなく、防潮のための陸甲用ゲートや洪水防止用の鉄道のトンネル入口用にマイターゲートやスイングゲートを使用し、その自動閉鎖に水位上昇によるフロートの浮力を利用したり、電気的に閉鎖する例もある。

(4) 電動式自動倒伏ゲートの実施例

表-3

設置場所	ゲートの種類	寸法 m
兵庫県市川工業用水取水エン堤	トルクチューブ型	31.0×1.9
関西電力(株)美浜原子力発電所原水取水ゲート	〃	8.5×0.7
四国電力(株)吉野川エン堤	シリンダ直圧型	19.5×1.6

(5) 引上げ式ゲート 洪水位ゲートには前述のごとく自動倒伏ゲートが採用される場合が多い。しかしながらこのゲートは長径間で、高さの低いゲートにはよいが、 $h/l$ の値が $1/20 \sim 1/30$ より大きい場合、すなわち

ゲートの高さが高くなるとネジリモーメントや曲げモーメントが大きくなり、不相当となるのでローラーゲートや、二段式ローラーゲート (図-8)、またはフラップゲート付ローラーゲート (図-9) といったゲートが採用される。

これらは、前述の自動倒伏ゲートのごとく水位上昇によって自動的に倒伏させるのではなく、上流水位を検知して電動機によって、ゲートを上昇開放させる必要があるから、その自動運転は複雑となる。その方式については後述する。

(6) 引上げ式ゲートの実施例 長大径間の引上げ式ゲート実施例を表-4に列記する。

表-4

設置場所	径間 m	ゲート高 m
利根河口ゼキ	45.0	7.0
利根大ゼキ	40.0	3.2
紀ノ川岩出ゼキ	30.0	2.0
淀川長柄ゼキ	34.0	2.0
太田川放水路	32.0	3.1
尾鷲第二発電所	35.0	4.2
三隈川ゼキ	30.0	3.6

2. 取水口ゲートの自動運転

取水口ゲートは一般にスライドゲートやローラーゲートが使用される。カンガイ用に使用する取水口ゲートは主として流量制御、下流水位一定もしくは洪水時の締切が目的である。この流量制御や下流水位を一定に保つために次の方式が一般に採用されている。なお取水口ゲ

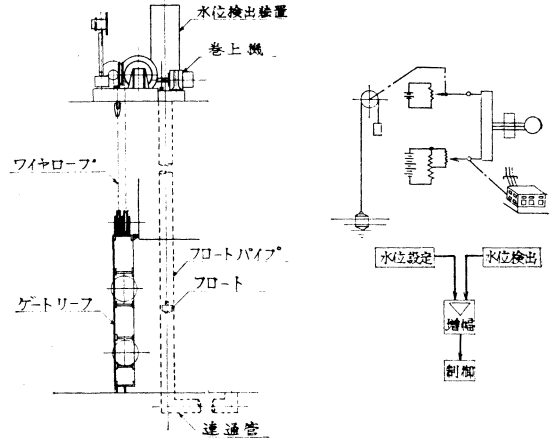


図-11 自動水位調節装置

トの自動運転の実施例については“電動によるゲートの自動運転”の項に記載することとした。

(1) 自動流量調節装置 (図-10参照) 上流側水位と設定流量をもとに水理公式に則った演算を行なってゲート開度を算出し、これと検出開度とを比較して、偏差があればゲートを操作して、自動流量調整を行なう。

ゲートの流量係数Cは、上流側水位とゲート開度の両方に関連して変化するためこれを自動的に補正する装置を具備させることが必要となる。また上流側水位が低下しフリーフローになったときや、自動制御が万一変調を来たした場合の検出装置も内装して、これらの場合は警報で報知すると共にゲート制御を停止させ安全を図ることが重要である。

(2) 自動水位調節装置 (図-11参照) 下流側水位が設定水位より上昇または下降しその偏差が不感帯を越えると、その偏差に比例したパルスが発生し、パルスに応じた時間だけ偏差を打消す方向にゲートを操作する。

水位偏差が大きく、パルス駆動では時間がかかるときは、自動的に連続駆動に切りかわり運転を続け偏差が一定以下になると、パルス駆動に切りかわり不感帯に入れる。

これらの機構は巻上機のギヤ部分のバックラッシュやワイヤロープの伸び、フロートのエラーなどを見込んで、その精度は大体土

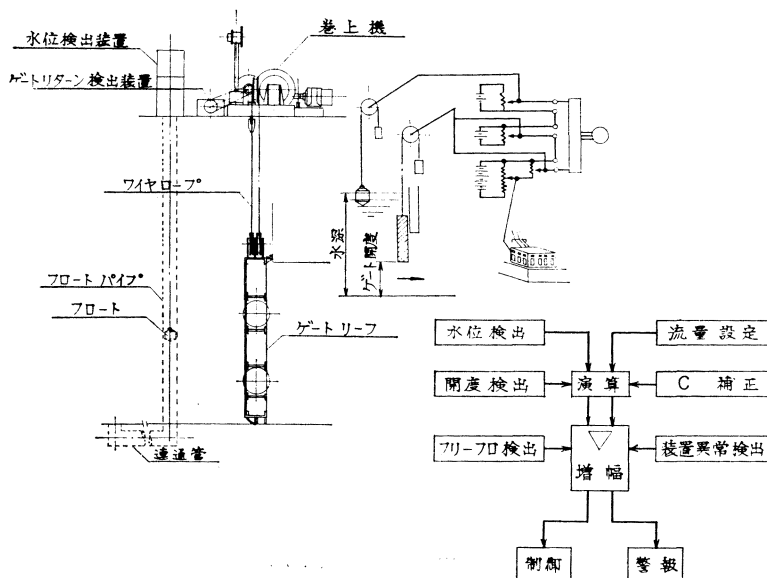


図-10 自動流量調節装置

1~2 cm である。

(3) オリフィス取水とオーバーフロー取水について  
ゲートの部分開きで下部よりオリフィス取水する場合、ゲートの下端形状と共にその開度は重要である。45°リップのゲートの場合、開度30%以下では流量係数は一

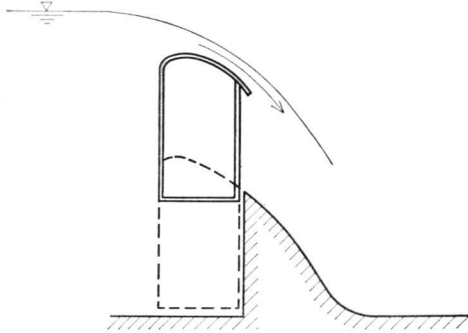


図-12 越流式ゲート

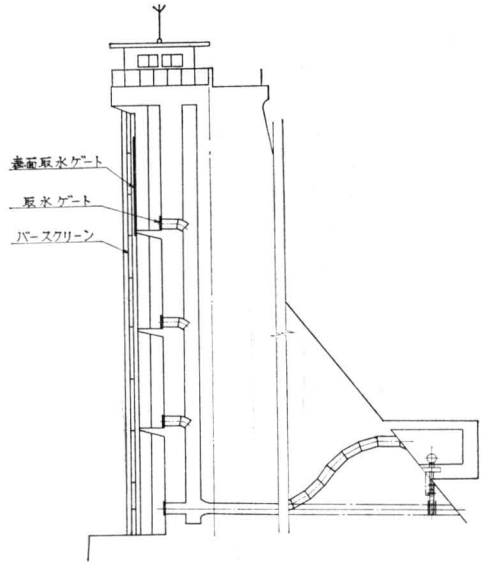


図-13 複式取水塔

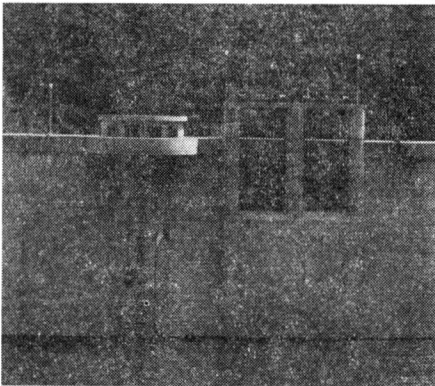


写真-6 ゲートタワー

定値を示す。したがってオリフィス取水で下流が射流である場合は最大流量を流す断面を取水口の30%以下とすると、正確な流入量を取水することができる。しかし一般に下流の流れは射流、常流、その遷移領域などいろいろな流れとなるので正確な流量のは握は困難であり、ゲートの開度、下流水深が正確にキャッチできても大体±10%前後のエラーが出る。したがって、より正確な取水量を確保するためには、まず取水口ゲートでオリフィス取水による流量調整をする。その後その下流に越流式ゲート(図-12参照)やフラップゲート(回転ピンが下端にある倒伏ゲート)によって流量規制を行なうことが必要となる。前者はその上端をもっとも使用度の多い取水量にあわせたクリーガーナッペとする。後者は越流水深が同じでもゲートの倒伏角度の違いによる流量係数が等しくないという欠点から前者ほど正確な値を期待するのは困難なようである。

これらの開閉機は油圧式やワイヤロープ式よりも電動スピンドルシステム式の方が精度がよく大体±1 cm 以内の操作が可能である。

(4) 温水取水設備 表面温水の取水については躍層上の温水を取水する必要から次のごときいろいろな設備が考案されている。

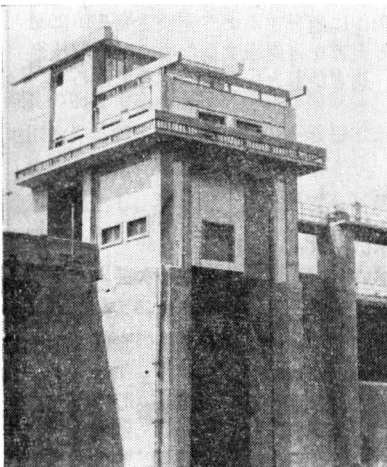


写真-7 多段式取水塔

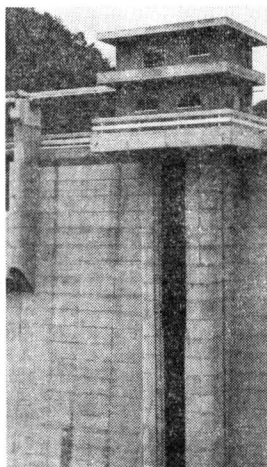


写真-8 複式取水塔

① ゲートタワー

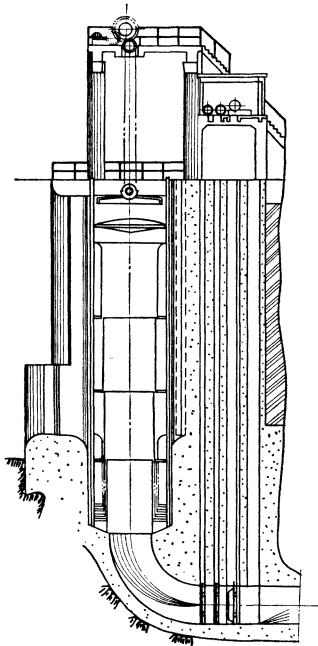


図-14 シリンダーゲート

- ② バルブ タワー
- ③ 多段式 取水塔
- ④ 複 式 取水塔 (図-13)
- ⑤ シリンダーゲート (図-14)

いろいろな問題から現在は④⑤がもっとも多く使われるようである。

この温水取水設備も上流水位とゲート上端との関係(越流水深)を一定にすること。上流水深と下流水深との関係(水位差)を一定とすることなどを自動的に検知して運転することが行なわれている。

[1970. 4. 2. 受稿]

新刊紹介

農業水利演習 2

か ん が い

石橋 豊 (東京農工大学教授)  
内藤 利貞 (東京教育大学教授)

田辺 邦美 (九州大学教授)  
林 弘宣 (岩手大学教授) 編

農業用水の合理的利用は、農地の土地・労働生産性の向上をはかるために必要であり、また水資源の重要性からも重視されている。したがって、この合理的利用の一環となるカンガイ計画は慎重にたてられなければならない。

カンガイについての解説は、いままで各種の図書にみられるが、計画がたてやすいよう系統的に、しかも例題・問題を挿入しながら理解を深めるといった形式のものは、本書において初めてである。したがって、従来の演習書によくみられる問題の解法の一助としての簡単な解説を加えたものと本書は異なって、農業水利演習という表題でありながら、各項ごとにその内容説明に十分スペースをさいた後、実用面へ習熟できるよう例題・問題が提示されている。

一方、序文に述べてあるよう、若い技術者、学生、さらに専門外の人をも対象としているので、高度の内容をさげ、記述は平易になっているが、基本的な事項はいうまでもなく、技術の進展に適応するよう新しい考え方も取り入れられ、また水温・水質の項も含めるな

ど意欲的な編集方針がくみとられる。

カンガイ計画のむずかしさは、基本的理論をいかに対象地域の環境条件に適合するよう発展させるかにあるが、基本的な考え方を再認識するために、一般技術者も座右に備え、適宜ひもといてみるべきであろう。

【内 容】

- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| 1. 用水量          | 2. 水田用水量    |
| 3. 畑地用水量        | 4. かんがい効率   |
| 5. 水田かんがい       | 6. うね間かんがい  |
| 7. 越流かんがい、ボーダー法 |             |
| 8. 散水かんがい       | 9. 用水の水温と水質 |

発行 昭和45年4月10日  
 体裁 A5 158ページ  
 定価 700円  
 発行所 コロナ社(東京都文京区千石4-46-10)  
 TEL (03) 941-3131(代)

(農業土木試験場 林 直幹)