

選択取水設備設計要領(案)

同 解 説

昭和 62 年 9 月

財団法人 国土開発技術研究センター

ま え が き

ダムは、洪水調節、あるいは都市用水、かんがい用水、発電等の水資源開発の目的で河川を横断して構築される大規模な河川工作物であり、これらの諸目的のために制水、取水、放流等の流量制御を的確に果たすことを使命とする重要構造物である。

近年、冷濁水問題の対応策として、選択取水設備は、多くのダムに設置されている。

選択取水設備に関する技術基準としては、河川管理施設等構造令、および同施行規則並びに河川砂防技術基準（案）があるが、それらは、いずれも大綱についてのみ規定している。そのため実際の設計にあたって遭遇する詳細な部分については、設計者個人の判断に委ねられている部分も少なくなく、水門鉄管技術基準（（社）水門鉄管協会）等を参考にして従来の実例を踏まえて設計されており、細部にわたる統一的な技術基準の策定が望まれていた。

この様な状況から、建設省河川局では、昭和58年度から昭和60年度まで、土木研究所、地方建設局等の協力により、選択取水設備の設計について多くの調査及び検討を行った。さらに、昭和60年度に、学識経験者等で構成する「選択取水設備の設計検討委員会」（委員長：村 幸雄 明星大学教授）を（財）国土開発技術研究センターに設立し、その調査研究成果として「選択取水設備設計要領（案）」をとりまとめた。

本書は、上記の調査・研究の段階で収集整理された資料及び論議された内容のうち、特に技術的に重要なもののほか設計実務に役立つ手法、設計事例等を加えて解説したものである。本書が選択取水設備の設計に携わる技術者の座右の書として役立てば幸いである。

昭和62年9月

建設省河川局開発課課長
山 口 甚 郎

選択取水設備設計検討委員会

委員長	村	幸	雄	明星大学教授		
委員	中	川	博	次	京都大学教授	
"	江	崎	一	博	群馬大学教授	
"	萩	原	国	宏	東洋大学教授	
"	豊	田	高	司	建設省河川局開発課開発調整官	
"	藤	本		成	建設省土木研究所ダム部長	
"	吉	岡	和	徳	建設省九州地建電門ダム工事事務所所長	
幹事	上	阪	恒	雄	建設省河川局開発課課長補佐	
"	丸	岡		昇	建設省河川局開発課課長補佐	
"	北	河	原		徹	建設省建設経済局建設機械課課長補佐
"	尾	作	悦	男	建設省土木研究所ダム計画官	
"	藤	沢	侃	彦	建設省土木研究所ダム構造研究室長	
"	高	須	修	二	建設省土木研究所ダム水工研究室長	
"	加	藤	裕	一	建設省土木研究所水資源開発研究室長	
"	直	江	延	明	建設省九州地建河川計画課課長	
"	増	田	暁	範	建設省九州地建電門ダム工事事務所調査設計課長	
事務局	中	西		秩	国土開発技術研究センター理事	
"	山	岸	俊	之	国土開発技術研究センター調査一部部長	
"	安	藤	信	夫	国土開発技術研究センター調査一部参事	
"	川	村	昭	夫	国土開発技術研究センター調査一部参事	

(委員会名簿は、61年3月現在)

選択取水設備設計要領案目次

1. 総 則	1
1.1 適用範囲	1
1.2 定 義	6
1.3 準拠規定	6
2. 設計総論	7
2.1 設計一般	7
2.2 設置方式の選定	15
2.3 設備構成	17
3. 設 計	26
3.1 設計荷重	26
3.1.1 考慮する荷重	26
3.1.2 荷重の組合せ	33
3.2 材 料	34
3.3 許容応力度	36
3.3.1 許容応力度	36
3.3.2 開閉装置の安全率	40
3.3.3 軸受の許容面圧	41
3.3.4 許容たわみ度	41
3.4 構造一般	42
3.4.1 設計フローチャート	42
3.4.2 設計要件	43
3.4.3 余裕厚および最小板厚	44
3.4.4 スキンプレート	44
3.4.5 桁	46
3.4.6 支承部	48
3.4.7 接 合	50
3.4.8 戸当り	51
3.4.9 水密構造	51
3.4.10 呑口構造	54
3.5 直線型取水ゲートの設計	55
3.5.1 扉 体	55
3.5.2 戸当り	60

3.6	半円型取水ゲートの設計	63
3.6.1	扉体	63
3.6.2	戸当り	70
3.7	円型取水ゲートの設計	72
3.7.1	扉体	72
3.7.2	戸当り	78
3.7.3	フロート式	78
3.8	開閉装置の設計	80
3.8.1	開閉用動力及び電源	80
3.8.2	開閉装置の形式	80
3.8.3	開閉速度	83
3.8.4	開閉荷重	83
3.8.5	機械効率及び摩擦係数	85
3.8.6	動力の容量	86
3.8.7	制動装置	87
3.8.8	減速機	87
3.8.9	設計トルク	88
3.8.10	ドラム及びシーブ	88
3.8.11	軸	91
3.8.12	歯車	94
3.8.13	ワイヤロープ	97
3.8.14	開閉装置フレーム	99
3.8.15	扉体吊上げ装置（リフティングビーム）	99
3.8.16	安全装置	100
3.8.17	開閉装置設置架台	102
3.9	取水塔の設計	103
3.9.1	斜樋型	103
3.9.2	堤体設置型	103
3.9.3	独立塔型	105
3.10	制水ゲート	106
3.10.1	制水ゲートの選定	106
3.10.2	制水ゲートの設置位置	106
3.10.3	制水ゲートの設計荷重等	107
3.10.4	制水ゲートの構造	109
3.11	保安ゲート	111
3.11.1	保安ゲートの選定	111
3.11.2	保安ゲートの設置位置	111

3.11.3	保安ゲートの設計荷重等	112
3.11.4	保安ゲートの作動水頭	112
3.11.5	保安ゲートの開口断面	112
3.11.6	保安ゲートの構造	113
3.12	下部ゲート	113
3.12.1	下部ゲートの選定	113
3.12.2	下部ゲートの設計荷重等	114
3.12.3	下部ゲートの構造	114
3.13	スクリーン	114
3.14	操作制御設備	117
3.14.1	操作制御設備一般	117
3.14.2	操作制御装置	118
3.14.3	検出装置	121
4.	付属設備	126
4.1	機械室	126
4.2	保守管理設備	126
4.2.1	保守管理設備の配置	127
4.2.2	保守管理設備の寸法	127
4.2.3	保守管理設備の設計荷重等	128
4.2.4	保守管理設備の構造	129
4.3	凍結防止装置	130
4.4	その他付属設備	130
5.	塗装仕様	131
6.	銘板	132

1. 総 則

1.1 適用範囲

この要領はダムに設置される多段式選択取水設備の計画設計に適用する。

〔 解 説 〕

1. この要領が対象とするものは原則として河川管理施設等構造令第14条「ダムには河川の流水の正常な機能を維持するために必要な放流設備を設けるものとする。」の規定によって設置される選択取水設備とする。

即ち、ダムから直接取水され、河川へ放流されない設備は除外する。

河川の流水の正常な機能が維持されない場合とは洪水時の濁水が長期間放流される場合とか、従前の河川の流水に比して著しく低温である貯留水が放流される場合等であり、河川法第44条の「ダムは従前の河川の機能を維持しなければならない。」の趣旨に基づき低水時にこの種の河川の機能が損われないようにするための取水設備を設けるものとしている。（参考2の1～2参照）

2. 選択取水設備は次のように多段式とその他の形式に分けられるが、この要領では取水量、取水範囲が小さいその他の形式は除外し、比較的規模の大きい多段式選択取水設備を対象とする。（参考1参照）

- 1) 多段式
 - ・直線型多段式
 - ・半円型多段式
 - ・円型多段式（機械式、フローティングタイプ）
- 2) その他
 - ・多孔式
 - ・複 式
 - ・ヒンジパイプ式等

なお、多段式にはこの他に呑口が半円型で扉体が直線型の複合型があるが、これは水理的には半円型、構造的には直線型と考えてよい。

（参考1）

解説2.2であげたその他の形式は、主に農業用等の温水取水の目的で設置されるもので一般に取水量数 m^3/s 以下程度の範囲で用いられる。

多 孔 式 : 取水範囲内に標高を変えて複数の取水口を設け、任意の取水口を開けることにより選択取水を行う、各取水口にはスライドゲート又はバルブを設けるため水密性は高く漏水による放流水質への影響はないが、取水層は取水口のある位置に限定され、連続した表層取水等はない。

取水量の範囲は実績では $15 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度までであるが一般には $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下が多い。

複 式 : 多孔式の前面にもう一つ室を設け、その前面を移動するゲートによって表面取水効果をより確実にしたもので、ゲート室が2重になる為、土木構造は多孔式よりも複雑になる。取水性能は直線多段式に近いものになる。取水量は実績では $12 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度までであるが、一般的には $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下が多い。

ヒンジパイプ式：水位に追従するフロートとヒンジ式アームからなり、フロートの上下動に従いアームを屈伸させる機構となっている。

取水した水の導水部がヒンジ式アーム部となっている為、あまり大規模な取水設備にすると構造的に無理があり、取水量は実績では4 m³/s 程度までであるが、一般的には2 m³/s 以下が多い。

フロート及びアームにより、広い取水範囲で表面取水を有効に行う事が可能で、かんがい用等の温水取水に適している。

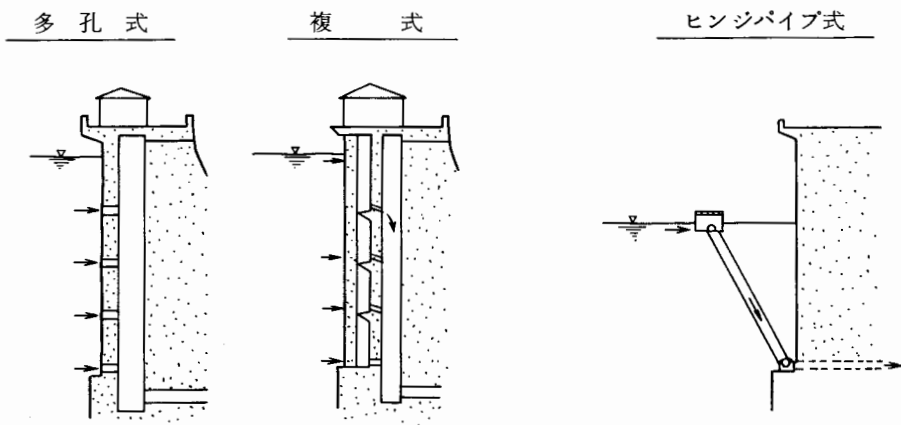


図 1.1.1 その他の形式の例

(参考2)

1. 冷濁水問題の発生機構

ダム取水池築造に伴う下流河川での水質変化現象の主なものとしては、次の2つがあげられる。

(1) 冷水現象

水温成層が形成されるダム貯水池では底層の水温がかなり低い為、取水口が下部に設けられている場合には下部の冷水を徐々に放流することになる。この放流水温が春から秋にかけてダム築造前の河川水温を下回る現象を冷水現象といい、貯水池が深く滞留時間が長い程その低下度合が大きくなる。

(2) 濁水現象

滞留時間の長い貯水池では洪水時に流入した濁水が長時間湖内に滞留し、それが洪水後徐々に放流されるため、放流水が長期間濁水化する。この洪水後放流濁度がダム築造前の河川濁度を長期間上回る現象を濁水現象といい、その程度は流域の崩壊状況、流入濁質の沈降性、洪水の生起特性(時期及び規模)、滞留時間、貯水池の成層特性、放流設備の配置標高等によって大きく異なる。

しかしながら、これら冷濁水現象が発生したとしても下流部での河川利用形態等の社会的状況下で問題であると認識されない限り問題となることはない。

これらが問題となり易いのは次のような水利用や水面利用等が行われている場合である。

- ・冷水現象 …… 農業、漁業

- ・濁水現象 …… 観光、レクリエーション、漁業、上工水

2. 冷濁水問題発生判定

冷濁水現象の発生はダム貯水池の諸元、流域の自然条件、貯水池の運用特性、放流設備の配置標高等の要因が複雑に関連する現象であるため、これらを包含する統一的指標を見出すのは困難であるが、概略的には回転率等による表1-1-1に示す成層形成判定指標を現象発生判定指標として、用いることができる。

即ち、成層が形成されない混合型の貯水池では水深方向に密度成層が形成されないので取水する層の選択ができないが、貯留水の入れかわりが早いので、通常は冷濁水現象が発生しない。

表 1.1.1 成層形成判定指標 *1)

成層特性	水理指標	α	$\alpha 7$	F_D
成層が形成される可能性が十分ある		$\alpha \leq 10$	$\alpha 7 \leq 1$	$F_D \leq 0.01$
成層が形成される可能性がある程度ある		$10 < \alpha < 30$	$1 < \alpha 7 \leq 5$	$0.01 < F_D \leq 0.05$
成層が形成される可能性がほとんどない		$\alpha > 30$	$\alpha 7 > 5$	$F_D > 0.05$

なお、表中の水理指標の定義は次の通りである。

また式中、密度分布が得られない場合には、近傍ダム等より推定するのが一般的である。

— 水理指標の定義 —

$$\alpha = \frac{Qc}{Vt} \quad \alpha 7 = \frac{Q7}{Vt}$$

$$F_D = \frac{LQ}{HVt} \sqrt{\left(\frac{P_0}{g}\right) \left(-\frac{dP}{dz}\right)} = \frac{V}{\sqrt{g}H} \sqrt{\frac{P_0}{H} \left(-\frac{dP}{dz}\right)}$$

- L：貯水池延長 (m)
- Q：平均流入流量 (m³/s)
- Q7：7月の月間流入量 (m³/月)
- Qc：年間総流入量 (m³/年)
- H：貯水池平均水深 (m)
- Vt：総貯水容量 (m³)
- V：貯水池平均流速 (m/s)
- g：重力加速度 (9.8m/s²)
- P₀：基準密度 (ton/m³)
- (-dP/dz)：平均密度勾配 (ton/m³/m)

ただし、濁水現象については、水理指標により現象発生の恐れがあると判定されたとしても、その程度は流域から供給される濁質の特性によって大きく異なってくる。即ち、濁水の長期化の原因となるのは10数μ以下の微細シルト・粘土粒子でありその供給量とその沈降性が濁水現象に大きな影響を与える。

この沈降性に影響を与える因子は、濁質の粒度及び鉱物組成、荷電特性、pH等であり、判定にあたってはこれらの特性も十分把握した上で行うものが望ましい。

*1) 国土開発技術研究センター 調査資料 昭和54年3月

このように冷濁水問題発生判定はまず水理指標と河川の利用形態等を基に概略判定を行い、問題発生
の恐れがある場合にはシミュレーション等による詳細検討を行うのが一般的である。これらの問題は選択
取水のみによって必ずしも解決できるものではないが、適切な選択取水設備の設置とその運用により、障
害の程度をかなり軽減させることができる。

3. 選択取水設備計画・設計の流れ

選択取水設備の計画から設計に到るまでの概略フローは一般に次図に示すように表わされる。

一般に選択取水設備の計画にあたってはそれをダム放流設備全体の配置計画の一部として考え、選択取
水設備が最も有効に機能するように設備の構成を考える必要があるが、ここではダム型式と洪水吐及び利
水放流管の配置が既に決定されているという状況下でのフローとしてある。

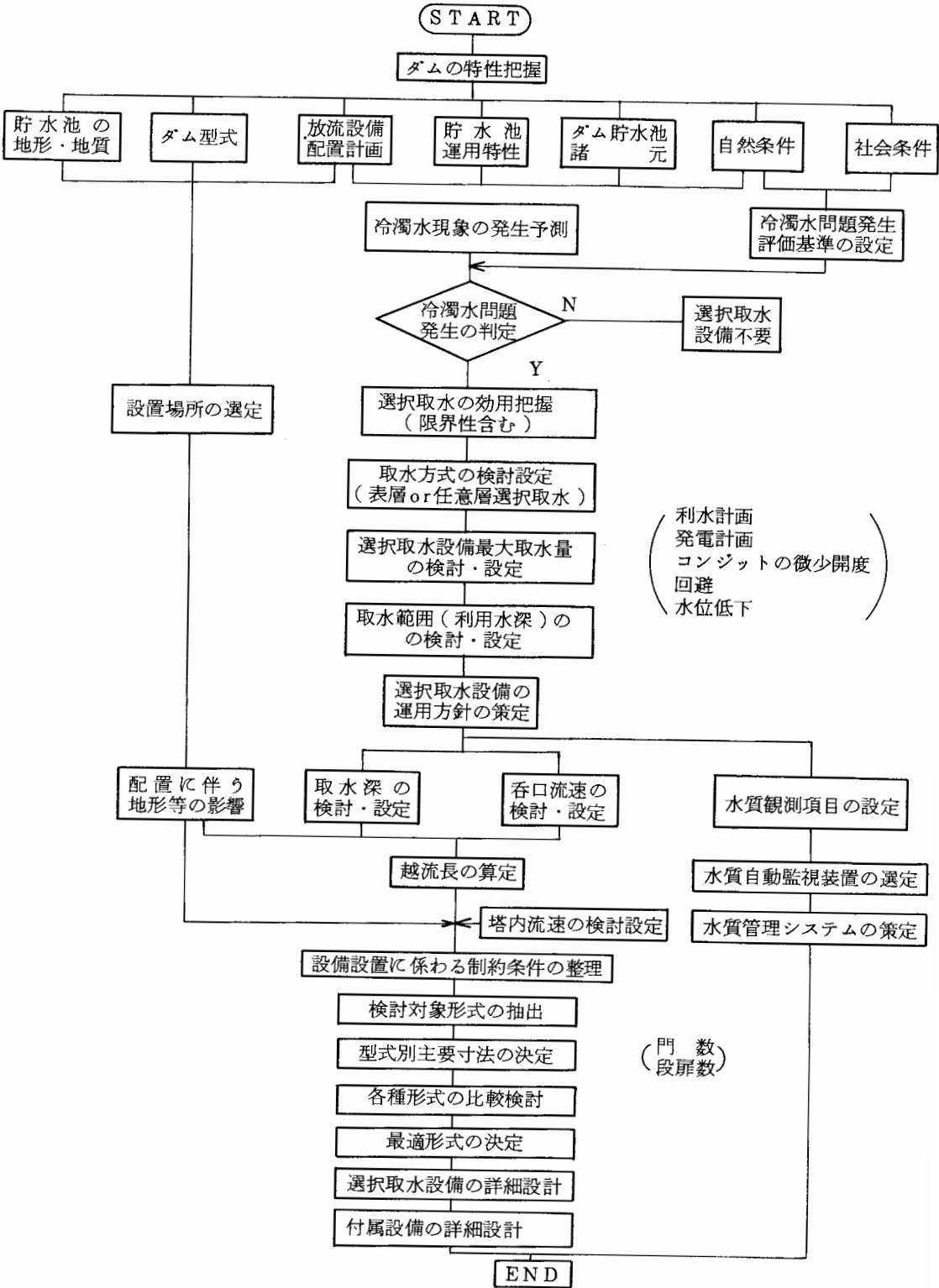


図 1.1.2 選択取水設備計画・設計全体フロー(案)

1.2 定 義

選択取水設備とは密度（水温）によって成層化する貯水池で水深方向に取水する層を選択できる機能を具備した取水設備をいう。

〔 解 説 〕

1. 主に水温によって密度成層が形成される成層型貯水池では、水深方向に取水する層の選択ができれば水量と共に放流水の水質の制御が可能となる。この原理を冷水・濁水問題等に応用したものが選択取水設備である。

2. 従来表面あるいは表層取水設備と呼ばれているものも、表面（表層）を選択して取水するという意味で選択取水設備として扱う。

1.3 準拠規定

この要領は、次のような諸法規、基準等に準拠する。

- ① 河川管理施設等構造令及び同施行規則
- ② 建設省河川砂防技術基準（案）
- ③ 水門開閉装置技術基準・同解説
- ④ 電気設備に関する技術基準を定める省令

〔 解 説 〕

本要領は、ダムゲートに関連する諸法規や基準は、できるだけ盛りこむよう配慮したが、本要領を使用するに当たっては、

- ① 河川管理施設等構造令及び施工規則
- ② 建設省河川砂防技術基準（案）
- ③ 水門開閉装置技術基準・同解説
- ④ 電気設備に関する技術基準を定める省令

等の諸法規、基準が優先するので、これらの諸法規と併せて使用することとされたい。また、関連するものとしては、水門鉄管技術基準、付解説（水門鉄管会）がある。

2. 設 計 総 論

2.1 設計一般

選択取水設備は、設置目的に適合した形で所要の水質（水温、濁度等）の貯留水が取水できるものとしなければならない。

また選択取水設備は、貯水池の水位変動及び流量変動に応じて定められた層の貯留水を選択して取水できる構造とし、所要の取水機能を満足するものでなければならない。

〔 解 説 〕

1. 選択取水設備の設置目的

選択取水設備の設置目的としては、冷水、濁水及び冷濁水対策等があるが、目的によって設備に求められる取水方式と取水機能（放流水質）が異なってくるから、下流での河川利用形態を十分調査して設置目的を明らかにしておく必要がある。

2. 設置目的と取水方式

一般的に採用されている選択取水設備の設置目的別取水方式は次の通りである。

1) 冷水対策

冷水放流を避けるために、原則として表層の温水を取水する。

ただし、熱量不足による息切れを防止する必要がある場合には温水層温存のため流入（ダム築造前）水温以下の放流水温となる任意層からの取水が採用される場合もある。

2) 濁水対策

洪水後いかに速やかに表層を清澄化させるかが重要となるため、洪水中濁水排除を行うための底層からの放流あるいは任意層（高濁度層）からの放流、そして洪水後表層の清澄水放流のための表層からの取水が必要となる。

（ 参 考 ）

1. 息切れとは、表層からの貯留水の多量の補給の継続により表層の温水層が薄くなり、ついには混合取水の状態になってしまうことであり、下層の冷水をまき込んで取水することになるため放流水温が低下する現象をいう。

2. ここでいう底層とは、各種放流設備によって放流可能な最低標高付近の層をいい、下段扉又は全ゲートの巻き上げ、全ゲートの巻下げ、あるいは下部ゲートの巻き上げ等、取水位置を下げることによって底層取水が可能となる。

3. 取水機能

定められた取水方式毎に流入河川、貯水池及び下流河川の状況に応じて操作上の放流目標水質の設定を行い、その目標水質が取水できる取水性能と水密性を確保する必要がある。

この取水性能に影響を及ぼすのは取水量、取水深、呑口形状等であり、また漏水は濁水対策で最大取水量に比べ取水量が小さい場合には問題となり易い。

（参考）

密度勾配と取水量の関係がある限度以上になった場合や躍層厚に比べ相対的に取水深が大きい場合には、目標取水層以外の水をまき込んで取水してしまうことになる。

また、表層が澄んでいても下層がかなり濁っている場合には、少量の漏水でも混合後の放流水はかなり濁ってしまう。

4. 選択取水設備の最大取水量

選択取水設備の最大取水量は、利水計画における責任放流量の生起特性、選択取水の効果、他の放流設備との機能分担等を検討した上で決定する必要がある。なお、その最大取水量は、接続利水放流管の放流能力と必ずしも一致するものではない。

（参考）

一般に、水温に対する選択取水の効果が継続的に得られる取水量は、成層期の流入量に湛水面積1km²あたり数m³/secを加えた程度と考えられる。また選択取水設備の最大取水量は接続利水放流管の放流能力と必ずしも合わせる必要はなく、要求される機能に応じて小さくすることもできる。

5. 選択取水設備の取水範囲

取水範囲は利水利用水深とする場合が多いが、成層形成特性と水位変動特性との関係によっては必ずしも全範囲とする必要はないから、利水計画における貯水位～責任放流量生起特性を検討した上で決定する必要がある。

（参考）

水位低下が起こり易い時期が冬季等で成層が形成されていない時期であれば、選択取水効果が得られないから必ずしも最低水位までカバーする必要はない。

6. 運用方針と操作性

選択取水設備が所定の効果を得るための運用方針を作成すると共に、その運用方針に対応できる操作性を確保する必要がある。

この運用方針作成にあたっては、選択取水の必要な時期、ダム下流の状況、選択取水効果の限界性、密度躍層形成までの所要時間、他の放流設備の運用との関係を十分考慮するのが望ましい。

（参考）

取水方式として、底層取水が必要な場合には、下段扉又は全ゲートの巻き上げ、全ゲート巻下げ、下部ゲートの巻き上げそしてフロート充水等による取水方法が採用されているが、その場合の操作性にも留意する必要がある。

7. ゲート基本諸元

(1) 門数

単一目的に対する選択取水設備の門数は最大取水量に対して構造上の制約から1門あたりの最大取水量を検討して決定する。また冬季の塗装等が困難で、選択取水設備の運用との関係から適当な塗装時期が確保できない場合には複数門の採用も考慮する必要がある。

（参考）

電力事業を主体としたダムを除いた場合の1門あたりの最大取水量が大きい事例は次の通りであり、直線型に複数門が多くみられる。

項目 形式	ダム名	門数	1門あたり最大取水量 (m ³ /s 1門)	合計最大取水量 (m ³ /s)
直線	岩屋	4	83.4	335.0
	九頭竜	4	66.5	266.0
	湯原	1	45.0	同左
	御所	3	20.0	60.0
半円	藤原	1	100.0	同左
	早明浦	1	65.0	〃
	草木	1	65.0	〃
	横山	2	64.5	129.0
円	松原	1	85.0	同左
	金山	1	48.4	〃
	岩尾内	1	35.0	〃
	大雪	1	31.2	〃

(2) 呑口形状

呑口の形状が取水性能に影響を及ぼすとされており、必要に応じ呑口部に取水盆、取水蓋が設置される。

（概略形状は、2.3設備構成参照）

1) 取水盆（ペルマウス）

上段扉最上部（呑口の下側）に、流入水の円滑化、水頭損失防止、下層水の巻込防止等のため設置されるもので、最近の設計例ではほとんどすべてに設置されており効果が確認されている。

2) 取水蓋

呑口の上側に、渦防止、空気混入防止等のため必要な場合に設置されるものであるが、最近の設計例では設置される場合が多くなっている。

（参考）

1. 取水盆は流線のはく離を防ぎ流心を極力上側にするためのもので、円、半円型では扉体と同じ形状となるが、直線型では扉体の大規模化を防ぐため扇型形状のものが設置される場合がある。（鹿ノ子、真名川ダム等）

2. 取水蓋は流入による水脈の乱れをおさえ、渦の発生及び空気混入を防止するためのもので整流板と呼ばれることがある。また直線型及び、半円型ゲートでは任意層からの取水が必要な場合には所要の効果を得るために取水蓋裏側（下流側）からの上層水の混入を防ぐ必要がある。（大町ダム等）

3. 取水盆、取水蓋の設置状況は次の通りである。

表 2.1.1 水理諸元と取水盆、取水蓋の設置状況

項目 形式	ダム名	設置年	1門あたりの 最大取水量 (m³/s/1門)	取 水 深 (m)	呑口流速 (m/s)	塔内流速 (m/s)	取水盆	取水蓋
直 線	鹿ノ子	S.57	12	1.5	1.0	2.0	有 (半円)	有 (半円)
	御 所	S.54	20 (3門)	3.0	1.0	—	無	無
	大 石	S.52	15	3.0	1.4	0.5	有	有
	真名川	S.52	17	2.7	1.2	0.7	有 (半円)	無
	寺 内	S.52	8	1.5	1.8	—	無	無
半 円	川 治	S.56	30	3.0	1.6	2.0	有	有
	草 木	S.51	65	4.0	1.3	2.0	有	有
	藤 原	S.57	100	5.0	1.5	2.8	有	有
	下久保	S.52	12	2.0	0.6	2.0	有	無
	大 町	S.59	25	3.0	1.0	2.0	有	有
円	白 川	S.52	20	2.0	—	—	有	有
	大 渡	S.56	20	2.0	0.6	5.7	有	有
	野 村	S.56	12	2.0	0.5	5.0	有	有
	耶馬溪	S.59	8	1.5～2.5	0.4	4.0	有	有
	松 原	S.58	85	2.0～4.0	1.0	5.0	有	有

(3) 呑口寸法

呑口寸法は次式によって決定されるため決定にあたっては取水深及び呑口流速の設定が必要となる。

$$\text{有効越流頂長} = \frac{\text{最大取水量}}{\text{取水深} \times \text{呑口流速}}$$

この取水深については成層形成特性と所要の取水性能を十分考慮して決定する必要があるが、場合によっては可変型の採用も有効である。

また、呑口流速は吸込み渦の発生防止、下層水の巻込防止及びスクリーンの振動防止の条件から1m/s程度とするのが多い。

この越流頂長が決まれば、呑口形状に応じて呑口の規模（幅 or 径）が定まる。

即ち、呑口が直線の場合には次式による。

$$\text{越流頂長} = \frac{\text{有効越流頂長}}{\pi/2}$$

円、半円の場合には次式によって算定する。

$$\text{呑口半径} = \frac{\text{最大取水量}}{\text{有効開口角} \times \text{取水深} \times \text{呑口流速}}$$

一般に有効開口角は半円で π 、円では 2π 程度であるが、堤体設置の円型の場合等配置によって小さくなる場合があるので注意を要する。

（参考）

取水深については、それが取水に伴う湖内の流動範囲（流動層厚）の $1/2 \sim 1/3$ 以下ならば、取水深や呑口流速の変化は流動層厚に大きな影響を及ぼさないという実験結果がある。一般には、この実験結果に基づき成層期の密度勾配及び取水量によって次式で算定される流動層厚 δ の $1/2 \sim 1/3$ で取水深が設定される場合が多い。

$$\delta = \left(\frac{Q_c}{G \cdot \theta \cdot \sqrt{g \cdot \epsilon}} \right)^{1/3}$$

ここに、 δ ：流動層厚（m）

Q_c ：取水量（m³/s）

G ：日野・大西の無次元数（表層では $G = 0.324$ ）

ϵ ：流動層厚程度の平均的な密度勾配（1/m）

θ ：有効流入角（直線型、半円： π 、円型： 2π ラジアン程度）

それ故、取水量が大きくなるにつ

れて取水深も大きくなっていくが、

一般には、2～3mのことが多い。

（7(2)の表 2.1.1 参照）

(4) 取水塔内流水断面積

流水断面積は最大取水量と塔内流速から定められるが、塔内流速は塔内での負圧発生防止、振動発生防止、そして発電がある場合のエアハンマ防止、水頭損失防止等を考慮し、一般に2～5 m/s程度で設計されている。

実績は、7(2)の表 2.1.1 に示した通りである。

(5) 扉体の配列と段扉数

扉

- ① 取水範囲
- ② 取水範囲全域で選択取水を行う必要があるか否か
- ③ 取水深
- ④ 選択取水の最低水位と敷高との間の距離
- ⑤ 扉体長が点検場所を容易に確保できる長さである事
- ⑥ 扉体間の重なり代
- ⑦ 戸当りからの漏水（円型を除く）

等の事項を考慮し決定する。

段扉数は水密性や経済性の点で少ない方が有利であり、堆砂対策を兼ねてコンクリートの壁を立て（いわゆるアゴ付）段扉数の減少を図る事も考えられる。

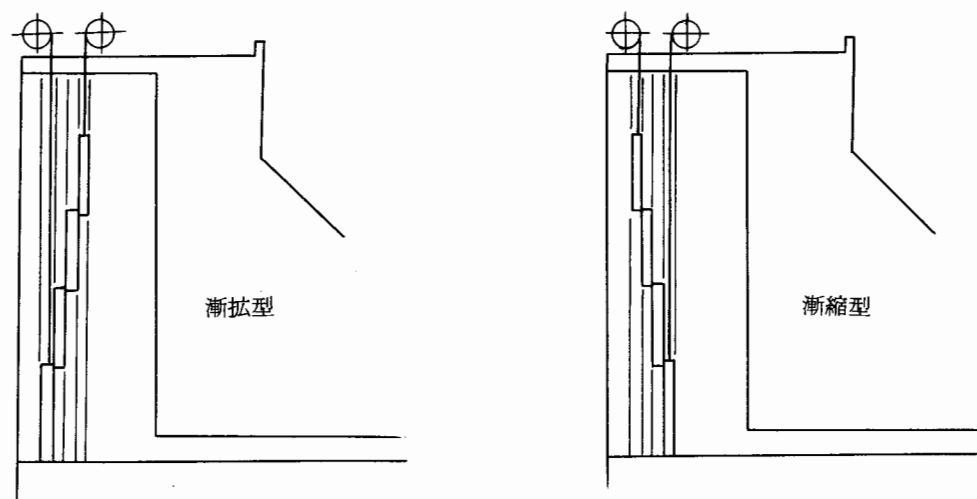


図 2.1.2 扉体の配列

（参考） 取水範囲と段扉数
既往施設の段数使用状況を図 2.1.3 に、又、取水範囲と段数との関係を図 2.1.4 示す。

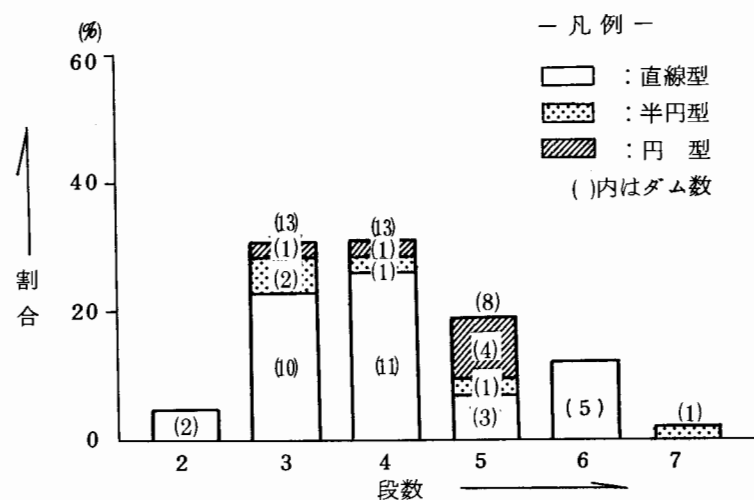


図 2.1.3 型式と段数

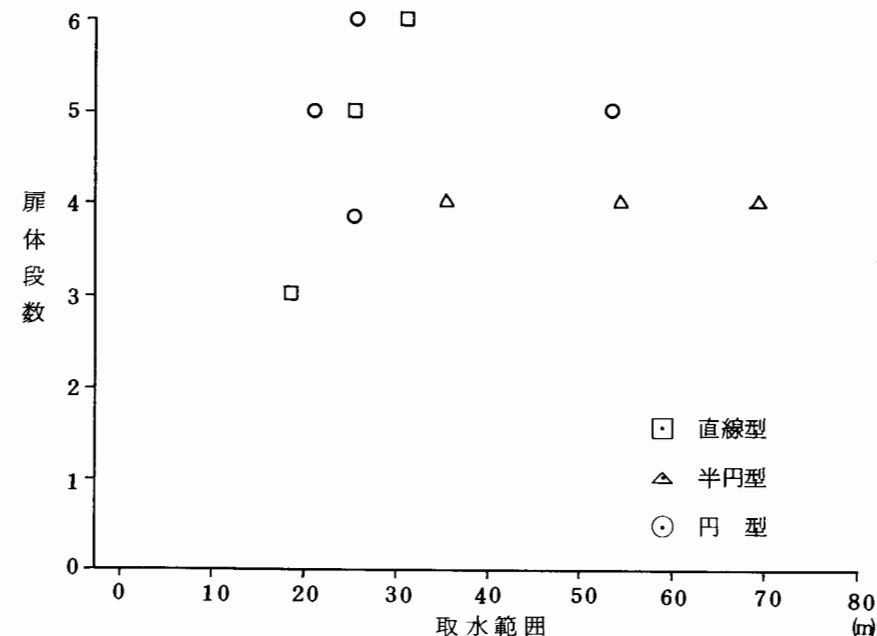


図 2.1.4 取水範囲と扉体段数

(6) 扉体規模

上記の(1)~(5)の各項目は、個々にきまるものではなく相互に影響しあうものであるので、扉体規模決定にあたっては、相互の関連を考慮して適切な扉体規模・形状となるよう留意しなければならない。

(7) 水密性

取水ゲートは製作・据付精度の点より、完全水密とする事が困難であるが、漏水により放流水の水質が悪化しない程度の水密性を確保するものとする。

水密性の良否による水質への影響は、冷水対策においては小さく、濁水対策で大きくあらわれる。特に濁水対策での小水量取水時には漏水の影響が顕著にあらわれるので水密性の確保に注意が必要である。水密性の確保の容易さは、ゲート型式により異なり一般に

円型 > 直線型 ≥ 半円型
易 難

の順といわれている。

8. 維持管理

取水ゲートの保守点検を行う位置及び時期は、貯水池の運用計画等の制約となる事項を把握し、選定しなければならない。

又、取水ゲートは、保守点検を行いやすい構造とし、点検作業を行う場所は作業に支障のないよう十分な広さを確保する必要がある。

9. 型式別特性

選択取水ゲートの型式別特性は凡そ次の通りである。

直線型： 呑口部が鉛直となる従来の直線型では下層水の巻込を起こし易いが、取水盆を設置する事に

よりこの欠点を防ぐ事ができ、他型式のゲートとほぼ同等の取水性能を持たせる事が可能である。水密性は戸溝部からの漏水防止が難しく完全水密は困難である。扉体は単純梁の組み合わせであり、構造が簡単であるが、段扉数が増すと戸当りが各段扉毎に必要なため重量が大きくなる。扉体は塔内空虚を考慮すると構造が大きくなり不経済であるため、一般に3m以下の水頭で設計されているものが多い。この為不測の事態にそなえ保安ゲート等の扉体保護装置が必要である。

半円型：取水性能は良好である。水密性は直線型同様、戸当り部の漏水防止が困難である。又、扉体の製作が加工精度の点で比較的難しい。

直線型と同様の理由により扉体保護装置が必要である。

円型：取水性能が優れ、水密性も戸溝がなく扉体間の水密を行うだけであるので水密が取り易い。又、強度的にも優れ、一般に取水範囲の全水圧に対して安全であるように設計するため保安ゲート等の扉体保護用の装置が省略できる。

ただし、設置方式が堤体設置型の場合、円型としての良好な取水性能を保つには、堤体から取水ゲートの中心までの距離を取水口径の1.5倍程度以上とする必要があり、この為取水塔の規模が、他のゲート型式に比し大きくなる。

フローティングタイプはフロートの浮力で取水管全体を吊り下げているので、水位変化への追従に対しては無動力で人為的、電気的な操作を常時は必要としないが、フロートが大きくなり、取水塔規模が大きくなる欠点をもつ。

(参考)

取水設備の型式は一般に取水性能、

水密性、扉体構造、土木構造、開閉装置及び操作性、維持管理、施工性、経済性等の項目を比較検討して選定するが、既往のダムでは取水機能(取水性能と水密性)と経済性を重視して選定した例が多い。

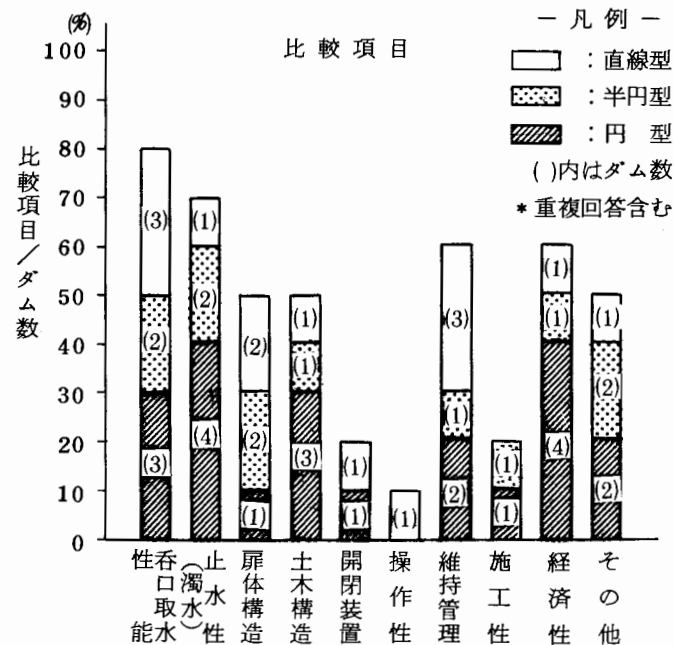


図 2.1.5 型式選定比較項目

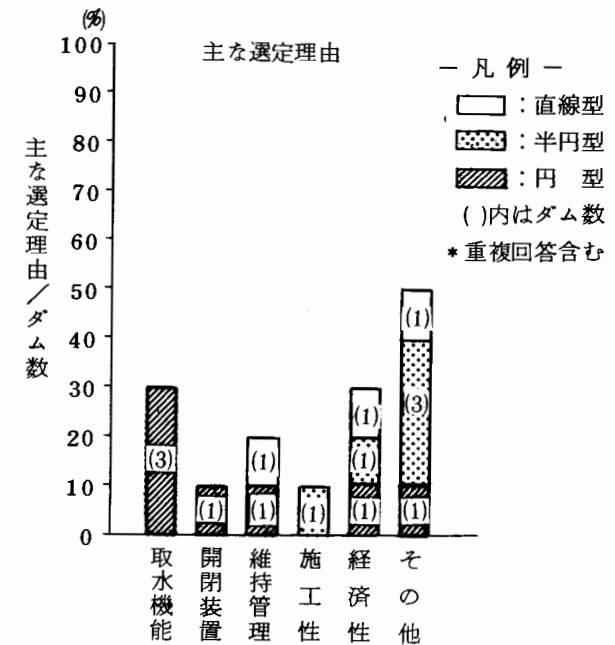


図 2.1.6 型式選定理由

2.2 設置方式の選定

選択取水設備の設置方式は、ダムの型式、構造、貯水池内の地形、地質、取水性能への影響、低水放流管の配置計画、管理橋等の点検設備の配置、設備の規模、製作、輸送及び維持管理等を考慮して決定しなければならない。

〔解説〕

1. 設置方式の種類及び特徴

選択取水設備の設置方式には

- ① 堤体設置型：堤体により支持される取水設備
- ② 独立塔型：貯水池内に独立した塔を設ける取水設備
- ③ 斜樋型：地山に沿って斜めに取り付ける取水設備

の三種類があるが、これはダム型式と密接に関連して選定される。

重力式やアーチ式等のコンクリートダムにおいては、三型式とも用いられているが、ゲートの設置が容易に行えるということより堤体設置型が最も多く用いられる。

フィルダムでは堤体部に設備を設けることができないため、独立塔型又は斜樋型を用いることとなるが、独立塔型は

- ・堤体や地形により取水性能に影響を受ける恐れが少ない。

- ・堤体工事と別個に工事が行え、工程面での制約が少ない。
- ・堤体設置型に比し、塔部の構造が大規模となり基礎工が必要となる。
- ・長大な管理橋が必要となる場合がある。

又、斜樋型は

- ・構造的に安定である。
- ・独立塔型に比し、一般に工事費が小さくなる。
- ・設備の全長が長くなる。
- ・ゲートが降下できにくくなる。
- ・ワイヤーロープのたわみ対策が必要となる。

等の特性があるため、選定にあたっては十分検討しなければならない。

(参考)

設置方式は、既往の例では下図に示すように堤体設置型が最も多く用いられ、次いで独立塔型、斜樋型の順となっている。

又、これらの設置方式は、塔部の使用材料により細区分され、一般に取水ゲート型式と次のような組合せで用いられている。

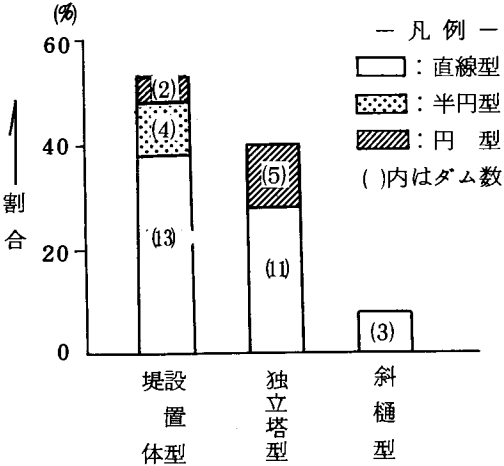
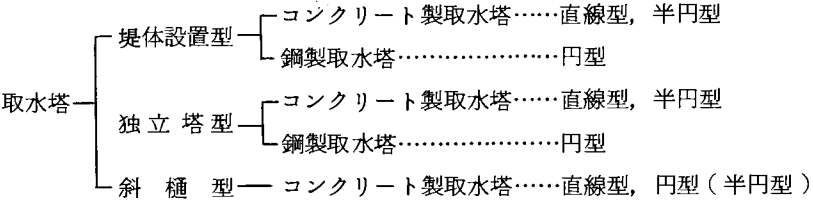


図 2.2.1 型式と設置方式



2. 設置場所

設置場所の選定に当たっては、貯水の平面的な流入範囲が広くとれるよう配慮することはもちろんのこと、そのほかに

堤体設置においては

- ・低水放流管の線形が無理のない形で配置できること。
- ・監査廊等の堤体内構造物や、クレーンやトレスルの脚等の仮設構造物の配置

独立塔型においては

- ・支持力が十分とれ耐久性のある岩盤を基礎とできる所であること。
- ・放流トンネルまでの取付け部地山の地質が良好なこと。
- ・管理用橋梁が長大とならないような地形であること。

- ・道路が容易に取付けられること。

斜樋型においては

- ・地山の勾配があまり緩くないこと。
- ・地山の法面が貯水後も安定であること。
- ・道路が容易に取付けられること。

等について留意するとよい。

2.3 設備構成

本設計要領（案）における選択取水設備は、スクリーン、取水ゲート、取水塔、操作制御設備、保安ゲート、下部ゲート、制水ゲート及び付属設備より構成するものとし、管体類及び放流装置は含まない。

〔解説〕

1. 標準設備構成

選択取水設備の設備構成は、各ダムでの使用形態や設備型式の特性等により多少異なるが、本要領（案）では下表に示す設備構成を標準とする。

表 2.3.1 標準設備構成

設備項目 ゲート型式	スクリーン	取水ゲート	取水塔	操作制御設備	保安ゲート	下部ゲート	制水ゲート	付属設備
直線型多段式	○	○	○	○	○	△	○	△
半円型多段式	○	○	○	○	○	△	○	△
円型多段式（機械式）	○	○	○	○	△	△	○	△
＃（フローティングタイプ）	○	○	○	△	△	△	○	△

○：必ず設けるもの

△：必要に応じ設けるもの

（保安ゲートについては 23 頁参照）

なお、制水ゲートは低水放流管の保守点検の他に用いる設備であり、取水を行う設備としては不要であるが、開閉装置、戸当り等の設備配置への影響が大きいため、本要領（案）では構成要素として取り扱うものとした。

2. 設備の構成要素

取水設備の構成要素及びその名称は本要領（案）では次のように定義する。

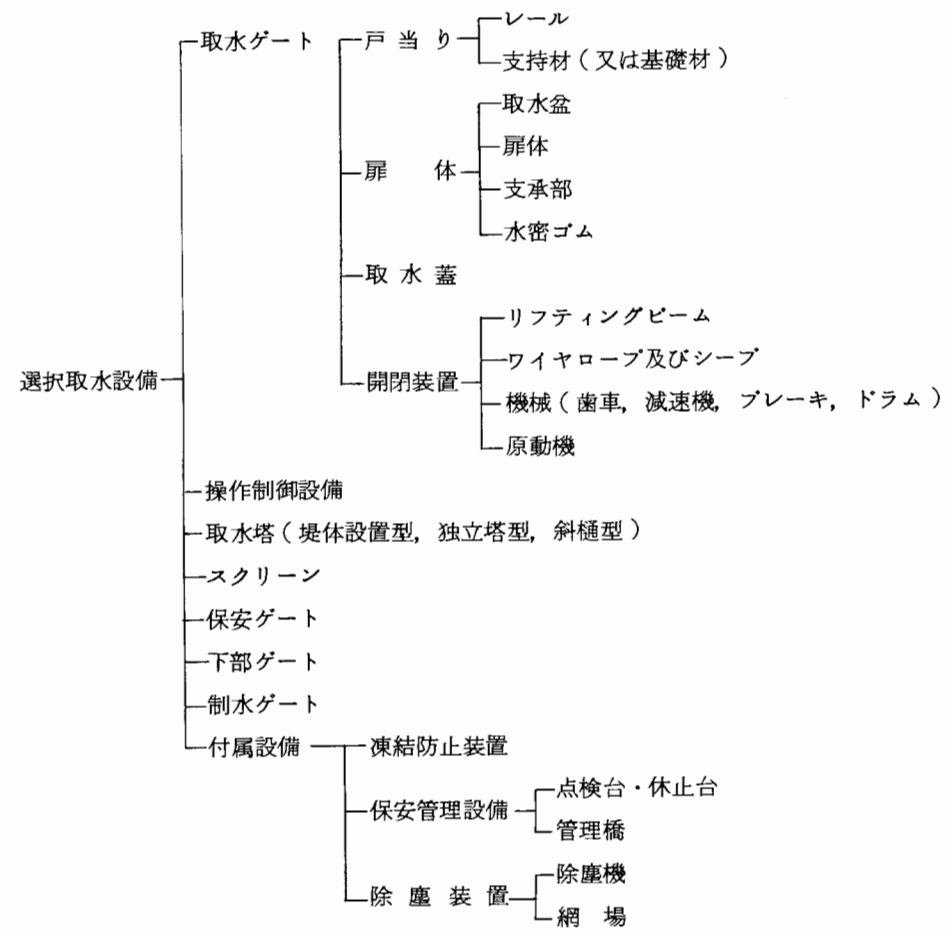


図 2.3.1 設備の構成要素

なお、本要領（案）の適用範囲より除外した管体類及び放流装置とは次のものを指す。

管体類：低水放流管等

放流装置：放流用主バルブ、副バルブ等

（参考）型式別設備構成説明図

(1) 直線型多段式ゲート

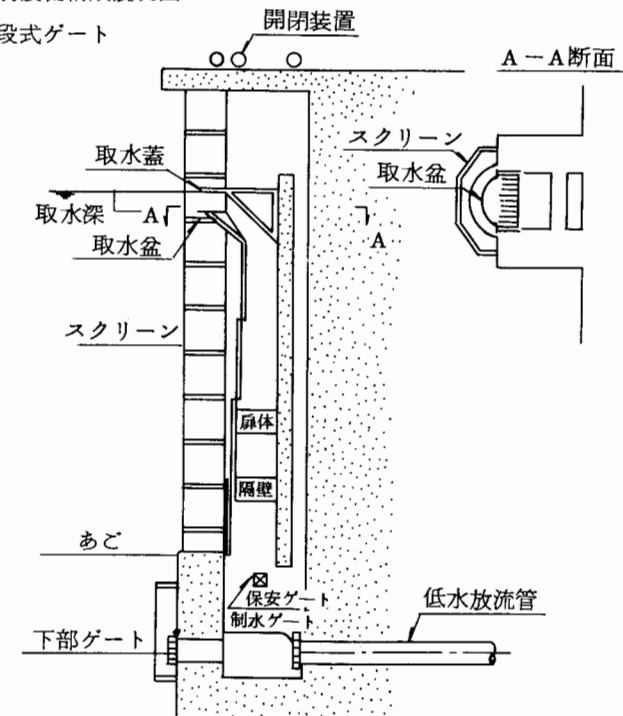


図 2.3.2 直線型多段式ゲート（例）

(2) 半円型多段式ゲート

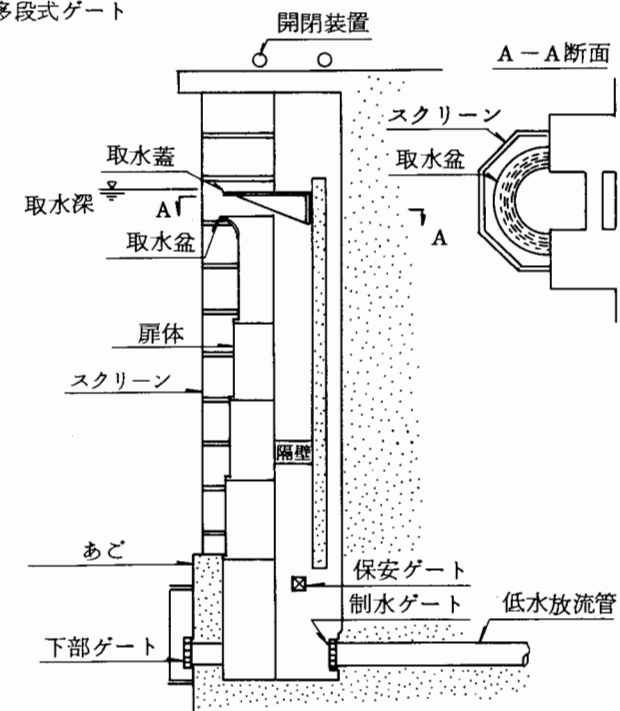


図 2.3.3 半円型多段式ゲート（例）

(3) 円型多段式ゲート

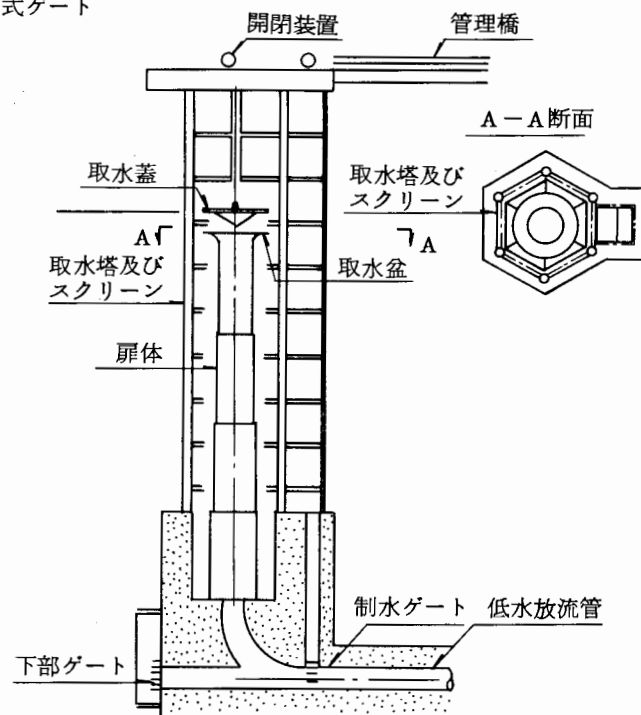


図 2.3.4 円型多段式ゲート (例)

3. 構成要素の概要

(1) スクリーン

選択取水設備には、流木や塵芥等が流入して取水ゲート、放流バルブ、水車等に損傷を与えたり、取水ゲートの作動に支障をきたす恐れがあるため、スクリーンを設けることとする。

スクリーンには、

- ① 取水ゲート全面にわたって取水塔に固定されるもの。
- ② 取水ゲート呑口部に固定され、取水ゲートといっしょに昇降するもの。
- ③ フロートにより上下する可動スクリーン

とがある。

①は、取水ゲートの点検、底層取水等を行っても塵芥等の流入の恐れが無く、機能の点で最も優れているため、多くのダムで設置されているが、取水ゲート全面にわたって設置するため重量が大きくなる。

②は、取水ゲート呑口部以外に下段扉からの底層取水時に塵芥等が流入しないよう取水塔最下部に固定されるスクリーンを設ける必要があるが、①に比しスクリーン重量が大幅に軽減できる。ただし、この固定スクリーンを設けても点検時などに取水ゲートをすべて引きあげた場合、塵芥等が流入する可能性がある。

③は、構造的に複雑であること、ねじれ等により作動不良を起すことがあること、中層の流木等の侵入を防げないため、これらのかみ込みによる事故の恐れがあることからあまり用いられない。

スクリーンは、塵芥等を確実に受止め、流木等による衝撃に耐え、又水理特性が良く渦や振動が発生し

ない形状・構造であることが必要である。これらの条件に対し総合的に優れているものとして、スクリーンは原則としてフラットバーのバースクリーンを使用する。

(参考)

取水ゲート呑口部に固定されたスクリーンを設置している例としては、下久保ダム、早明浦ダム、川治ダム、大町ダム(以上半円型)、村田ダム(円型)等がある。

(2) 取水ゲート

取水ゲートは選択取水設備の中心をなすものであり、扉体、戸当り、取水蓋、開閉装置等より構成される。

(3) 取水塔

取水塔は、取水ゲート等を支持するための設備である。

(4) 操作制御設備

選択取水設備を動かす操作制御設備は原則として、

- ① 機側盤にて行う機側操作
- ② 管理所の操作卓(盤)にて行う遠方手動操作
- ③ 予め定められた操作規則に従い、ゲート開度を自動的に変化させる自動操作

の三方式での操作が行える設備とし、操作の優先順位は、①、②、③の順とする。

設備は、大別して次の3つの装置より構成する。

- ・検出装置：水位計、開度計、水温、濁度計等
- ・操作制御装置：機側操作盤、自動制御盤、遠方操作盤等
- ・記録装置：

これらの装置の形式や構造は多種多様である為施設計画を立案するにあたっては設備運用への適合性を慎重に検討しなければならない。

(参考)

選択取水設備における自動操作の制御方式の例を下記に示す。

- ① 常時の制御 越流水深を一定に制御するため、予め外部設定された越流水深設定値より、外水位が高い場合は上段扉を上昇、反対の場合は上段扉を下降させる。

制御の安定化を計るため、越流水深にわずかな不感帯を設け、不感帯内ではゲート不動作、不感帯を逸脱した時、ゲート操作を行なう。

又、ゲート1回操作に時間的制限を行い、操作量を規制させる。

尚、自動制御出力が1回の動作時間を越える場合は分割して制御を行う。

- ② 異常時の制御 内・外水位差を予め外部設定し、水位差が設定値を越えると扉体保護のため、取水ゲートを一定開度降下(降下不能の場合は下段扉を上昇)させる。

同時に自動制御を停止し、異常表示を行う。

又、ゲート側各検出器よりの異常信号の場合も自動制御を停止し、異常表示を行う。

なお、異常状態が発生しても内・外水位差のチェックは継続させる。

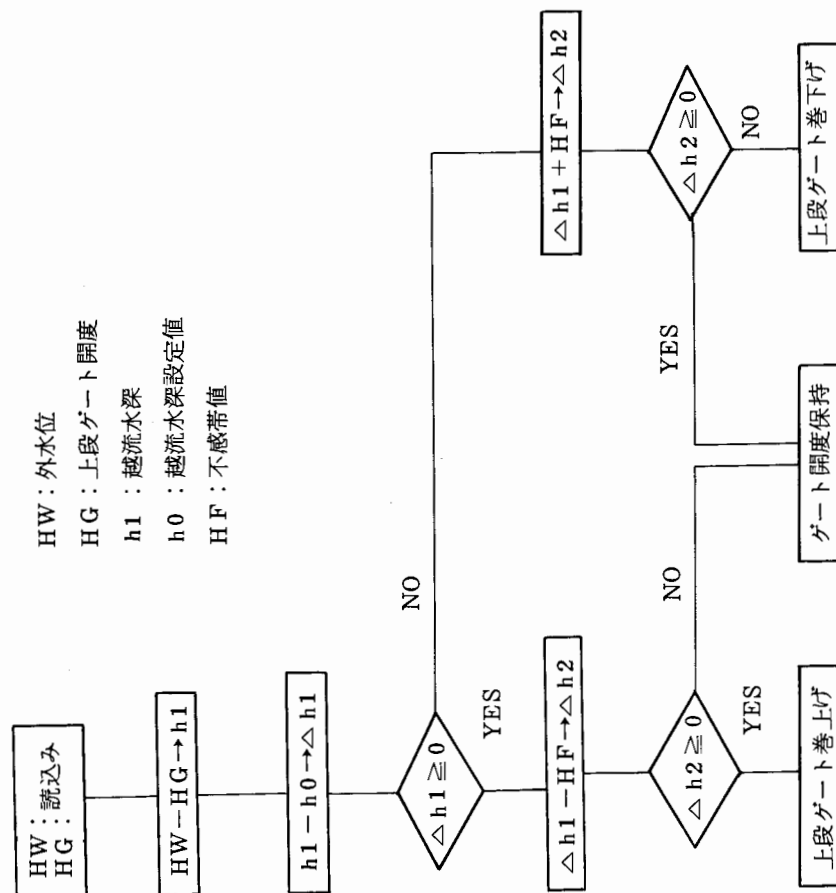
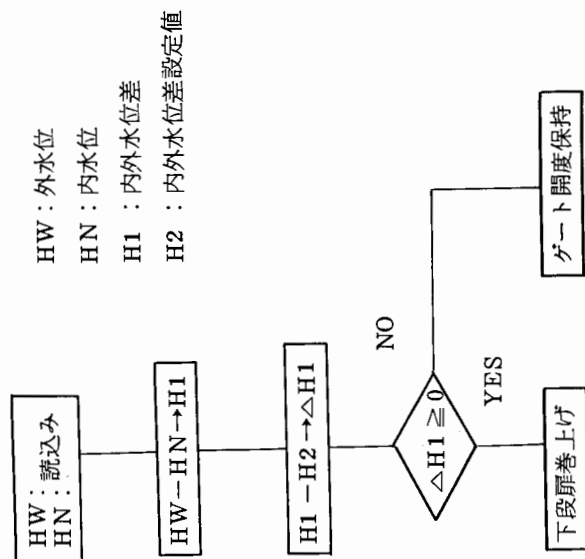


図 2.3.5 制御フローの例

(5) 保安ゲート

選択取水ゲートは通常扉体内外の水位差が小さいため、経済性を考慮し、内外水位差を 3 m 以下程度として、設計されることが多い。したがって、誤操作、自動制御装置の故障、扉体の異物かみ込み等のために、一定量の取水が確保されず塔内水位が急激に低下した場合、内外水位差が設計値を上まわりゲートを破壊する恐れがでてくる。この為、異常な水位差が生じた場合には迅速かつ確実に作動する保安装置が必要である。保安装置としては電気的なものと機械的なものとが用いられるが、電気的保安装置が停電又は故障等によって機能しない場合を考慮し、本要領(案)では原則として水圧のみにより作動する保安ゲートを設置することとした。

なお、円型ゲート(フローティングタイプを含む)に関しては、管内が空虚として設計しても扉体の板厚や扉体が過度にたわまないようにする構造がそれほど大きくならず、不経済にはならないと考えられるので、設備を簡素化するため保安ゲートは原則的には設けないものとする。しかし、取水範囲が大きくなると扉体の板厚が大きくなり、保安ゲートを設けた方が経済的に有利となることもあるので、取水位が 50 m を超すような時には保安ゲートを設けた場合についての検討も行うことが望ましい。

保安ゲートの設置位置は、

- ① 取水ゲートの扉体に内蔵する場合
- ② 下部ゲートに設置する場合
- ③ コンクリートピア部に設置する場合

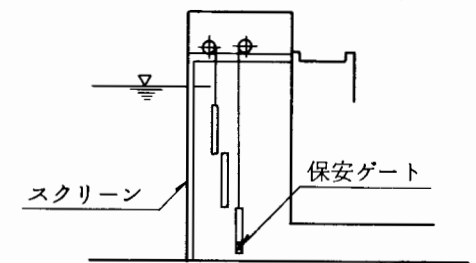
とがある。

①は、保安ゲートを内蔵する扉体を、それだけ長くする必要があり、扉体の段数及び扉体長の決定に注意を要する。又、保安ゲート用の戸当り、巻上機は不要であるが、取水ゲートの構造は複雑となる。

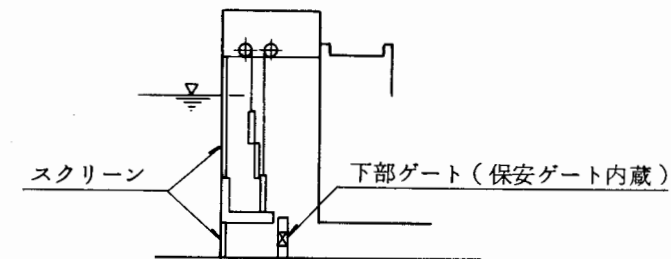
②は、③に比し設備は簡易となるが扉体の構造が複雑となる。又、堆砂による影響も留意する必要がある。

③は、補修等のために保安ゲートを引き上げる必要があるため、専用の戸当り、巻上機が必要となり、

イ) ゲート本体に内蔵する場合



ロ) 下部ゲートに内蔵する場合



ハ) コンクリートピア部に設置する場合

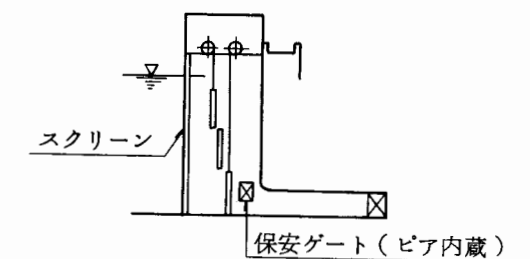


図 2.3.6 保安ゲートの設置位置

又、斜樋では設置が困難となる。

等の特徴がある。

（参考）

電氣的な保安装置としては次のようなものがある。

① ゲート内外の水位差を検出し、異常水位が生じた場合、警報を行うと同時に内外水位差を解消するため次のような措置をとる。

- ・上段扉の巻下げ又は下段扉の巻上げを行う。
- ・放流バルブを閉じる。
- ・制水ゲートを急降下し流水遮断する。

② 押釦操作における誤操作防止用のインターロックを設ける。

- ・一定時間以上連続して巻上げができないようにする。
- ・表層取水から低層取水への切換点で、下段扉が開いていない限り上段扉の巻上げができないようにする。
- ・底層取水から表層取水への切換点で、上段扉が設定取水深を確保していないと下段扉は巻下げできないようにする。

③ 取水深を一定に制御するために必要な上下限の取水深検出接点の外にもう一対の非常接点を設ける。この非常接点では取水深を設定値に復帰させるように取水ゲートを操作すると同時に警報を発する。

④ 電源、水位検出装置に異常が発生した場合には、警報を発すると同時に全装置を停止させるようにする。

(6) 下部ゲート

貯水池からの取水は、選択取水ゲートにより行いが、次のような場合は下部ゲートを設け、取水を行う。

- ① 取水範囲が有効利用水深の全範囲をカバーしていない場合
- ② 濁水、富栄養化対策の一環として通常の取水範囲の最低標高以下の位置での取水が必要な場合
- ③ 低水放流管が緊急放流等の目的を併せ持ち、選択取水ゲートの取水範囲より下に貯水位を下げる機能を持たせる場合。

（参考）

下部ゲートを設置した設備の例として草木ダム・川治ダム・長沢ダム・三保ダム等の取水設備がある。

(7) 制水ゲート

制水ゲートは、低水放流管の保守点検を目的として設置する。既往の設備では制水ゲートを設けていない例も見られるが、ダム設備は原則的に補修が可能な構造とすることとして、本要領（案）では制水ゲートを設ける事とした。

制水ゲートは通常スライド又は、ローラゲートが用いられるが、近年円型ゲートにおいて制水蓋をローラゲート等の替りに用いる例がでてきている。

制水蓋は、ローラゲート等に比し、重量が軽減されるが、操作は繁雑となる。

(8) 付属設備

付属設備として管理橋、凍結防止装置、網場等を必要に応じ設ける。

管理橋は貯水池内に独立して設置される独立塔型の取水設備において、保守点検等の通路を確保するた

め原則として設ける事とする。

凍結防止装置は、貯水池が結氷する寒冷地のダムにおいて、結氷によって取水塔やスクリーンが損傷する事を防ぐため必要に応じ設ける。又、網場は流木や塵芥が取水設備へ接近することを防ぎ、スクリーンとともに流木等の流入による取水ゲートや放流バルブ損傷を防ぐことを目的として設置する。

しかし、これらの理論計算により求められる値は、一般には数10 cmなので、従来は経験的に静水圧に置き換えて採用している例が多い。設計水頭事例を参考として、表3.1.2に示す。ただし、円型取水ゲートは収集した事例の全てが（利用水深）＝（設計水深）となっていたので示していない。このようなことから地震時以外の検討においては、流水等による水圧の変化は(2)の静水圧に含めて取扱ってよいものとする。ただし、地震時の検討を行う場合には以下に示すような式によって求められる水頭を考慮すればよいものとする。

表3.1.2 設計水頭の例

直線型取水ゲート (m)					半円型取水ゲート (m)			
	鹿ノ子	御 所	大 石	真名川		川 治	草 木	大 町
設計水頭	1.0	2.3*1)	0.5	2.0*2)	設計水頭	3.0	3.0	2.0
利用水深	21.3	7.8	30.0	34.0	利用水深	72.0	50.3	38.1

*1) 負荷遮断時の水圧変動の実験値(0.975m)を含む

*2) 計算値0.971m

流水による水圧変化は、次式を参考とする。

$$Pf = W_o (h_s + \Delta h_1 + \Delta h_2) \quad (3.1.2)$$

ここに W_o : 水の単位体積重量 (tf/m³)

Pf : 流水による水圧変化の荷重 (tf/m²)

h_s : スクリーンのロスによる水頭 (m)

Δh_1 : 流入による損失水頭 (m)

Δh_2 : ゲート内の流水の速度水頭に見合う静水頭及び塔内の摩擦損失水頭 (m)

① スクリーンのロスによる水頭を求める計算式には次に示す(3.1.3)式などがある。

$$h_s = \beta \cdot \sin \theta (t/b)^{4/3} \cdot \nu^2 / 2g \quad (m) \quad (3.1.3)$$

ここに β : スクリーンバー形状による係数

θ : スクリーンバーと水平面のなす角度

t : スクリーンバーの板厚 (m)

b : バーとバーの間隔 (m)

ν : 接近流速 (m/s)

g : 重力の加速度 (9.8 m/s²)

② Δh_1 に関して、もぐり堰の場合として(3.1.4)式がある。

$$Q = Q_1 \{1 - (h^2/h^1)^n\}^{0.385} \dots\dots \text{Villemomte の式} \quad (3.1.4)$$

$$\Delta h = h^1 - h^2 \quad (m) \quad (3.1.5)$$

ここに Q_1 : 越流水深 h^1 で自由落下する時の流量 (m³/s)

h^1 : 上流水深 (m)

h^2 : 下流水深 (m)

n : 堰の形状による係数

③ Δh_2 に関しては、(3.1.6)式がある。

$$\Delta h_2 = \left(f' \frac{L}{R} + 1 \right) \frac{\nu^2}{2g}, \quad f' = \frac{2gn^2}{R^{1/3}} \quad (3.1.6)$$

ここに f' : 摩擦損失係数

L : 流路長さ (m)

R : 径深 (m)

ν : 塔内流速 (m/s)

g : 重力の加速度 (m/s²)

n : 粗度係数

(4) 地震時における扉体等の慣性力

$$IG = WG \cdot k \quad (3.1.7)$$

ここに、 IG : 慣性力 (tf)

WG : ゲート等当該対象物の自重 (tf)

k : 設計震度

ここで設計震度は原則としてダム の設計震度に準じるものとする。ただし、独立塔の設計震度は、基礎の状態、当該構造物の振動特性などを考慮して設計震度を定めることが望ましい。

(5) 地震におけるダム の貯留水による動水圧の力

取水ゲートの扉体等に作用する動水圧の力は、ゲート形式等によって、内外の力が同時に同方向に作用するものとし、次によることができる。

ただし、表3.1.3は円型取水ゲートを除き、堤体設置型の場合の動水圧を示す。

表3.1.3 取水ゲートの扉体に作用する動水圧の力

荷 重		直線型取水ゲート	半円型取水ゲート	円型取水ゲート

ウェスタガードの式による。

$$P_d = 0.875 W_o \cdot k \sqrt{H_o h_i} \quad (3.1.8)$$

ここに、 P_d ：動水圧 (tf/m²)

W_o ：水の単位体積重量 (tf/m³)

k ：設計震度

H_o ：貯水池水面から基礎地盤までの水深 (m)

h_i ：貯水池水面から動水圧の作用する点までの水深 (m)

(ロ) 斜に設置される場合

ツァンガの式による。

$$P_d = C \cdot W_o \cdot k \cdot H_o \quad (3.1.9)$$

$$\text{ここに、} C = \frac{C_m}{2} \left[\frac{h_i}{H_o} \left(2 - \frac{h_i}{H_o} \right) + \sqrt{\frac{h_i}{H_o} \left(2 - \frac{h_i}{H_o} \right)} \right]$$

C_m ：与えられたダム上流面に対するCの最大値

この場合の外圧は、直線型及び比較的堤体からの張出しの小さい半円型取水ゲートでも圧力の平面分布は一樣な等分布とする。

(b) ダム軸方向に作用する場合

(イ) 直線型取水ゲートには作用しないものとする。

(ロ) 半円型取水ゲートでは、次式によることができる。

$$P_c = W_o \cdot k \cdot a \cdot \cos \theta_i \quad (3.1.10)$$

ここに、 P_c ：地震時における貯

留水による動水圧

(tf/m²)

W_o ：水の単位体積重量

(tf/m³)

k ：設計震度

a ：半円型取水ゲート

の扉体の公称半径

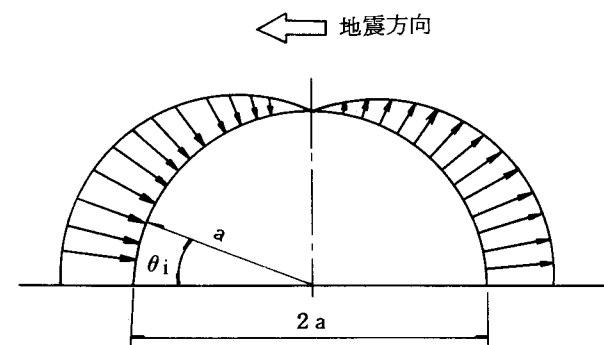
(m)

θ_i ：圧力が作用する点

の半円基準面から

の角度 (deg)

図 3.1.2 ダム軸方向に作用する動水圧の分布 (外圧)



式 (3.1.10) 及びその値は、たわまない構造物が水中で加速する場合に作用する力を求める理論式※から計算される値に比較的近似し、安全側の値を与える便宜上の式である。

(c) ダムの面に斜め(α)に作用する場合

$$P_d' = P_d \cdot \sin \alpha + P_c \cdot \cos \alpha \quad (3.1.11)$$

※ 桜井等の式

ここに、 P_d' ：ダムの面に対し斜めの方向の地震時に半円型取水ゲートに作用する動水圧

(tf/m²)

P_d ：ウェスタガード (又はツァンガ) の式により計算されるダムの面に直角方向の場合の動水圧 (tf/m²)

P_c ：ダムの面に平行に作用する場合の動水圧 (tf/m²)

α ：ダムの面と地震の方向のなす角度

(ii) 円型取水ゲート

円型取水ゲートの場合は外圧の円周方向分布の変化は構造上の影響が小さいので無視することができ、次式による荷重とする。

$$P = W_o \cdot k \cdot \pi \cdot a^2 \quad (3.1.12)$$

ここに、 P ：円型取水ゲートの扉体長さ (高さ方向) 1 m に作用する動水圧による力 (tf/m)

a ：円型取水ゲートの扉体公称半径 (m)

2) 内 圧

内圧は、外圧と同時に同方向に作用するものとし次式によることができる。

(i) 直線及び半円型取水ゲート

(a) ダム面に直角に作用する場合

$$P_d' = W_o \cdot k \cdot 1/2 \cdot (a \cdot \sin \theta_i + d) \quad (3.1.13)$$

ただし、直線型取水ゲートでは $a = 0$

ここに、記号は (3.1.14) 式に同じ。

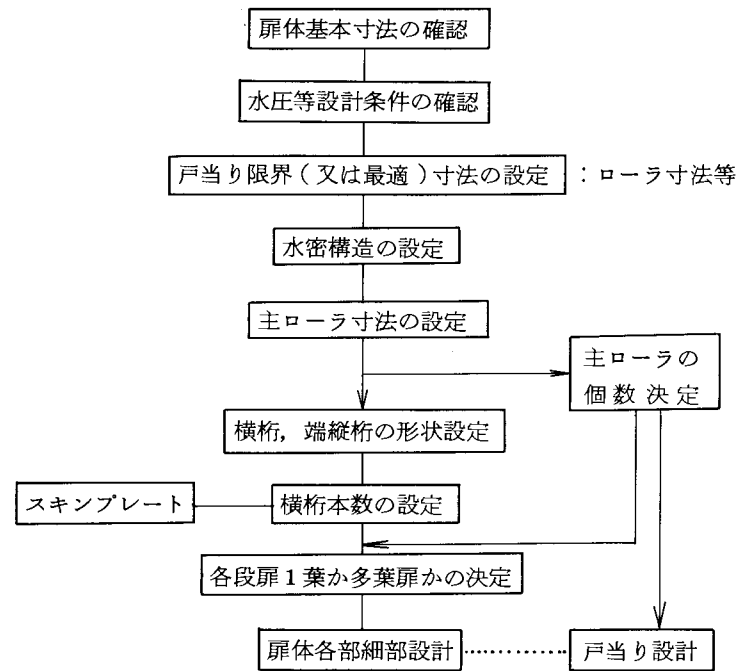


図 3.5.2 直線型取水ゲートの扉体設計フロー（参考）

2. 主要部の計算

(1) 主 桁

① 主桁の配置は右のフローを参考とする。

② 主桁の計算

主桁は主ローラを支点とする単純はりとする。

曲げモーメント M (tf・m) は

$$M_{\max} = \frac{P(2L-B)}{8} \quad (\text{tf} \cdot \text{m})$$

$$M_x = \frac{P}{2}x - \frac{W(x-a)^2}{2} \quad (\text{tf} \cdot \text{m})$$

(3.5.1)

ここに、 P ：主桁 1 本にかかる

荷重 $P = W \cdot B$ (tf)

B ：水密巾 (m)

W ：単位当り荷重 (tf/m)

L ：ローラ中心間の距離

(m)

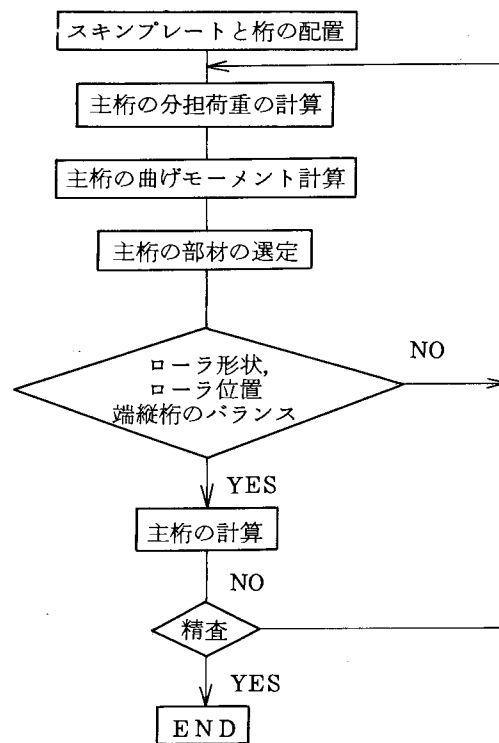


図 3.5.3 主桁配置決定のフロー（参考）

せん断力 Q (tf)

$$Q_{\max} = \frac{P}{2} \quad Q = \frac{W \cdot B}{2} - W(x-a) \quad (3.5.2)$$

たわみ量 (桁は等断面桁とみなす)

$$\delta = \frac{Wl}{48EI} \left(L^3 - \frac{1}{2} L l^2 + \frac{l^3}{8} \right) \quad (\text{cm}) \quad (3.5.3)$$

ここに、 δ ：最大たわみ量 (cm)

W ：単位長さ当り荷重 (kgf/cm)

l ：水密巾 (cm)

L ：ローラ中心間隔 (cm)

E ：弾性係数 (2.1×10^6 kgf/cm²)

I ：主桁の断面二次モーメント (cm⁴)

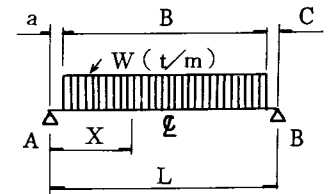


図 3.5.4 主桁の模式図

(2) 主ローラと端縦桁

① ローラ

主ローラは 3.4.6 条によって検討する。

② 端縦桁

端縦桁は次のとおりとする。なお、端縦桁の桁高は主ローラに関連させて決める。

(イ) 一葉の端縦桁にローラを 2 個とする場合

は右図のような単純はりとする。

ここに、 P_i ：主横桁荷重

R_1, R_2 ：ローラ荷重

(支点反力)

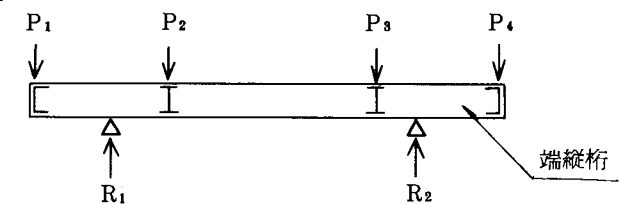


図 3.5.6 端縦桁の構成

この場合は、それぞれ端縦桁の R_1 と R_2 と P_2 及び P_3 部の曲げモーメントが極力等しくなるようにローラを配置するのがよい。

(ロ) 端縦桁にローラを 3 個以上設ける場合は、連続はりとする。

このとき

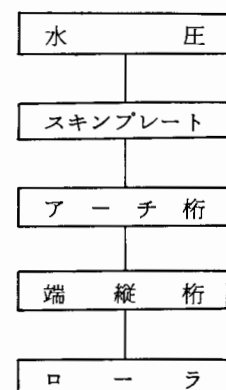
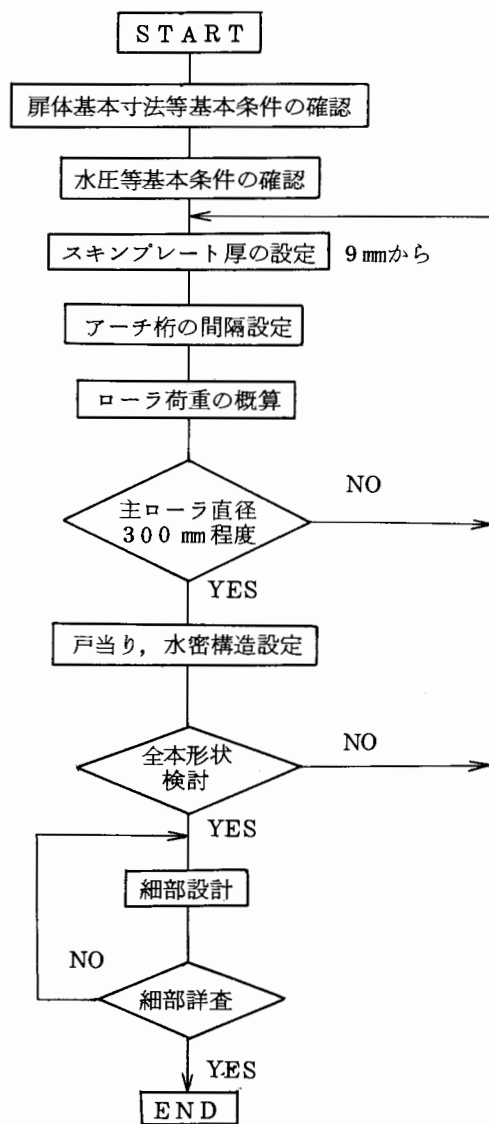


図 3.6.2 荷重の伝達

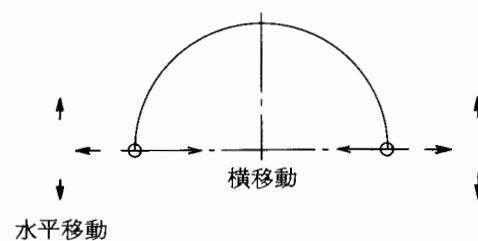


図 3.6.1 半円型取水ゲート設計のフロー（参考） 図 3.6.3 半円型取水ゲートの扉体の移動

3. 半円型取水ゲートはアーチ構造の原則から厳密にはヒンジの移動は許されないが、開閉動作が伴うため、ローラと戸当りの間には一定の遊びを必要とする。このため既存のゲートは10mm程度の移動を許容している。この許容は、地震時などの横移動に対して左右同時にストッパーに当たることを前提とする（図 3.6.3 参照）。なお一定の精度を確保するためには、移動量はできる限り少ない方がよい。移動規制の構造形式は、図 3.6.4 のような例がある。

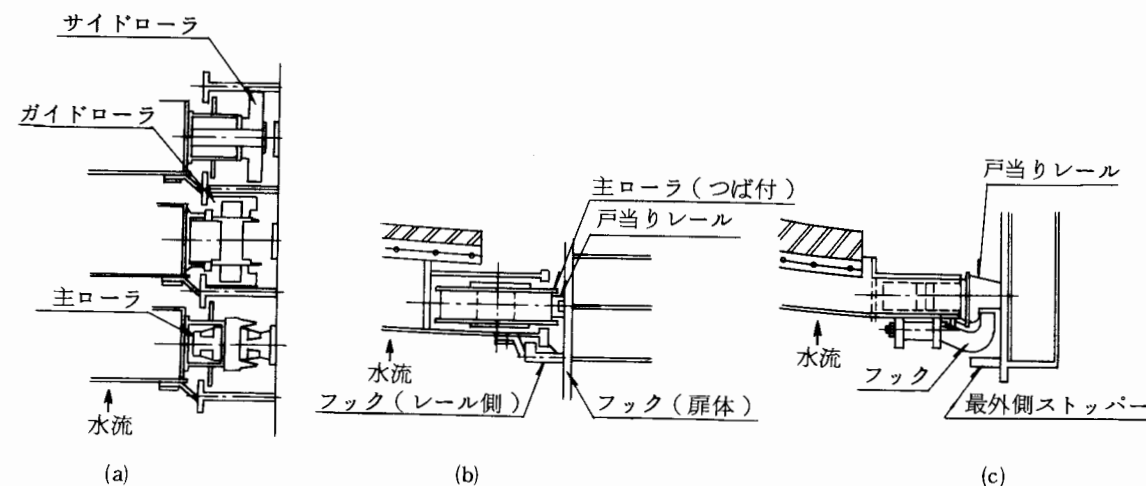


図 3.6.4 半円型取水ゲートの扉体移動の規制

(a)の構造は移動の規制を全てローラを用いて行う例で、図はそれぞれのローラの断面を表示している。
(b)の場合は、横移動の規制をレールとつば付きの主ローラで行い、抜け出し防止を扉体及び戸当り側で行う。
(c)の場合は、移動を扉体に取り付けたフック及びレールを兼ねたフックで規制する。なお、(c)の扉体側のフックは回転させることで扉体の取外しが容易に行える構造である。

各方式の荷重の伝達は次図のとおりである。

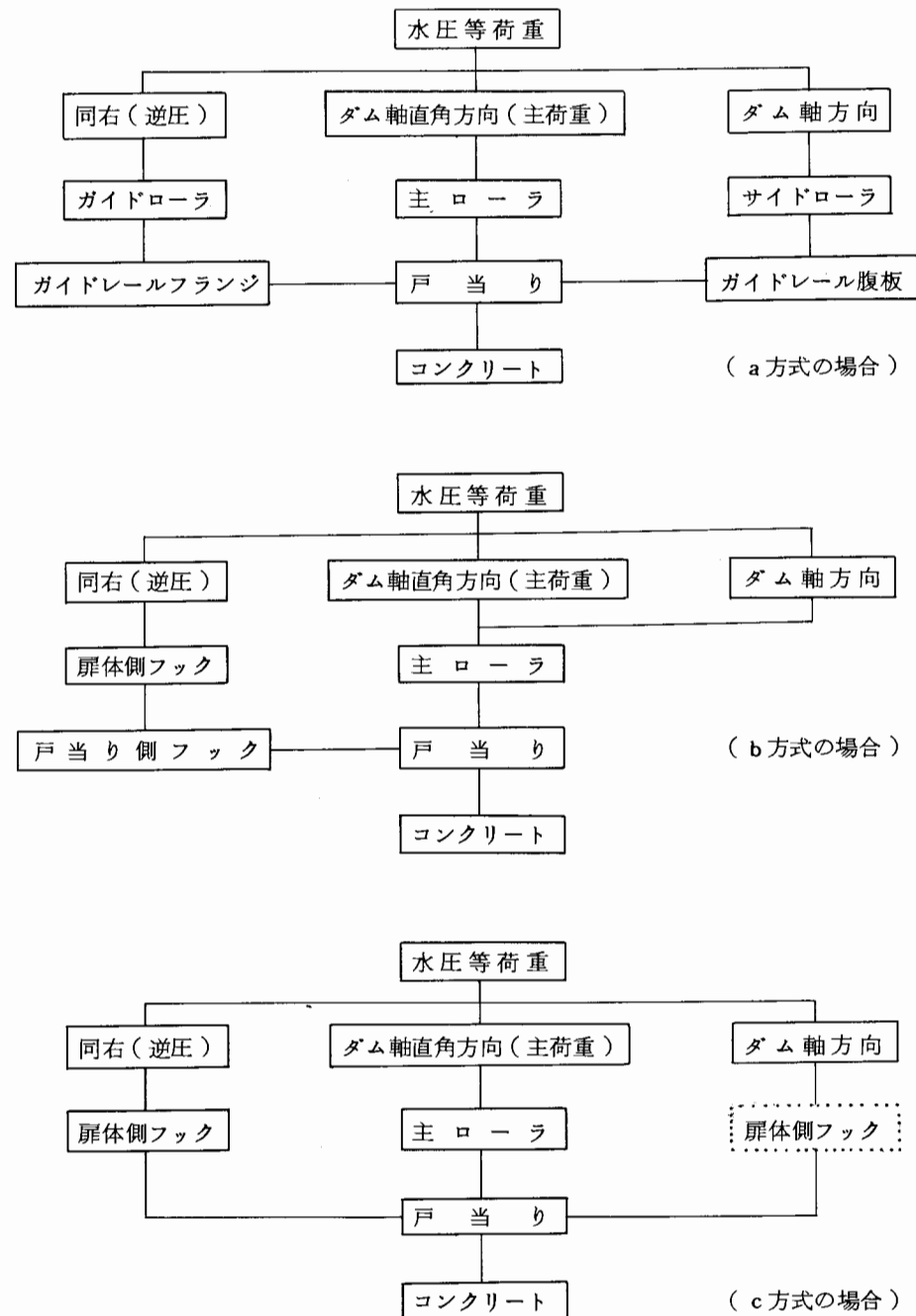


図 3.6.4 (2) 戸当りへの荷重の伝達

それぞれの特徴を示す。

表 3.6.1 水平及び横移動を規制する構造例の比較

	(a) の 例	(b) の 例	(c) の 例
利点	・摩擦抵抗は小さい。	・構造が簡単	・扉体の取外しが容易
欠点	・ローラと戸当りのすき間の調整が難しい。 ・ローラのメンテナンスが難しい。 ・扉体取外しに戸当りの工夫が必要。	・すき間の調整はできない。 ・ローラの脱輪が生じる可能性がある。 ・同左	・構造が複雑

4. 半円型取水ゲートの扉体の構造の設計計算にあたっては、その応力の流れを厳密に検討すれば、かなり複雑なので、必要により立体構造計算等を行うのもよい。ただし計算の精度と構造の精度とが一致しない面もあるので、次に示す簡易な計算でもよいものとする。

(1) スキンプレート

スキンプレートはアーチ桁及び端縦桁 (又は必要により補助桁) で支持された平板として取扱ってもよいものとし、(3.4.1)式に準じる。

このことだけに関して、半円形ゲートのスキンプレートは曲げ応力は生じないとする考え方では、偏外圧を受けたときのスキンプレートからアーチ構造への応力の流れが説明しにくいので、厳密にはFEM解析などを行うこともある。実用的には、単純にアーチ桁への荷重の伝達は平板と仮定するスキンプレートから伝達されるものとして取り扱うことができる。

(2) アーチ桁

アーチ桁は、2点固定ヒンジアーチ構造として扱う。

1) アーチ桁の間隔

アーチ桁の間隔は、実績では、ほぼ1m以内となっているが、スキンプレートを平板と考えることにより、①スキンプレートの厚さを9mm程度、②主ローラの直径は300mm程度以下になるような荷重分担から定めるのがよい。

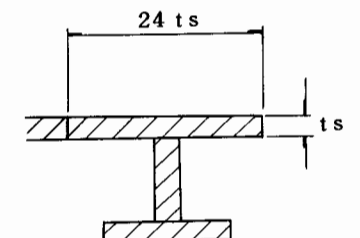
これは、板と桁で版構造を形成する場合には半円型取水ゲート等のゲートでは剛性、溶接性、重量の点で鋼板の厚さは10mm程度が優れていること。ローラ径があまり大きくない方が、アーチ構造、戸当り構造の点で半円形ゲートに適するためである。

2) アーチ桁の構造

アーチ桁はスキンプレートと協働させ、右図の形状とすることができる。

3) アーチ桁の応力度および支点反力

半円ゲートのアーチ桁の応力度および支点反力は、各荷重条件について表3.3.2に示す計算式を用いることができる。



ここに、 t_s : スキンプレートの厚さ

$$\tau_a = \frac{\sigma F_1}{S}$$

ここに、 τ_a : 許容応力度 (せん断定格時) (kgf/cm²)

σF_1 : 引張り強さ (kg/cm²)

S : 安全率 (せん断)

6) 軸の曲げによるせん断応力度

$$\tau = \frac{R}{A} \quad (3.8.22)$$

ここに、 τ : 純せん断応力度 (kgf/cm²)

R : 支点の反力 (kgf)

A : 支点部の軸の断面積 (cm²)

なお、ねじりによるせん断応力度と曲げによる応力度は同一面内において最大応力度の生じる点異なるので合成応力度の検討を省略してもよい。

3.8.12 歯車

歯車は、曲げ及び面圧の両面の強度及び耐久性を有するものとする。

〔解説〕

1. 歯車は曲げ強度の他、歯面の摩耗を考慮して面圧強度についても検討を行うものとする。ただし、面圧力については、操作上での危険性に直接かわりないので、定格トルク時のみの検討でよいものとする。

2. 強度の計算は、曲げについてはルイスの式、面圧についてはヘルツの応力説に基づき次式によることができる。

1) 平歯車

(1) 曲げ強度

$$P = f_v \times \sigma_b \times b \times m \times y \quad (3.8.23)$$

ここに、P : 歯の曲げ強度 (kgf)

f_v : 速度係数

σ_b : 許容曲げ応力度 (kgf/mm²)

b : 歯巾 (mm)

m : モジュール (mm)

y : 歯形係数

(2) 面圧強度

$$P = f_v \times k \times d_0 \times b \times \frac{2 \times Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (3.8.24)$$

ここに、P : 歯の面圧強度 (kgf)

f_v : 速度係数

k : 接触応力係数 (kgf/mm²)

d_0 : 小車のピッチ円直径 (mm)

Z₁ : 小歯車の歯数

Z₂ : 大歯車の歯数

b : 歯幅 (mm)

2) かさ歯車

(1) 曲げ強度

$$P = f_v \times \sigma_b \times b \times m \times y \times B \quad (3.8.25)$$

ここに、P : 歯の曲げ強度 (kgf)

f_v : 速度係数

σ : 許容曲げ応力度 (kgf/mm²)

b : 歯巾 (mm)

m : モジュール (mm)

y : 歯形係数

B : かさ歯車係数 ($\frac{R-b}{R}$)

R : 円すい距離 (mm)

(2) 面圧強度

$$P = f_v \times k \times d_0 \times b \times \frac{2 \times Z_2}{Z_1 + Z_2} \times B \quad (3.8.26)$$

ここに、P : 歯の面圧強度 (kgf)

f_v : 速度係数

k : 接触応力係数 (kgf/mm²)

d_0 : 小歯車のピッチ円直径 (mm)

b : 歯幅 (mm)

Z₁ : 小歯車の歯数

Z₂ : 大歯車の歯数

B : かさ歯車係数 ($\frac{R-b}{R}$)

R : 円すい距離 (mm)

3. 各式に用いる速度係数等は次による。

1) 速度係数は次式により計算する。

- 低速用 (V = 0.5 ~ 1.0 m/s, 粗機械仕上又は不機械仕上)

$$f_v = \frac{3.05}{3.05 +$$

