

建設省河川局開発課監修

高压ラジアルゲート設計要領(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、取水及び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、ゲート等は、ダム技術の進歩とゲート等の確実に適切な操作のためその規模の大型化、設計水深の増大化の傾向にあり、さらに放流量の大きいものも増えているが、これらの設計施工にあたっては、十分な検討と慎重な配慮が必要である。

ゲートに関する技術基準としては、河川管理施設等構造令、及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55年度から昭和60年度までの間、土木研究所、地方建設局等の協力により、ゲート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「ダムゲート等設計調査委員会」（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、調査研究の成果として「高圧ラジアルゲート設計要領(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。本書がゲート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

ダムゲート等設計調査委員会名簿

委 員	村 幸雄	明星大学 教授
〃	石井 文雄	防衛大学 教授
〃	寺島 旭	八千代エンジニ リング㈱顧問
〃	細田 和男	三井共同建設コンサルタント㈱技術顧問
〃	荒井 治	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部长
幹 事	丸岡 昇	建設省河川局開発課課長補佐
〃	高須 修二	建設省河川局ダム水工研究室室長
〃	藤沢 侃彦	建設省河川局ダム構造研究室室長
〃	尾作 悦男	建設省河川局ダム計画官
〃	前田 諭	建設省中部地建河川計画課課長
〃	太田 宏	建設省中部地建機械課長
〃	新井田有二	建設省中部地建長島ダム工事事務所長
〃	阿久津 修	建設省中部地建長島ダム工事事務所調査設計課課長
〃	水野 光章	水資源開発公団第一工務部調査役
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第一部部長
〃	安藤 信夫	国土開発技術研究センター調査第一部参事
〃	宮山 憲彬	国土開発技術研究センター調査第一部参事

(昭和61年3月末現在)

高圧ラジアルゲート設計要領（案）

目 次（案）

1 章 総 則	1
1 節 適用範囲	1
2 節 各部の名称	3
2 章 設計総論	6
1 節 概 論	6
2 節 高圧ラジアルゲートの選定	7
3 節 高圧ラジアルゲートの構成（付帯設備）	9
4 節 水密方式と選定	11
5 節 予備ゲート	27
3 章 設 計	28
1 節 設計要件	28
2 節 設計手順	29
3 節 設計条件	30
1 項 設計荷重および荷重の組合せ	30
2 項 材 料	35
3 項 許容応力度	37
4 項 許容たわみ度	42
5 項 部 材	42
4 節 基本条件	45
1 項 扉体基本寸法およびレイアウト	45
2 項 開閉速度	49
3 項 揚 程	49
5 節 扉体戸当り	50
1 項 扉体形式の選定	50

2項 主構の配置	53
3項 版（スキンプレートと補助桁）の構造	57
3.1 スキンプレートの設計	60
3.2 補助桁（中間縦 主 を含む）の設計	62
4項 水平主桁の設計	65
5項 脚柱及び脚間補剛材の設計	67
6項 回転支承部の設計	72
7項 接合方法	75
8項 水密部の設計	76
9項 細部設計	80
9.1 溶接継手の設計	80
9.2 リーマボルトおよびリベット継手の設計	81
9.3 荷重集中点の補剛材	82
9.4 主桁と脚柱の接合	83
9.5 サイドローラの設計	84
10項 戸当り金物	85
6節 アンカレッジ	85
1項 形式の選定	85
2項 ガーダの設計	88
3項 アンカー材の設計	90
4項 PCアンカレッジの設計	91
7節 空気箱	93
8節 開閉装置	94
1項 形 式	94
2項 開閉荷重	98
3項 開閉装置の設計	99
4項 開閉装置支持フレームの設計	100
9節 点検装置	101
10節 その他設備	102
1項 主給気管等の設計	102

2項 充水管の設計	103
4章 製作・運搬・据付	104
1節 製作・運搬・据付	104
2節 据付用基礎材の設計	105

1 章 総 則

1 節 適 用 範 囲

この要領はダムに設置する設計水深が 2.5 m 以上の四方水密のラジアルゲート（以下「高圧ラジアルゲート」という）の計画・設計に適用する。

〔解 説〕

ダムは河川を締切り貯水池を築造する構造物で、この貯水池を運用するため、ダムに種々の目的で放流設備が設置され、貯水池の安全と機能が発揮される。

高圧ラジアルゲートは、この放流設備のうち、四方水密を必要とする管路型形式の大容量放流管の流量制御に用いられるラジアルゲートのうち設計水深 2.5 m 以上のものとする。高圧ラジアルゲートは主に洪水調節を計画的に行う洪水調節用放流設備の流量制御のため、設置される例が多く、高水頭下で流水をコントロールすることが要求される。

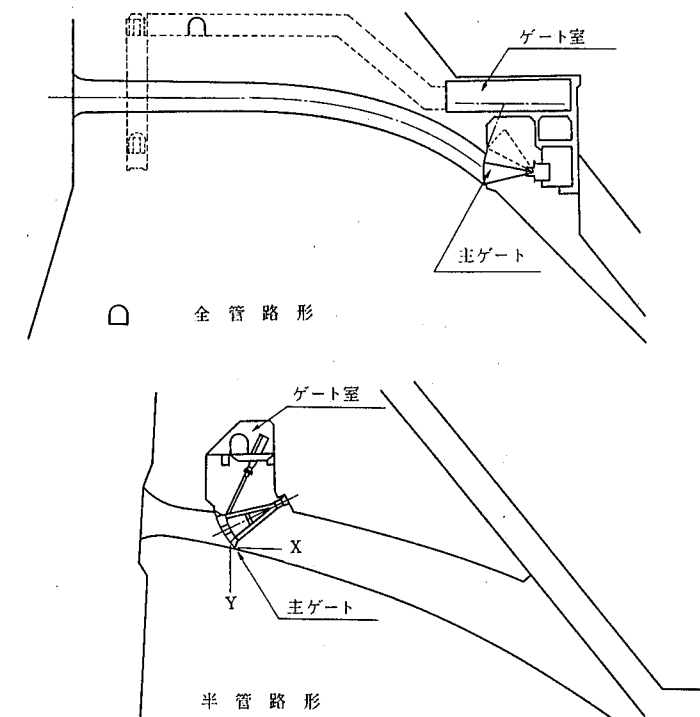


図 1.1.1 高圧ラジアルゲートの設置例

この要領は、このようなダムに設置される高圧ラジアルゲートについて、実用的な設計手引書となるよう、基本的な考え方、計算方法および実績などについて示すものである。

なお、ダムのゲートに関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、この手引を使用するに当たっては次に示す諸法規基準等の規定が優先され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。

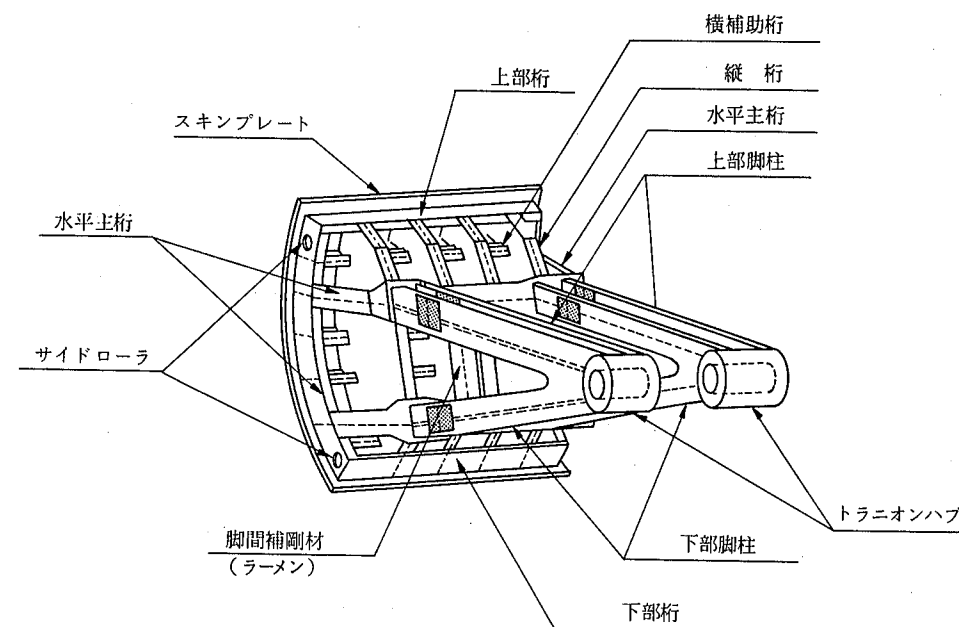
- | | |
|-------------------------|-------|
| (1) 河川管理施設等構造令，同施行規則 | (建設省) |
| (2) 河川砂防技術基準（案）設計編ダムの設計 | (建設省) |
| (3) 水門開閉装置技術基準，同解説（案） | (建設省) |

さらに関連する基準等に次のものがある。

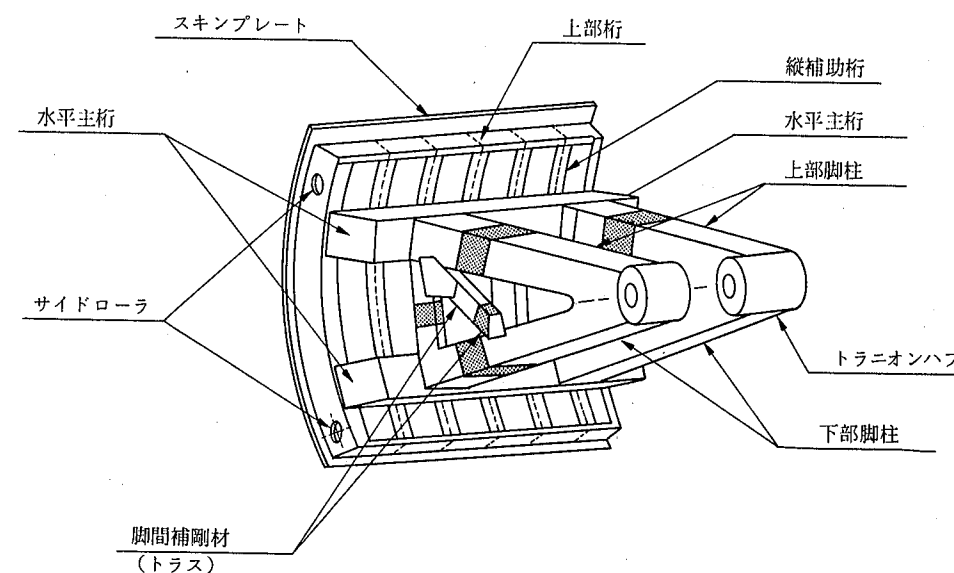
- | | |
|--------------------|-----------|
| ・ダム設計指針（案）第6編 放流設備 | (水資源開発公団) |
| ・ダム設計基準 | (日本大ダム会議) |
| ・水門鉄管技術基準，付解説 | (水門鉄管協会) |

2節 各部の名称

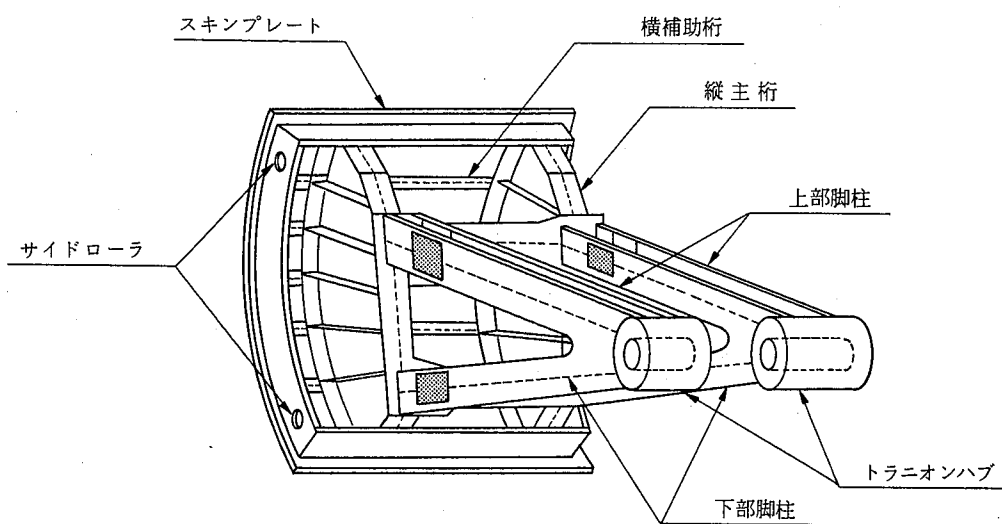
この要領で用いる各部の名称は、次図(a)(b)(c)に示す。



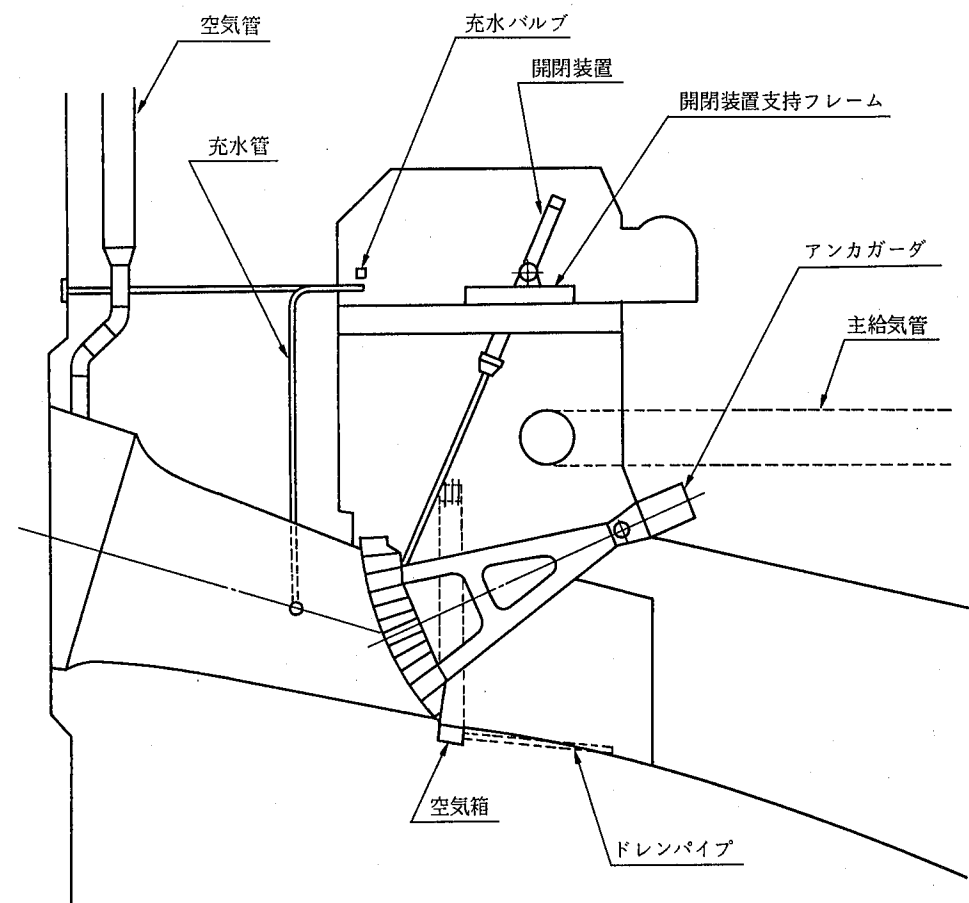
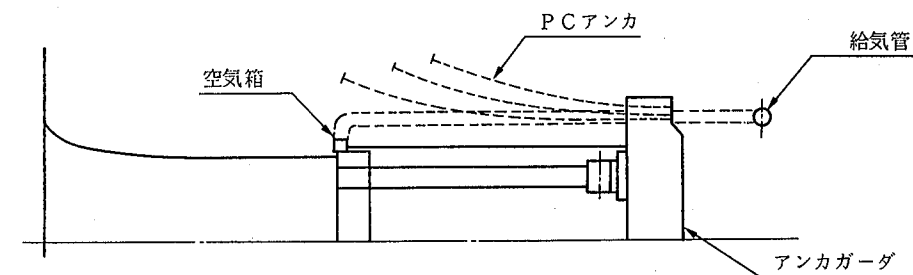
図(a) 横補助桁方式（水平主桁）の例



図(b) 縦補助桁方式の例



図(c) 横補助桁方式（縦主桁）の例



本要領に示す部材の名称

〔解 説〕

高圧ラジアルゲート各部の名称は、統一されたものがないので、本要領では従来から一般に使われている名称を標準とした。

なお、本文に示されていない細部の名称は各項による。

2 章 設 計 総 論

1 節 概 論

高圧ラジアルゲートの計画にあたっては、設計水深が大きいことにより技術的に難しい点があるので、基本的事項の遵守及び最新の実績等を考慮することが望ましい。

〔解 説〕

この要領に記載する事項は理論及び研究的な事項の他に、主に実績を調査、集約し技術的に妥当と判断されるものは比較的標準化し、また標準化するには課題のあるものについては総括的に述べている。しかし、高圧なるが故に基本的に注意しなければならない事項があるので、計画にあたっては常に最新の情報・類似する実績を考慮する必要がある。

なお、基本的事項には次のようなものがある。

1. 設計水深が25 m以上になると、キャビテーションが発生し易いので、この面からも慎重な設計が必要である。
2. 高圧ラジアルゲートに付随する放流管は、主にゲート形状から一般的には方形断面となり、高圧ゲートの場合には放流管をダムブロック内におさめることが原則となっている。このため、その巾はこれにアンカ材の配置などの寸法を含め、コンクリート施工を考慮して、現状での最大はほぼ5 mである。なお、放流管の断面は、ほぼ正方形に近い形状とした実績が多い。
3. 設計水深は、キャビテーションの発生、水密構造及び水密や2次的応力に影響の大きいゲート構造部材の変形量などに重要なかわりがある。

設計水深の実績としては、海外では100 mを超えるもの（例えばTARBELA DAM・パキスタン135.6 m）があるが、国内での実績は、ほぼ70 mである。

4. 高圧ラジアルゲートの設置スペースは、規模が大きい場合立体的にかなり大きな空間を必要とするので、堤体等のコンクリート構造の応力集中及び工事工程など十分考慮しておく必要がある。
5. 高圧ゲートは、主に流量制御が目的であるので、ゲートの設計はあらゆる開度に対応できるものとしているが、現実的な対応の面から見ると、開度10 cm程度以下の微少な

開度では流水は不安定な流況となりキャビテーションや流水、空気さらに扉体の振動を伴いやすく、また流水の水密ゴムや空気箱への干渉の危険が高く、上部副水密等からの噴流が起き易い領域にあるなどのこと及び操作員にも不安感をいだかせることから、この開度での放流をできるだけ回避しているのが実情である。しかし、高圧ゲートの規模から、微少開度でも放流の絶対量が大きい場合が多いので、管理上別に放流設備、たとえばオリフィスゲートなどとの組合せなどダムの管理からの方策も考えられている。

2 節 高圧ラジアルゲートの選定

ダムの形状、放流管の形状、放流量等の条件を十分に検討し、高圧ラジアルゲートの選定を行うものとする。

〔解 説〕

洪水調節用放流設備（以下「常用洪水吐き」という）に用いられるゲートは、引上げ式の四方水密のラジアルゲート、またはローラゲートが一般的である。

ラジアルゲートは表2.2.1にローラゲートと対比して示すように水路部には戸溝を必要としないので一般的には水流の乱れが少なく、扉体形状の点からも中間開度での放流時の流況がよいことなどから高圧ゲートとして多用されている。

一方、脚柱を用いているため立体的で、特に上・下流方向に比較的広い設置空間を必要とする。また荷重は脚柱からトラニオンに集中するため、脚柱及びアンカーガードは安全の指標となる応力度のほか、変位量にも配慮した設計が必要となる。

表 2.2.1 高圧ラジアルゲートとローラゲートの比較

	ラジアルゲート	ローラゲート
堤体形状	○上・下流方向に広い設置空間が必要で、このため、半管路型の場合は堤体に大きな空洞部を要し、全管路型の場合はゲート基礎部を付加する必要がある。	○設置空間は小さい。 ○大きな戸溝が必要である。
荷重伝達	○トラニオンに集中する荷重を堤体に分散させる必要がある。この際、荷重は引抜き力となることが多く、比較的大規模なアンカー材を必要とする。	○ローラの個数を多くすることによって比較的容易に荷重を分散できる。
水理特性	○比較的優れている。	○戸溝及び扉体に工夫が必要である。
扉体構造	○圧縮材と曲げ部材で構成される。 ○部材数が多くやや複雑。 ○据付精度、工程管理はローラゲートより難しい。	○主として曲げ部材で構成される。 ○シンプルである。 ○据付は比較的容易である。

なお、アーチダムでは、堤体がうすいためローラゲートが用いられる例が多い。

〔参 考〕

本要領（案）において使用するゲートの大きさなどに対する呼称は、概略次に示す規模を目安としている。

小形ゲート	吐口断面	8 m ² 以下（参考 2.8 m × 2.8 m）
中形 "	"	8 ～ 20 m ² （参考 4.4 m × 4.5 m）
大形 "	"	20 ～ 30 m ² （参考 5 m × 6 m）
超大形 "	"	30 m ² 以上
低水深のゲート	設計水深	3.5 m 以下
中 "	"	3.5 ～ 5.0 m
高 "	"	5.0 ～ 6.5 m
超高 "	"	6.5 m 以上

＊ ここで設計水深とは、ゲート設計における最高の水深で一般には（設計洪水位＋波浪高）－底部敷高 をいうものとしている。

3 節 高圧ラジアルゲートの構成（付帯設備）

高圧ラジアルゲートには、特有な付帯設備として、必要により次の設備を設けるものとする。

1. 主給気管
2. 充水管及び空気管
3. 空気箱

これらの配置・形状はダムの形状及び必要な能力から適切なものとする。

〔解 説〕

高圧ゲートの付帯設備には種々あるがここでは高圧ゲートに重要で特有な設備を示してある。

1. 高圧ラジアルゲートを半管路型やトンネル内放流で放流を行うと、流水に空気が連行されゲート下流の開水路部の気圧が低下し、安定した開水路流とならずキャビテーションを起こしやすくするとともに、圧力変動による振動の発生あるいは流況の激変するおそれが大きい。また、室内の気圧が室外より低下し窓ガラス等周辺の振動や、ドアの開閉時に危険が伴うことがある。このためゲート室にはかならず給気が必要で、主給気管を設ける。この主給気管はゲート室からダムの下流面に連絡させる。
2. 高圧ゲートを修理する場合には、放流管の前面に予備ゲートを設置する方式が採用されている。この際、予備ゲートと高圧ゲートの間の放流管は密閉状態となるので、主ゲートを開放するには空気管、逆に予備ゲートを開放するには、一般には放流管に充水するための充水管及び空気管を必要とする。空気管は設計洪水位以上のダムの天端近くから放流管の通常ベルマウス上面上流端付近に連絡させる。また充水管はダム湖の貯留水に連絡させる。
3. 高圧ゲートから放流する場合、ゲートから下流側の流水は高速流のため整流部で剥離、キャビテーションを生じ易い。このため戸当り側に額縁状に水密材を設ける水密方式の場合及び水密方式にかかわらず設計水深が 5.0 m 程度以上のゲートではゲートの直下流部の水路に段差を設け、空気箱を接続し給気を行う。
4. これらのレイアウトの例を図 2.3.1 に示す。

なお、必要な断面寸法の決め方、構造については、当該各項に示す。

4 節 水密方式と選定

高圧ラジアルゲートの水密方式には大別して摺動式及び圧着式とがある。両者は関連する部分の堤体形状、水理特性及び操作性など基本事項で異なるところがあるので、その選定は水位条件、操作条件などの条件を考慮し慎重に行うものとする。

〔解 説〕

水密方式には本文に示したとおり大別して摺動式と圧着式とがある。現状の水密方式を体系で示すと次のとおりである。

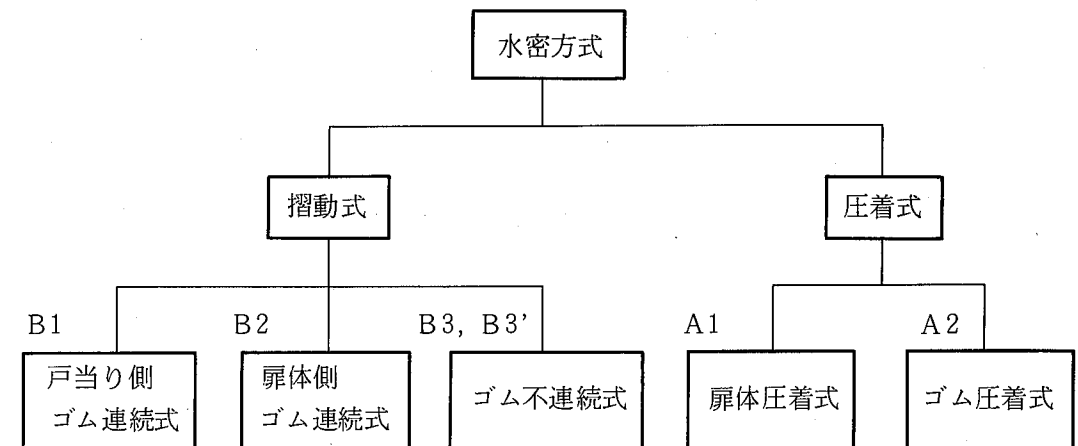


図 2.4.1 高圧ゲート水密方式

図 2.4.1 において併記した記号は従来から慣例的に用いられているもので、この手引でもこの記号を用いる。

各方式の構造様式は図 2.4.2 ～ 2.4.5 に示すとおりである。具体的な構造については 3 章 5 節 8 項に示し、ここでは計画にかかわる事項を示す。水密方式の選定にあたっては、設計水深の他にゲートの大きさも考慮する必要があるが、主要因の設計水深から選定の目安を示すと次のとおりである。

戸当り側ゴム連続式（B1）

この方式は水密上扉体スキンプレート表面を曲率に合わせて平滑に仕上げる必要があるの

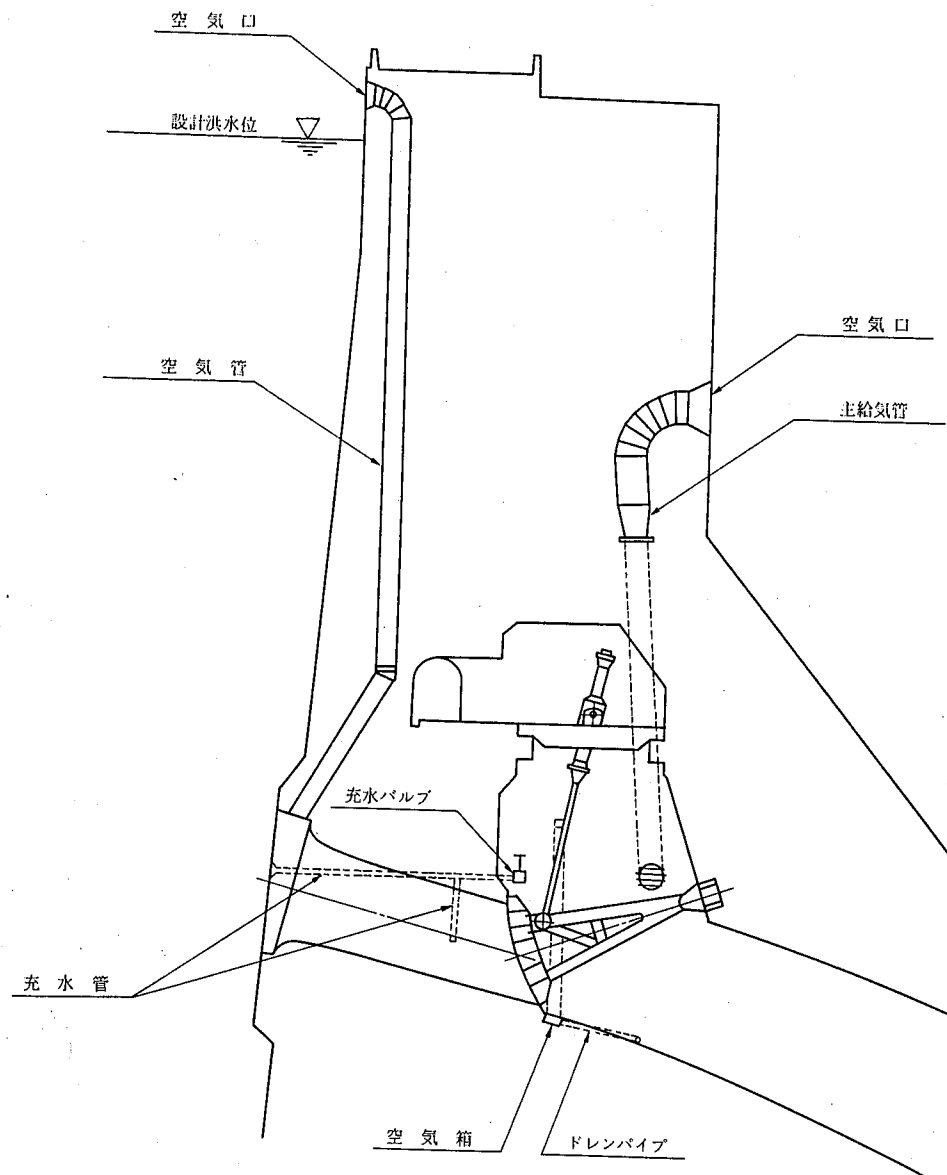


図 2.3.1 高圧ラジアルゲートレイアウトの事例

で、この点他の摺動式に比べ加工費が高いが、操作性、安定性が良好で、中・高水深のゲートに適する。

扉体側ゴム連続式（B 2）

この方式は底部水密ゴムの関係から扉体リップの厚さが厚くなるので、高速流下での安定性に課題がある。このため低水深、中水深のゲートに適する。

ゴム不連続式（B 3）（B 3'）

この方式は水密ゴムが不連続なことから隅角部の完全な水密及び底部戸当り側ゴムの永久歪に起因するキャビテーション対策などに対して、注意する必要がある。中水深のゲートまでに適する。なお、底部戸当り側のゴムを流水から保護しかつエアレーションを目的としてゲートより上流側で放流管に段差を付けるB 3'方式を採用した例がある。

圧着式（A 1，A 2）

この方式は操作性及び特にA 1方式は経済的には劣るが、水密性に優れるので超高水深まであらゆるゲートに適する。

摺動式、圧着式については主要な項目の比較を行うと表 2.4.1 のとおりである。

各水密方式の採用実績は図 2.4.6 に、対応するダム名等を表 2.4.2～2.4.6 に示すとおりである。図 2.4.6 から判るように水密方式は設計水深によって使い分ける傾向にあり、圧着式は40 m以上に採用されている。特に50 m～60 m程度以上では摺動式はほぼ採用されていない。逆に50 m～60 m程度までは摺動式が採用されている。図 2.4.6 では年代的な傾向は入っていないが、近年A 1方式の圧着式は水密操作が放流計画上の操作で繁雑になるなどのことから採用の目安となる設計水深がより高水深側に移行する傾向にある。

表 2.4.1 摺動式と圧着式の比較

	摺 動 式 （B）	圧 着 式 （A）
土木形状	• B 1 タイプはA タイプと同じ。 • B 2，B 3 タイプは水密構造上からは放流管の段差は必要としないがエアレーションを目的として段差を設けることもある。	• 放流管の吐口を拡巾して額縁状の戸当面を設ける。
水理特性	• B 1 タイプはA タイプと同じ。 • B 2 タイプはゲートリップ部に水密ゴムを付ける必要があるので、流況に注意して設計する必要がある。 • B 3 タイプでは放流管に埋め込まれる水密ゴム及びゲートリップの形状から高速流に対し、十分に注意して設計する必要がある。	• 空気箱と併用することで流況の問題は少ない。 • 圧着開放による噴流がある。
操 作 性	• 操作性はよい。	• 開閉の動作前後に圧着・開放の操作時間がA 1方式では6分，A 2タイプでは1分程度必要とするので、放流計画上この時間を考慮する必要がある。
構造特性	• 水密ゴムの形状決定に難しい面がある。 • B 3 タイプは側部と底部戸当りの隅角部の水密に注意を要する。	• 圧着機構（特にA 1）の規模が大きい。 • 断続操作に対して十分な耐久性を必要とする。

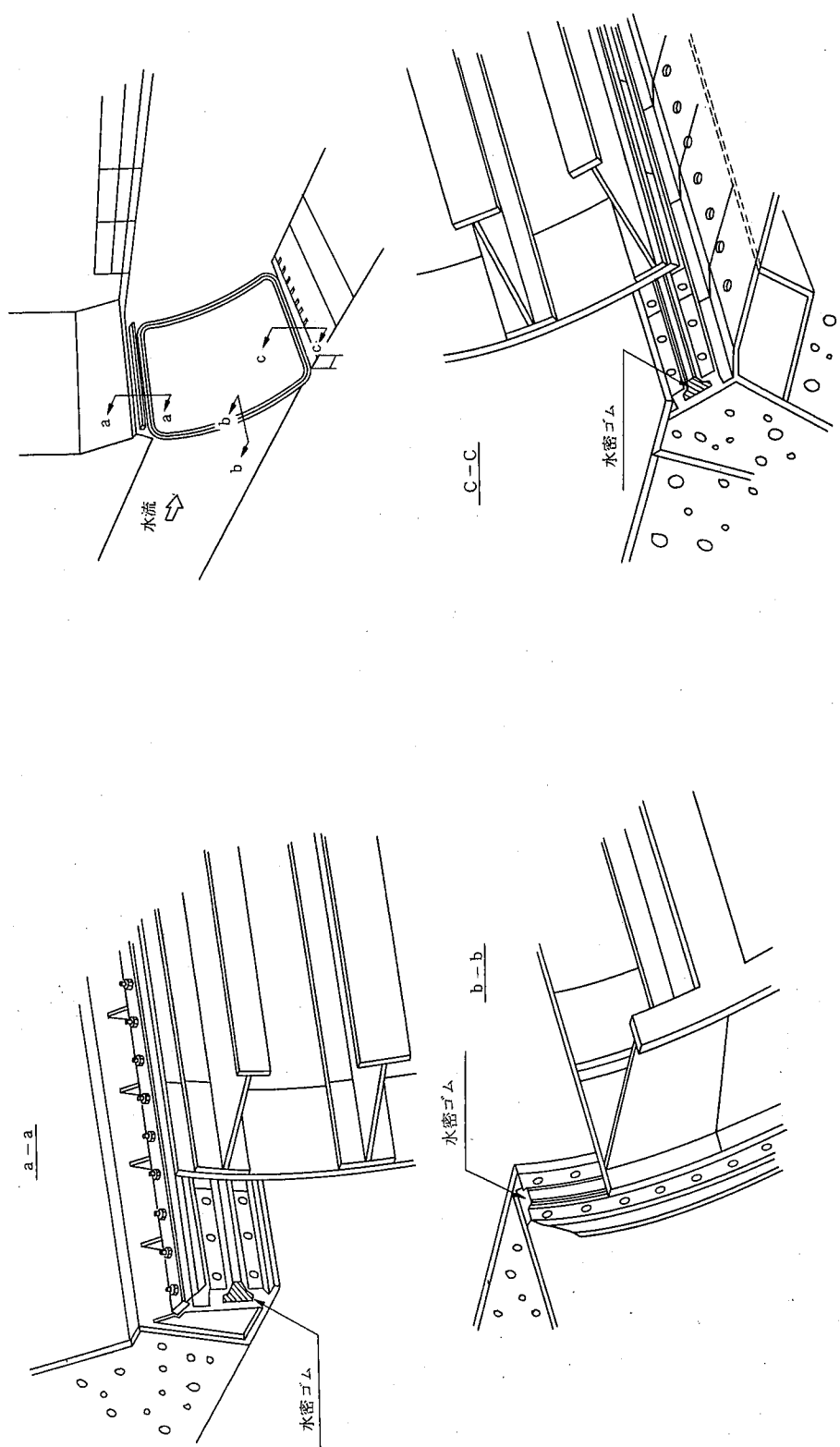


図 2.4.2.-(1) 扉 体 圧 着 (A1)

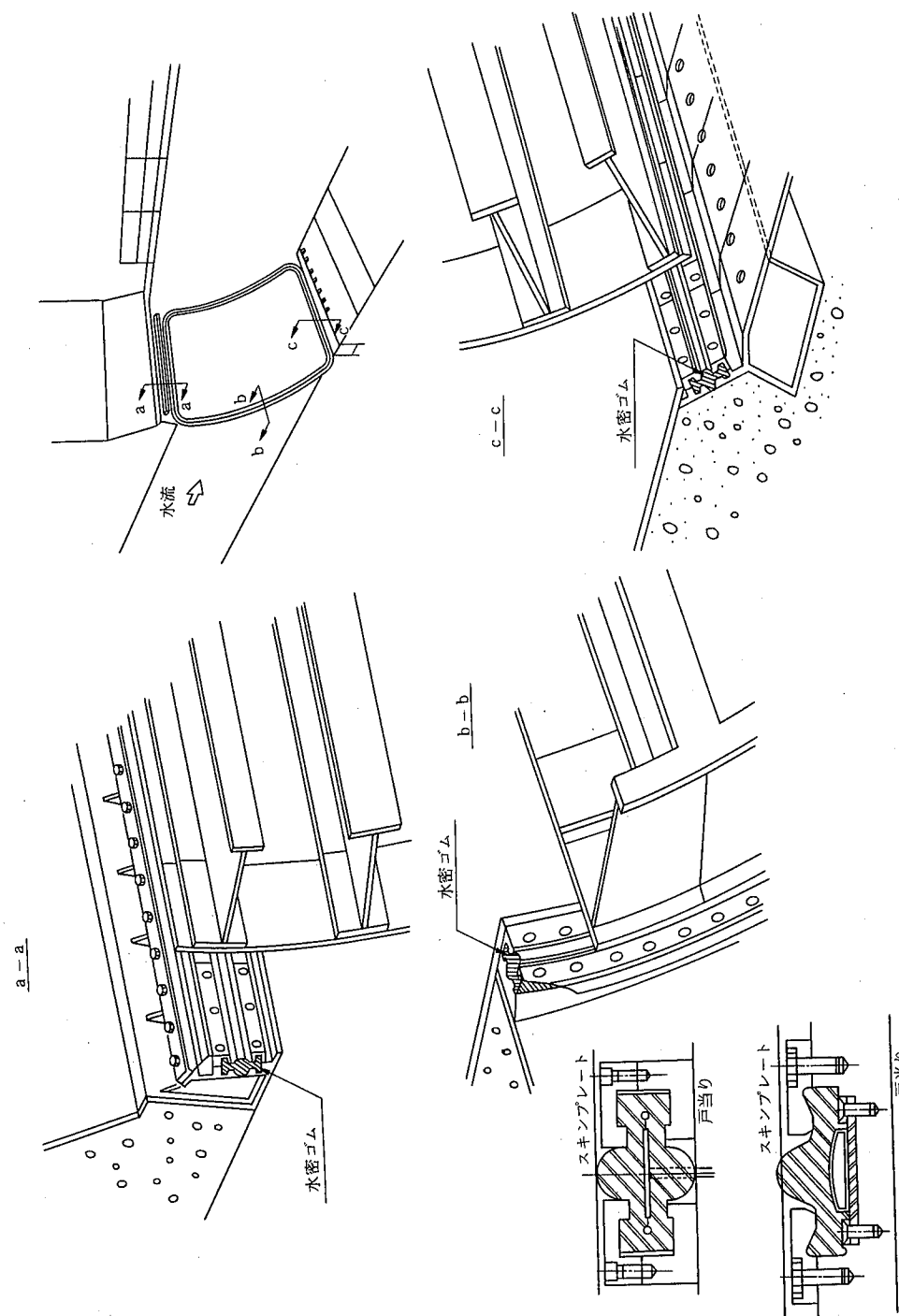


図 2.4.2.-(2) ゴ ム 圧 着 (A2)

A2 方式のゴム断面の例

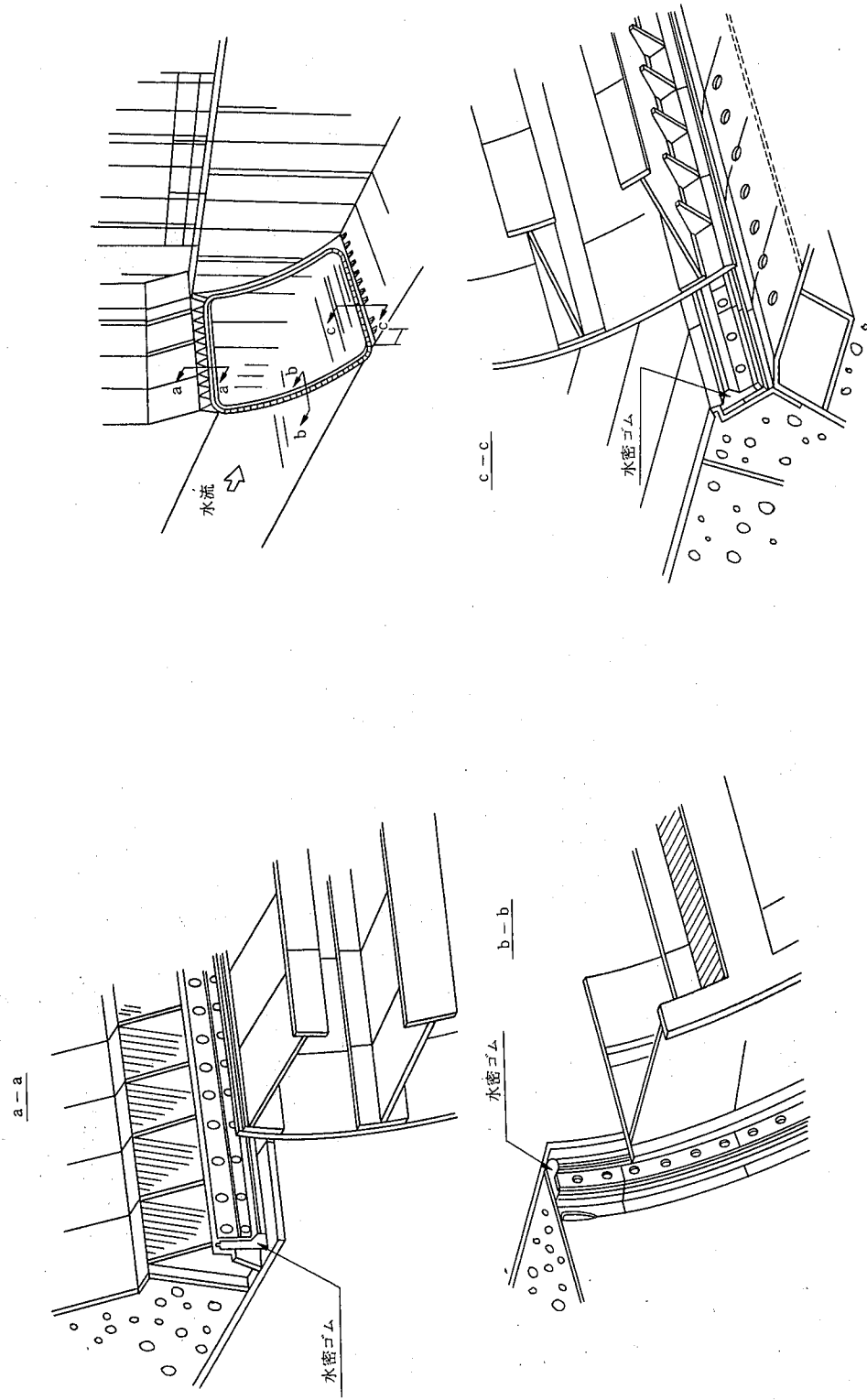


図 2.4.3 戸当りゴム連続 (B1)

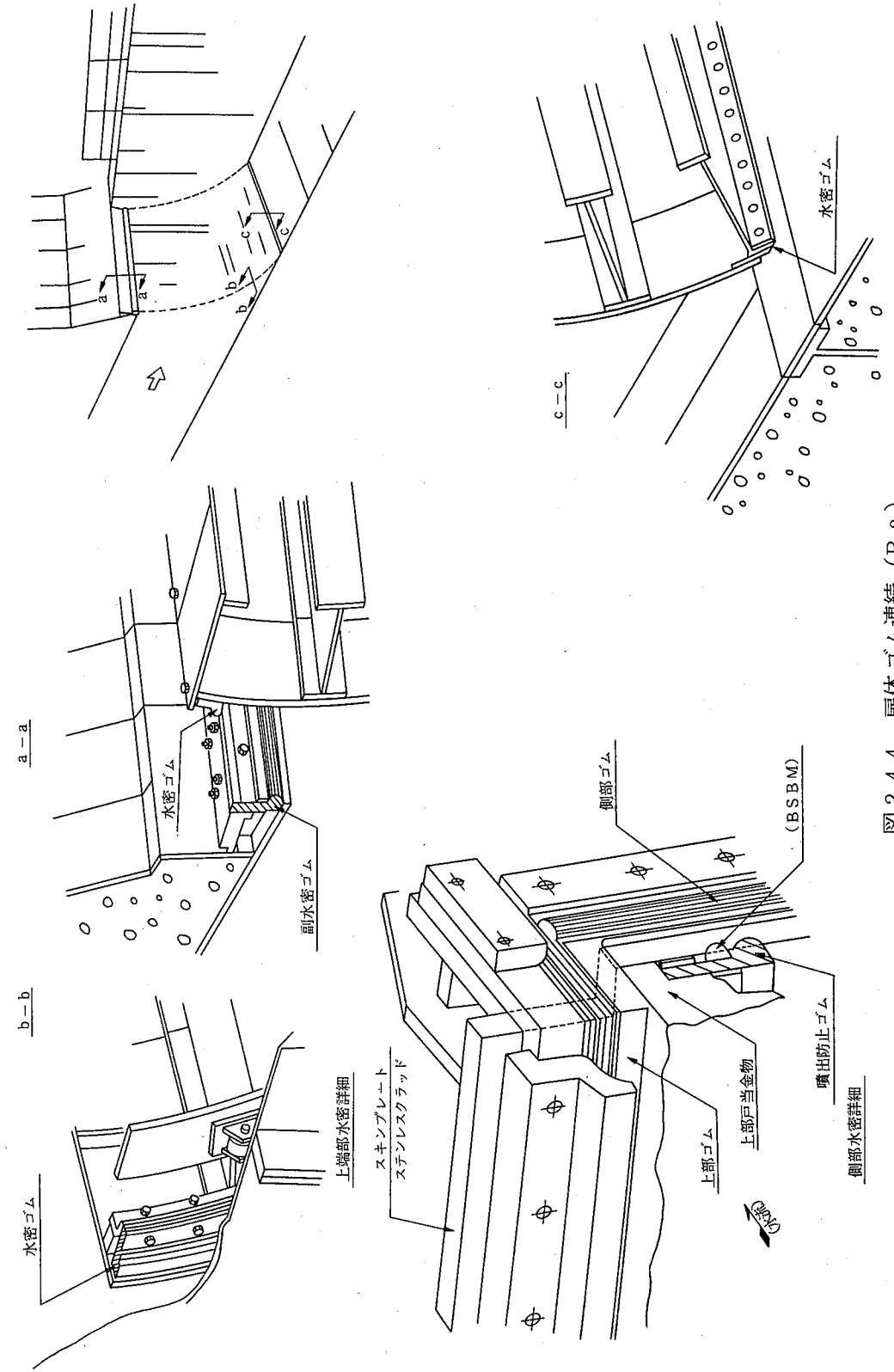


図 2.4.4 扉体ゴム連続 (B2)

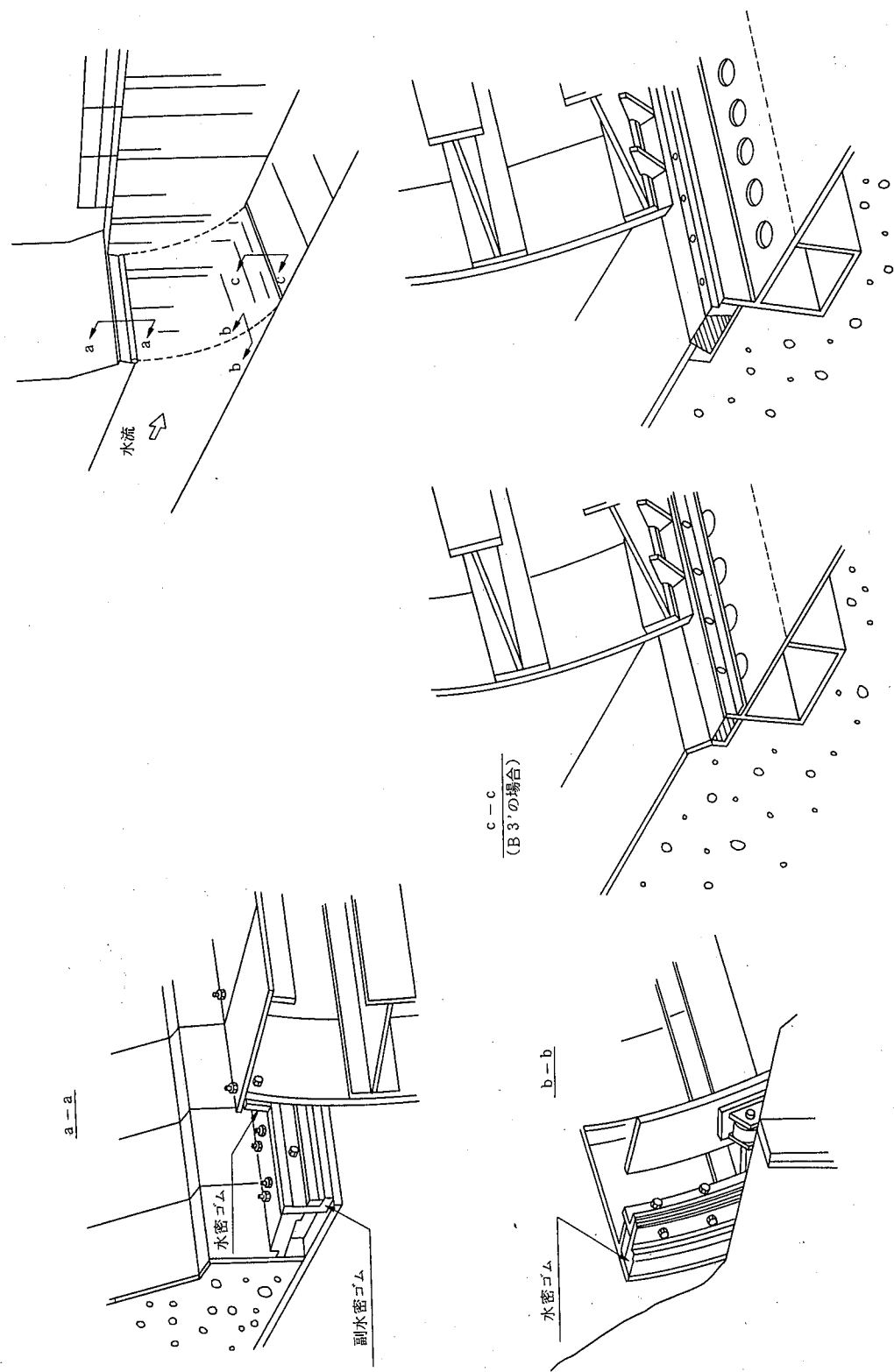


図 2.4.5 ゴム不連続 (B3)

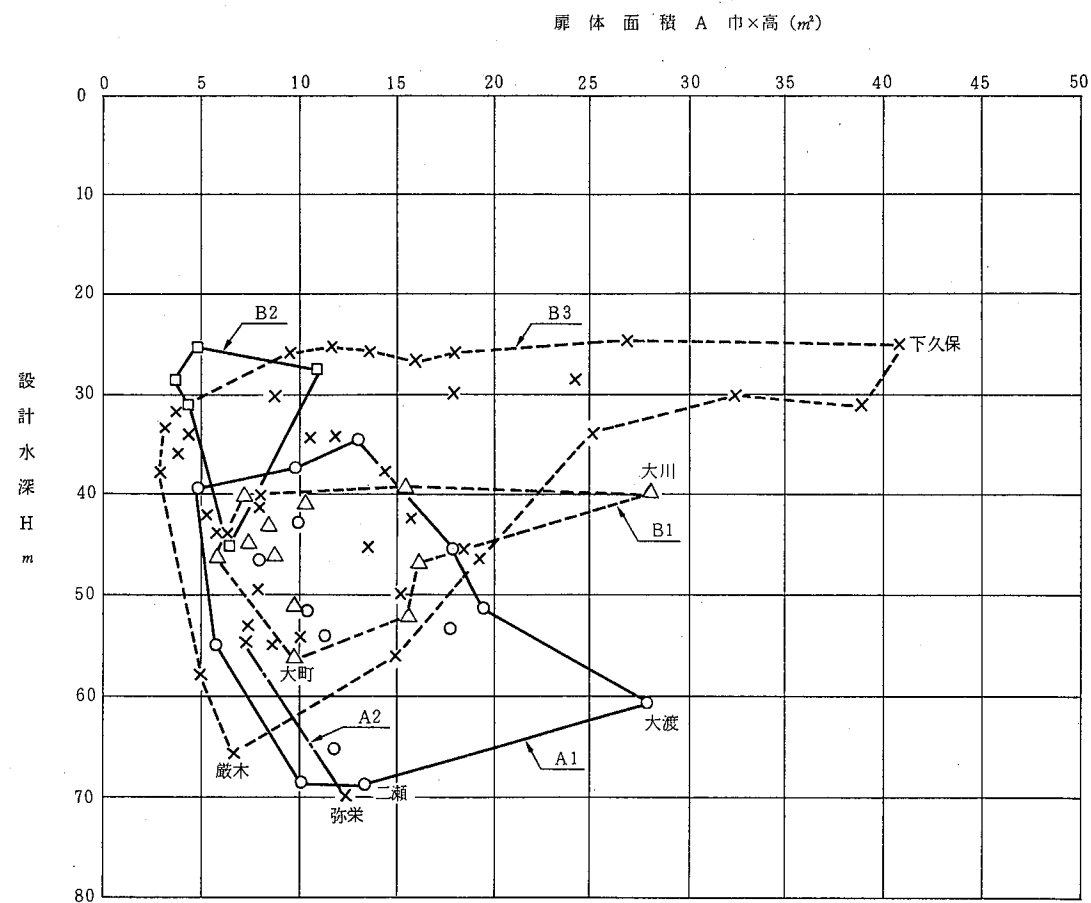


図 2.4.6 高圧ラジアルゲートの水密方式採用実績 (S 6 2 年度まで)

☆ 25 m 以下削除

表 2.4.2 A 1 方式の実績

No.	完成年度	起 業 者	ダム名	吐口部寸法 巾×高さ (m)	門数	設計水深 (m)
1	S 3 5	関 東 地 建	二 瀬	5.0 × 2.6 6	2	6 9.0
2	S 3 6	近 畿 地 建	大 野	3.6 × 3.6	3	3 4.7
3	〃	北海道開発局	大夕張	2.2 × 2.2	1	3 9.6
4	〃	中 部 電 力	畑 薙	3.3 × 3.0	1	4 2.8
5	S 3 7	愛 媛 県	鹿 森	3.2 5 × 3.0	1	3 7.5
6	S 3 9	関 東 地 建	藺 原	5.0 × 3.5 6	3	5 3.6
7	〃	九 州 地 建	鶴 田	4.3 × 4.1 5	3	4 5.5
8	S 4 0	東 北 地 建	湯 田	4.6 × 2.4 6	2	5 4.2
9	S 4 2	中 国 地 建	菅 沢	3.1 × 2.6	2	4 6.7
10	S 4 4	九 州 地 建	松 原	4.4 × 4.4	3	5 1.5
11	S 4 6	石 川 県	内 川	2.5 × 2.3	1	5 5.2
12	〃	三 重 県	君ヶ野	3.2 × 3.2	2	5 1.7
13	S 4 7	新 潟 県	加治川	3.4 × 3.0	2	6 8.8
14	S 5 1	水資源公団	草 木	3.2 × 3.7	2	6 5.6
15	S 5 2	四 国 地 建	大 渡	5.0 × 5.6 0	5	6 0.7 0

表 2.4.3 A 2 方式の実績

No.	完成年度	起 業 者	ダム名	吐口部面寸法 巾×高さ (m)	門数	設計水深 (m)
1	S 5 4	新 潟 県	早出川	2.7 × 2.7	2	5 5.0
2	S 6 2	中 国 地 建	弥 栄	3.5 × 3.5	3	6 9.6

表 2.4.4 B 1 方式の実績

No.	完成年度	起 業 者	ダム名	吐口部寸法 巾×高さ (m)	門数	設計水深 (m)
1	S 4 4	山 形 県	蔵 王	2.7 × 2.6 6	1	4 0.3
2	〃	中部電力	高 根	2.8 × 3.5	1	5 1.2
3	S 4 6	長 野 県	松 川	3.2 × 3.2	1	4 1.1
4	S 5 0	福 井 県	広 野	2.4 × 2.4	1	4 6.2
5	S 5 1	栃 木 県	塩 原	3.9 × 3.9	2	3 9.7
6	〃	秋 田 県	早 口	2.9 × 2.9	1	4 3.3
7	S 5 5	愛 媛 県	山 財	2.9 5 × 2.9 5	1	4 6.3
8	S 5 7	岩 手 県	滝	4.6 × 3.5	3	4 7.1
9	〃	北陸地建	大 町	3.4 × 2.8 5	2	5 6.3
10	S 5 8	〃	大 川	5.0 × 5.6 0	5	4 0.2
11	S 5 9	中国電力	俣野川	2.8 × 2.6 5	1	4 4.9
12	S 6 0	中部地建	蓮	3.8 × 4.1	3	5 2.3

表 2.4.5 B 2 方式の実績

No.	完成年度	起 業 者	ダム名	吐口部寸法 巾×高さ (m)	門数	設計水深 (m)
1	S 3 9	新 潟 県	笠 堀	2.8 × 2.3	1	4 5.5
2	S 4 7	熊 本 県	氷 川	3.4 × 3.2	1	2 7.8
3	S 4 9	山 口 県	大 坊	2.0 × 1.6	1	2 8.8
4	S 5 1	愛 媛 県	須賀川	2.1 × 2.1	1	3 1.3
5	S 5 3	山 口 県	川 上	2.2 × 2.2	1	2 5.6

表 2.4.6 B 3 方式の実績

No.	完成年度	起 業 者	ダム名	吐口部寸法 巾×高さ (m)	門数	設計水深 (m)
1	S 3 5	宮 崎 県	綾 北	5.6 × 4.5	2	3 4.1
2	S 3 7	石 川 県	我 谷	3.2 5 × 2.4 7	1	4 1.3
3	S 3 8	島 根 県	浜 田	2.8 × 1.9	2	4 2.3
4	"	宮 崎 県	立 花	3.4 × 2.2	1	5 3.5
5	"	中 部 地 建	横 山	5.0 × 6.5 1 4	3	3 0.3
6	S 4 1	秋 田 県	萩 形	1.6 × 2.4	1	3 6.0
7	S 4 2	水 資 源 公 団	下久保	6.3 × 6.5	2	2 5.3
8	S 4 3	"	高 山	4.6 × 4.0	4	4 5.8
9	S 4 4	東 北 地 建	釜 房	4.5 × 4.0	3	3 0.1
10	S 4 5	九 州 地 建	緑 川	6.2 × 6.3	3	3 1.4
11	S 4 6	宮 崎 県	祝子川	4.4 5 × 3.2 4	1	3 8.0
12	"	四 国 地 建	石手川	4.0 × 3.8	1	5 0.1
13	S 4 7	鳥 取 県	佐治川	2.3 × 1.9	2	3 4.2
14	"	秋 田 県	旭 川	2.1 × 1.8	1	3 2.0
15	S 4 9	中 国 地 建	土 師	4.5 × 4.0	2	2 6.1
16	"	新 潟 県	胎内川	4.5 × 3.5	2	4 2.7
17	S 5 0	東 北 地 建	白 川	4.8 × 5.0 6	1	2 8.7
18	"	茨 城 県	藤井川	3.7 × 3.7	1	2 6.0
19	"	島 根 県	八 戸	2.8 2 × 2.8 2	2	4 9.8
20	S 5 2	石 川 県	赤 瀬	3.6 × 3.2 5	1	3 5.5
21	"	徳 島 県	正 木	4.8 × 4.0	2	4 6.6
22	S 5 3	北海道開発局	漁 川	5.2 × 5.2	1	2 5.0
23	"	佐 賀 県	伊岐佐	1.8 × 1.8	1	3 3.5
24	S 5 4	北 陸 地 建	大 石	3.6 8 × 3.6 8	1	4 5.5
25	"	四 国 地 建	野 村	3.5 × 3.4	1	3 4.4
26	"	新 潟 県	刈谷田川	3.3 × 3.2	1	3 4.6
27	S 5 5	岩 手 県	綱 取	3.1 × 2.6	1	4 0.4
28	S 5 6	水 資 源 公 団	一 庫	4.4 × 3.4	2	5 6.3
29	S 5 7	山 口 県	生見川	2.6 × 2.2 7	1	4 3.9
30	S 5 8	九 州 地 建	耶馬溪	2.4 × 2.6 7 3	2	4 4.3
31	"	東 北 地 建	寒河江	4.0 × 4.0	2	2 7.0
32	S 6 0	"	浅瀬石川	2.8 × 3.6	2	5 4.5
33	"	新 潟 県	破間川	1.8 5 × 1.6	1	3 7.8
34	S 6 1	山 梨 県	大 門	3.3 × 2.6 5	1	3 0.5
35	"	九 州 地 建	巖 木	2.4 × 2.8	2	6 5.9
36	"	"	"	3.2 × 2.5	1	4 0.7
37	S 6 2	福 井 県	山 口	2.2 5 × 2.2 5	1	5 8.3
38	"	東 北 地 建	玉 川	2.9 × 3.0	2	5 5.2
39	"	水 資 源 公 団	味噌川	3.0 × 3.2	1	2 6.2

各方式の最近の中・高水深ゲート設置例を表 2.4.7 に示す。

表 2.4.7 各水密方式ごとの最近の中・高水深ゲート設置例

項 目		ダム名	設計水深	寸 法	全水圧荷重	備 考
水密方式						
圧着式	(A1) 扉体圧着	大渡ダム	(m) 6 0.7 6	巾×高 (m) 5.0×5.6	(t) 2,1 4 9	
	(A2) ゴム圧着	弥栄ダム	6 9.5 0	3.5×3.5	1,1 1 7	
摺動式	(B1) 戸当りゴム連続	大川ダム	4 0.2 8	5.0×5.6	1,4 2 7	
	(B2) 扉体ゴム連続	笠堀ダム	4 5.5 0	2.8×2.3	5 0 3	
	(B3) ゴム不連続	一庫ダム	5 6.3 0	4.4×3.4	1,0 6 7	

一方、水密を技術的に見た場合には、従来は圧着式で示されるように、水密ゴムは機械的に圧着しなければ水密は難しいと考えられていたが、近年メーカー等の実験などから、水密はゴムの形状、材料の組み合わせを工夫し、かつ上流側（湖水）の水圧を水密ゴムの密着力に有効に利用する構造とすれば高圧下であつても機械的な圧着なしで、水密は可能なことが確認されている。この際、上流側の圧力水を水密ゴムの破損や抜け出しなどがなく、いかに水密性のために利用するかの工夫は、メーカー毎に異なり、実施にあたっては発注者との十分な協議設計が必要である。この要領を作成するにあたって設計水深約 6 0 m で提案された摺動方式の設計事例を次図 2.4.7 に示す。

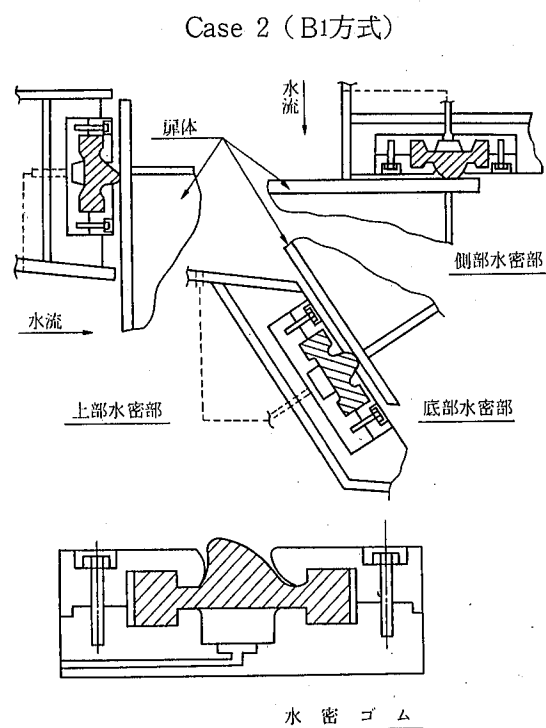
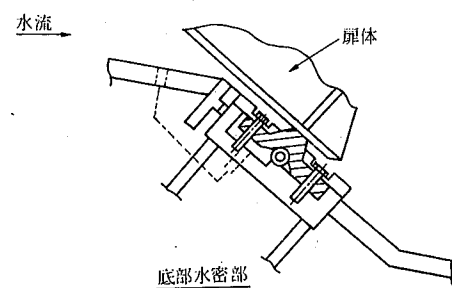
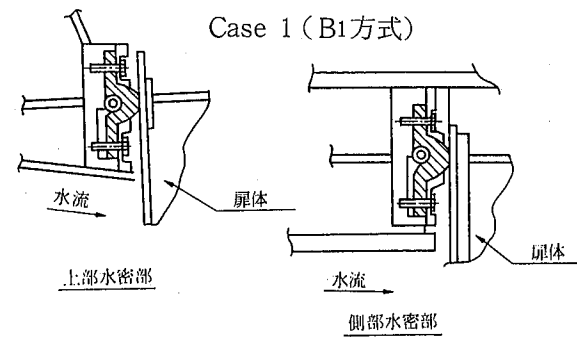


図 2.4.7 (1) 摺動式水密方式の設計例

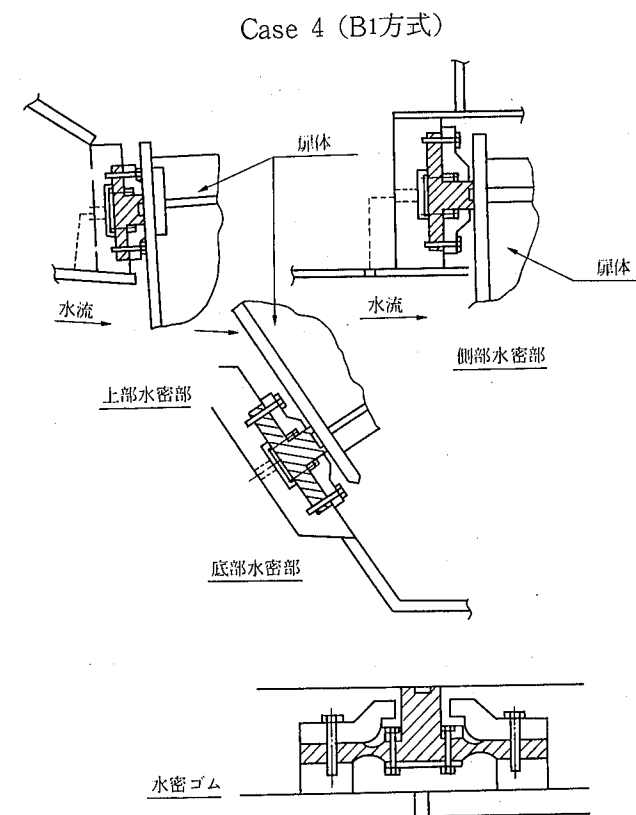
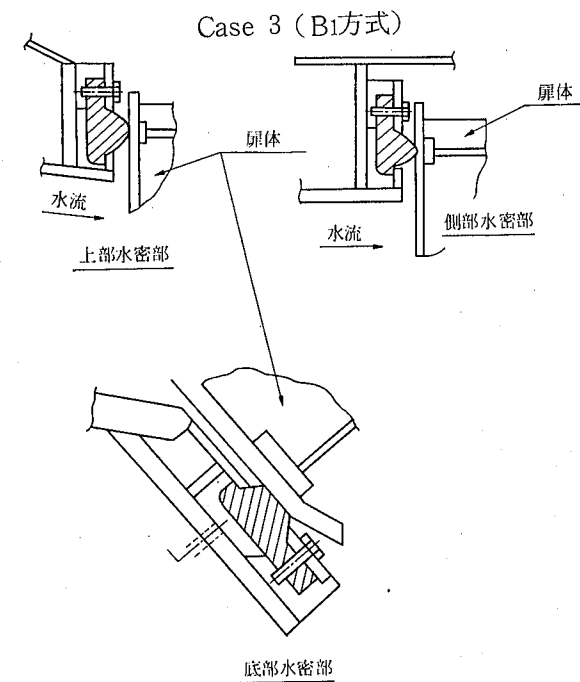


図 2.4.7 (2) 摺動式水密方式の設計例

Case 5 (B3方式)

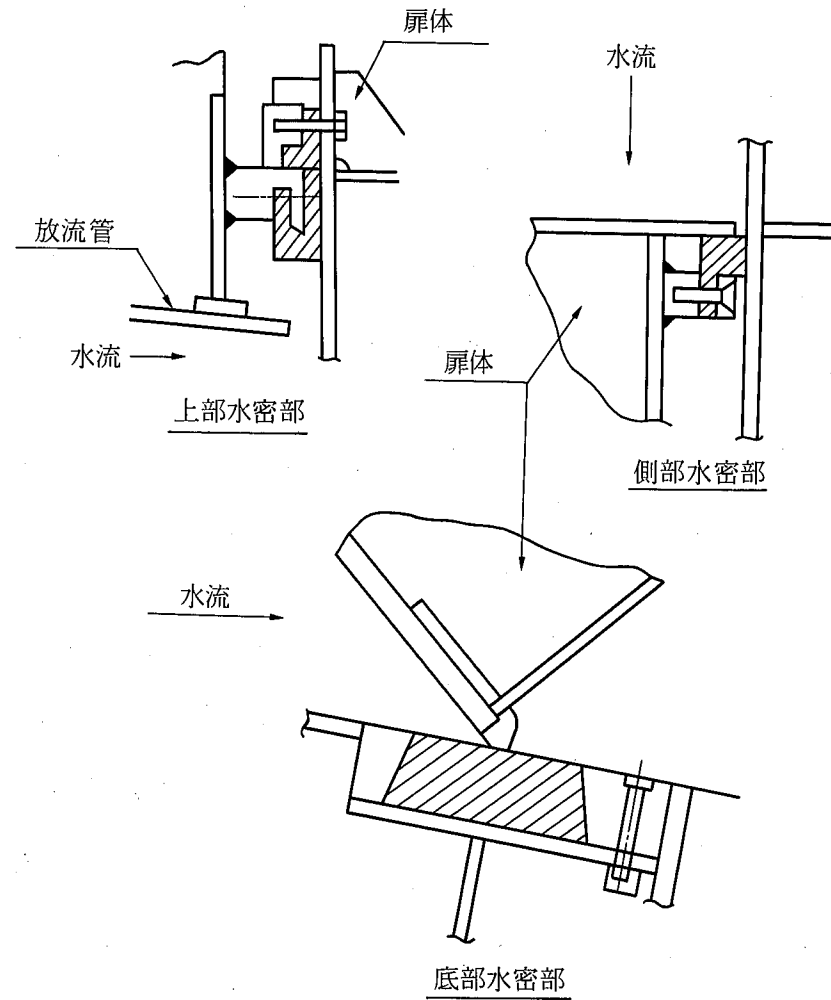


図 2.4.7 (3) 摺動式水密方式の設計例

5 節 予備ゲート

高圧ラジアルゲートは原則として予備ゲートを備えるものとする。

〔解 説〕

高圧ラジアルゲートはクレストラジゲートの場合と異なり、常時使用状態にあるので、修理などのために原則として予備ゲートを備える必要がある。

予備ゲートの設置方式には、高圧ゲート一門に対しそれぞれ1門毎の予備ゲートを備える方式と予備ゲート（扉体）は2門程度としてこれを専用のガントリクレーンで、その都度必要な箇所に設置する方式とがある。一般的には高圧ゲートが4～5門以上になると設備費用の面からガントリクレーンによる方式が有利といわれているが、緊急時の即応性が要求される点や管理体制などの管理上の面から、原則として高圧ゲート1門に予備ゲート1門を考えるものとする。

予備ゲートのゲート形式としては、ローラゲート又はキャタピラゲートが用いられる。設計水深が大きくなると扉体の降下（閉作動）力が問題となるので、自動調心ころ軸受（スヘリカルローラベアリング）を用いたローラゲート又はキャタピラゲートが用いられる。なおローラゲートではローラ1ヶ当り荷重が増し戸当りレールも大型になり、戸当り構造・施工上で問題となる場合に、ローラ1ヶ当りの荷重の小さいキャタピラゲートが用いられる。ローラゲートとキャタピラゲートの採用実績を集計したものを「コンクリートダム細部技術」より引用し参考として図2.5.1に示す。

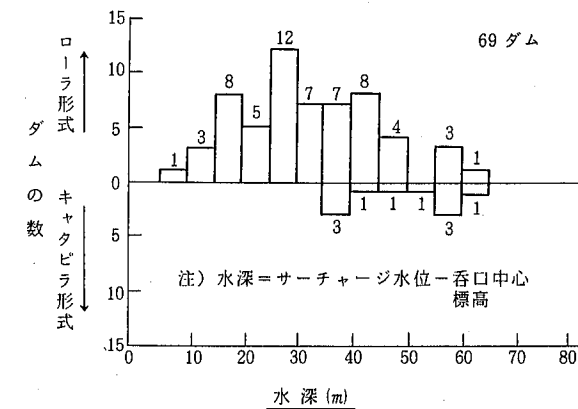


図 2.5.1 予備ゲートの形式

3 章 設 計

1 節 設 計 要 件

高圧ラジアルゲートは次の条件に適合するように設計するものとする。

1. ゲートは予想される荷重及び水理条件に対して安全な構造とし、確実に開閉し、かつ、必要な水密性、耐久性を有するものとする。また、管理が容易な構造とする。
2. ゲートの開閉装置は、適切な開閉機能を有し、ゲートの開閉を確実にできる構造とする。

〔解 說〕

河川管理施設等構造令第10条に規定されているダムのゲートが有すべき構造の基本的な条件を示すものである。

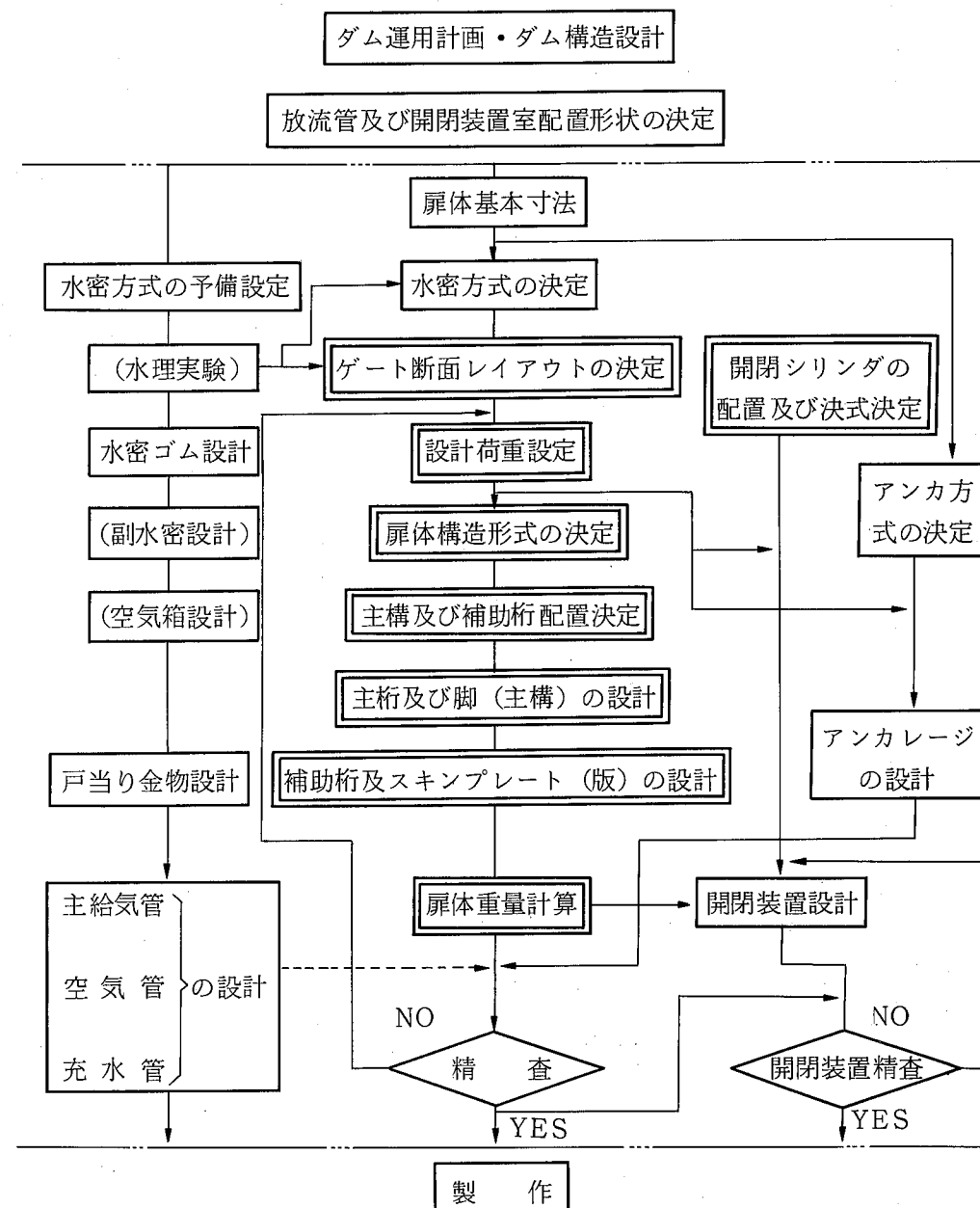
1. ゲートを設計するに際して、ゲートの全閉・全開・中間開度の想定されるあらゆる条件について、ゲートが有すべき安定性・必要な機能を満足するものでなければならない。特に微少開度放流の範囲を明確にして、それ以下の開度での長時間放流はさせることが望ましい。

ゲート管理の重要性からは、計画及び設計時から保守・点検・整備が容易に行えるようアクセス、給油装置の取付け場所及び水密の構造さらに の上面等には水抜き穴を設けて水溜りによる腐食を防ぐなどについて、十分配慮すべきである。

2. ゲートの開閉装置は、きめ細かい貯水池管理上の要求から微妙な流量調整を行えるよう円滑で、所要の断続運転が可能で、かつ操作が容易な開閉機能を有するものとする。

2 節 設 計 手 順

設計に際しては、周辺条件を適確に把握し、次に示すフローチャートに従い総合的に検討するものとする。



注)：()内のことは必要に応じ行なうもの。

〔解 説〕

本文の設計フローチャートは標準的な手順を示す。

高圧ゲートの設計に当っては特にダムの堤体の設計と整合する事前検討（予備設計）が重要で、場合によっては水理模型実験や水密など構造上の実験による設計も必要となる。

ゲート個々の設計では、全体形状、形式及び部材部品にいたるまで系統立て、相互の関連を把握し、設計を行うことが必要である。

3 節 設 計 条 件

1 項 設計荷重及び荷重の組合せ

- 設計に考慮する荷重は、以下のものとする。

ゲートの自重	(W)
貯留水による静水圧の力	(P)
地震時におけるゲートの慣性力	(I)
地震時における貯留水による動水圧の力	(pd)
ゲートの開閉によって生ずる力	(po)

- 1.に示す荷重は、次表の組合せについて考慮する。

荷 重 項			W	P	I	pd	po
区分	貯留水 水位	ゲート 開度					
地震時以外	常時満水位及び サーチャージ水位 及び設計洪水水位	ゲート全閉及 び中間開度	○	○			○
地 震 時	常時満水位及び サーチャージ水 位	ゲート全開	○		○		
		ゲート全閉	○	○	○	○	

- 貯留水による静水圧及び動水圧は、ダムの非越流部の直上流における水位とする。

〔解 説〕

- ダムのゲートに作用する荷重については、河川管理施設等構造令第11条第1項に規定されているが、本文には高圧ゲートに関するもののみ示した。設置条件によっては風荷重、雪荷重あるいは泥圧も考えられるが、高圧ゲートではこれらは特別な場合であり、実用上考慮する必要はないものと考えられるのでここでは示していない。
- 荷重の組合せは、考慮すべき水位とゲートの状態について区分している。

ゲートの構造計算に用いる設計水圧は、ゲートが全閉または中間開度の状態でダムの非越流部の直上流における水位が、常時満水位、サーチャージ水位、および設計洪水水位である場合のそれぞれについて、地震時および地震時以外の時に分けて荷重計算を行う。

地震の荷重計算にあたってはサーチャージ水位の場合にあっては、常時満水位の場合の設計震度の1/2の値とする。

なお地震力は水平面内の上下流方向及びダム軸方向について検討しなければならない。

構造計算に用いる震度は、河川管理施設等構造令施行規則第2条に示されるとおりで、同施行規則第11条には堤体震度とゲートに作用する震度とは同じとして取扱うよう規定されている。基本的には当該ゲートの震度を考えるべきで、ゲートが設置される場所の実状に応じ表3.3.1の値を下限値として適切に定める。

表 3.3.1 設 計 震 度

ダムの種類 \ 地域の区分	強震地域	中震地域	弱震地域
重力式コンクリート構造及びこれに準じる設置条件の場合	0.12	0.12	0.10
アーチ式コンクリート構造及びこれに準じる設置条件の場合	0.24	0.24	0.20

- 中間開度での検討は、あらゆる開度について安全性を確認するのが望ましい。
- 荷重項の個々の計算方法は河川管理施設等構造令、同施行規則および河川砂防技術基準（案）に準じて行う。一般的な計算方法は次に示すとおりである。

1) ゲートの自重 (W)

ゲートの設計を進めていく上で、脚柱のように開閉時の自重による分力など自重を考慮する必要がある。一般にはゲート規模により目安を与えておき、最終的にゲート重量を清算し安全を確認する。

この際、ゲート重量の目安を与える場合に、クレストラジアルゲートのように比較的ゲート規模に対しゲート重量の相関が得られているものがあるが、高圧ゲートの場合は、規模の他に扉体の巾と高さの比及び設計水深も大きく影響しているため同規模の実績から推定するのがよい。

2) 貯留水による静水圧の力 (P)

各々の設計水位における貯留水による静水圧の力は、ゲートと貯留水との接触面に対して垂直に作用するものとし、次の式によって計算する。

$$P = W_o \cdot h_o \quad (3.3.1)$$

ここに P ; 貯留水による静水圧の力 (tf/m²)

W_o ; 水の単位重量 (tf/m)

h_o ; 次の表に掲げる各々の設計水位に応じて、波浪高さを加えた水位から求めようとする点までの水深 (m)

表 3.3.2 各々の設計水位に応じた波浪高さを考慮した水位

設 計 水 位	ダム の 非 越 流 部 の 直 上 流 に お け る 波 浪 を 考 慮 し た 水 位。
(1) 常時満水位である場合	常時満水位 (H _n) に風による波浪の貯水池水面からの高さ (h _w) 及び地震による波浪の貯水池の水面からの高さ (h _e) を加えた水位。 $H = H_n + h_w + h_e$
(2) サーチャージ水位である場合	サーチャージ水位 (H _s) に風による波浪の貯水池水面からの高さ (h _w) 及び地震による波浪の貯水池水面からの高さの2分の1 ($\frac{1}{2} h_e$) を加えた水位。 $H = H_s + h_w + \frac{1}{2} h_e$
(3) 設計洪水水位である場合	設計洪水水位 (H _d) に風による波浪の貯水池水面からの高さ (h _w) を加えた水位。 $H = H_d + h_w$

表 3.3.2 に示す波浪高の計算は一般に次の式によって計算する。

ー ; 風による波浪高

ダムの上流面が鉛直に近いコンクリートダムのような場合には S.M.B. 法 (Sverdrup - Munk - Bretschneider) により求めた値とする。

$$h_w = 0.00086 V^{1.1} F^{0.45} \quad (3.3.2)$$

ここに、h_w ; 全波高 (有義波) (m)

F ; 対岸距離 (m)

V ; 風速 (10 分間の平均) (m/s)

ー ; 地震による波浪高

$$h_e = \frac{k \tau}{2 \pi} \sqrt{gH} \quad (3.3.3)$$

ここに、h_e ; 半波高 (m)

k ; 設計震度

τ ; 地震周期 (s)

g ; 重力の加速度 (m/s²)

H ; 貯水池水面より基礎地盤までの水深 (m)

(ハ) 地震時のゲートの慣性力 (I)

地震時のゲートの慣性力は、水平方向に作用し、次式により計算する。

$$I = W \cdot k \quad (3.3.4)$$

ここに、I ; 地震時におけるゲートの慣性力 (tf)

W ; ゲートの自重 (tf)

k ; 設計震度

(ニ) 地震時の貯留水による動水圧の力 (P_d)

地震時の貯留水による動水圧の力は、ゲートと貯留水との接触面に対して垂直に作用するものとして、一般には次式によって計算する。

$$P_d = 0.875 W_o k \sqrt{H_i h_i} \quad (3.3.5)$$

P_d ; 地震時における貯留水による任意の点の動水圧の力 (tf/m²)

W_o ; 水の単位体積重量 (tf/m³)

k ; 設計震度

H_i ; ダムの非越流部の直上流部における水位から基礎地盤までの水深 (m)

(風及び地震による波浪高は含まない)

h_i ; ダムの非越流部の直上流部における水位から動水圧を求めようとする点ま

での水深 (m)

(※) ゲートの開閉によって生ずる力 (P_o)

ゲートの開閉力は、扉体自重、トラニオン軸受の回転摩擦力及び水密ゴムの摩擦力などにより開閉力とし求めるが、この分力が結果的に扉体に外力として作用する。

5. 高圧ラジアルゲートに発生する二次的応力としては次の応力が考えられる。

- 1) 製作・据付までの誤差による二次的応力 (特に初期たわみ等)
- 2) 荷重による部材及び支点の変位 (アンカーガーダのたわみ等) による二次応力
- 3) 温度変化による応力
- 4) 放流時の振動による応力
- 5) アーチダムの温度変化・水圧変化等による変位により生ずる拘束応力

一般に、現状の設計例ではこれらの応力を部材の余裕で考慮したり、仮定条件を与えて求める場合などがあり、かならずしもその取扱いが明確となっていないが、これらの応力がゲートの安全に大きく影響すると思われる場合は考慮するものとする。

なお、テンションビームの伸び、ガーダのたわみによる二次応力は、過去の計算例ではかなり大きな値となる場合があり、特にテンションビーム方式のアンカレージの設計においてはこれらの変形を極力押えるよう注意しなければならない。

2 項 材 料

区分	使用箇所	材 料 名	記 号	J I S 番号
扉 体 ・ 戸 当 り	主 構 等	一般構造用圧延鋼材	SS41	G3101
		溶接構造用圧延鋼材	SM41	G3106
	スキンプレート	一般構造用圧延鋼材	SS41	G3101
		溶接構造用圧延鋼材	SM41	G3106
		ステンレスクラッド鋼	SS41 (又は SM41)	G3601
			+SUS	
	トラニオンハブ	炭素鋼鋳鋼材	SC46	G5101
		炭素鋼鍛鋼材	SF45	G3201
	トラニオン軸	同 上	SF45	G3201
		ステンレス鋼材	SUS	G4303
	リベット	機械構造用炭素鋼鋼材	S-C	G4051
		リベット丸鋼	SV34	G3104
	リーマボルト	機械構造用炭素鋼鋼材	S-C	G4051
	トラニオン軸受	オイルレスメタル		
		自動調心ころ軸受		B1513
	水密ゴム	天然ゴム又は合成ゴム		
	水密ゴム当り面	ステンレス鋼材	SUS	G4304-4307
	水密ゴム押え板	同 上	SUS	G4304-4307
	同上ボルト	ステンレス鋼棒	SUS	G4303
	アンカーガーダ	一般構造用圧延鋼材	SS41	G3101
		溶接構造用圧延鋼材	SM41	G3106
		P C 鋼材	SWRS- , SBPR-	G3536 , G3109
		一般構造用圧延鋼材	SS41	G3101
		溶接構造用圧延鋼材	SM41	G3106
開 閉 装 置	アンカレージ	ステンレス鋼棒	SUS	G4303
	サイドローラ	溶接構造用圧延鋼材	SM41	G3106
		機械構造用炭素鋼鋼材	S-C	G4051
	油圧シリンダチューブ	ステンレス鋼棒	SUS	G4303
		圧力配管用炭素鋼鋼管	STPG	G3454
	同 上 ロッド	ステンレス鋼管	SUS-TP	G3459
		一般構造用圧延鋼材	SS41	G3101
	油圧配管	溶接構造用圧延鋼材	SM41	G3106
		一般構造用圧延鋼材	SS41	G3101
	フレーム及びガーダ	溶接構造用圧延鋼材	SM41	G3106

〔解 説〕

使用材料は、河川砂防技術基準（案）に示されたものから選定し標準として示すもので、必要に応じてこれ以外のものを使用することも可能である。

なお構造用圧延鋼材としてはSS41とSM41を選定し、SM50などの高張力鋼材を掲げなかったのは、高張力鋼を使用して重量を軽減することよりも、たわみや座屈に影響のある剛性を重視したものである。この点でSS30も考えられるが、一般的に用いられていないので除いた。SS41とSM41の板厚による鋼種選定標準使い分けは図3.3.1による。

トラニオン軸は、SUS材以外の場合には、かならず信頼性を有するクロムメッキを施すことがメンテナンス上重要である。

トラニオン軸受は、管理および強度の面から現状ではオイルレスメタルが最適と考える。ただし、適合した油脂による潤滑、防錆を行

うものとする。なお、水密方式に扉体圧着式（A1方式）を採用する場合は圧着時の機械効率を考慮して自動調心ころ軸受（JIS B1535）（スベリカルローラベアリング）を採用する例が多い。

水密ゴムは、高圧下での使用条件を考慮して形状を定め、その材質は、天然ゴム又は合成ゴムのいずれか適した方を採用する。

水密ゴム及びサイドローラの当り面（路面板）は、加工性、防錆の面からSUS304とするのがよい。

また、水密ゴム押え板、同ボルトはメンテナンスを考慮してSUS304又はSUS403を用いるものとする。

アンカレージに用いる鋼材は扉体構造部分と同様に、伸び、たわみによる2次応力を極力少なくするようSS41、SM41とする。なお、高圧ゲートのアンカレージは一般構造用鋼材では荷重、規模の面で対処しきれない場合が多いのでPC鋼材を採用することが多い。この選定については3章6節1項の表3.6.1に示す。

油圧シリンダチューブはSM41の他に、STKM材が用いられる場合がある。ロッドについてはS45C又はSUS304、同403（いずれもクロムメッキ）などが用いられている。

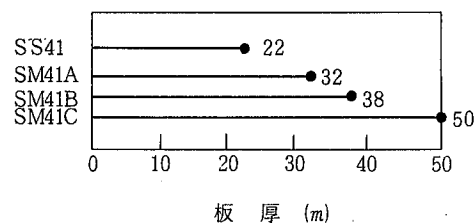


図3.3.1 板厚による鋼種選択標準

開閉装置関係についても、たわみ、座屈及び防錆等を考慮するものとする。油圧配管については、屋内では一般にSTPG42が用いられるが、特に屋外及びコンクリートに埋設される部分は腐食によるトラブルが考えられるので、SUS304TPとしなければならない。

3項 許容応力度

1. 高圧ラジアルゲートに生ずる応力度は、適切な工学試験の結果に基づき定める許容応力度を越えないものとする。
2. 地震時の影響を考慮したときの許容応力度は上記の許容応力より50%増しとすることができる。但し、PC鋼材については、許容応力度の割増しをしてはならない。

〔解 説〕

許容応力度については河川管理施設等構造令施行規則第11条第3項に規定しているが、「適切な工学試験の結果に基づき定める許容応力度」としては、河川砂防技術基準（案）を準用する。この中で、高圧ラジアルゲートは常時使用状態にあり、さらに放流時の振動に伴う2次応力などを考慮して許容応力度の基準は、材料降伏点強度又は降伏点がない材料については耐力の1/2の87.5%以内としている。

アンカー部のコンクリートの許容応力度（支圧応力、付着応力および剪断応力）は、コンクリート標準示方書（土木学会）及びプレストレストコンクリート標準示方書（土木学会）を準用する。アンカー材としてPC鋼材を用いる場合のコンクリートは「プレストレストコンクリート標準示方書—土木学会」によることが望ましい。

PC鋼材については、一般的な鋼材と強度設計の考え方が異なっているので、許容応力度の割増しはしてはならない。

(1) 高圧ラジアルゲートの許容応力度は表3.3.2による。

表 3.3.2(1) 構造用鋼材

(単位 kgf/cm^2)		
種 類	鋼 種 SS 4 1, SM 4 1	
	厚さ $\leq 40 \text{ mm}$	> 40
1. 軸方向引張応力度 (純断面積につき)	1050	左 記 応 力 度 の 0.92 倍 と す る
2. 軸方向圧縮応力度 (総断面積につき)	$\frac{\ell}{r} \leq 20$: 1050 $20 < \frac{\ell}{r} \leq 93$:	
圧縮部材 ℓ : 部材の座屈長 (cm)	$1050 - 6.3 \left(\frac{\ell}{r} - 20 \right)$	
r : 部材の総断面の 断面二次半径 (cm)	$93 < \frac{\ell}{r} : \frac{9,000,000}{6,700 + \left(\frac{\ell}{r} \right)^2}$	
圧縮添接材	1050	
3. 曲げ応力度 桁の引張縁 (純断面積につき)	1050	
桁の圧縮縁 (総断面積につき)	$\frac{\ell}{b} \leq \frac{9}{k}$: 1050	
A_w : 腹板の総断面積 (cm^2)	$\frac{9}{k} < \frac{\ell}{b} \leq 30$:	
A_c : 圧縮フランジの 総断面積 (cm^2)	$1050 - 9 \left(k \frac{\ell}{b} - 9 \right)$	
ℓ : 圧縮フランジの 固定点間距離 (cm)	但し $\frac{A_w}{A_c} < 2$ の場合は $k = 2$ とする	
b : 圧縮フランジ巾 (cm)		
$k = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$		
スキンプレート等で直接 固定された場合	1050	
4. せん断応力 (総断面積につき)	600	

表 3.3.2 (2) 鋳鋼鍛鋼及び特殊鋼等

(単位 kgf/cm^2)			
種 類	鋼 種		
	SC 4 6 SCW 4 2	SF 4 5	SUS 3 0 4
1. 軸方向引張応力度	1,050	1,050	910
2. 軸方向圧縮応力度	1,050	1,050	910
3. 曲げ応力度	1,050	1,050	910
4. せん断応力	600	600	530
5. 支圧応力	1,500	1,500	1,300

注 軸方向圧縮応力度は座屈を考慮しない場合。

・部材の座屈長 ℓ は、部材長 L 及び表 3.3.3 に規定される係数 β から次式により求める。

なお、 β の値は表 3.3.3 の下段の値を採用することが望ましい。

$$\ell = \beta \cdot L \quad (3.3.6)$$

但し、高圧ゲートの主構（脚柱）の細長比は当該各項に示すものとする。

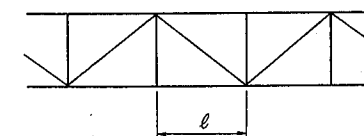
表 3.3.3 部材の有効座屈長

	L : 部材長 (cm)						材端条件	回転に 対して	水平変位 に対して
	1	2	3	4	5	6			
座屈形が 点線のよ うな場合								固定	固定
								自由	固定
								固定	自由
								自由	自由
β の理論値	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0			
β の推奨値	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0			

ここに、

L = 部材長 (cm)

圧縮フランジの固定点間距離 ℓ は、部材
骨組線の交点間の距離をとる。



(2) 表にない材料を使用するときの許容応力度については、上記の規定に準じて各応力度
を決定する。

(3) 同一面内に直交する応力が作用する場合は、その合成応力度は、次の値以下とする。

常 時 $1.5 \sigma_a$
地震時 $0.9 \sigma_y \times \alpha$ (3.3.7)

ここに、 σ_a ：許容応力度

σ_y ：降伏点応力度

α ：0.9（ゲートでは、他の構造物に比べ許容応力度の値を小さくとるので、それに対応した係数）

このときの合成応力度は次式によって計算する。

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + 3\tau^2} \quad (3.3.8)$$

ここに、 σ_g ：合成応力度

σ_1 ：x 方向に発生する応力度（引張を正とする）

σ_2 ：y 方向に発生する応力度（引張を正とする）

τ ：x 又は y 方向に生じる剪断応力度

(4) 接合用鋼

表 3.3.4 接合用鋼の許容せん断応力度、支圧応力度

(単位 kgf/cm²)

鋼 種 種 類	SS41, SM41	
	厚さ ≤ 40 mm	> 40
リ ベ ッ ト	SV34	
1. せん断応力度		
工場リベット	950	左記に
現場リベット	850	同じ
2. 支圧応力度		左記の
工場リベット	1,950	0.92倍
現場リベット	1,700	とする
ボ ル ト	SS41, S20C	
1. せん断応力度		
仕上りボルト	750	左記に
アンカボルト	500	同じ
2. 支圧応力度		左記の
仕上りボルト	1,700	0.92倍
ピ ン	1,700	とする

(5) PC鋼材

PC鋼材の許容引張応力度は表 3.3.5 の左欄に掲げる場合毎に右欄の何れか小なる値とする。

表 3.3.5 PC鋼材の許容引張応力度

鋼 種 適用時	PC鋼線・PC鋼より線・PC鋼棒の許容引張応力度
緊 張 直 後	0.60 σ_{pu} 又は 0.70 σ_{py}
施 工 中	0.50 σ_{pu} 又は 0.60 σ_{py}
完 成 後	0.40 σ_{pu} 又は 0.55 σ_{py}

ここに、 σ_{pu} ：PC鋼材の引張強度

σ_{py} ：PC鋼材の降伏点強度

(6) 鋼材を溶接で接合する場合の、当該部分の許容応力度は、前項の値に、表 3.3.6 の値を乗じた値とする。

表 3.3.6 溶接の継手効率

種 別		工場溶接	現場溶接
突合せ溶接	放射線検査を行うとき	0.95 (1.0)	0.90 (0.95)
	放射線検査を行わないとき	0.85	0.80
すみ肉溶接		0.95	0.90

() 内は溶接線全長について放射線検査を行う場合。

表 3.3.6 に示した値は、河川砂防技術基準（案）による。ただし、この表を採用できる条件として、溶接部の設計、施工及び検査方法とその判定は、機械工事共通仕様書（案）（大臣官房建設機械課）等の当該規定を満足していなければならない。

なお、実用上、曲げを受ける桁の溶接部などは、最大曲げモーメントの生じる部分を選んでいることから、溶接効率などの影響で部材寸法が決めることは少ないが溶接効率の影響について精査を必要とする。

4 項 許容たわみ度

扉体の主桁の曲げによるたわみは、支持間隔の $1/2000$ 以下とする。

〔解 説〕

扉体の曲げによるたわみは、構造物としての必要な剛性と水密性から定める。この要領で扉体のたわみは主桁を対象とするものとし、たわみ度の基準は、ゲートの径間にかかわらず主桁支持間隔例えば脚柱の間隔及び張出し長さを基準とする。

5 項 部 材

1. 余裕厚

鋼材の余裕厚は、原則として貯留水に接する面に 1mm 以上とする。

2. 最小板厚

ゲートに使用する主要部材の鋼材の最小板厚は、腐食代を含み、 8mm 以上とする。

3. 細長比

ゲートに使用する部材の細長比は、次表に示す値以下とする。

部材の細長比の制限

部 材	細 長 比
圧 縮 材	120
引 張 材	200

4. 桁

桁の腹板・補鋼材・フランジプレートの寸法は次を標準とする。

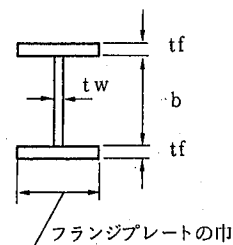
1) 腹板の最小厚さ

SS41・SM41

垂直補剛材のない場合 $tw \geq \frac{b}{70}$

垂直補剛材のある場合 $tw \geq \frac{b}{152}$

ここに、 b : 上・下フランジの純間隔 (cm)



2) フランジプレートの巾

圧縮フランジ $24 \cdot tf$ 以内

引張フランジ $30 \cdot tf$ 以内

ここに、 tf : フランジプレートの厚さ (cm)

3) 垂直補剛材の間隔

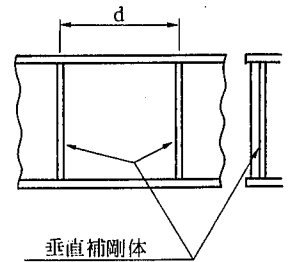
$$d \leq 3,200 \frac{tw}{\sqrt{\frac{S}{A}}}$$

ここに、 d : 垂直補剛材の最大間隔 (cm)

tw : 腹板の厚さ (cm)

S : 腹板に作用するせん断力 (kgf)

A : 腹板の総断面積 (cm²)



4) 垂直補剛材の寸法

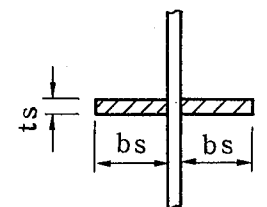
(1) 垂直補剛材の場合

$$bs \geq \frac{b}{12}$$

$$ts \geq \frac{bs}{12}$$

ここに、 bs : 垂直補剛材の巾 (cm)

ts : 垂直補剛材厚さ (cm)



一般に腹板の両側に取付けることが多いが、片方のときは、下面に付けるものとする。

(2) 荷重集中点の垂直補剛材の場合

一般にその部分に作用する荷重に対し、座屈しないようにその断面を定め、普通腹板の両側に取付ける。

有効座屈長は $b/2$ (高の $1/2$) とし、腹板の有効巾は垂直補鋼材の両側にそれぞれ腹板厚の 12 倍までとする。なお全有効断面積は補鋼材の断面積の 1.7 倍以上とはならない。

5) 圧縮力を受ける部材の腹板の厚さ

(1) 圧縮力を受ける部材の腹板の厚さは、板の両縁が十分に拘束されているときは下記を標準とする。

SS41・SM41 厚さ $tw \geq \frac{b}{40}$

ここに b : 上・下フランジの純
間隔 (cm)

(2) フランジプレートの中と厚さは
4.2) の規定によるものとする。

6) 曲げを受ける部材のせん断応力度
は、せん断力を腹板の全断面で除
した値とする。

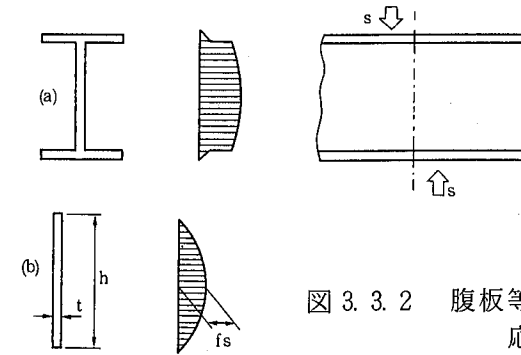
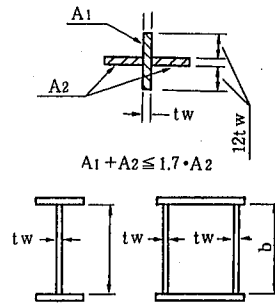


図 3.3.2 腹板等のせん断
応力の分布

〔解 説〕

1. 主要部材の鋼材の最小板厚は、扉体の剛性を重視し腐食代を含み 8 mm 以上とする。ただし、水圧力、扉体の自重、開閉力等の荷重を直接支持しない部材は、所要の安全を確保できれば 6 mm 以上としてもよい。

腐食などに対する余裕厚は、本来実状に応じて定めるべきであるが、接水面（スキンプレート前面）に 1 mm 以上とする。ただし、水密方式の条件から決める場合、それ以外でもメンテナンスを考慮してスキンプレートには、ステンレスクラッド鋼を用いる例が多い。ステンレスクラッド鋼を用いる場合はステンレス鋼材の厚さを 2 mm 以上とし、その厚さを強度に見込まない。

2. 部材寸法の標準は、腹板が薄いと曲げモーメント、せん断力により座屈するおそれがあり、フランジプレートや垂直補剛材もその寸法が適当でないと腹板と協同して働かないために規定した。

3. 圧縮力を受ける部材の腹板の標準は、脚柱のような圧縮力を受ける部材について、部材断面積で十分であっても、それを形成する板が薄いと局部的な座屈のおそれがあるので、圧縮部材の板厚の制限を設けた。

なお、2、3は道路橋示方書などの考え方に準じて必要最小限のものを示したものである。

4. 通常用いられる図 3.3.2 の(a)に示すような I 形断面、H 形断面では腹板のせん断応力度分布を均等とみなしても大きな誤差はないので、作用せん断力を腹板の全断面積で除

したものをせん断応力度と考えてよい。しかしながら、たとえば図 3.3.2 (b)のように細長い長方形断面のみでせん断力を負担する場合には断面に沿う応力の差が大きく、塑性応力の再分配が完全に行われるまえに、座屈しわが発生する危険も考えられるので、

$$\tau_a > \frac{3 \cdot S}{2 \cdot h \cdot t} = f_s \quad (3.3.9)$$

τ_a : 許容せん断応力度

によって検定すべきである。

4 節 基 本 条 件

1 項 扉体の基本寸法およびレイアウト

1. 扉体半径及び扉体のピン（トラニオン軸受の中心）位置、高さの関係は、水理的条件、堤体形状及び経済性などから合理的に設定するものとする。
2. 扉体の実寸法は 1. で定めた基本形状に対し、水密構造上必要な最小限の寸法を考慮して決定する。

〔解 説〕

1. ゲートのレイアウトを行うには、原点となる放流管吐き口断面の寸法及び基準点を設定する。次に重要で、かつ課題となるのは扉体半径とピンの位置の関係である。このとき、開閉装置との関連も考慮するが、特に考慮すべき事項は一般的には図 3.4.2 に示すとおりである。

なお、この要領ではゲートレイアウト上の実質的な基準点（以下この指針で単に「基準点」という）を吐口断面の上端（厳密には放流管の内法の下流端上端）とする。

また、扉体の公称寸法は従来からこの吐口断面の中心を通るx軸上、y軸上の寸法を径間×扉高としているので、ここでもそのように取扱う。

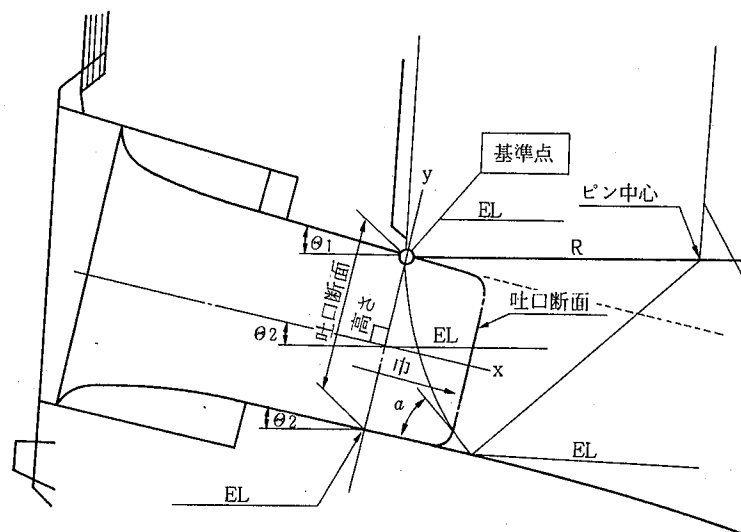


図 3.4.1 ゲートレイアウトの基準点

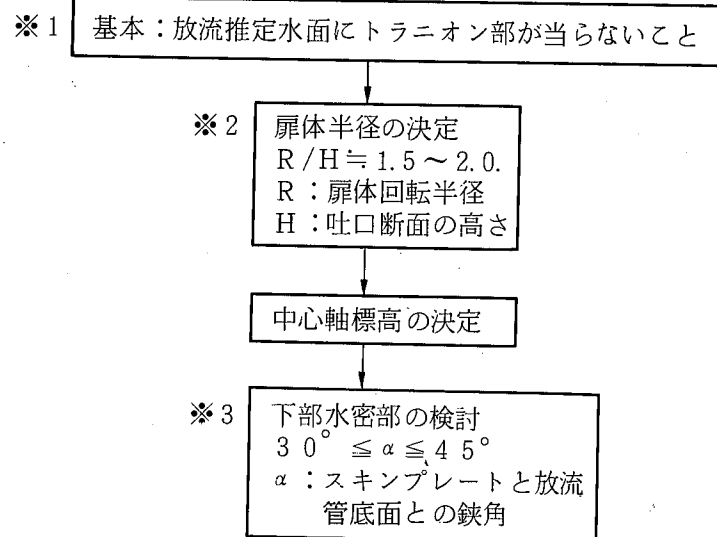


図 3.4.2 扉体レイアウトのフロー

※1) については特に側壁沿いに流水の這上りがあり実際の水面形状は放流管形状、放流水頭吐口部段差量など種々の条件により異なる。従って最終的には、水理実験による検証が必要であるが、計画に当っては放流推定水面に対してアンカガード最下面まで余裕を設け、トラニオンの領域を決定する。

※2) については、暫定的に、中心軸標高、半径を決め、角度 α を検討する為の目安を与えた。実績より半径は1.5～2.0の範囲が多いということであり角度 α からこの範囲をこえる R/H になっても良い。

また、Rについては6.5 m、7.0 mなどのラウンドの値をとるのが一般的である。

※3) については、B₂、B₃タイプの場合、 α が小さすぎると水密性が悪くなり、リップの強度が問題になるとともに、水圧荷重が増加するため不経済な設計となる。逆に、 α が大きくなると水密性は良くなるが、脚柱が長くなり、経済性、安定性の面で好ましくない。AおよびBタイプの場合も α を小さくしすぎると、図4.3.3の

θ_c が小さくなり、それに伴ない微少開度放流時の放流水による提部水密ゴムの損傷の恐れがある。

このため $\theta_c \geq 20^\circ$ を目安とするのが良い。

なお、 $30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ はあくまでも計画上の目安であり、強度検討・水理実験等で安全性が確認できていれば角度 α はこの範囲に入らなくてもよい。

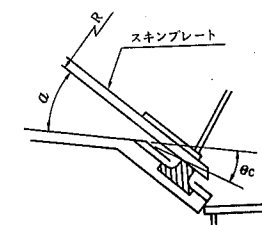


図 3.4.3 スキンプレートと放流管との鋭角

超高圧に属するCダムの計画における扉体レイアウトの例を図3.4.4に示す。

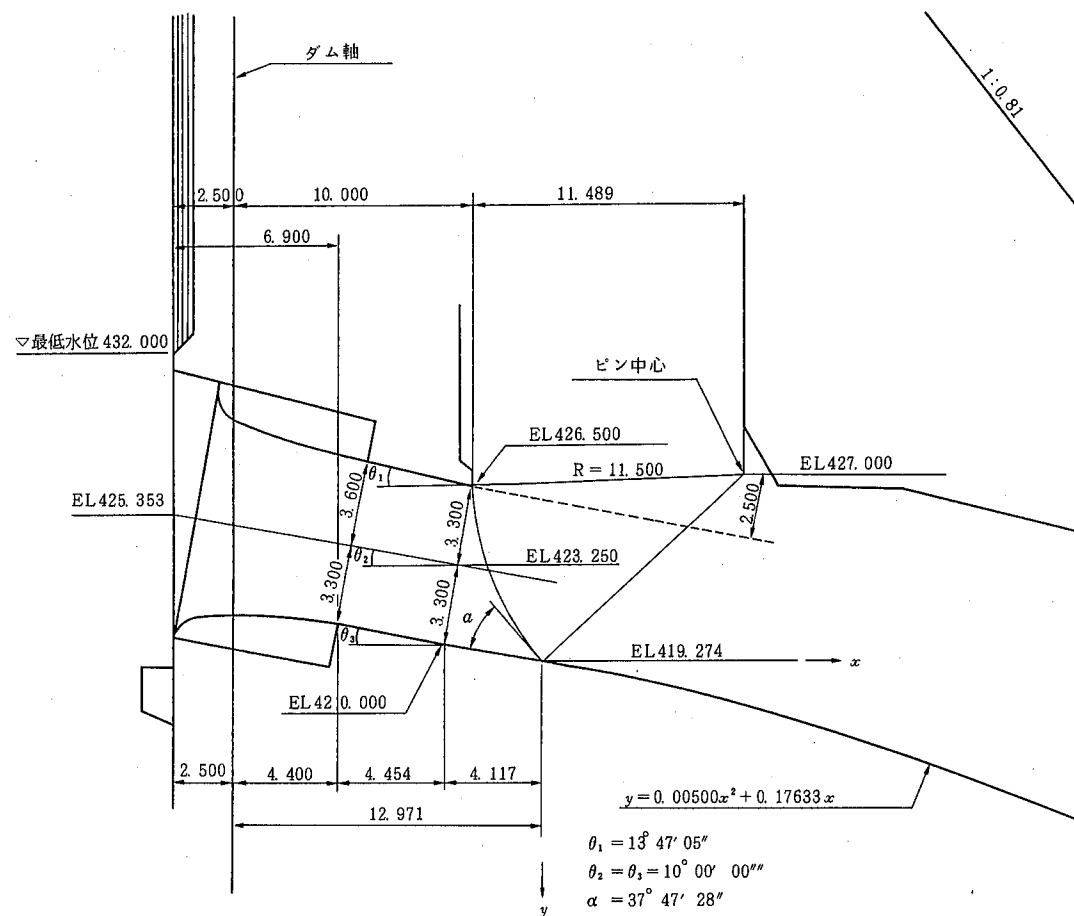


図 3.4.4 扉体基本レイアウトの例 (参考)

扉体の基本形状・寸法（基準点及び円弧長）を決めた後に、水密方式とその構造上必要な寸法を基本寸法に加算して扉体の実寸法が決められる。加算する寸法は、水密方式によって大きく異なるが、実績を見ると一般には、

- ・基準点から上方へは 250～700 mm
- ・側方へは 200～250 mm（但し、B2、B3方式では必要としない）
- ・下部基準点から下方へ250 mm前後（但しB2、B3方式では必要としない）程度となっている。

2 項 開閉速度

開閉速度は、所要のゲート操作を行える速度でなければならない。

〔解 説〕

開閉速度は、貯水池水位の異常な上昇および下流河道水位の上昇など上下流に対する検討を十分行い決める必要がある。

一般には、0.3 m/min が最も多い。

なお、高圧ラジアルゲートの開閉速度はスキンプレートの周速や鉛直断面を基準とする速度ではなく、4節1項に示す吐口断面の高さをこの断面を全開にする所要時間で除した平均値をいうこととする。

3 項 揚 程

開閉の揚程は吐口断面の高さ方向の距離をいうものとし、点検等を考慮した上限等の条件から決めるものとする。

〔解 説〕

高圧ゲートの開閉揚程の決め方にはゲートが放流管に対し比較的大きな角度をもって据付けられるため、吐口断面を基準として採る場合の他にスキンプレート面に沿った考え方や、単に標高で示す場合などの事例がある。

この指針では、図 3.4.5 に示すように吐口断面を基準とする。

揚程は、吐口断面の高さに点検時等の余裕高を考慮して決める。

保守点検時の余裕高は水密方式によって、上部水密構造が異なるので各方式毎に検討して決める必要があるが一般には0.6 m程度とすることが望ましい。

この他、休止フックを掛けるための揚程も

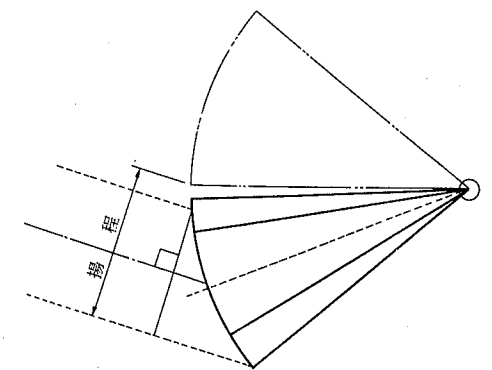


図 3.4.5 揚 程

あるので、開閉用油圧シリンダのストローク決定にはこの分も考慮する必要がある。

5 節 扉体・戸当り

1 項 扉体形式の選定

扉体決式の選定にあたっては、ゲートの安定性、施工性などを考慮し決定するものとする。

〔解 説〕

高圧ラジアルゲートの扉体形式は、主要部材の組合せ構造様式から大きく次のように分類される。

2 本脚 縦補助桁方式

2 本脚 横補助桁方式

いずれを採用しても対応する堤体形状に直接影響する要素は少ないが、構造の安定性、施工性の面で重要である。

なお、ラジアルゲートには、脚の本数を 3 本あるいは 1 本とすることも可能であるが、この指針で示す高圧ゲートではこれらは対象としない。

各方式を主桁の組合せ、荷重の流れなどからこの手引での基本を次表 3.5.1 及び模式図を図 3.5.1 に示す。

表 3.5.1 扉体形式と荷重の伝達

形式	縦補助桁方式	横 補 助 方 式	
	水平主桁方式	水平主桁方式	縦主桁方式
荷重の伝達	スキンプレート ↓ 縦 補 助 ↓ 水 平 主 桁 ↓ 脚 柱	スキンプレート ↓ 横 補 助 桁 ↓ 中間縦桁（ダイヤフラム） ↓ 水 平 主 桁 ↓ 脚 柱	スキンプレート ↓ 横 補 助 桁 ↓ 縦 主 桁 ↓ 脚 柱
桁の組付構造	パ ネ ル	格 子	格子（又はパネル）
近年の実例	大 川 ダ ム	大町・一庫・緑川ダム	大 渡 ダ ム

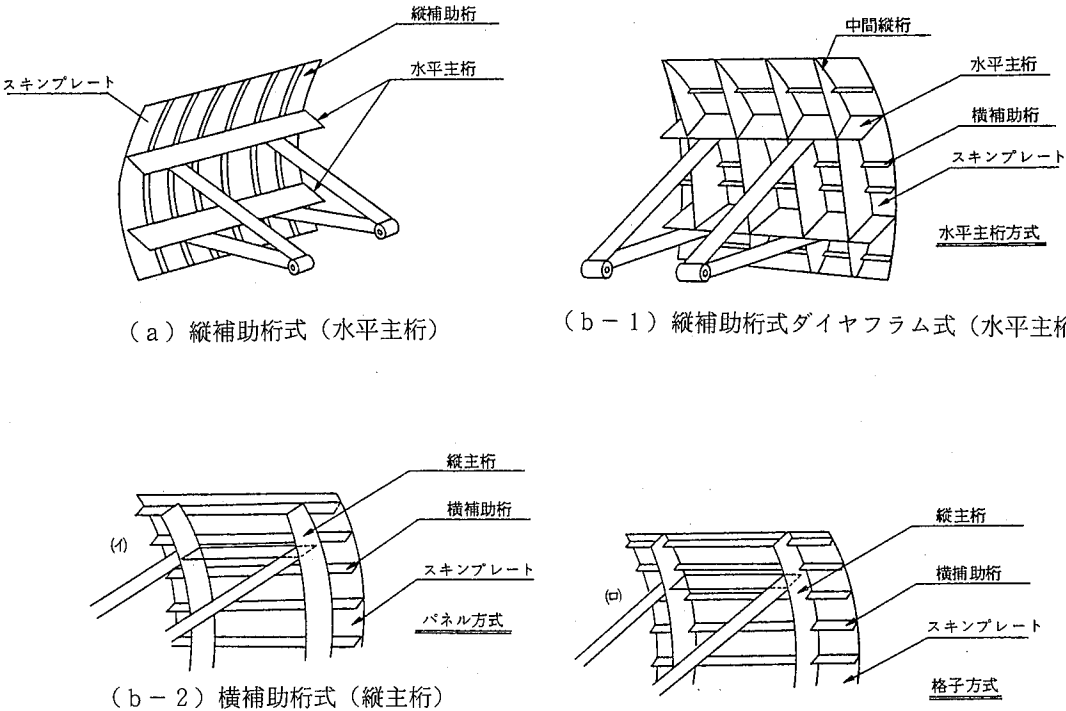


図 3.5.1 構造形式の模式図

各方式の特質については、クレストラジアルゲート設計要領（案）に示されているが、高圧ラジアルゲートについて示すと次のとおりである。

縦補助桁方式

この方式は図 3.5.1 に示したとおりスキンプレートの背面に比較的こまかく等間隔に縦細長の桁を配置する形式で、この桁は水平主桁を支点とする梁と考えられ、縦補助桁と呼ぶ。

スキンプレートと補助桁は、必ず連続した溶接で結合する。

この形式の総体的な特徴は、現場据付時の溶接量を軽減できるので、溶接ひずみの影響が少なく、水密上からスキンプレート面を切削加工して平面度を確保している扉体には、その点からメリットは大きい。ただし、版としての構造が薄い構造となるので、高圧ゲートに用いられた例は少ない。

いずれにしても、あまりスレンダーとせず荷重集中部の補剛等を正確に行う必要がある。

横補助桁方式

横補助桁方式は、一般形を図 3.5.1 (b) に示すが、関連する主桁の形態から (b₁) (b₂) に示す 2 方式がある。ここでは (b₁) をダイヤフラム式 (b₂) を縦主桁式とよぶ。

(b₁) のダイヤフラム式は、従来多く採用された方式で、特徴は桁が格子状に入り組むため主構と補助桁およびスキンプレートの接合剛性が高く、安定したものといえる。

ただし、この方式は製作加工の面で他の形式に比べ多くの工数を必要とする。また、大形以上の高圧ゲートでは厚板を現場溶接する際の加工性、溶接量が多いことによるひずみなどで、やや不利な点がある。

(b₂) の縦主桁式は、縦桁を必ず 2 本で構成し、この 2 本の縦桁を支点としてスキンプレートを保持する横補助桁を密に配置する。なお、横荷重に対する安定を保つため主構としての水平桁が必要である。

この方式は径間に対し扉高の高い場合に有利で基本的には (a) 方式と同様にダイヤフラム式に比べ荷重伝達がシンプルであるが、扉体全体の剛性に配慮した設計が必要である。また、主桁に対し補助桁の接合の方法によって図 3.5.1 の (b₂) における (イ)、(ロ) の構造方式があり、その相違をさらに模式化して図 3.5.2 に示す。

図 3.5.2 の (イ) の方式はスキンプレートを縦主桁に接合しないパネル構造とするのに対し、(ロ) の方式ではスキンプレートを横・縦の両桁に接合する格子構造である。(ロ) の方式は、製作にあたり工数は多くなるが格子となるので扉全体の剛性の面では (イ) 方式よりやや有利である。

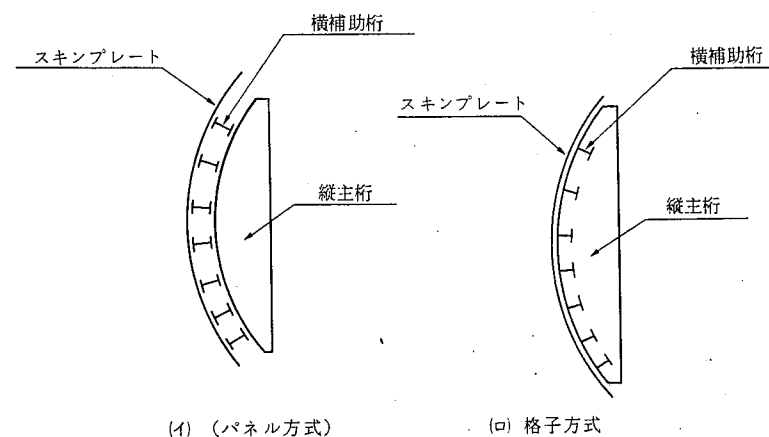


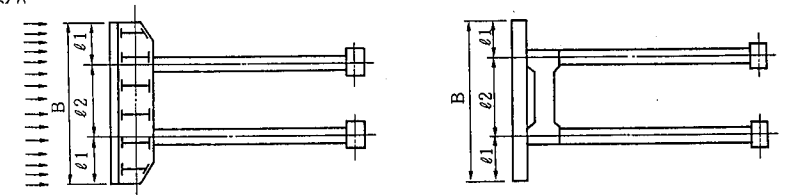
図 3.5.2 桁の組み合わせ形状

扉体形式の選定は以上の特長の他、水密上必要な精度の確保、輸送や据付と関連する分割条件、剛性、経済性が付加されるので定量的な判定は難しいが、選定にあたっては次のことを考慮すべきである。

- ① 原則としては、剛性の高い格子構造とする。
- ② ただし大形で、水密方式上扉体スキンプレート面の精度を確保するため据付時に現場溶接量の少ないパネル方式とするのが有利となる場合がある。
- ③ また、比較的縦長の大形ゲートでは、横補助桁（縦主桁方式）が有利となる。

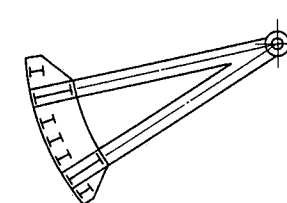
2 項 主構の配置

主構は、水平桁と脚柱とで構成する π ラーメンとする。このとき、脚の下端（支点）は軸受に自動調心ころ軸受（スベリカルローラベアリング）を用いる場合以外は固定とみなすが、主構の安定は支承部の構造を考慮したピン支点と見なした条件でも確保されねばならない。なお、この要領で扱う π ラーメンの脚の配置は平行なものとする。

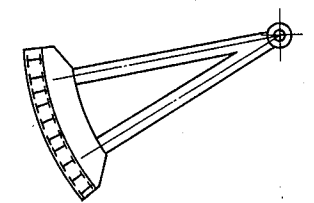


横補助桁（水平主桁）方式

（又は縦補助桁方式水平主桁式）の平面配置 横補助桁方式（縦主桁式）の平面配置



側面位置



側面位置

主構の概念

1. 平面配置

脚柱取付位置は原則として脚柱に等分布荷重による曲げモーメントが発生しない

い位置の近傍とする。

2. 縦断面配置

縦桁の曲げモーメントがほぼ均等化し、脚柱荷重が同程度となるよう配置する。

〔解 説〕

主構（主桁と脚の構成）の基本形状は、門形（ $\square$ 形）及び π 形がある。また π 形の中でも脚の開いた形式（方づえラーメンともいう）と平行な形式などがあるが、この要領では脚の平行な π 形ラーメンのみ取扱う。これは、高圧ラジアルゲートの実績が全てこの方式であることによる。構造の理由としては、門形は曲げモーメントが大きくなる、 π 形ラーメンとしても径間が比較的短いのでアンカガータを設けやすい、などがあげられる。

主構の構造計算では、主桁－脚柱接合部および脚柱トラニオン部の接合条件をピン結合とするか剛結合とするかによって発生する部材応力は変化するので注意する。

この要領では、構造計算上有利となる主桁－脚柱、脚柱トラニオン部とも剛結合の条件を基本とし、実際の構造もこの条件をできる限り満たすよう考慮する。

ただし、主桁－脚柱接合部に比べ脚柱トラニオン部を剛結合（固定）することは構造上困難と判断し、トラニオン部をピン支点の条件でも構造計算を行い、部材応力のチェックを行うこととする。

なお、トラニオン軸受に、自動調心ころ軸受（スヘリカルローラベアリング）を採用する場合は、ピン支持である。

1. 主構の平面配置

主構を平面でみると脚の間隔 ℓ_1 、 ℓ_2 の寸法の決め方には、本文に示した考え方の他に「水平桁の曲げモーメントが脚柱取付点と中央で等しくなる位置」とする方法がある。いずれの方式でも、特に構造上、メンテナンス上、経済性で差異は認められない。

本文に示した考え方は、大きな圧縮力を受ける脚柱に理論的に曲げモーメントを生じさせないものである。横補助桁方式（縦主桁式）の場合は、横補助桁から縦主桁にねじりモーメントが作用しないことが望ましいので、原則としてこの考え方を採用する。

一方の、水平桁の曲げモーメントを重視する考え方は、脚柱に曲げ応力が生じるが、特に高圧ラジアルゲートの場合は、水路巾が小さいのでその応力は小さい。この要領では脚柱の安定性を重要視して本文のようにした。

本文において ℓ_1 と ℓ_2 の関係は、

$$\ell_2 = 0.55B, \rightarrow \ell_1 \approx 0.225B$$

ここに、 ℓ_1 ：張出し部の長さ、 ℓ_2 ：脚中心間の距離、
 B ：側部水密中心間の距離。

で示される。

また、圧着式（特にA1）の場合は、扉体4辺のたわみをできる限り均一にするため、 $\ell_2 = 0.55B$ 以上とすることも考慮する。

2. 主構の縦断面配置

主構造の縦断面配置の基本的な考え方に

- ① 水圧荷重による脚反力が等しくなる配置
 - ② 縦桁の曲げモーメントのバランスのよくなる配置
- の2つの考え方がある。

一般に縦長の桁で構成される縦補助桁方式の場合②の考え方が有利であるが、脚の荷重がアンバランスとなるため、実績では脚反力を等しくする設計例が多い。設計に当っては①と②の両方をできるかぎり満足するよう心がけるべきである。（図3.5.3(a)参照）

なお、①、②は静水圧を考えたときの配置条件を示すものであるが、半開放流時に、上部脚より上の張り出部が水圧を受けなくなると縦桁の応力状態が変わり、図3.5.3(b)のように中央部の曲げモーメントが大きくなる（図において $M_{co} > M_{cc}$ ）可能性がある。なので大形以上のゲートでは注意を要する。

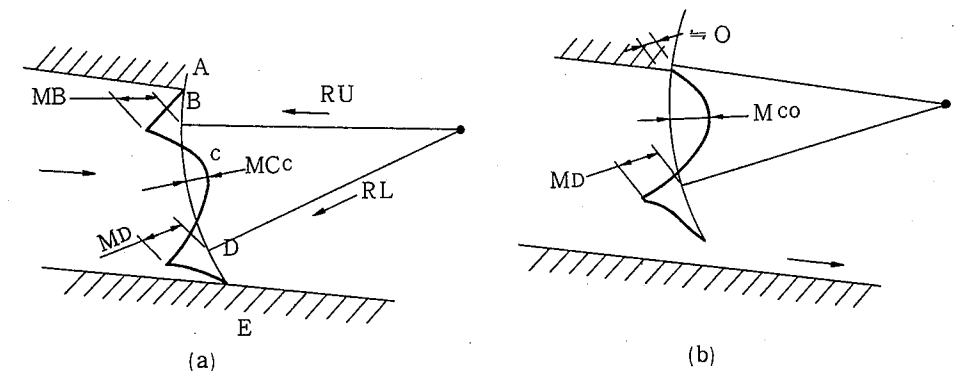


図 3.5.3 ゲート操作による曲げモーメントの変化

主構の側面配置の手順を次に示す。

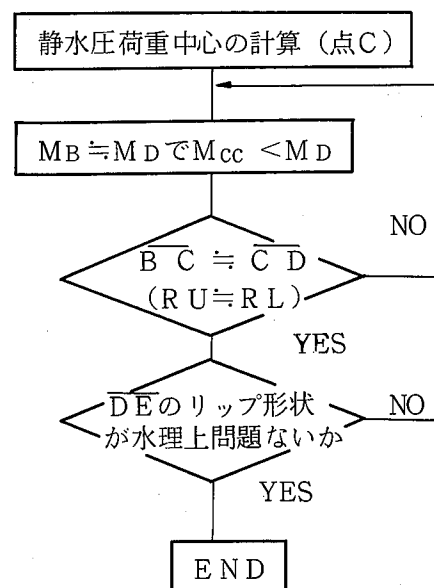


図 3.5.4 主構配置手順

図 3.5.4 のフローの参考として、ある超大形で超高圧に属するゲートのメーカ 5 社のケース・スタディにおける側面配置の設計結果によれば、図 3.5.5 において $\overline{AE}$ (ℓ_4) に対する $\overline{AB}$ (ℓ_3)、 $\overline{BD}$ (ℓ_2)、 $\overline{DE}$ (ℓ_1) の比は、平均的に 0.218、0.569、0.213 であった。ここに AE は水密間の距離を示す。

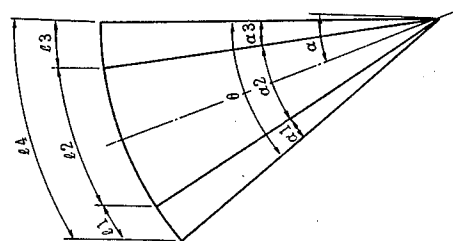


図 3.5.5 主構の配置例

〔参考〕：5 社のうち、1 社の B3 を除き、B1 の水密方式を提案した 4 社の平均は次のとおりである。

ℓ_4 全社平均	$\approx 8,352\text{ mm}$	θ	$\approx 41.63^\circ$
ℓ_1	$\approx 1,681\text{ mm}$	α_1	$\approx 8.38^\circ$
ℓ_2	$\approx 4,955\text{ mm}$	α_2	$\approx 24.70^\circ$
ℓ_3	$\approx 1,716\text{ mm}$	α_3	$\approx 8.55^\circ$
		α	$\approx 22.26^\circ$

$$\frac{\ell_2}{\ell_4} \approx 0.5933$$

$$\frac{\ell_1}{\ell_4} = 0.201 \quad \frac{\ell_3}{\ell_4} = 0.205$$

ただし、このうち縦主桁方式を採用した 3 社の平均では $\ell_2/\ell_4 = 0.511$ である。

以上のようなことから、総合的には、 $\ell_2/\ell_4 \approx 0.585$ として $\ell_1/\ell_3 \approx 0.98$ を目安とすることができる。

3 項 版 (スキンプレートと補助桁) の構造

1. スキンプレートの厚さ、補助桁の間隔と形状寸法は、剛性・経済性などの面で密接な関係にあり、両者を一体とした“版”として最適設計を考慮するものとする。
2. スキンプレートと接する側の桁のフランジ厚さはスキンプレートの厚さとの関係を考慮して決定することが望ましい。
3. 版とこれを支持する主桁の接合は、原則として溶接接合とし、接合は十分剛性のあるものとする。

〔解 説〕

1. スキンプレート及び桁の設計計算手法は次項以降に示すものとするが両者は単独で部材寸法等を決めるものでなく、一体の版としての総合設計が必要である。高圧ラジアルゲートは、荷重条件が厳しいので一般に十分クリアするが、第 3 章 3 節 5 項で示すとおり「スキンプレートおよび補助鋼材の最小厚さは腐食代を含み 8 mm 以上。」を基本条件とする。さらに次の事項などを考慮する必要がある。

- 1) スキンプレートの材料は、常時上流面は水に接していることから、ステンレスクラ

ッド鋼とすることが望ましい。

- 2) ステンレスクラッド鋼のステンレス部分の厚さは原則として 2 mm 以上とし、ステンレス部分は強度に見込まない。
- 3) 戸当り側ゴム連続式などの水密方式では、スキンプレート全面が水密ゴムと接触摺動するため、面精度が必要となり、スキンプレート面には加工代を必要とする。例えば大川ダムでは、削り加工代として 5 mm が取られている。
- 4) 版の（現地運搬・組立から）分割は、輸送限界を考慮するとともに補助桁上で対称形に分割することが望ましい。特に水密方式をA、B1方式とする場合は溶接によるスキンプレートの面ひずみの生じにくい分割を考慮する必要がある。
- 5) 補助桁は、メンテナンスを考慮して、I形等の開断面のものとする。
- 6) 補助桁の間隙は溶接等の作業性を考慮して決められる。

2. スキンプレートを支える桁のフランジ厚さは、実績ではスキンプレートより薄い場合もあるが、実測および3次元FEM解析の結果より剛性の面から好ましくないと考えられるので、桁のフランジ厚さはスキンプレートより厚いことが望ましい。特に、桁中心間隔（ ℓ ）がフランジ巾（ B ）に対して $B/\ell \leq 0.4$ のときは、フランジ厚さはかならずスキンプレートより厚くするべきと考えられる。

以上のことから、高圧ゲートのスキンプレートと桁の組合せ設計の手順は標準的には、図3.5.6のように考えられる。ただし、低水深で大形のゲートでは、「クレストラジアルゲート設計要領（案）」も参考とするのがよい。

なお、手順の前提として扉体構造形式は決められているものとする。

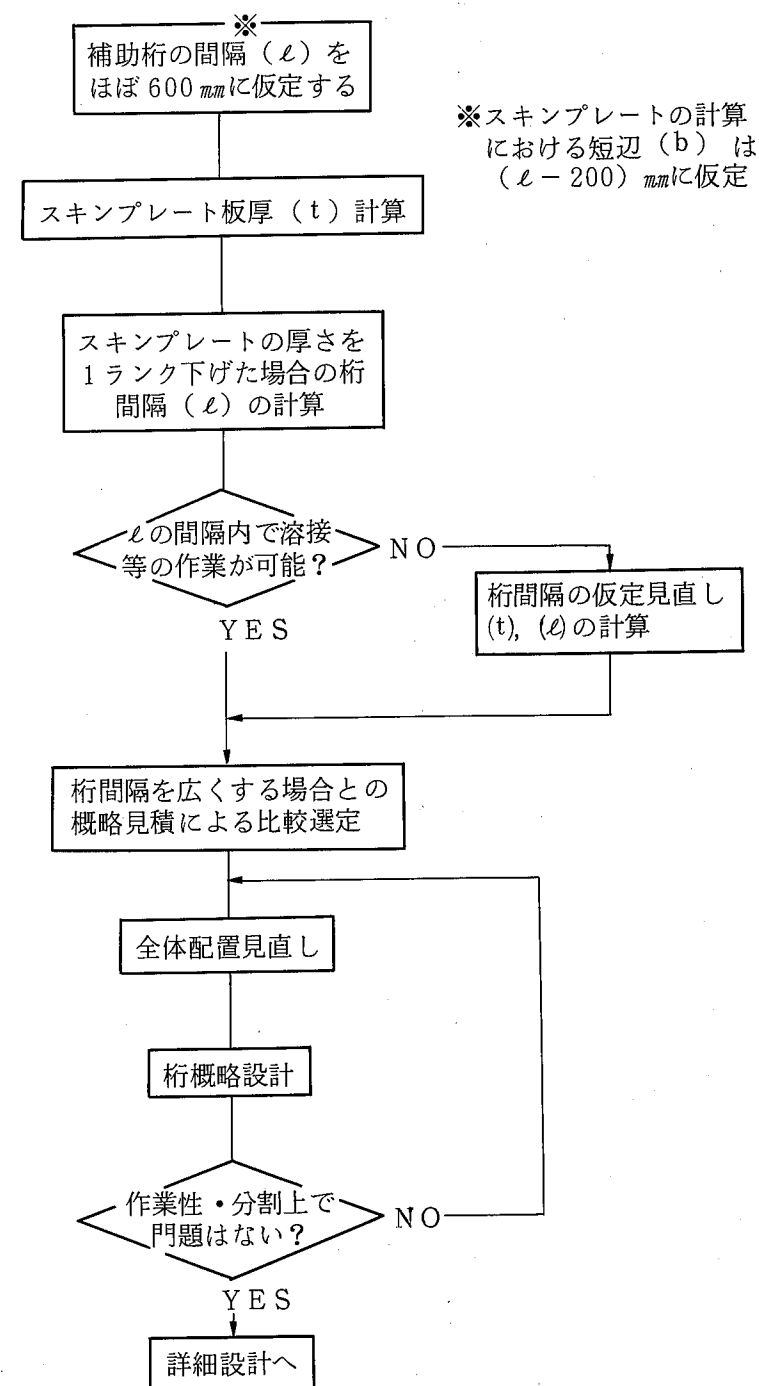


図 3.5.6 版の設計手順

3.1 スキンプレートの設計

スキンプレートの設計は水圧荷重に対して、四周固定板の構造系として設計を行う。

〔解 説〕

スキンプレートの厚さの基本は腐食代を含み8mm以上である。

スキンプレートの設計の計算式は、次式による。

$$\sigma = \frac{p \cdot k \cdot a^2}{100t^2} \quad (3.5.1)$$

ここに、 σ ：応力 (kgf/cm²)

a ：区画の短辺 (cm)

b ：区画の長辺 (cm)

p ：水圧 (kgf/cm²)

t ：板厚 (cm)

k ： b/a により決る係数 (表 3.5.2)

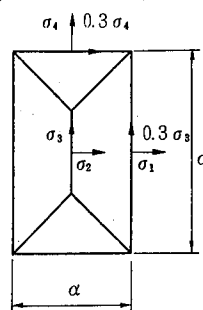


表 3.5.2		k の値		
b/a	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
1.00	30.9	13.7	13.7	30.9
1.25	40.3	18.8	13.5	33.9
1.50	45.5	22.1	12.2	34.3
1.75	48.4	23.9	10.8	34.3
2.00	49.9	24.7	9.5	34.3
2.50	50.0	25.0	8.0	34.3
3.00	50.0	25.0	7.5	34.3
∞	50.0	25.0	7.5	34.3

本文は、この式を用いるときの運用上の原則を示すものである。

1. 水圧荷重は、各設計水位ごとの水圧荷重分布から求めるが、求める区間のスキンプレートは水深によって圧力は変わるので計算に用いる水圧荷重 P は図 3.5.7 において、 $P = (P_1 + P_2) / 2$ とみなす。

ただし、水深方向区間 (図 3.5.7 の b) が水平区間の 2 倍以上の場合は区間最大水圧 (P_2) を採ることとする。区間 2 倍の考え方は、スキンプレートの応力を求める式では、最大応力は b/a が 2 倍以上になると a 辺を長さにもつ単位幅のはりの場合として決まるので、平均水圧を採用することはできない。なお、この場合 b/a が 2 の境界で区間の平均水圧を採るか最大水圧を採るかで大きな差が生じるが、実際の設計では 2 の境界を超える場合は、大きく超えるようにするのが合理的な設計である。

2. 構造系として、スキンプレートは 4 辺固定の平板で設計する。このことは一般に実測値でも整合性が認められている。

なお、スキンプレートはフランジ付の桁で支持されるので固定辺を図 3.5.7 の ℓ 又は b の寸法で採るか問題となる。一般にスキンプレートに対し、桁のフランジ厚が厚い場

合には図 3.5.7 の b を採る。なお、この要領では前項に示したとおり、桁のフランジ厚さは、スキンプレートより厚くすることが望ましいものとしているが、版としての経済性などから、スキンプレートの厚さより桁フランジの厚さを薄くする場合及び図 3.5.7 において $B/\ell > 0.4$ のときは固定辺は ℓ とする。このときスキンプレートの厚さは補助桁フランジを考慮した板厚 (t') として式 (3.5.2) により仮定する。また、 P_1 、 P_2 も桁の間隔に対応する水圧を採るものとする。式 (3.5.2) は、変断面を持つ両端固定はりの考え方による値を実測及び 3 次元 FEM 解析の比較により確認したものである。

$$t' = (t_f \cdot B + t_s \cdot b) / \ell \quad (3.5.2)$$

ここに、 t' ：仮想スキンプレートの厚さ (cm)

t_f ：桁フランジの厚さ (cm)

t_s ：スキンプレートの厚さ (cm)

B ：桁フランジの巾 (cm)

ℓ ：桁の間隔 (cm)

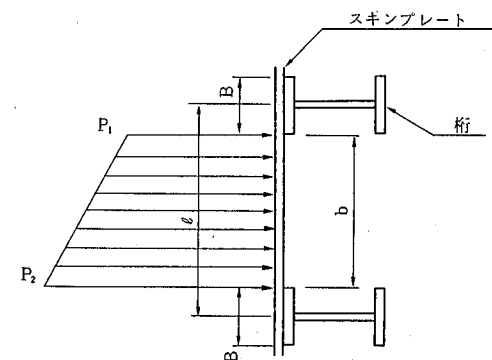
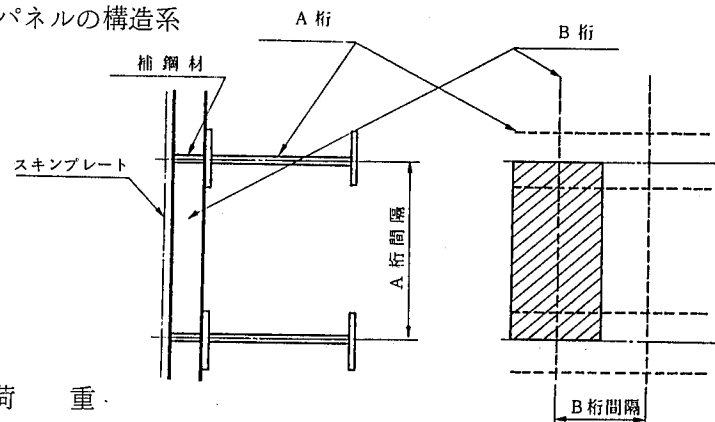


図 3.5.7 スキンプレートに作用する水圧荷重と記号

3.2 補助桁（縦主桁を含む）の設計

1. 補助桁の設計は、次の方式の荷重について、その構造系に対し行う。

(イ) パネルの構造系



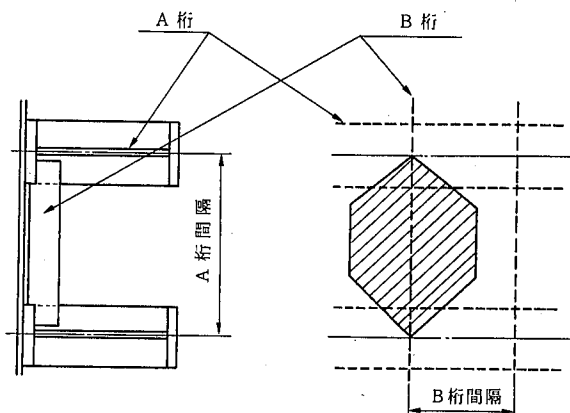
荷 重

補助桁間隔の全水圧を受持つものとする。

構 造 系

A 桁間隔を支持間隔とする張り出し梁又は連続梁とする。横補助桁方式の縦主桁も同様とする。

(ロ) 格子の構造系



荷 重

図に示す六角形内水圧を受持つものとする。

構 造 系

A 桁間隔を支持間隔とする単純梁または片持梁とする。

2. 補助桁は、1 に示す他、局部的な荷重条件に対し十分対応する構造系とする。

〔解 説〕

1. 補助桁の設計において、桁を単純梁とみなすか、連続梁とみなすか、また、水圧の分担については、実用上から本文に示すとおりとする。

イ. パネル方式の連続梁の場合の計算は図 3.5.8 において次式による。

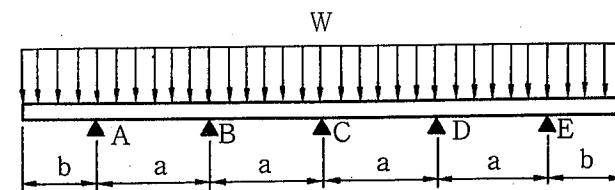


図 3.5.8 パネル方式の場合

曲げモーメント：

剪断力： (3.5.3)

$$M_A = -wb^2/2$$

$$S_A = -wb$$

$$M_B = -w(3a^2 - 4b^2)/28$$

$$S_{AB} = wa/2 + (-M_A + M_B)/a$$

$$M_C = -w(a^2 + b^2)/14$$

$$S_{BA} = -wa/2 + (M_B - M_A)/a$$

$$M_{AB} = M_A + S_{AB}^2/(2w) \quad (3.4.3)$$

$$S_{BC} = wa/2 + (-M_B + M_C)/a$$

$$M_{BC} = M_B + S_{BC}^2/(2w)$$

$$S_{CB} = -wa/2 + (M_C - M_B)/a$$

$$M_{CD} = M_{BC}, M_D = M_B$$

$$S_{CD} = -S_{CB}, S_{DC} = -S_{BC}$$

$$M_{DE} = M_{AB}, M_E = M_A$$

$$S_{DE} = -S_{BA}, S_{ED} = S_{AB}$$

$$S_E = -S_A$$

ロ. 格子方式単純梁の場合の計算は図 3.5.9 において次式による。

i) 台形分布荷重の場合 ($a < b$)

全荷重 p

$$p = w(b - a/2)$$

最大剪断力 S

$$S = p/2$$

(3.5.4)

最大曲げモーメント M

$$M = w(3b^2 - a^2)/24$$

ii) 三角形分布荷重の場合 ($a = b$)

全荷重 p

$$p = wb/2$$

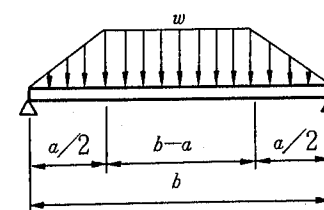


図 3.5.9 格子方式の場合
(台形分布)

最大剪断力 S

$$S = p / 2 \quad (3.5.5)$$

最大曲げモーメント M

$$M = pb / 6$$

2. 局所的な荷重としては次を考慮する必要がある。

1) 縦補助桁方式の扉体では、下部主桁から下方に張り出した桁には自重（水密方式 B2, 又は B3 方式の場合）及び水密ゴムに作用する水圧力及び圧着力による曲げモーメント (Mw) を加味するものとする。

図 3.5.10 において

$$Mw = \alpha \cdot w \cdot \Delta l + Fb \cdot L \quad (tf \cdot cm) \quad (3.5.6)$$

ここに、w : 扉自重 (tf)

Δl : 図 3.5.10 において

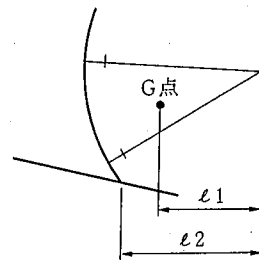
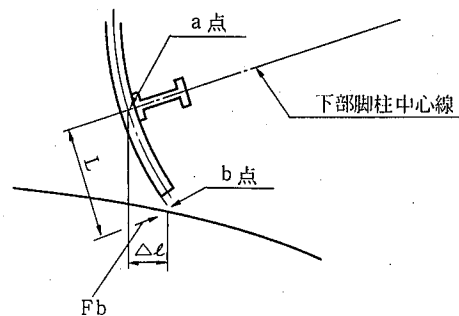
a 点から鉛直におろした線と
b 点の距離 (cm)

α : 扉体の自重に対する割合

図 3.5.10 において l_1 / l_2

Fb : 桁が受ける圧着力 (kgf)

L : 張り出しの距離 (cm)



a 点 : 縦桁中心線と脚中心線の交点。

b 点 : スキンプレート前面と下部戸
当りの接点

G 点 : 扉体重心

図 3.5.10 自重により補助桁に
生ずるモーメント

横補助桁方式の縦主桁もこの式に準じて計算することが望ましい。

2) 上部・側部張り出し桁も上式の右辺第 2 項は考慮するものとする。

3) 開閉装置の配置の方法によっては、補助桁に比較的大きな開閉力が作用するので、これに対しては荷重の大きさ、方向を検討し、必要により専用の部材（又は補剛材）を設け、かつ、扉体内の荷重伝達を明確にしておくものとする。

4 項 水平主桁の設計

水平主桁の設計は、次に示す荷重構造系として行う。

1. 荷 重

1) 水 圧（及びこれと同等の荷重）

水圧は各主構が負担する等分布荷重とする。

2) 開 閉 力

主桁の直上、又は同等なヶ所に駆動ヒンジを設ける場合には開閉力を集中荷重として考慮する。

3) 水密に必要な圧着力

圧着力は主桁に対して張り出し部集中荷重及び等分布荷重に換算した荷重とする。

2. 構 造

1) 構造系は脚柱との π ラーメン構造系とする。

2) 荷重集中点には、十分な補剛を行う。

〔解 説〕

1. 水圧荷重

1) 水圧荷重は、主桁に対し、静水圧を、3 章 5 節 2 項で検討して決めた主構の配置により、図 3.5.11 (イ) の Pa と Pb の分担荷重におきかえる。

次に、平面形で見たときは同図(ロ)のように単純に等分荷重とみなす。なお、(イ)の場合でも、一般に(ロ)のように等分荷重とみなしてよい。

(ただし、横補助桁方式で縦主桁方式の水平桁には、水圧は直接作用しない構造とする。)

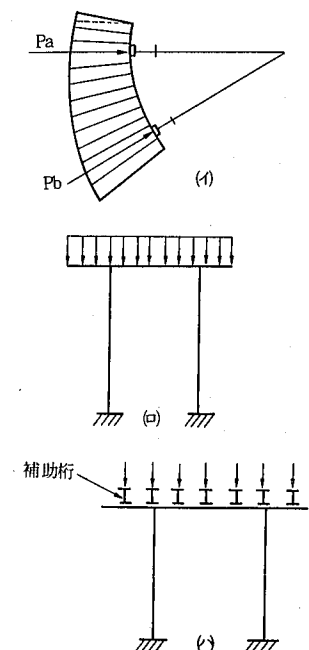


図 3.5.11 水平主桁に作用する水圧荷重

- 2) 水平主桁の開閉装置取付部には水圧荷重等による曲げ応力のほかに開閉荷重による応力も生じるので十分な補剛を行うものとする。
- 3) 高圧ゲートにおいてはいかなる水密方式でも水密ゴムはかなりの圧力で扉体に押し付けられるので、この反力を主桁に対して考慮しなければならない。

2. 構造系

- 1) 構造系の標準的な計算手順を次に示す。

水平主桁（と脚柱）の設計フロー

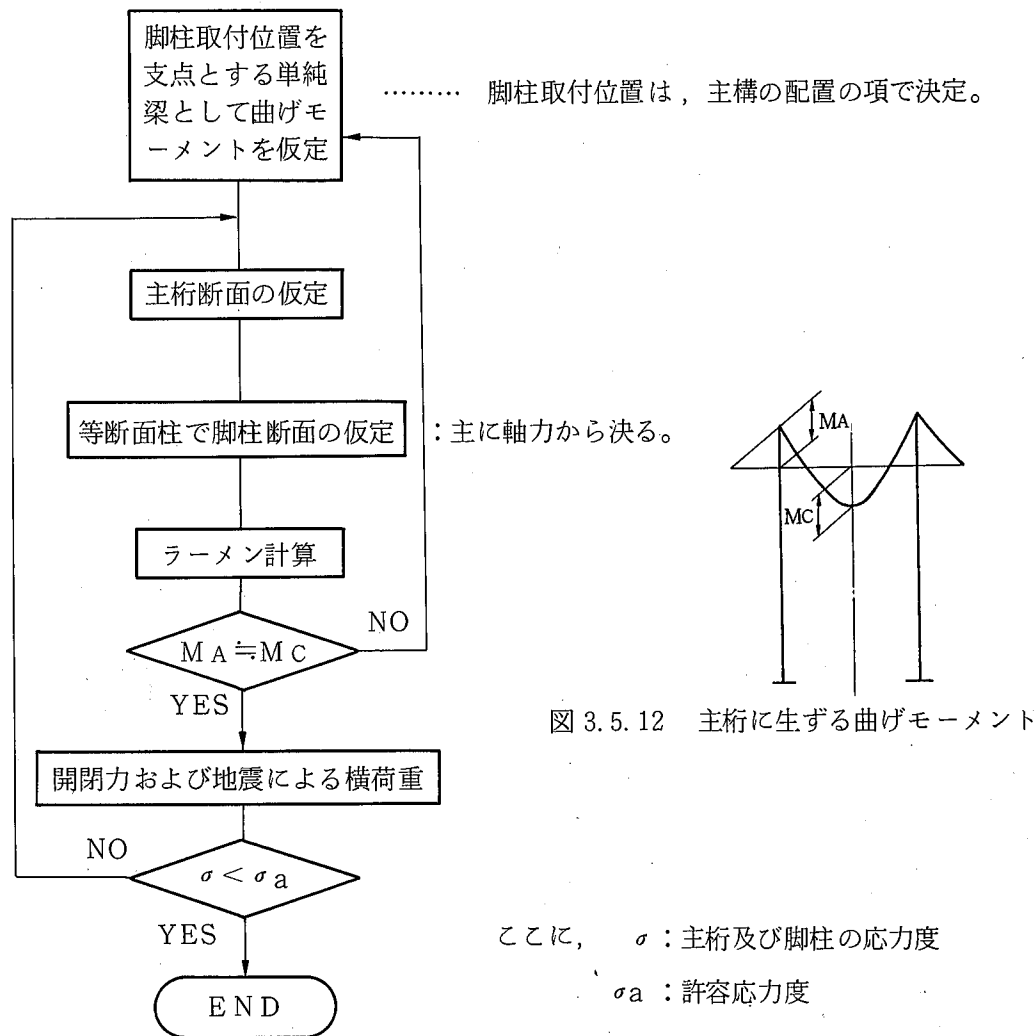


図 3.5.13 主桁の設計フローと曲げモーメント

なお、主桁の最終断面の決定は、曲げモーメントや軸及せん断力などの外力の他、当該各項で示す条件による桁形状、補剛材、接合条件、許容応力度、許容たわみなどの制約を受けるので注意しなければならない。特に高圧ゲートの場合はせん断応力が大きいので、主桁の腹板を板厚を主体に決めるか、桁高さを主体に決めるか検討を要する。

- 2) 主桁の補助桁取付位置には十分な補剛を行い、特に扉体をパネル構造方式とする場合には注意するものとする。
- 3) 主桁の必要な断面性能に関し、断面形状はクレストラジアルゲートでは、I 形とするのが通常であるが高圧ゲートの場合には荷重が大きいので、ボックス形にするかが課題となる。I 形とボックス形の一般的な特徴は次に示すとおりである。

I 形：施工及びメンテナンスが容易であるが、ねじり剛性が小さい。

ボックス形：現場接合の施工性、特に、溶接の残留応力、ひずみなどに注意が必要で、内部のメンテナンスが難しいが、ねじり剛性は高い。

なお、ボックス形断面の内部はマンホールの構造も含め密閉構造を原則とするが、その寸法は 600 mm 程度以上として、内部の点検が行える構造とすることが望ましい。

なお、実績によれば、静水圧荷重の程度（1 門当たり）により

1000 t 以下では I 形断面

1500 t 以上では ボックス形断面

とする傾向がある。

5 項 脚柱及び脚間補剛材の設計

脚柱および脚間補剛材の設計は次の荷重・構造系に対し行うものとする。

1. 荷 重

平面内では水圧、開閉力および地震時慣性力による横荷重、鉛直面内では水圧、開閉力その他トラニオン軸受の摩擦力を考慮する。必要に応じ、脚柱自重などを検討する。

2. 構造系

平面内では主構を形成する柱とする。主構の支持条件は軸受に自動調心ころ

軸受（スベリカルローラベアリング）を採用する場合を除き原則として固定と見なすがピンと見なす場合でも安全なものとする。鉛直断面内では、原則として脚間補剛材を設ける。補剛材の形式はNトラス又はラーメン構造とする。

3. 座 屈 長

脚柱に関する有効座屈長さは次による。

脚柱平面内	(支点固定)		$l' = 1.5 L$
脚柱鉛直面内	トラス構造	脚柱	$l' = l$
		脚柱補剛材	$l' = l$
	ラーメン構造	脚柱	$l' = 1.9 l$
		脚柱補剛材	$l' = 0.65 l$

ここに、 l' ：有効座屈長

L ：脚全長（主桁中心から軸受け中心の距離）

l ：格点の距離

〔解 説〕

本文の平面内とは図 3.5.14 の(イ)、鉛直面内とは(ロ)に示すものである。

1. 荷 重

平面内の主荷重は、前項水平主桁の反力及び部材力である。

鉛直面内では、水平桁からの反力その他、開閉時にトラニオン軸受のすべり摩擦力による曲げモーメントも考慮する。

なお、大型のものでは自重を実状に応じ考慮する。この場合の自重は、補剛材形式がトラスの場合は脚柱のトラス格点を支点とする単純梁に作用するものとみなし、ラーメン構造では全長（図 3.5.14 の(ロ)において支点を a、b）を単純梁とみなす。全体系で

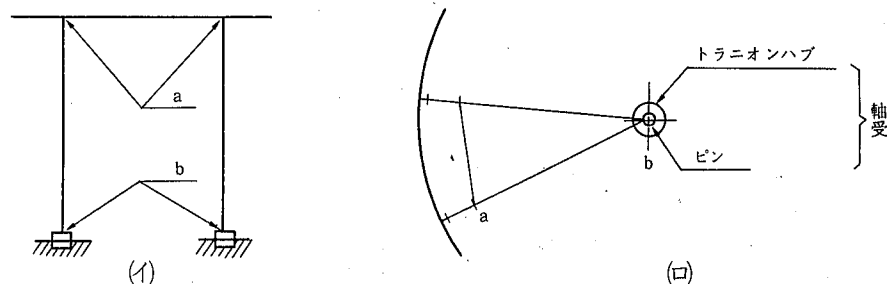


図 3.5.14 主構の平面鉛直の概念

は格点に反力と端モーメントが作用するものとみなす。

なお、概略設計の段階では図 3.5.15 の(イ)において、トラスの格点には縦トラス材の軸方向に脚柱軸力の $2/100$ （2%）に相当する外力（P）が作用するものとして簡易に計算する方法もある。

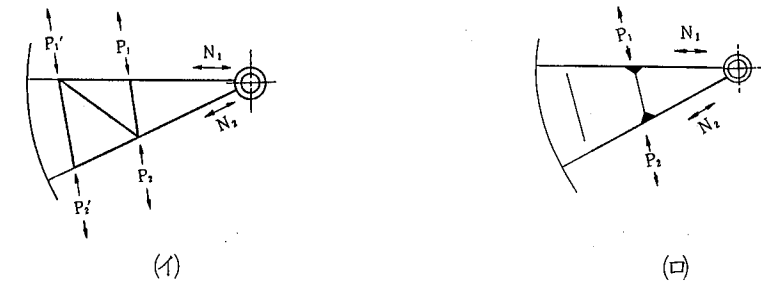


図 3.5.15 脚間補剛の形式と作用荷重

実測および 3 次元 FEM 解析によれば、脚間トラスには軸力以外に曲げ応力も生じているので、断面には余裕を持たせるのがよい。

2. 構造形は平面内で、前項で示した水平主桁との π ラーメンで構成する。このとき図 3.5.14 の a、b の各接点は剛結合を基本形とする。

鉛直面内では、図 3.5.15 の(イ)に示す N トラス又は(ロ)に示すラーメンのいずれかの構造とする。

- 1) トラス材は静定トラス組となるよう本数を決める。この場合、図 3.5.15 (イ)の $P1' - P2'$ の力を受ける部材は、扉体の縦桁とは兼用させないことが望ましい。
- 2) トラス材の断面決定にあたっては、細長比の制限 ($l/r < 120$) について配慮しなければならない。
- 3) トラニオンハブと脚の結合部は、鉛直面内で十分な面積をもった補剛板で一体化する。

なお、図 3.5.15 の(ロ)のラーメン形式とする場合は格点への接合は剛な構造とすることが極めて重要である。

3. 有効座屈長さの規程については、従来一般的に全て $l' = L$ 又は l が用いられていたが、ラジアルゲートの弱点は、ほぼ脚柱にあるので、この要領では、道路橋示方書等を参考に、従来より安全側に定めた。なお、本文に示す有効座屈長のとり方は、図 3.5.16 に示すとおりである。

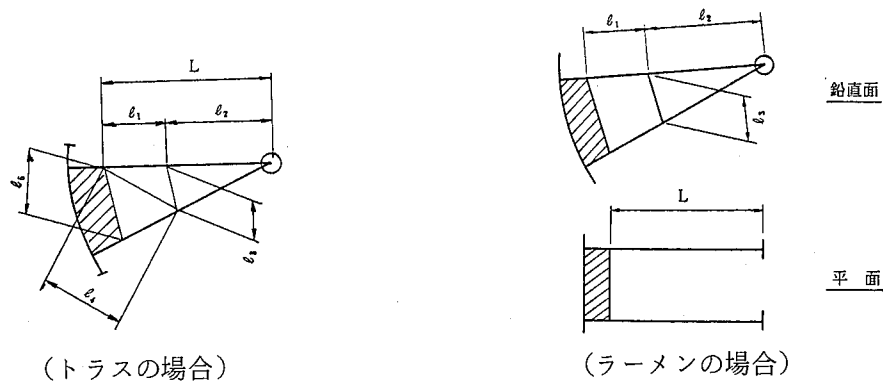


図 3.5.16 脚柱の有効座屈長さ

4. 設計計算

設計の手法は、脚柱のみを単独に考えられないので、本章第5節第4項に示した「水平主桁と脚柱の設計フロー」による。

この場合、脚柱は、圧縮材（主軸からの曲げモーメントは、直荷重に比べて割合が少ない）となるのでその断面形状は、座屈に対し安定な形状とする。また、水平主桁の接合を考慮した断面形状とする。

小形ゲートで、既成H形鋼を採用できる場合は、溶接による応力、ひずみがでないのでそれによる方が望ましい。

H形の断面は脚柱に作用する軸力と曲げモーメントで決まるが、柱の許容応力度は有効座屈長（ l' ）と断面2次半径（ r ）の比により変化するので、本章5節4項の計算手順で何回かトライアルして最終的に求める。

ただし、手順の始めに仮定する許容応力度は、実績等から700 kgf/cm²と見込むと便利である。このときH形断面の場合には3章3節5項の規定により図3.5.17のウェブ厚（ t_w ）は（ $b/40$ ）以上（SS41, SM41A）、フランジ厚（ t_f ）はフランジ巾の（1/24）以上とし、格点には必ずウェブに補剛材を取付ける。

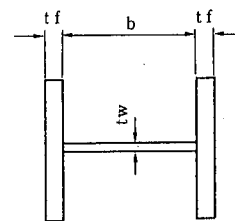


図 3.5.17 H形鋼断面

ボックス断面の場合は各辺の板厚とも、H形の（ t_f ）の考え方に準じるものとする。

5. 脚柱には、開閉時トラニオン軸受けのすべり摩擦力により生ずる曲げ応力度を次のような考え方で求め、主構としての脚柱応力度に加算し、合成応力が許容応力度以内にあら

るものとする。

図3.5.18のトラニオン部A点には、すべり摩擦力によるモーメント M_o により、補剛材の取付点 J_1 ・ J_2 を支点とする連続梁として脚柱に曲げモーメントが生ずるものとする。

いま、上・下部脚柱の部材が長さ方向に同一断面の部材とすれば

$$M_o = P \cdot \mu_p \cdot r_p$$

$$M_A = M_o / 2$$

$$M_{J1} = -M_A \cdot l_1 / 2 (l_1 + l_2)$$

となる。

ここに、 P ：（全水圧＋開閉分力）の1/2

μ_p ：ピンとブッシュのすべり摩擦係数（= 0.2）

r_p ：トラニオンピンの半径

なお、脚柱のトラニオンハブ取付部は M_o に対し強度が不足することが多く、このため図3.5.19に示すようにハブと脚柱を十分な面積の補剛板で一体化し、この補剛板と脚柱部材の合成桁で所定の安全度を確保する構造とする。

6. 脚間にトラス形式の補剛材を用いる場合は、図3.5.15の(i)に示すとおりトラス材の断面力を加味して、トラス構造系としての安全性を確認するものとする。

ラーメン構造では、安全側に考えて、脚と等しい剛性の部材を入れる事例が多い。

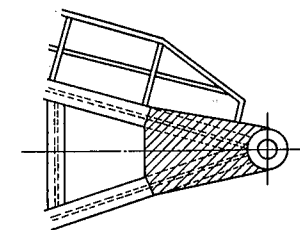


図 3.5.19 脚柱トラニオンハブ

7. 脚柱は高圧ラジアルゲートの構造的特徴から部材長が長く、大きな圧縮力が作用するため、製作、据付誤差によると考えられる応力が発生しやすい。この傾向は実測においても認められているので、製作据付にあたっては留意する必要がある。

6項 回転支承部の設計

トラニオンハブ及ピンの設計は、次の荷重、構造等に対し行う。

1. 荷 重

脚柱より伝達される水圧・開閉力の分力及び主構（脚柱）の曲げモーメントを考慮する。

2. 構 造 系

1) トラニオンピンは、軸受板の間隔を支点とする単純梁とする。

2) 軸受板などは十分な剛性を有し、荷重を安全にアンカガーダ及びコンクリート構造へ伝達する構造とする。

〔解 説〕

トラニオン部（ハブ、軸受メタルまたは自動調心ころ軸受、ピン及軸受板）は、主構の支点として荷重が集中し、かつゲート開閉の中心となる重要部分なので、慎重な設計を行うものとする。

軸受方式は、水密方式に扉体圧着式を採用する場合以外は原則として軸受メタル（プレーンベアリング）方式とする。

標準的な断面構成は図 3.5.20 に示すとおりである。

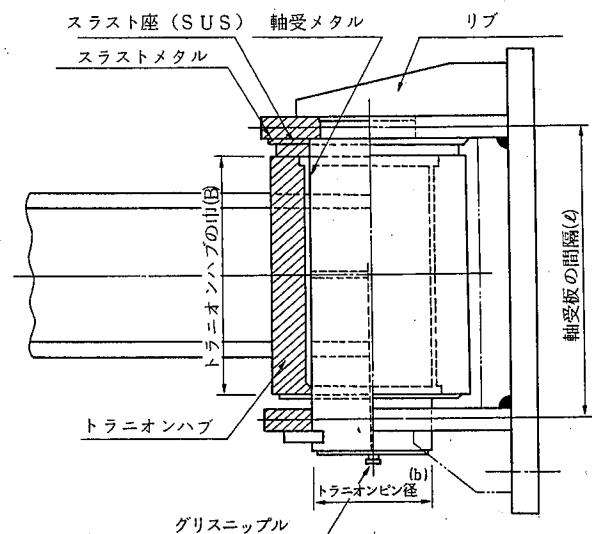


図 3.5.20 回転支承部の標準的な断面構成

図 3.5.20 においてスラストメタルは主構の水平反力が生じる方（一般に外側）に入れる。

1. 荷 重

(1) トラニオン軸受に作用する荷重は、

1) 水圧及開閉荷重による荷重

2) 主構（ π 形）ラーメン構造による固定端モーメント

を考慮する。

(2) 構 造

トラニオン軸受のピンおよび軸受メタル（またはローラベアリング）は、(1)の荷重が軸受け巾に対して等分布で作用する単純はりとする。単純はりの支点間隔は、軸受板の中心間（図 3.5.20 の d ）とする。なお、主構の反力として水平力が作用する場合は、スラスト軸受を設け軸受板はこのスラスト荷重に対しても横だおれしないようリブを付けるものとする。

1) 構造寸法の決定に当たっては、次のフローにより検討するのがよい。

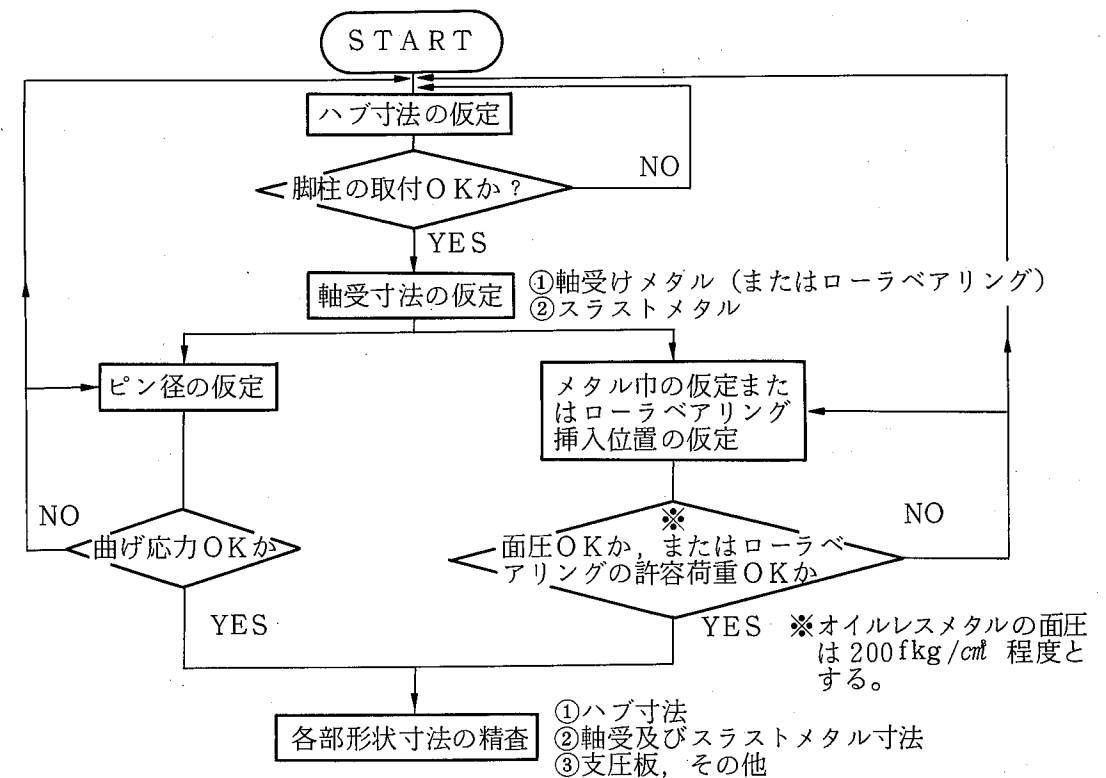


図 3.5.21 回転支承構造寸法の決定フロー

このフローにおいて、標準的な軸受メタル方式の場合には、図 3.5.2 2 において次の既応実績等の関係を参考とする。

$$\begin{aligned} 1.00 d_1 < B_w &\leq 1.80 d_1 \\ 1.75 d_1 < B_d &\leq 2.00 d_1 \end{aligned} \quad (3.5.7)$$

$$t \text{ (mm)} = (d_1 \text{ (mm)}) \times 0.055 + 5$$

なお、脚の軸力 (P_v) kgf とすれば、ハブの巾 (B_w) は、ほぼ $B_w = 0.1 \sqrt{P_v} \text{ (cm)}$ で示される。

ここに、 d_1 : ピンの直径 (cm)

B_w : ハブの巾 (cm)

B_d : ハブの外径 (cm)

t : 軸受メタルの厚さ (cm)

- 2) トラニオン軸受のピンと軸受メタルのすき間は、一般に次の程度とする。

JIS に基づく表示の場合 H 9・c 9

JIS によらない表示の場合 $2.0 \times 10^{-3} < \psi \leq 4.0 \times 10^{-3}$

ここに、 $\psi = (d_2 - d_1) / (d_1 / 2)$

d_1 : ピンの直径 (mm) (3.5.8)

d_2 : メタルの内径 (mm)

- 3) トラニオン軸受のメタルの材料は、許容面圧が大きくメンテナンスの点でも有利なオイルレスメタルを標準とする。オイルレスメタルは一般には無給油でもよいが、錆付きなどが生じた場合重大な支障となるので、給油可能な構造とする。

ローラベアリングの場合は自動調心ころ軸受 (スフェリカルローラベアリング) の使用が望ましい。この場合、内部にグリースを充填し、水分の浸入を防ぐためシールを設けるものとする。

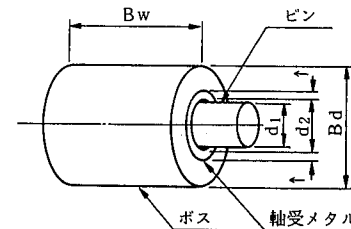


図 3.5.22 軸受メタルの寸法

7 項 接合方法

各部材及びブロックの接合方法は、次のとおりとする。その選定は接合部の荷重の伝達や接合の目的を考慮して行うものとする。

1. 工場接合 溶接, ボルト, リベット
2. 現場接合 リベット, 溶接, ボルト

なお、強度部材の高力ボルト接合は原則として使用しないものとする。

〔解 説〕

接合部の設計は 2 次的に取扱われるが、現実には最も注意を要する構造部分である。その重要性・設置環境を考慮して、接合方法は本文によるものとする。高力ボルトは一部実施例もあるが、次の理由により原則として採用しないものとする。

- ・環境として腐食傾向が大である。
- ・放流時に振動が伴うことがある。

また、ボルト接合を用いる場合は、リーマボルト等のせん断力を伝達し得るボルト形式を用いるものとする。

接合方法の一般的特徴などは次に示すとおりである。

1. 溶 接 (アーク溶接)

溶接は、形状寸法等の基本的設計が的確であり、かつ接合する母材に適合した溶接棒の選定及び、施工法に誤りがなければ、一般にもっとも優れた接合方法で、ゲートの工場製作時の接合はほぼ溶接によって行われている。ただし、施工に関しては、気象条件などの外的要因、上向き姿勢などの基本的難しさ、仮組などの精度不良による欠陥、さらに溶接による残留応力やひずみなどの問題があり、その対応を誤ると重大な欠陥をまねくおそれがあるので、水密性を重視されるスキンプレーットの接合や比較的強度に余裕があり、ひずみの生じにくい補助桁などの接合以外は、現場での接合は用いられないことが多い。

なお、ゲートの現場溶接にはほとんど採用されないが、工場溶接では半自動や自動溶接が多く採用されている。

2. リベット

リベットは設計、製作、準備、段取りなどで、やや現代的なスピードに欠けるが、ゲートの場合は施工時の騒音はほぼ問題にならないこと、適性や欠陥の判定が容易なこと

及び母材に対する変形やゆるみに対する心配がないことなど、基本的に適合した方法である。ただし、①スキンプレートの接合に用いる場合は別途水密に対する配慮が必要である。②経験のある技能者が少ない、などの理由から近年の実績は少なくなっている。

3. リーマボルト

リーマボルトは、精度よく組立てを行い、かつせん断力による接合面での変位を許さないなど、精度を重視する接合方法といえる。溶接接合に問題があり、かつリベット接合が難しい場合は、これに代るものとしてせん断力を確実に伝達でき信頼性の高いリーマボルトが従来から採用されている。

なお、1接合部にリーマボルトを多数用いる場合は、仮組から本締付に到るまでの施工に慎重な配慮が必要である。

4. 高力ボルト

高力ボルトは、一般に高トルクで接合部材を締付け、接合部材間の摩擦によって応力を伝達するもので、橋梁など一般構造物では広く採用している。しかし、前述した理由で高圧ラジアルゲートの主要部材の接合には用いないものとする。

8項 水密部の設計

水密部の構造は、次のとおりとしなければならない。

1. 原則として、漏水がないものとする。
2. 安定したゲート操作が行えるものとする。特に有害なキャビテーションなどの生じないものとする。
3. 保守・管理が容易なものとする。

〔解説〕

1. 水密部からの漏水は、ゲートの振動などの原因となるので、原則として漏水は生じない構造としなければならない。

これに関しては、2章4節に示す水密方式の選定も基本的には重要であるが、個々には次のような点に留意する必要がある。

- 1) あらかじめ水圧荷重の変化などにより生じる扉体の変位量を正確に把握しておくものとする。

2) 摺動式の水密ゴムの形状とそのまわりの構造はB3タイプの底部及びB2タイプの下部を除き、放流管内の水圧で水密ゴムが固定部から抜け出さない範囲で、水圧変化に容易に反応し、かつ変形量を大きくとれる形状とする。例えば、図3.5.23のB1タイプの水密の例に示すようにゴムの表面及び背面側には十分な空間をとり、水圧（放流管とパイプ状の穴を通じ伝わる背圧）が小さい時は水密ゴムの凸面はスキンプレートに押され戸当り側に押し下げられているが、背圧が大きくなるにつれて水密ゴムの凸面はつぶされ（かつ、このとき扉体は脚柱等の応力に比例して後退する）水密ゴム側のストッパが固定側のストッパに当るまで前方扉体側に押し上げられる構造となっている。

- 3) 水密ゴムと戸当りの水密板との最小接触面圧は、上流側の水圧以上とする。

接触圧力の推定式は、上流側水圧を利用するB1タイプの図3.5.23の例で示すと次のとおりである。

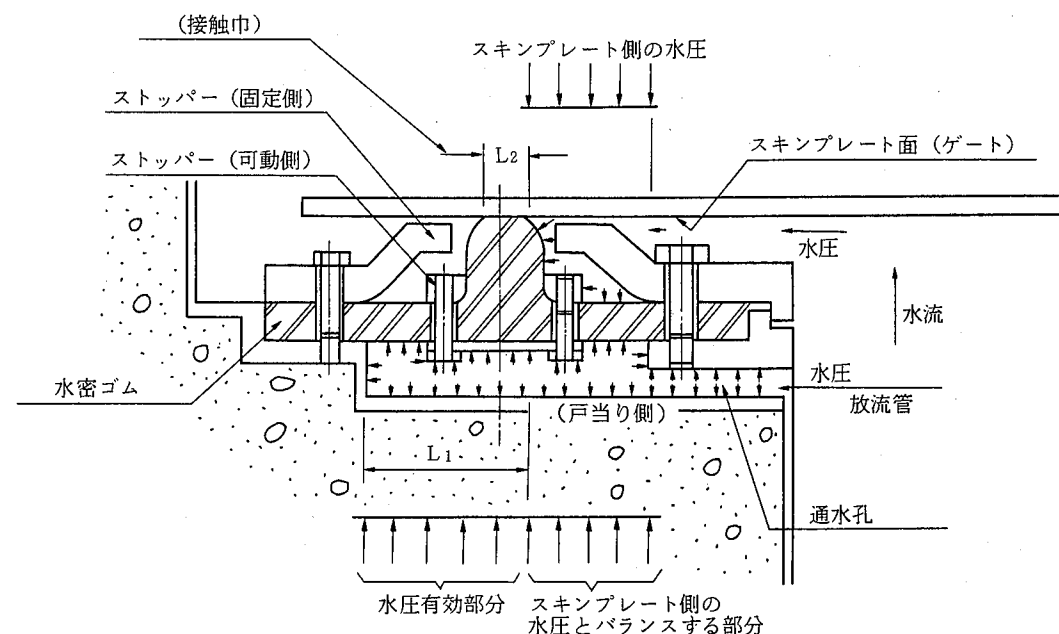


図 3.5.23 水密ゴムの押付力

$$P_c = P \cdot L_1 \cdot \frac{1}{L_2} = (3 \sim 4) P \quad (3.5.9)$$

ここに、 P_c : 接触圧力 (kgf/cm²)

P : 上流側水圧 (kgf/cm²)

L₁ : 水密ゴムの裏側で、水圧の作用しない幅 (cm)

L₂ : 水密ゴムの接触幅 (cm)

4) 水密ゴムの材料特性は、ゴムの接触面圧、水圧の変化に対する追従性と変形量及び耐久性などを考慮して決める。

参考として中水深以上に用いられる水密ゴムの特性の目安は、引張強度 200kgf / cm²、硬度 (ショア硬度) 60、伸び 300 % である。

5) B₁、B₂ 方式などの水密方式では底部コーナの構造、形状に慎重な検討を行う必要がある。

6) 水密部の構造は、現場据付時に水密部の寸法及び精度の調整が行えるような構造とする。

2. 中間開度での放流時に、ゲート操作が不安定にならないよう、水密部の構造は、次の点に留意する必要がある。

1) 水密ゴムの配置は、高速流が直接水密ゴムに当たらないよう、慎重に行うこと。(3章3節1項参照)

2) ゲート下部のリップ部は、ゲートの振動、キャビテーションによる破損を防ぐため極力シャープエッジな形状とする。また、この部分の材料はSUS材とする。(図3.5.24参照)

3) 水密ゴムのまくれ込みや、抜け出しが起きないように、ゴムと金物との複合や形状を決める(図3.5.23及び3.5.24参照)

4) A方式、B₂方式及びB₃方式の水密方式では、上部水密からの噴流による振動やゲート室への流水の吹き上りを防ぐため、これらに対して有効に作用する副水密構造を設ける。(図3.5.25(a)及び(b)参照)。A₁方式の場合は実績では同図(a)に示すように上方をピンとして噴射防止板を水圧でスキンプレートに押し付ける方式がよい結果を得ている。

なお、B₃方式の同図(b)の“A点”は全閉時のみ水密を行っている。

これらの事項は、高圧になるほど考慮する必要のある事項であり、慎重な構造設計が要求される。個々については、本項のほかゲートのレイアウト、水密方式、水路形状、空気箱など関連する事項の規定及び図を参考にするものとする。

3. 水密ゴムは、耐久性の面からは消耗品である。このため、取替えなどの保守管理に際して容易に対応できる構造とし、水密部の鋼材及びボルトなどの材料にはSUS材を用

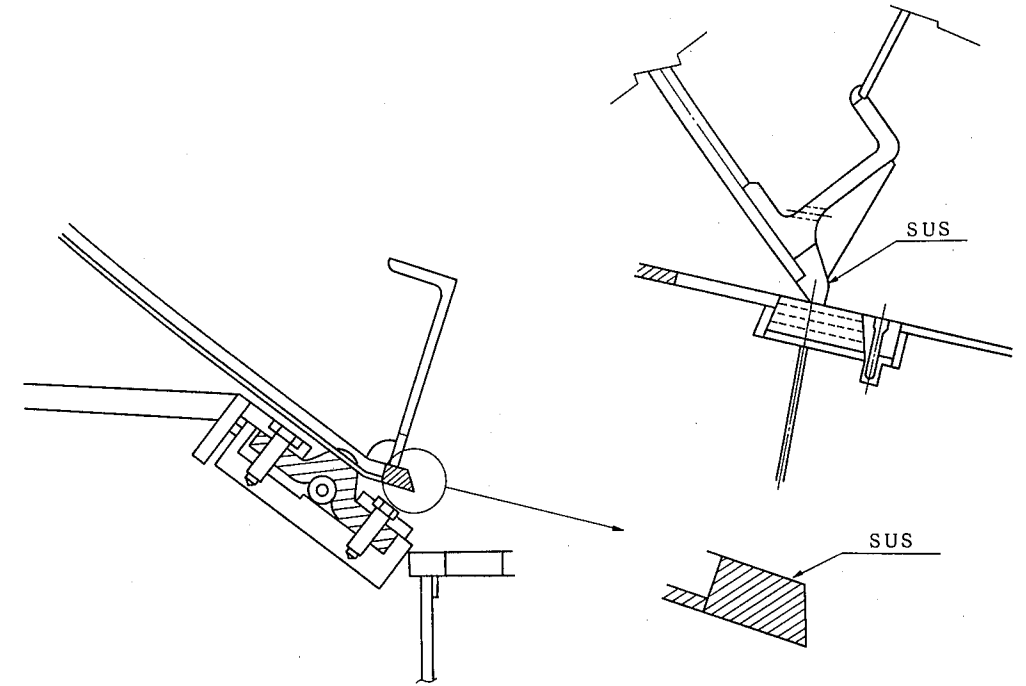


図 3.5.24 ゲートリップのシャープエッジの例

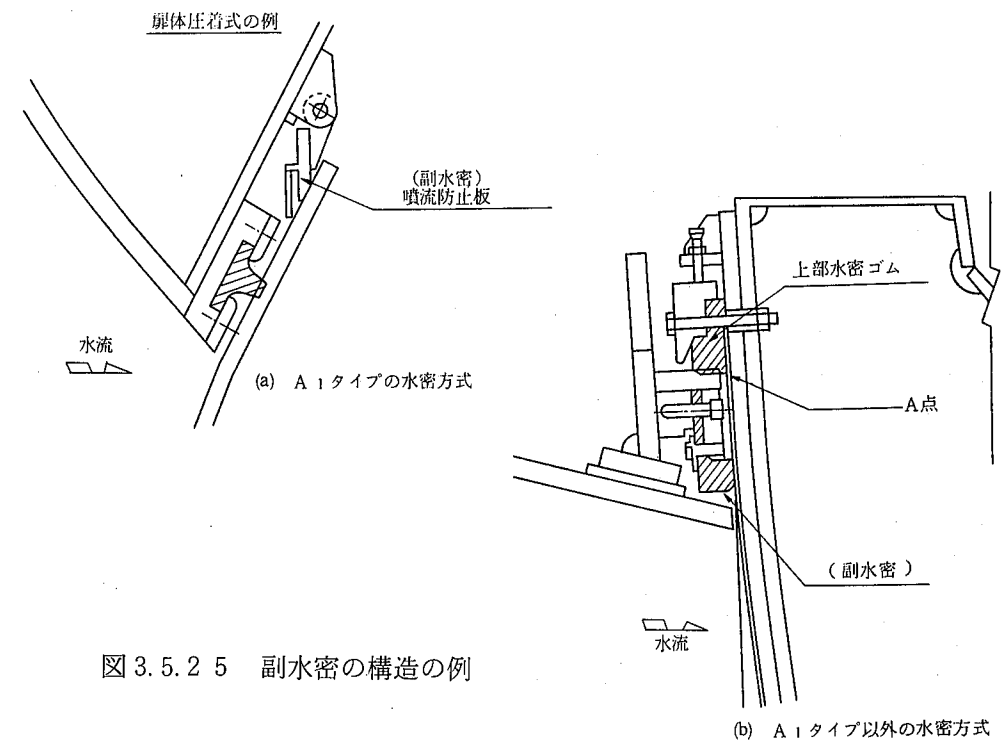


図 3.5.25 副水密の構造の例

(b) A₁タイプ以外の水密方式

いるものとする。なお、ボルトは放流時の振動でゆるまないよう必ず廻り止めを行うことが必要である。

4. なお、摺動式（B方式）の場合には、メンテナンス時などに、放流管内に水が満されていない状態で開閉を行うと、水密ゴムは摩擦で損傷することがあるので対策が必要である。

9 項 細部設計

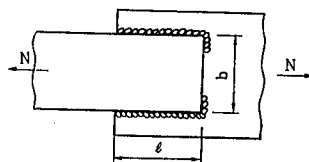
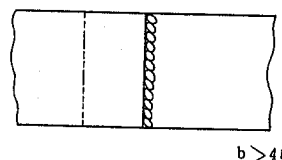
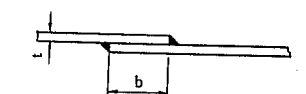
9.1 溶接継手の設計

溶接による継手は、次の事項を基本とする。

1. 溶接継手は、全断面溶込みグループ溶接、部分溶込みグループ溶接または連続すみ肉溶接とする。
2. 脚柱と主桁フランジ、脚柱とトラニオンハブなどの重要部分の継手は、全断面溶込みグループ溶接を原則とする。
3. すみ肉溶接は等脚すみ肉溶接とし、そのサイズは 5 mm 以上を原則とする。
4. 突合せ溶接は原則として裏溶接を行うものとする。
5. 3 mm 以上の厚さの異なる鋼板の付合せ溶接は、厚い方の板を $1/4$ 以下のこの配をつけて薄い方の厚さまで削り、溶接する。

6. 重ねすみ肉溶接

- 1) 前面すみ肉溶接の継手における重ね代は薄い方の板厚の 4 倍以上とする。
 - 2) 軸方向力を受ける継手における重ね代は右図において、 $\ell > b$ かつ b は薄い方の板厚の 16 倍以下とする。ただし引張力のみを受ける場合は 20 倍以下とする。
7. 継手の強度は原則として接合部材断面の全強と同等以上とする。



$\ell > b$
 $b < 16t$ (または $20t$)
 ℓ = 部材の重なり長さ
 t = 薄い方の板厚

〔解 説〕

高圧ラジアルゲートに溶接継手を用いるときの設計にかかわる一般基本事項は本文に示すとおりとする。

運用及び施工の一般事項などは、機械工事共通仕様書（昭和 57 年 4 月建設大臣官房建設機械課）等に詳しく述べられているのでこれによるものとする。

なお、本文の 2 については、主桁と脚柱の接合部など一般に引張力は作用しないので、全断面溶込み溶接でなくともよいとも考えられるが、集中荷重点を考慮して全断面溶込みグループ溶接とする。

なお、トラニオンハブの接合部は、肉厚が極端に異なるため溶接前後の熱処理について配慮が必要である。

本文 7. については、高圧ラジアルゲートの重要度から溶接継手は、そのヶ所に生ずる応力度の値にかかわらず、部材断面の全強と同等以上とする。

なお、溶接継手に関して本文で示した一般原則の他に必要な事項については、道路橋示方書等を参考とするのがよい。

9.2 リーマボルトおよびリベット継手の設計

リーマボルトおよびリベット継手の設計は、部材の応力が一様で継手効率が高いものとする。

1. ボルト及びリベットの径と配置は、応力伝達が均一になるよう適切なものとする。
2. ボルト及びリベットの応力は、応力方向に均等に分布すると考える。
3. 曲げモーメントを伝える接合部のボルトおよびリベットの応力は、回転中心からの距離に比例するものとみなして計算する。
4. 1, 2, 3 を考慮して求めたボルトおよびリベットは、原則として部材断面の全強の 75% 以上の応力に耐えるものとする。
5. リーマボルト又はリベットには原則として引張力は作用しない構造とする。

〔解 説〕

リーマボルトおよびリベット接合の基本的な一般事項は本文に示したとおりである。

運用は、「水門鉄管技術基準・付解説」に詳しく述べられているのでこれを参考とする
がよい。

なお、リーマボルトの材質はS 3 5 Cを標準とし、ボルト径にはM 1 6, M 2 0, M 2 2,
M 2 4 などがあるが、ボルト径はM 2 2 が標準と考えられる。

9.3 荷重集中点の補剛材

扉体及びアンカ材に用いる桁の荷重集中点には、原則として補剛材を設けるものとする。なお、脚柱と剛接合される桁も同様とする。

〔解 説〕

主桁と脚柱の取付け部や、他桁の支点の荷重集中点には原則として垂直補剛材を設けなければならない。

補剛材の形状寸法は、最小でも板厚 6 mm 以上で、桁のフランジ巾を満すものとする。

右図にラジアルゲートの代表的な補剛材取付例を示す。

基本的には、

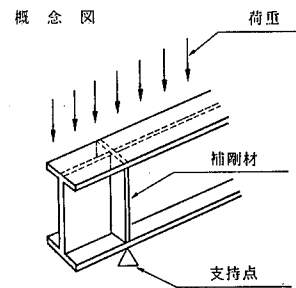
- (1) 補剛材と腹板との連結は、補剛材に腹板の集中荷重が伝達されるよう行うものとする。
- (2) 支点上の補剛材は両側に対称に設け、フランジの両縁に達するまで延ばすのを原則とする。

また、荷重集中点の垂直補剛材の設計は、次により軸方向圧縮力を受ける柱として設計する。

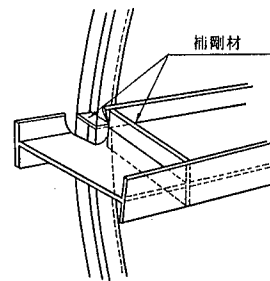
- 1) 柱としての有効断面積は、補剛材断面および腹板のうち補剛材取付け部から両側にそれぞれ腹板厚の 1 2 倍までとする。ただし、全有効断面積は補剛材の断面積の 1.7 倍をこえてはならない。(図 3.5.27 参照)

- 2) 脚柱と主桁の剛接合部のような接合の場合、桁に

は柱のフランジに合せ補剛材を設ける。この補剛材



縦補助桁と主桁の例



脚柱と脚間トラスの例

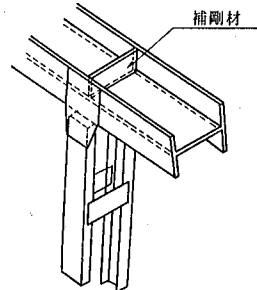


図 3.5.26 荷重集中点の補剛材

を設ける。この補剛材に作用する荷重は次式により計算することができる。

$$P = (N/2) + P' \quad (3.5.10)$$

ここに、 P : 補剛材に作用する集中荷重 (tf)

N : 柱に作用する軸力 (tf)

P' : 曲げモーメントにより算定した軸力 (tf)

$$P' = c M/h \quad (3.5.11)$$

ここに、 P' : 剛接合部に生じる曲げモーメントにより補剛材に伝達される集中荷重 (tf)

$c M$: 接合部に生じる曲げモーメント (tf・cm)

h : 曲げモーメントに対抗する柱の断面の高さ (cm)

(一般に H 形断面の高さ)

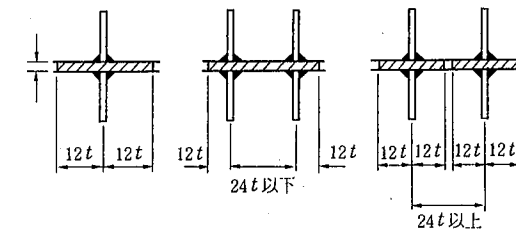


図 3.5.27 荷重集中点の腹板の有効幅

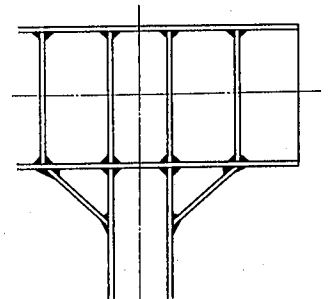
9.4 主桁と脚柱の接合

主桁と脚柱の接合は、原則として溶接接合による剛接合とする。

このため主桁と脚柱の接合部には適切な補剛材を設けるものとする。

〔解 説〕

主桁と脚柱で構成する主構の平面形は脚の平行な π ラーメン構造を前提とするので、その接合は剛接合とする。標準的な剛接合には、図 3.5.28 に示すように主桁のウェブおよび主構隅角部に溶接接合により補剛材を設けるものとする。なお、やむをえず、これ以外の接合方法を行



行う場合には、剛接合の基本を慎重に考慮して設計製作

図 3.5.28 主桁と脚柱の接合

を行うものとする。

一般にラーメン構造では隅角部に応力集中が生ずるので補剛材を設けその度合を緩和することが望ましい。FEM解析によると脚柱フランジ延長部の主桁ウェブにのみ補剛材を設けても、接合部付近の応力集中は十分に緩和できない。これに対して図3.5.28に示すように主構に主桁桁高の1/2程度の辺長を有する二等辺三角形をしたフランジ付補剛材を設けた場合、主桁一脚柱接合部の応力伝達は最も円滑に行われる。

なお、接合は原則として溶接とし、高力ボルトを用いない理由は次のことによる。

- ① 形状的な構造上では接合の条件を満たすことができるが、ボルトで締付ているフランジプレートなどは、応力集中により浮き上がりなどが生じる可能性などがある。
- ② 直交する面での接合は、組付けに対する逃げがなく、加工上の精度によっては締付けにより固定モーメントが生じるおそれがある。

9.5 サイドローラの設計

ラジアルゲートには、円滑な開閉及び、全開中の安定を考慮して、必要によりサイドローラを設ける。

サイドローラは、片側2個以上設けるものとする。

〔解 説〕

ラジアルゲートは、温度変化による扉体の径間方向の伸縮や据付精度などを考慮して扉体と戸当りの間に実用上5mm程度のすき間を左右にとる。本要領に示す扉体は、該当する規定を満足することによって地震などの横荷重に対して主構は安定なので、この面からはサイドローラは必要としないが、サイドローラは、地震などによる横ゆれによる主構の変形で水密ゴムの損傷を防ぐことを考慮して設ける。

このことから、B3方式などの水密方式を採用するゲートで、側部水密ゴムの耐圧力及び緩衝効果が十分あれば特にサイドローラを設けなくてもよい場合もある。

1. サイドローラの設計にあたっては、ローラに作用する荷重の算定は正確には難しいので、一般に扉体は固定されていないとみなし地震力を想定してローラ荷重を計算し、ローラ形状を決める。
2. ローラの間隔は、上下にできる限り広い配置とする。

3. 扉体の規模が大きい場合にはサイドローラにスプリングを併用する方式がある。

10項 戸当り金物

1. 戸当り金物は水密性や据付精度の確保などの目的を満し、水理上好ましく、かつ据付時のコンクリート打ち込みが容易な形状・寸法及び強度を有するものとする。
2. 戸当りの材料は、コンクリートに埋設されている部分以外は全てステンレス鋼材とする。
3. 側部戸当りのうち、放流管部より上部は取外し可能な構造とする。
4. 戸当り金物は、冬期の凍結による開閉の支障が予想される場合、凍結防止対策装置を備えるものとする。

〔解 説〕

戸当り金物の形状は、水密性がよく扉体の据付が容易で水理上適切なものとする。なお、強度的には計算根拠となるような外力は小さいが運搬や据付時には変形が生じやすいので、これに耐える強さや剛性が必要である。特に側部戸当りはコンクリートの施工に支障がないよう考慮が必要となる。

戸当りの面（路面板）は腐食による摩擦係数の増大や水密ゴムの損傷が生ずるので、コンクリートに埋設される部分を除き全てステンレス鋼材（SUS304）を使用する。

側部戸当りのうち、放流管等に溶接固定された部分以外の戸当りはゲートの補修に際して取外し可能なものとする。

なお、水密ゴムとの摺動面は、冬期に水滴などの凍結が考えられる場合には、戸当り金物の裏側に電熱利用のヒーターを利用する方式等の凍結防止装置を設けるものとする。

6節 アンカレージ

1項 形式と選定

アンカレージの型式は、直接基礎方式、支圧板テンションビーム方式またはPCアンカガーダ方式とし、その選定はゲート規模・堤体形状・施工性等を考慮して

決定するものとする。

〔解 説〕

ラジアルゲートの全荷重はトラニオン部に集中するので、この荷重をアンカレッジを用い、できるだけ分散してコンクリート構造物に伝達する必要がある。

アンカレッジの方式には、構造形状及び堤体コンクリートへの荷重の伝達の考え方によって種々あるが高压ラジアルゲートの機能及び実績を考慮して、ここでは本文に示す3方式とする。

直接基礎方式は荷重を安全に支持できる十分な厚さのコンクリート構造部分を堤体側に有する場合に優先して採用できる方式であり、この方式が採用できる場合には他の方式を考慮する必要はない。

直接基礎方式が採用できない場合に他の2形式のいずれの形式を選定するかは、水密性などの他、ダムの施工法に直接関係するので慎重な配慮が必要である。

直接基礎方式を除く2形式の概要を図3.6.1に、標準的な概念を表3.6.1に示す。

表 3.6.1 アンカレッジ形式の概要

形 式	各 方 式 の 概 要 ・ 特 徴
支圧板テンションビーム方式	概要：扉体からの荷重をガーダ、テンションビームを介して堤体内に埋設される支圧板の支圧力で保持する方式。 この方式は、一般的には単純確実であることから使用例の多い方式である。ただし次に示す点に注意を要する。 ①合理的なテンションビーム長さの決定が難しく、これらについて厳密には説明されていない。 ②テンションビームが荷重を受けて伸びることにより水密に影響が出る場合があること及びガーダ及び扉体に2次応力が生じる。
P C アンカガーダ方式	概要：扉体からの荷重をガーダを介してP・C鋼材（線または棒）のプレスト力でコンクリート応力におきかえるもので、力を堤体内に広く分散させることができること、P C構造には荷重による伸びがほぼないことから高压ラジアルゲートへの施工実績は比較的多い。次に示す点に注意を要する。 ①寸法からくる配置上の制約でP Cの配列が2～3列となる場合には、荷重分担が不均一になることが予想される。 ②ガーダと堤体の接続は材質、構造が不連続になる。 ③施工及び施工管理が難しい。

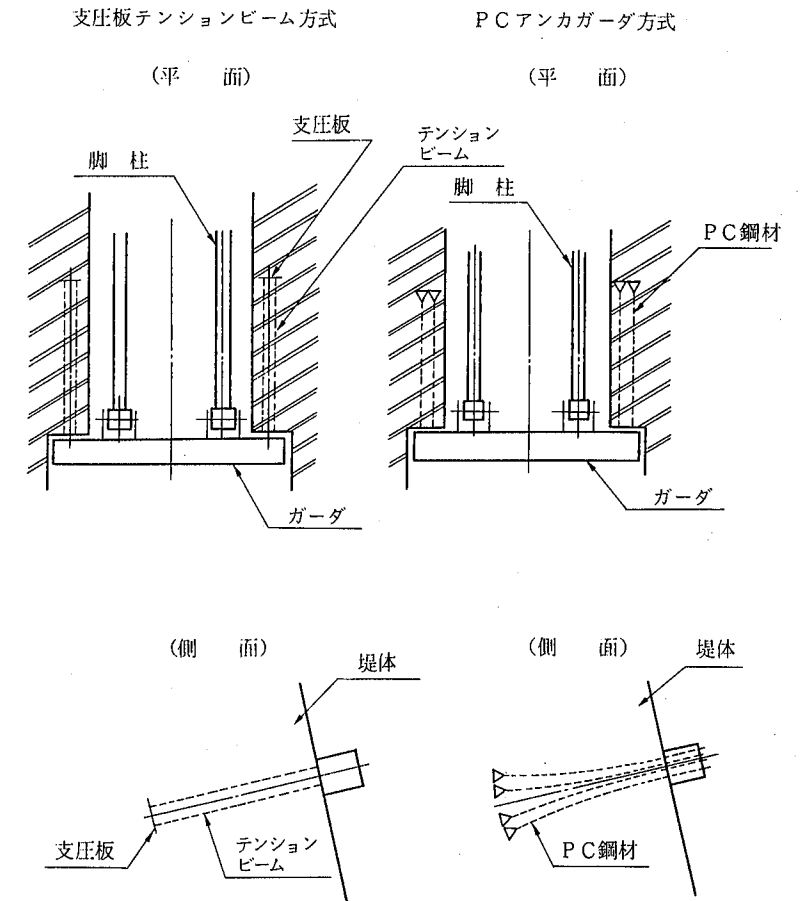


図 3.6.1 アンカレッジ各方式の概念

直接基礎方式は、図3.6.1においてテンションビーム（またはP C鋼材）を用いずガーダ（左右の脚を一体で受ける基礎金物）の直下流面を堤体コンクリートに直接設置する方式である。ガーダは堤体にできるかぎり均一に支圧応力が伝達されるように全体剛性を定め、かつ局部座屈しないよう内部には荷重集中点の補剛材の規定を満たす補剛材を設けるものとする。

なお、堤体が薄い場合に、外見上はP C アンカガーダ方式と直接基礎方式を併用するような形式となる場合もあるが、この場合はP C アンカガーダ方式として設計するものとする。ガーダ下流面の絶縁が不十分であるとコンクリート構造物に計算外の応力を生じることになるので、ガーダとコンクリートの間には絶縁材料を必要な厚さに介在させて十分な絶縁を行うか、堤体設計に支障のない範囲でアンカガーダ下流面に十分な空間を設けなければならない。

2 項 ガーダの設計

アンカガーダに作用する荷重及び構造は次のとおりとする。

荷 重

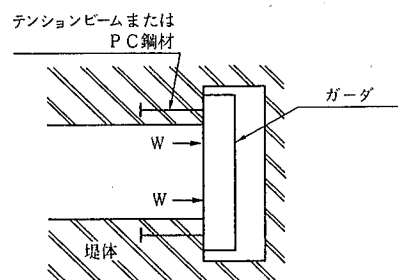
- 1) 扉体トラニオン部に作用する荷重を集中荷重とする。
- 2) その他扉体構造形式及びゲート開度によっては次の荷重を考慮する。
 - (イ) トラニオン固定モーメントによる曲げ応力
 - (ロ) 水圧による偏心荷重
 - (ハ) アンカー材の傾斜による分力

構 造 系

アンカレッジ（テンションビーム又は、P C鋼材）で支持された単純梁とする。部材断面はボックス形状とする。

〔解 説〕

ガーダは、図 3.6.2 に示す構造として、扉体からの集中荷重を受ける部材として取扱う。



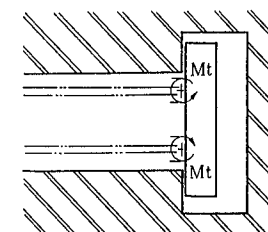
ここに、W：扉体からの荷重

図 3.6.2 ガーダに作用する荷重(1)

荷重には、本文に示したもののほかアンカ材の伸びによる二次応力などもあるが、一般には本文に示した荷重を考慮すればよい。

なお、ガーダのたわみは扉体の二次応力に重要なかわりがあるので、たわみはできるかぎり小さくすることが望ましい。

- (イ) 扉体のトラニオン固定モーメントは、図 3.6.3 のように主構としての脚柱下端の固定端モーメントを考慮する。

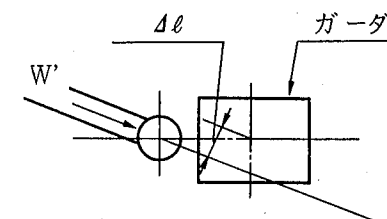


Mt：トラニオン固定モーメント
($\pm \text{kgf} \cdot \text{cm}$)

図 3.6.3 ガーダに作用する荷重(2)

- (ロ) 水圧による偏心荷重は、図 3.6.4 に示すようにゲート開度によってガーダ断面図心から扉体の荷重の合力の方向がずれることによって生ずるねじりモーメントである。

このねじりせん断応力に対抗するためにガーダはボックスガーダとする必要がある。



$$M\tau = W' \cdot \Delta \ell \quad (3.6.1)$$

ここに、 $M\tau$ ：偏心荷重によるねじりモーメント ($\text{kgf} \cdot \text{cm}$)

W' ：脚に作用する荷重 (kgf)

$\Delta \ell$ ：偏心距離 (cm)

図 3.6.4 ガーダに作用する荷重(3)

なお、ガーダに生じるねじりせん断応力度は、一般に次式により計算する。

$$\tau_t = \frac{M\tau}{2 \cdot t \cdot F_s} \quad (3.6.2)$$

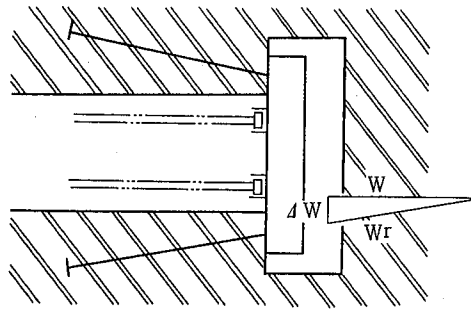
ここに、 τ_t ：せん断応力度 (kgf / cm^2)

$M\tau$ ：ねじりモーメント ($\text{kgf} \cdot \text{cm}$)

t ：断面を形成する各部材の板厚 (cm)

F_s ：板厚中心で囲まれた面積 (cm^2)

- (ハ) アンカー材傾斜による分力は、アンカー材が堤体形状等によって平面内で傾斜して設置されている場合に作用する軸立として考慮する。但し、高圧ラジアルゲートでは、アンカー材は傾斜させない場合が一般的である。



ここに、 W : 扉体からの荷重 (kgf)

W_r : アンカー材に作用する軸力 (kgf)

ΔW : ガーダに作用する軸力 (kgf)

図 3.6.5 ガーダに作用する荷重(4)

3項 アンカー材（支圧板方式）の設計

アンカー材に作用する荷重及び構造は次のとおりとする。

荷 重

ガーダの支持力としての引張力が作用するものとする。

構 造 系

支圧板で支持された引張材とする。

支圧板の大きさや位置の決定に当っては、次の条件を満足するものとする。

- 1) 支圧応力度はコンクリート許容支圧応力度以下とする。
- 2) 支圧部からのコンクリートのせん断応力は許容せん断応力度以下とする。

〔解 説〕

コンクリートに埋設される鋼材に荷重が作用する場合の挙動については、完全に解明されているとはいえず、今後も次の点などに実状に合せた検討を必要とする。

1. 支圧板方式のアンカー材では、鋼材とコンクリートとの弾性率の差などを考慮してアンカー材全長のうちガーダから下流側 $1/3$ 程度の長さを絶縁することが一般に行われているが、その理由は明確ではない。
2. テンションビームの長さはピアコンクリートの最弱の断面がせん断力に耐え得よう

決定しているが、せん断面の考え方に多少差異がみられる。最も一般的なものは支圧板の壁面側の辺を除く3辺（図 3.6.6）の絶縁部を除くテンションビーム長で求めるものである。

テンションビームを絶縁しない場合、FEM解析によると絶縁端付近に許容応力度を越える比較的大きな引張応力が生じ、見かけ上は支圧板まで荷受は伝達しない。すなわち、外力に対しテンションビームとコンクリートとの付着力により抵抗することとなり、設計と実際の構造系とで食い違いが生じる。

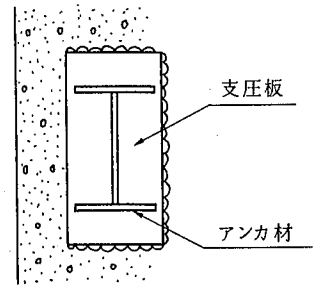


図 3.6.6 剪断面

したがって、テンションビームは全長に渡って絶縁し、その際比較的大きな引張応力の生ずる支圧板周りには配筋を施すことが望ましい。支圧板周りの必要鉄筋量の算出においては支圧板背面（上流側）での付着応力は期待しない。

テンションビームを全長絶縁した場合の推定せん断断面は堤体の形状、テンションビームの長さによってはせん断に対する安全率が最小となるのは必ずしも水平面とは限らない。ただし、支圧板付近では水平方向のせん断に対する安全率は他の方向に比べて小さいので、テンションビームを短くした場合にはせん断に対する安全率が最小となるのはかなり水平に近い面となる。

そこで、テンションビームの長さは、従来の設計で行われているように、検討するせん断断面をテンションビームの軸方向に 45° または平行面にとり、いずれかせん断抵抗の小くなる断面（上・下2面及び水路に面しない反対側の1面の計3面）で堤体コンクリートに生ずるせん断応力度が、コンクリート標準示方書に規定された許容せん断応力度以下となるよう決定することが、実際との差違も少なく、実務計算上でも簡便な方法である。

4項 PCアンカレッジの設計

PCアンカレッジの設計に当っては、次の事項に注意するものとする。

1. PC鋼材の許容応力は、地震時の割増をしてはならない。
2. 導入力は、コンクリートの弾性変形、クリープ、乾燥収縮、PC鋼材の鋼のレラクゼーションを考慮して決める。

3. プレストレス導入時のコンクリート強度は十分なものとする。
4. PC鋼材の防錆に十分配慮するものとする。

〔解 説〕

PCアンカレージの設計は、「プレストレストコンクリート標準示方書」(土木学会)に準じて行うものとする。

1. PCアンカレージでは、PC鋼材と支持ガーダの接合部が大気中に露出することが多く、腐食のおそれが大きいため、PC鋼材の許容応力度は第3章3項に示した様に、「プレストレストコンクリート標準示方書」より低く定める。
2. PC鋼材は、JIS G 3536(PC鋼線)、JIS G 3109(PC鋼棒)に適合するものを用いる。PC鋼線径は、小さいほど高い比率の強度が得られるが、腐食した場合、断面減少率が大きいため、 $\phi 7\text{mm}$ 程度を使用する。

また、作業性を考慮して大単位のPC鋼材が使用される。

3. PC鋼の導入力で考慮するコンクリートの弾性変形、クリープ、乾燥収縮は、プレストレスを導入する時期のコンクリートの材令、ヤング係数を用いて求める。

これらを求める場合のコンクリートの応力度は、応力分布が十分に解明されていないがPC鋼材の周囲50～100cmを有効断面積とする。

4. PCアンカレージには、一般のPC($\sigma 28 \geq 300\text{ kgf/cm}^2$)より低強度のコンクリートが使用される例が多いので、プレストレスの導入時期は、打設コンクリートと同様に養生した供試体を用いた試験等により定める。

また、プレストレス導入まで(通常150日程度)のシース、PC鋼材の防錆は、粉末防錆材等を用いるものとする。

5. PC鋼材の長さは、PC鋼材の引張力によりコンクリートがせん断破壊を起こさない長さとする。コンクリートの有効せん断断面は、一般に3面を考慮することができる。なお、実績によればPCアンカの長さは扉体半径より長くしている例が多く、また応力分散のためPC鋼材長を変化させている例が多い。

なお、ガーダ両端部のコンクリート接触面のガーダ軸方向の距離(長さ)が短い場合には、プレストレス導入時にガーダ端部からのコンクリートせん断が生じるおそれがあるので、この点も考慮した設計が必要と考えられる。

6. 定着部は、コンクリートに生じる引張応力に対し、また応力分散のためラセン状、U

字状、格子状の鉄筋で補強するものとする。

7. シースは正確な位置に保持する支持台にて支持し、その取扱い中あるいはコンクリート打設中に變形しないもので、継目等からセメントペーストが入り込まない構造とする。電線管、ガス管を用いた例がある。
8. PC鋼材を保護するため、緊張後、シース内はPCグラウトで完全に充填し、ピアコンクリートと一体とする。緊張部で空中に露出する部分は防錆材料で完全に保護するものとする。

7 節 空 気 箱

高圧ラジアルゲートの底部戸当り直下流部の放流管には必要により空気箱を設けるものとする。

〔解 説〕

水密方式が圧着式(A1及びA2タイプ)または戸当りに連続した水密ゴムを配置する摺動式(B1タイプ)の場合、水密構造上から放流管の底部及び側部に段差を設ける必要がある。

この段差のため、放流時にキャビテーションが発生するのを防止する目的で、底部戸当り直下流部の放流管に空気箱を設け給気を行う。

また、近年では水密構造上からは放流管の底部に段差を設ける必要がない場合でも、放流管のキャビテーション防止のため段差および空気箱を設けた例が見られる。この水深は、ゲート付近を問題とする場合には設計水深で50m程度以上と考えられている。

段差の寸法は水理上影響のない範囲で大きい方が空気箱の配置の面からは有利であるが、

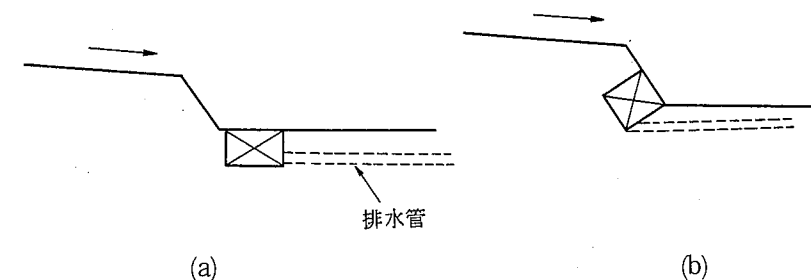


図 3.7.1 空気箱の配置

一定の限度があると考えられるので注意を要する。

空気箱の寸法の決定についても実績等を考慮して決めるものとする。

なお、空気箱の配置は図 3.7.1 に示す 2 方法がある。

8 節 開 閉 装 置

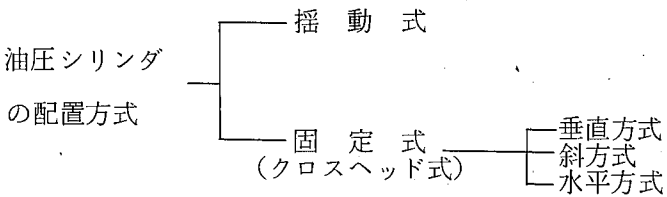
1 項 形 式

1. 開閉装置は原則として油圧シリンダ式とする。

2. シリンダの形式は堤体形状・操作方式等を勘案して選定するものとする。

〔解 説〕

1. 油圧シリンダ式は、高圧ラジアルゲートでは常用されているもので、次のような長所がある。
- ① 締め切り力を与えられる。
 - ② 動力の伝達が容易である。すなわち、任意の配管径路により動力を伝達できる。
 - ③ 速度調整が容易に行える。
 - ④ 加減速時の衝撃が少ない。
 - ⑤ 操作制御が容易である。
- なお、短所としては、
- ① 温度変化により油の性状（体積、粘度等）の変化が大きく、特に低温時には支障が生じやすい。
 - ② 高圧を利用するので、機器の精度が高いことと関連して機器が密閉されているので故障時の対応が難しい。
- などのことがあるので、これらに対する十分な配慮が必要である。
2. 高圧ラジアルゲートの油圧シリンダの配置は、大別して次の方式がある。



なお、揺動式には、扉体の取付位置によって上部吊方式と下部吊方式とがある。これ

らの方式の基本形を図 3.8.1 に示す。

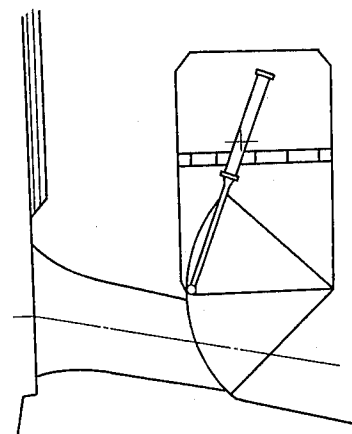
各形式に対して油圧シリンダの配置の第一の検討事項は、シリンダを主体とした開閉装置の配置形状がダムの基本形状・構造と適合するかどうかである。それ以外では次のような事項について配慮することが望ましい。

- ① ゲートの開閉速度ができるだけ均一なこと。
 - ② 油圧シリンダロッドのストローク中、できるだけ均等な開閉力が作用すること。
- 固定式の場合のように開閉荷重が油圧シリンダを押し上げロッドに対し座屈荷重として作用する場合には、ストローク長が長いとき小さな荷重となること。
- ③ メンテナンスが容易なこと。

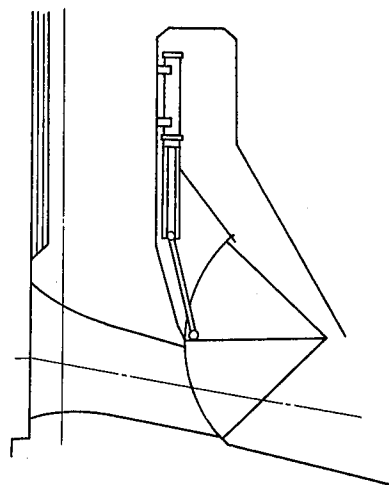
これらに関して固定式は、(イ)配置上制約の多いゲート案でも比較的自由的な配置ができる(ロ)開閉速度、開閉荷重の均一化が行い易い、などの利点はある反面、設備が複雑なことから、経済性およびコンクリート打設作業への影響等の面で、揺動式に比べ不利となる。

これらのことから、油圧シリンダの配置は、ダムの堤体構造上の制約（ゲートハウスの大きさ形状等）がないならば構造及び配置が簡明で、扉体の支持条件からも安定している扉体上吊方式の揺動式とするのが望ましい。

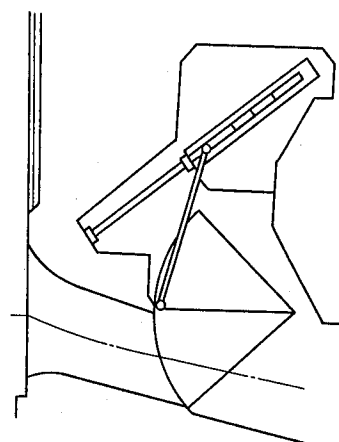
揺動式の扉体上吊方式を基本とする配置は上記②及び③に関する理論計算及び実績調査などから、ゲート室配置設計のフローを示すと図 3.8.2 のとおりである。



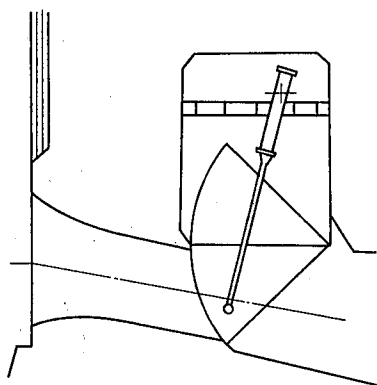
扉体上吊方式



(鉛直)

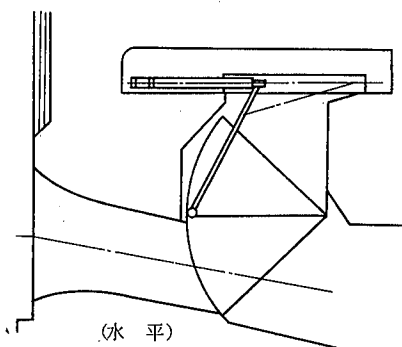


(斜)



扉体下吊方式

揺動式の例



(水平)

固定式の例

図 3.8.1 油圧シリンダの配置の基本形式

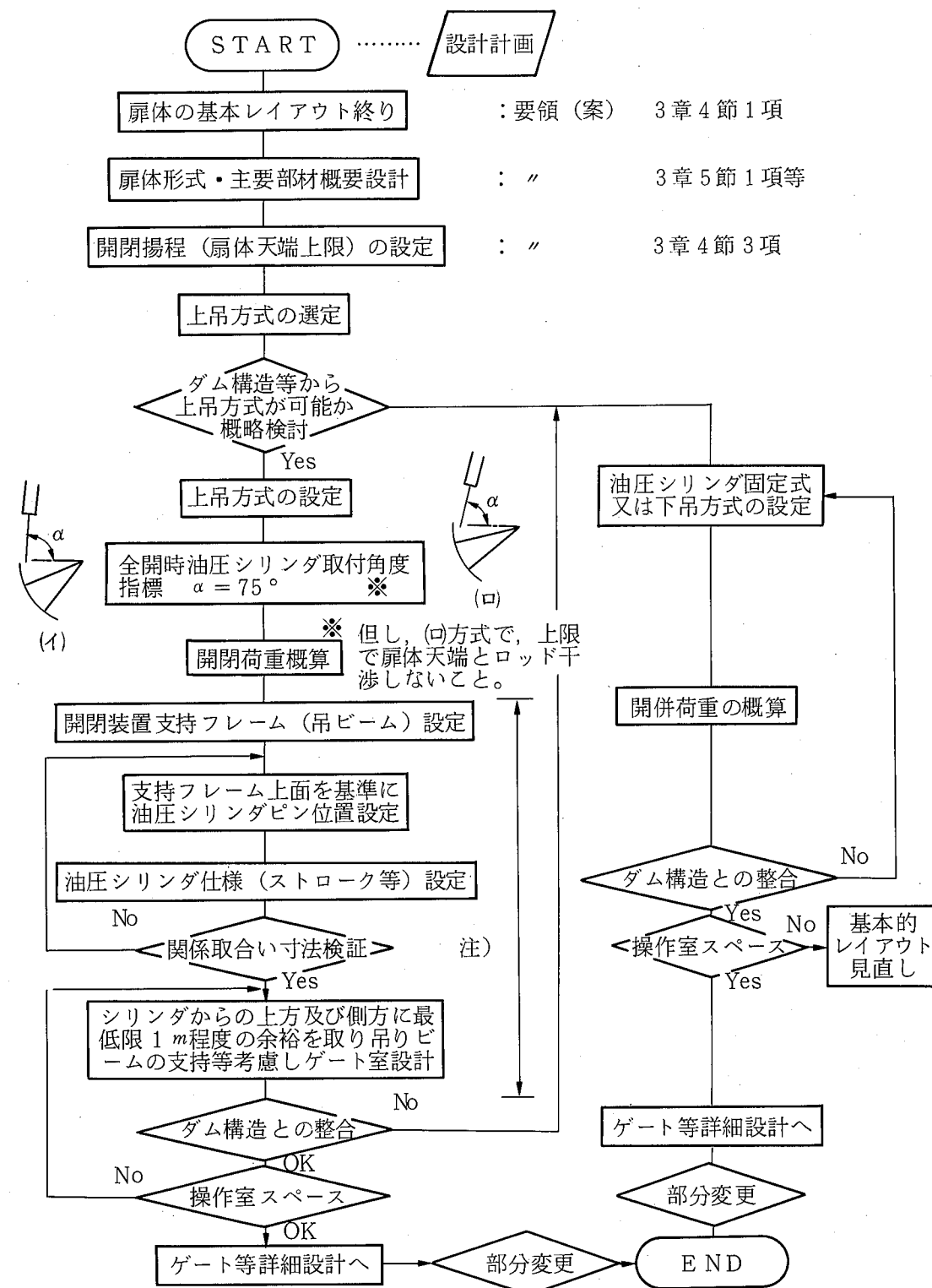


図 8.3.2 高圧ラジアルゲート・ゲート室レイアウト手順（参考）
注）油圧シリンダの仕様が大规模になる場合には、運搬・据付条件と整合を検討する。

2項 開閉荷重

開閉荷重の算定にあたっては、次の荷重について考慮するものとする。

- 1) 扉体自重
- 2) トラニオンピン廻りの摩擦
- 3) 水密ゴムの摩擦

〔解 説〕

ラジアルゲートの開閉は、トラニオンピンを中心とした回転運動であるので、開閉荷重も全てトラニオンピン廻りの抵抗モーメントから決める。

- 1) 扉自重は、3章3節1項に準じるものとする。
- 2) トラニオンピン廻りの摩擦力は、ピンと軸受けメタルまたはローラベアリングによる摩擦を考慮する。
- 3) 水密ゴムの摩擦は、水密ゴムが水圧などで戸当り金物に押し付けられて摺動するものとして考慮する。但し、水密方式が圧着式（A方式）の場合は考慮しない。

算定式は次のとおりとする。

$$\text{開閉荷重 } W = (G \cdot r_g + P \cdot \mu_p \cdot r_p + Pr + \mu_r \cdot r) \frac{1}{R} \quad (3.8.1)$$

ここに、W：開閉荷重（kgf）

R：回転中心から油圧シリンダピストンロッドまでの接線距離（cm）

G：扉体可動部重量（kgf）

r_g ：回転中心から扉体重心までの半径（cm）

P：開閉時の水圧＋開閉力の分力（kgf）

μ_p ：ピンとオイルレスメタル又はころ軸受のころ中心までの半径のすべり摩擦係数
（オイルレスメタルの場合通常0.2）

r_p ：トラニオンピンの半径（cm）

Pr：水密ゴムに作用する全水圧＋初期押付力

（kgf）

μ_r ：水密ゴムと戸当りの面すべり摩擦係数（通常湿潤状態で0.7）

r：水密ゴム接触面中心までの半径（cm）

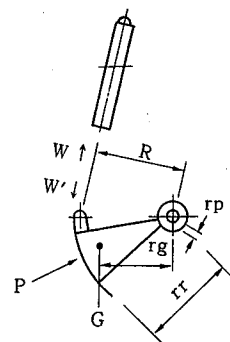


図 3.8.3 開閉荷重

3項 開閉装置の設計

開閉装置の設計にあたっては、次の事項を満足するものとする。

- 1) 安全確実に開閉操作を行い得ること。
- 2) 操作の安全のために必要な安全装置を具備すること。
- 3) 操作が容易で、保守管理上十分な配慮がなされていること。
- 4) 強度は、常用及び最大荷重に対して安全で耐久性を有すること。
- 5) オイルリークについての対策を行うこと。

〔解 説〕

本文に示した事項は、開閉装置の基本概念であって詳細には、

- ・河川砂防技術基準（案）
- ・水門開閉装置技術基準・同解説（案）
- ・建設省機械設備標準仕様書（案）

に示されているので準拠するものとする。

1. 操作の安全のためには、各種操作系統では、機側操作を優先させること。点検時のために休止フックを設けることなどが重要である。
また、油圧装置の信頼性から油圧ポンプはゲート1門につき2台とすることが望ましい。
2. 耐久性については、使用頻度の高い場合は部品の摩擦や疲労、使用頻度の少ないと予想される場合は潤滑剤の固結による劣化や部品の防錆などに配慮する必要がある。特に、水密方式にA1方式を採用する場合には圧着機構の容量は余裕のあるものとして、断続運転に耐えるものとする。
3. 開閉を油圧シリンダで行う場合、開閉力は、常時は開閉荷重に対応しているが、不測の時にはリリーフバルブの油圧設定値まで油圧力が作用するので、開閉装置はこの時の荷重にも耐えるものとする。
4. 油圧シリンダー、油圧制御機器及び油圧配管は、オイルリークに対し、極力これを防ぐ設計及び精度としなければならないが、これらの設計施工が適切であってもシリンダ及びチェック弁の構造上ある程度のオイルリークは避けられない。このため必要により、放流管理上から設定された開度を保持する装置または設定された開度に対し、許容され

るリークでのゲート自重による降下による、開度を設定値まで修正する復帰装置を設ける場合がある。この場合でも、電気的な自動復帰装置の開度補正の限界は実用的には2～3cm程度である。

4項 開閉装置支持フレームの設計

開閉装置支持フレームを鋼製とする場合の構造等は、次のとおりとする。

1. 主要な設計条件

- (1) 考慮する荷重は、開閉力、自重及びダム軸方向の水平力とする。
- (2) 材料はSS41を標準とする。
- (3) 許容応力度は、扉体に準じるものとする。
- (4) 許容たわみ度は1/2000とする。

2. 支持フレームは、原則として上面に油圧シリンダの点検用の歩廊などを設けるものとする。

〔解 説〕

1. 支持フレームの設計条件として考慮する荷重は、開閉力及び自重の他にゲート開閉時の放流水による振動を考慮して開閉力の10%の力がフレームの横荷重（水平力）として作用するものとする。

材料は、たわみ、振動を考慮してSS41を標準とするが、大形で長径間となる場合はSM50などを使用してもよいものとする。

許容応力度は、開閉時の動荷重を考慮して扉体に準じるものとする。

許容たわみ度は、開閉時の振動を考慮して扉体の許容たわみ度と同じ1/2000とした。

2. 支持フレームは、通常2本で構成し、その上面で油圧シリンダの点検を行えるようにする。

9節 点 検 装 置

高圧ラジアルゲートには、扉体、アンカ部（主にガード）及び開閉装置の保守点検が安全かつ容易に行えるようゲート機能に支障のない範囲ではしご、足場、手摺等を備えるものとする。

〔解 説〕

1. 機能に関する部分が十分であるとともに、管理上必要な配慮がなされていることも同様に重要である。

個々の装置の程度については、規模の大小、設置条件及び自然条件などから必要最小限設けることとする。

特に戸当り側水密部及び空気箱へは容易にアプローチできる設備を備えるものとする。

2. はしごの寸法等は次を標準とする。

- 1) 手摺（両側の桁）の間隔は40cm以上とする。
- 2) 踏さんの間隔は25cm以上35cm以下とする。
- 3) 踏さんと桁フランジ等の水平距離は15cm以上とする。
- 4) 上方からの降り口、点検台等に通ずる部分の手摺は、降り口等の面から75cm以上上方に出し、15cm以上の長さの水平部分を付ける。

3. 階段が必要な場合は、寸法等は次を標準とする。

- 1) 手摺の間隔は0.8m以上とする。
- 2) 手摺の高さは0.9m以上とする。
- 3) 階段のけあげ高は22cm以下、踏み幅は21cm以上を標準とする。なお、まわり階段及び螺旋階段の踏み幅は、踏み幅の狭い端から30cmの位置において計るものとする。
- 4) 踊り場の踏み幅は、階段手摺の中心間距離以上とする。

10節 その他設備

1項 主給気管等の設計

ゲート室は給気管により外部と連絡し、放流時に十分な空気を補給するものとする。

〔解説〕

主給気管の主な設置目的としては次のものがある。

- ① ゲート下流の圧力を正常に保つ
- ② キャビテーションの発生を防止する。

主給気管内の風速は、給気管内で衝撃を生じたり、管の笛鳴り・振動を誘発し、ゲートハウス内の作業者に不快感・不安感を与えないよう制限する必要がある。

主給気管の管径は所要空気量、許容管内風速等を考慮し決定する。

このうち、所要空気量は次式により算出する。

$$Q_a = \beta \cdot Q_w \quad (3.9.1)$$

ここに、

Q_a ; 所要空気量

Q_w ; 放流量

β ; 係数

係数 β の推定式としては、Kalinske・Robertsonの式、Campbell・Guytonの式、WESの設計曲線等があるが、一例としてCampbell・Guytonの式を以下に示す。

$$\beta = 0.04 (Fr - 1)^{0.85} \quad (3.9.2)$$

ここに、 Fr ; フルード数

3.9.2式に対応する設計風速は、 45 m/s として給気管の設計を行う。

なお、予備ゲートによる流水遮断時にゲート下流の圧力状態を正常に保つための給・排気については、空気管（従来は副給気管と呼ぶこともある）を設置する。

2項 充水管の設計

放流管には充水管を設けなければならない。

〔解説〕

高圧ラジアルゲート及び付属設備の点検または補修する場合には予備ゲートを使用し、放流管内の水を抜いて作業を行う。

充水管は、作業終了後、予備ゲートを開ける際に放流管内に充水するために設けるもので、配管は堤体前面の最低水位以下より取水し、途中操作室等に操作バルブを設けて、放流管に接続する。

充水管の管径は所定の充水時間内に充水作業が完了するようにする。充水時間は30分以内とした事例が多い。なお、充水管の取水口にはスクリーンを設けるものとし、その材料はSUS304とする。

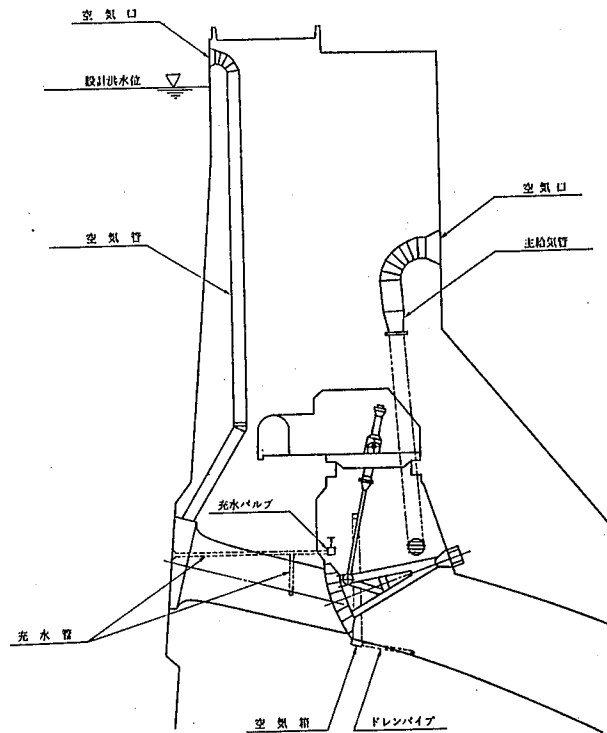


図3.9.1 空気管

4 章 製作・運搬・据付

1 節 製作・運搬・据付

1. 製作・運搬・据付は、設計条件を忠実に反映した方法を採用するものとする。
このため、製作・運搬・据付の主要事項、手順、方法などを計画に明示することが望ましい。
2. 製作・運搬・据付の出来形管理は、適切な許容値を定め行うものとする。

〔解 説〕

1. 前章までは、設計を主体に述べたが、この項に示す製作・運搬・据付は、設計時に検討すべき事項が多く、特に設計に関連する事項は前章までの各項に示したが、なお慎重な配慮が必要である。

このため、設計計画書には、接合を含む製作の要領、運搬とのかかわり及び据付における重点事項を示しておくことが望ましい。

なお、油圧配管は、大部分が現地作業となるため作業性が悪く配管内にゴミ、スパッタ、さびなどが残留するおそれがあり、嚴重な施工管理を行うこと、さらに、これらを除去するよう完全なフラッシングを実施することが運用開始後に多く発生する油圧機器の故障の原因を防ぐ点で重要である。

2. 出来形管理については、ゲート自体が目的とする機能及び強度上の条件が満される範囲で、製作・運搬・据付等による誤差は許されるものとするが、これらの総合的な出来形管理規定は、河川砂防技術基準（案）、機械工事施工管理基準（案）及び各地方建設局が定めている基準ならびに水門鉄管技術基準などによるものとする。

特に、水密方式をB₁方式とするゲートのスキンプレート面の真円度は

$$\varepsilon \leq \pm \frac{\varepsilon_0}{2} \left(1 + \frac{R}{10}\right) \quad \left(\text{ここに } \varepsilon \text{ (mm) : 許容量, } \varepsilon_0 \text{ : 長さ } 10 \text{ m 当りの標準許容量} = 4 \text{ mm, } R \text{ : 扉体の回転中心からスキンプレート前面までの距離 (m)}\right), \text{ とするの}$$

がよい。

2 節 据付用基礎材の設計

据付に際し、ゲートを所定の位置に正確に固定するための据付用基礎材は、精度の確保、作業の安全及びコンクリート打ち込みの容易さ及び作用する必要最小限の荷重条件を考慮して設計するものとする。

〔解 説〕

据付用基礎材は、ゲートの扉体、戸当り、アンカ材、空気管、及び放流管（この要領では、直接付言していない）等に対し、これらをコンクリートに埋設するか、固定するまでの組立てにあたっての支持、高さやレベルなどの位置決めの治具材として、さらに作業の安全の面からも重要なものである。特に高圧ラジアルゲートでは、その量も相当に多くなる。

この要領において基礎材の設計は次のとおりとする。

- (1) 配置は、ダムの形状、ブロック寸法、リフト高さ等から適切なものとし、打ち継ぎ目、型枠、及び鉄筋の配置、さらにコンクリート打ち込みが容易なものとする。打ち込みを容易にすること、現場の作業を繁雑としないため、据付の精度の確保、安全に支障とならない範囲で基礎材配置間隔は大きく配置することが望ましい。
- (2) 構造は、コンクリートの打ち込みに支障にならないければ、仮設的な構造物としては安定性の得やすい簡明なトラス構造とすることが望ましい。なお、トラス構造でも、部材間の接合は溶接接合とすることができる。

使用する形鋼は、コンクリートの打ち込みに際し、コンクリートが容易に充填されるようフランジの向きなどを考慮するものとする。

- (3) 設計に用いる荷重は、次によることができる。

- a. 鉛直荷重（1.2 P_o）
 - b. 水平荷重（0.2 P_o）
 - c. その他予想される荷重
- (4.2.1)

ここに、P_o：基本鉛直荷重（本体構造物、基礎材構造物、及び架設機械材等の重量）

なお、一般にはa、bの荷重を考慮すれば、地震及び風荷重などは考慮しなくてもよい。

(4) 材料は、原則としてSS41とする。

(5) 許容応力度は、次によることができる。

SS41に対して、許容軸方向引張応力度及び基本となる許容圧縮応力度を 1750 kgf/cm^2 とし、「鋼構造架設設計指針—土木学会編」に準じるものとする。

ただし荷重の組み合わせによる許容応力の割り増しは行わない。

(6) 製品の高さ、レベル等の調整はジャッキ等を用いてライナ調節などによる方法が望ましい。参考として図4.2.1に調整方法の例を示す。

(7) コンクリートに埋設される部材は、据付期間中に著しく腐食が予想される場合はコンクリートとの付着性を考慮して、プライマ処理を行うことが望ましい。

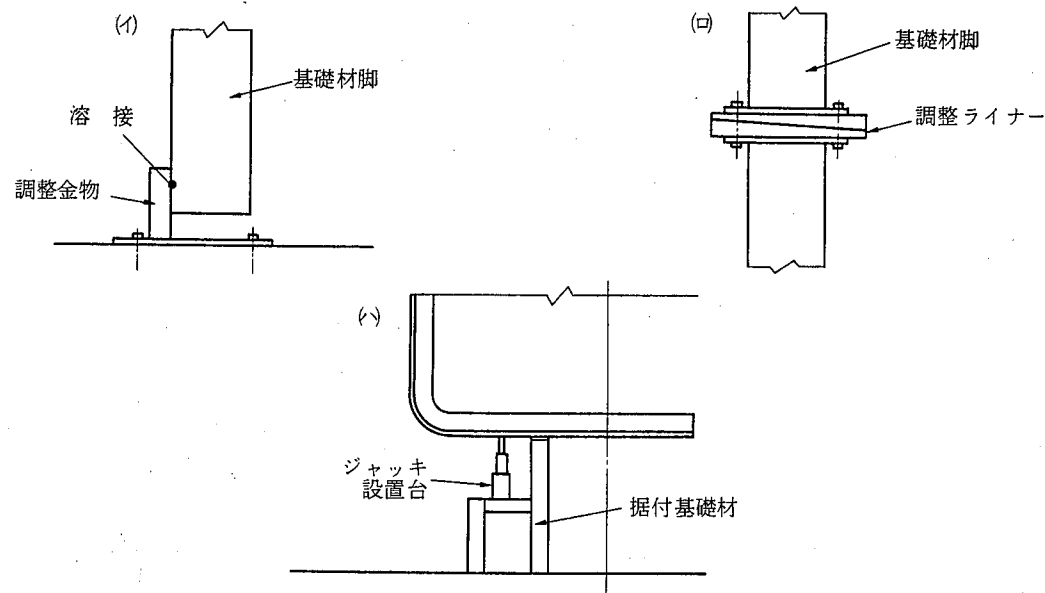


図 4.2.1 基礎材の高さの調整の例

高圧ラジアルゲート設計要領(案)・同解説

昭和62年9月

監修 建設省河川局開発課
発行 財団法人 国土開発技術研究センター

〒105 東京都港区虎ノ門2-8-10(第15森ビル)
TEL (03) 503-0391(代)

印刷 三栄印刷株式会社