ISSN 0386－5878
土木研究所資料 第3842号

土 木 研 究 所 資 料

ダム・堰施設技術基準（案）に基づく要求性能による技術仕様の明示方法（試案）

平成13年11月

独立行政法人土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム

Copyright © (2001) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
第3842号2001年11月

ダム・堰施設技術基準（案）を基づく要求性能による技術仕様の明示方法（試案）

技術推進本部　主席研究員　吉田　　正
研　究　員　田中　和嗣

要　旨

近年、国際化や多様化する建設事業への社会的要求に対応する方法の１つとして、土木工事への性能規定導入が期待されている。また、ダム・堰・水門等の設計・施工に係わる技術基準としてダム・堰施設技術基準（案）があり、平成11年に性能規定化を考慮しつつ改訂がなされている。この技術基準の改訂内容を有効に活用し、設計・施工にわたる土木工事に性能規定導入の効果を得るためには、「性能を基盤とした設計体系」の確立を図る必要がある。本研究は、「ダム・堰施設技術基準（案）」を活用し、設計・施工にわたる土木工事への性能規定導入を促進することを目的に、机上検討により「要求性能を考慮した設計・施工」のケーススタディを行ったものである。

はじめに

近年の国際社会において，技術仕様を性能に着目して定めることにより国際貿易の容易化を図ることが求められている。また，国内建設事業においても，設計基準等を構造物本来の目的達成を重要視したものへ改定することにより，設計・施工の自由度を向上し，民間活力を活かした新技術開発導入のインセンティブを確保することが求められている。特に，公共事業に対しては，国民意識の多様化等により，良質な社会資本を整備・維持する従来の必要性に加え，適切な価格でタイムリーに調達されることが求められている。これらの要求に対応する方法の1つとして，土木工事への性能規定導入が期待されている。

ダム・堰・水門等の設計・施工に係わる技術基準として，ダム・堰施設技術基準（案）がある[1)]。この技術基準は，平成 6 年に策定され，性能規定化を考慮しつつ平成 11 年に改訂がなされている。旧来の技術基準は，技術を体系化することにより，新しい技術が展開されることを期待したものであり，比較的細部の事項にいたるまで標準的仕様を規定したものであった。一方，新しい技術基準は，新材料・新技術の開発や適用，新しい設計方法の提案等に柔軟に対応できることを期待したものとなっている。

しかし，ダム・堰施設技術基準（案）の改訂内容を有効に活用し，設計・施工にわたる土木工事に性能規定導入の効果を得るためには，「性能を基盤とした設計体系」の確立と関係技術者の技術レベル向上を図る必要がある。そのため，新しいダム・堰施設技術基準（案）を新たな出発点として，新技術の提案と適用事例の積み重ねることが必要である。

本研究は，「ダム・堰施設技術基準（案）（平成 11 年 3 月）」を活用し，設計・施工にわたる土木工事へ性能規定導入を促進することを目的に，同技術基準における設計自由度の整理結果を示すとともに，机上検討により「要求性能を考慮した設計・施工」のケーススタディを行ったものである。なお，本研究においては，技術仕様の明示方法の観点から検討を行っており，その検査方法については検討外としている。また，入札・契約等の工事発注方法についても，本研究成果を基礎資料とした工事が試行される場合に，別途検討されることを前提として，本検討では対象外としている。

【目　次】

はじめに
1．総論 …… 1
1.1 研究の背景 …… 1
1.2 研究の内容 …… 1
2．ダム・堰施設技術基準（案）の現状整理 …… 3
2.1 ダム・堰・水門等の設備設計手法と技術基準関連条項の整理 …… 3
2.2 ダム・堰施設技術基準（案）における設計自由度の把握 …… 3
3．要求性能を考慮した設計・施工（ケーススタディ） …… 36
3.1 ケーススタディの設定条件 …… 36
3.2 開閉装置への要求性能 …… 36
3.2.1 開閉装置への基本的要求性能 …… 36
3.2.2 開閉装置への要求性能 …… 37
3.2.3 開閉装置への要求性能（追補：設計自由度の向上により想定される設計提案） …… 39
3.3 性能規定型特記仕様書（案）の提案 …… 40
3.3.1 性能規定型特記仕様書の作成方針 …… 40
3.3.2 性能規定型特記仕様書（案） …… 41
4．まとめ …… 45
参考資料 …… 46

1. 総論

1.1 研究の背景

近年の国際社会において，技術仕様を性能に着目して定めることにより国際貿易の容易化を図ることが求められている。また，国内建設事業においても，設計基準等を構造物本来の目的達成を重要視したものへ改定することにより，設計・施工の自由度を向上し，民間活力を活かした新技術開発導入のインセンティブを確保することが求められている。特に，公共事業に対しては，国民意識の多様化等により，良質な社会資本を整備・維持する従来の必要性に加え，適切な価格でタイムリーに調達されることが求められている。これらの要求に対応する方法の1つとして，土木工事への性能規定導入が期待されている。政府は，「公共工事コスト縮減対策に関する新行動指針（平成12年9月：公共工事コスト縮減対策閣僚会議）」において，「技術基準等の見直しにあたっては，国際基準等との整合性を勘案しつつ性能規定化を進める」としている。国土交通省（旧 建設省）においても，同行動指針を受けた「公共工事コスト縮減対策に関する新行動計画（平成12年9月）」において，具体的施策の1つとして河川関係技術基準類の性能規定化を示している。

ダム・堰・水門等の設計・施工に係わる技術基準として，ダム・堰施設技術基準（案）（以下「技術基準」と略す）がある[1)]。この技術基準は，平成6年に策定され，性能規定化を考慮しつつ平成11年に改訂がなされている。改訂は，下記の要点について重点的に検討がなされたものとなっている[2)]。

(1) 記述内容の構成（性能規定化）
(2) コスト縮減
(3) 主要材料の海外調達
(4) 技術の進歩を踏まえた内容の充実
(5) ＳＩ単位への完全移行
(6) 他基準類との整合

要点の第1項目が，性能規定化に係わる事項である。旧来の技術基準は，技術を体系化することにより，新しい技術が展開されることを期待したものであり，比較的細部の事項にいたるまで標準的仕様を規定したものであった。一方，新しい技術基準は，新材料・新技術の開発や適用，新しい設計方法の提案等に柔軟に対応できることを期待したものとなっている。

新しい技術基準は，精力的な検討により，他の技術基準類に先駆けて先験的に性能規定導入の検討が図られたものであり，性能規定型技術基準としては，幾つかの課題を残しているものの，その改訂の目的を実現するための有効な改訂がなされている。しかし，技術基準の改訂内容を有効に活用し，設計・施工にわたる土木工事に性能規定導入の効果を得るためには，「性能を基盤とした設計体系」の確立と関係技術者の技術レベル向上を図る必要がある。そのため，新しい技術基準を新たな出発点として，新技術の提案と適用事例の積み重ねることが必要となっている。

1.2 研究の内容

本研究は，技術基準を活用し，設計・施工にわたる土木工事へ性能規定導入を促進することを目的に行うものである。本研究においては，性能規定の観点からの技術基準の現状整理として，設計自由度の整理を行った。また，設計自由度の整理結果にもとづき，机上検討により，「要求性能を考慮した設計・施工」のケーススタディを行った。

(1) ダム・堰施設技術基準(案)の現状整理

技術基準が許容する新材料・新技術の適用や新しい設計方法の提案等の範囲を把握するために，性能規定の観点からの技術基準の現状整理の一つとして，設計自由度の整理を行った。設計自由度の整理は，堰ゲートの設備設計フローに従って行い，新材料・新技術の適用や新しい設計方法の提案等が可能と考える段階を示した。また，各設計自由度の内容を下に示す要求目的（土木構造物に対する基本条件を含む）別に整理し，発注者が性能規定概念を導入する目的に従い，技術仕様のうち要求性能で示す事項を設計毎に検討する資料とすることを図った。

(1) 品質向上とコスト縮減
(2) 構造安全性
(3) 使用性
(4) 非常時の安全性
(5) 耐久性
(6) 周辺環境の保護

(2) 要求性能を考慮した設計・施工

技術仕様の明示方法の観点から「要求性能を考慮した設計・施工」の実施方法を，既設水門の開閉装置の更新工事を対象としたケーススタディに提案した。

現在，性能規定に基づく工事発注を考えるとき，「性能発注」の実施が想定される。国土交通省等において，「舗装工事の性能発注」が試行されている。しかし，「性能発注」の方法は一通りではない。公共工事では，企画段階から計画策定，実施調査，事業の実施にいたる間で，構造物等の仕様が確定されていく。どの段階で「性能発注」を行うかは，事業や地域の特性，工期，工費等を考慮して，工事毎に適切な発注範囲とその方法が決められることになる。また，現段階では，「性能発注」と呼ぶべき方式が新しい発注方式（入札・契約方法を含む）としてあるか否か，また，どのような方式となるかは不明確である。現在，「性能発注」と呼ばれているものは要求の明示方法を指しており，その発注方式は，DB 方式や VE 方式，新しい社会資本整備方法である PFI となっている。

そこで，本ケーススタディは，技術仕様の明示方法の観点から検討を行うこととし，その結果を基礎資料として工事が試行される場合，別途に工事発注方法についての検討がなされることを前提とした。また，近年，社会資本整備である公共事業のコスト縮減が要求されており，社会資本の補修・維持管理が重要視されていることを鑑み，ケーススタディは，設備件数が多く，かつ新技術開発が盛んであると推察される，水門開閉装置の更新工事を対象とした。

2. ダム・堰施設技術基準(案)の現状整理

土木工事の設計・施工における性能規定概念の導入効果を得るためには，要求性能を考慮しつつ，許容されている設計・施工の自由度を適切に把握し，工事毎に「要求性能を考慮した設計・施工」の導入対象や性能規定導入方法を検討する必要がある。

そこで，本節では「性能を基盤とした設計体系」の基礎資料として，現在の技術基準が設計に許容する自由度の程度を整理する。

2.1 ダム・堰・水門等の設備設計手法と技術基準関連条項の整理

ダム・堰・水門等の設備設計フローに従い，各段階に関連する技術基準の条項を示し，設備設計と技術基準の関連を整理する。設備設計フローは堰ゲートの場合を例として，設計手法下記の5段階に分けて示す。その結果を図-2.1 以降に示す。

(1) 基本設計段階
(2) 詳細設計段階 1 （扉体設計段階）
(3) 詳細設計段階 2a（機械式開閉装置設計段階）
(4) 詳細設計段階 2b（油圧式開閉装置設計段階）
(5) 詳細設計段階 3 （電気制御設備設計段階）

2.2 ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の把握

設備設計フローに従い，設計に対して，技術基準が許容する設計自由度を整理するとともに，設計自由度の向上により期待できる効果を整理した。効果の整理は，土木研究所資料第 3834 号 [3]に提案されている「土木構造物に対する要求目的とその基本条件」に基づいて整理を行った。その結果を表-2.1 以降に示す。

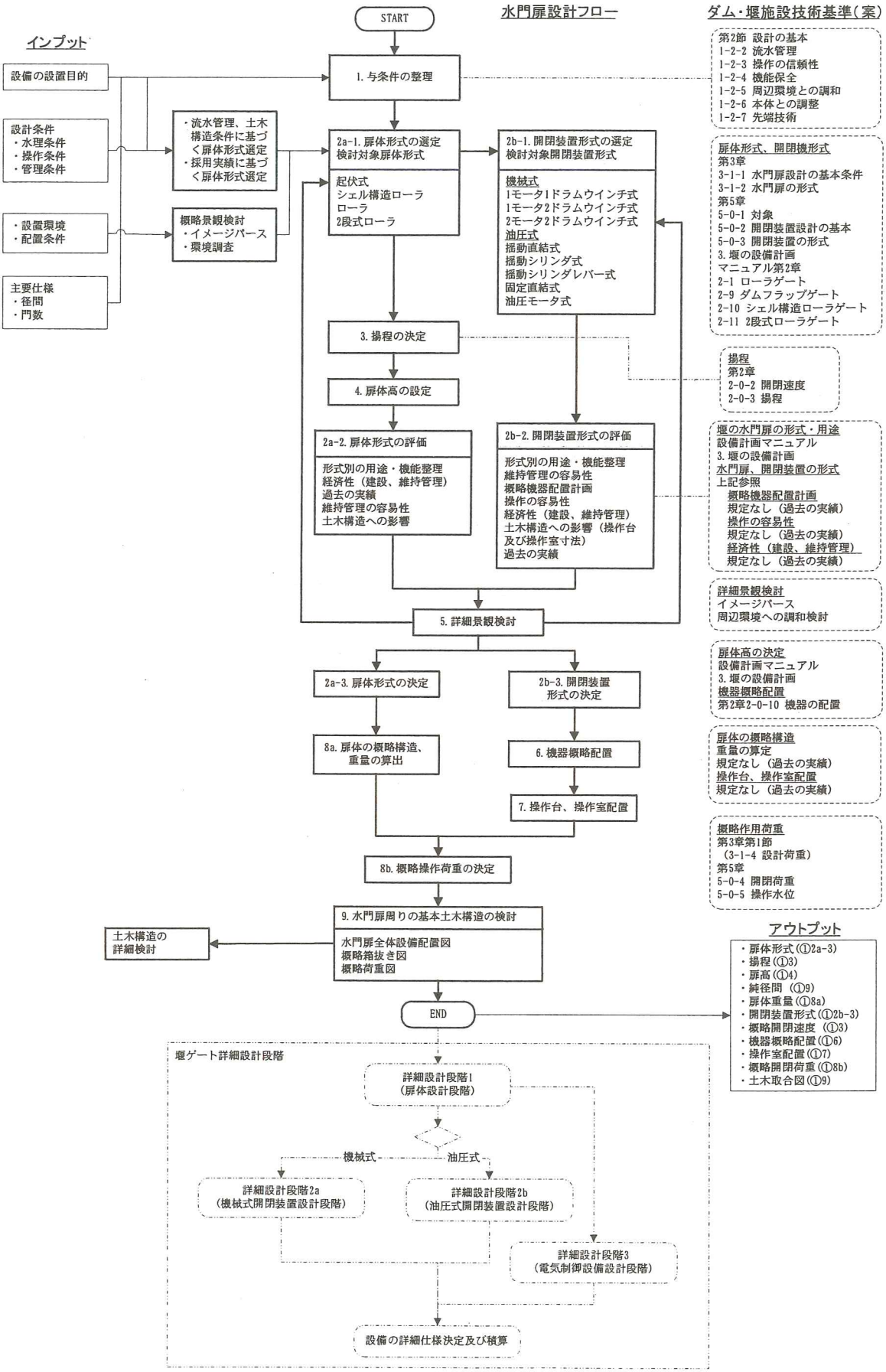


図-2.1：堰ゲート設備設計フロー：基本設計段階

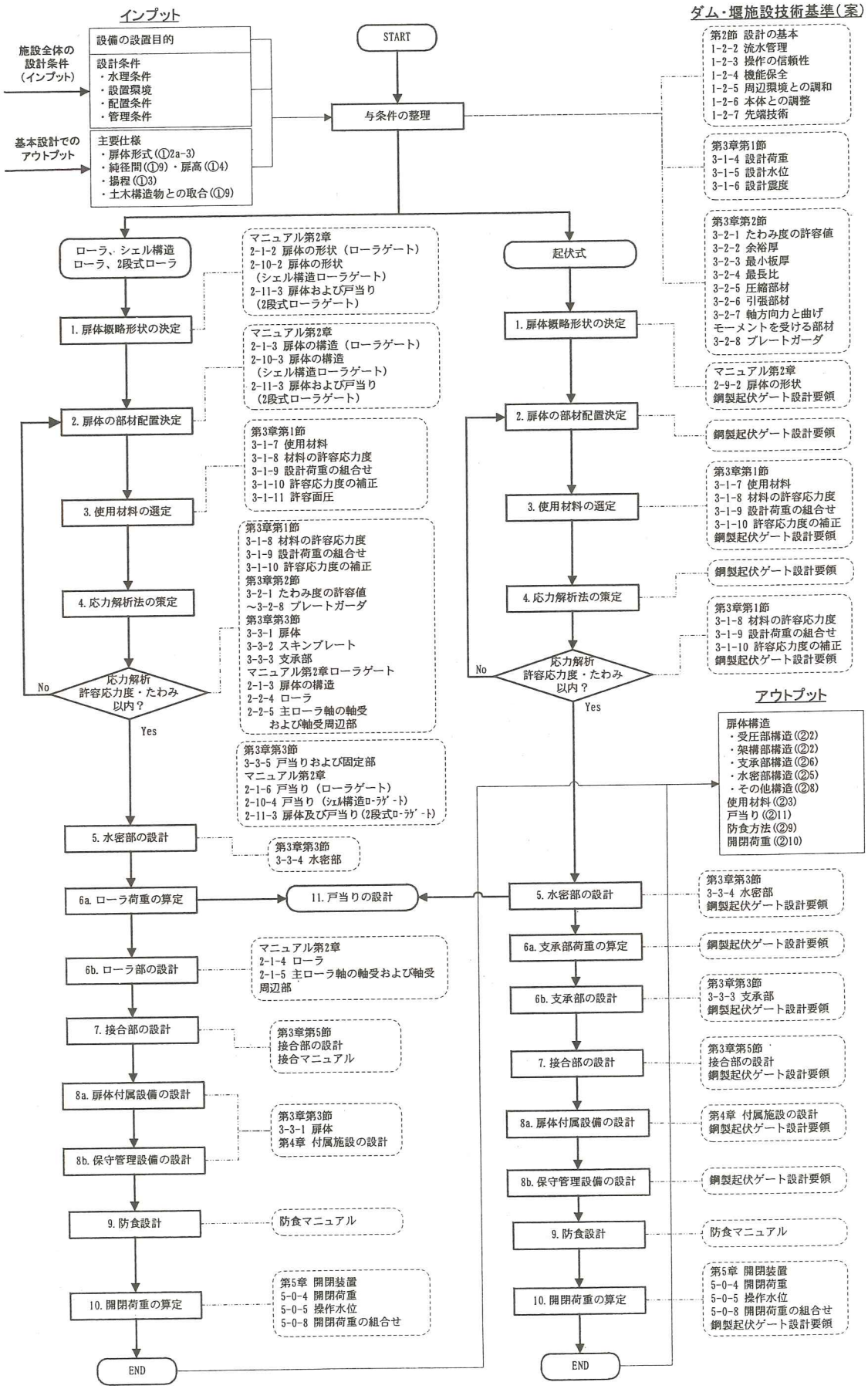


図-2.2：堰ゲート設備設計フロー：詳細設計段階1（扉体設計段階）

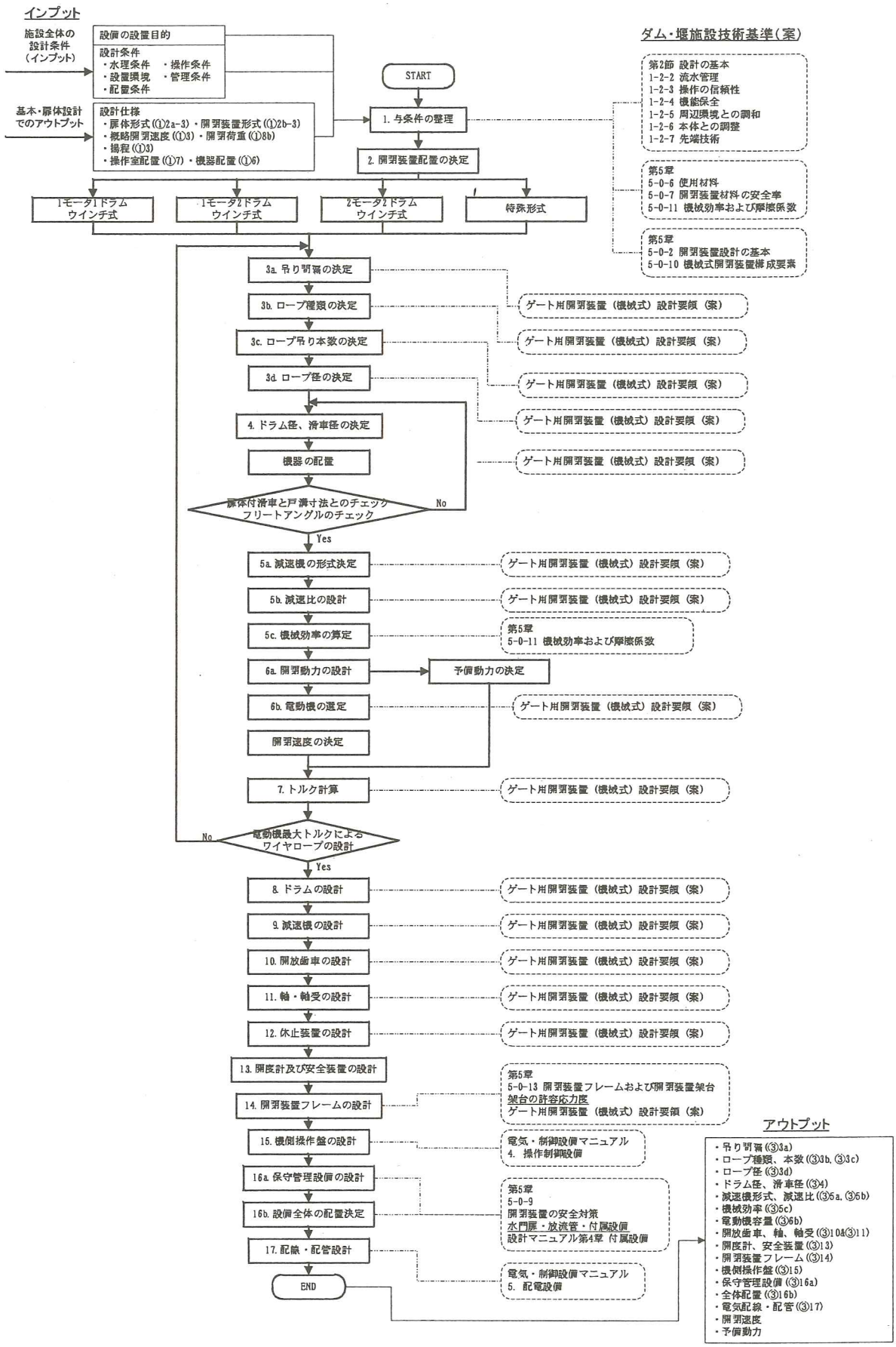


図-2.3：堰ゲート設備設計フロー：詳細設計段階2a（機械式開閉装置設計段階）

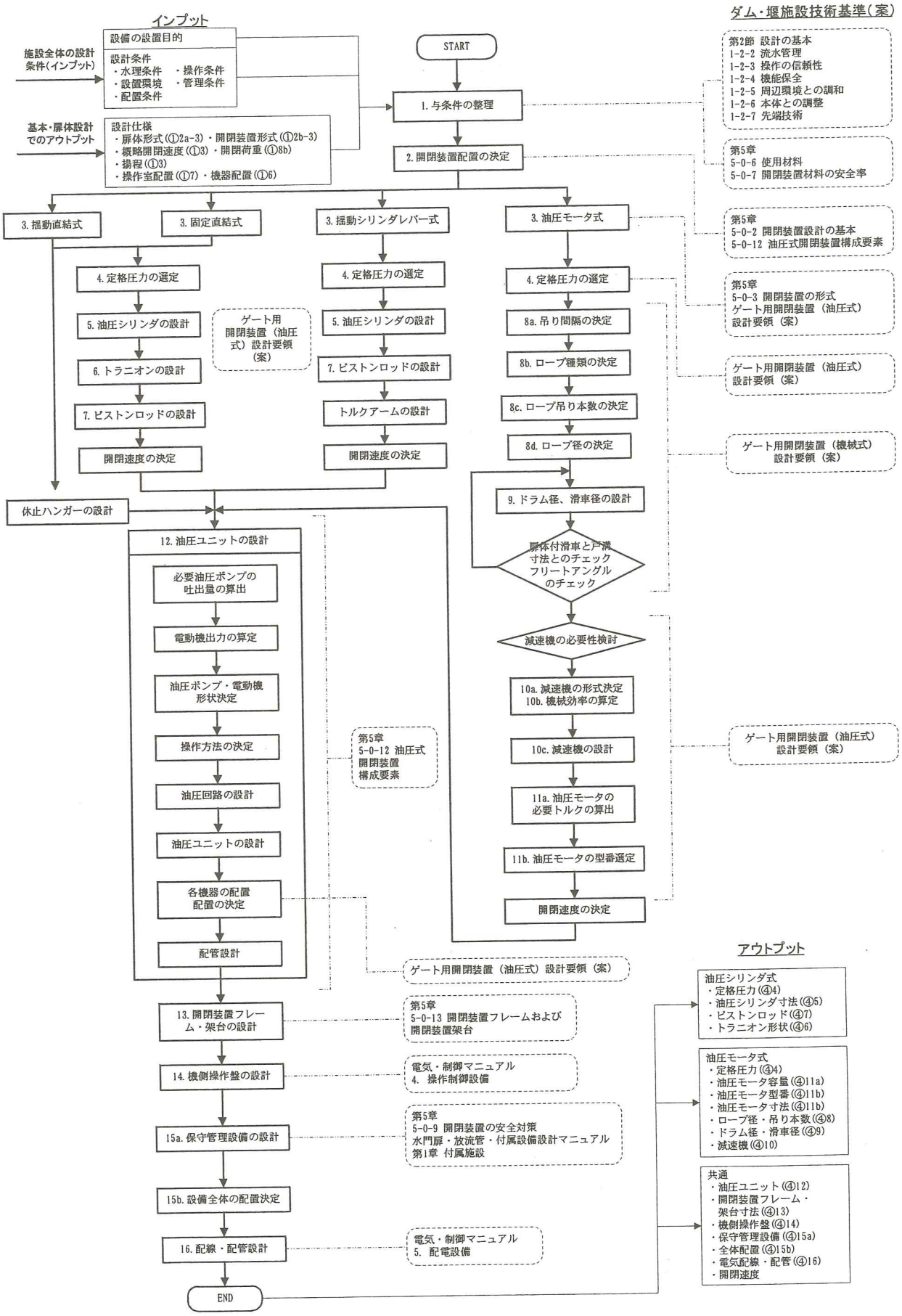


図-2.4:堰ゲート設備設計フロー:詳細設計段階2b(油圧式開閉装置設計段階)

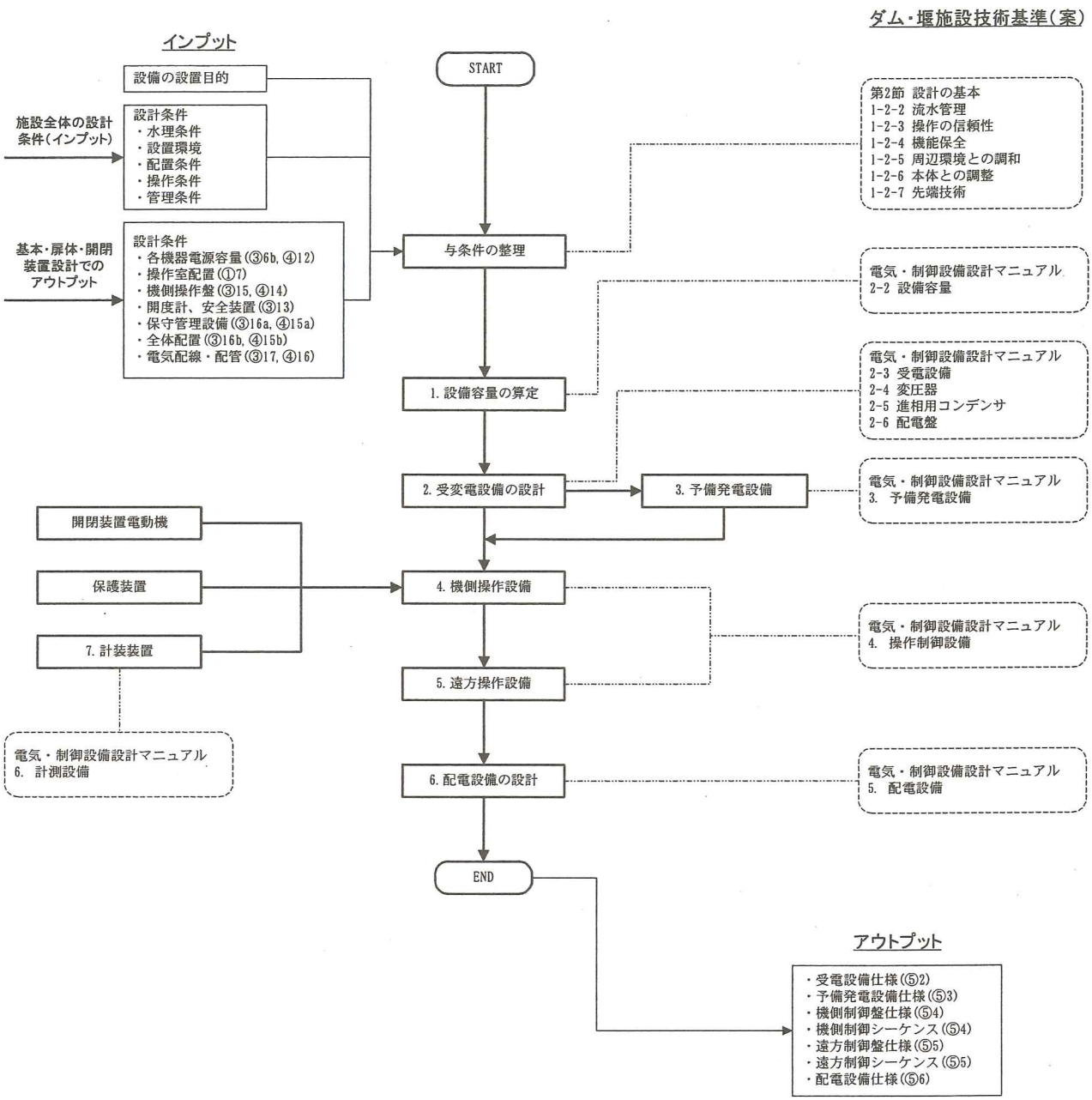


図-2.5:堰ゲート設備設計フロー:詳細設計段階3(電気制御設備設計段階)

表-2.1:ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(基本設計ステージ)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
1	与条件の整理 水門扉規模・寸法の初期設定	第3章 構造設計 3-1-5 設計水位 設計水位は扉体の上下流における波浪を考慮した水位とする。 堰の場合は、計画湛水位に波浪を考慮した水位	左記条項の補足説明	・堰における波浪を考慮した水位 ・水門の設計における水位条件および地震による波浪を考慮した水位								計算手法および計算式をすべて仕様事例・参考に記述して、水門設置条件に適合した設計が可能とした。また、開閉速度の一律0.3 m/minとの規定をやめて水門設置条件に基づいた速度の規定とした。 **設計の自由度** 開閉速度
		第2章 一般事項 2-0-2 開閉速度 全開、全閉あるいは操作ステップに要する時間が制御や点検・整備に適合するもの。	開閉速度設定条件	・0.3 m/min 前後を目安とする。 ・予備動力による開閉速度は0.1 m/min	設備計画マニュアル 3. 堰の設備計画 3-1 機能と形式 堰の水門扉の形式 3-2 基本寸法 ゲートの高さの考え方	○*1			○*2			
						*1:目標速度を若干遅くすればモータ容量が小さくなるようなケースではコスト縮減に繋がる。 *2:非常時の開閉速度を遅くすることにより、予備モータの容量が小さくてすみ、予備動力が設置しやすくなる。						
2a 2b	扉体形式の選定 開閉機形式の選定	第3章 構造設計 3-1-1 水門扉設計の基本条件 ・円滑かつ確実に作動する。 ・必要な水密性および耐久性を有する。 ・予想される荷重に対して安全であること ・有害な振動およびキャビテーションが発生しない。 ・操作および点検・整備が容易かつ安全に行える。			設備計画マニュアル 3. 堰の設備計画 3-1 機能と形式 堰の水門扉の形式 3-2 基本寸法 ・設計高水流量に基づく堰の可動部の径間長 ・設計高水流量に基づく堰の可動部の径間長(土砂吐きまたは舟通しとして兼用する場合) ・ゲートの高さの考え方							旧基準にては、基準および基準の解説に記述された事項をマニュアルに記述し、マニュアルでゲート形式および径間の設計基本条件設定の自由度を高めた。 扉体形式および開閉形式選定で必要な設計計算式をマニュアルに記述して、水門扉の形式選定の自由度を高めた。 **設計の自由度** 水門扉形式の選定
		3-1-2 水門の形式 基準で取り扱う水門扉形式および名称	・ゲート形式の定義の細分化		3-3 ゲートの選定 ゲート形式別の設置条件	○*1		○*2		○*3	○*4	
						*1:経済性に優れたゲート形式を選定することができる。 *2:操作条件に適合した操作性を備えたゲート形式を選定することができる。 *3:点検や維持補修が容易なゲート形式を選定することにより機能の保全や、延命が期待できる。 *4:周辺環境に適合したゲート形式を選定することができる。						
		第5章 開閉装置の設計 5-0-1 対象 開閉装置の定義	・開閉装置の基本構成 ・開閉装置の基本構成		第2章 水門扉 2-1 ローラゲート ・基準はプレートガーダ構造ローラゲートに適用 ・扉体の形状は放流時の有害な振動が生じない形状							
		5-0-2 開閉装置設計の基本 ・確実な開閉操作 ・開閉装置機器の2重化 ・点検、整備の容易性 ・水門扉の保護機能、開度計および機側操作盤とシステムとして協調	・左記条項の補足説明	開閉装置の設計指針の例	・水理力の作用状況 ・ダンプルフォースの計算法 ・導流板の設備方法 ・プレートガーダ構造とシェル構造の区分 2-9 ダムフラップゲート ・基準は三方水密ダムフラップゲートに適用する。 ・扉体は有害な負圧、振動が発生しない形状とする。 ・ゲート起立角度と作用荷重例 ・スポイラー形状の例							
		5-0-3 開閉装置設計の形式 ・基準で対象とする開閉装置形式	・扉体駆動部への動力伝達形式と開閉装置形式 ・開閉装置形式による構成機器の比較	・開閉装置の形式別特徴および機器配置図								

表-2.1：ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(基本設計ステージ)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
					2-10 シェル構造ローラゲート ・放流時に有害な負圧、振動が生じない形状とする。 ・扉体構造設計仕様および荷重条件 ・ダウンプル力の例 2-11 2段式ローラゲート ・スライド式、積重ね式、フック式および起伏付の2段式ゲートに適用する。 ・設置目的と適合ゲート形式							
3	揚程の決定	第2章 一般事項 2-0-3 揚程 ・河川管理施設等構造令および同令施行規則に従い、流水に対する安全性を確保できる。 ・設備の使用目的、設置場所を考慮して、扉体、戸当り等の点検・整備が容易なものとする。	・左記条項の補足説明 ・計画高水流量と扉体の下端の高さ									構造令および施行規則に従い揚程は計画高水流量と扉体下端の高さで決定される。 設計の自由度 相違なし
4	扉体高の決定				設備計画マニュアル 3. 堰の設備計画 3-1 機能と形式 堰の水門扉の形式 3-2 基本寸法 ゲートの高さの考え方	○*1 *1：付加高さを見込まないことで重量減が図れる。						扉体上端の標高は旧基準の解説からマニュアル編に記述して水門扉設置条件に適合した標高が設定できるようにした。 設計の自由度 扉体高
5	詳細景観検討					*1：周辺環境に適合したゲート形式を選定できる。					○*1	基準にては、明確な規定がない。 設計の自由度 景観設計
6	機器概略配置	基準第2章 2-0-10 機器の配置 ・機器配置の考慮事項 ・電気機器は環境に配慮した上で点検・整備の容易性 ・操作室は将来の機器増設、更新を考慮	左記条項の補足説明		設備計画マニュアル 3. 堰の設備計画 3-1 機能と形式 堰の水門扉の形式 3-2 基本寸法 ・設計高水流量に基づく堰の可動部の径間長 ・設計高水流量に基づく堰の可動部の径間長(土砂吐きまたは舟通しとして兼用する場合) ・ゲートの高さの考え方 3-3 ゲートの選定 ゲート形式別の設置条件	○*1 *1：設置位置を選ぶことにより、低いグレード(耐食性)の機器が選定できる。 *2：操作性を考慮した配置を自由に選定できる。 *3：環境のよい場所に設置することにより機器の延命が可能。 *4：景観を損なわない位置が選定できる。		○*2		○*3	○*4	機器配置は水門扉の用途および設備内容により自由に行えるように設備計画方針等をマニュアル編に記述した。 設計の自由度 機器配置
7	操作台、操作室配置				第4章 付属施設 4-4-2 設計一般 ・装置室は予想される荷重に対して安全な構造とする。							旧基準にては、開閉装置室の荷重条件、許容応力度および機器と装置室壁間等を基準として取り扱ってきた。新基準ではこれらの規定をすべてマニュアルに記

					・装置室は内部に設置される機器の操作、点検、整備などが容易に行えるスペースを確保。 ・構造用鋼材の長期応力に対する基準強度Fの値 ・長期応力に対する許容応力度 ・操作室壁の最小板厚 ・開閉装置の端部から壁までの間隔 ・操作盤と壁および他機器との間隔 ・操作室の高さ 等	○*1				○*2	述することで設計の自由度を高めた。 設計の自由度 開閉操作室の寸法、形状、壁厚 *1:操作室の寸法を小さくすることによりコスト縮減が期待できる。 *2:操作室の形状を設置環境に適合したものにできる。
8a 8b	概略扉体重量の算出 概略操作荷重の決定	第3章 構造設計 3-1-4 設計荷重 水門扉の設計荷重項目 第5章 開閉装置の設計 5-0-4 開閉荷重 開閉荷重として考慮する荷重項目 5-0-5 操作水位 操作水位は操作上考えられる組合せを考慮して定める。	左記の補足説明	・設計水位および地震による波浪高さを考慮した水位の規定 ・波浪高さの計算式 ・地震による波浪高さ ・設計震度の計算 ・地震時動水圧等の各種荷重の計算方法の規定 ・開閉荷重算定式の規定 ・ゲート操作水位算定例		○*1					設計荷重および開閉荷重の荷重項目を仕様事例・参考にて記述することにより、荷重項目および算定手法の自由度を高めた。 設計の自由度 概略操作荷重の算定 *1:軽量扉体、転がり軸受け、低摩擦係数、浮力の活用、残留水重の軽減カウンターウェイトを付けると電動機容量を小さくできる。

表-2.2：ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(ローラ、シェルローラ、2段ローラ式扉体設計)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
1	扉体概略形状の決定	第1節一般 3-1-1 水門扉設計の基本条件 ・扉体の確実な動作 ・必要な水密性および耐久性 ・予想荷重に対する安全性 ・有害なキャビテーションの防止 ・操作、点検整備の容易性 3-1-2 水門扉の形式 ・ローラ形式 ・スライド形式 ・ヒンジ形式 ・その他形式 ・バルブ 等の水門扉形式の規定	左記条項の補足説明 左記条項の補足説明		(水門扉・放流管・付属施設設計マニュアル) 第1章一般 1-0-2対象 ・各種水門形式の概念図 ・水門形式別の使用用途 第2章水門扉 2-1 ローラゲート ・ブレートガーダの構造概念 2-1-2 扉体の形状 ・扉体形状の概念 ・扉体越流時、下端放流時における作用力 ・扉体越流時、スポイラー、段違い越流板、導流板の設置例。 ・微小開度の振動防止のリップ形状。 ・ゲート寸法と形式の関係 2-10 シェル構造ローラ 2-10-1適用範囲 2-10-2 扉体形状 ・扉体形状の概念 ・扉体越流時、下端放流時における作用力 2-11 2段式ローラゲート 2-11-1適用範囲 ・2段式ローラの適用範囲 2-11-2形式の選定 ・形式別概略構造説明	○*1		○*2 ○*3				下記点で、水門形式選定に関する詳細規定をマニュアル編に記述し扉体形状設計の自由度を高めた。 ・水門形式選定および概略図 ・水門扉の付属設備の設置方法 ・水門扉設計指針(例：作用荷重、振動の算定、ローラの配置計画等) 設計の自由度 ・扉体形状 ・ダウンブル力算定 ・越流面形状および作用荷重
2	扉体の部材配置決定	第1章総則 1-2-4 機能保全 ・長期にわたる機能保全。 ・機能保全に関わる各構成部材・部品の特性を考慮した構造設計、設備設計および防食設計の実施。 ・必要な保守管理・修理・更新等の実施。	左記条項の補足説明		(水門扉・放流管・付属施設設計マニュアル) 2-1 ローラゲート 2-1-3 扉体の構造 ・主桁の配置方法、分担荷重の算定例 縦桁の構造例、荷重負担例 端桁の構造例、荷重負担の考え方。 2-1-4 ローラ ・主ローラの取り付け方法例 ・主ローラ設計の基本方針 ・主ローラレールの設計例およ	○*2 ○*3 ○*4 ○*5 ○*6				○*1		ローラ形式ゲートの基本部材配置例を、マニュアル編に移して部材配置部品設計の自由度を高めた。 (ローラゲート) 設計の自由度 ・扉体形状 ・主桁分担荷重算定 ・補助桁の応力算定 ・主ローラの配置 ・主ローラ寸法および形状 ・サイドローラ荷重

＊1：構造を自由に変更することにより、経済的な構造を追及できる。
＊2：扉体下部構造を自由に設計することにより、より水理特性のよいゲートが設計できる。
＊3：より水理特性の優れた扉体上部の設計が可能となる。

					びサイドローラの設計例 ・軸受の設計計算例 ・ローラ点検用設備例	＊1:保守点検を重視した扉体の設計が可能である。 ＊2:経済性を追求した主桁配置が可能である。 ＊3:FEM等により経済性を追求した設計が可能。 ＊4:経済性を追求した主ローラ配置が可能である。 ＊5:線接触か踏み面曲率を大きくするとコンパクトになる。 ＊6:サイドローラを多数設け,分担荷重を小さくできる。	
					2-1-5 主ローラ軸の軸受および軸受周辺部 ・オイレスメタルの圧入後のクリアランス。 ・軸受設計面圧の検討法 ・オイレスメタルの摩擦係数。 ・主ローラ軸の材質 ・軸受面の構造仕様		
					2-10 シェル構造ローラ 2-10-1適用範囲 2-10-2 扉体形状 ・扉体形状の概念 ・扉体越流時、下端放流時における作用力	○＊1 ○＊2 ○＊3	(シェル構造ローラ) **設計の自由度** ・扉体断面形状 ・スキンプレートの配置 ・底部水密の位置
					2-10-3 扉体構造 ・曲げ応力度の検討指針 ・せん断応力度検討指針 ・合成応力度検討指針 ・たわみ検討指針 ・扉体に設備される、水密ゴムの形状、主ローラの配置指針 ・スポイラーの設置指針	＊1:流量調節をしない場合は,長方形に近い断面にすることによりコスト縮減が期待できる。 シェル構造ゲートの場合でも扉体のデプスを工夫することで断面性能を大きくして重量減を期待できる。 ＊2:上流スキンプレートにし、補助桁を密に入れるなどの工夫によりコスト縮減が期待できる。 ＊3:開閉抵抗に見合う浮力が働くように、リップを下流にずらして開閉荷重を小さくし、コスト縮減が図れる。	
					2-11 2段式ローラゲート 2-11-3扉体および戸当り ・扉体形状の概念 ・扉体越流時、下端放流時における作用力	○＊2 ○＊1 ＊1:設備固有の設置目的を考慮した設計が可能である。 ＊2:使用環境に適合した配置を検討できる。	(2段式ローラゲート) **設計の自由度** ・設置目的と適合ゲート形式 ・扉体の配置 ・その他設計項目(ローラ、主軸、軸受等)は、ローラゲートの設計手法参照
3 -	使用材料の選定	第3章第1節一般 3-1-7使用材料	・材料の機械的特性をあらわす表現の意味を定義している。	・ステンレス鋼、ステンレスクラッド鋼、アルミニウム合金、の材料特性および使用上の注意 ・防食に関しては、「防食マニュアル」参照		＊1:海外材を使用することにより,コスト縮減が期待できる。	・旧基準にて、部材毎に使用部材の規定があったが、新基準にては、この規定をはずし、部材選定の自由度を高めた。 ・JIS以外の材料の使用を認めた。(ただし、板厚公差のJIS規格への適合、適用基準の明瞭化、複数規格材料の使用によるトラブル防止を条件とする) ・溶接用鋼材としてのSS材の使用条件規定

表-2.2：ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(ローラ、シェルローラ、2段ローラ式扉体設計)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
						高張力鋼、ステンレス鋼の使用。 ＊2：耐食性に優れた材料を使用することにより延命が図れる。						・新技術の導入の機会を高めた 設計の自由度
						○＊1				○＊2		・部材選定
4	応力解析法の算定	第3章 構造設計 3-1-9 設計荷重の組合せ 水門扉の設計荷重は設置目的、設置環境および水門扉形式に基づいて決定する。		・水門設置目的、水門扉体形式別の設計荷重の組合せを表にて規定。								1. 設計荷重の組合せ 設計の自由度 設計荷重の組合せは相違なし
		3-1-8 材料の許容応力度 ・許容軸方向引張応力度および許容曲げ引張応力度 ・局部座屈を考慮しない許容軸方向圧縮応力度 ・許容曲げ圧縮応力度 ・許容せん断応力度および許容支圧応力度 ・鋳・鍛鋼品および機械構造用炭素鋼の許容応力度 ・接合用鋼材の許容応力度 ・PC鋼材の許容引張応力度 ・溶接の継手効率	・設計基本強度および安全率 ・部材の有効座屈長 ・許容曲げ圧縮応力度 ・許容せん断応力度 ・許容支圧応力度	・ステンレス鋼の許容軸方向引張応力度および許容曲げ引張応力度 ・ステンレス鋼の局部座屈を考慮しない許容軸方向圧縮応力度 ・ステンレス鋼の許容曲げ圧縮応力度 ・ステンレス鋼の許容せん断応力度および許容支圧応力度 ・SCS13およびSUS403の許容応力度 ・ローラおよびローラ踏面の使用鋼種と硬さの組合せ ・コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 ・コンクリートの許容せん断応力度 ・コンクリートの許容付着応力度 ・鉄筋の許容引張応力度								2. 材料の許容応力度 ・水門鉄管技術基準との整合 ・SI単位への変換 ・リベットの許容応力度の削除 ・許容応力度の一般式化(海外材の使用を考慮して) ・コンクリートの許容応力度をコンクリート標準示方書に準じる。 設計の自由度 ・鋼材の許容応力度は相違なし
		3-1-10 許容応力度の補正 ・許容応力度の補正係数の提示	左記条項の補足説明									3. 許容応力度の補正 設計の自由度 ・補正係数は相違なし
		3-1-11 許容面圧 ・摺動部、回転部の許容面圧値の提示	左記条項の補足説明	軸受使用上の注意および詳細適用条件の説明		＊1：FEM等による解析により、より経済的で安全な設計が可能となる。						4. 許容面圧から 軸方向力と曲げモーメントを受ける部材 ・オイレスメタル名を高力黄銅系合金とした。 ・オイレスメタルの一般名称を無給油軸受に変更。 ・焼結性形ベースメタルの許容面圧の取り扱いを例示仕様に記した。 設計の自由度
		3-2-1 たわみ度の許容値 ・扉体の許容たわみ度の提示	左記条項の補足説明	ゲート形式別のたわみ度の規定および考え方。			○＊1					・応力計算および手法 5. たわみ度の許容値 ・たわみ度の許容値を条文から外し例示仕様で明示。 ・開閉装置フレームのたわみ度は、「開閉装置設計要領(案)」を参照 ・口径1000mm以下の高圧金属水密たわみ度は1/2000以下に変更し参考として明示 ・魚腹式の起伏ゲート支持間隔を例示仕様として明示
						＊1：設備によりたわみ度を緩和することによりコスト縮減が期待できる。						設計の自由度

						○*1		たわみ度
		3-2-2 余裕厚 ・部材の腐食厚	左記条項の補足説明	水門使用条件による腐食厚の規定		＊1:余裕厚を小さくすることにより,コスト縮減が期待できる。 ＊2:磨耗厚を考慮することで耐久性を向上できる。 ○*1　　○*2		6. 余裕厚 ・条文では余裕厚を見込む必要性と余裕厚は腐食厚と磨耗厚の合計であることのみ規定し、具体的内容は例示仕様とした。 ・例示仕様にて腐食代を見込む必要のない設備についても明示した。 設計の自由度 余裕厚
		3-2-3 最小板厚 最小板厚の確保を提示	左記条項の補足説明	水門扉の部位毎の最小板厚値の設定		＊1:最小板厚を緩和することにより,コスト縮減が期待できる。 特に形鋼、ステンレス鋼において選択できるサイズが増える。 ○*1		7. 最小板厚 ・条文では主要部材には必要な板厚を確保することを規定し、具体的内容は例示仕様とした。 ・例示仕様にてコスト縮減の観点から、板厚を9mmから8mmとした。 設計の自由度 最小板厚
		3-2-4 細長比 細長比を適切にすることの提示	左記条項の補足説明	部材ごとの許容細長比の規定		＊1:緩和することによりコスト縮減に結びつくが、 部材ごとの照査が必要になる。 ○*1		8. 細長比 ・最小板厚の条項を分離。 ・許容値は例示仕様に明示。 ・リフティングビームは主要部材とする場合もあるため、削除。替わりに形状保持材を記述。 設計の自由度 細長比
		摩擦係数 (係数はすべて条項5-0-4開閉荷重の例示仕様に示される。				＊1:摩擦係数を小さくとることによりコスト縮減が期待できる。 特に金属間滑り摩擦において顕著である。 ○*1		9. 摩擦係数 旧基準にて、摩擦係数は基準値として規定されていた。しかし、新基準にては、条項5-0-4の開閉荷重の例示仕様として取り扱うことに改定され、示される係数は標準値として計算に使用され、保持力等に使用する値ではないとの考え方となった。 設計の自由度 ・摩擦係数
		3-3-3 スキンプレート ・スキンプレートの構造仕様	左記条項の補足説明	スキンプレートの具体的な応力計算式		＊1:桁と協働させることによりコスト縮減が期待できる。 ○*1		10. スキンプレート ・スキンプレートの計算は、必ずしも「4辺固定板の構造系」として設計する必要ない。 ・スキンプレートを桁材と協働させても良い。 設計の自由度 スキンプレート応力
		3-2-8 プレートガーダ ・フランジの板厚の規定 ・腹板の安全性 ・垂直/水平補剛材の剛性 ・荷重集中点の剛性	左記条項の補足説明	左記に関する具体的な座屈の計算式の提示。 垂直補剛材の間隔の検算式にステンレス鋼材の明示。		＊1:フランジ,腹板の最小厚を規定しなければ,コスト縮減が期待できる。 ○*1		11. プレートガーダ 垂直補剛材の間隔の検算式にステンレス鋼材を追加した。 設計の自由度 プレートガーダ応力計算
		3-2-5 圧縮部材 ・圧縮部材は、局部座屈を考慮し照査を行う。 ・圧縮部材は、両縁支持板、補剛材等を考慮して、座屈に対して安全かつ、剛性を持ったものとする。	左記条項の補足説明	圧縮応力を受ける両縁支持板の必要板厚、許容応力度等の具体的許容応力値		＊1:部材の最小厚を規定しなければ,コスト縮減が期待できる。 ○*1		12. 圧縮部材 ・解説に両縁支持板、補剛板の必要板厚算定の一般式の明示。 ・解説に局部座屈に対する許容応力度の一般式を明示。 設計の自由度 圧縮部材の照査

表-2.2：ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(ローラ、シェルローラ、2段ローラ式扉体設計)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
		3-2-6 引張部材 ・引張部材は応力度照査を行う。 ・有効断面積は接合部構造、部材配置および偏心を考慮して計算する。	左記条項の補足説明	有効断面積の計算方法の記載。								
		3-2-7 軸方向力と曲げモーメントを受ける部材 ・軸方向力が引張の場合の照査 ・軸方向力が圧縮の場合の照査	左記条項の補足説明	具体的な照査計算式記述。								13. 軸方向力と曲げモーメントを受ける部材 安定度の照査式が部材のどの個所を対象しているかを明確にした。
					(水門扉・放流管・付属施設設計マニュアル) 2-1 ローラゲート 2-1-3 扉体の構造 ・主桁の配置方法、分担荷重の算定例 ・縦桁の構造例、荷重負担例 ・端桁の構造例、荷重負担の考え方。	○*1						13. 扉体構造および各部位の設計手法・指針 **設計の自由度** ・扉体各部材の設計手法、応力計算式
					2-1-4 ローラ ・主ローラの取り付け方法例 ・主ローラ設計の基本方針 ・主ローラレールの設計例およびサイドローラの設計例 ・軸受けの設計計算例 ・ローラ点検用設備例	○*1						
					2-1-5 主ローラ軸の軸受および軸受周辺部 ・オイレスメタルの圧入後のクリアランス。 ・軸受設計面圧の検討法 ・オイレスメタルの摩擦係数。 ・主ローラ軸の材質 ・軸受面の構造仕様							
					2-10 シェル構造ローラ 2-10-1適用範囲 2-10-2 扉体形状 ・扉体形状の概念 ・扉体越流時、下端放流時における作用力							
					2-10-3 扉体構造 ・曲げ応力度の検討指針 ・せん断応力度検討指針 ・合成応力度検討指針 ・たわみ検討指針 ・扉体に設備される、水密ゴムの形状、主ローラの配置指針 ・スポイラーの設置指針							
					2-11 2段式ローラゲート 2-11-1適用範囲 ・2段式ローラの適用範囲 2-11-2形式の選定 ・形式別概略構造説明 2-11-3扉体および戸当り ・扉体形状の概念 ・扉体越流時、下端放流時における作用力							

*1：扉体全体をFEM解析することにより,部材のほとんどを有効に作用させ、重量軽減に結びつく可能性がある。

*1：転がり軸受を使用することにより,開閉荷重を小さくできる。

5	水密部の設計	第3章 構造設計 第3節 扉体・戸当り・固定部の設計 3-3-4 水密部 ・流水および流下物による損傷、有害な振動キャビテーションの防止 ・水密部の構造および水密材の耐久性	左記条項の補足説明	・水密方式の概要 ・ゴム水密方式の種別および特性 水密ゴムの強さ 合成ゴムおよび天然ゴムの特性 水密ゴムの強さ形状の特性等 ・金属水密方式 ・水密に関するその他設計上の留意点		＊1：耐久性の高い材質の導入がしやすくなる。	○＊1	水密部 旧基準の解説部に示していた水密部詳細仕様等を例示仕様に移し、設計の自由度を高めた。 設計の自由度 ・水密形式、材質
6	ローラ荷重の算定およびローラ部の設計				2-1-4 ローラ ・主ローラの取り付け方法例 ・主ローラ設計の基本方針 ・主ローラレールの設計例およびサイドローラの設計例 ・軸受けの設計計算例 ・ローラ点検用設備例 2-1-5 主ローラ軸の軸受および軸受周辺部 ・オイレスメタルの圧入後のクリアランス。 ・軸受設計面圧の検討法 ・オイレスメタルの摩擦係数。 ・主ローラ軸の材質 ・軸受面の構造仕様	○＊1 ○＊2 ○＊5 ○＊4 ○＊5 ＊1：ローラを多数使用することで重量減が図れる。 ＊2：線接触にするか,踏面の曲率を大きくしローラ径が小さくできる。 ＊3：踏み面板の厚さを自由に選択できる。 ＊4：線接触で解析することで、ローラ径を小さくできる。 ＊5：精度の高い解析を行うことにより、経済的で安全な軸受の設計が可能になる。	ローラ、軸受および軸受周辺 設計の自由度 ・主ローラの個数および寸法 ・主ローラ設計の応力解析 ・主ローラレールの形状および応力解析 ・サイドローラの寸法および応力解析 ・軸受の応力解析
7	接合部の設計	第3章構造設計 第5節接合部の設計 3-5-1 接合一般 接合部は伝達する荷重の種類と接合部の構造にあった接合方法の設計。 3-5-2 接合の種類 接合の種類は部材間の荷重伝達が円滑でかつ必要な安全を有する方法を採用する。 第7章施工 7-1-4 接合 ・接合は施工場所、構造、部材の機能等を考慮のうえ、施工条件を決定する。 ・接合は定められた手法、手順に従って施工する。	左記条項の補足説明 左記条項の補足説明 左記条項の補足説明	（例示仕様） 接合設計における配慮する事項 （参考） 各接合方法別の設計および構造仕様	接合マニュアル 1. 一般 2. 溶接 3. ボルト・リベット継手 4. ピン接合	○＊1 ＊1：接合形式の選択肢が増えることによりコスト縮減が期待できる。特に高力ボルトの効果は大きい。		接合 設計の自由度 ・接合形式、手法、施工条件の選択
8a 8b	付属設備の設計 管理設備の設計	第4章付属施設の設計 4-0-2 設計荷重 対象付属設備の規定 4-0-3 使用材料 使用材料は水門扉使用材料に従う。	付属施設の定義 左記条項の補足説明	設計荷重算定式の明示。 使用材料の特徴を明示。	水門扉・放流管・付属施設設計マニュアルの第4章付属施設			旧基準の第3節の設計各論は細部事項に関する内容なので、マニュアル編に記述した。

表-2.2:ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(ローラ、シェルローラ、2段ローラ式扉体設計)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	基準解説編 解説	基準解説編 仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
		4-0-4 設計一般 各付属施設の標準設計荷重	設計荷重の適用基準記載			○*1						設計の自由度 付属設備および保守設備設計
						*1:設備の形式と除塵機の有無などを考慮してスクリーンの設計水位差を小さくすることにより、コスト縮減ができる。スクリーンにFRPを使用することも可能である。						
9	防食設計	第7章施工 第3節 防食 7-3-1 防食一般 ・防食の規定 ・耐久性に優れた新材料や新技術の導入を妨げるものではない。 7-3-2 防食設計 ・防食方法は、水門扉設置環境および条件を考慮した最適な方法を選定する。 ・新しい防食方法・材料は、その防食機能を確認して使用する。 7-3-3 防食施工 防食施工は、施工対象、施工時期、施工場所および施工環境条件等を十分に検討し、低規格な方法で行う。 7-3-4 防食記録 ・防食方法・材料に関する防食記録を表示する。 ・防食方法・材料に関する防食記録に関する情報を記録する。 ・防食記録の保管。	 左記条項の補足説明 左記条項の補足説明	 被覆による防食施工、耐食性材料、複合防食に関する規定 記録の表示方法および記入項目の記述。	防食マニュアル 1. 一般 2. 被服による防食 3. 耐食性材料 4. 複合防食	○*1						防食に関する細部事項をマニュアル編に記述して、防食設計に自由度を高めた。 防食 設計の自由度 防食設計、仕様、施工、材料の設定
						*1:素地調整を原板ブラストにする、プライマーを有機ジンクにする、屋内はフタル酸樹脂系とすることなどでコスト縮減が期待できる。						
10	開閉荷重の算定	第5章 開閉装置の設計 5-0-4 開閉荷重 開閉荷重として考慮する荷重の規定 5-0-5 操作水位 水門扉の扉体の開閉荷重を求める場合の、操作水位は操作上考えられる組合せを考慮して定める。 5-0-8 開閉荷重の組合せ ・開閉荷重は水門扉の設置目的、設置環境、水門形式を考慮して決定する。 ・締め切り力は全抵抗の25%以上とする。	 左記条項の補足説明 左記条項の補足説明 左記条項の補足説明	 荷重計算に使用される計算式の明示。 標準的な操作水位の考え方の明示。 水門形式別の開閉荷重の組合せ								開閉荷重の算定
11	戸当り部の設計	第3章 構造設計 3-3-5 戸当りおよび固定部 ・戸当りおよび固定部は、扉体支承部から荷重を安全に本体にできる寸法、強度および剛性を有する。 ・戸当りおよび固定部形状は、水門扉の形式に適合し、水密上および開閉操作上必要な精度を有する。	左記条項の補足説明	・ローラ踏面、水密ゴム当り面およびその他の戸当りの水中露出部の材料は、保守管理を考慮してステンレス鋼とすることが望ましい。 (参考) ・コンクリート構造物の定義	・オフセットの設備方法 ・戸当り付近のコンクリートの強度検討計算式 ・ローラレールの計算式 ・ローラレールのローラ踏面板の厚さ ・ローラレールの局部応力度計算式 ・ローラ踏面板、水密ゴム摺動面はステン	○*1						戸当り部の設計手法はすべてマニュアル編で記述した。 設計の自由度 戸当り金物の寸法、材質

		・戸当りおよび固定部は、据付時の施工性、扉体の点検・整備を考慮した構造寸法とする。		・ローラゲートの戸当りの構造仕様 ・戸当りの設計上の留意点 ・箱抜き寸法	レス鋼の使用 ・戸当りの重構造物の長さは、扉高の1.5倍以上 ・コンクリート継目に伸縮継手を設ける。 ・箱抜きの設計	○*2 *1：DINの計算式を使用する、踏み面板の厚さを規定しない、上面フランジ周辺コンクリートも期待するなどでコスト縮減が期待できる。 また、応力規制のみであるから高張力鋼の使用も有効である。 *2：鉄筋で補強し数量削減が可能になる。	箱抜き内アンカー設計

表-2.3：ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(起伏式扉体部設計)

(1/2)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
1	扉体概略形状の決定	第1節一般 3-1-1 水門扉設計の基本条件 ・扉体の確実な動作 ・必要な水密性および耐久性 ・予想荷重に対する安全性 ・有害なキャビテーションの防止 ・操作、点検整備の容易性	左記条項の補足説明		(水門扉・放流管・付属施設設計マニュアル) 第2章水門扉 2-9 ダムフラップゲート 2-9-1 適用範囲 ・ダムフラップゲートの構造概念 2-9-2 扉体 ・スキンプレート面は全開時において有害な負圧が発生しない形状とする。 ・最大水圧荷重は、貯水池水位とゲート開度の関係から決定。 ・操作可能な開度にて有害な振動発生しない振動防止対策を施す。	＊1：魚腹式、トルク軸式、横主桁式等の採用が可能。 ＊2：流量調整が容易なオーバーフロー式を採用できる。 ＊3：ピアレス式の採用が可能となった。 ○＊1		○＊2			○＊3	下記点で、水門形式選定に関する詳細規定をマニュアル編に移し扉体形状設計の自由度を高めた。 ・水門形式選定および概略図 ・水門扉の付属設備の設置方法 ・水門扉設計指針(例：作用荷重、振動の算定、ローラの配置計画等) 設計の自由度 ・扉体形状
		3-1-2 水門扉の形式 ・ローラ形式 ・スライド形式 ・ヒンジ形式 ・その他形式 ・バルブ 等の水門扉形式の規定	左記条項の補足説明									
2	扉体の部材配置決定	第1章総則 1-2-4 機能保全 ・長期にわたる機能保全。 ・機能保全に関わる各構成部材・部品の特性を考慮した構造設計、設備設計および防食設計の実施。 ・必要な保守管理・修理・更新等の実施。	左記条項の補足説明		(水門扉・放流管・付属施設設計マニュアル) 第2章水門扉 2-9 ダムフラップゲート 2-9-1 適用範囲 ・ダムフラップゲートの構造概念 2-9-2 扉体 ・スキンプレート面は全開時において有害な負圧が発生しない形状とする。 ・最大水圧荷重は、貯水池水位とゲート開度の関係から決定。 ・操作可能な開度にて有害な振動発生しねい振動防止対策を施す。 「起伏式ゲート設計要領(案)」を参照	＊1：魚腹式、トルク軸、横主桁等の採用が可能。 ○＊1						新基準のマニュアル編2-9項にて、「起伏式ゲート設計要領(案)」を必要に応じて参考すると指導している。 設計の自由度 ・扉体形状および重量
3	使用材料の選定	第3章第1節一般 3-1-7使用材料	・材料の機械的特性をあらわす表現の意味を定義している。	・ステンレス鋼、ステンレスクラッド鋼、アルミニウム合金、の材料特性および使用上の注意 ・防食に関しては、「防食マニュアル」参照		＊1：普通鋼材、スキンプレートのみクラッド鋼材・耐磨耗材を貼り付けるなどによりコスト縮減が期待できる。 ＊2＊ステンレス鋼材、FRP、アルミ合金などの採用が可能となった。 ○＊1				○＊2		基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 設計の自由度 ・部材選定
4	応力解析法の算定	第3章 構造設計 3-1-9 設計荷重の組合せ 水門扉の設計荷重は設置目的、設置環境および水門扉形式に基づいて決定する。		・水門設置目的、水門扉体形式別の設計荷重の組合せを表にて規定。	「起伏式ゲート設計要領(案)」を参照							新基準のマニュアル編2-9項にて、「起伏式ゲート設計要領(案)」を必要に応じて参考すると指導している。 1. 設計荷重の組合せ 設計の自由度 設計荷重の組合せは相違なし

		3-1-8 材料の許容応力度 ・許容軸方向引張応力度および許容曲げ引張応力度 ・局部座屈を考慮しない許容軸方向圧縮応力度 ・許容曲げ圧縮応力度 ・許容せん断応力度および許容支圧応力度 ・鋳・鍛鋼品および機械構造用炭素鋼の許容応力度 ・接合用鋼材の許容応力度 ・PC鋼材の許容引張応力度 ・溶接の継手効率	・設計基本強度および安全率 ・部材の有効座屈長 ・許容曲げ圧縮応力度 ・許容せん断応力度 ・許容支圧応力度	・ステンレス鋼の許容軸方向引張応力度および許容曲げ引張応力度 ・ステンレス鋼の局部座屈を考慮しない許容軸方向圧縮応力度 ・ステンレス鋼の許容曲げ圧縮応力度 ・ステンレス鋼の許容せん断応力度および許容支圧応力度 ・SCS13およびSUS403の許容応力度 ・ローラおよびローラ踏面の使用鋼種と硬さの組合せ ・コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 ・コンクリートの許容せん断応力度 ・コンクリートの許容付着応力度 ・鉄筋の許容引張応力度								2. 材料の許容応力度 基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 設計の自由度 ・鋼材の許容応力度は相違なし
		3-1-10 許容応力度の補正 ・許容応力度の補正係数の提示	左記条項の補足説明											3. 許容応力度の補正 基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 設計の自由度 ・補正係数は相違なし
		3-1-11 許容面圧 ・摺動部、回転部の許容面圧値の提示	左記条項の補足説明	軸受け使用上の注意および詳細適用条件の説明										4. 許容面圧から 摩擦係数 曲げモーメントを受ける部材
		3-2-1 たわみ度の許容値 ・扉体の許容たわみ度の提示	左記条項の補足説明	ゲート形式別のたわみ度の規定および考え方。										基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。
		3-2-2 余裕厚 ・部材の腐食厚	左記条項の補足説明	水門使用条件による腐食厚の規定										
		3-2-3 最小板厚 最小板厚の確保を提示	左記条項の補足説明	水門扉の部位毎の最小板厚値の設定										
		3-2-4 細長比 細長比を適切にすることの提示	左記条項の補足説明	部材ごとの許容細長比の規定										
		摩擦係数 (係数はすべて条項5-0-4開閉荷重の例示仕様に示される。												5. 扉体構造および各部位の設計手法・指針 基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 設計の自由度 ・扉体各部材の設計手法、応力計算式
		3-3-2 スキンプレート ・スキンプレートの構造仕様	左記条項の補足説明	スキンプレートの具体的な応力計算式										
		3-2-8 プレートガーダ ・フランジの板厚の規定 ・腹板の安全性 ・垂直/水平補剛材の剛性 ・荷重集中点の剛性	左記条項の補足説明	左記に関する具体的な座屈の計算式の提示。										
		3-2-5 圧縮部材 ・圧縮部材は、局部座屈を考慮し照査を行う。 ・圧縮部材は、両縁支持板、補剛材	左記条項の補足説明	圧縮応力を受ける両縁支持板の必要板厚、許容応力度等の具体的許容応力値										

○*1

*1:FEM解析により部材のスリム化が期待できる。

表-2.3：ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(起伏式扉体部設計)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
		等を考慮して、座屈に対して安全かつ、剛性を持ったものとする。 3-2-6 引張部材 ・引張部材は応力度照査を行う。 ・有効断面積は接合部構造、部材配置および偏心を考慮して計算する。 3-2-7 軸方向力と曲げモーメントを受ける部材 ・軸方向力が引張の場合の照査 ・軸方向力が圧縮の場合の照査	左記条項の補足説明 左記条項の補足説明	有効断面積の計算方法の記載。 具体的な照査計算式記述。								
5	水密部の設計	第3章 構造設計 第3節 扉体・戸当り・固定部の設計 3-3-4 水密部 ・流水および流下物による損傷、有害な振動キャビテーションの防止 ・水密部の構造および水密材の耐久性	左記条項の補足説明	・水密方式の概要 ・ゴム水密方式の種別および特性 水密ゴムの強さ 合成ゴムおよび天然ゴムの特性 水密ゴムの強さ形状の特性等 ・金属水密方式 ・水密に関するその他設計上の留意点		○*1						水密部 基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 新基準のマニュアル編2-9項にて、「起伏式ゲート設計要領(案)」を必要に応じて参考すると指導している。 **設計の自由度** ・水密形式、材質 *1：押え板のSS化、許容漏水の拡大、越流を前提にすると水密ゴムを付けないことも考えられる。
6a 6b	支承部荷重の算定 支承部の設計	第3章 構造設計 第3節 扉体・戸当り・固定部の設計 3-3-3 支承部 ・荷重を安全に戸当り、固定部へ伝達できる強度および剛性 ・扉体を円滑に操作でき、点検・整備の容易な形式・構造	左記条項の補足説明	・支承部形式の分類 ・滑り軸受使用材料 無給油軸受の特性 ・ころがり軸受使用箇所								
7	接合部の設計	第3章構造設計 第5節接合部の設計 3-5-1 接合一般 接合部は伝達する荷重の種類と接合部の構造にあった接合方法の設計。 3-5-2 接合の種類 接合の種類は部材間の荷重伝達が円滑でかつ必要な安全を有する方法を採用する。 第7章施工 7-1-4 接合 ・接合は施工場所、構造、部材の機能等を考慮のうえ、施工条件を決定する。 ・接合は定められた手法、手順に従って施工する。	左記条項の補足説明 左記条項の補足説明 左記条項の補足説明	(例示仕様) 接合設計における配慮する事項 (参考) 各接合方法別の設計および構造仕様	接合マニュアル 1. 一般 2. 溶接 3. ボルト・リベット継手 4. ピン接合	○*1						基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 新基準のマニュアル編2-9項にて、「起伏式ゲート設計要領(案)」を必要に応じて参考すると指導している。 接合 **設計の自由度** ・接合形式、手法、施工条件の選択 *1：軸ねじりの場合は支間中央が最も応力が小さいので中央で分割する方法も考えられる。 更に両端ねじりであれば、中央で分離したまま接合しない構造も成立する。

8a 8b	付属設備の設計 保守管理設備の設計	第4章付属施設の設計 4-0-2 設計荷重 対象付属設備の規定 4-0-3 使用材料 使用材料は水門扉使用材料に従う。 4-0-4 設計一般 各付属施設の標準設計荷重	付属施設の定義 左記条項の補足説明 設計荷重の適用基準記載	設計荷重算定式の明示。 使用材料の特徴を明示。	水門扉・放流管・付属施設設計マニュアルの第4章付属施設								基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 新基準のマニュアル編2-9項にて、「起伏式ゲート設計要領（案）」を必要に応じて参考すると指導している。 設計荷重 設計の自由度 相違なし
9	防食設計	第7章施工 第3節 防食 7-3-1 防食一般 ・防食の規定 ・耐久性に優れた新材料や新技術の導入を妨げるものではない。 7-3-2 防食設計 ・防食方法は、水門扉設置環境および条件を考慮した最適な方法を選定する。 ・新しい防食方法・材料は、その防食機能を確認して使用する。 7-3-3 防食施工 防食施工は、施工対象、施工時期、施工場所および施工環境条件等を十分に検討し、低規格な方法で行う。 7-3-4 防食記録 ・防食方法・材料に関する防食記録を表示する。 ・防食方法・材料に関する防食記録に関する情報を記録する。 ・防食記録の保管。	 左記条項の補足説明 左記条項の補足説明	 被覆による防食施工、耐食性材料、複合防食に関する規定 記録の表示方法および記入項目の記述。	防食マニュアル 1. 一般 2. 被覆による防食 3. 耐食性材料 4. 複合防食	＊1：セラミック被覆、チタン合金等の採用により耐久性向上が期待できる。				○＊1			基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 新基準のマニュアル編2-9項にて、「起伏式ゲート設計要領（案）」を必要に応じて参考すると指導している。 防食 設計の自由度 防食設計、仕様、施工、材料の設定
10	開閉荷重の算定	第5章 開閉装置の設計 5-0-4 開閉荷重 開閉荷重として考慮する荷重の規定 5-0-5 操作水位 水門扉の扉体の開閉荷重を求める場合の、操作水位は操作上考えられる組合せを考慮して定める。 5-0-8 開閉荷重の組合せ ・開閉荷重は水門扉の設置目的、設置環境、水門形式を考慮して決定する。 ・締め切り力は全抵抗の25%以上とする。	 左記条項の補足説明 左記条項の補足説明 左記条項の補足説明	 荷重計算に使用される計算式の明示。 標準的な操作水位の考え方の明示。 水門形式別の開閉荷重の組合せ									基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 新基準のマニュアル編2-9項にて、「起伏式ゲート設計要領（案）」を必要に応じて参考すると指導している。 設計の自由度 相違なし

表-2.4：ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(機械式開閉装置設計)

(1/2)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	基準解説編 解説	基準解説編 仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
1	与条件の整理	第5章開閉装置の設計 5-0-6 使用材料 開閉装置に使用する材料規格番号表 5-0-7 開閉装置用材料の安全率 ・使用材料別の安全率の設定	左記条項の補足説明 左記条項の補足説明	・左記規格番号以外の材料を使用する場合のJISとのチェックポイント例 ・動力の種類に対する設計トルクと安全率・許容応力度		○*1 *1：規格材料を使用することにより品質が確保できる。						・新基準にては、使用材料が準拠すべきJIS番号を記載し、規格以内での材料選定の自由度を「高めた。 基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式扉体部設計を参照。 設計の自由度 ・使用材料 規格以内での材料選定 ・安全率は相違なし
2	開閉装置配置の決定	第5章開閉装置の設計 5-0-2 開閉装置設計の基本 ・確実に開閉操作できるもの。 ・開閉装置は信頼性、安全性、機能保全を考慮して計画する。 ・水門扉の保護機能、開度計および機側操作盤とシステムとして協調し、開閉機構の機能が適切に発揮するようにする。 5-0-10 機械式開閉装置構成要素 機械式開閉装置の基本機器構成要素およびそれら要素の機能説明。	左記条項の補足説明	・機器設計に対する配慮事項 ・電源設備に対する配慮事項 ・維持管理に配慮した設計 ・機械式開閉装置の設計例はゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)による。 ・電動機の使用例 ・機器の構成例 ・設計荷重 ・機械式開閉装置の設計例はゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)による。 ・機器の安全装置設備方法例 ・減速装置の設置例		○*1 *1：形式により制動機構の1系統化、人力が可能。 *2：安全を考慮した機器配置が可能。 *3：自由な配置による開閉操作室の環境への適合が可能。		○*2			○*3	・旧基準にては、機器配置に関する規定を解説にて詳細化した。しかし、新基準にては、機器配置に関する規定を基準に示し、事例・参考にて機器配置例として記載し、詳細な機器配置設計については、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」を参照することとした。 設計の自由度 機器配置
3a 3b 3c 3d	吊り間隔の決定 ロープ種類の決定 ロープ吊り本数の決定 ロープ径の決定					○*1 ○*1 ○*1 *1：使用条件に適合した種類を選ぶことによりコスト縮減が期待できる。 *2：同様に延命が期待できる。				○*2 ○*2 ○*2		ワイヤーロープに関する設計項目は「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」を参照することとした。 設計の自由度 ロープ種類の決定 ロープ吊り本数の決定 ロープ径の決定

4	ドラム径、滑車径の設計					○*1 ＊1：径を小さくすることによりコスト縮減が期待できる。 ＊2：開閉装置室が小さくできる。	○*2	設計手法は「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 ドラム径、滑車径
5a 5b 5c	減速機の形式決定 減速比の設計 機械効率の算定	第5章開閉装置の設計 5-0-11　機械効率および摩擦係数 ・機械効率および摩擦係数は開閉装置の運転時に想定される最大仕事量の損失を考慮する。 ・機械効率および摩擦係数は使用状態に近い環境で実施した試験等で得られた正確なデータに基づき決定する	・機械効率および摩擦係数算定に関する補足説明	・動力伝達装置毎の機械効率および摩擦係数 ・減速機形式の効率選定例 ・ウォーム減速機の効率		○*1 ○*3 ○*4 ＊1：形式の選択肢が増えることによりコスト縮減が期待できる。 ＊2：機器配置が自由になり,開閉操作室の形状を景観に適合させやすい。 ＊3：1段あたりの減速比を大きくすることにより、機器数を減らせる。 ＊4：大きい効率を採用することにより電動機容量が小さくなる。 ＊5：開閉装置室が小さくなる可能性がある。	○*2 ○*5	新基準にて機械効率および摩擦係数は水門扉設置条件に基づいて選定可能となった。 設計の自由度 減速機の形式決定 減速比の設計 機械効率の算定
6a 6b	開閉動力の設計 電動機の選定					○*1 ○*2 ＊1：選択肢が増えることによりコスト縮減が期待できる。手動もありうる。 ＊2：時間定格の選定によってはコスト縮減が期待できる。		設計手法は「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 開閉動力の設計 電動機の選定
7	トルク計算							新旧基準にては規定されていない。 設計の自由度 相違なし
8	ドラムの設計					＊1：溝無しドラムの採用も可能となり,コスト縮減が期待できる。 ○*1		設計手法は「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 ドラムの設計
9	減速機の設計							設計手法は「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度
10	開放歯車の設計					＊1：寿命係数の採用等によりコスト縮減が期待できる。 ＊2：歯幅の拡大による歯車のコンパクト化等により開閉操作室が小さくなる可能性がある。 ○*1	○*2	設計手法は「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 開放歯車の設計
11	軸・軸受の設計					＊1：軸のねじれ剛性0.25度/mを緩和することによりコスト縮減が		設計手法は「ゲート用開閉装置（機械

表-2.4：ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理（機械式開閉装置設計）

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
						期待できる。 ○*1						式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 軸・軸受の設計
12	休止装置の設計					*1：休止装置を省略、手動とすることによりコスト縮減が期待できる。 ○*1						設計手法は「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 休止装置の設計
13	開度計および安全装置の設計					*1：スタンド式の開度計を省略できる。 ○*1						設計手法は「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 開度計および安全装置の設計
14	開閉装置フレームの設計	第5章開閉装置の設計 5-0-13 開閉装置フレームおよび開閉装置架台 ・開閉装置フレームは開閉荷重、開閉器自重等に対して必要な強度と剛性を有する構造であるとともに、基礎構造物に安全・確実に荷重を伝達する構造。 ・開閉装置架台は開閉装置を支持するために必要に応じて設置するものとし、予想される荷重に対して、強度と剛性を有する。	左記条項の補足説明	・開閉装置架台の荷重組合せと許容応力度の例 ・設計例の説明 ・設計の詳細は、「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照 ・開閉装置フレームと架台の組合せ例		*1：コンクリート面にべた置するようなフレームは桁高を低くできる。 1M2D式で歯車を載せない駆動部のフレームは低くてもよい。 ○*1						開閉装置フレームおよび開閉装置架台に関する条文とした。 設計の自由度 開閉装置フレーム
15	機側操作盤の設計	第6章 電気・制御設備の設計 6-0-1 対象 基準で対象とする電気・制御設備。 6-0-2 適用法令および基準等 準拠する関係法令、規格、基準等 6-0-3 基本計画 ・計画にあたっては、管理設備全体を把握し、施設の目的や規格にあった適切なもの。 ・装置や機器の二重化 ・将来の機能の追加変更、機器および装置の更新並びに総合的な保守管理対策 6-0-4 設置場所および環境条件 ・周囲環境条件、保守の容易さを考慮した機器配置計画 ・受変電設備および予備発電機の屋内設置	・対象機器の定義 ・適用基準の明確化 ・左記条項の補足説明		（電気・制御設備設計マニュアル） 4. 操作制御設備 4-1 基本計画 ・適切な操作方式 ・安全確実な操作、取扱いの容易性 ・耐久性 ・点検・整備の容易性 （解説） ・操作制御設備構成例 ・ゲートの設備ごとの操作方式例 ・監視・制御信号回路例 ・操作項目および制御信号例 ・ゲート状態および運転表示項目ならびに監視信号例 ・ゲート故障表示項目および監視信号 ・伝送路設計例（メタル、光ケーブル他） 4-2 機側操作設備 ・規則操作盤の設備 ・機側における的確な操作 ・水門扉の用途に応じた監視・保護機能 ・水門扉の用途に応じた操作・制御方式 （解説） ・機側操作盤の構造、形式および仕様 ・機側操作盤の盤面に取付ける主要器具 ・機側操作盤の電源回路例	*1：単純仕様の操作盤とすることにより、コスト縮減が期待できる。 場合によっては、屋内仕様も可能である。 *2：操作員が操作・監視しやすい盤面機器配置が可能となる。 ○*1		○*2				旧基準の解説に示された規定がすべてマニュアル編にて記載された。 設計の自由度 機側操作盤の設計

		6-0-5 雷対策 ・雷のサージ性異常電圧による被害を防止するため、適切な雷対策の実施。 6-0-6 地震対策 地震動による被害を防止、地震後の設備機能を維持する対策を行う。 6-0-7 設備保全 設備保全を考慮した計画、設計、据付を行い、運用開始後は適切な保全を行う。	・左記条項の補足説明 ・左記条項の補足説明 ・左記条項の補足説明		・機側操作盤の機能に関する概略説明。							
16a 16b	保守管理設備の設計 設備全体の配置決定	上記条項に準拠する。	上記条項に準拠する。		（電気・制御設備設計マニュアル） 4. 操作制御設備 4-1 基本計画 ・適切な操作方式 ・安全確実な操作、取扱いの容易性 ・耐久性 ・点検・整備の容易性 （解説） ・操作制御設備構成例 ・ゲートの設備ごとの操作方式例 ・監視・制御信号回路例 ・操作項目および制御信号例 ・ゲート状態および運転表示項目ならびに監視信号例 ・ゲート故障表示項目および監視信号 ・伝送路設計例（メタル、光ケーブル他） 4-2 機側操作設備 ・規則操作盤の設備 ・機側における的確な操作 ・水門扉の用途に応じた監視・保護機能 ・水門扉の用途に応じた操作・制御方式 （解説） ・機側操作盤の構造、形式および仕様 ・機側操作盤の盤面に取付ける主要器具 ・機側操作盤の電源回路例 ・機側操作盤の機能に関する概略説明。	＊1：ゲートの設置目的によっては動力電源を1系統とすることにより、コスト縮減が期待できる。 制御信号は無線にすることも可能である。 ○＊1							旧基準の解説に示された規定がすべてマニュアル編にて記載された。 設計の自由度 機器構成、伝送路
17	配線・配管設計	上記条項に準拠する。	上記条項に準拠する。		（電気・制御設備設計マニュアル） 4. 操作制御設備 4-1 基本計画 ・適切な操作方式 ・安全確実な操作、取扱いの容易性 ・耐久性 ・点検・整備の容易性 （解説） ・操作制御設備構成例 ・ゲートの設備ごとの操作方式例 ・監視・制御信号回路例 ・操作項目および制御信号例 ・ゲート状態および運転表示項目ならびに監視信号例 ・ゲート故障表示項目および監視信号 ・伝送路設計例（メタル、光ケーブル他）	＊1：高電圧化することにより、ケーブルサイズを小さくできる。 ○＊1							旧基準の解説に示された規定がすべてマニュアル編にて記載された。 設計の自由度 伝送路

表-2.5：ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理（油圧式開閉装置設計）

(1/2)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
1	与条件の整理	第5章開閉装置の設計 5-0-6 使用材料 開閉装置に使用する材料規格番号表	左記条項の補足説明	・左記規格番号以外の材料を使用する場合のJISとのチェックポイント例		＊1：SxxCのシリンダロッド，鋼板製シリンダチューブ、SS400のフレームの採用によるコスト縮減が期待できる。 ＊2：SUS製シリンダ，亜鉛めっき製フレームの採用により延命化が図れる。						基準の相違点はローラ、シェルローラ、2段式ローラ形式の比較表を参照。 設計の自由度
		5-0-7 開閉装置用材料の安全率 ・使用材料別の安全率の設定	左記条項の補足説明	・動力の種類に対する設計トルクと安全率・許容応力度		○＊1				○＊2		・使用材料 規格以内での材料選定 ・安全率は相違なし
2	開閉装置配置の決定	第5章開閉装置の設計 5-0-2 開閉装置設計の基本 ・確実に開閉操作できるもの。 ・開閉装置は信頼性、安全性、機能保全を考慮して計画する。 ・水門扉の保護機能、開度計および機側操作盤とシステムとして協調し、開閉機構の機能が適切に発揮されるようにする。		・機器設計に対する配慮事項 ・電源設備に対する配慮事項 ・維持管理に配慮した設計 （参考） ・油圧式開閉装置の設計例はゲート用開閉装置（油圧式）設計要領（案）による。		＊1：ユニットの共有化，油圧発生装置の1系統化によるコスト縮減が図れる。 ＊2：使用性を考慮した盤面機器配置，ユニット内機器配置，各機器全体配置が計画できる。 ＊3：油圧発生装置の多系統化により信頼性向上が図れる。						・旧基準にては、機器配置に関する規定を解説にて詳細化した。しかし、新基準にては、機器配置に関する規定を基準に示し、事例・参考にて機器配置例として記載し、詳細な機器配置設計については、「ゲート用開閉装置（油圧式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度
		5-0-12 油圧式開閉装置構成要素 機械式開閉装置の基本機器構成要素およびそれら要素の機能説明。	左記条項の補足説明	・油圧回路の設計条件 ・油圧ユニットの構造仕様 ・油圧配管の仕様 ・油圧シリンダおよび油圧モータの仕様 ・油圧作動油の仕様 （参考） ・上記油圧機器の具体事例		○＊1		○＊2	○＊3			機器配置
3	開閉操作形式	第5章 開閉装置の設計 5-0-3 開閉装置の形式 油圧シリンダ式 油圧シリンダワイヤロープ式 油圧モータワイヤロープ式 油圧シリンダラック式	・水門扉の種類と開閉装置形式 ・開閉装置形式による構成機器の比較	・油圧シリンダ設備例		＊1：油圧モータ，モータラック式等の選択肢の増加により、経済性をより追求できる。 ＊2：扉体の移動方式に含致した操作形式の選定（セクタ＋ラックの組合せ）が可能である。 ＊3：自重降下に対応可能である。 ＊4：形式自由による開閉操作室構造の自由度が増加する。						・基準に油圧モータの使用を明示した。 ・基準に油圧シリンダ設備例を仕様事例に記述して開閉形式選定の自由度を高めた。 設計の自由度
						○＊1		○＊2	○＊3		○＊4	開閉操作形式選定
4	定格圧力の選定	5-0-12 油圧式開閉装置構成要素 油圧ユニット 開閉用動力の発生装置として必要な	・機器構造仕様	・定格圧力は7 MPa, 14 MPa, 21 MPaおよび		＊1：高圧化によるコンパクト化（シリンダ，モータ，配管等）により土木構造物を小さくできる。 ＊2：低圧化による漏油の減少						設計手法は「ゲート用開閉装置（油圧式）設計要領（案）」を参照することとした。

		発生圧力および容量を有し、点検、整備が容易なもの。		その他の圧力。 ・電動機の仕様		＊3：低圧化による耐久性の向上 ＊4：高圧化によるコンパクト化（周辺環境への影響度減少） ○＊1　○＊2　○＊3　○＊4	設計の自由度 定格圧力の選定
5	油圧シリンダの設計	5-0-12　油圧式開閉装置構成要素 油圧シリンダおよび油圧モータ 油漏れが少なく、作動が確実で必要な耐久性を有し、点検整備が容易な構造とする。また、油圧シリンダは必要な開閉力とストロークを有し、油圧モータは必要なトルクを有する。		・機器構造仕様 ・材質の選定 ・配管継手の形式選定		＊1：JIS標準シリンダ，非めっき製ロッド，鋼板製チューブ、引張シリンダ等により経済性の追求が可能である。 ＊2：自重降下による座屈防止，継ぎ目無し鋼管による耐圧力の採用により安全性が高められる。 ○＊1　○＊2　○＊3 ＊3：SUS、めっき，セラミックコーティング製等環境に合わせた防食設計が可能となる。	油圧機器の構造仕様を仕様事例に記述して、機器設計の自由度高めた。 設計の自由度 油圧シリンダ設計
6	トラニオンの設計					＊1：固定式，シングルトラニオン ＊2：ダブルトラニオンによるロッド曲げ防止 ○＊1　○＊2	設計手法は「ゲート用開閉装置（油圧式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 トラニオンの設計
7	ピストンロッドの設計	5-0-12　油圧式開閉装置構成要素 油圧シリンダおよび油圧モータ 油漏れが少なく、作動が確実で必要な耐久性を有し、点検整備が容易な構造とする。また、油圧シリンダは必要な開閉力とストロークを有し、油圧モータは必要なトルクを有する。		・機器構造仕様		＊1：引張シリンダ，低グレードシリンダ（漏油許容）、余裕厚0mm、開側設定圧力での座屈検討等によりコスト縮減が可能となる。 ○＊1	設計手法は「ゲート用開閉装置（油圧式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 ピストンロッドの設計
8a 8b 8c 8d	（油圧モータ） 吊り間隔の決定 ロープ種類の決定 ロープ吊り本数の決定 ロープ径の決定					＊1：多層巻の許容、4度以上のフリートアングルの採用によりドラム径を小さくでき油圧モータの適用機種が増える。 ＊2：6×37の採用により、コスト縮減が図れる。 ＊3：めっき，SUS製ロープの採用により耐久性が向上する。 ○＊1 ○＊2 ○＊4　○＊3 ＊4：多本数化（ロープ荷重を小さくしドラムトルクを小さくすると）油圧モータの適用機種が増える。	設計手法は「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 吊り間隔の決定 ロープ種類の決定 ロープ吊り本数の決定 ロープ径の決定
9	（油圧モータ） ドラム径、滑車径の設計					＊1：小径ドラム（油圧モータの適用機種が増える。） ＊2：小径ドラム，シーブによるコンパクト化 ○＊1　○＊2	設計手法は「ゲート用開閉装置（機械式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 ドラム径、滑車径の設計
10a	（油圧モータ） 減速機の形式決定	第5章開閉装置の設計				＊1：減速機内蔵油圧モータ，ドラムギヤ＋油圧モータ（油圧モータ	設計手法は「ゲート用開閉装置（機械

表-2.5:ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(油圧式開閉装置設計)

(2/2)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	基準解説編 解説	基準解説編 仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
10b 10c	機械効率の算定 減速機の設計	5-0-10 機械効率および摩擦係数 ・機械効率および摩擦係数は開閉装置の運転時に想定される最大仕事量の損失を考慮する。 ・機械効率および摩擦係数は使用状態に近い環境で実施した試験等で得られた正確なデータに基づき決定する	・機械効率および摩擦係数算定に関する補足説明	・動力伝達装置毎の機械効率および摩擦係数 ・減速機形式の効率選定例 ・ウォーム減速機の効率		の適用機種が増える。) ＊2:アイドル運転による運転効率、転がり軸受の採用 ○*1 ○*2						式)および(油圧式)設計要領(案)」を参照することとした。 設計の自由度 減速機の設計 機械効率の算定
11a 11b	(油圧モータ) 油圧モータの必要トルクの算出 油圧モータの型番選定	5-0-12 油圧式開閉装置構成要素 油圧シリンダおよび油圧モータ 油漏れが少なく、作動が確実で必要な耐久性を有し、点検整備が容易な構造とする。また、油圧シリンダは必要な開閉力とストロークを有し、油圧モータは必要なトルクを有する。				＊1:減速機内蔵油圧モータ,ドラムギヤ＋油圧モータ(油圧モータの適用機種が増える。) ○*1						設計手法は「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」を参照することとした。 設計の自由度 型番選定
12	油圧ユニットの設計	5-0-12 油圧式開閉装置構成要素 油圧ユニット 開閉用動力の発生装置として必要な発生圧力および容量を有し、点検、整備が容易なもの。 圧力配管 作用圧力に対して必要な強度を有し、施工が容易で、作用圧力に対して漏れがなく、点検整備が容易な配置とする。		・機器構造仕様 ・材質の選定 ・配管継手の形式選定		＊1:ユニットの共有化,油圧発生装置の1系統化、単機能化、高圧化、小タンク化、圧力及び吐出量の余裕を無くする。 ＊2:単純機能による操作性向上 ○*1		○*2				設計手法は「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」を参照することとした。 設計の自由度 油圧ユニットの設計
13	開閉装置フレーム架台の設計	第5章開閉装置の設計 5-0-13 開閉装置フレームおよび開閉装置架台 ・開閉装置フレームは開閉荷重、開閉器自重等に対して必要な強度と剛性を有する構造であるとともに、基礎構造物に安全・確実に荷重を伝達する構造。 ・開閉装置架台は開閉装置を支持するために必要に応じて設置するものとし、予想される荷重に対して、強度と剛性を有する。	左記条項の補足説明	・開閉装置架台の荷重組合せと許容応力度の例 ・設計例の説明 (参考) ・設計の詳細は、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」を参照 ・開閉装置フレームと架台の組合せ例		＊1:床面べた置きによる低桁高、SS400製、撓み度規制撤廃 ＊2:めっき製、SUS製の採用。 ○*1				○*2		旧基準にて示されていたフレームの高さの制限なしに、フレーム設計が可能となった。 設計手法は「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」を参照することとした。 設計の自由度 開閉装置フレーム
14	機側操作盤の設計				(電気・制御設備設計マニュアル) 4. 操作制御設備 4-1 基本計画 ・適切な操作方式	＊1:単機能化,単純表示、屋内仕様、フタル酸塗装、PLC化 ＊2:盤面機器配置,グラフィックパネル,カラー表示						旧基準の解説に示された規定がすべてマニュアル編にて記載された。 設計手法は「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」を参照することとし

					・安全確実な操作、取扱いの容易性 ・耐久性 ・点検・整備の容易性 （解説） ・操作制御設備構成例 ・ゲートの設備ごとの操作方式例 ・監視・制御信号回路例 ・操作項目および制御信号例 ・ゲート状態および運転表示項目ならびに監視信号例 ・ゲート故障表示項目および監視信号 ・伝送路設計例（メタル、光ケーブル他） 4-2 機側操作設備 ・規則操作盤の設備 ・機側における的確な操作 ・水門扉の用途に応じた監視・保護機能 ・水門扉の用途に応じた操作・制御方式 （解説） ・機側操作盤の構造、形式および仕様 ・機側操作盤の盤面に取付ける主要器具 ・機側操作盤の電源回路例 ・機側操作盤の機能 に関する概略説明。	○*1		○*2					た。 設計の自由度 機側操作盤の設計
15a 15b	保守管理設備の設計 設備全体の配置決定				（電気・制御設備設計マニュアル） 4. 操作制御設備 4-1 基本計画 ・適切な操作方式 ・安全確実な操作、取扱いの容易性 ・耐久性 ・点検・整備の容易性 （解説） ・操作制御設備構成例 ・ゲートの設備ごとの操作方式例 ・監視・制御信号回路例 ・操作項目および制御信号例 ・ゲート状態および運転表示項目ならびに監視信号例 ・ゲート故障表示項目および監視信号 ・伝送路設計例（メタル、光ケーブル他） 4-2 機側操作設備 ・規則操作盤の設備 ・機側における的確な操作 ・水門扉の用途に応じた監視・保護機能 ・水門扉の用途に応じた操作・制御方式 （解説） ・機側操作盤の構造、形式および仕様 ・機側操作盤の盤面に取付ける主要器具 ・機側操作盤の電源回路例 ・機側操作盤の機能 に関する概略説明。	＊1：ゲートの設置目的によっては動力・制御の１系統化することにより、コスト縮減が期待できる。 ○*1							旧基準の解説に示された規定がすべてマニュアル編にて記載された。 設計手法は「ゲート用開閉装置（油圧式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 機器構成、伝送路
16	配線・配管設計				（電気・制御設備設計マニュアル） 4. 操作制御設備 4-1 基本計画 ・適切な操作方式 ・安全確実な操作、取扱いの容易性 ・耐久性 ・点検・整備の容易性 （解説） ・操作制御設備構成例 ・ゲートの設備ごとの操作方式例 ・監視・制御信号回路例 ・操作項目および制御信号例 ・ゲート状態および運転表示項目ならびに監視信号例 ・ゲート故障表示項目および監視信号 ・伝送路設計例（メタル、光ケーブル他）	＊1：高電圧化することによりケーブルサイズを小さくできる。 ○*1							旧基準の解説に示された規定がすべてマニュアル編にて記載された。 設計手法は「ゲート用開閉装置（油圧式）設計要領（案）」を参照することとした。 設計の自由度 伝送路

表-2.6:ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(電気制御設備)

(1/2)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	解説	仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
1	設備容量の算定	第6章 電気・制御設備の設計 6-0-1 対象 基準で対象とする電気・制御設備。 6-0-2 適用法令および基準等 準拠する関係法令、規格、基準等 6-0-3 基本計画 ・計画にあたっては、管理設備全体を把握し、施設の目的や規格にあった適切なもの。 ・装置や機器の二重化 ・将来の機能の追加変更、機器および装置の更新並びに総合的な保守管理対策	・対象機器の定義 ・適用基準の明確化 ・左記条項の補足説明	・扉体形式における電源設備例 ・機器の信頼性向上の方策例 ・予備発電設備の設置計画例	電気・制御設備設計マニュアル 2-2 設備容量 負荷設備の容量、稼動の条件 将来の増設負荷設備を検討して計算する。							旧基準に示した規定はすべてマニュアル編にほぼ同じ内容で記述された。 設計の自由度 負荷リスト 受電容量は相違なし (電気供給約款による) 受電電圧は相違なし (電気事業者との協議)
2	受変電設備の設計	第6章 電気・制御設備の設計 6-0-1 対象 基準で対象とする電気・制御設備。 6-0-2 適用法令および基準等 準拠する関係法令、規格、基準等 6-0-3 基本計画 ・計画にあたっては、管理設備全体を把握し、施設の目的や規格にあった適切なもの。 ・装置や機器の二重化 ・将来の機能の追加変更、機器および装置の更新並びに総合的な保守管理対策 6-0-4 設置場所および環境条件 ・周囲環境条件、保守の容易さを考慮した機器配置計画 ・受変電設備および予備発電機の屋内設置 6-0-5 雷対策 ・雷のサージ性異常電圧による被害を防止するため、適切な雷対策の実施。 6-0-6 地震対策 地震動による被害を防止、地震後の設備機能を維持する対策を行う。 6-0-7 設備保全 設備保全を考慮した計画、設計、据付を行い、運用開始後は適切な保全を行う。	・対象機器の定義 ・適用基準の明確化 ・左記条項の補足説明 ・左記条項の補足説明 ・左記条項の補足説明 ・左記条項の補足説明	・扉体形式における電源設備例 ・機器の信頼性向上の方策例 ・予備発電設備の設置計画例 ・雷対策の具体例	電気・制御設備設計マニュアル 2. 受変電設備 2-3 受電 ・受電電圧は、高圧または低圧とし、設備容量により決まる電圧とする。 ・受電方式は、原則として3相3線式1回線方式の高圧または低圧受電とする。 2-4 変圧器 ・変圧器容量は、施設の機能を維持するための必要な設備負荷の特性や設備の稼動条件を考慮する。 ・変圧器の種別は設備容量、設備スペース、安全性、設備環境、保守点検を考慮して決定する。 2-5 進相用コンデンサ ・進相コンデンサを設備して力率改善を行う。 ・進相コンデンサの設備基準 2-6 配電盤 配電盤形式、構造は設備規模、保守点検、設置条件を考慮する。	＊1:配電盤塗装色を周辺環境に合わせて自由に選択できる。					○＊1	旧条文の内容が機器中心に記述されていたのを電気設備設計の基本方針を中心に記述した。 旧基準に示した規定はすべてマニュアル編にほぼ同じ内容で記述された。 設計の自由度 ・受電電圧、方式は相違なし (電気事業者との協議) ・変圧器は相違なし ・進相用コンデンサーの設備は相違なし (電気料金の低減、電気事業者との協議) ・配電盤
3	予備発電設備	上記条項を適用する。	上記条項を適用する。	上記条項を適用する。	電気・制御設備設計マニュアル 3.予備発電設備 3-1 基本計画	＊1:1台方式、連続運転時間の短縮、同時運転設備の限定によりコスト縮減が図れる。						旧基準に示した規定はすべてマニュアル編にほぼ同じ内容で記述された。

					・水門扉の基本機能を維持する容量の確保。 ・商用電源停電時の電力の安全、確実な供給、取り扱いの容易性。 ・耐久性、保守点検の容易性 3-2 容量の計算 容量は商用電源停電時に施設の基本機能を維持する必要な負荷設備を決定の上、その負荷特性や稼動条件を考慮する。 3-3 設備構成 ・発電設備は発電機、原動機、発電機盤、補機および付属装置より構成される。 ・発電設備の別置形 ・機器配置は点検・整備時の安全性が保たれるよう通路を考慮する。 3-4 発電機 発電機は横軸同期発電機とし、保護方式、冷却方式、絶縁種別および励磁方式については使用条件、設置条件等を考慮する。 3-5 原動機 原動機はディーゼル機関またはガスタービンとし使用条件、設置条件等を考慮する。 3-6 発電機盤 発電機盤は屋内自立形を標準とする。 3-7 補機および付属装置 補機および付属装置は設備構成全体の整合性を考慮して計画する。																			○*1																		

表-2.6:ダム・堰施設技術基準(案)における設計自由度の整理(電気制御設備)

(2/2)

設計手順	設計項目	ダム堰施設技術基準(案) 基準解説編 条項	基準解説編 解説	基準解説編 仕様事例・参考	マニュアル編 マニュアル	設計の自由度 品質向上とコスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護	備考
					具、スイッチを適切に配置する。							
6	配電設備	上記条項を適用する。	上記条項を適用する。	上記条項を適用する。	電気・制御設備設計マニュアル 5.配電設備 5-1 基本計画 ・施設の機能を維持するために必要な配電容量が確保されていること。 ・確実に電力が配電でき、信頼性、経済性に優れている。 ・点検、整備が容易 5-2 配電方式 ・動力用電源は2回線配電 ・機側操作盤および開閉装置室への配線は動力用電源、制御電源および照明電源を別々に配電する。 5-3 配電電圧 ・配電電圧は施設規模、負荷容量、線路こう長、経済性等を考慮して決定する。 ・種々の電圧の混在を極力避ける。 5-4 電線路 電線路の方式は配電経路、信頼性および保守点検を考慮して決定する。 5-5 電気、制御配線 ・配線は確実に負荷電流を送電するため、対象設備に対して所要の容量を有するものとする。 ・配線材料は敷設や点検時の安全を確保するため、電圧、信号種別および敷設環境を考慮して決定する。 ・配線材料は敷設や点検時の安全を確保するた、配線経路および敷設条件を考慮して決定する。 5-6 接地 電気・制御機器には漏電や事故による火災および感電の防止、誘導雷によるサージに対する保護、ならびに雑音電圧による誤動作等の防止のための接地をする。	＊1:高圧配電化によりケーブルサイズ等を小さくすることが可能となる。 ○*1						新基準は新たに下記項目を追加した。 5-5 電気、制御配線 5-6 接地 その他の旧基準の条項はすべてマニュアル編にほぼ同じ内容で記述された。 設計の自由度 電線路(ケーブルサイズ、材質等)
7	計測装置	上記条項を適用する。	上記条項を適用する。	上記条項を適用する。	電気・制御設備設計マニュアル 6.計測設備 3-5-1 基本計画 ・必要な精度が確保されること方式が確保されること。 ・施設操作が適正に行えるように設置位置、設置台数等に配慮し、確実に計測および記録ができ必要に応じて操作制御設備への伝送ができること。 ・耐久性 ・点検、整備が容易	＊1:開度制御をするゲートの操作の信頼性を高める。		○*1				その他の旧基準の条項はすべてマニュアル編にほぼ同じ内容で記述された。 設計の自由度 開度計以外は相違なし 開度計

					3-5-2 水位計 水位計の種類、用途、測定範囲、設置場所を考慮して決定する。 3-5-4 開度計 開度計の種類、水門扉の形式、設置目的、測定範囲、必要精度を考慮して決定する。 機側に機械式開度計を設ける。								

3. 要求性能を考慮した設計・施工（ケーススタディ）

改訂された技術基準の設計・施工の自由度向上効果を有効に活用し，性能に着目した新しい工事発注方法（性能発注方式や DB・VE 等の設計施工一括発注方式）により，「要求性能を考慮した設計・施工」を実施することを想定してケーススタディによりその方法を検討する。

3.1 ケーススタディの設定条件

本ケーススタディにおいては，水門の開閉装置の更新工事を対象として，下記の状況を想定して行うこととした。

(1) 既設開閉装置を撤去し，新たに開閉装置を設計・施工する。

(2) 既設と同型式の開閉装置を新設した場合に比べて，コスト縮減と品質向上を図ることを目的として，「要求性能を考慮した設計・施工」を実施する。

(3) ゲート本体は，既設のものを用いることとし，ゲート形式等の変更はない。

(4) 制御装置等は，既設のものを用いることとし，操作条件，制御方法等の変更はない。

本ケーススタディにおいては，設備の設置条件等に加えて，既設設備の仕様が，開閉装置の設計・施工における拘束条件となる。そのため，表-3.1 の内容が設計条件となると考える。

表-3.1：既設設備の状況等による設計条件（拘束条件）

設計条件	内容
(1) ゲート形式	ゲート形式，規模
(2) 配置条件	設置位置，設置面積
(3) 設置環境	気温，湿度，標高， 水質，積雪，周囲の環境
(4)水理条件	HWL，計画洪水位，朔望平均満潮位， 朔望平均干潮位，操作水位，計画洪水流量， 必要放流量
(5)操作条件	操作頻度，操作時期， 開時と閉時の連続運転/断続運転， 機側操作/遠方操作/遠隔監視操作

3.2 開閉装置への要求性能

3.2.1 開閉装置への基本的要求性能

技術基準「5-0-2 開閉装置設計の基本」において，「開閉装置は，信頼性，安全性，機能保全を考慮して，（中略）設計する。」こととされている。技術基準が要求する開閉装置の基本的要求性能は，これを基本として，規格のヒエラルキーを考慮して整理することとする。

(1) ISO規格との整合

基本的要求性能にかかわる用語の意味を明確にするために，規格のヒエラルキーにおいて，最上位である国際規格との整合性を図る。ISO2394[4]においては，下の定義がある。

使用性（serviceability）：構造物あるいは構造要素が考えられるあらゆる作用のもとで，通常の使用に対して機能できる能力

信頼性（reliability）：構造物または構造要素が所定の要求事項を満足できる能力であって，所定の要求事項には設計時に想定される供用期間も含まれる。

ISO2394「構造物の信頼性に関する一般原則」は，限界状態設計法を導入するための規定である。そのため，信頼性とは，各要求事項を満足する能力（状態を保証するための能力）を示しており，要求事項そのものではない。要求事項は，使用性や構造安全性等となると考える。

(2) 法令等による規定

技術基準において，安全性として表現されている事項は，多くの意味を含んでいる。これを

明確にするために，河川法に示されている要求を確認する。

河川法第三条２において，「河川管理施設」とは，（中略）河川の流水によって生ずる公利を増進し，（後略）」とされている。また，同法第十三条には，「河川管理施設は，（中略）予想される荷重を考慮した安全な構造のものでなければならない」とされている。前者は河川管理施設の設置に伴う河川の流下能力に対する安全性を，後者は構造物自体の安全性（構造安全性）を要求している。河川管理施設等構造令，河川管理施設等構造令施工規則は，河川法に従い種々の要求が規定されている。操作員や点検・整備員の安全性に関する要求は法令等に規定されていない。

(3) 技術基準における要求性能

既述の「5-0-2　開閉装置設計の基本」に示されている要求を，国際規格としての ISO，法令等の内容を考慮して，その意味を再確認する。同条の解説 2.(1)から，条文の信頼性とは，河川流域やダム本体の安全性確保を目的とした開閉装置の開閉性能の信頼性を指していると理解できる。これは，法令等の要求に対応している。安全性は，開閉性能を非常時にも確保できることを指していると理解できる。また，同条の解説 2.(2)から，機能保全とは，経年劣化に対する機能の保全性を意味しており，耐久性または使用性の１つであると理解できる。本検討では，便宜的に耐久性に分類する。さらに，解説 2.(3)により，操作員や点検・整備員のための安全性確保を要求している。

(4) 開閉装置の基本的要求性能

上述した内容を踏まえ，技術基準が規定している「開閉装置の基本的要求性能」を再整理する。再整理は，前節と同様に「土木構造物に対する要求目的とその基本的条件」に基づいて整理する。その結果を表-3.2 に示す。

表-3.2：開閉装置への基本的要求性能

	基本条件	土木構造物に対する要求目的				
	品質向上 コスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護
開閉装置の 基本的要求性能		・ダム本体の安全性確保	・確実な開閉能力（機能の信頼 ・操作の容易性 ・操作員等の安全	・非常時の確実な開閉能力	・機能保全（保守性）	・河川流域の安全性確保

3.2.2 開閉装置への要求性能

本ケーススタディでは，コスト縮減と品質向上を目的として，「要求性能を考慮した設計・施工」を実施する場合を想定している。そのため，要求目的には，基本的要求目的に「コスト縮減と品質向上」を加えることとする。それぞれの要求目的に対応して，開閉装置への要求性能を整理すると表-3.3 に示すようになる。各要求目的別に，要求性能とその説明を以下に示す。

表-3.3：本ケーススタディにおける開閉装置への要求性能

	要求目的					
	品質向上 コスト縮減	構造安全性	使用性	非常時の安全性	耐久性	周辺環境の保護
開閉装置の 要求性能	・コスト縮減 ・品質向上	・ダム本体の安全性確保	・確実な開閉能力（機能の信頼性） ・操作の容易性 ・操作員等の安全性	・非常時の確実な開閉能力	・機能保全（保守性）	・河川流域の安全性確保

(1) 品質向上とコスト縮減

a. 要求性能：コスト縮減，品質向上

b. 説　　明：設備の初期コスト，維持管理コストに加え，撤去・更新コストを考慮して，設計供用期間全体でのトータルコストの最小化を図ることを要求する。

(2) 構造安全性

a.要求性能：ダム本体の安全性確保

b.説　　明：洪水時の流量を確実に流下させ，ダム本体の安全性確保のために，開閉装置が，扉体を確実に開閉できることを要求する。また，想定される荷重に対して，設計供用期間中に適切な構造安全性を確保することを要求する。

(3) 使用性

a.要求性能：確実な開閉能力（機能の信頼性），操作の容易性，操作員等の安全性

b.説　　明：水門の設置目的に応じて，必要とされる時に，想定される荷重条件の下で，要求される速度で，要求される移動量だけ扉体を確実に開閉させることができることを要求する。具体的には表-3.4 に示す機能が要求されると予想する。

表-3.4: 開閉装置の使用性を実現する具体的な機能

【開閉装置の使用性】

基本的に確保することが必要とされる能力	開閉停	開操作、閉操作、停止操作が確実に行えること。
	開度制御	開閉計測が可能で、中間開度保持が可能であること。
工事毎の条件により必要となる可能性のある能力	可変速	開閉速度の変速が可能であること。
	扉体休止	扉体維持管理時に扉体の休止ができること。
	自動開閉	水位追従や水位差検知による自動開閉機能を有すること。

：開閉装置の操作が，操作の容易なものであることを要求する。

：水門扉の開閉により，操作員や点検・整備員の安全を損なわないことを要求する。

(4) 非常時の安全性

a.要求性能：非常時の確実な開閉能力

b.説　　明：外力や経年劣化による万一の機能低下を考慮した上で，開閉装置が，扉体を確実に開閉できることを要求する。具体的には表-3.5 に示す機能が要求されると予想する。

表-3.5: 開閉装置の非常時の安全性を実現する具体的機能

【開閉装置の非常時の安全性】

基本的に確保することが必要とされる能力	予備動力 予備回路	停電時や動力故障時にも予備装置で開閉できること。
	装置の共有化	単一の動力発生装置等を多数門で共有できること。
	自重降下	停電時でも、自重で降下できること。

(5) 耐久性

a.要求性能：機能保全（保守性）

b.説　　明：開閉装置の構成機器類が，機能低下に対して適切な対策を考慮されたものであることを要求する。具体的には，繰り返し荷重や腐食環境などによる経年劣化に対して，設計供用期間中の機器寿命を確保することが要求されると予想する。

(6) 周辺環境の保護

a.要求性能：河川流域の安全性確保

b.説　　明：洪水時の流量を確実に流下させ，河川流域の環境保護のために，開閉装置が，扉体を確実に開閉できることを要求する。

3.2.3 開閉装置への要求性能(追補:設計・施工の自由度向上により想定される設計提案)

技術基準において，設計・施工の自由度向上が図られたことにより，開閉装置の更新工事では，新材料・新技術や新しい設計方法として以下の提案が想定される。技術基準の性能規定化の目的の一つである新技術開発導入のインセンティブ確保のためには，これらについても，適切な評価を行う方が良い。そのため，技術提案の評価基準は，3. 2. 2節に示した要求性能だけでなく，これらについても評価できることが望まれる。

(1) 開閉速度の設定に関する提案

a.内　　容：開閉速度を目的・機能に応じて定めることにより，経済的な動力選定が可能となる。

b.効　　果：品質向上とコスト縮減

c.備　　考：「図-2.3：詳細設計段階 2a」の開閉速度の決定
「図-2.4：詳細設計段階 2b」の開閉速度の決定

(2) 開閉装置の形式選定に関する提案

a.内　　容：通常，従来型は電動ワイヤロープウインチ式であるが，新しい形式の開閉装置の導入が可能となる。

- 高減速比減速機や減速機内蔵ドラム採用による開放歯車列の省略等がなされた電動ワイヤロープ式の採用
- 近年大容量向けが製造されている電動ラック式の採用
- 既設配置に対応しやすく，高揚程まで可能な油圧モータウインチ式の採用
- コンパクト，配置自由度が高く，大容量・共有化可能な油圧シリンダ式の採用

b.効　　果：周辺環境の保護（景観性），使用性（構成要素の簡素化による信頼性向上）

c.備　　考：「図-2.3：詳細設計段階 2a」の開閉装置配置の決定
「図-2.4：詳細設計段階 2b」の開閉装置配置の決定

(3) 開閉動力の設計に関する提案

a.内　　容：操作頻度，操作時間を考慮した上での，時間定格等の動力仕様の選定が可能となる。

b.効　　果：品質向上とコスト縮減

c.備　　考：「図-2.3：詳細設計段階 2a」の電動機の選定
「図-2.4：詳細設計段階 2b」の油圧ユニットの設計

(4) 機械式開閉装置のウインチ機構の小型化が可能となる。

a.内　　容：ドラム，シーブの設計，歯車の構造設計（形状，フリートアングル，歯幅，材質等）における自由度の活用による小型化が可能となる。

b.効　　果：周辺環境の保護（景観性）

c.備　　考：「図-2.3：詳細設計段階 2a」のドラム径・滑車径の決定，.開放歯車の決定

(5) 油圧の採用による小型化

a.内　　容：油圧源の高圧化，共有化による小型化，低速高トルク油圧モータによる省減速機構による小型化，ハイブリッドアクチュエータの採用による油圧タンク小型化，配管レス化が可能となる。

b.効　　果：品質向上とコスト縮減

c.備　　考：「図-2.4：詳細設計段階 2b」の開閉装置配置の決定，定格圧力の選定，油圧シリンダの設計

(6) 新材料の適用

a. 内　　容：セラミックコーティングシリンダの採用。

b.効　　果：耐久性（耐摩耗性の向上）

c.備　　考：「図-2.4：詳細設計段階 2b」の油圧シリンダの設計

(7) 維持管理の省力化

a.内　　容：構成要素の簡素化，耐久性の向上等による維持管理コストの低減が可能となる。

b.効　　果：品質向上とコスト縮減，使用性（構成要素の簡素化による信頼性向上）

c.備　　考：「図-2.3：詳細設計段階 2a」の開閉装置配置の決定
「図-2.4：詳細設計段階 2b」の開閉装置配置の決定

3.3 性能規定型特記仕様書(案)の提案

土木研究所資料第 3834 号 [3]を参考として，設計条件の明示方法等に着目して，「要求性能を考慮した設計・施工」を実施する場合の性能規定型特記仕様書（案）の提案を行う。なお，本検討は，これを適用する入札・契約方法（性能発注方式や DB・VE 等の設計施工一括発注方式）に従い，検査方法等の技術的手法や契約上の課題について，別途に検討されることを前提とする。

3.3.1 性能規定型特記仕様書の作成方針

(1) 性能規定型特記仕様書としての明言

要求性能に着目することは，土木工事における大きな流れの方向である。しかし，現段階は，要求品質から要求性能への移行期であり，要求品質に基づく従来通りの土木工事が主流を占める時期である。実務上の混乱を避けるためには，性能規定型であることを明言する方が良いと考える。

(2) 特記仕様書の全体構成

技術仕様を性能規定化するにあたり，特記仕様書の全体構成を大きく変更することは，実務上の混乱の原因となる。そのため，従来の特記仕様書の基本的な構成を踏襲することとする。また，性能発注や VE 発注においては，要求性能を満足する設計例を明示する必要があるが，設計例は，技術基準における例示仕様や同マニュアル編，各種設計要領によることを想定する。

(3) 性能規定適用目的の明示

土木工事への性能規定導入は，設計・施工の自由度向上やコスト縮減等が目的であり，性能規定自体が目的ではない。技術仕様の技術的内容や入札・契約事項に直接かかわるものではないが，特記仕様書において，性能規定導入の目的を明示することとする。特記仕様書において性能規定導入の目的を明示することは，工事受注者（工事受注希望者）に対して，発注者の意

志を明確にすることになり，かつ，性能規定導入の目的の１つである公共工事の顧客（国民）に対するアカウンタビリティの向上につながるものであると考えている。

(4) 技術仕様の明示

性能規定型の技術仕様として，既述の５つの要求目的の一般的枠組みに従い要求性能を規定する。

3.3.2 性能規定型特記仕様書(案)

上記の検討結果に従い，「要求性能を考慮した設計・施工」を実施する場合の性能規定型特記仕様書（案）を以下に提案する。この特記仕様書（案）は，設計施工一括発注方式の試行事例を参考としている。

特記仕様書（案）

工事名　：　○○水門　開閉装置設計及び改修工事
工事場所　：　○○○○地先
工　　期　：　契約の翌日から平成○○年○月○日迄

第1章　総　則

第１条（適用範囲）

1．本特記仕様書は、○○水門　開閉装置設計及び改修工事（以下「本工事」という）の設計・施工に適用するものである。

2．本工事の施工にあたって請負者は、契約書、設計図書、本特記仕様書、土木工事共通仕様書（以下「共通仕様書」という）によるほか、関係法規、指針等に基づいて施工するものとする。

第２条（性能発注）

本工事は、設計仕様を要求性能により規定している性能規定型発注となっている。性能規定型発注に関する事項は第３章に示すとおりである。

第３条（準拠基準等）

本工事の施工にあたっては、特記仕様書及び共通仕様書によるほか、下記の図書に準拠するものとする。

「ダム・堰施設技術基準（案）」

第４条（主任技術者または監理技術者の資格）　（省略）
第５条（工事基準高）　（省略）
第６条（工事用仮設物）　（省略）
第７条（段階確認）　（省略）
第８条（品質証明書の提出）　（省略）
第９条（契約変更の取り扱い）　（省略）

第２章　材　　料

（省略）

第３章　一般施工

（省略）

第４章　性能規定

第２０条（性能規定適用の目的と適用範囲）

1．本工事は、○○水門の既設開閉装置を撤去し、新たに開閉装置を設計・施工するものである。

2本工事は、開閉装置にかかわる新技術開発導入を積極的に図り、既設開閉装置と同型式のものを新設した場合と比較して、コスト縮減、品質向上を図ることを目的として、工事内容に性能規定概念の適用を行うものである。

3．本工事の開閉装置の設計施工に関わる仕様については、本章が、他の事項に対して優先される。本章は、開閉装置に対する要求性能等を示すものであり、開閉装置及びその構成要素に関する限り、他の事項は、これを実現する例示仕様として読み替えるものとする。

4．乙は甲に対して、本章の仕様に従い、開閉装置に関する構造、設計・施工技術に関する提案を行うものとする。有意な技術的提案が不可能な場合、例示仕様に従い本工事を実施するものとする。

第２１条（水門設備の要求目的）

本水門は、常時は開状態で、○○川河川を放流し、本川側の洪水時および高潮時には本川からの逆流防止のために閉操作を行って止水するものであり、堤防の一部として設置されたものである。

第２２条（開閉装置の要求性能）

開閉装置は、水門の要求目的を実現するために、以下の要求性能を有している必要がある。

1）品質向上とコスト縮減

経済性追求の観点から、設備の初期コスト、維持管理コストに加え、撤去あるいは更新コストを考慮して、設計供用期間全体でのトータルコストの最小化を図る必要がある。

2）構造安全性

洪水時の流量を確実に流下させ、ダム本体の安全性確保のために、開閉装置が扉体を確実に開閉できること能力を有している。また、想定される荷重に対して、設計供用期間中に適切な構造安全性を有している。

3）使用性

・水門の設置目的への適合性確保、操作の容易性の確保、操作員や点検・整備員の安全性確保のために以下の性能を有している。

(1) 開閉速度

水門扉の開閉速度は、全開・全閉に要する時間が、洪水の立ち上がりに対する操作遅れがないこと、また内水側の急激な水位上昇がないように決定する。一般には 0.3m/min 前後を目安とし、電動機容量等、開閉装置を含めた全体での合理

的な設計や安全性を考慮して決定するものとする。

(2) 開操作、閉操作、停止

開操作、閉操作、停止操作が確実にできるものとする。

(3) 開閉用動力

開閉用動力は、所要の出力を有し、水門扉の使用目的、操作頻度、運転時間に適したものとする。また、開閉用動力は、扉体、開閉装置、土木構造への負担を軽減するため、最大トルクが必要最小限となるように選定するものとする。

(4) 動力用電源

水門扉の動力用電源は、電力を安定的に供給できるものとする。

(5) 開度計、水位計及び保護装置

① 開度計、水位計

開度計、水位計は、計測目的、精度の確保、欠測の影響度、点検・整備の容易さ、設置場所を考慮し形式を選定する。

水位計は内外水位測定各1式、開度計は本水門が全開・全閉を基本としていることより二重化せず1式を設けるものとする。

② 保護装置

水門扉には、全開・全閉を検出し、扉体を停止させる機能を設ける。また、操作時の誤動作、過負荷等による設備の損傷を防止するために必要な保護機能を設ける。保護機能は、水門扉操作の信頼性を損なうものであってはならない。

(6) 扉体休止装置

扉体維持管理時に扉体を休止できるものとする。

(7) 照明

開閉装置室内の照明は、運転操作あるいは点検・整備に必要な照度を確保するため 150 lx 以上とする。なお、照明器具の配置は、設備機器の配置計画および管理の容易さを考慮して実施するものとする。

(8) 機器の配置

・機器は次の事項を考慮して配置する。

a.規程（電気設備技術基準および同解釈、消防法および同施行規則、火災予防条例、労働安全規則、高圧受電設備指針等）に定められた離隔距離の確保

b.操作に必要なスペースの確保

c.点検・整備に必要なスペースの確保

d.電線路・配管に必要なスペースの確保

e.機器の搬入搬出、盤内機器の出し入れに必要なスペースの確保

・扉体や開閉装置に直接取り付けられるリミットスイッチ等の電気機器については、環境に配慮したうえで点検・整備が容易に実施できるように考慮する。

・操作制御および監視のための設備を設置する操作室は、将来の機器の増設、更新等

を考慮したものとする。

(9) 開閉装置の安全対策

開閉装置には、操作員および点検・整備員の安全を確保するための対策を講ずる。

4）非常時の安全性

開閉装置は、外力や経年劣化による万一の機能低下を考慮した上で、扉体を確実に開閉できるものとする。そのために、以下の性能を有している。

(1) 予備発電設備

常用電源の停電等に対応するため、予備発電設備を設ける。

(2) 開閉用予備動力

水門扉には、主動力の故障時に必要最低限の機能を確保するため、開閉用予備動力を設ける。開閉用予備動力は、主動力の機構に与える影響が過大とならないように配置する。

(3)急降下閉鎖装置

停電時など動力の確保ができない場合、自重降下により作動する急降下閉鎖装置を設ける。急降下閉鎖装置には、自重降下時の速度を制御する制動装置を設ける。また、着床時の衝撃を緩和するため、必要に応じて緩衝機能を設ける。

5）耐久性

開閉装置は、繰り返し荷重の作用や腐食環境による経年劣化に対して、設計供用期間中の機器寿命を有している。

6）周辺環境の保護

洪水時の流量を確実に流下させ、河川流域の環境保護のために、開閉装置が扉体を確実に開閉できる能力を有している。

第２３条（設計条件）

1）扉体形式と規模

(1) 扉体形式：鋼製プレートガーダローラゲート

(2) 径間×扉高×門数：　○○ｍ　×　○○ｍ　×　○○門

(3) 開閉装置設置スペース：水流方向○○ｍ×流水直角方向○○m

2）配置条件

本開閉装置は、既設ゲート開閉操作台スペースに収まり、第２２条３）(8)に規定する機器配置の要求を満足するものとする。

3）設置環境

設備機器の配置計画にあたっては、周囲環境条件、保守の容易さを考慮する。

(1) 気温：-5 ℃～ 40 ℃。

(2) 湿度：60 %～98 %。
(3) 標高：EL.195m 程度
(4) 水質：汽水域
(5) 積雪：考慮しなくともよい。
(6) 周囲条件：名所、旧跡が点在する景勝地

4）水理条件
(1) ゲート設置地点水位：
・HWL　　：WL.○○
・計画高潮位　　：WL.○○
・朔望平均満潮位：WL.○○
・朔望平均干潮位：WL.○○
(2) 操作水位
水門扉の扉体の開閉荷重を求める場合の操作水位は、操作上考えられる組み合わせを考慮して定める。
(3) 高水流量
水門部における本川計画高水流量は、○○ m³/s である。

5）操作条件
(1) 操作頻度：年平均○○回程度。
(2) 操作時期：梅雨期および洪水期（○○月～○○月）
(3) 閉時と開時の断続運転
(4) 機側手動による単独操作が可能とする。
(5) 近接水門群管理所（想定）からの遠隔操作を行う。

6）管理条件
(1) 運転実施者：国土交通省○○地方整備局△△工事事務所、水門群管理所および機側における職員による直轄操作
(2) 点検・整備実施者：メンテナンス会社に委託
(3) 点検回数：月点検１回／毎月。洪水期前に１回の年点検を実施
(4) 年間保守作業の内容：給油、清掃、調整等

第２４条（品質管理・検査）
※品質管理・検査の都合上、特記仕様書で明示しておく必要のある事項を示す。

第２５条（技術的提案の保護）
本工事においてなされた技術的提案については、その後の工事において、その内容が一般的に使用される状態となった場合は、無償で使用できるものとする。ただし、工業所有権等の排他的権利を有する提案についてはこの限りではない。

第５章　実施設計
（省略）

第６章　施　　工
（省略）

第７章　そ の 他
（省略）

4. まとめ

本研究により，性能規定化に向けた改訂が加えられている「ダム・堰施設技術基準（案）（平成 11 年 3 月）」を有効に活用し，設計・施工にわたるダム・堰・水門等の土木工事への性能規程導入のための検討を行った。本研究においては，第一に，ダム・堰施設技術基準（案）における設計自由度の整理把握を行った。また，第二に，その結果に基づいて，「要求性能を考慮した設計・施工」を試行するための方法を机上検討によりケーススタディした。

設計自由度の整理把握は，設計の各段階（基本設計段階，詳細設計段階）別に，(1)構造安全性，(2)使用性，(3)非常時の安全性，(4)耐久性，(5)周辺環境の保護の要求別に分類して行った。

また，ケーススタディは，以下の状況を想定して，技術仕様の明示の観点から行った。この検討結果として，特記仕様書（案）を提案した。

(1) 既設開閉装置を撤去し，新たに開閉装置を設計・施工する。
(2) 既設と同型式の開閉装置を新設した場合に比べて，コスト縮減と品質向上を図ることを目的として，「要求性能を考慮した設計・施工」を実施する。
(3) ゲート本体は，既設のものを用いることとし，ゲート形式等の変更はない。
(4) 制御装置等は，既設のものを用いることとし，操作条件，制御方法等の変更はない。

本研究における検討は，技術仕様の明示の観点から行っている。入札・契約等の工事発注方法については検討外としている。「要求性能を考慮した設計・施工」としては，性能発注方式やＤＢ・ＶＥ等の設計施工一括発注方式，新しい社会資本整備方法であるＰＦＩ等が予想される。そのため，「要求性能を考慮した設計・施工」を試行する場合，別途に，これらの工事発注方法別の入札・契約等に関する検討を行うとともに，発注方法に適した検査方法を検討する必要がある。

今後，本研究結果が「要求性能を考慮した設計・施工」を試行する場合の基礎資料として役立つことを期待するものである。

＜参考文献＞

(1) ダム・堰施設技術基準委員会編：ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）,(社)ダム・堰施設技術協会,1999.

(2) (社)ダム・堰施設技術協会：ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）講習会資料,1999.

(3) 土木研究所資料第 3834 号,土木工事発注・施工への性能規定概念導入方法,2001.

(4) ISO； General principles on reliability for structures, ISO2394:1998(E),1998.