

# 馬込川河口津波対策検討で公募する水門の評価基準

平成 27 年 9 月 4 日、9 月 9 日一部修正（修正箇所赤字）

## 1 基本的事項

### 1. 1 目的

二級河川馬込川の津波対策を進めるにあたり、河川堤防の強化等による対策方式の代替案となり得る以下の性能を持つ水門構造を選定することを目的とする。

- ① 津波防護機能を確実に発揮する
- ② 河川管理施設としての安全な構造（河川法第 13 条第 1 項）を備える

### 1. 2 実施内容

#### (1) 概要

水門構造の選定は、以下のとおり進める。

- ① 検討対象とする水門構造の候補は、既存の構造にとらわれず、広く提案を募る。
- ② 応募された提案（以下、「技術提案」という。）は、有識者からなる「馬込川河口津波対策技術検討委員会（以下、「検討委員会」という。）」において、要求する性能を備えているかどうかを評価する。複数の技術提案がある場合は、それぞれについて選定の可否を検討し、最適案の選定は行わない。

#### (2) 技術提案

技術提案への応募者（以下、「技術提案者」という。）は、本評価基準に示す「要求性能」を満たす水門を設計し、本評価基準に示す「照査方法」により「要求性能」を満たすことを証明する。

技術提案にかかる費用は、提案者の負担とする。

また、本提案の結果は、工事の受注機会を保障するものではない。

#### (3) 技術提案の評価

検討委員会における評価は、以下のとおり進める。

- ① 技術提案の提出を受け、事務局が提出書類の不足、記載方法等を確認する。提案者は、必要に応じて提出した書類を修正する。
- ② 技術提案者は、検討委員会で技術提案を説明し、委員の質疑に対応する。なお、委員会は、原則公開としているが、出願前の発明等、公開することにより提案者の知的財産権を侵害する恐れがある場合には、非公開とする。
- ③ 必要に応じて、要求性能を証明する実験等を委員に公開する。
- ④ 評価の結論は、要求性能それぞれについての適否、及び評価に関する所見とする。

### 1. 3 技術提案の作成方法

#### (1) 作成方法

技術提案は、以下により作成する。

- ① 第2章以降で要求される事項を、それぞれ定める様式に記載する。様式に書ききれない、記載量が多くわかりにくくなる等の場合は、別に資料を添付できるものとする。
- ② 要求性能は「目的達成性能」及び「安全性能」の2つであり、求める最低基準を定めている。ただし、最低基準に対して意図的に高い性能の提案を求めるものではない。(ex.L1地震動に対する性能を求めるところで、L2地震動を使って照査する)

(2) 技術提案の仕様

ファイル	A3ファイル(横)綴じ(表紙はソフト、ハードを問わない) ファイルが複数になる場合には、分冊番号を付す。
サイズ・印刷	A3(横)又はA4(縦)とし、両面印刷を基本とする。
文字サイズ	文章は11pt以上を基本。図表に用いる文字については定めない。
電子データ	資料のPDFデータを収めたCD-ROMを巻末に添付する。
提出部数	10部

1.4 技術提案の検討条件(共通)

本評価基準で用いる検討条件等は、以下のとおりとする。

(1) 検討箇所及び付加条件

検討箇所周辺の図面	別添、平面図、縦断図、及び横断図のとおり
施設検討箇所	N o. 0.3K上の法線上に設置するものとする。
施設検討付加条件	河川を全閉せず、高水敷にのみ設置して、河川への津波遡上を低減する施設も検討の対象とする。

(2) 本評価基準で用いる設計水位等

本評価基準の記載	値	備考(出典等)
計画高水位HWL	T. P. +2.13m	馬込川水系河川整備基本方針(検討中)
平水位LWL	T. P. +0.63m	今回算出
計画河床高	T. P. -2.87m	馬込川水系河川整備基本方針(検討中)
朔望平均満潮位	T. P. +0.63m	馬込川水系河川整備基本方針(検討中)
朔望平均干潮位	T. P. -0.71m	気象庁HP
レベル1津波高	T. P. +4.6m	中央防災会議2003(東海・東南海2連動)の沿岸における津波高
必要堤防高	T. P. +8.00m	レベル1津波に対する必要堤防高
レベル2津波高	T. P. +11.70m	内閣府2012(南海トラフ巨大地震ケース①)の沿岸における津波高
計画高潮位	T. P. +2.60m	遠州灘沿岸海岸保全基本計画
計画波高	9.0m	50年確率波高(周期:17.0sec)

換算沖波波高	8.8m	50年確率波高 河口の位置する海岸における値
波のうちあげ高	T. P. +5.7m	水門位置における計画高潮時（計画高潮位時に計画波高が来襲）の波のうちあげ高. 改良仮想勾配法により算定.

### (3) 本評価基準で用いる用語

本評価基準での記載	正式な名称・用語の定義
構造令	河川管理施設等構造令 (H25.7改)
ダム堰基準	ダム・堰施設技術基準 (案) (H25.7)
ダム堰基準K	ダム・堰施設技術基準 (案) 基準解説編 (H26.5)
ダム堰基準M	ダム・堰施設技術基準 (案) 設備計画マニュアル編 (H26.5)
海岸技術基準	海岸保全施設の技術上の基準 (通知) (H27.3改)
耐震性能照査指針	河川構造物の耐震性能照査指針・解説 (H24.2)
道示	道路橋示方書・同解説 (H24.3) (ただし、河川構造物の耐震性能照査指針・解説では、H14.3版に準拠することとされているので、耐震性能照査実施時はH14.3版を使用すること)
浸水想定の手引き	津波浸水想定の設定の手引き Ver. 2.00 (H24.10)
ゲート点検マニュアル	河川用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル (案) (H27.3)
ポンプ点検マニュアル	河川ポンプ設備点検・整備・更新検討マニュアル (案) (H27.3)
経済マニュアル	治水経済調査マニュアル (案) (H17.4)
レベル1津波	静岡県第4次被害想定レベル1津波
レベル2津波	同、レベル2津波
レベル1地震動	河川構造物の耐震性能照査指針・解説に定めるレベル1地震動
レベル2地震動	河川構造物の耐震性能照査指針・解説に定めるレベル2地震動
水門 (又は水門等)	ここでは、以下を含めた定義とする。 ① ローラーゲート等の一般的な方式の水門 ② 浮上式等の新たな方式の水門 ③ 河川への津波遡上を低減する施設

#### 1.5 提案者に付与する資料

提案を検討する者には、以下の資料を電子データ (CD) で付与する。

評価基準	Word, PDF, 及びExcel形式
平面図 (平面図), 縦断図, 横断図	SFC形式
数値シミュレーション基礎データ ①地盤高, 堤防高, 粗度係数, 河川	TXT形式及びExcel形式 等

流量（流入点），地震に伴う地盤 変動量等のメッシュデータ ②津波最高水位，出力点の座標，代 表地点の津波水位変動	
---	--

## 2 水門の設計概要

### 【設計】

以下の図面を提出する.

様式 2-1 平面図

様式 2-2 縦断図

様式 2-3 横断図

様式 2-4 構造図 (主要な装置, 機器を対象. また, 想定される土木施設の規模がわかるように記載すること)

様式 2-5 施工要領図

### 【検討条件】

- ① 設計は予備設計レベルとする.
- ② 基礎は杭基礎とする. (後述のとおり, 詳細な検討は不要とする.)
- ③ 河川内への津波遡上を一部許容することから, 水密性は要求性能に影響を与えない範囲で考慮しなくてもよい.
- ④ 水門の天端高 (カーテンウォールを有するものはその天端高) は, T. P. + 8. 0mとする.
- ⑤ 右下に施設名称と図番を入れる. 図面が複数になる場合には, 枝番を入れる. (ex. 様式 2-4-1)
- ⑥ 様式 2-5 施工要領図は, 主要な施工段階毎に作成する.

### 3 目的達成性能

#### 3.1 津波防護性能

##### 【要求性能】

レベル1津波の遡上水位を、堤防天端以下に抑制する性能を有するものとする。

##### 【検討条件】

提案する水門は以下の条件を満たすものとする。

- ① 別図2-1（平面図）の法線上に設置するものとする。なお、同箇所横断面図は別図2-2のとおりとする。
- ② 対象とする堤防天端は、液状化により沈下すると想定される区間では、沈下後の天端高さとする。
- ③ 河道に津波が遡上するのを許容する。
- ④ 性能の照査に当たっては、閉鎖速度を適切に反映させる。

##### 【照査方法】

- ① 提案する水門の型式、天端高、開口部の水深、及び幅等を反映させた下表の数値シミュレーションにより、津波が河川の堤防高を越えないことを確認する。

表.3-1-1 数値シミュレーション条件

項目	条件	
計算手法	非線形長波方程式に基づく平面二次元解析	
対象津波（地震）	レベル1津波； 東海・東南海2連動	
計算領域	10m, 30m, 90m, 270m, 810m, 2430m（引き継ぎ計算）計6領域	
計算条件	河道条件	整備計画河道（水門なしの場合は、河口砂州のフラッシュを想定した地形とする。）
	河川流量	平水流量（馬込川：14.694m <sup>3</sup> /s, 芳川：3.490m <sup>3</sup> /s）を考慮
	潮位	朔望平均満潮位 T.P.+0.63m
	施設条件	防潮堤：壁立て 河川堤防：沈下堤防高（ALID解析の結果に基づく）

なお、以下のいずれかの構造を持ち、津波の遡上に対し十分な水門閉鎖速度を持つものについては、検討不要とする。

A 河口を全閉するもの

B 高水敷全範囲

- ② 照査結果は、以下の様式に記載する。

A 様式3-1-①-1 シミュレーション結果（浸水深分布図）

B 様式3-1-①-2 シミュレーション結果（水位縦断面図）

### (1) 計算方法

数値シミュレーションは、浸水想定の手引き等に示された一般的手法を適用し、水門を閉めた場合に津波水位が河道の沈下堤防高を越えないことを確認する。

### (2) 計算条件

#### ア 基本データの貸与

数値シミュレーションに当たっては、技術提案間で計算条件を統一させるため、技術提案者に以下のデータを貸与する。

- ① 計算に必要なデータ（地盤高、堤防高、粗度係数、河川流量（流入点）、地震に伴う地盤変動量等のメッシュデータ）
- ② 検証に必要なデータ（津波最高水位、出力点の座標、代表地点の津波水位変動）

#### イ 水門の閉鎖速度

水門の閉鎖速度は、提案される機器の特性を考慮し、シミュレーションに反映させる。水門閉鎖については、以下の条件で設定する。

表. 3-1-2 水門開閉速度の反映

水門閉鎖開始時刻	震源域において津波（地震）が発生した直後から閉鎖を開始する。
中間開度の場合の計算方法	計算手法上の制約、及び安全側の条件とすることを考慮し、水位に見合う閉鎖状態に満たない場合には、全開として扱う。

### (3) 計算結果の確認

#### ア 計算結果のまとめ

計算結果は、以下の様式にまとめる。

##### (ア) 様式 3-1-①-1（浸水深分布図）

堤防越流による浸水が発生しないことを確認する。計算結果は、下表の仕様とする。

表. 3-1-3 浸水深分布図の作成

基図	500 分の 1 ~ 2, 500 分の 1
浸水箇所の色づけ	浸水想定の設定の手引き P45 の浸水深区分と色を基本とする。
作成ケース	① 水門設置前の計算結果 ② 水門設置後の計算結果

##### (イ) 様式 3-1-①-2（水位縦断図）

河道を遡上する津波の水位が、沈下堤防高を越えないことを確認する。計算結果は、下表の仕様とする。

表. 3-1-4 水位縦断図の作成

作成図面	河道内水位縦断図（沈下堤防高との比較図）
計算結果の表示方法	左右岸で別図とし、以下のデータを記載する。 ① 以下の堤防前面における遡上津波の最大水位包絡線 A 水門設置前 B 水門設置後 ② 堤防天端高さ（ALID 沈下, 県が提供したデータのプロット）

(4) 計算結果の検証

計算結果の妥当性については、予め水門なしの条件による検証計算で確認する。  
 なお、提出されたシミュレーションの結果は、以下を意図して県で検証計算を行うことを予定している。

- ① 技術提案者から提出された計算結果を照査する。
- ② 複数の技術提案を評価する場合に、公平を期する。

また、同じ意図から、以降の委員会における評価・検討においても、県の検証計算結果を用いることも予定している。

3.2 機能のじん性

【要求性能】

レベル2津波の遡上に対し、津波防護機能を有するものとする。

【照査方法】

- ① 提案する水門の型式、天端高、開口部の水深、及び幅等を反映させた下表の数値シミュレーションにより、レベル2津波に対する浸水被害の軽減効果を確認する。

表. 3-2-1 数値シミュレーション条件

項目	条件
計算手法	非線形長波方程式に基づく平面二次元解析
対象津波（地震）	レベル2津波；南海トラフ巨大地震モデル検討会（ケース①）
計算領域	10m, 30m, 90m, 270m, 810m, 2430m(引き継ぎ計算)計6領域
計算条件	河道条件 整備計画河道 ・水門なしの場合は、河口砂州のフラッシュを想定した地形とする。
	河川流量 平水流量（馬込川：14.694m <sup>3</sup> /s, 芳川：3.490m <sup>3</sup> /s）を考慮
	潮位 朔望平均満潮位 T.P. +0.63m
	施設条件 防潮堤：壁立て 河川堤防：沈下堤防高（ALID 解析の結果に基づく）を初期状態とし、越流した時点で、破堤（堤防高ゼロ）する。

- ② 照査結果の提出は、不要とする。



県で検証計算を行うことを予定しており、提案者には提出を求めない。

### 3. 3 目的達成の信頼性（操作・動作の信頼性）

#### 【要求性能】

レベル2津波の来襲時にあっても、確実に扉体の閉鎖を行える性能を有する。

#### 【検討方針】

- ① 閉操作・動作の信頼性は、以下の2つを対象とする。
  - A 津波来襲時に故障や異常が存在している場合にも「確実な閉鎖」機能を発揮する「フォールトトレランス」のシステム構築
  - B 同じく閉装置の個々の能力
- ② 「フォールトトレランス」の対策は、「多重化」、「多様化」あるいは「独立性」を基本とする。
- ③ 機器が以下の全てに該当する場合は、「単一故障基準」とならない、すなわち機器単一の不具合が操作・動作の信頼性を損なわないものとする。
  - A 致命的であるもの
  - B 故障頻度が高いもの（故障した事例があるもの）
  - C 「目視」による故障検知が困難、又は「状態監視」が不可能なもの
- ④ 操作員の安全確保及び津波到達時間が短いと想定されることに鑑み、津波時の扉体の閉鎖は遠隔操作及び自動化とし、無動力化等の設備又はシステムを可能な限り採用する。
- ⑤ 人為による閉操作の場合のヒューマンエラー対策は、以下のいずれか、又は両方を立案する。
  - A 誤動作を防ぐマンマシンインターフェース
  - B 誤動作によって重要な事故を発生させないフルプルーフ機構

#### 【検討条件】

検討対象	遠隔操作側の機器設備、及び機側までの通信回路・装置は、設計の対象外とする。
外部条件	<ol style="list-style-type: none"><li>① 遠隔操作側の機器設備は設計の対象外とし、同設備の故障は想定しない。ただし、遠隔操作側のヒューマンエラーは検討対象とする。</li><li>② 通信回線（伝送路）は確保され、かつ二重化されている。（回線自体の故障は想定しない）</li><li>③ 自動閉鎖に必要な信号は提供され、受信機自体の故障は想定しない。</li><li>④ 操作員の安全確保のため、機側操作を一切行わない。</li></ol>

**【照査方法①】（閉操作システム）**

- ① レベル2津波以下の津波来襲時において閉操作を確実にできるシステムを有していることを、以下の解析により説明する。
- A F T A (Fault Tree Analysis)
  - B F M E A (Failure Mode And Effects Analysis)
  - C E T A (Event Tree Analysis)
- ② 照査結果は、以下の様式により提出する。
- A 様式3-3-①-1（閉操作システム概要）
  - B 様式3-3-①-2（フォールトトレランスシステム概要）
  - C 様式3-3-①-3-1（F T A：平常状態からの操作）
  - D 様式3-3-①-3-2（F T A：最悪状態からの操作）
  - E 様式3-3-①-4（F M E A）
  - F 様式3-3-①-5-1（E T A：平常状態からの操作）
  - G 様式3-3-①-5-2（E T A：最悪状態からの操作）
  - H 様式3-3-①-6（F T A， E T Aで用いる故障確率等の算定根拠）

**（1） 閉操作システムの概要（様式3-3-①-1）**

閉操作システムを概念的に把握できるように、コンポーネント図等を模して、システムの概要を表現する。

- ① 閉操作システムを構成する機器
- ② 閉操作の指揮系統，情報伝達経路
- ③ 基本となる閉操作系統（青字，青線で表現）
- ④ 操作・動作の信頼性を高める予備機器，又は冗長システム（赤字，赤線で表現）

**（2） フォールトトレランスシステム概要（様式3-3-①-2）**

フォールトトレランスで取り入れた機器，システムの概要がわかるように，それぞれの説明を記載する。

**（3） F T A (Fault Tree Analysis) の実施方法（様式3-3-①-3-1，2）**

**ア 頂上事象**

「閉鎖機能の喪失」を頂上事象とする。

**イ 検討ケース**

外部条件が異なる以下の2ケースとし，それぞれ下表の状態を想定する。

- ① 基本の閉操作（L2津波来襲、平常状態からの操作）
- ② 最悪条件での閉操作（L2津波来襲、自動閉鎖信号は有り）

表.3-3-1 F T A 検討ケース

ケース	① 基本	②最悪
通信回線・操作員有無（遠隔操作の場合）	可能	不可能
商用電源	供給	途絶

**ウ 必ず考慮する原因事象，及びその要因**

- ① 閉操作に関わる機器・装置の故障
- ② 閉操作の制御に関わる機器・装置の故障
- ③ 操作に関するヒューマンエラー（自動閉鎖の場合は不要）
- ④ その他，頂上事象に結びつく重要な事象

ここで，要求性能ではL2津波来襲時にも確実な閉操作を求めていることから，最悪ケースについては，L2津波による浸水等による故障を想定する。

**エ 原因事象として考える機器・装置のレベル**

ゲート点検マニュアル図 2.4-1～3 の「機器」レベル又は「部品」レベル程度までを対象とする。

**オ 原因事象の発生確率**

以下の方法で算出する。

**(ア) 機器・装置の故障確率**

ここで扱う故障確率は，以下の方法による。なお，ここで扱う確率は，今後，同種水門等との相対的に検討するための目安として算出するものであり，厳密な発生確率を求めるものではない。

- ① 故障確率は，以下の式により算出することを基本とする。

$$\text{故障確率 } P = \lambda \cdot \tau \quad \dots \dots \dots \text{(式 3.3.1)}$$

ここで， $\lambda$ ：故障率（1/L）

L：平均取替・更新年数。この期間内の故障確率は一定と仮定する。

$\tau$ ：故障発生から発見までの期間。管理運転間隔である1ヶ月に1回と仮定する。

ただし，要求性能に示すとおりL2津波来襲時にも確実な閉操作を求めており，最悪ケースでの故障確率の算出は，以下のとおりとする。

A L2津波水位以下に設置される機器・装置で，L2津波による浸水や漂流物の衝突等により故障する恐れがある機器・装置については，故障確率を1.0（100%の確率で故障）とする。

B 機器・装置の耐水化，衝突防止策など，L2津波による浸水や漂流物の衝突等への対策がなされた機器・装置については，式（3.3.1）により故障確率を算出する。

- ② 前項①の「平均取替・更新年数」Lは，対象とする機器・装置が適切に維持管理されているものと仮定し，以下により算出する。

- A 「平均取替・更新年数」Lの設定は、以下を基本とする。
- (A) ゲート点検マニュアル「2.5 装置・機器の取替・更新年数」に掲載されている表 2.5-2 中の「平均の取替・更新の標準年数」
  - (B) ポンプ点検マニュアル「2.5 機器の修繕・取替の標準年数」に記載されている表 2.5-2 中の「平均の修繕・取替の標準年数」
- B 前項Aの「標準的な取替・更新年数」は、該当する機器・装置を適用、又は同種のものを準用する。
- C A, Bに該当しない機器は、Bの考え方を踏まえ提案者が設定する。この場合、様式3-3-①-6の「設定根拠」欄には、設定の根拠となる実績データ、準用した機器名等を簡潔に記す。

(例) ワイヤロープの故障確率P計算例

同期間における平均取替・更新年数 35年 →  $\lambda = 1/L = 1/35$

管理運転間隔 1/12年 →  $\tau = 1/12$

ワイヤロープ(待機系)の故障確率  $P = 2.38 \times 10^{-3}$

$$P = \lambda \cdot \tau = 1/35 \times 1/12$$

#### (イ) ヒューマン・エラーの発生確率

人為操作を必要とする場合のヒューマンエラーの発生確率は、対象とする操作の種類に応じ、下表の値を基本とする。

表.3-3-2 FTA等に用いるヒューマンエラー発生確率

エラーの種類	確率※2
オMISSION・エラー(すべき行為をし忘れる)	$1.0 \times 10^{-3}$
コミッション・エラー(すべき行為を間違える)	$3.0 \times 10^{-3}$

※WASH-1400の値を準用

(例) 遠隔操作による閉操作のミス発生確率

当事務所における既設水門の閉操作は「電源スイッチON」、「開閉スイッチの選択」、「実行スイッチON」の3段階である。

この場合考えられるエラーの組合せは、下表のとおりとなる。

電源スイッチ	スイッチの入れ忘れ X	オMISSION・エラー
開閉スイッチ	スイッチの入れ忘れ Y1	オMISSION・エラー
	スイッチの選択間違い Y2	コミッション・エラー
実行スイッチ	スイッチの入れ忘れ Z	オMISSION・エラー

3つの操作は直列であり、どれか一つでもミスがあれば閉操作に失敗することから、ヒューマンエラーによるミスの発生確率は、 $7.99 \times 10E^{-3}$

エラー箇所	発生確率	計算
X	$1.00 \times 10^{-3}$	
Y1	$9.99 \times 10^{-4}$	$= (1.0 - 1.0 \times 10^{-3}) \times 1.0 \times 10^{-3}$
Y2	$3.00 \times 10^{-3}$	$= (1.0 - 1.0 \times 10^{-3}) \times 3.0 \times 10^{-3}$
Z	$1.99 \times 10^{-7}$	$= (1.0 - 1.0 \times 10^{-3}) \times (2.0 - 4.0 \times 10^{-3}) \times 1.0 \times 10^{-3}$
計	$6.99 \times 10^{-3}$	

## オ 記載方法

### (ア) 基本フォーマット

図3-3-1の記号を用いて、作成する。これ以外にゲート記号が必要な場合には、適宜使用する。

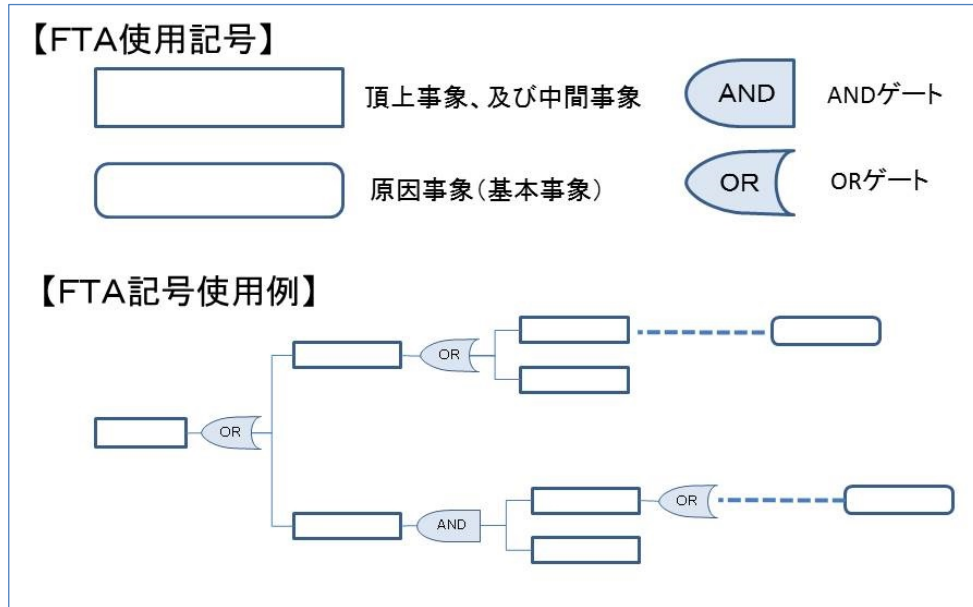


図3-3-1 FTA使用記号等

### (イ) フォールトトレランスの明示

イの2ケースについて、それぞれ以下の解析を実施し、フォールトトレランスシステムの効果を明らかにする。

- ① フォールトトレランスを取り入れる前の基本閉操作システム
- ② フォールトトレランスを取り入れた閉操作システム

また、フォールトトレランスを取り入れた閉操作システムの解析では、対策内容と効果が明確になるよう以下の記載をする。

- ① 変更箇所を「赤」で示す。
- ② 原因事象に対策内容を記す

### (ウ) 単一故障基準の対象となる機器・装置の明示

単一故障基準の対象となる機器・装置は、「シーブ類」「電動機類」「油圧式、又はラック式開閉装置」のうち「致命的」なものとする。これ以外の機器・装置も、検討方針③に照らして個別に判断する。

「単一故障基準」に該当する機器・装置については、事象の囲い内を「薄いオレンジ色」で塗りつぶすとともに、故障確率を濃いオレンジ色で標記する。

## (4) FMEA (Failure Mode And Effects Analysis) の実施方法 (様式3-3-①-4)

安全性能で求める確実な「開」操作に関する照査と併せて実施する。

### ア 対象機器

ゲート点検マニュアル図2.4-1~3の「機器」レベル又は「部品」レベル程

度までを対象とする。

#### イ 必ず考慮する故障要因

故障要因には、以下を確実に含めること。

- ① 津波，高潮，洪水等による水没
- ② 津波，洪水等の流水の作用による主要構成装置の破損  
※東日本大震災時の損傷事例についても考慮
- ③ 落雷
- ④ 地震動
- ⑤ 老朽化（メンテナンス不良による劣化）
- ⑥ 塩害（腐食等）
- ⑦ 飛砂，漂砂による埋没
- ⑧ 同じく機構への砂の入り込み
- ⑨ 漂流物のかみ込み
- ⑩ 漂流物の衝突
- ⑪ 商用電源の停電
- ⑫ 予備電源を含めた全電源喪失

#### ウ 故障モード

故障モードは、考えられる様々な故障形態を想定する。

#### エ 危険事象

目的達成性能に定める「閉機能」，及び安全性能に定める「開機能」の喪失に対する評価とする。

#### オ 影響評価

影響評価（ランク）は、以下により評価する。なお、表に記載する上で、A，B，Z，Yについてはゴシック強調を用いるとこと。

表. 3-3-2 影響評価の定義

重大性 (閉操作)	A	機器・装置単独の故障により，閉操作の喪失につながる。（いわゆる単一故障）
	B	他の機器・装置の故障等と複合して，閉機能喪失につながる。
	C	単独又は他の機器・装置の損壊等と複合して，閉機能が一部低下する。（全閉は可能）
	D	閉機構に支障なし。
重大性 (開操作)	Z	機器・装置単独の故障により，開操作の喪失につながる。（いわゆる単一故障）
	Y	他の機器・装置の故障等と複合して，開機能喪失につながる。
	X	単独又は他の機器・装置の損壊等と複合して，開機能が一部低下する。（全開は可能）
	W	開機構に支障なし。

## カ 状態監視の可否

「状態監視」の可否を、○×で記載する。ここで「状態監視」とは、ゲート点検マニュアル「図 4.2-2～4」のとおり、定期点検等による劣化傾向の継続的な把握のことをいう。

## キ 単一故障基準の該当

下表のいずれにも該当する場合には、単一故障基準に該当する機器・装置とし、欄に「●」を記載する。

表. 3-3-3 影響評価に応じた対策立案方針

影響評価	機器・装置単独の故障により、閉操作又は開操作の喪失につながる。（影響評価欄が、「A」、「Z」いずれかの記載）
状態監視の可否	状態監視が不可能。（状態監視欄が「×」の記載）

## ク 対策

対策は、下表のとおり記載する。

表. 3-3-4 影響評価に応じた対策立案方針

対象	「重大性」の影響評価ランクが、A、B、C、Z、Y、Xのいずれかに評価された機器・装置
対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対策は、その種類から「システムの強靱化」「機器・装置の強靱化」に分類する。該当する対策が無い場合は、空欄とする。</li> <li>・「システムの強靱化」では、「考え方」の欄に、「多重化」「多様化」「独立性」等、該当する考え方を記載する（複数に該当する場合は、該当する全てを記載）。</li> </ul>

## (5) E T A (Event Tree Analysis) の実施方法 (様式 3-3-①-5-1, 2)

### ア 検討ケース

L2津波来襲時における以下の2ケースを検討する。

#### (ア) 基本の閉操作

表. 3-3-5 基本の閉操作における E T A 検討条件

想定する初期状態	想定する進展キー
A 遠隔操作可能 (操作員あり)	A ヒューマンエラー
B 商用電源あり	B 機器・装置の故障
C 通信回線確保	C その他閉機能喪失につながる事象

#### (イ) 最悪ケースでの閉操作

表. 3-3-5 最悪ケースにおける E T A 検討条件

想定する初期状態	想定する進展キー
A 遠隔操作不可能 (操作員なし)	A 機器・装置の故障
B 商用電源なし	B その他、閉機能喪失につながる事象
C 通信回線途絶	
D 自動閉鎖信号受信成功	

## イ 進展キーの設定

- ① 進展キーは、原則として時系列で設定する。
- ② 進展キーは、失敗した場合に、より危険な状態（閉鎖機能喪失）につながる内容とする。

## ウ 機器・装置の故障確率

機器の故障確率は、FTAの方法と同一とする。

## エ 原因事象として考える機器・装置のレベル

ゲート点検マニュアル図 2.4-1～3 の「機器」レベル又は「部品」レベル程度までを対象とする。

## オ 記載方法

### (ア) 基本フォーマット

フォーマットは、図 3-3-2 の例を参照にする。

### (イ) フォールトトレランスの明示

アの2ケースについて、それぞれ以下の解析を実施し、フォールトトレランスシステムの効果を明らかにする。

- ① フォールトトレランスを取り入れる前の基本閉操作システム
- ② フォールトトレランスを取り入れた閉操作システム

また、フォールトトレランスを取り入れた閉操作システムの解析では、対策内容と効果が明確になるよう以下の記載をする。

- ① 変更箇所を「赤」で示す。
- ② 原因事象に対策内容を記す

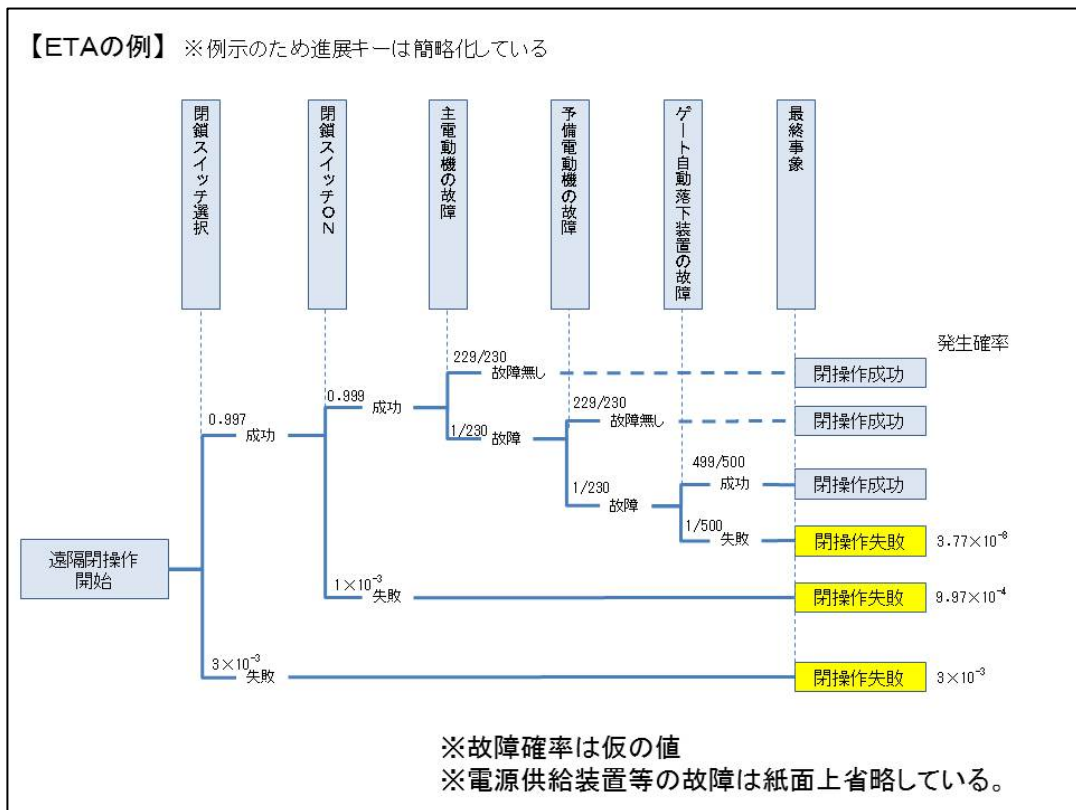


図 3-3-2 ETAの作成例



**【照査方法②】（閉鎖装置の設計）**

- ① 設計外力の下で確実に閉鎖状態に移行できることが確認できるよう、閉鎖装置の設計を提示する。
- ② 閉鎖装置の設計は、以下の様式に記載する。
  - A 様式 3-3-②-1 閉鎖機構概要図，主要形状寸法
  - B 様式 3-3-②-2 荷重の組合せ，及び荷重の計算
  - C 様式 3-3-②-3 部材の設計 ※主要部材，及び致命的な部材のみを対象

**（１） 検討ケース**

以下のケースを基本とする。ただし、この水位の組み合わせよりも危険となる組み合わせがある場合には、その組合せを用いることとする。

表. 3-3-6 閉鎖装置設計の検討ケース

検討ケース		ゲート	上流側水位	下流側水位
1	高潮時	全開→全閉	計画高潮位 (T. P. +2. 60m)	計画高潮位 (T. P. +2. 60m)
2	レベル 1 津波時	全開→全閉	計画河床高 (T. P. -2. 87m)	レベル 1 津波高 (T. P. + 4. 60m)
3	レベル 2 津波時	全開→全閉	計画河床高 (T. P. -2. 87m)	レベル 2 津波高 (T. P. +11. 70m)

**（２） 閉鎖荷重**

設計荷重の算定方法及びその組合せは、ダム堰基準 K 「5 開閉装置の設計」を基本とし、提案する構造形式にあわせて設定する。

締切り力の余裕は、押下げできる閉装置形式以外は、確実に閉鎖できるよう全抵抗の 25%以上とする。

**（３） 閉鎖装置の設計**

閉鎖荷重以上の閉鎖能力を持つよう設計する。

**3. 4 耐久性（機能の保全）**

**【要求性能】**

長期にわたり津波防護機能を発揮し続けるよう、施設の機能保全について、信頼性、保全性、及び経済性を最大限高める設計がなされたものとする。

**【検討方針】**

- ① 水門は、ゲート点検マニュアル 2.3 に定めるレベル 1 の設備とする。
- ② 保全方式は、ゲート点検マニュアル 2.3 に定めるとおり、レベル 1 の設備に求められる「予防保全」とする。
- ③ 3. 3 「目的達成の信頼性（操作・動作の信頼性）」の検討結果を反映させる。

- ④ 安全性能に関する耐久性照査も併せて実施する。
- ⑤ 点検については、「ゲート点検マニュアル第3章 3.1 点検の基本」を基本とする。そこに記載のとおり、月点検については、全開・全閉操作を実施する管理運転点検を基本とする。

**【照査方法①】（機器・装置の耐久性）**

- ① 主要な機器・装置が以下の劣化・機能阻害要因に対し耐久性を保持できることを説明する。
  - A 津波，高潮，洪水等による水没
  - B 津波，洪水等の流水の作用による主要構成装置の破損※東日本大震災時の損傷事例を考慮
  - C 落雷
  - D 地震動
  - E 老朽化（メンテナンス不良による劣化）
  - F 塩害（腐食等）
  - G 飛砂，漂砂による埋没
  - H 同じく機構への砂の入り込み
  - I 漂流物のかみ込み
  - J 漂流物の衝突
  - K 誤動作・過負荷
- ② 検討結果は、様式3-4-①にまとめる

**（1）対象機器**

操作・動作の信頼性照査で実施するFMEAの影響評価で、A、Z、B、Yのいずれかの評価を受けた機器・装置。

**（2）記載方法**

様式への記載方法は定めないが、FMEA等の評価で要求性能に重大な影響を及ぼす故障・劣化・不具合等の要因と、及びその対策について説明する。

**【照査方法②】（維持管理・点検計画）**

- ① 目的達成性能，安全性能等，求める各種性能を維持するのに必要な維持管理・点検計画を提示する。
- ② 検討結果は，以下の様式にまとめる。
  - A 様式3-4-②-1 維持管理・点検計画
  - B 様式3-4-②-2 管理運転計画

**（1）検討の基本**

ゲート点検マニュアルに定める方法を基本とする。

## (2) 記載方法の基本

記載方法は、ゲート点検マニュアルに記載されている図 4.2-2～4 以下に倣う。

## (3) 設備－機器ツリー

ゲート点検マニュアル図 2.4-1～3 の「機器」レベル又は「部品」レベル程度までを対象とし、F T A、F M E A 等と整合させる。ただし、信頼性向上のために付加することとなった冗長システム、機器等についても記載することとし、この記載についてはゴシックの文字を使用する。

## (4) 不具合の事象

ここに記載する不具合は、前項で実施する F T A、F M E A 等により抽出された不具合と整合させる。

## (5) 致命的機器の判断

以下のいずれかに該当する場合に、「致命的」と判断する。この記載については、赤字を使用する。

- ① F M E A の「影響評価」で A、B、Z、又は Y の評価
- ② ゲート点検マニュアル「2.4 装置・機器等の特性 (2) 致命的機器の抽出」で「設備機能に致命的な影響のある機器・部品」

## (6) 状態監視の可否

「状態監視」の可否を、○×で記載する。ここで「状態監視」とは、ゲート点検マニュアル「図 4.2-2～4」のとおり、定期点検等による劣化傾向の継続的な把握のことをいう。

## (7) 適した保全方法

ゲート点検マニュアル「表 4.2-2」の「基本的な保全方式の整理」に基づき判断することを基本とし、「状態監視保全」、「時間計画保全」、及び「通常事後保全」のいずれか、又はその組合せとする。

## (8) 法定点検・内容

ゲート点検マニュアル「3.1 (2) 点検整備と法規制」の例のとおり、法律で定められた点検については、以下を記載する。

- ① 点検の実施を定めた法律名
- ② 点検内容
- ③ 点検頻度

## (9) 1回あたり動作不能時間

点検にあたり閉操作が不能となる時間を記載する。

## (10) 点検

### ア 方法

ゲート点検マニュアル「3.1 点検の基本」に記載されている「定期点検」のうち、「年点検」、「目視点検 (月点検)」、「管理運転点検」のいずれかを記載する。同箇所に記載されている運転時点検と臨時点検は、今回検討の対象外とする。

なお、検討条件に記載したとおり、月点検は「管理運転点検」を基本とする。

#### イ 内容

目視、計測等の点検内容を記載する。

#### ウ 項目

清掃状態、作動、ゆるみ等の点検項目を記載する。

### (11) 定期整備項目

#### ア 種別

ゲート点検マニュアル5.1(2)2)を参照する。

#### イ 年数

提案者の実績データ等から設定することを基本とする

同表のとおり、「塗替塗装」と「分解整備」のみ記載し、「清掃」、「給油脂」、「調整」、「修理」については、記載不要としてよい。

### (12) 取替・更新

ゲート点検マニュアル表2.5-2、又は提案者の実績データ等から、「機器」「装置」「設備」それぞれのレベルで取替・更新年数を設定する。

この設定に当たり、取替・更新方法は単純取替え(Replace)とする。ゲート点検マニュアル「5.3取替・更新の実施方針」にある機能向上取替(Renewal)との比較検討は、不要とする。

### (13) 管理運転計画(様式3-4-②-2)

①管理運転計画は、維持管理・点検計画と整合したものとする。

②様式は自由記載とするが、以下を記載したものとする。

A 維持管理・点検計画と整合したものであること

B 対象とする不具合の事象

C 管理運転の概要図(通常の開閉操作と異なる場合など)

「ゲート点検マニュアル」には、「全開・全閉操作を実施することが望ましい」、「当該設備の目的、設備の使用状況等を考慮し、点検周期の変更が可能なものとする」としている。

提案する技術について、全開・全閉までの機能確認、又は点検周期の変更が可能と考える場合には、その理由等とともに記載する。

#### 【照査方法③】(保全性の検討)

①提案される施設の保全性を確認するため、維持管理に関する不稼働率を算出するとともに、保全性を高める(不稼働率を低減させる)対策を提示する。

②検討結果は、以下の様式にまとめる。

A 様式3-4-③-1(不稼働率計算・不稼働率低減対策実施前)

B 様式3-4-③-2(不稼働率計算・不稼働率低減対策実施後)

C 様式3-4-③-3(不稼働率低下対策)

### (1) 不稼働率算出上の仮定

不稼働日の想定を単純化するために、不稼働率の算出は、以下を仮定する。

- ① 故障による不稼働時間を見込まない。
- ② 故障各整備点検、整備等の時期は重ならない

### (2) 対象とする機器・装置

維持管理・点検計画で対象とする「機器・装置」を対象とする。「設備—機器ツリー」は、維持管理・点検計画のものと同一の構成とする。このうち、信頼性向上のために付加することとなった冗長システム、機器等についてはゴシックの文字を使用する。

### (3) 対象となる不稼働日

不稼働日数は、水門の津波防護機能を喪失する時間を算定する。対象とする機器自体が不稼働となっても、水門の稼働に致命的な影響が無ければ、不稼働日数としては計上しない。

### (4) 不稼働日数の低減対策（様式 3-4-③-2）

不稼働日数の算出は、不稼働率低減対策前を様式 3-4-③-1、テストビリティの向上、設備の多重化等の対策後を様式 3-4-③-2 にまとめる。様式 3-4-③-2 では、対策前からの変更箇所を赤で表示する。

テストビリティの向上、設備の多重化等、点検～更新に伴う不稼働日数を低減する工夫等は、その概要を様式③ 3-4-③-3 に記載する。

### 【照査方法④】（経済性）

- ① 水門の経済性を確認するため、現在価値化したトータルコストを算出する。
- ② 検討結果は、様式 3-4-④ にまとめる。

### (1) 費用算定の基本

経済マニュアルの考え方を基本とし、以下のとおりとする。

- ① 評価対象期間は、整備期間+50年間とする。
- ② 期間中の総費用で評価するものとし、建設開始直前を基準時点として現在価値化する。
- ③ ②の現在価値化に用いる割引率は4%とする。

### (2) 費用の積上げ方法

#### ア 建設費の積上げ方法

経済マニュアル「5.費用算定」の方法を基本とし、以下により算定する。

- ① 工事費は直接工事費とし、積上げの明細を添付する（自由様式）。なお、**様式 3-4-④**では、機器ごとの積上げではなく一括で計上してもよい。  
※杭基礎は対象外とする。
- ② 附帯工事費、用地費、補償費は、必要な場合にのみ計上する。
- ③ 間接経費及び工事諸費は、経済マニュアルに記載された方法で計上する。

#### イ 維持管理費の積上げ方法

維持管理費は、維持管理・点検計画を元に、点検、点検と合わせて実施する清掃、給油脂、調整等に必要となる延べ人工数、仮設、試験に必要な機器、材料、動力（電気代）等の費用（経費込み、税抜き）を、積上げ計上する。（経済マニュアルで設定している事業費の0.5%/年とする方法は適用しない。）

### (3) 様式の記載方法

#### ア 対象とする機器・装置

維持管理・点検計画で対象とする「機器・装置」を対象とする。「設備－機器ツリー」は、維持管理・点検計画のものと同一の構成とする。

#### イ 費用の記載方法

費用は百万円単位で、小数第1位までを記載する。（小数第2位を四捨五入する。）

## 4 安全性能

### 4. 1 構造の安全性

#### 【要求性能】

計画高水位以下の水位の流水の作用，計画高潮位並びに波浪，レベル1地震動，及びレベル1津波に対して，以下の性能（機能）を保持するものとする。

- ① 水門としての健全性を損なわない
- ② 洪水の流下を妨げない

#### 【検討条件】

- ① 水門本体は，鉄筋コンクリート構造又はこれに準ずる構造とするものとする。
- ② ゲートは，鋼構造又はこれに準ずる構造とするものとする。
- ③ 安定計算には「静的照査法」を用いる。滑動，転倒，地盤支持力の検討は，本体底面にかかる中心作用力を算出するまでとする。
- ④ 基礎の検討は不要とするが，本体の設計等では以下を仮定する。
  - A 基礎は杭基礎とし，偶数列の配置とする。
  - B 液状化の検討も不要とする。
  - C 基礎に塑性化は生じない。
- ⑤ 河川内への津波遡上を一部許容することから，水密性は要求性能に影響を与えない範囲で考慮しなくてもよい。

#### 【照査方法①】（本体の安定計算・部材の設計）

- ① 設計荷重に対して水門としての健全性が保たれることが確認できるよう，以下の設計資料を提出する。
  - A 本体底面の中心作用力
  - B 主要部材の力学特性が弾性域を超えない範囲内に収まること
- ② 検討結果は，以下の様式に記載する。
  - A 様式4-1-①-1 検討結果総括表
  - B 様式4-1-①-2 荷重の組合せ，及び荷重の計算
  - C 様式4-1-①-3 各ケースにおける本体底面の中心作用力
  - D 様式4-1-①-4 主要部材の設計

#### （1）検討ケース

以下のケースを基本とする。ゲートの状態は，構造の安全性の面で危険側になるよう想定し，水位についても，より危険となる組合せがある場合にはその組合せを用いることとする。

表. 4-1-1 安定計算の検討ケース

検討ケース		上流側水位	下流側水位
1	常時	平水位 (T. P. +0. 63m)	平水位 (T. P. +0. 63m)
2	洪水時	計画高水位 (T. P. +2. 13m)	計画高水位 (T. P. +2. 13m)
3	高潮時	朔望平均満潮位 (T. P. +0. 63m)	計画高潮位 (T. P. +2. 60m)
4	レベル1地震時	平水位 (T. P. +0. 63m)	平水位 (T. P. +0. 63m)
5-1	レベル1津波時(寄波)	計画河床高 (T. P. -2. 87m)	レベル1津波高 (T. P. +4. 60m)
5-2	レベル1津波時(引波)	計画堤防高 (T. P. +6. 00m)	計画河床高 (T. P. -2. 87m)
6	施工時	(施工方法に応じて設定)	(施工方法に応じて設定)

(2) 材料の単位体積重量

河川砂防技術基準(案)設計編I第7節堰〔参考1.1.4〕を用いる。

(3) 設計荷重

表. 4-1-1の7ケースそれぞれについて、下表により算出する荷重を組み合わせる。

表. 4-1-2 設計荷重の設定方法

自重	河川砂防技術基準(案)設計編を基本とする。
静水圧	ダム堰基準K「3-1-6設計荷重」等の手法による。
泥圧	上流又は下流側に堆砂厚を見込む。河川砂防技術基準(案)設計編I「7.3.1設計荷重」の手法とする。
揚圧力	河川砂防技術基準(案)設計編I第7節堰〔参考1.2〕の手法による。水位差は、各ケースで上表に設定された水位差を用いる。
地震時慣性力	河川構造物の耐震性能照査指針・解説(I.共通編)に示す方法で算定する。なお地盤種別はII種地盤とする。
地震時動水圧	河川砂防技術基準(案)設計編I第7節堰(参考1.2)及び河川構造物の耐震性能照査指針・解説(I.共通編)5.6に示されているウェスタガードの式を用いる。
温度荷重	ダム堰基準K「3-1-6設計荷重」に記載されているとおり、過大な温度荷重が予想される場合にのみ考慮する。設定方法は、河川砂防技術基準(案)設計編I「7.3.1設計荷重」の手法とする。
波圧(波力)	海岸保全施設の技術上の基準・同解説「2.3.5波力」に示す方法で算出する。



残留水圧	河川砂防技術基準（案）設計編Ⅰ第7節堰（参考1.2）の手法による。水位差は、各ケースで上表に設定された水位差を用いる。
土圧	海岸保全施設の技術上の基準・同解説2.9.1の「砂質土の土圧」を用いる。
地震時土圧	河川構造物の耐震性能照査指針・解説（Ⅰ.共通編）に示す方法で算定する。
風荷重	ダム堰技術K「3-1-6設計荷重」等の手法による。 なお、風荷重は、全てのケースにおいて考慮する。
雪荷重	考慮不要とする。
自動車荷重	管理橋を設置する場合等は、大型の自動車の交通状況に応じてA荷重、またはB活荷重を考慮する。
漂流物（上載）	最も重量の大きい漂流物として、付近で操業する漁船の上載荷重を考慮する。舞阪漁港における最大クラスの漁船の重量14t/隻（船長：17m、船幅：4.5m）とする
漂流物（衝突）	《流木》「岩手県海岸保全施設等設計マニュアル（H25.9 岩手県）」を参考に、流木等の漂流物による衝突荷重として20kN/mとする。 《船舶》「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（案）（H21.5（財）沿岸技術研究センター、（社）寒地港湾技術研究センター）」に基づき、船舶の重量と水塊の重量が作用する場合の衝突エネルギーを考慮する。舞阪漁港に停泊する船舶のサイズを考慮し8.6kN・mとする。
堆砂荷重	上部に砂の荷重を見込む。（短期変動堆積厚を2.0mと仮定する。）砂の単位堆積重量は20kN/m <sup>3</sup> （道示、自然地盤の密な砂）とする。
津波荷重	津波荷重については、設置位置が陸上の場合と水中の場合に応じて、適切に使い分けるものとする。 ・陸上設置の場合は、水産庁防災漁村課「津波を考慮した胸壁の設計の考え方（暫定版）（案）（2015）」に準じて、L1津波時 <b>205.0</b> kN/m、L2津波時 <b>656.7</b> kN/mとする。 ・水中設置の場合は、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（H25.9）」に準じて、波状段波の発生の有とし、越流の有無に応じた算定式を用いる。

#### （４） 安定計算

安定計算は、本体底面にかかる中心作用力を算出するまでとする。

#### （５） 本体部材の設計

主要な構成部材を設計する。許容応力度等は、河川砂防技術基準（案）設計編Ⅰ第7節堰〔参考1.1.1〕～〔参考1.1.4〕の値を用いる。

なお、ここに記載のないものについては、ダム堰基準K等に記載されたもの、又は既定の技術基準等に定められるものを用いる。この場合、出典を明記する。

【照査方法②】（扉体の設計）

- ① 設計荷重に対して水門としての健全性が保たれることが確認できるよう、扉体の設計を提示する。
- ② 検討結果は以下の様式に記載する。
- A 様式 4-1-②-1 形状の主要形状寸法
  - B 様式 4-1-②-2 荷重の組合せ，及び荷重の計算
  - C 様式 4-1-②-3 部材の設計（受圧部～支承部）
- ※水密部の検討は不要

（1）検討ケース

以下のケースを基本とする。ただし、この水位の組み合わせよりも危険となる組み合わせがある場合には、その組み合わせを用いることとする。

表. 4-1-3 扉体設計の検討ケース

検討ケース		ゲート	上流側水位	下流側水位
1-1	洪水時	全閉	計画高水位 (T. P. +2.13m)	朔望平均干潮位 (T. P. -0.71m)
1-2		中間開度	計画高水位 (T. P. +2.13m)	計画高水位 (T. P. +2.13m)
1-3		全開	計画高水位 (T. P. +2.13m)	計画高水位 (T. P. +2.13m)
2-1	高潮時	全閉	朔望平均満潮位 (T. P. +0.63m)	計画高潮位 (T. P. +2.60m)
2-2		中間開度	計画高潮位 (T. P. +2.60m)	計画高潮位 (T. P. +2.60m)
2-3		全開	計画高潮位 (T. P. +2.60m)	計画高潮位 (T. P. +2.60m)
3-1	レベル1地震時	全開	平水位 (T. P. +0.63m)	平水位 (T. P. +0.63m)
3-2		中間開度	平水位 (T. P. +0.63m)	平水位 (T. P. +0.63m)
3-3		全閉	平水位 (T. P. +0.63m)	平水位 (T. P. +0.63m)
4-1	レベル1津波時(寄波)	全閉	計画河床高 (T. P. -2.87m)	レベル1津波高 (T. P. +4.60m)
4-2		中間開度	計画河床高 (T. P. -2.87m)	レベル1津波高 (T. P. +4.60m)
4-3		全開	レベル1津波高 (T. P. +4.60m)	レベル1津波高 (T. P. +4.60m)

4-4	レベル1 津波時(引波)	全閉	計画堤防高 (T. P. +6. 00m)	計画河床高 (T. P. -2. 87m)
4-5		中間開度	計画堤防高 (T. P. +6. 00m)	計画河床高 (T. P. -2. 87m)
4-6		全開	計画堤防高 (T. P. +6. 00m)	計画堤防高 (T. P. +6. 00m)

## (2) 設計荷重

設計荷重の組合せはダム堰基準K「3-1-9 設計荷重の組合せ」、及び同基準(案)設備計画マニュアル「6-3 構造設計」を基本とし、提案する構造にあわせて組合せを設定する。

個々の荷重は、本体の安定計算に記載したものに加え、必要に応じて上部・残留水圧、上・下向き力等を加える。

## (3) 部材の設計

主要な構成部材について設計する。許容応力度等は、ダム堰基準K「第3章構造設計」の値を用いる。このうち、たわみ度については水密を要しないものの、動的な荷重により振動を起こす可能性が考えられることから1/800を用いる。

### 【照査方法③】(洪水疎通性等, 河川管理施設等構造令についての適否)

① 計画高水流量(設計高水位以下の洪水)の疎通を妨げないよう、河川管理施設等構造令第48条及び第49条に適した構造であることを記載する。

② 検討結果は、以下の様式に記載する。

A 様式4-1-③ 河川管理施設等構造令についての適否チェックシート

### (1) 検討方法

提案される構造物が「安全な構造」であるためには、河川管理施設等構造令に適した構造であることが求められる。この照査には、河川内に工作物を設置する際の審査に用いる様式を用いる。

### (2) 検討不要項目

様式参考例にある審査事項「1. 位置」「2. 方向」については記載不要とする。

### (3) 記載方法

様式のとおり、概要に記載しきれない記述、又は根拠資料がある場合には、別に添付する。

**【照査方法④】（流水の作用に対する安全性）**

- ① 計画高水位以下の水位，計画高潮位並びに波浪，及びレベル1津波の流水の作用に対して，要求性能を満足することを確認できるよう，その照査方法及びその結果を提示する。
- ② 検討結果は，以下の様式に記載する。
  - A 様式4-1-④-1 要求性能を満たすために考慮すべき流水の作用の想定，及びその作用に対し問題が無いことを証明するための実験・解析計画
  - B 様式4-1-④-1 その結果

**（1）照査の対象**

- ① 水門本体のみを対象とする。堤防護岸，高水敷保護工，および護床工については，粘り強い構造が確保されているものとして不要とする。
- ② 「照査①～③」で検討した項目は，対象外とする。
- ③ T.P.+8.0mで河口を完全に閉鎖する場合には，検討不要とする。

**（2）照査の方法及び構成**

実験，数値解析，又はその組合せを基本とする。照査は以下の構成とする。

- ① 実験の目的（安全性を証明する性能）
- ② 実験・解析等の方法
- ③ 実験・解析等の結果（既に実験されている場合，その結果を記載する。）

**（3）照査の進め方**

照査の進め方は，以下のいずれかとする。

- ① 技術提案を提出する時点で，照査結果までを提示する。
- ② 技術提案を提出する時点では，照査計画までを提示する。委員会で計画の評価を経てから原則として3ヶ月以内に，照査で実施した実験・解析の結果を提示する。

なお，委員会の運営工程に支障を及ぼさない範囲であれば，照査計画及び結果についての委員会の評価を受けて照査を修正する，又は追加することを認める。

**4. 2 機能（安全性）のじん性**

**【要求性能】**

設計外力を超える外力となるレベル2地震動及びレベル2津波の作用に対して，以下のとおり，当該水門の損傷等を軽減する機能を有するものとする。

- ① レベル2地震動に対しては，河川構造物耐震性能照査指針Ⅳ水門・樋門及び堰編に定める，水門としての機能を保持する性能

- ② レベル2津波に対しては、以下のとおりとする。
- A 変形が閉操作（目的達成性能）に影響を及ぼさない範囲にとどまる性能
  - B 損傷が水門として致命的とならない性能
  - C レベル2津波の引き波時及び津波後に、整備計画目標流量を流下させる河積を維持する性能

**【検討条件】**

- ① 「4. 1構造の安全性」と同じとする。
- ② 原則として「地震時保有水平耐力法」を用いる。
- ③ 基礎の検討は不要とする。
- ④ 河川内への津波遡上を一部許容することから、水密性は要求性能に影響を与えない範囲で考慮しなくてもよい。

**【照査方法①】（レベル2地震動に対する性能照査）**

- ① 要求性能を満たすことが確認できるよう、基本的に河川構造物の耐震性能照査指針IV水門・樋門及び堰編に定める方法で照査した結果を提出する。  
なお、提案する構造が一般的な構造と異なる場合は、例えば水門門柱を有しない構造では荷重を基礎に伝達する部材を対象に門柱と同等の検討をするなど、照査の考え方を踏まえて検討する。
- ② 検討結果は以下の様式に記載する。
  - A 様式4-2-①-1 検討の概要
  - B 様式4-2-①-2 荷重の組合せ、及び荷重の計算
  - C 様式4-2-①-3 各ケースにおける本体底面の中心作用力
  - D 様式4-2-①-4 主要部材の設計

**（1）検討対象**

なお、検討条件のとおり、基礎の検討は不要とする。

- ① 門柱に相当する部材
- ② ゲート
- ③ 堰柱床版

**（2）耐震性能**

要求性能のとおり、耐震性能照査指針に準拠して「耐震性能2」を求める。技術提案が耐震性能照査指針で想定する材料・構造と異なる場合には、この方法に準じる、又は耐震性能照査指針に準じた方法で実施する。

**ア 門柱（基礎を除く）**

門柱、又はこれと同等の荷重を基礎に伝達する部材については、以下の2つを照査する。

- ① 地震時保有水平耐力が、門柱・堰柱に作用する慣性力を下回らない。

② 門柱・堰柱の残留変位がゲートの開閉性から決定される許容残留変位以下となる。

#### イ ゲート

以下のいずれかを照査する。

- ① ゲートの開閉性から決定される許容残留変位以下となる。
- ② ゲートの部材に生じる応力度が，許容応力度以下となる。

#### ウ 堰柱床版

水門の門柱床版については，曲げモーメント，せん断力及び押抜きせん断力に対して，発生する応力度が降伏応力度以下となる部材厚を有することを照査する。

### (3) 検討手法

河川構造物の耐震性能照査指針 IV水門・樋門及び堰編を基本とする。

### (4) 検討条件

下表のとおりとする。

表.4-2-1 レベル2地震時における検討ケース

検討ケース	ゲート	上流側水位	下流側水位
レベル2地震時	全開	平水位 (T. P. +0.63m)	平水位 (T. P. +0.63m)

#### 【照査方法②】(レベル2津波に対する性能照査)

- ① 要求性能を満たすことが確認できるよう，基本的に河川構造物耐震性能照査指針 IV水門・樋門及び堰編に定める方法を準用して照査した結果を提出する。
- ② 以下のいずれかにより，整備計画目標流量を流下させることができる河積を確保することを照査する。

- A 要求性能を満たす閉機能が維持される
- B 閉鎖状態で塑性変形した後の河積阻害が，要求性能を満たす範囲にとどまる。

- ③ 検討結果は以下の様式に記載する。

※添え字ア、イは後述(2)ア、イに対応する。

- A 様式4-2-②-1ア又はイ 検討の概要
- B 様式4-2-②-2ア又はイ 荷重の組合せ，及び荷重の計算
- C 様式4-2-②-3ア又はイ 主要部材の設計

※主要部材，及び致命的な部材のみを対象

- D 様式4-2-②-4 洪水疎通性の検討

### (1) 検討対象

主要部材である以下について検討する。

- A 門柱に相当する部材

- B ゲート
- C 堰柱床版

## (2) 性能照査

耐震性照査指針に準じて、以下の方法を基本とする。技術提案が耐震性能照査指針で想定する材料・構造と異なる場合には、この方法と同等、又は道示道示V耐震設計編に準じた方法で実施する。

なお、変形により閉操作が阻害されることがない場合には、以下のうちイのみの照査を可能とする。また、両方を照査する必要がある場合には、変形条件が厳しいアのみの照査を可能とする。いずれの場合も、省略する照査の様式に、その理由を記載する。

### ア 要求性能②A「変形が閉操作（目的達成性能）に影響を及ぼさない範囲にとどまる性能」の照査（様式4-2-②-1~3ア）

#### (ア) 門柱、又はこれと同等の荷重を基礎に伝達する部材

以下の2つとする。

- ① 耐震性照査指針「4.5.1」（解4.5.1）を参照し、以下のとおり、水平耐力が門柱に作用するレベル2津波荷重を下回らないこととする。

$$H_T \leq P_a$$

$H_T$ ：門柱に作用するレベル2津波荷重

$P$ ：門柱の地震時保有水平耐力

- ② ①による残留変形が「閉操作」の信頼性に支障を及ぼす場合については、残留変形がゲートの閉操作を妨げない許容残留変位以下となる。

### イ 要求性能②B「損傷が水門として致命的とならない性能」の照査

#### (様式4-2-②-1~3イ)

#### (ア) 門柱、又はこれと同等の荷重を基礎に伝達する部材

耐震性照査指針「4.5.1」の（解4.5.1）を参照し、以下のとおり、水平耐力が、門柱に作用するレベル2津波荷重を下回らないこととする。

$$H_T \leq P_a$$

$H_T$ ：門柱に作用するレベル2津波荷重をCSで補正したもの

$P$ ：門柱の地震時保有水平耐力

なお、鉄筋コンクリート構造の場合、破壊モードは「曲げ破壊型」又は「曲げ損傷からせん断破壊移行型」のいずれかを原則とし、「せん断破壊型」とならない設計とする。

残留変形については、エネルギー一定則、又はこれと同等の方法により算出する。

#### (イ) ゲート及び門柱床版

上記ア（イ）の照査方法と同じ。

## (3) 具体的な検討手法

以下に準拠した手法を用いる。

①耐震性能照査指針 IV水門・樋門堰編

②道示V耐震設計編

(4) 設計荷重

下表及び、前述で定義したものをを用いる。

表. 4-2-2 レベル2津波検討に必要な設計荷重

津波荷重	4. 1 (3) 表 4-1-2 のとおり。
------	------------------------

(5) 検討条件

水位条件等は、下表のとおりとする。

表. 4-2-3 レベル2津波時における検討ケース

検討ケース	ゲート	上流側水位	下流側水位
レベル2津波時	全閉	平水位 (T. P. +0. 63m)	レベル2津波高 (T. P. +11. 70m)

(5) 洪水の疎通性についての照査 (様式 4-2-②-4)

計算結果から門柱の変形量, 及び横断面形に対する河積阻害状況を算出し, 下表の条件による一次元不等流計算により, 整備計画目標流量を流下させることができる河積が確保されていることを確認する。

表. 4-2-4 レベル2津波後の河積照査

手法	一次元不等流計算																																																	
出発水位	No. 0 地点において朔望平均満潮位 T. P. +0. 63m																																																	
粗度係数	<p>中小河川計画の手引きにより定めるものとし, 以下の値を用いる。(合成粗度計算式と, 各パラメータ値)</p> <p>合成粗度 <math>n=0. 030</math></p> $n = \frac{A \cdot R^{2/3}}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{A_i}{n_i} \cdot R_i^{2/3} \right)}$ $A = \sum A_i \quad R = \frac{A}{S} = \frac{\sum A_i}{\sum S_i}$ <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>①河積 A</th> <th>②潤辺 S</th> <th>③粗度係数</th> <th>④径深 R</th> <th>⑤疎通能力</th> <th>⑤/③</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>15. 250</td> <td>13. 326</td> <td>0. 024</td> <td>1. 144</td> <td>16. 681</td> <td>695. 042</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1008. 000</td> <td>168. 000</td> <td>0. 029</td> <td>6. 000</td> <td>3328. 343</td> <td>114770. 448</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15. 250</td> <td>13. 326</td> <td>0. 024</td> <td>1. 144</td> <td>16. 681</td> <td>695. 042</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>1038. 500</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>3361. 705</td> <td>116160. 532</td> </tr> <tr> <td>合成粗度</td> <td colspan="2">3361. 705 /</td> <td colspan="2">116160. 532 =</td> <td colspan="2">0. 029</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="6" style="text-align: right;">ROUNDUP 0. 030</td> </tr> </tbody> </table>		①河積 A	②潤辺 S	③粗度係数	④径深 R	⑤疎通能力	⑤/③	1	15. 250	13. 326	0. 024	1. 144	16. 681	695. 042	2	1008. 000	168. 000	0. 029	6. 000	3328. 343	114770. 448	3	15. 250	13. 326	0. 024	1. 144	16. 681	695. 042	合計	1038. 500	-	-	-	3361. 705	116160. 532	合成粗度	3361. 705 /		116160. 532 =		0. 029			ROUNDUP 0. 030					
	①河積 A	②潤辺 S	③粗度係数	④径深 R	⑤疎通能力	⑤/③																																												
1	15. 250	13. 326	0. 024	1. 144	16. 681	695. 042																																												
2	1008. 000	168. 000	0. 029	6. 000	3328. 343	114770. 448																																												
3	15. 250	13. 326	0. 024	1. 144	16. 681	695. 042																																												
合計	1038. 500	-	-	-	3361. 705	116160. 532																																												
合成粗度	3361. 705 /		116160. 532 =		0. 029																																													
	ROUNDUP 0. 030																																																	
照査基準	整備計画目標流量 620m <sup>3</sup> /s を HWL 以下で流下させる																																																	
計算結果の記述	<p>様式に以下を記述する。</p> <p>① 水位縦断図 (計算水位, HWL, 計画河床高)</p> <p>② 粗度計算結果</p>																																																	

なお, 照査方法②Aに示すとおり, 以下の場合には不等流計算は不要とする。レベル2津波後も開機能が維持される場合, HWL以下の断面を阻害しないことが明らかの場合,



**【照査方法③】（流水の作用に対する安全性）**

- ① レベル2津波の流水の作用に対して，要求性能を保持することを確認できるよう，その照査方法及びその結果を提示する。
- ② 検討結果は，以下の様式に記載する。
  - A 様式4-2-③-1 要求性能を満たすために考慮すべき流水の作用の想定，及びその作用に対し問題が無いことを証明するための実験・解析計画
  - B 様式4-2-③-2 その結果

「3. 1 構造の安全性」照査方法④に準ずる。ただし，ここでは，T.P. +8.0mで河口を完全に閉鎖する場合も，検討を必要とする。

**4. 3 安全の信頼性（操作・動作の信頼性）**

**【要求性能】**

津波に対する防護性能が求められる場合以外，特に洪水及び高潮時には水門閉動作を起こさず，構造の安全性，特に洪水の流下を妨げない機能を有するものとする。

**【検討方針】**

- ① 開操作・動作の信頼性は，以下の2つを対象とする。
  - A 洪水流下時及び高潮時に故障，異常等が発生した場合にも，閉動作を起こさないシステム構築を求める。
  - B 同じく開装置個々の能力
- ② 操作員の安全確保に鑑み，開操作は遠隔操作を原則とし，自動化，無動力化等の設備又はシステムを可能な限り採用する。
- ③ 機器が以下のいずれかに該当する場合は，「単一故障基準」とならない，すなわち機器単一の不具合が操作・動作の信頼性を損なわないものとする。
  - A 致命的であるもの
  - B 故障頻度が高いもの（故障した事例があるもの）
  - C 「目視」による故障検知が困難，又は「状態監視」が不可能なもの
- ④ 人為による閉操作の場合のヒューマンエラー対策は，以下のいずれか，又は両方を立案する。
  - A 誤動作を防ぐマンマシンインターフェース
  - B 誤動作によって重要な事故を発生させないフールプルーフ機構

**【検討条件】**

検討対象	遠隔操作側の機器設備，及び機側までの通信回路・装置は，設計の対象外とする。
外部条件	① 遠隔操作側の機器設備は設計の対象外とし，同設備の故障は想定しない。ただし，遠隔操作側のヒューマンエラーは対象外としない。 ② 通信回線(伝送路)は確保され，かつ二重化されている。(回線自体の故障は想定しない) ③ 自動閉鎖に必要な信号は提供され，受信機自体の故障は想定しない。 ④ 操作員の安全確保のため，機側操作は一切行わない。

**【照査方法①】(開操作システム)**

- ① 洪水及び高潮時において確実に開操作を行えるシステムを有していることを，以下により説明する。
- A F T A (Fault Tree Analysis)
  - B F M E A (Failure Mode And Effects Analysis)
  - C E T A (Event Tree Analysis)
- ② 照査結果は，以下の様式により提出する。
- A 様式4-3-①-1 (開操作システム概要)
  - B 様式4-3-①-2 (冗長システムの概要)
  - B 様式4-3-①-3-1 (F T A : 平常状態からの操作)
  - C 様式4-3-①-3-2 (F T A : 最悪状態からの操作)
  - D 様式4-3-①-4 (F M E A) ※目的達成性能と併記
  - E 様式4-3-①-5-1 (E T A : 最悪状態)
  - F 様式4-3-①-5-2 (E T A : 点検時)

**(1) 開操作システムの概要(様式4-3-①-1, 2)**

開操作システムを概念的に把握できるよう，コンポーネント図等を模して，システムの概要を表現する。

- ① 開操作システムを構成する機器
- ② 開操作の指揮系統，情報伝達経路
- ③ 基本となる開操作系統(青字，青線で表現)
- ④ 操作・動作の信頼性を高める対策，又は冗長システム(赤字，赤線で表現)

**(2) 操作・動作の信頼性を高める対策，及びシステムの概要(様式4-3-①-2)**

操作・動作の信頼性を高めるために取り入れた機器，システムの概要がわかるように，それぞれの説明を記載する。

(3) FTA (Fault Tree Analysis) の実施方法 (様式 4-3-①-3-1, 2)

ア 頂上事象

「洪水・高潮時に完全な開状態を喪失」を頂上事象とする。

イ 検討ケース

外部条件が異なる以下の2ケースとし、それぞれ下表の状態を想定する。

- ① 基本となる開操作
- ② 以下の最悪条件での開操作

表. 4-3-1 FTA検討ケース

ケース	①基本	②最悪
初期状態	全閉※	全閉※
遠隔操作(通信回路・操作員有無)	可能	不可能
商用電源	供給	途絶

※浮上式等、津波の来襲が無ければ全閉とならない構造については、高潮時の波のうちあげ高 T.P. +5.7m に対応した「閉」状態を初期状態とする。

ウ 必ず考慮する原因事象、及びその要因

- ① 開操作に関わる機器・装置の故障
- ② 開操作の制御に関わる機器・装置の故障
- ③ 開操作に関するヒューマンエラー (誤操作等)
- ④ その他、頂上事象に結びつく重要な事象

ここでは、高潮及び洪水時を想定していることから、これによる浸水等に起因する故障を想定する

エ 原因事象として考える機器・装置のレベル

ゲート点検マニュアル図 2.4-1~3 の「機器」レベル又は「部品」レベル程度までを対象とする。

オ 原因事象の発生確率

(ア) 機器・装置の故障又は発生確率

故障確率算定方法は、基本的に目的達成性能の方法と同じとする。

ただし、高潮及び洪水時にも確実な開操作を求めていることから、最悪ケースでの故障確率の算出は、以下のとおりとする。

- A 高潮時の波浪打上げ高以下に設置される機器・装置で、高潮及び波浪による浸水や漂流物の衝突等により故障する恐れがある機器・装置については、故障確率を 1.0 (100%の確率で故障) とする。
- B 機器・装置の耐水化、衝突防止策など、高潮及び波浪による浸水や漂流物の衝突等への対策がなされた機器・装置については、式(3.3.1)により故障確率を算出する。

(イ) ヒューマン・エラーの発生確率

目的達成性能の方法と同じ。

## カ 記載方法

### (ア) 機器・装置の故障又は発生確率

この2ケースについて、それぞれ以下の解析を実施し、操作・動作の信頼性を高める対策、及びシステムの効果を明らかにする。

- ① 操作・動作の信頼性を高める対策、及びシステムを取り入れる前の基本閉操作システム
- ② 操作・動作の信頼性を高める対策、及びシステムを取り入れた閉操作システム

また、操作・動作の信頼性を高める対策、及びシステムを取り入れた閉操作システムについては、対策内容と効果が明確になるよう以下の記載をする。

- ① 変更箇所を「赤」で示す。
- ② 原因事象に対策内容を記す

### (イ) 単一故障基準の対象となる機器・装置の明示

単一故障基準の対象となる機器・装置は、「シーブ類」「電動機類」「油圧式、又はラック式開閉装置」のうち「致命的」なものとする。これ以外の機器・装置も、検討方針③に照らして個別に判断する。

「単一故障基準」に該当する機器・装置については、事象の囲い内を「薄いオレンジ色」で塗りつぶすとともに、故障確率を濃いオレンジ色で標記する。

## (4) FMEA (Failure Mode And Effects Analysis) の実施方法 (様式 4-3-①-4)

目標達成性能の「目的達成の信頼性 (操作・動作の信頼性)」照査とあわせて実施する。実施方法等も、同照査の説明に記載している。

## (5) ETA (Event Tree Analysis) の実施方法様式 4-3-①-5-1, 2)

### ア 検討ケース

高潮時における以下の2ケースを検討する。

#### (ア) 基本の開操作 (遠隔操作)

表. 4-3-2 基本の開操作におけるETA検討条件

想定する初期状態	想定する進展キー
A 全閉※	A ヒューマンエラー
B 遠隔操作可能 (操作員あり)	B 機器・装置の故障
C 商用電源あり	C その他, 開機能喪失につながる事象
D 通信回線確保	

※浮上式等、津波の来襲が無ければ全閉とならない構造については、高潮時の波のうちあげ高 T.P. +5.7m に対応した「閉」状態を初期状態とする。

#### (イ) 最悪ケースでの開操作

表. 4-3-3 最悪ケースにおけるE T A検討条件

想定する初期状態	想定する進展キー
A 全閉※	A 機器・装置の故障
B 遠隔操作不可能（操作員なし）	B その他，閉機能喪失につながる事象
C 商用電源喪失	
D 通信回線途絶	
E 自動閉鎖信号受信成功	

※浮上式等，津波の来襲が無ければ全閉とならない構造については，高潮時の波のうちあげ高 T. P. +5. 7m に対応した「閉」状態を初期状態とする。

#### イ 進展キーの設定

- ① 進展キーは，原則として時系列で設定する。
- ② 進展キーは，失敗した場合に，より危険な状態（開機能喪失）につながる内容とする。

#### ウ 原因事象として考える機器・装置のレベル

機器の故障確率は，F T Aの方法と同一とする。

#### エ 機器・装置の故障確率

機器の故障確率は，F T Aの方法と同一とする。

#### オ 記載方法

アの2ケースについて，それぞれ以下の解析を実施し，操作・動作の信頼性を高める対策，及びシステムの効果を明らかにする。

- ① 操作・動作の信頼性を高める対策，及びシステムを取り入れる前の基本閉操作システム
- ② 操作・動作の信頼性を高める対策，及びシステムを取り入れた開操作システム

また，操作・動作の信頼性を高める対策，及びシステムを取り入れた開操作システムについては，対策内容と効果が明確になるよう以下の記載をする。

- ① 変更箇所を「赤」で示す。
- ② 原因事象に対策内容を記す

#### 【照査方法②】（開装置の設計）

- ① 設計外力の下で確実に開状態に移行でき，又洪水の疎通を妨げないことを確認できるよう，開装置の設計を提示する。
- ② 開装置の設計は，以下の様式に記載する。
  - A 様式 4-3-②-1 開機構概要図，主要形状寸法
  - B 様式 4-3-②-2 荷重の組合せ，及び荷重の計算
  - C 様式 4-3-②-3 部材の設計

※主要部材，及び致命的な部材のみを対象

### (1) 検討ケース

以下のケースを基本とする。ただし、この水位の組み合わせよりも危険となる組合せがある場合には、その組合せを用いることとする。

表. 4-3-4 閉装置設計の検討ケース

検討ケース		ゲート	上流側水位	下流側水位
1	洪水時	全閉→全開	計画高水位 (T. P. +2. 13m)	朔望平均干潮位 (T. P. -0. 71m)
2	高潮時	全閉→全開	計画高水位 (T. P. +2. 13m)	計画高潮位 (T. P. +2. 60m)
3	レベル1津波時(引波)	全閉→全開	計画堤防高 (T. P. +6. 00m)	計画河床高 (T. P. -2. 87m)

### (2) 開荷重

設計荷重の算定方法及びその組合せは、ダム堰基準K「5開閉装置の設計」を基本とし、提案する構造形式にあわせて設定する。

締切り力の余裕は、押下げできる開装置形式以外は、確実に全開できるように全抵抗の25%以上とする。

### (3) 開装置の設計

開荷重以上の開能力を持つよう設計する。

## 4. 4 耐久性(機能の保全)

#### 【要求性能】

長期にわたり安全性能を発揮し続けるよう、施設の機能保全について、信頼性、安全性、及び経済性を最大限高める設計がなされたものとする。

#### 【照査方法】

(省略. 目的達成性能と同じ.)

目的達成性能の耐久性と併せて検討する。