

本資料のうち、枠囲みの内容は、
商業機密あるいは防護上の観点
から公開できません

資料番号	TK-1-198 改0
提出年月日	平成30年2月27日

V-2-10-2-8 水密扉の耐震性についての計算書

V-2-別添 2-6 浸水防止堰の耐震性についての計算書

V-3-別添 3-9 浸水防止堰の強度計算書

コメント回答資料

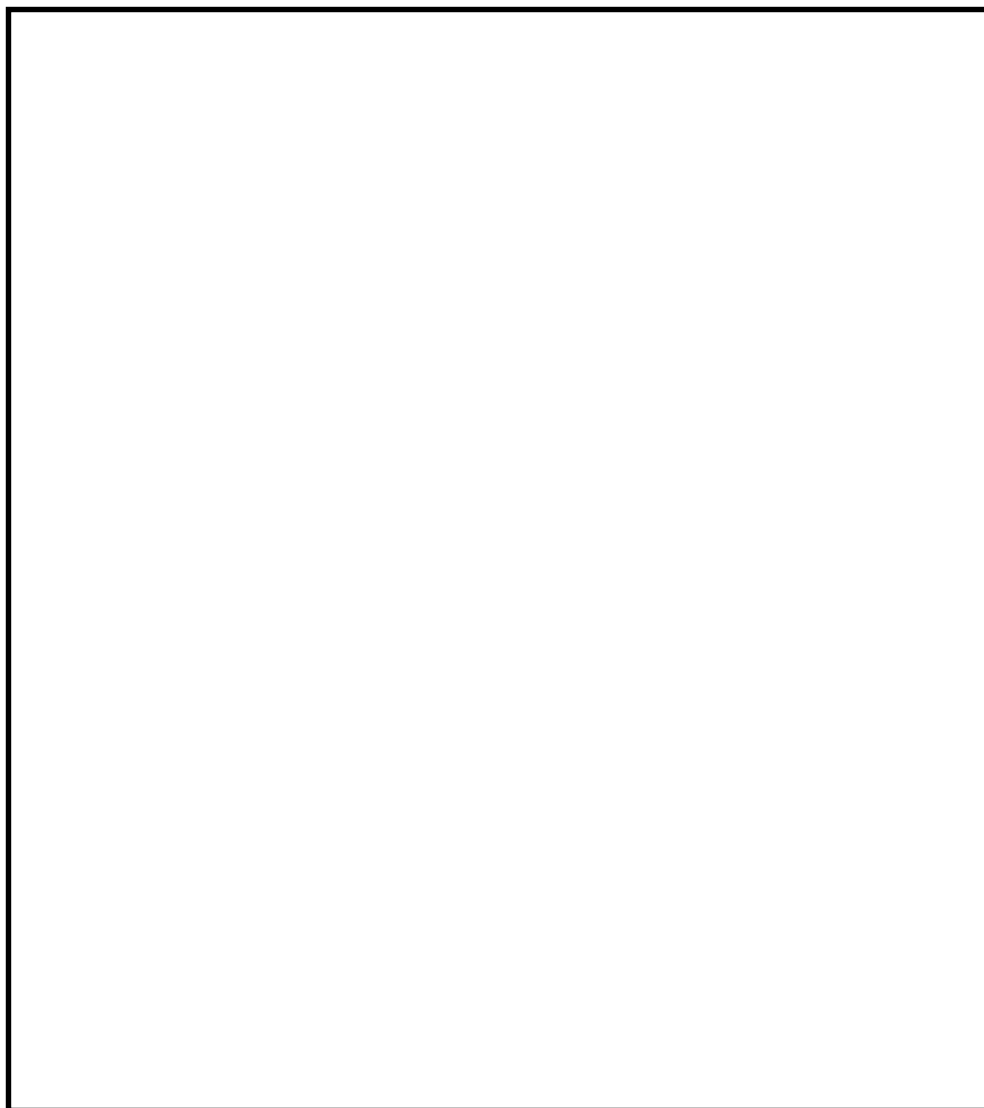
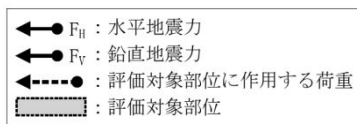
4. 耐震評価方法

4.1 評価対象部位

評価対象部位は、水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。なお、評価対象部位ごとに、扉の開閉状況を考慮のうえ、地震荷重を設定する。

水密扉に生じる地震力（水平、鉛直）に伴う扉本体に作用する慣性力は、ヒンジ及び締付装置（以下「カンヌキ」という。）から、扉枠を開口部周囲に固定するアンカーボルトを介して、開口部周囲の躯体に伝達しているため、評価対象部位をヒンジ、カンヌキ及びアンカーボルトとする。また、アンカーボルトは、扉の開閉状況（扉が90°開いた状態と0°又は180°開いた状態）を踏まえた評価を行う。

水密扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位を第4-1図に、水密扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位を第4-2図に示す。



第4-1図 水密扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2010改定）
- 各種合成構造指針・同解説（（社）日本建築学会，2010改定）
- JIS G 3101-2015 一般構造用圧延鋼材
- JIS G 4053-2012 機械構造用合金鋼鋼材

(2) 許容限界

a. 扉板, 芯材, ヒンジ部, カンヌキ部

扉板, 芯材, ヒンジ部, カンヌキ部の許容限界は, 「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 2005改定) 」を踏まえて第4-4表の値とする。

第4-4表 扉板, 芯材, ヒンジ部, カンヌキ部の許容限界

材料	短期許容応力度 (N/mm ²)		
	曲げ	引張	せん断

注記 *1: tは板厚 (mm) を示す

*2: 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は, 「JIS G 3101:2015 一般構造用圧延鋼材」, 「JIS G 4053:2012 機械構造用合金鋼鋼材」に基づく

b. アンカーボルト

3. 地震応答解析

3.1 基本方針

地震応答解析は、資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて示す水密扉設置位置における地震応答解析結果を用いる。

地震応答解析に基づいて算定された、水密扉設置位置における最大応答加速度から各扉の設計震度Kを設定する。最大応答加速度は、加速度を保守的に評価するために、その抽出位置は、原子炉建屋水密扉設置階の上階（上層）の値とする。

各扉の設置位置における最大応答加速度から算出した設計震度Kを第3-1表に示す。

第3-1表 各扉の設計震度K

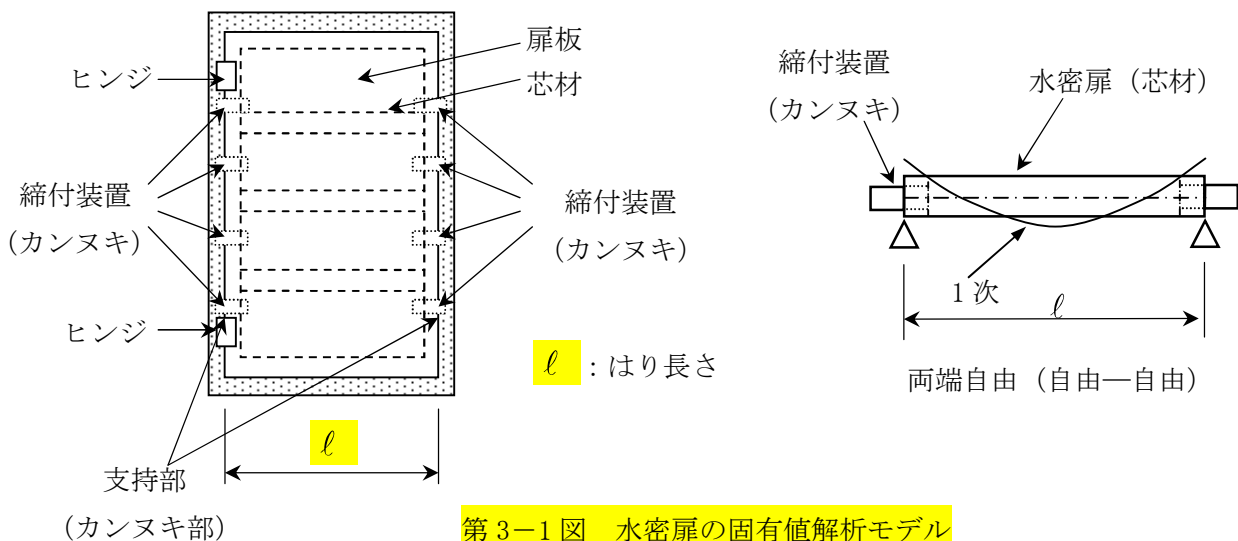
扉名称	設計震度K	
	水平	鉛直
原子炉建屋残留熱除去系 A 系ポンプ室水密扉	0.96	0.92
原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室北側水密扉	0.96	0.92
原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室南側水密扉	0.96	0.92
原子炉建屋高圧炉心スプレイポンプ室水密扉	0.96	0.92

3.2 固有振動数の計算方法

水密扉の構造に応じて解析モデルを設定し、1次固有振動数を算出する。

3.2.1 解析モデルの設定

水密扉は、扉板及び芯材の組合せにより剛な断面を有しているとともに、ヒンジ及び締付装置（カンヌキ）により扉を扉枠に支持させる構造であることから、両端自由はりに単純化したモデルとし、はり長さは扉幅とする。解析モデル図を第3-1図に示す。



第3-1図 水密扉の固有値解析モデル

3.2.2 記号の説明

水密扉の固有振動数算出に用いる記号を第3-2表に示す。

第3-2表 水密扉の固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	定義
f	Hz	水密扉の1次固有振動数
ℓ	mm	はり長さ
E	MPa	ヤング率
I	mm ⁴	断面2次モーメント
m	kg/mm	質量分布

3.2.3 固有振動数の算出方法

1次固有振動数 f を「土木学会 鋼構造力学公式集」に基づき以下の式より算出する。

$$f = \frac{4.73^2}{2\pi \ell^2} \sqrt{\frac{E I}{m}}$$

3.2.4 固有振動数の計算条件

水密扉の固有振動数の計算条件を第3-3表に示す。

第3-3表 水密扉の固有振動数の算出条件

水密扉名称	はり長さ ℓ (mm)	ヤング率 E (MPa)	断面2次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 (kg/mm)
原子炉建屋残留 熱除去系 A 系ポン プ室水密扉	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>
原子炉建屋原子 炉隔離時冷却系 室北側水密扉				
原子炉建屋原子 炉隔離時冷却系 室南側水密扉				
原子炉建屋高压 炉心スプレイポ ンプ室水密扉				

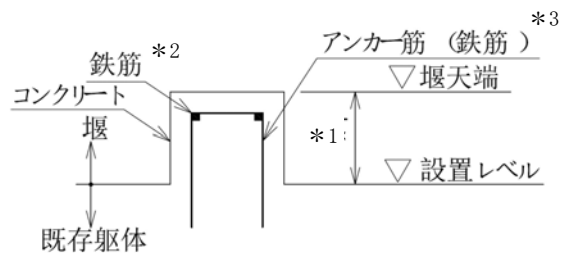


第 2-7 図 堰の設置位置図 (EL. 2.0 m)

2.2 構造概要

堰の構造は、V-1-1-8「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうちV-1-1-8-5「溢水防護施設の詳細設定」の「3. 要求機能及び性能目標」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。

堰は、アンカー筋（鉄筋）により、既存の鉄筋コンクリート躯体と一体化させた鉄筋コンクリート構造物である。堰の概略構造図を第 2-8 図に示す。



*1 高さ 0.30 m **以上**, 又は 0.40 m

*2 既存のコンクリート躯体と一体化

*3 新設堰は接着系アンカー, 既設堰は埋込み鉄筋とし, 既存躯体への定着長さ, 径の 10 倍以上とする。

第 2-8 図 堰の概略構造図

が堰の重心位置に作用するものとし、単位幅当たりの算定とする。

a. 曲げモーメント

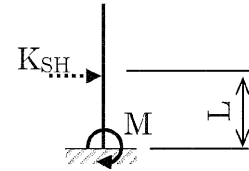
曲げモーメントは次式により算定する。

$$M = K_{SH} \cdot L$$

ここで、 M : 曲げモーメント (kN・m)

K_{SH} : 地震荷重 (kN)

L : 堰の接合部から荷重作業位置までの高さ (m)



第4-2図 堰に生じる荷重模式図 (曲げモーメント)

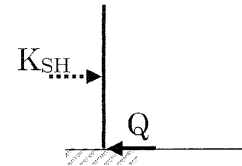
b. せん断力

せん断力は次式により算定する。

$$Q = K_{SH}$$

ここで、 Q : せん断力 (kN)

K_{SH} : 地震荷重 (kN)



第4-3図 堰に生じる荷重模式図 (せん断力)

(2) 断面検定

a. 鉄筋

(a) 引張力に対する検定

堰に生じる曲げモーメント及び堰の自重による鉛直方向上向き地震荷重の組合せにより、鉄筋1本当たりに生じる引張力を次式により算定し、鉄筋1本当たりの許容限界値を超えないことを確認する。地震荷重は、組合せ係数法に基づいて水平1.0+鉛直0.4又は水平0.4+鉛直1.0のうち大なる値とする。

堰に生じる荷重の概念図を第4-4図に示す。

$$T = \frac{M}{n \cdot j} + \frac{K_{SUD}}{n}$$

ここで、 T : 鉄筋1本当たりに生じる引張力 (kN/本)

M : 曲げモーメント (kN・m)

n : 単位幅 (1m) 当たりの鉄筋本数 (本)

j : 応力中心距離 ($j = \frac{7}{8} \cdot d$) (mm)

K_{SUD} : 地震荷重 (鉛直上向き) (kN)

第4-1表 評価の対象となる堰の選定

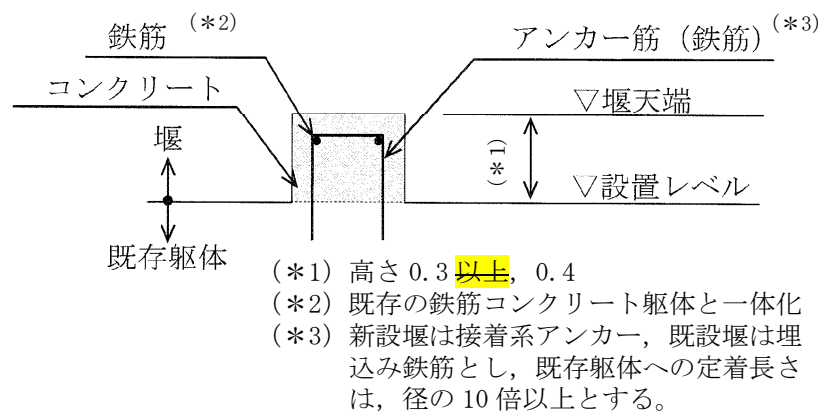
設置建屋	設置床高さ	設備名称	溢水水位床上(m)	設置堰高さ床上(m)
原子炉棟	EL. 2.0 m	原子炉建屋地下 1 階エレベータ入口用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 2.0 m	東側階段用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 2.0 m	北側階段用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 2.0 m	残留熱除去系 B 系熱交換器室用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 8.2 m	原子炉建屋 1 階エレベータ入口用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 8.2 m	残留熱除去系 A 系熱交換器ハッチ用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 8.2 m	残留熱除去系 B 系熱交換器ハッチ用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 14.0 m	原子炉建屋 2 階エレベータ入口用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 14.0 m	原子炉力建屋 2 階西側階段用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 20.3 m	原子炉建屋 3 階エレベータ入口用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 20.3 m	原子炉建屋 3 階西側階段用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 29.0 m	原子炉建屋 4 階エレベータ入口用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 29.0 m	原子炉建屋 4 階西側階段用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 38.8 m	原子炉建屋 5 階エレベータ入口用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 38.8 m	原子炉建屋 5 階西側階段用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 46.5 m	原子炉建屋 6 階エレベータ入口用溢水拡大防止堰	0.12	0.4
	EL. 46.5 m	燃料輸送容器搬出口用溢水拡大防止堰	0.12	0.4
	EL. 46.5 m	大物機器搬入口用溢水拡大防止堰	0.12	0.4
EL. 46.5 m	原子炉建屋換気系ダクト用溢水拡大防止堰	0.12	0.4	

2.2 構造概要

堰の構造は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」のうち「2.1 評価対象施設」に示す構造計画のとおり、詳細な構造を設定する。

堰は、アンカー筋（鉄筋）により、既存の鉄筋コンクリート躯体と一体化させた鉄筋コンクリート構造物である。

堰の概略構造図を第 2-8 図に示す。



第 2-8 図 堰の概略構造図

2.3 評価方針

堰の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」のうち「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、堰の評価対象部位に作用する応力又は荷重が許容限界値以下であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価」にて確認する。

堰の強度評価フローを第 2-9 図に示す。

第3-2表 評価の対象となる堰の選定

設置建屋	設置床高さ	設備名称	溢水水位 床上 (m)	設置堰高さ 床上 (m)
原子炉棟	EL. 2. 0m	原子炉建屋地下1階エレベータ 入口用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 2. 0m	東側階段用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 2. 0m	北側階段用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 2. 0m	残留熱除去系B系熱交換器室用 溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 8. 2m	原子炉建屋1階エレベータ入口 用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 8. 2m	残留熱除去系A系熱交換器ハッ チ用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 8. 2m	残留熱除去系B系熱交換器ハッ チ用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 14. 0m	原子炉建屋2階エレベータ入口 用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 14. 0m	原子炉建屋2階西側階段用溢水 拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 20. 3m	原子炉建屋3階エレベータ入口 用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 20. 3m	原子炉建屋3階西側階段用溢水 拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 29. 0m	原子炉建屋4階エレベータ入口 用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 29. 0m	原子炉建屋4階西側階段用溢水 拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 38. 8m	原子炉建屋5階エレベータ入口 用溢水拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 38. 8m	原子炉建屋5階西側階段用溢水 拡大防止堰	0. 1	0. 3 以上
	EL. 46. 5m	原子炉建屋6階エレベータ入口 用溢水拡大防止堰	0. 12	0. 4
	EL. 46. 5m	燃料輸送容器搬出口用溢水拡 大防止堰	0. 12	0. 4
	EL. 46. 5m	大物機器搬入口用溢水拡大防 止堰	0. 12	0. 4
	EL. 46. 5m	原子炉建屋換気系ダクト用溢 水拡大防止堰	0. 12	0. 4