

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-944 改1
提出年月日	平成30年8月17日

V-2-10-2-7-1 貫通部止水処置（外郭防護）の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要.....	1
2. 一般事項.....	2
2.1 配置概要.....	2
2.2 構造計画.....	3
2.3 評価方針.....	4
2.4 適用基準.....	5
2.5 記号の説明.....	5
3. 評価部位.....	6
4. 構造強度評価.....	7
4.1 構造強度評価方法.....	7
4.2 荷重及び荷重の組合せ.....	7
4.3 許容限界.....	9
4.4 設計用地震力.....	10
4.5 計算方法.....	10
4.6 計算条件.....	11
5. 評価結果.....	12

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち貫通部止水処置（外郭浸水防護設備）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は貫通部止水処置の荷重評価により行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

貫通部止水処置のうち防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置が外郭浸水防護設備に該当する。防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置は、防潮堤及び防潮扉下部の基礎部に設置する貫通部に施工する。

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の配置位置を図 2-1 に示す。

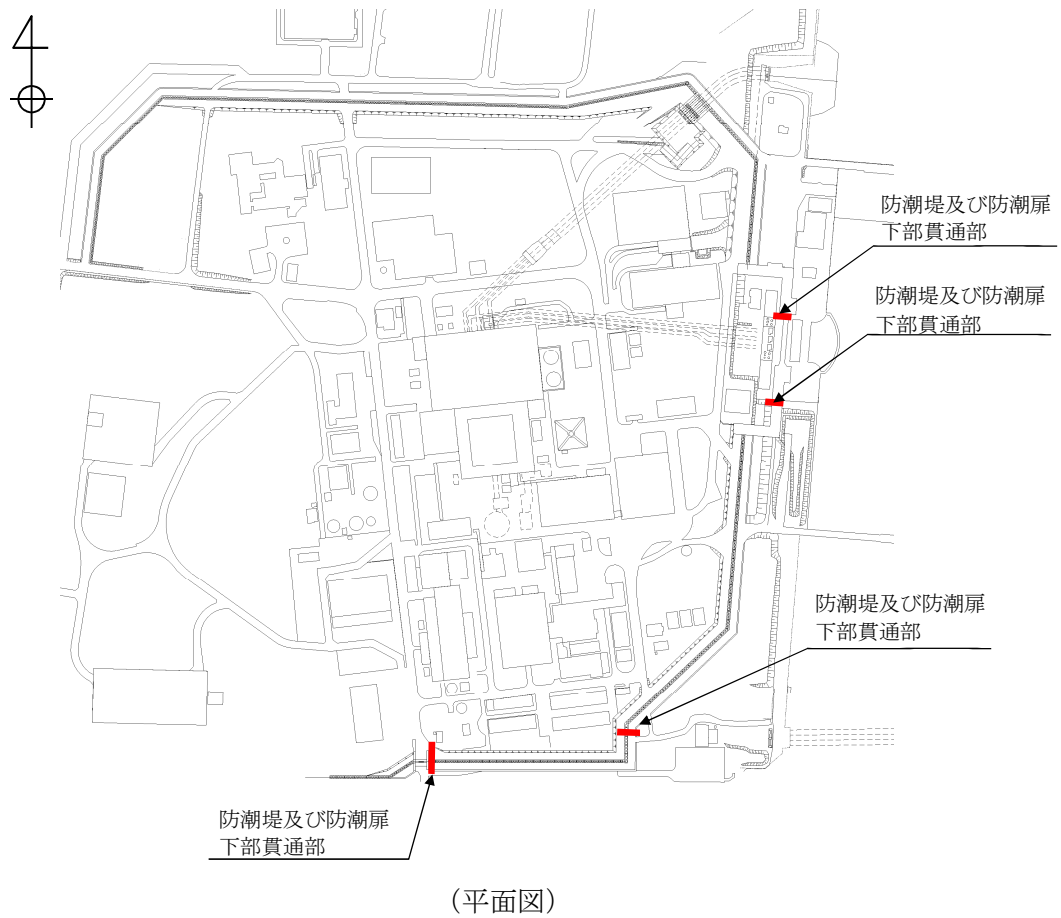


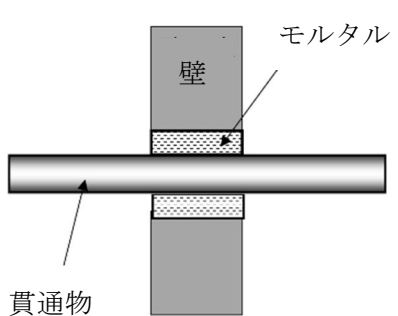
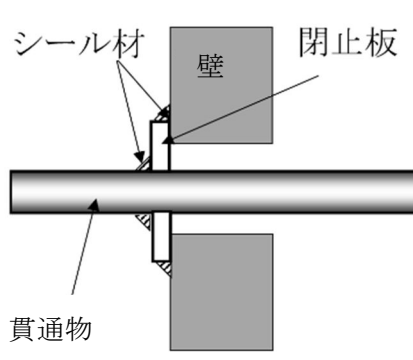
図 2-1 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の配置位置図

2.2 構造計画

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置は、貫通部の位置や条件に応じて、モルタル、シーリング材を使用し、モルタル、各シーリング材の適用条件を考慮し施工する。モルタル、シーリング材は壁の開口部と貫通物のすき間に施工し、壁と貫通部を接合する構造とする。

貫通部止水処置の構造概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
防潮堤及び 防潮扉下部 貫通部 止水処置	モルタルにより構成する。	貫通部の開口部にモルタルを充填し、硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。 なお、モルタルと貫通物の接合部及びモルタルと壁面の接合部はシーリング材をコーキングを行う。	
	コーキングタイプのシーリング材にて構成する。	貫通部の開口部と貫通部のすき間にコーキングする。貫通部の開口部に閉止板を設置する場合は、閉止板と貫通部のすき間にシーリング材ををコーキングする。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、閉止板及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	 <p>※：配管等がない貫通部への閉止キャップ及び閉止板による止水含む</p>

2.3 評価方針

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の耐震評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す貫通部止水処置の構造を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する評価部位において、発生する荷重が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施し、確認結果を「5. 評価結果」に示す。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

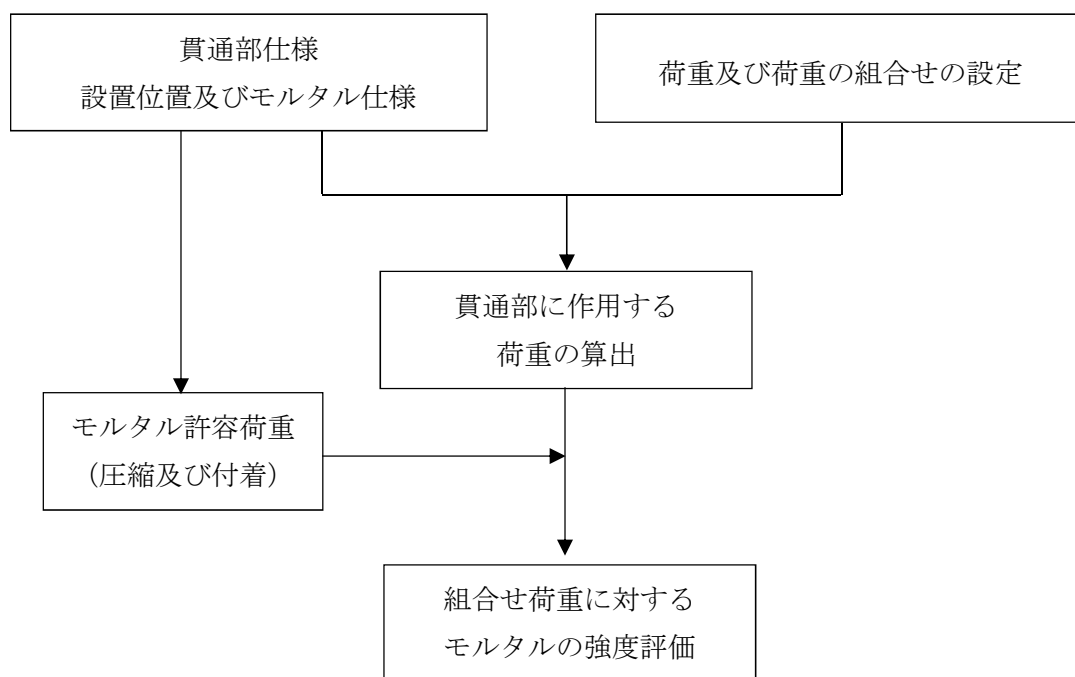


図 2-2 モルタルの耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] 2002 年制定 ((社) 土木学会 平成 14 年 3 月)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 ((社) 日本機械学会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984 ((社) 日本電気協会 昭和 59 年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 ((社) 日本電気協会 昭和 62 年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版 ((社) 日本電気協会 平成 3 年)

2.5 記号の説明

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の耐震計算に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の耐震評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A_p	貫通物の投影面積	mm^2
f_c	モルタルの許容圧縮荷重	N
f_s	モルタルの許容付着荷重	N
f'_{bok}	モルタル付着強度	MPa
f'_{ck}	モルタル圧縮強度	MPa
F_C	貫通物反力によりモルタルに生じる圧縮荷重	N
F_{Ctotal}	モルタル部に生じる合計圧縮荷重	N
F_{H1}	基準地震動 S_s により生じる貫通物の軸方向に作用する荷重	N
F_{H2}	基準地震動 S_s により生じる貫通物の軸直方向に作用する荷重	N
F_S	貫通物の反力によりモルタルに生じるせん断荷重	N
F_{Stotal}	モルタル部に生じる合計せん断荷重	N
F_V	基準地震動 S_s により生じる貫通物の鉛直方向に作用する荷重	N
g	重力加速度	m/s^2
ℓ	貫通物の支持間隔	mm
L	モルタルの充てん深さ	mm
S	貫通物の周長	mm
W	貫通物の支持間隔間の質量	kg
w	貫通物の支持間隔間の等分布荷重	kg/mm
γ_c	材料定数	—

3. 評価部位

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の評価部位は、「2.2 構造計画」にて設定している構造に従って、地震荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し選定する。

モルタルについては、地震時に貫通物の反力が直接作用することが考えられる。

シール材については、貫通部に適用するシール材の耐震性を満足させるための当該壁の貫通部直近に支持構造物を設置する設計としており、地震時は防潮堤及び防潮扉と貫通物が一体で動くことから、防潮堤及び防潮扉と貫通物との相対変位の影響も軽微である。また、電線管、ケーブルトレイ内に適用するシール材は、柔軟性及び余長を有するケーブルのすき間に充填することとしており、地震時にケーブルに発生する荷重は、シール材接着部の許容荷重に対して十分に小さく地震による影響は軽微である。このため、地震によるシール材への影響は軽微であり、健全性が損なわれることはない。

以上より、防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処理のうちモルタルを用いた貫通部を評価対象部位として、最大荷重がモルタルに作用する貫通部止水処理を代表として評価する。モルタルを用いた貫通部のうち、貫通物がないため埋め戻しを行っている貫通部は貫通物の追従により生じる荷重がないため、貫通物を通っている場合の評価に包絡される。

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の評価対象部位について、図 3-1 に示す。

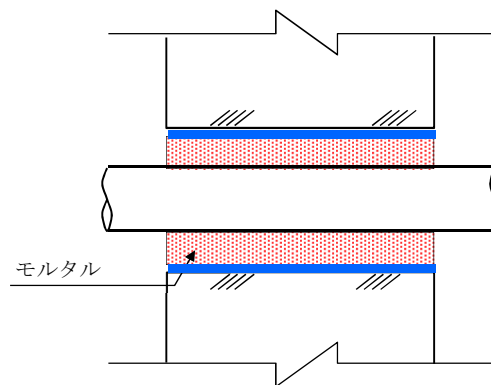


図 3-1 評価対象部位

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 貫通部止水処置の評価部位の荷重評価を実施し，発生荷重を算出する。
- (2) 評価部位の発生荷重と許容荷重を比較し，発生荷重が許容荷重以下であることを確認する。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せに関して以下に示す。

4.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は，以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として，貫通軸上の貫通物（配管等を示す。以下同じ。）及びその内容物の質量を考慮する。

(2) 地震荷重 (K_s)

地震荷重は，基準地震動 S_s に伴う地震力とする。

a. モルタルに作用する地震荷重

モルタルに作用する荷重は，せん断荷重及び圧縮荷重を考慮する。地震動により貫通物に地震荷重が発生し，その荷重がモルタルに作用するものとして算出する。

(a) 貫通物による地震荷重

貫通部の直近に支持構造物を設置する設計とし，モルタルと貫通部直近の支持構造物の間は剛構造となるように固定する設計とする。このため，貫通物はモルタル及び支持構造物によって固定されることから，モルタルに作用する荷重はモルタル端部とモルタルから最も近い支持構造物までの間の貫通物の固定荷重と地震力が作用する。評価においては，安全側の評価となるように貫通部の両側の支持構造物間の貫通物の固定荷重及び地震力がモルタルに作用し，モルタルに反力が発生するものとして荷重を算出する。

また，貫通部内の支持構造物及び貫通部の直近の支持構造物は，貫通物が剛構造となる間隔で支持構造物を設置する設計とし，防潮堤及び防潮扉と一体に動く構造となっているため，最大床応答加速度の 1.0 倍の設計震度を用いて算出する。

(b) 評価において考慮する貫通物

評価においては，それぞれの貫通部で貫通する貫通物のうち最も荷重が大きくなる貫通物を考慮して，最も口径の大きい配管*にて算出する。

* 呼び径：250A，厚さ：9.3mm，材料 SUS316LTP，内容物：海水の配管を想定する。

(c) モルタルに作用するせん断荷重及び圧縮荷重

モルタルに作用するせん断荷重及び圧縮荷重については，(a)に示す支持構造物間の貫通物より作用する地震荷重から算出する。

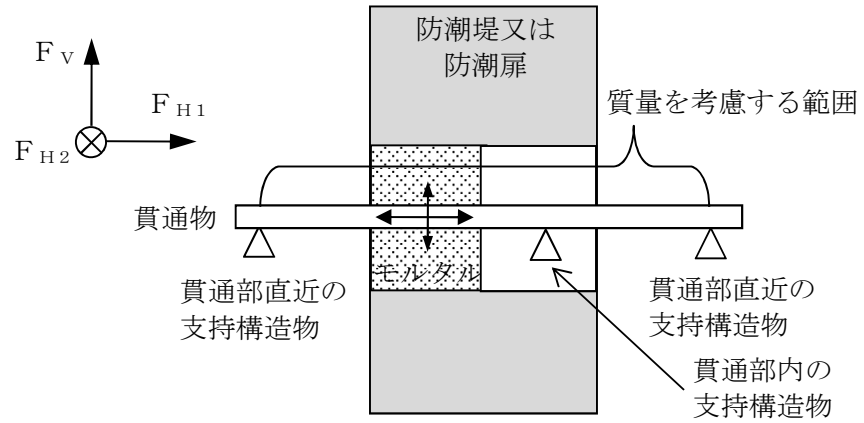


図 4-1 モルタルへの荷重作用図

4.2.2 荷重の組合せ

貫通部止水処置の荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 (浸水防止設備)	防潮堤及び防潮堤下部 貫通部止水処置	$G + K_s$

注記 * : G は固定荷重, K_s は基準地震動 S_s による地震荷重を示す。

4.3 許容限界

各評価対象部位の許容値は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕2002年制定（（社）土木学会平成14年3月）に規定される許容限界を用いる。

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の許容限界を表4-2，防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の許容限界評価条件を表4-3，防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の許容限界算出結果を表4-4に示す。

なお，せん断荷重の評価に対しては，貫通物とモルタルの付着荷重によって評価する。

表4-2 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の設計にて考慮する許容限界（許容荷重）

状態	許容限界	
	付着荷重	圧縮荷重
短期	f_s	f_c

*1 モルタルの許容限界は，コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕2002年制定（（社）土木学会平成14年3月）によりモルタルの許容付着荷重 f_s ，モルタル付着強度 f'_{bok} 及びモルタルの許容圧縮荷重 f_c を算出する。圧縮強度 f'_{ck} は設計値を用いる。また，貫通物の周長 $S=840.062\text{mm}$ ，モルタル充てん深さ $L=1000\text{mm}$ とする。

$$f_s = f'_{bok} \cdot S \cdot L / \gamma_c$$

$$f_c = f'_{ck} \cdot A_p / \gamma_c$$

$$f'_{bok} = 0.28 \cdot f'_{ck}{}^{2/3} \cdot 0.4$$

表4-3 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の許容限界評価条件

評価部位	$f'_{ck}{}^{*1}$ (MPa)	$\gamma_c{}^{*1}$
モルタル	30	1.3

*1 f'_{ck} ：モルタル圧縮強度， γ_c ：材料定数を示す。

表4-4 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の許容限界算出結果

状態	評価部位	許容限界	
		付着荷重 (kN)	圧縮荷重 (kN)
短期	モルタル	698	6170

4.4 設計用地震力

貫通部止水処置の耐震計算に用いる入力地震力には、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表 4-5 にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。

表 4-5 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	基準床レベル (m)	地震による設計震度*	
			水平方向 C _H	
基準地震動 S _s	防潮堤及び 防潮扉下部 EL. 3.00	防潮堤（鉄筋 コンクリート 防潮壁 EL. 9.500	水平方向 C _H	0.82
			鉛直方向 C _V	0.56

注記 * : 最大床応答加速度の 1.0 倍を考慮した設計震度を設定した。

4.5 計算方法

4.5.1 荷重計算

(1) 貫通物の反力により生じる荷重

固定荷重及び地震時の貫通物の反力によりモルタルに生じる荷重は次のとおり算出する。せん断荷重は、水平反力と貫通軸上の貫通物の質量から次のとおり算出する。

$$F_{H1} = W \cdot g \cdot C_H$$

$$F_s = F_{H1}$$

圧縮荷重は、貫通物の水平反力と鉛直反力から次のとおり算出する。

$$F_{H2} = W \cdot g \cdot C_H$$

$$w = \frac{W \cdot g \cdot (1 + C_V)}{\ell}$$

$$F_V = \frac{5}{4} \cdot w \cdot \frac{\ell}{2}$$

$$F_C = \sqrt{F_{H2}^2 + F_V^2}$$

(2) 合計荷重

モルタルに発生する合計せん断荷重 F_{Stotal} 及び合計圧縮荷重 F_{Ctotal} は次のとおり算出する。

$$F_{Stotal} = F_s$$

$$F_{Ctotal} = F_C$$

4.6 計算条件

表 4-6 に荷重評価条件を示す。

表 4-6 貫通部止水処置の耐震評価に関する荷重評価条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	貫通物の周長 S (mm)	モルタルの充てん深 さ L (mm)	貫通物の投影面積 A _p (mm ²)
防潮堤及び防潮扉 下部貫通部 (モルタル)	840.062	1000	267400

貫通物の支持間隔 ℓ (mm)	貫通物の支持間隔間の 質量 W (kg)
11000	1500

5. 評価結果

耐震性評価結果を表 5-1 に示す。貫通部止水処置の評価対象部位における発生荷重は、許容荷重以下であり、設計用地震力に対して構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 5-1 耐震性評価結果

荷重	発生荷重 (kN)	許容荷重 (kN)
せん断荷重 (付着荷重)	13	698 (注)
圧縮荷重	19	6170 (注)

(注) モルタル寸法 開口部径 1577.6 mm×配管径 267.4 mm×充てん深さ 1000 mm