

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-285 改2
提出年月日	平成30年8月22日

V-3-別添 3-2-6 貫通部止水処置の強度計算書

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.....	6
2.3 評価方針.....	8
2.4 適用基準.....	10
2.5 記号の説明.....	11
3. 評価部位.....	12
4. 構造強度評価.....	13
4.1 構造強度評価方法.....	13
4.2 荷重及び荷重の組合せ.....	13
4.3 許容限界.....	16
4.4 設計用地震力.....	19
4.5 計算方法.....	20
4.6 計算条件.....	21
5. 評価結果.....	24

1. 概要

本資料は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうち防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置、海水ポンプ室貫通部止水処置、原子炉建屋境界貫通部止水処置並びに常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部止水処置が津波荷重、溢水による静水圧荷重及び余震を考慮した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

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。海水ポンプ室貫通部止水処置は、海水ポンプ室の壁面の貫通部に施工する。原子炉建屋境界貫通部止水処置は、原子炉建屋外壁の T.P. +9.2m 以下の貫通部に施工する。常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部止水処置は、常設代替高圧電源装置用カルバートの立坑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、海水ポンプ室貫通部止水処置の配置位置を図 2-2、原子炉建屋境界貫通部止水処置の配置位置を図 2-3、常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部止水処置の配置位置を図 2-4 に示す。

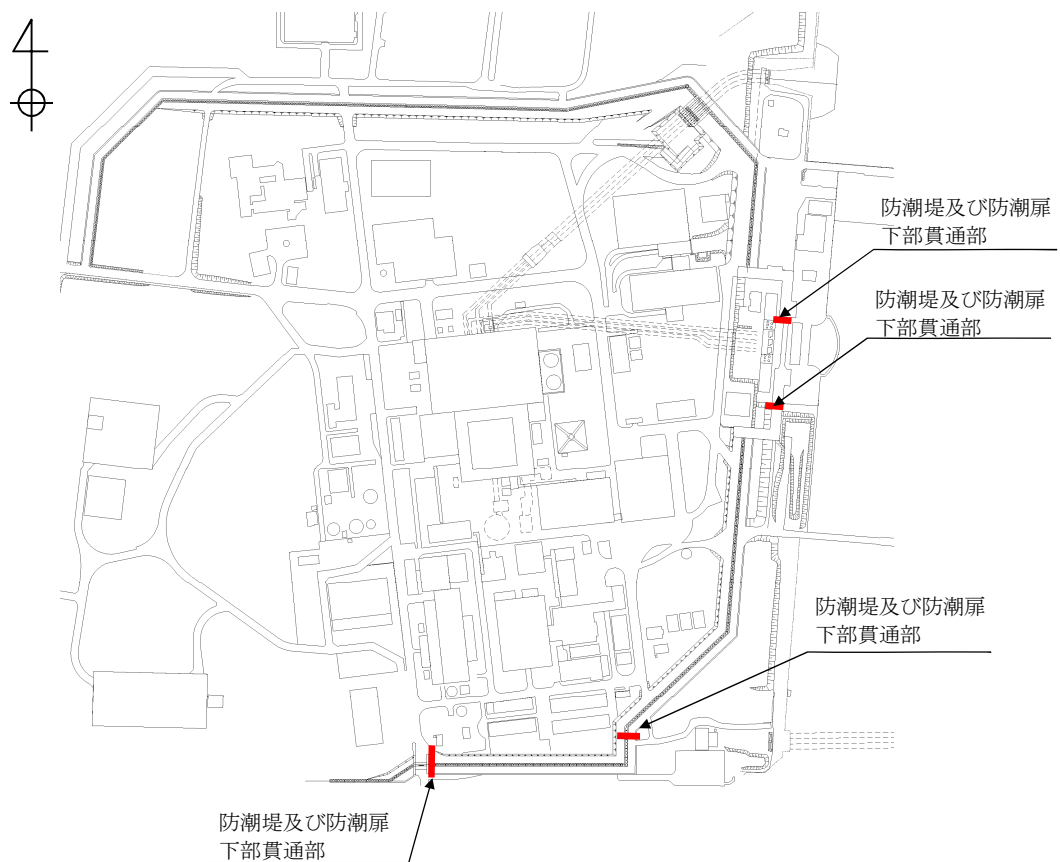


図 2-1 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の配置位置図

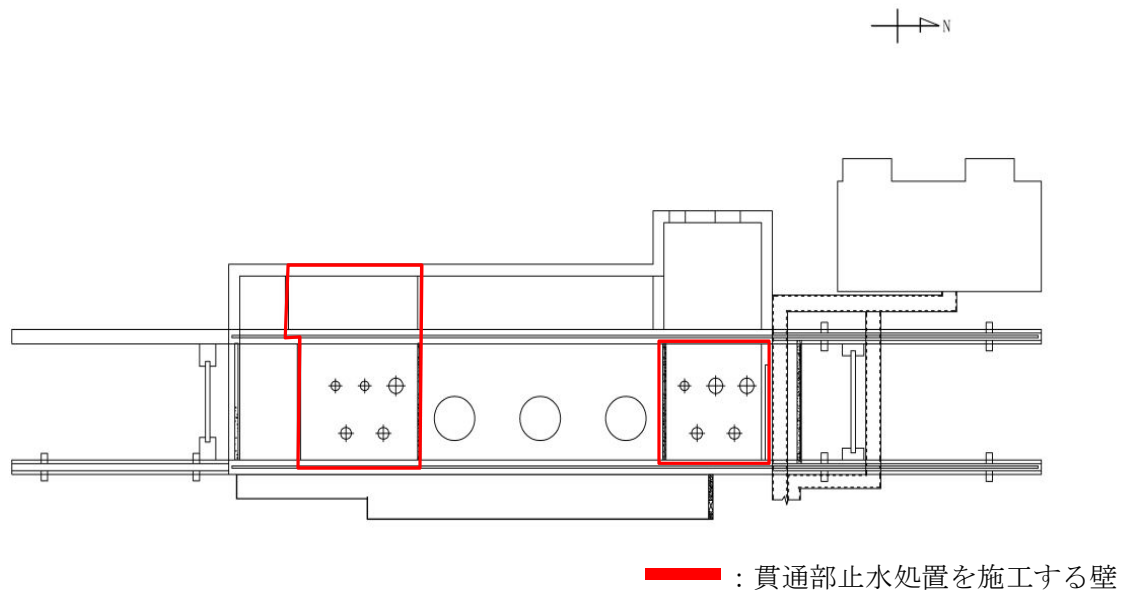
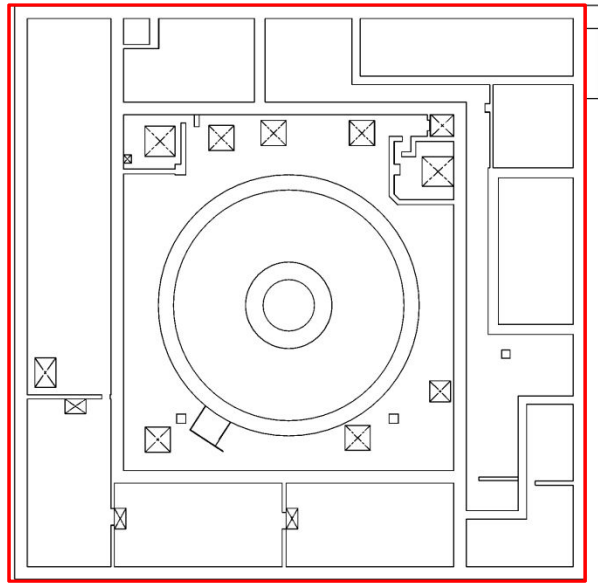
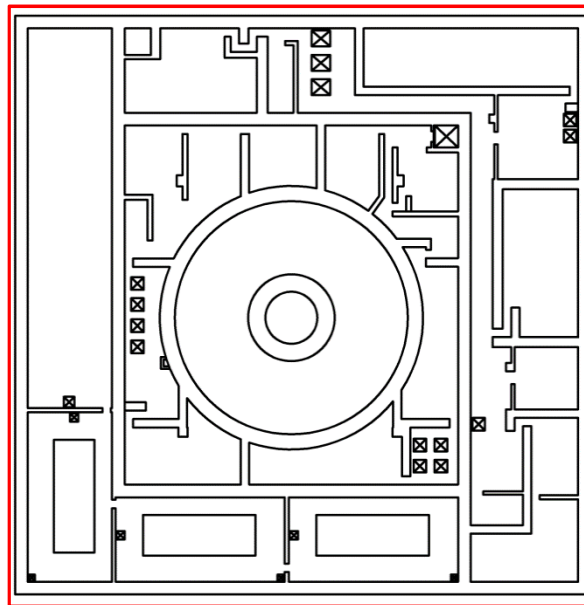



図 2-2 海水ポンプ室貫通部止水処置の配置位置図



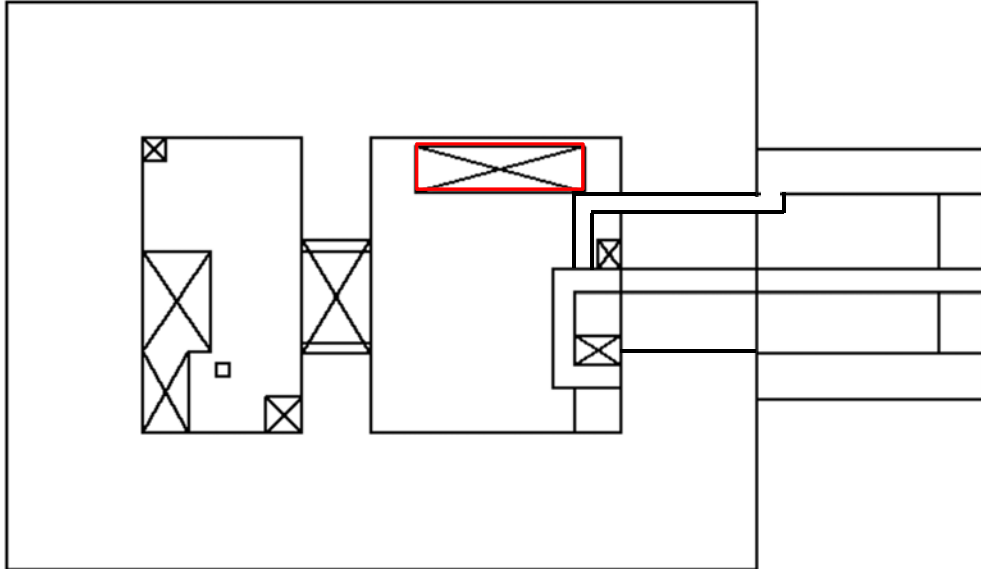
EL. 2.0 m



EL. -4.0 m

 : 貫通部止水処置を施工する壁





常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）
(EL. 2.7m)


 貫通部止水処置を実施する外壁

図 2-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部止水処置の位置図（4/4）

2.2 構造計画

(1) 防潮堤及び防潮扉下部貫通部の止水処置

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の構造は、配管等との間にモルタル、シーラ材を充填又は、閉止板との間にシーラ材を充填することで、止水性を確保する構造である。防潮堤及び防潮扉下部の貫通部止水処置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 防潮堤及び防潮扉下部の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 防潮堤及び防潮扉 の壁面の接合部はコーキングを行う。	
	コーキングタイプのシーラ材にて構成する。	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) 海水ポンプ室貫通部，原子炉建屋境界貫通部及び常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部の止水処置

海水ポンプ室貫通部止水処置，原子炉建屋境界止水処置，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部止水処置（以下「海水ポンプ室等貫通部止水処置」という。）は，貫通部の位置条件及び貫通物の強度条件に応じて，シール材，モルタル及びブーツを使用し，各貫通部止水処置の適用条件を考慮し施工する。シール材及びモルタルは壁の貫通口と貫通物のすき間に施工し，壁と貫通物を接合する構造とする。ブーツは，伸縮性ゴムを用い，壁面に溶接した取付用座と配管を締付けバンドにて固定する構造とする。海水ポンプ室等貫通部止水処置の構造概要を表 2-2 に示す。

表 2-2 海水ポンプ室等貫通部止水処置の構造計画

設備名称	
貫通部 止水処置	

2.3 評価方針

貫通部止水処置の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」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、貫通部止水処置の評価対象部位に作用する荷重等が許容限界以下であることを「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評価し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

貫通部止水処置のシール材及びブーツの強度評価フローを図 2-5 に、モルタルの強度評価フローを図 2-6 に示す。

貫通部止水処置の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重の作用時（以下「重畳時」という。）を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重畳時には、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動 S_d を入力して得られた最大床応答加速度の最大値を設計震度として用いる。

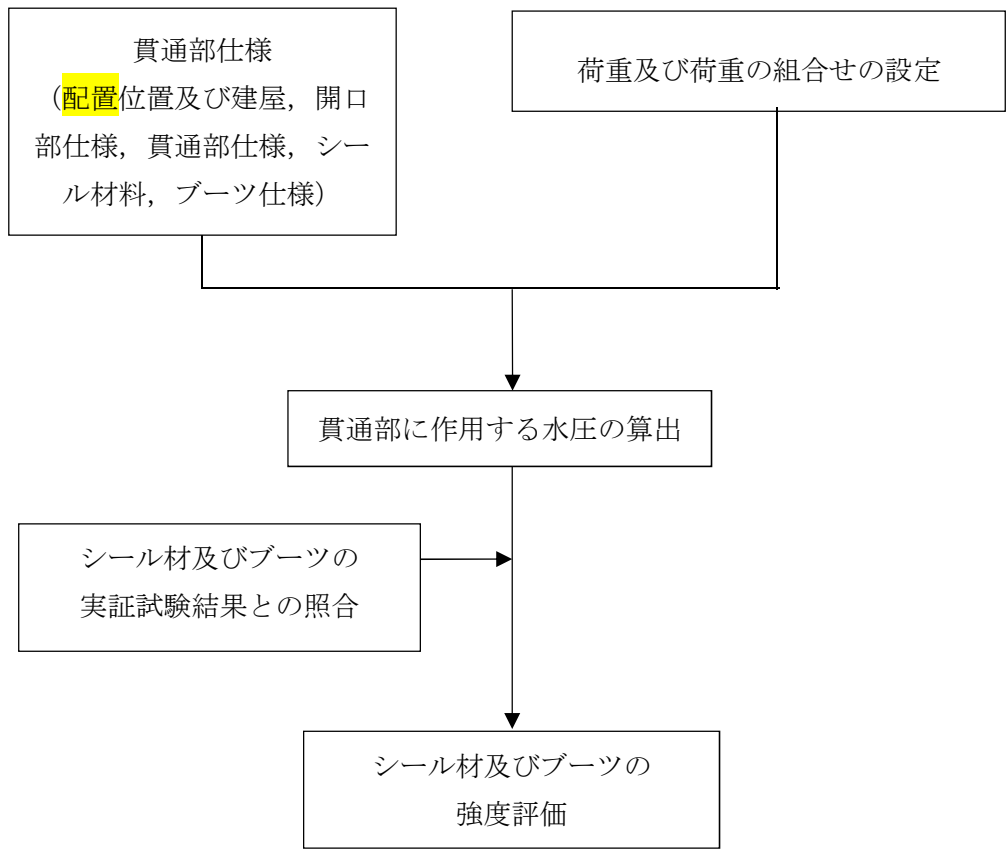


図 2-5 シール材及びブーツの強度評価フロー

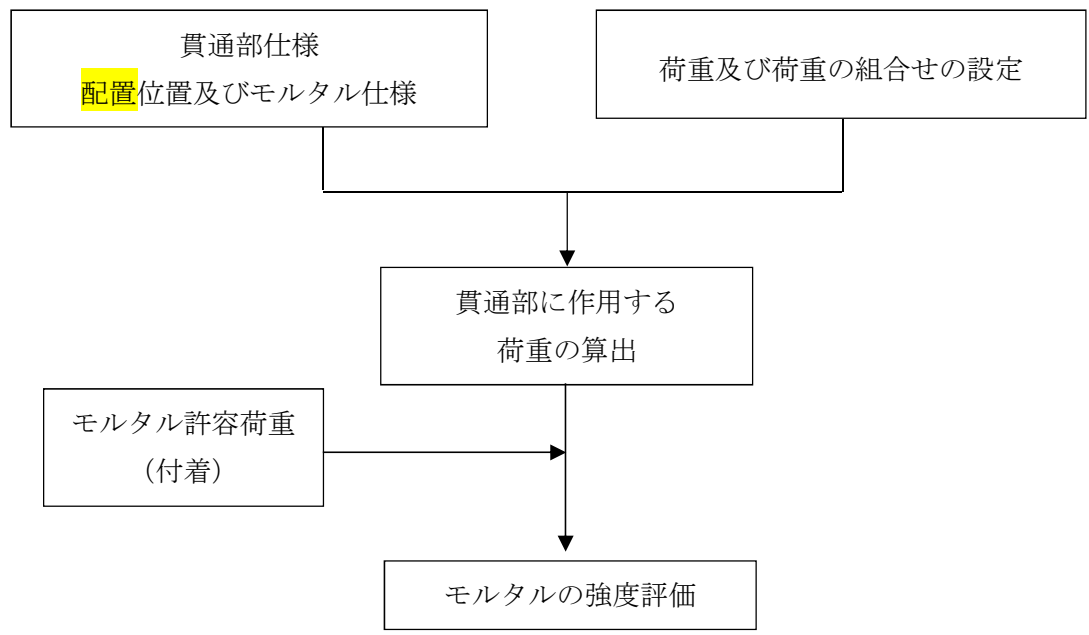


図 2-6 モルタルの強度評価フロー

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 J E A G 4 6 0 1 1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 J E A G 4 6 0 1 ・補一 1984 ((社) 日本電気協会)
- ・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)

2.5 記号の説明

貫通部止水処置の強度評価に用いる記号を表 2-3 に示す。

表 2-3 貫通部止水処置の強度評価に用いる記号

記号	記号の定義	単位
A_P	貫通物の投影面積	mm^2
A'	モルタルが水圧を受ける面積（受圧面積）	mm^2
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_H	基準地震動 S_d により生じる貫通物の軸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_{S_total}	モルタル部に生じる合計せん断荷重	N
g	重力加速度	m/s^2
h	貫通部位置における浸水深さ	mm
H	貫通部位置における波力を含めた水頭圧	mm
ℓ	貫通物の支持間隔	mm
L	モルタルの充てん深さ	mm
P_d	動水圧	MPa
P_t	遡上津波荷重	MPa
P_h	浸水津波荷重	MPa
C_H	余震による水平方向の設計震度	—
C_V	余震による鉛直方向の設計震度	—
P_{total}	シール材又はブーツに発生する合計圧力	MPa
S	貫通物の周長	mm
W	貫通物の支持間隔間の質量	kg
β	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	—
ρ	海水の密度	kg/m^3
γ_c	材料定数	—

3. 評価部位

貫通部止水処置の評価対象部位は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示している評価対象部位を踏まえて、「2.2 構造計画」に示す構造計画にて設定している構造に基づき、荷重の方向及び伝達過程を考慮し設定する。

遡上波による波力及び津波による溢水の静水圧が受圧面へ全体的に作用すると考えられることから、止水処置全体へ伝達される。このことから、シール材、ブーツ材及びモルタルを用いた止水処置の全体を評価部位として設定する。また、貫通部止水処置の種類毎に作用する荷重と許容値を比較し、評価上最も厳しい貫通部を代表として評価を行う。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

貫通部止水処置の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」にて設定している方法を用いて実施する。

貫通部止水処置の強度評価は、「3. 評価部位」に示す評価対象部位に対し、「4.2 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.3 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「4.5 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の種類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。）の質量及内容物の質量を考慮する。

(2) 遡上津波荷重 (P_t)

津波荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$H = 3 \cdot \frac{h}{2}$$

$$P_t = \rho \cdot g \cdot H$$

(3) 浸水津波荷重 (P_h)

浸水津波荷重として、津波による水位を用いた静水圧を考慮する。

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

(4) 余震荷重 (K_{sd})

余震荷重は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 S_d -D1 に伴う地震力（動水圧含む。）とする。

a. 余震による地震力

(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、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。図 4-1 にモルタルのせん断方向の余震荷重の作用図を示す。

また、貫通部直近の支持構造物は貫通物が剛構造となる間隔で設置する設計とし、壁、防潮堤又は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。

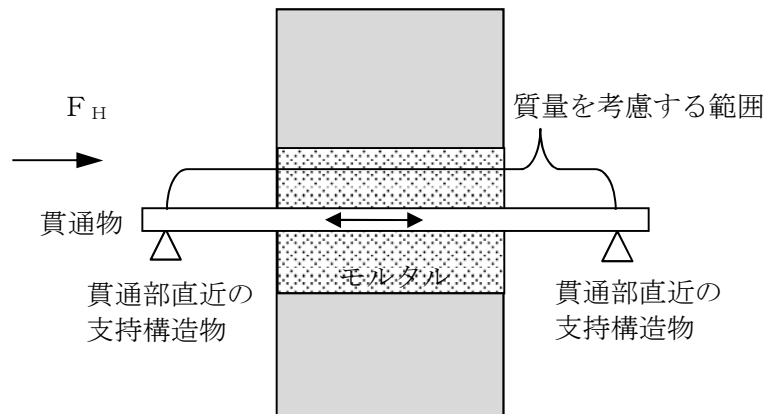


図 4-1 モルタルへのせん断方向の余震荷重作用図

(b) 評価において考慮する貫通部

外郭浸水防護設備となる防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置と内郭浸水防護施設である海水ポンプ室等貫通部止水処置に分けて評価を実施する。

評価においては、防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置と海水ポンプ室等貫通部止水処置のそれぞれについて、最も荷重が大きくなる貫通物*を考慮して算出する。

* 呼び径：250A，厚さ：9.3mm，材料 SUS316L，内容物：海水の配管（防潮堤及び防潮堤下部貫通部）と呼び径：500A，厚さ：9.5mm，材料：炭素鋼，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

モルタルに作用する余震によるせん断荷重については、(a)に示す支持構造物間の貫通物に作用する地震荷重から算出する。

b. 余震による動水圧

余震による動水圧がモルタルに作用することを考慮する。

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_H \cdot g \cdot H \text{ [防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置]}$$

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_H \cdot g \cdot h \text{ [海水ポンプ室等貫通部止水処置]}$$

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	$G + P_t + K_{S_d}$
	海水ポンプ室貫通部止水処置	$G + P_h + K_{S_d}$
	原子炉建屋境界貫通部 止水処置	
	高圧代替電源装置用カルバー ト（立坑部）貫通部止水処置	

注記 * : G は固定荷重, P_t は遡上津波荷重, P_h は浸水津波荷重, K_{S_d} は弾性設計用地震動 S_d による地震荷重を示す。

4.3 許容限界

(1) モルタル

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。また、モルタルの施工例を図4-2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
短期	f_s

*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} を算出する。圧縮強度 f'_{ck} は設計値を用いる。また、防潮堤及び防潮扉下部貫通部の貫通物の周長 $S=840.062\text{mm}$ 、モルタル充てん深さ $L=1000\text{mm}$ 、海水ポンプ室等貫通部の貫通物の周長 $S=1595.29\text{mm}$ 、モルタル充てん深さ $L=8000\text{mm}$ とする。

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

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

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	備考
		付着荷重 (kN)	
短期	モルタル	698	防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置
		10620	海水ポンプ室等貫通部止水処置

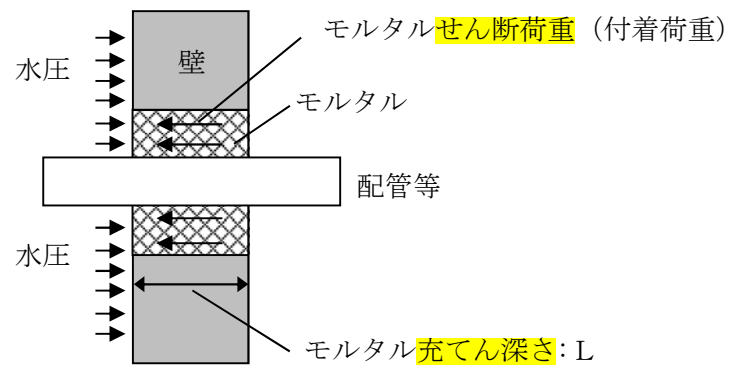


図 4-2 モルタルの施工例

(2) シール材

シール材の許容限界値は、実機で使用している形状、寸法の試験体にて静水圧を付加した水圧試験に基づく結果を用いる。試験の概要を図4-3に示す。実機施工時においては、試験検証済みの許容限界寸法以上となるように施工する。これにより試験で得られた許容限界値以上の耐圧性を有し、かつ、想定する浸水高さから求まる静水圧が、許容限界値以内であることを確認し確実に耐圧性を確保する。

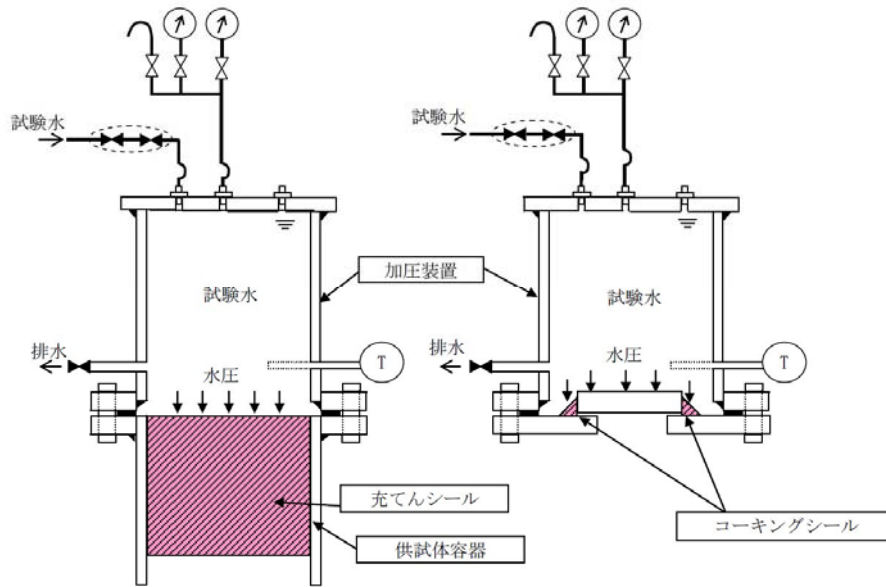


図4-3 シール材の水圧試験の概要

(3) ブーツ

ブーツの許容限界値は、実機で使用している形状、寸法の試験体にて静水圧を付加した水圧試験に基づく結果を用いる。また、実機の施工状況を考慮し、受圧面がブーツ内側又は外側のどちらの場合でも止水機能が確保できることを確認するため、内圧試験及び外圧試験の両ケースを実施する。試験の概要を図4-4に示す。

実機施工時においては、試験検証済みの寸法以下で施工する。

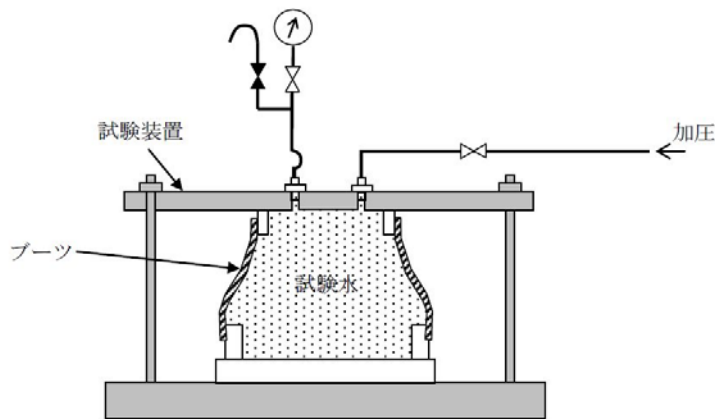


図4-4 ブーツの水圧試験の概要

4.4 設計用地震力

強度評価における弾性設計用地震動 $S_d - D1$ に伴う地震力については、表 4-5 にて示す設計震度を用いて設定する。

表 4-5 設計震度の諸元

地震動	設置場所 及び 床面高さ (EL. m)	建屋 及び高さ (EL. m)	余震による設計震度*	
			水平方向 C_H	鉛直方向 C_V
弾性設計用地震 動 $S_d - D1$	防潮堤及び防潮 扉下部 3.0	防潮堤鉄筋コン クリート防潮壁 9.500	水平方向 C_H	0.41
			鉛直方向 C_V	0.24
	海水ポンプ室 0.300	海水ポンプ室 0.300	水平方向 C_H	0.43
			鉛直方向 C_V	1.29
	原子炉建屋 2.000 -4.000	原子炉建屋 8.200	水平方向 C_H	0.58
			鉛直方向 C_V	0.50
	常設代替高压電 源装置用カルバ ート (立坑部) 2.700	常設代替高压電 源装置用カルバ ート (立坑部) 8.200	水平方向 C_H	0.82
			鉛直方向 C_V	0.61

* 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 モルタルの強度評価（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。

$$F_H = W \cdot g \cdot C_H$$

$$F_s = F_H$$

(2) 合計荷重

モルタルに発生する合計せん断荷重 $F_{S_{total}}$ は次のとおり算出する。

$$F_{S_{total}} = F_s + (P_t + P_d) \cdot A' \text{ [防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置]}$$

$$F_{S_{total}} = F_s + (P_h + P_d) \cdot A' \text{ [海水ポンプ室等貫通部止水処置]}$$

4.5.2 シール材及びブーツの強度評価（発生圧力計算）

シール材及びブーツについては設置箇所が海水ポンプ室等貫通部止水処置となることから、津波による溢水の浸水津波荷重 P_h を考慮するとともに、余震による動水圧 P_d を考慮する。

$$P_{total} = P_h + P_d$$

4.6 計算条件

(1) 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置

貫通部止水処置の「4.1 構造強度評価方法」に用いる評価条件を表4-6に示す。

表4-6 評価条件 (防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置, モルタル)

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)	貫通部位置における 浸水深さ h (mm)	モルタルが水圧を受 ける面積 A' (mm ²)
11000	1500	17900	342534

浸水エリアの幅と水 深の比による補正係 数 β	海水の密度 ρ (kg/m ³)
1.0	1030

(2) 海水ポンプ室等貫通部止水処置

貫通部止水処置の「4.1 構造強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-7 及び表 4-8 に示す。

構造及び強度の計算条件は、シール構造ごとに作用する静水圧、動水圧（シール材、ブーツ）及び静水圧荷重（モルタル）と許容値を比較し評価上最も厳しい貫通部を代表選定して強度評価を行う。

なお、貫通部位置における浸水深さ h については、保守的に最地下階の床面から浸水面までの水位を用いる。浸水高さ H の設定についての説明を図 4-5 に示す。

表 4-7 評価条件（海水ポンプ室等貫通部止水処置，モルタル）

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)
海水ポンプ室等 貫通部 (モルタル)	1595.93	1200	6069600

貫通物の支持間隔 ℓ (mm)	貫通物の支持間隔間の質量 W (kg)	貫通部位置における 浸水深さ h (mm)	モルタルが水圧を受ける面積 A' (mm ²)
8000	2500	12200	342534

浸水エリアの幅と水深の日による補正係数 β	海水の密度 ρ (kg/m ³)
1.0	1030

表 4-8 評価条件 (海水ポンプ室等貫通部止水処置, シール材及びブーツ)

建屋	最地下階床面高さ (EL. (m))	浸水面高さ (T.P. (m))	貫通部位置における 浸水深さ (m)
海水ポンプ室	0.8	6.4	5.6
原子炉建屋	-4.0	8.2	12.2
常設代替高压電源 装置用カルバート (立坑部)	2.7	8.2	5.5

NT2 補② V-3-別添 3-2-6 R1E

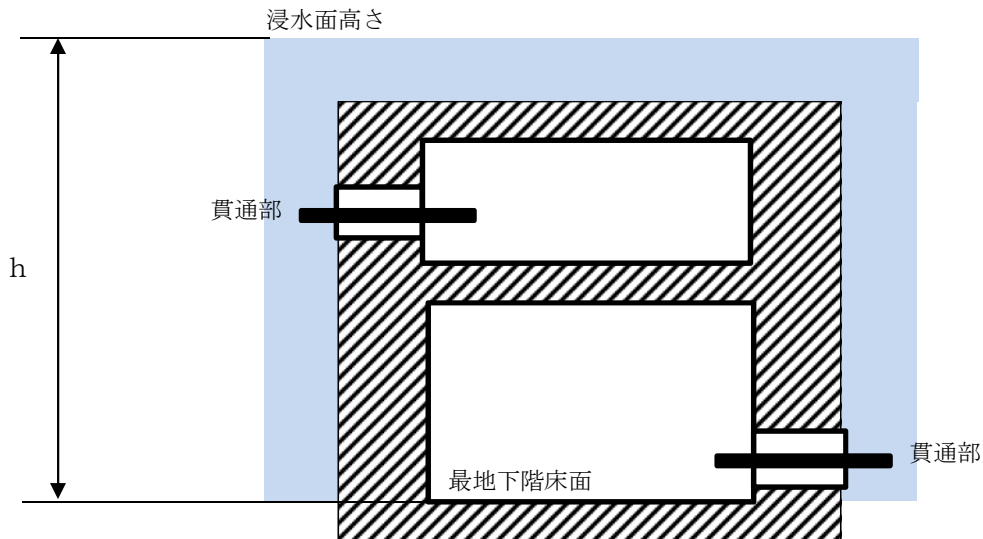


図 4-5 津波による溢水の貫通部の浸水深 h の設定

5. 評価結果

(1) 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置

モルタルの強度評価結果を表 5-1 に示す。モルタルの発生荷重は許容荷重以下である。

表 5-1 モルタルの強度評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)		許容荷重 (kN)
	モルタル	せん断荷重 (付着荷重)	

(2) 海水ポンプ室等貫通部止水処置

モルタルの強度評価結果を表 5-2，シーล材の強度評価結果を表 5-3，ブーツの強度評価結果を表 5-4 に示す。モルタル，シーล材及びブーツの発生荷重又は発生水圧は許容荷重又は許容圧力以下であることを確認した。

表 5-2 モルタルの強度評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)		許容荷重 (kN)
	モルタル	せん断荷重 (付着荷重)	

表 5-3 シール材の強度評価結果

評価対象部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
シーล材		

表 5-4 ブーツの強度評価結果

評価対象部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
ブーツ		