

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点及び防護上の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-01-0140-1_改 46
提出年月日	2021年11月16日

補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料

目次

1. 入力津波の評価
 - 1.1 潮位観測記録の考え方について
 - 1.2 遡上・浸水域の考え方について
 - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について
 - 1.4 管路解析モデルについて
 - 1.5 入力津波の不確かさの考慮について
 - 1.6 津波シミュレーションにおける解析モデルについて
 - 1.7 非常用取水設備内に貯留される水量の算定について
2. 津波防護対象設備
 - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
3. 取水性に関する考慮事項
 - 3.1 砂移動による影響確認について
 - 3.2 除塵装置の取水性への影響について
 - 3.3 非常用海水ポンプの波力に対する強度評価について
4. 漂流物に関する考慮事項
 - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について
 - 4.2 取水口付近の漂流物に対する取水性
 - 4.3 漂流物による衝突荷重について
5. 設計における考慮事項
 - 5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について
 - 5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて
 - 5.3 津波防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について
 - 5.4 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性について
 - 5.5 スロッシングによる貯水量に対する影響評価
 - 5.6 津波防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び衝突荷重の組合せについて
 - 5.7 浸水防護施設の評価における衝突荷重，風荷重及び積雪荷重について
 - 5.8 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について
 - 5.9 耐震及び耐津波設計における許容限界について
 - 5.10 津波防護施設の設計における評価対象断面の選定について
 - 5.11 地殻変動後の津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について
 - 5.12 浸水防護施設のアンカーボルトの設計について

- 5.13 強度計算に用いた規格・基準類の適用性について
- 5.14 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について
- 5.15 浸水量評価について
- 5.16 強度評価における津波荷重等の鉛直方向荷重の考え方について
- 5.17 津波に対する止水性能を有する施設の評価について
- 5.18 防潮壁内のスロッシングによる非常用海水ポンプへの没水影響について
- 5.19 津波監視設備の設備構成及び電源構成について
- 5.20 軽油タンクエリアにおける浸水防護重点化範囲について
- 5.21 屋外タンク等からの溢水影響評価について
- 5.22 復水器水室出入口弁の津波に対する健全性について
- 5.23 タービン補機冷却海水系ポンプ吐出弁の津波に対する健全性について
- 5.24 津波の流入防止に係る津波バウンダリとなる設備の評価
 - 5.24.1 3号機補機放水側配管の基準地震動 S_s に対する耐震評価
 - 5.24.2 3号機海水系ポンプの基準地震動 S_s に対する耐震評価
 - 5.24.3 3号機取水側海水系配管の基準地震動 S_s に対する耐震評価
 - 5.24.4 2号機および3号機海水ポンプの津波に対する強度評価
 - 5.24.5 2号機および3号機海水系配管・弁の津波に対する強度評価
- 5.25 第3号機海水熱交換器建屋の回転の影響について
- 5.26 大津波警報発表時等における常用系海水系の運用について
- 5.27 防潮壁の止水構造について
- 5.28 3号機海水系に関する津波時の敷地への流入影響について
- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
 - 6.1 防潮堤に関する補足説明
 - 6.2 取放水路流路縮小工に関する補足説明
 - 6.3 防潮壁に関する補足説明
 - 6.4 貯留堰に関する補足説明
 - 6.5 浸水防止設備に関する補足説明
 - 6.5.1 逆流防止設備に関する補足説明
 - 6.5.2 水密扉に関する補足説明
 - 6.5.3 浸水防止蓋に関する補足説明
 - 6.5.4 浸水防止壁に関する補足説明
 - 6.5.5 逆止弁付ファンネルに関する補足説明
 - 6.5.6 貫通部止水処置に関する補足説明
 - 6.6 津波監視設備に関する補足説明
 - 6.6.1 津波監視カメラに関する補足説明

6.6.2 取水ピット水位計に関する補足説明

: 本日の説明範囲

- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
- 6.5 浸水防止設備に関する補足説明
- 6.5.6 貫通部止水処置に関する補足説明
- 6.5.6.1 貫通部止水処置の耐震性についての計算書に関する補足説明

目 次

1.	概要	6.5.6.1-1
2.	一般事項	6.5.6.1-2
2.1	配置概要	6.5.6.1-2
2.2	構造計画	6.5.6.1-2
2.3	評価方針	6.5.6.1-5
2.4	適用規格・基準等	6.5.6.1-7
2.5	記号の説明	6.5.6.1-8
3.	評価対象部位	6.5.6.1-9
4.	構造強度評価	6.5.6.1-10
4.1	構造強度評価方法	6.5.6.1-10
4.2	荷重及び荷重の組合せ	6.5.6.1-10
4.2.1	荷重の設定	6.5.6.1-10
4.2.2	荷重の組合せ	6.5.6.1-11
4.3	許容限界	6.5.6.1-11
4.4	設計用地震力	6.5.6.1-13
4.5	計算方法	6.5.6.1-16
4.5.1	荷重計算	6.5.6.1-16
4.6	計算条件	6.5.6.1-17
5.	評価結果	6.5.6.1-18
	(別紙1) 遮水鋼板におけるケーブルトレイ貫通部の耐震性について	6.5.6.1-19
	(参考) 第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋及び貫通配管に対する地震時の影響について	6.5.6.2-31

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-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、貫通部止水処置が設計用地震力に対して、主要な構造部材が地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水又は内部溢水の伝播を防止する機能を維持するための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又は応力評価により行う。

貫通部止水処置は、設計基準対象施設においては浸水防止設備としてSクラス及びCクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお、耐津波設計による貫通部止水処置の耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

貫通部止水処置は原子炉建屋，タービン建屋，制御建屋，海水ポンプ室，軽油タンクエリア，第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部，第2号機放水立坑防潮壁横断部，第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部，第3号機放水立坑防潮壁横断部及び第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部の貫通口と貫通物とのすき間に施工する。

2.2 構造計画

貫通部止水処置は，貫通部の位置や条件に応じて，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，床面又は蓋の貫通口と貫通物のすき間に施工し，壁，床面又は蓋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，壁又は床面の貫通口スリーブと配管を締付けバンドにて固定する構造とする。貫通部止水処置の構造計画を表 2-1 に示す。

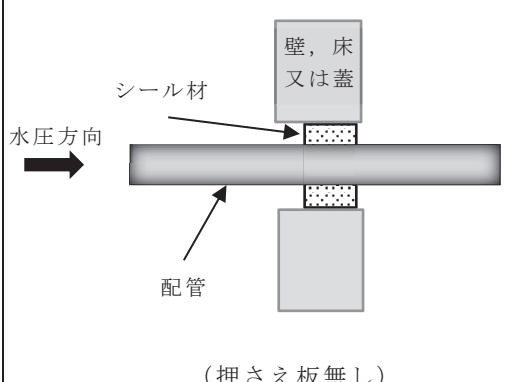
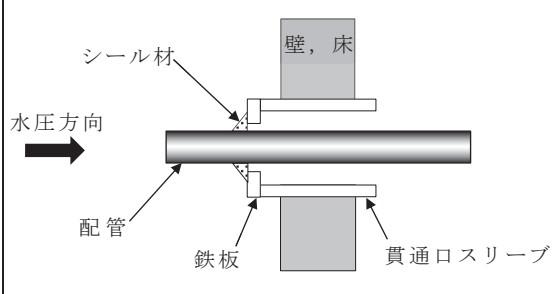
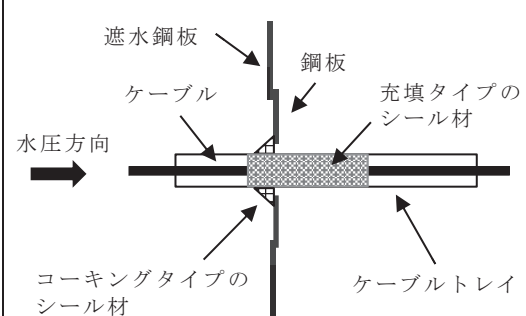
なお，表2-1に示すとおり，第2号機放水立坑防潮壁横断部に施工する遮水鋼板をケーブルトレイが貫通する部分については，遮水鋼板に取付けた鋼板及びシール材により，止水性を確保する構造とする。当該ケーブルトレイ貫通部止水処置の耐震性の評価結果については，本資料の別紙1 に示す。

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画 (1/2)

設備名称	計画の概要		説明図*
	主体構造	支持構造	
貫通部 止水処置	モルタルにて構成する。	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。	
	ブーツと締付けバンドにて構成する。	高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるように伸縮性ゴムを用い, 壁面又は床面の貫通ロスリーブと配管を締付けバンドにて締結する。	
	充填タイプのシール材にて構成する。	貫通部の開口部にシール材を充填する。施工時は液状であり, 反応効果によって所定の強度を有する構造物が形成され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。	
			<p>(押さえ板有り)</p>

注記*: 水圧方向は, 主たる作用方向を示す。

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画 (2/2)

設備名称	計画の概要		説明図*
	主体構造	支持構造	
貫通部 止水処置	充填タイプのシール材にて構成する。	貫通部の開口部にシール材を充填する。施工時は液状であり、反応効果によって所定の強度を有する構造物が形成され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。	 <p>(押さえ板無し)</p>
	コーキングタイプのシール材にて構成する。	貫通部の開口部と貫通部の隙間にコーキングする。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、鉄板及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	
	鋼板, コーキングタイプのシール材, 充填タイプのシール材にて構成する。	遮水鋼板のケーブルトレイの貫通部は, 鋼板を遮水鋼板に溶接し, ケブルトレイとの隙間にコーキングする。ケーブルトレイの内部はシール材を充填する。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, 鋼板及びケーブルトレイと一定の付着力によって接合する。	

注記*: 水圧方向は、主たる作用方向を示す。

2.3 評価方針

貫通部止水処置の耐震評価は、添付書類「VI-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. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、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。貫通部止水処置のうちモルタルの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

ここで、シール材を施工する貫通部については、貫通部近傍に支持構造物を設置することで、地震時は建屋壁、防潮壁、第2号機海水ポンプ室壁面及び第3号機海水ポンプ室壁面と貫通物が一体で動く構造であることから、地震時の貫通部に対する配管変位の影響は十分小さい。また、第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋に設置する貫通部に対するシール材については、3号海水熱交換器建屋に設置している浸水防止蓋及び貫通物はいずれも剛構造のため発生する変位は軽微であり、地震時の貫通部における相対変位の影響は十分小さい。電線管、ケーブルトレイ内に使用する充填タイプのシール材は、柔軟性及び余長を有するケーブル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十分小さい。これらのことから、地震による相対変位や荷重によるシール材への影響は軽微であるため、耐震評価の対象としない。

ブーツについては、伸縮性ゴムを使用しており、配管の地震変位に対しても十分な伸縮性を有している。このため、地震による影響は軽微であることから耐震評価の対象部位としない。

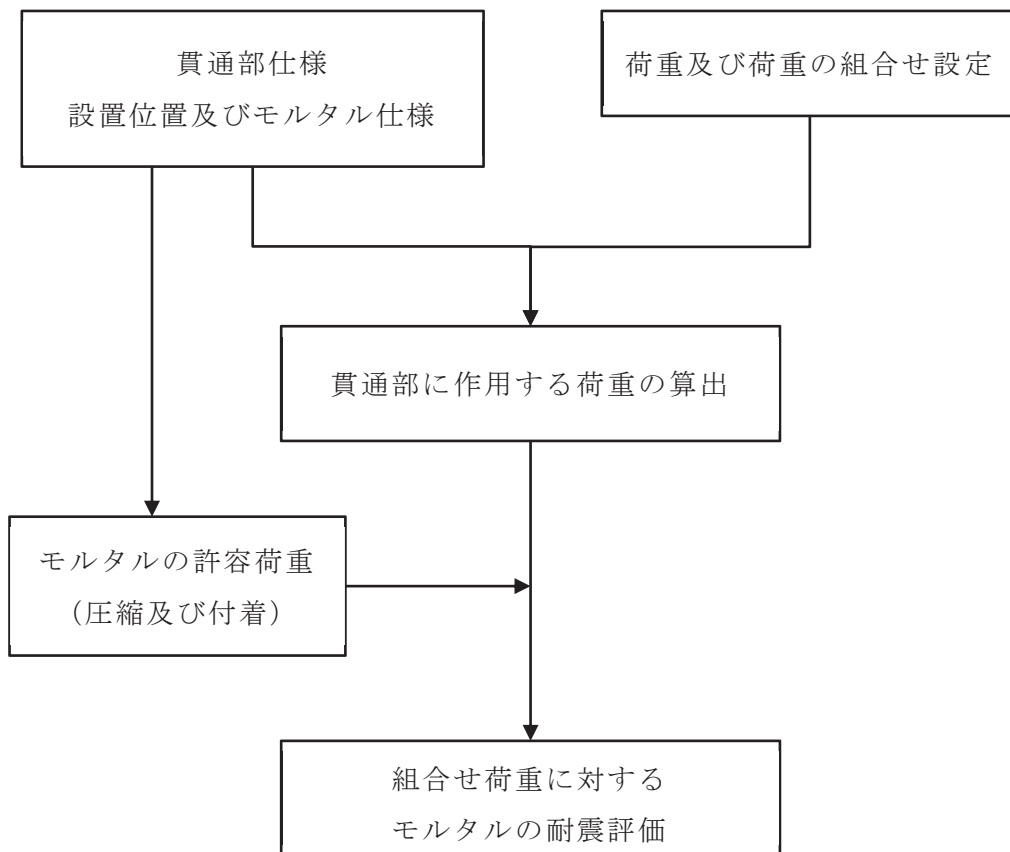


図 2-1 モルタルの耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]
- (2) 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)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1-1987)
- (4) 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)
(以下「J E A G 4 6 0 1」と記載しているものは上記3指針を指す。)
- (5) 機械工学便覧 (日本機械学会)

2.5 記号の説明

モルタルの耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 モルタルの耐震評価に用いる記号

記号	定義	単位
A_P	貫通物の投影面積	mm^2
C_H	基準地震動 S_s により生じる貫通物の水平方向設計震度	-
C_V	基準地震動 S_s により生じる貫通物の鉛直方向設計震度	-
f_c	モルタルの許容圧縮荷重	kN
d	モルタル貫通物の直径	mm
f_s	モルタルの許容付着荷重	kN
f'_{bok}	モルタル付着強度	N/mm^2
f'_{ck}	モルタル圧縮強度	N/mm^2
F_c	貫通物反力によりモルタルに生じる圧縮荷重	kN
F_{H1}	壁貫通物の軸方向に作用する付着荷重	N
F_{H2}	床及び壁貫通物の軸直方向に作用する圧縮荷重	N
F_{V1}	床貫通物の軸方向に作用する付着荷重	N
F_{V2}	壁貫通物の軸直方向に作用する圧縮荷重	N
g	重力加速度	m/s^2
L	貫通物の支持間隔	mm
L_w	モルタルの充填深さ	mm
S	貫通物の周長	mm
w	貫通物の支持間隔の単位長さ当たりの質量	kg/m
γ_c	材料定数	-

3. 評価対象部位

貫通部止水処置の評価対象部位は、「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ため、モルタルを評価対象部位とする。また、全ての建屋の中でモルタルに作用する荷重が最も大きい貫通部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。

モルタルの評価対象部位を図 3-1 に示す。

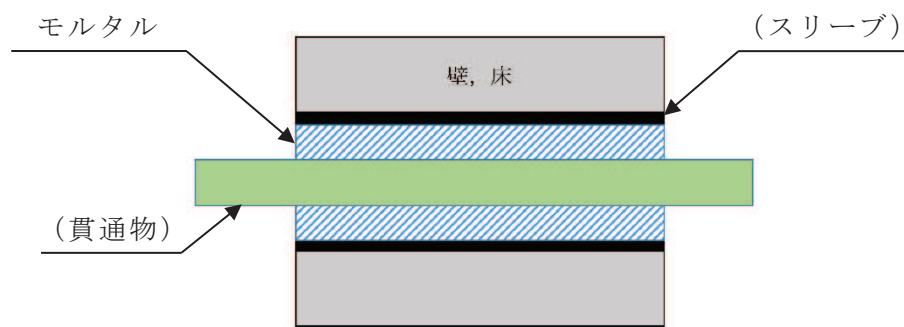


図 3-1 モルタルの評価対象部位

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対象部位の荷重評価を実施し，発生荷重を算出する。
- (2) 評価対象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

(1) モルタルに作用する地震荷重

強度評価に用いる荷重は，以下の荷重を用いる。

a. 固定荷重(D)

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。

b. 基準地震動 S_s による地震荷重 (S_s)

地震荷重は，基準地震動 S_s に伴う地震力とする。

モルタルに作用する荷重は，付着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) 貫通物から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荷重が作用する。評価においては，安全側の評価となる様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。貫通物からモルタルに作用する荷重作用図を図 4-1 に示す。

また，貫通部は柔構造となる場合もあることから，貫通物の設置場所における床応答スペクトル，当該スペクトルが無い場合は上層の床応答スペクトルの最大応答加速度を用いて算出する。

(b) 評価において考慮する貫通部

評価においては、それぞれの貫通部のうち、発生する荷重が最も大きいものを算出する。

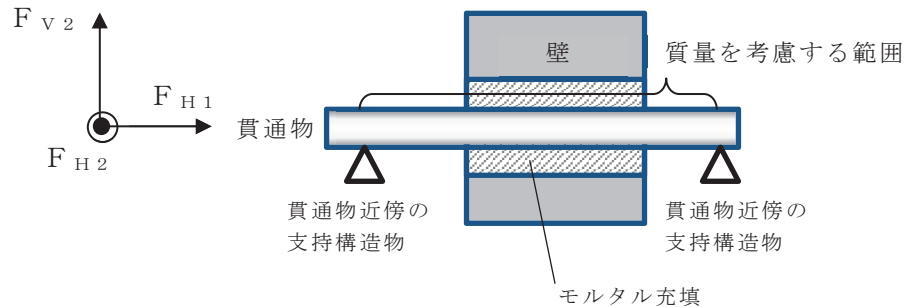


図 4-1 モルタルへの荷重作用図

4.2.2 荷重の組合せ

貫通部止水処置（モルタル）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	貫通部止水処置 (モルタル)	$D + S_s$

注記 * : D は固定荷重, S_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

貫通部止水処置の許容限界に関して以下に示す。

(1) モルタル

各評価対象部位の許容値は、土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]に規定される許容限界を用いる。

貫通部止水処置の許容限界を表 4-2, 貫通部止水処置の許容限界評価条件を表 4-3, 貫通部止水処置の許容限界算出結果を表 4-4 に示す。

表 4-2 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

注記 *：モルタルの許容限界は，土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]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。モルタル圧縮強度 f'_{ck} は設計値を用いる。なお，同一貫通部に異なる口径の貫通物が設置されている場合，許容付着荷重の計算に使う周長 S は保守的に最も口径の小さい貫通物の周長を適用し，許容圧縮荷重の計算に使う直径 d も保守的に最も口径の小さい貫通物の直径を適用する。本計算書では，許容付着荷重の計算に適用する貫通物の口径 25A，許容圧縮荷重の計算に適用する貫通物の口径 25A，モルタルの充填深さ $L_w = 300$ mm とする。

$$\text{許容付着荷重 } f_s = f'_{bok} \cdot S \cdot L_w / \gamma_c$$

ここで， S ：周長（＝外径 34mm $\times \pi = 106.8142$ mm）

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

$$\text{許容圧縮荷重 } f_c = f'_{ck} \cdot A_p / \gamma_c$$

$$A_p = d \cdot L_w$$

表 4-3 貫通部止水処置の許容限界評価条件

評価対象部位	$f'_{ck}{}^{*1}$ (N/mm ²)	$\gamma_c{}^{*2}$
モルタル	30	1.3

注記 *1：モルタル圧縮強度

*2：材料定数

表 4-4 貫通部止水処置の許容限界算出結果

状態	評価対象部位	許容限界	
		付着荷重 f_s (kN)	圧縮荷重 f_c (kN)
短期	モルタル	26	235

4.4 設計用地震力

モルタルの耐震計算に用いる設計震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」における設計用地震力に基づき設計する。モルタルの耐震計算に用いる設計震度を表 4-5 に示す。また、固有周期毎の設計震度を図 4-2，図 4-3 に示す。

表 4-5 モルタルの耐震計算に用いる設計震度

地震動	設置場所及び 床面高さ (mm)	地震による設計震度* ¹	
基準地震動 S _s	海水ポンプ室 O.P. 14800 (O.P. 11025* ²)	水平方向 C _H	48.53
		鉛直方向 C _V	24.86

注記 *1：モルタルは評価対象箇所が多いことから、設計震度の算出が建屋ごとに全ての対象箇所を包絡するように全周期帯の最大加速度を用いた。また、保守的な評価となるように設置場所の床応答曲線は減衰定数 0.5%を適用した。

*2：設置場所より上層の基準床レベルを示す。(O.P. 11025)

なお、モルタルを用いた貫通部の設置場所の標高は O.P. 8400 である。

【02-SW-SsH-SW14800-005】

構造物名：海水ポンプ室

標高：0.P. 14.800m

—— 水平方向

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

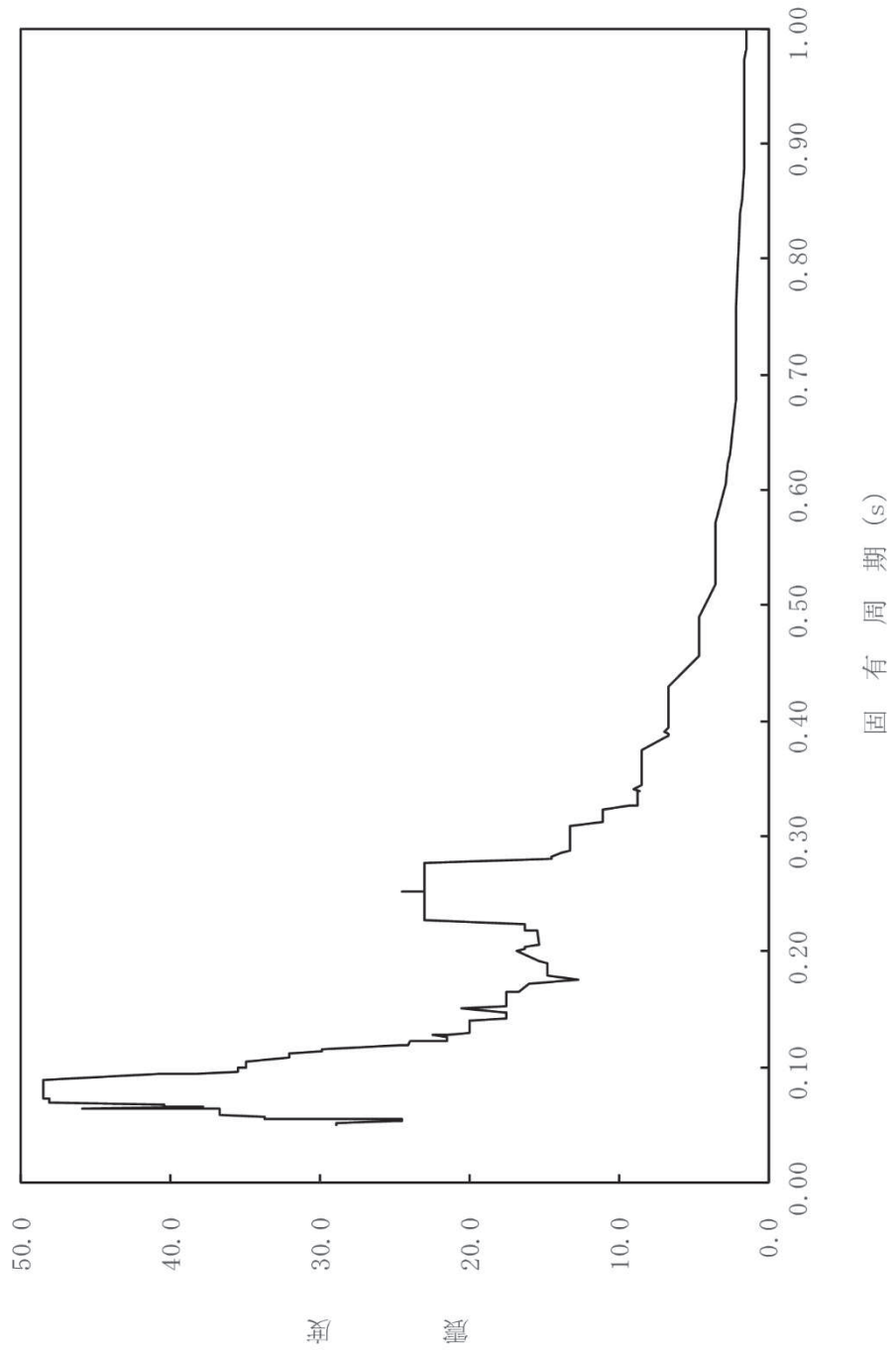


図 4-2 固有周期毎の水平方向の震度

【02-SW-SsV-SW14800-005】

構造物名：海水ポンプ室

標高：O.P. 14.800m

— 鉛直方向

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

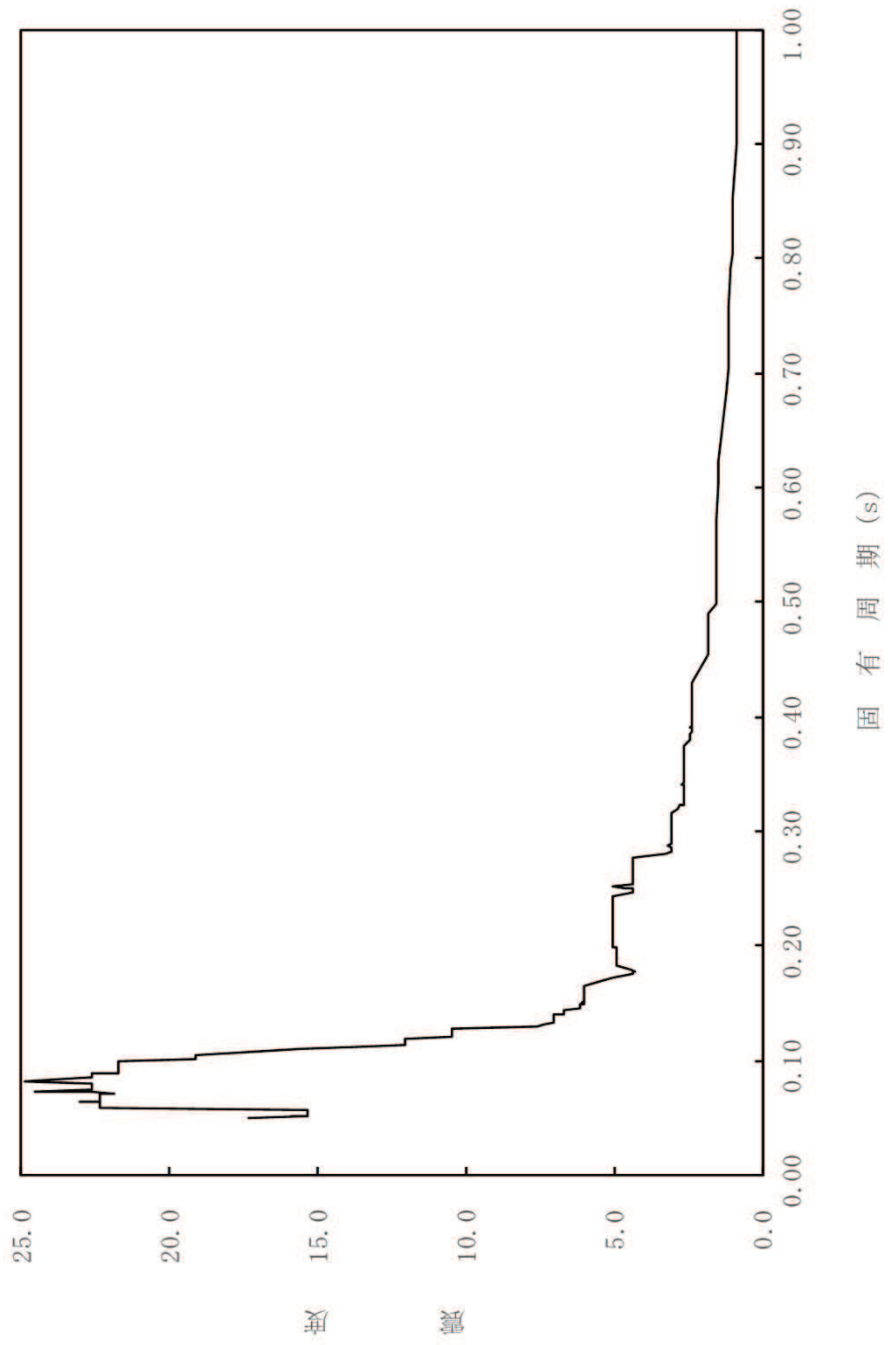


図 4-3 固有周期毎の鉛直方向の震度

4.5 計算方法

4.5.1 荷重計算

(1) モルタル

固定荷重及び基準地震動 S_s による貫通物の反力によりモルタルに生じる荷重を算出する。

a. 付着荷重

付着荷重は、貫通物の水平反力又は鉛直反力から次のとおり算出する。

(a) 床貫通部

$$F_{V1} = w (1 + C_V) \cdot L \cdot g$$

(b) 壁貫通部

$$F_{H1} = w \cdot C_H \cdot L \cdot g$$

b. 圧縮荷重

圧縮荷重は、貫通物の水平反力及び鉛直反力から次のとおり算出する。

(a) 床貫通部

床貫通部には、水平2方向から F_{H2} の荷重が作用するため、2方向の合成荷重を圧縮荷重 F_C とする。

$$F_{H2} = 5/8 \cdot w \cdot C_H \cdot L \cdot g$$

$$F_C = \sqrt{2 \cdot F_{H2}^2}$$

(b) 壁貫通部

壁貫通部には、水平方向と鉛直方向から各々 F_{H2} 、 F_{V2} のせん断力が圧縮荷重として作用するため、2方向の合成荷重を圧縮荷重 F_C とする。

$$F_{H2} = 5/8 \cdot w \cdot C_H \cdot L \cdot g$$

$$F_{V2} = 5/8 \cdot w (1 + C_V) \cdot L \cdot g$$

$$F_C = \sqrt{F_{H2}^2 + F_{V2}^2}$$

4.6 計算条件

(1) モルタル

貫通部止水処置（モルタル）の耐震評価に関する荷重評価条件を表 4-6 に示す。

表 4-6 モルタル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)	モルタルの充填深さ L_w (mm)	貫通部から近傍支持 点までの距離 L (mm)	貫通部から支持点ま での単位長さ当たり の質量 w (kg/m)
海水ポンプ室 壁貫通部 (モルタル)	300	2250	<input type="text"/>

注記 * : 貫通部から支持点までの単位長さ当たりの質量の算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 評価結果

貫通部止水処置（モルタル）の耐震評価結果を表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、構造部材が設計用地震力に対して溢水の伝播を防止する機能を維持するための十分な構造健全性を有することを確認した。

表5-1 モルタルの耐震評価結果

荷重	発生荷重 (kN)	許容荷重 (kN)
付着荷重	<input type="text"/>	26
圧縮荷重	<input type="text"/>	235

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(別紙 1) 遮水鋼板におけるケーブルトレイ貫通部の耐震性について

1. 評価方針

遮水鋼板におけるケーブルトレイ貫通部止水処置の耐震評価は、添付書類「VI-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、本紙「2.1 構造計画」に示す貫通部止水処置の構造を踏まえ、「2.4 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、発生する荷重が許容限界内に収まることを「3. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施し、確認結果を「4. 評価結果」に示す。ケーブルトレイ貫通部止水処置のうち鋼板部の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

ここで、シール材を施工するケーブルトレイについては、貫通部近傍に支持構造物を設置することで、地震時は 2 号機放水立坑壁面と貫通物が一体で動く構造であることから、地震時の貫通部に対する変位の影響は十分小さい。また、鋼板とケーブルトレイの間に施工するコーキングタイプのシール材については、遮水鋼板及び鋼板をいずれも剛構造と設計とし、地震時の貫通部における相対変位の影響が十分小さいことを確認する。ケーブルトレイ内に使用する充填タイプのシール材は、柔軟性及び余長を有するケーブル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十分小さい。これらのことから、コーキングタイプのシール材を施工する鋼板及び溶接部を耐震評価の対象とする。

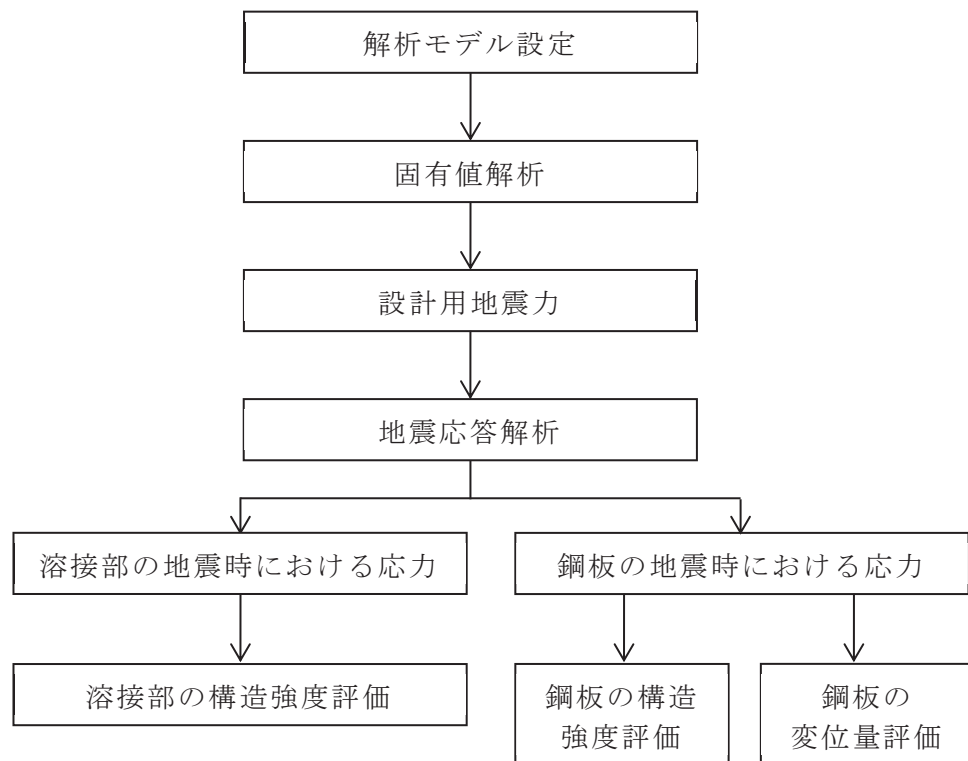


図 1-1 鋼板の耐震評価フロー

2. 一般事項

2.1 構造計画

概略構造を以下に示す。また、構造部材の諸元を表 2-1 に示す。



表 2-1 構造部材の諸元

部材	材料	高さ (mm)	幅 (mm)	板厚 (mm)
鋼板	SUS304			

部材	材料	高さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)
補強リブ	SUS304			

2.2 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 - 1987）
- (3) 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）
（以下「J E A G 4 6 0 1」と記載しているものは上記 3 指針を指す。）

- (4) J S M E S N C 1 - 2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
(以下「設計・建設規格」という。)
- (5) 原子力発電所耐震設計技術規程 (J E A C 4 6 0 1 - 2008)

2.3 記号の説明

鋼板及び溶接部の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 鋼板及び溶接部の耐震評価に用いる記号

記号	定義	単位
C_H	水平方向設計震度	-
C_V	鉛直方向設計震度	-
σ_x	鋼板の膜+曲げ応力	MPa
σ_y	鋼板の膜+曲げ応力	MPa
τ_{xy}	鋼板のせん断応力	MPa
σ_p	鋼板の組合せ応力	MPa
F_x	溶接部に x 方向に作用する引張, 圧縮荷重	kN
F_y	溶接部に y 方向に作用する引張, 圧縮荷重	kN
F_z	溶接部に z 方向に作用するせん断荷重	kN
M_y	溶接部に y 方向に作用する曲げモーメント	N・mm
M_z	溶接部に z 方向に作用する曲げモーメント	N・mm
M_x	溶接部に作用するねじりモーメント	N・mm
A	溶接部の断面積	mm ²
Z_y	溶接部の断面係数	mm ³
Z_z	溶接部の断面係数	mm ³
Z_p	溶接部のねじり断面係数	mm ³
σ_a	軸応力	MPa
σ_b	曲げ応力	MPa
τ	せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665m/s ²)	m/s ²

2.4 評価対象部位

遮水鋼板のケーブルトレイ貫通部止水処置の評価対象部位は、本紙「2.1 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。

基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材が、ケーブルトレイ貫通部の止水性能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

このことから、貫通部止水処置のうち、鋼板及び溶接部を評価対象部位として設定する。

また、地震時に荷重が鋼板に作用し、鋼板が変形することによりコーキングタイプのシール材がせん断や変形することが考えられるため、鋼板の変位量を評価し、シール材の許容変位内であることを確認する。なお、シール材の伸び長さは、シール材施工厚さ（隙間）と鋼板の変位量の和より小さくなるが、鋼板の変位量分だけシール材が伸びるものとして評価する。

鋼板の評価対象部位を図 2-1 に示す。

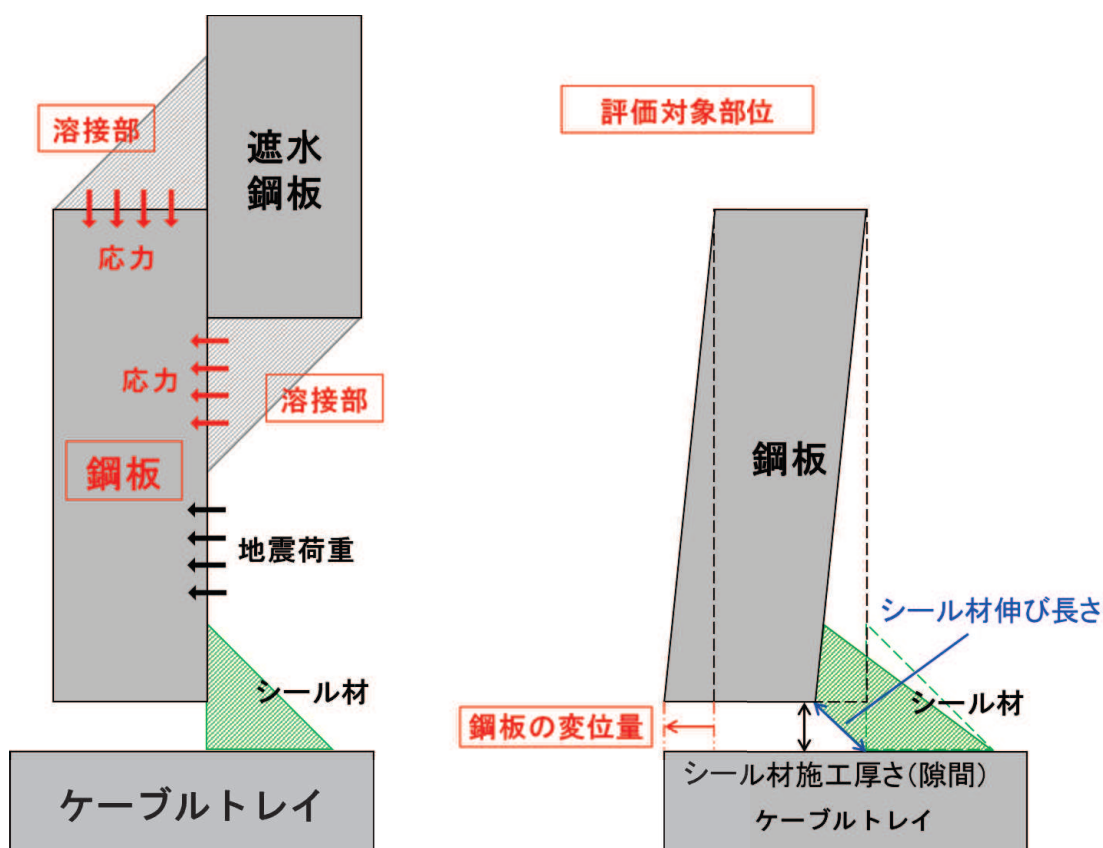


図 2-1 鋼板の評価対象部位

2.5 固有周期

2.5.1 固有値解析方法

鋼板の固有値解析方法を以下に示す。

2.5.2 解析モデル及び諸元

鋼板の解析モデルを図 2-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。

- (1) 解析モデルは、
- (2) 拘束条件は、
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有周期を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5-40 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

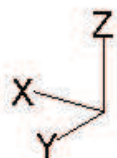


図 2-2 解析モデル図

枠囲みの内容は商業機密の
観点から公開できません。

2.5.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 2-3，固有振動モード図を図 2-3~5 に示す。

鋼板の 1 次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 15 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 2-3 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Y 方向	
44 次	水平方向 (X 方向)	0.0004	—	—	—
1 次	水平方向 (Y 方向)	0.0040	—	—	—
15 次	鉛直方向 (Z 方向)	0.0010	—	—	—



図 2-3 44 次固有振動モード図 (X 方向)

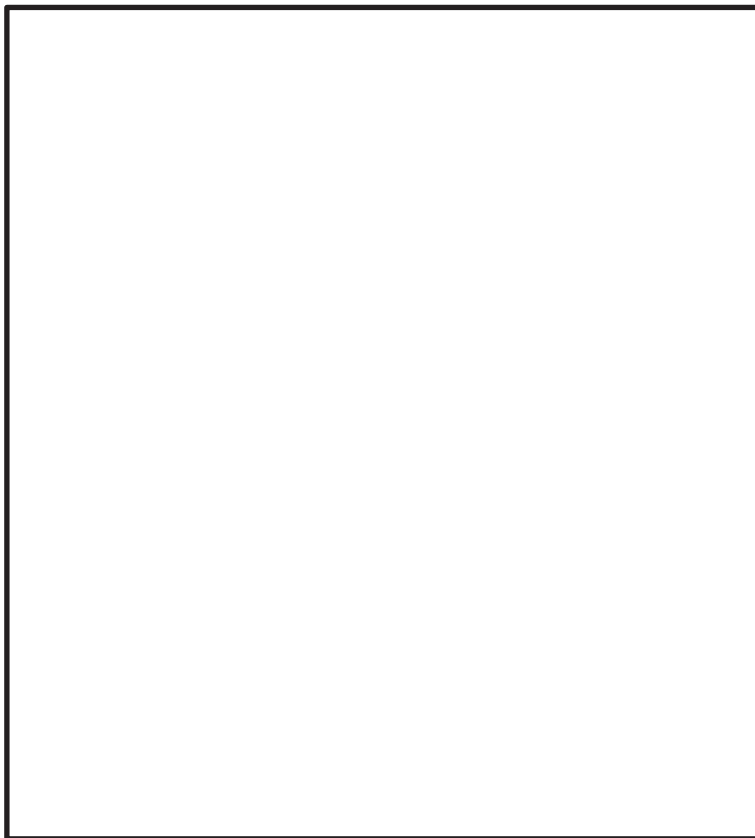


図 2-4 1次固有振動モード図 (Y方向)

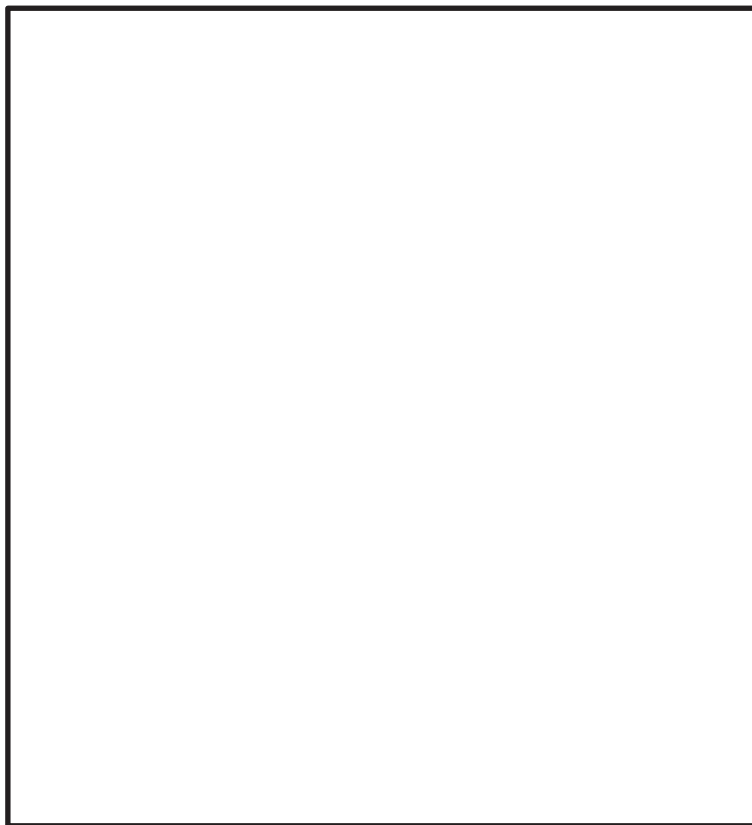


図 2-5 15次固有振動モード図 (Z方向)

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

- (1) 貫通部止水処置の評価対象部位の応力評価を実施し、発生応力を算出する。
- (2) 評価対象部位の発生応力と許容応力を比較し、発生応力が許容応力以下であることを確認する。
- (3) 評価対象部位のうち鋼板については、変位量とシール材の許容変位を比較し、鋼板の変位量がシール材の許容変位以下であることを確認する。

3.2 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。

3.2.1 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。

a. 固定荷重(D)

固定荷重として、鋼板の質量を考慮する。なお、ケーブルトレイについては、貫通部近傍に支持構造物を設置するため質量を考慮しない。

b. 基準地震動 S_s による地震荷重(S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s に伴う地震力とする。

3.2.2 荷重の組合せ

貫通部止水処置（鋼板）の荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 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	貫通部止水処置 (鋼板)	$D + S_s$

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

3.3 許容限界

3.3.1 貫通部止水処置（鋼板）の応力に対する許容限界

貫通部止水処置（鋼板）の応力に対する許容限界を表 3-2 に示す。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

3.3.2 貫通部止水処置（鋼板）の変位に対する許容限界

貫通部止水処置（鋼板）の変位に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 鋼板の許容変位

評価部位	鋼板許容変位 (mm)	備考
鋼板		

注記*：コーキングタイプのシール材は引張試験により，シール材の許容引張破断伸びが [] であることが確認されていることから，シール材施工厚さ（隙間） [] を鋼板の許容変位とする。

3.4 設計用地震力

耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」における設計用地震力に基づき設計する。

耐震計算に用いる設計震度を表 3-4 に示す。

表 3-4 耐震計算に用いる設計震度

設置場所	床面高さ* O.P. (m)	地震動	地震による 設計震度	
第2号機 放水立坑 防潮壁横断部	12.0 (フーチング中央部)	基準地震動 S _s -D3	水平方向 C _H	2.5
	13.8 (地表面)	基準地震動 S _s -D2	鉛直方向 C _V	1.0

注記 *：貫通部止水処置の設置場所より高い基準床レベルを設定している。

3.5 計算方法

各部の応力計算式を以下に示す。

(1) 鋼板（板要素）の応力評価

板要素でモデル化した鋼板は，表 3-5 に示す組合せ応力により評価を行う。

表 3-5 鋼板（板要素）の応力計算式

評価応力	応力計算式
組合せ応力	$\sigma_p = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau_{xy}^2}$

(2) 溶接部の応力評価

溶接部は表 3-6 に示す応力計算式により評価を行う。

表 3-6 溶接部の応力計算式

評価応力	応力計算式
組合せ応力	



枠囲みの内容は商業機密の
観点から公開できません。

4. 評価結果

(1) 貫通部止水処置（鋼板）の応力評価結果

貫通部止水処置（鋼板）の応力評価結果を表 4-1 及び図 4-1 に示す。
鋼板及び溶接部の発生応力は、許容応力以下であることを確認した。

表 4-1 応力評価結果

評価対象部位	応力の種類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
鋼板	組合せ	3	246
溶接部	組合せ	1	141

(2) 貫通部止水処置（鋼板）の変位評価結果

貫通部止水処置（鋼板）の変位評価結果を表 4-2 及び図 4-2 に示す。

鋼板変位は 0.02mm であり許容変位以内であるため、貫通部止水処置（鋼板）において、鋼板とシール材の接着面に隙間は生じず、シール材の構造健全性は維持できることを確認した。

また、本鋼板構造において、鋼板の有意な変形は生じないことから、添付書類「VI-3-別添 3-2-10 貫通部止水処置の強度計算書」に示すコーキングタイプのシール材の水圧試験結果を適用可能であることを確認した。

表 4-2 変位評価結果

評価対象部位	最大変位量 (mm)	許容変位量 (mm)
鋼板	0.02	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

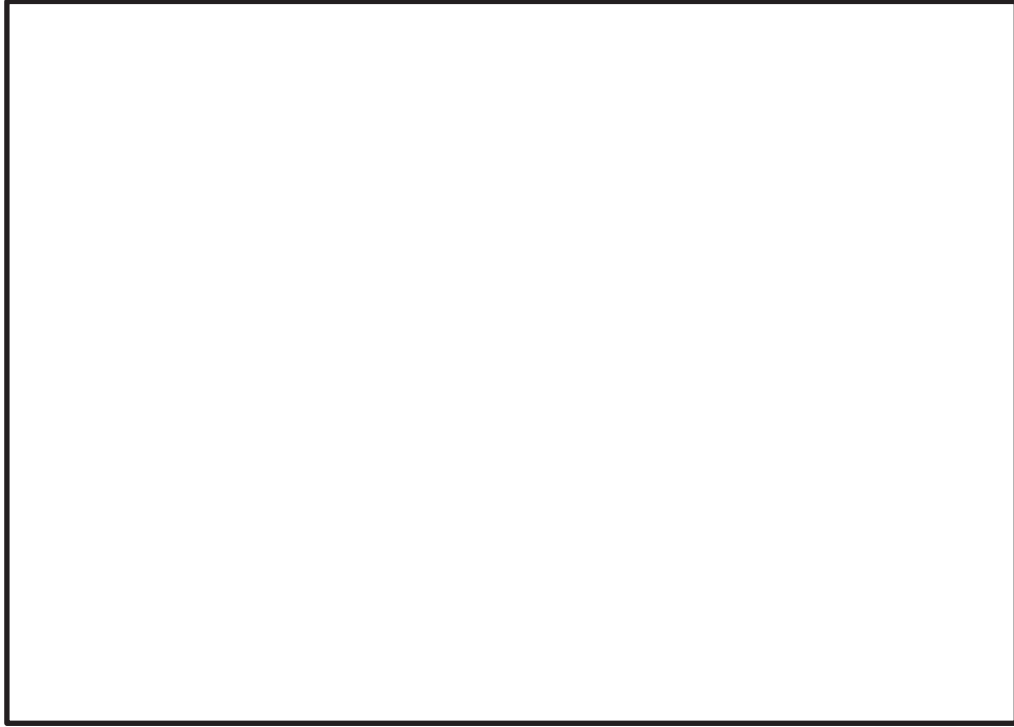


図 4-1 応力評価結果

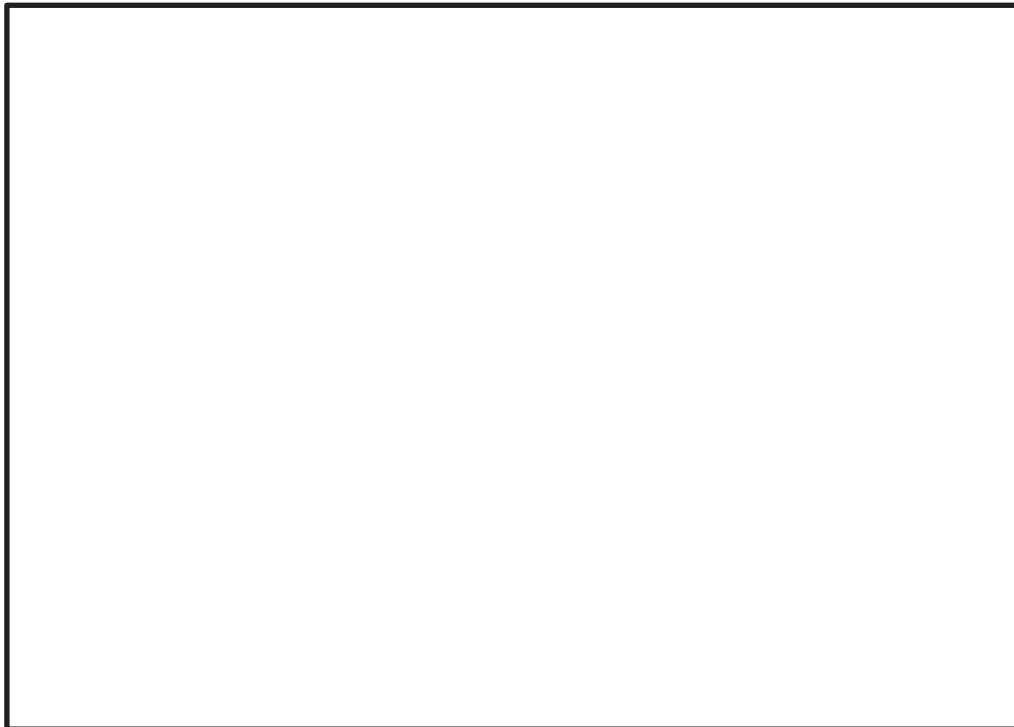


図 4-2 変位評価結果

枠囲みの内容は商業機密の
観点から公開できません。

(参考) 第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋及び貫通配管に対する地震時の影響について

1. 概要

第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋（以下、浸水防止蓋という。）には配管が貫通しており、貫通部には貫通部止水処置を実施している。浸水防止蓋及び貫通配管については、3号機海水熱交換器建屋から定着部を設定しているが、地震時において、浸水防止蓋及び貫通配管に有意な変位が発生した場合には、貫通部止水処置の性能に影響を与える可能性があるため、地震時の影響について確認する。

2. 浸水防止蓋と貫通配管の支持構造

(1) 貫通配管の支持構造

第3号機補機冷却海水系放水ピットに設置されている浸水防止蓋と貫通配管の配置の概要について、図-1に示す。

屋外部の貫通配管を支持する支持構造物は2箇所設置しており、3号機海水熱交換器建屋から支持している。

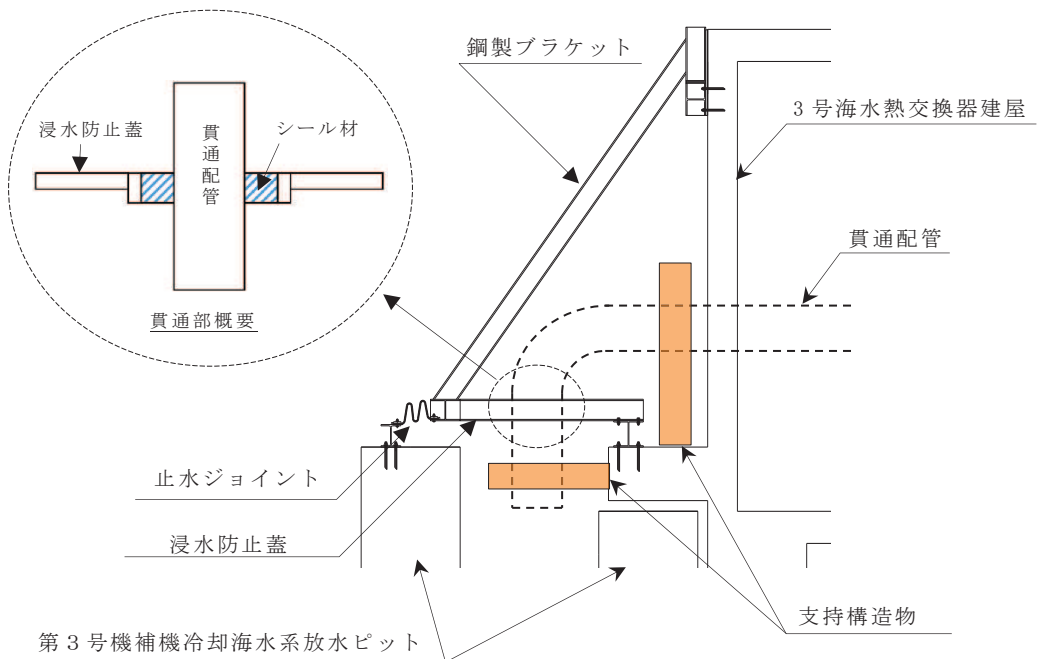


図-1 浸水防止蓋と貫通配管の配置概要

(2) 浸水防止蓋の支持構造について

浸水防止蓋，鋼製ブラケットで構成され，3号海水熱交換器建屋に支持する構造としている。また，第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部には止水ジョイント（M型ジョイント）が設置されており，第3号機補機冷却海水系放水ピット側の相対変位の影響を受けない構造としている。

3. 貫通配管の地震時の影響

「補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 5.24.1 3号機補機放水側配管の基準地震動 S_s に対する耐震評価」において，基準地震動 S_s 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確認している。また，図-2～5に示す評価モデルにより固有値解析を実施している。

評価の結果，表-1に示すように固有周期が0.050s以下であることから，剛構造であり，地震時は建屋と配管系が一体で動く構造であることを確認している。また，配管の支持構造物は，配管貫通部の前後の2箇所を設置し，それぞれ軸直角方向にて拘束することで，地震における発生する変位が小さくなるように設計している。浸水防止蓋との貫通部における基準地震動 S_s における最大変位は表-2に示すとおり，非放射性ドレン移送系の8mmであり，非放射性ドレン移送系におけるシール材については，50mmの変位に対応できることを確認しているため，変位の影響は十分小さい。

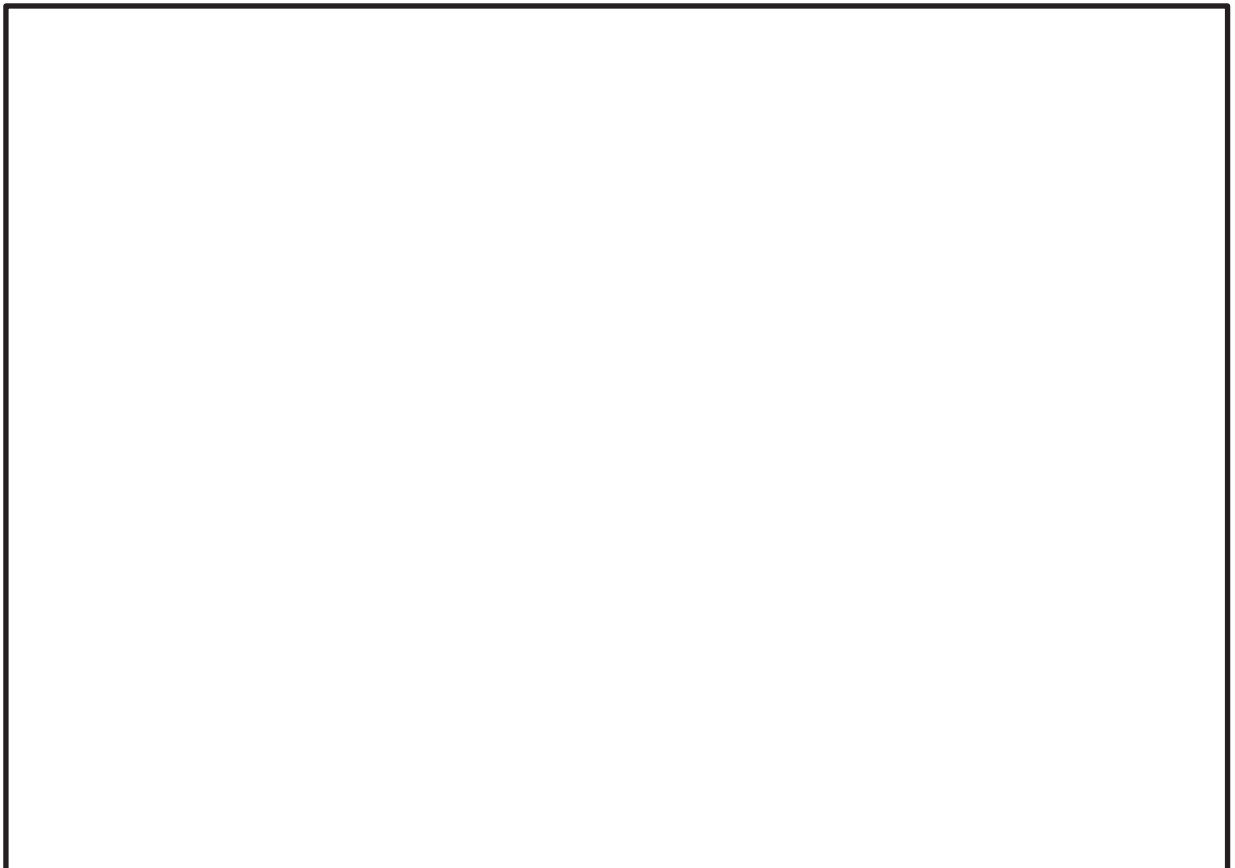


図-2 タービン補機冷却海水系 系統評価モデル図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

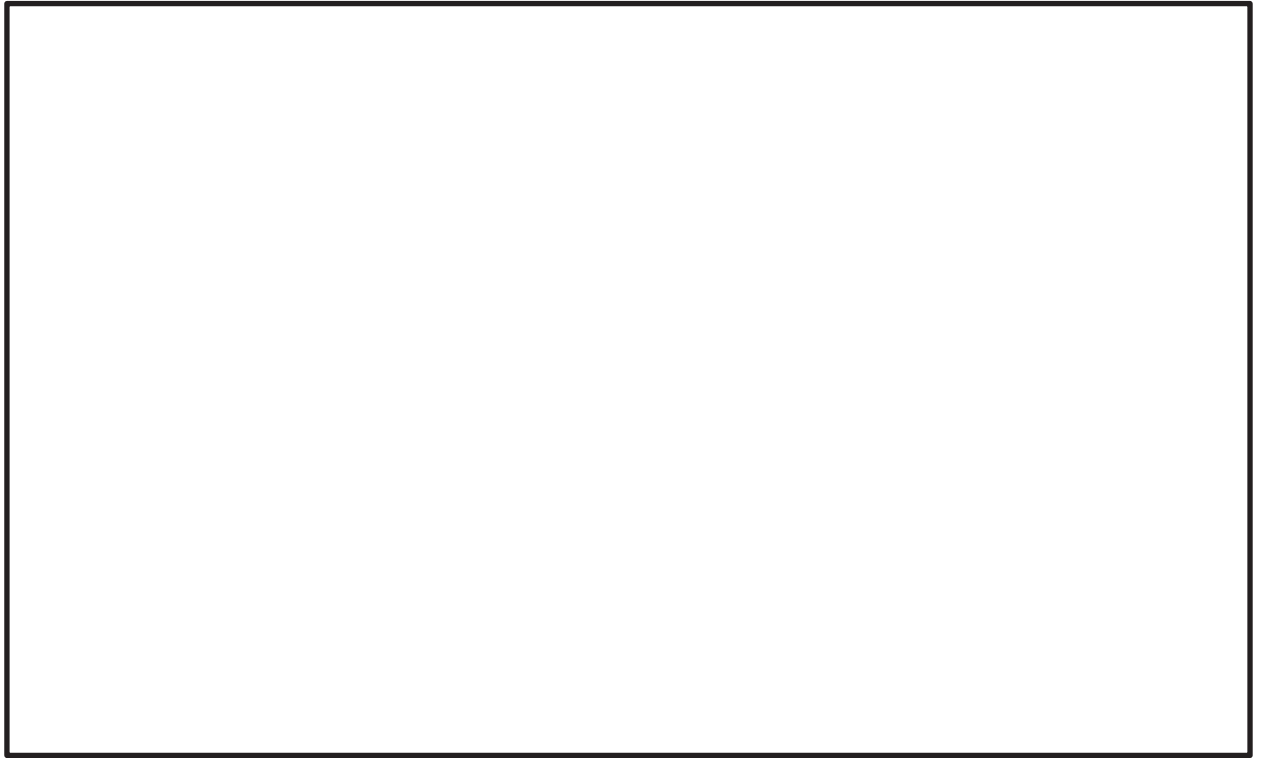


図-3 原子炉補機冷却海水系 系統評価モデル図

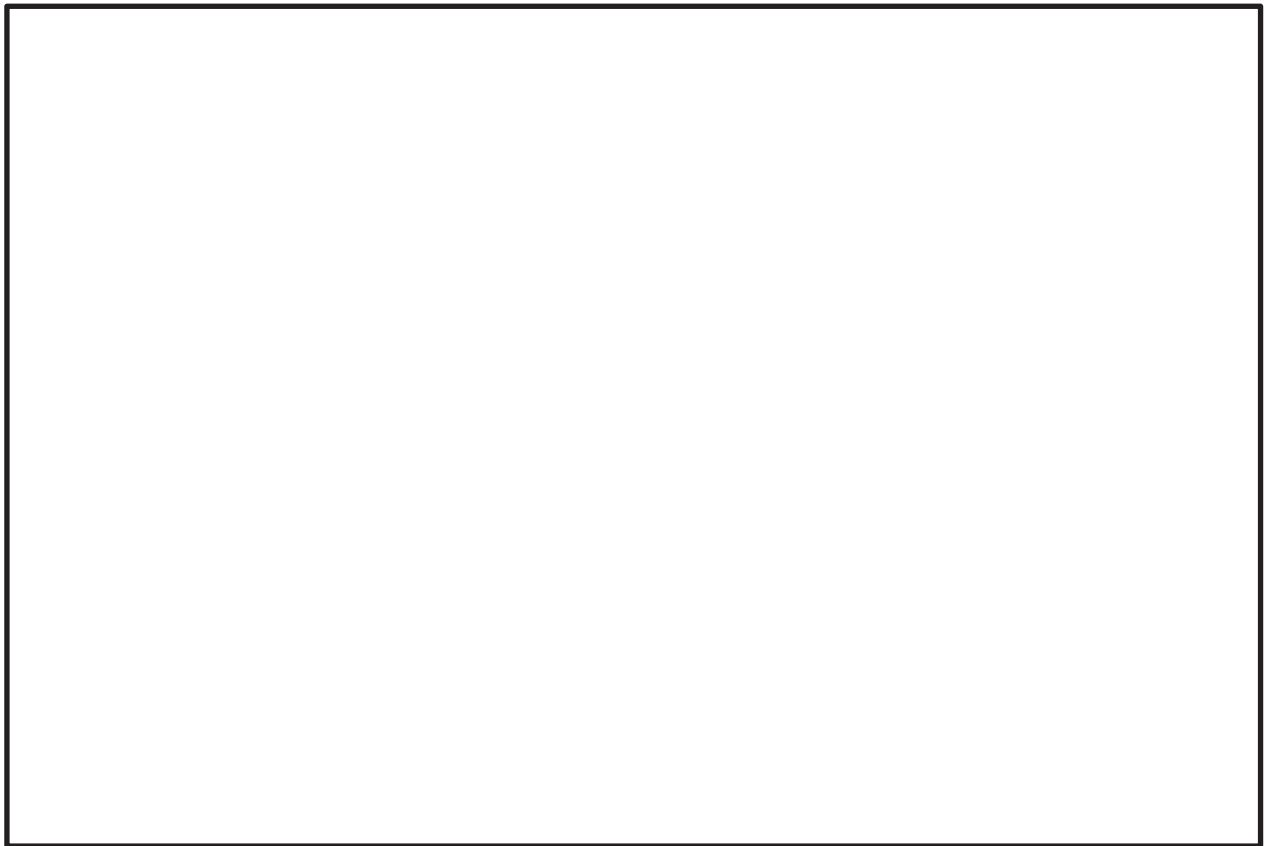


図-4 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系 系統評価モデル図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

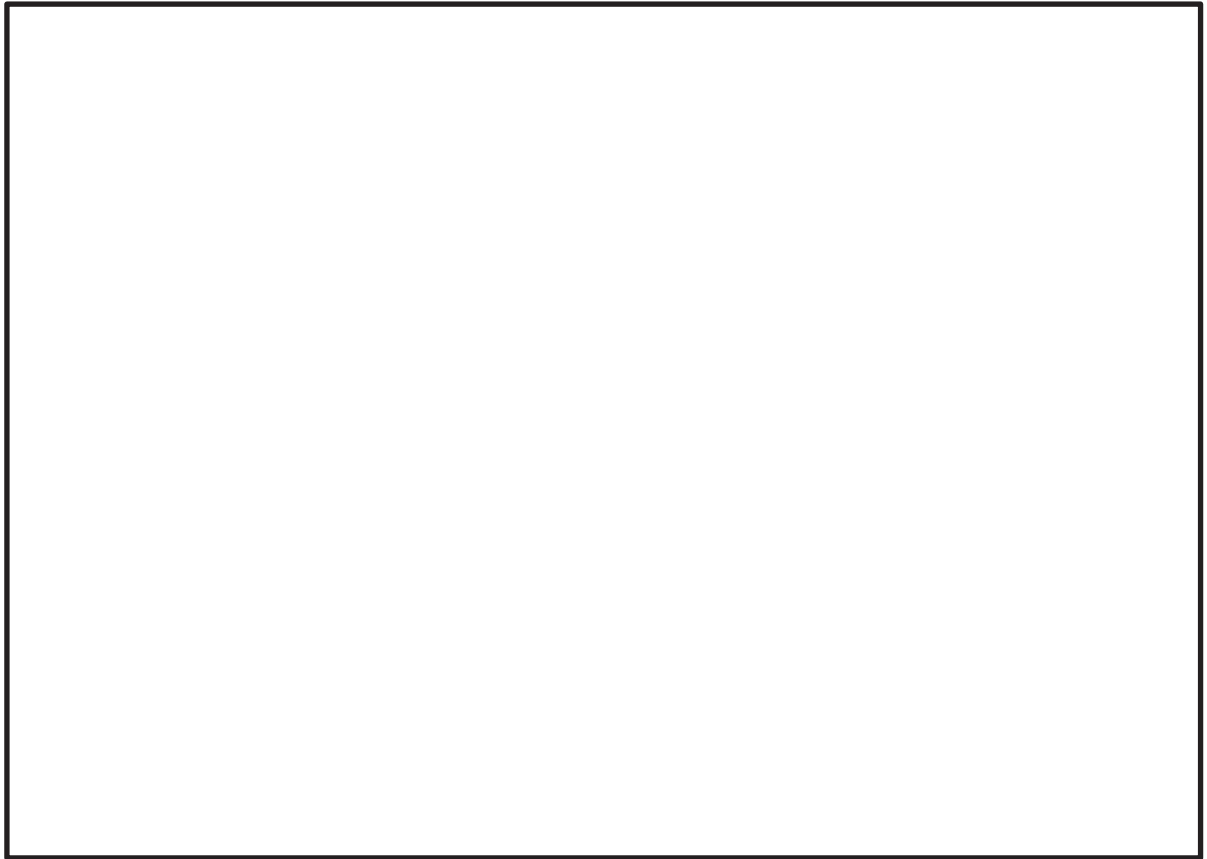


図-5 非放射性ドレン移送系 系統評価モデル図

表-1 固有周期

対象系統	固有周期 (s)	(参考) 固有振動数 (Hz)
タービン補機冷却海水系 (500A)	0.037	27.02
原子炉補機冷却海水系 (500A)	0.028	35.71
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系 (200A)	0.025	40.00
非放射性ドレン移送系 (50A)	0.046	21.73

表-2 浸水防止蓋部における3号海水熱交換器建屋に対する最大相対変位

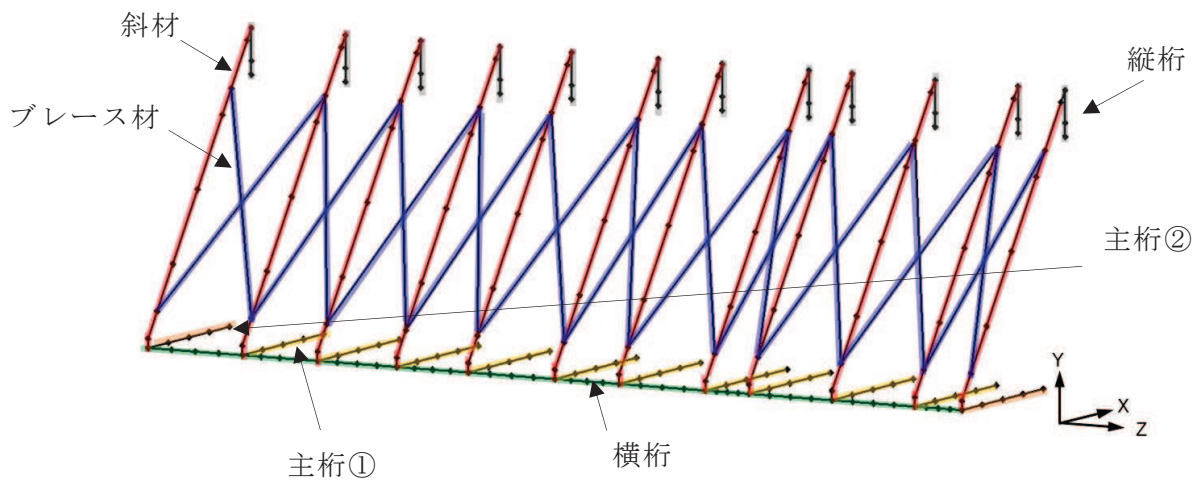
対象系統	最大相対変位 (mm)
タービン補機冷却海水系 (500A)	3
原子炉補機冷却海水系 (500A)	1
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系 (200A)	1
非放射性ドレン移送系 (50A)	8

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 浸水防止蓋の地震時の影響

添付資料「VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）耐震計算書」において、基準地震動 S_s 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確認している。また、図-6 に示す三次元フレームモデルにより固有値解析を実施しており、表-3 に示すとおり固有振動数が 20Hz 以上であることから、剛構造であることを確認している。

評価の結果、表-3 に示すとおり、固有振動数が 20Hz 以上であることから、剛構造であり、地震時は建屋と浸水防止蓋が一体で動く構造であり、変位量は十分小さいことを確認している。



対象部材	材質	断面形状
— : 主桁①	SUS304	H-200×200×20×20
— : 主桁②	SUS304	H-200×300×20×20
— : 斜材	SUS304	H-200×200×8×12
— : 横桁	SUS304	H-200×300×20×20
— : ブレース材	SUS304	L-60×60×5
— : 縦桁	SUS304	H-200×200×8×12

図-6 固有値解析モデル

表-3 固有値解析結果

振動モード 次数	卓越 方向	固有振動数 f (Hz)
1	Z	24.17
38	Y	108.71
95	X	276.20

5. 貫通部止水処置への影響

貫通する配管の地震時における3号海水熱交換器建屋との相対変位は最大で8mmである。また、浸水防止蓋の地震時における3号海水熱交換器建屋との相対変位は十分に小さいことを確認しており、貫通する配管とシール材を施工する浸水防止蓋との間には十分なすき間を確保する設計としていることから、貫通する配管と浸水防止蓋が干渉することはない。

貫通部止水処置については、貫通する配管と浸水防止蓋の相対変位が小さいことに加えて、シール材は柔軟性に優れたゴム系材料を使用しており、地震時における相対変位についても、十分追従できるように設計していることから、シール材に対して有意な配管荷重は発生しない。このため、地震による相対変位や荷重によるシール材への影響は軽微であり、地震時において貫通部止水処置の性能に影響を与えない。

- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
- 6.5 浸水防止設備に関する補足説明
- 6.5.6 貫通部止水処置に関する補足説明
- 6.5.6.2 貫通部止水処置の強度計算書に関する補足説明

目次

1. 概要	6.5.6.2-1
2. 一般事項	6.5.6.2-2
2.1 配置概要	6.5.6.2-2
2.2 構造概要	6.5.6.2-2
2.3 評価方針	6.5.6.2-6
2.4 適用規格・基準等	6.5.6.2-8
2.5 記号の説明	6.5.6.2-9
3. 評価対象部位	6.5.6.2-11
4. 構造強度評価	6.5.6.2-12
4.1 構造強度評価方法	6.5.6.2-12
4.2 荷重及び荷重の組合せ	6.5.6.2-12
4.2.1 荷重の設定	6.5.6.2-12
4.2.2 荷重の組合せ	6.5.6.2-15
4.3 許容限界	6.5.6.2-16
4.4 設計用地震力	6.5.6.2-18
4.5 計算方法	6.5.6.2-21
4.5.1 シール材の強度評価（発生圧力計算）	6.5.6.2-21
4.5.2 モルタルの強度評価（荷重計算）	6.5.6.2-21
4.6 計算条件	6.5.6.2-22
5. 評価結果	6.5.6.2-27
(別紙1) 遮水鋼板におけるケーブルトレイ貫通部の強度評価について	6.5.6.2-28
(参考1) 第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋及び貫通配管に対する地震時の影響について	6.5.6.2-44
(参考2) 遮水鋼板におけるケーブルトレイ貫通部の相対変位による貫通部止水処置の性能への影響について	6.5.6.2-50
(参考3) ケーブルトレイにおける充填タイプシール材の施工方法について	6.5.6.2-56

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-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貫通部止水処置が、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重、地震による溢水に加えて津波の流入又は内部溢水の浸水によって生じる浸水深が大きい方の静水圧荷重及び余震を考慮した荷重に対して、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。

なお、貫通部止水処置の強度評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

貫通部止水処置は、添付書類「VI-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」の「3. 構造強度設計」の構造計画に示すとおり、第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部、第2号機放水立坑防潮壁横断部、第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部、第3号機放水立坑防潮壁横断部、第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部、第2号機原子炉建屋、第2号機制御建屋及び第2号機軽油タンクエリアの貫通口と貫通物とのすき間又は貫通物の周囲に施工する。

2.2 構造概要

貫通部止水処置の構造は、添付書類「VI-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」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。

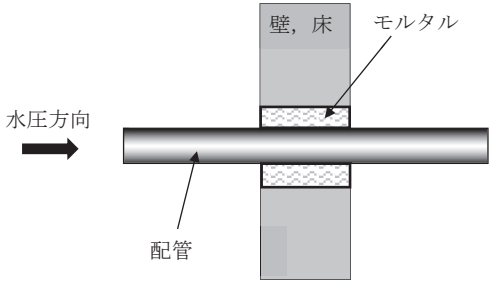
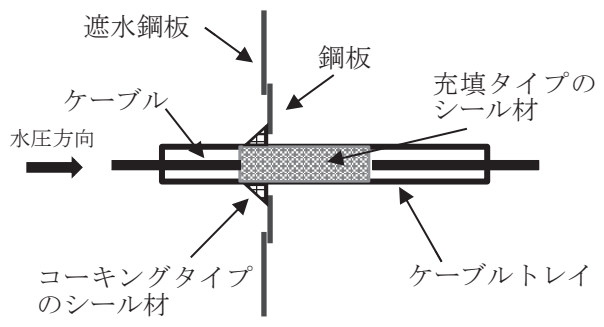
貫通部止水処置は、貫通部の位置条件及び貫通物の強度条件に応じて、シール材又はモルタルを使用し、各貫通部止水処置の適用条件を考慮し施工する。シール材及びモルタルは壁又は床面等の貫通口と貫通物のすき間に施工し、壁又は床面等と貫通物を接合する構造とする。貫通部止水処置の構造計画を表2-1に示す。

なお、表2-1に示すとおり、第2号機放水立坑防潮壁横断部に施工する遮水鋼板をケーブルトレイが貫通する部分については遮水鋼板に取付けた鋼板及びシール材により、止水性を確保する構造とする。当該ケーブルトレイ貫通部止水処置の強度評価結果については、本資料の別紙1に示す。

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画

計画の概要		説明図*
基礎・支持構造	主体構造	
貫通部の開口部にシリコンシーリング材を充填する。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、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。	充填タイプのシリコンシーリング材にて構成する。	<p style="text-align: center;">説明図*</p> <p style="text-align: center;">シリコンシーリングの構造例（押さえ板有り）</p> <p style="text-align: center;">シリコンシーリングの構造例（押さえ板無し）</p> <p style="text-align: center;">シリコンシーリングの構造例（電線管）</p> <p style="text-align: center;">シリコンシーリングの構造例（ケーブルトレイ）</p>

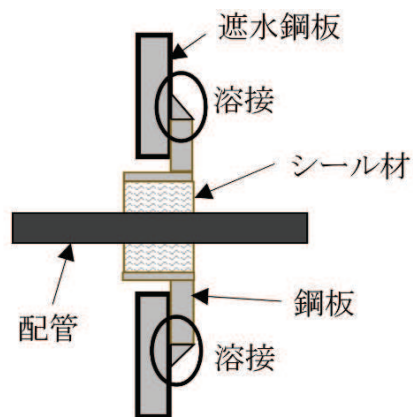
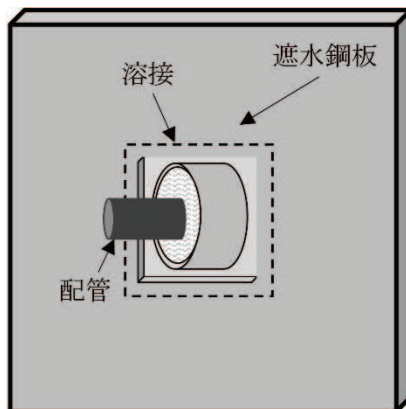
注記*：水圧方向は、主たる作用方向を示す。

計画の概要		説明図*
基礎・支持構造	主体構造	
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。	モルタルにて構成する。	 <p>モルタルの構造例</p>
<p>遮水鋼板のケーブルトレイの貫通部は、鋼板を遮水鋼板に溶接し、ケーブルトレイとの隙間にコーキングする。</p> <p>ケーブルトレイの内部はシリコンシール材を充填する。</p> <p>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、鋼板及びケーブルトレイと一定の付着力によって接合する。</p>	<p>遮水鋼板のケーブルトレイの貫通部は、鋼板及びコーキングタイプのシリコンシール材にて構成する。</p> <p>また、ケーブルトレイの内部は充填タイプのシリコンシール材にて構成する。</p>	 <p>シリコンシールの構造例 (遮水鋼板のケーブルトレイ貫通部)</p>

注記*：水圧方向は、主たる作用方向を示す。

(遮水鋼板へ施工する配管の貫通部止水処置の構造)

遮水鋼板を貫通する配管貫通部の止水をするため、配管を囲うように鋼板及び鋼製スリーブを遮水鋼板に溶接し、鋼製スリーブと配管の隙間に対し充填タイプのシール材を施工する。



2.3 評価方針

貫通部止水処置の強度評価は、添付書類「VI-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応力等が許容限界以下であることを確認する。

貫通部止水処置は構造上の特徴の違いから、シーリング材並びにモルタルに分けて設計を行うこととする。シーリング材の強度評価フローを図 2-1 に、モルタルの強度評価フローを図 2-2 に示す。

シーリング材については、添付書類「VI-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」の「4.2 許容限界」にて設定しているとおり、計算により求めた圧力が、水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する。

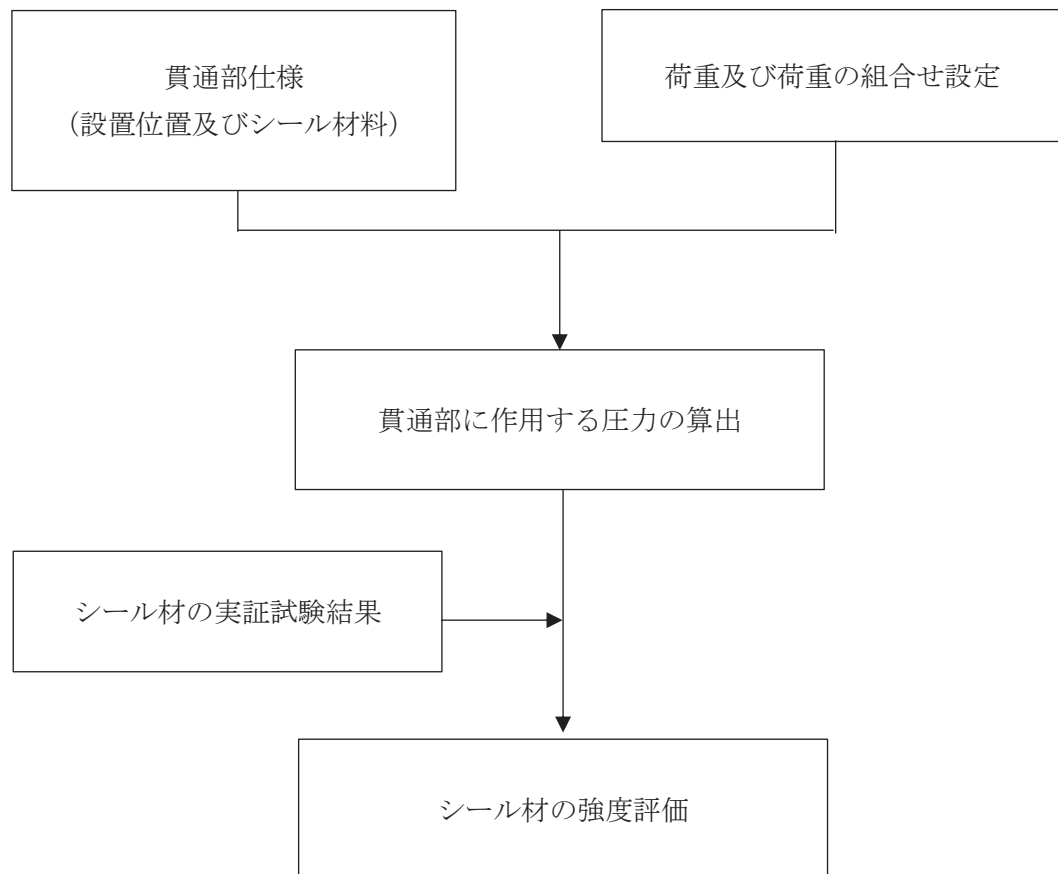


図 2-1 シーリング材の強度評価フロー

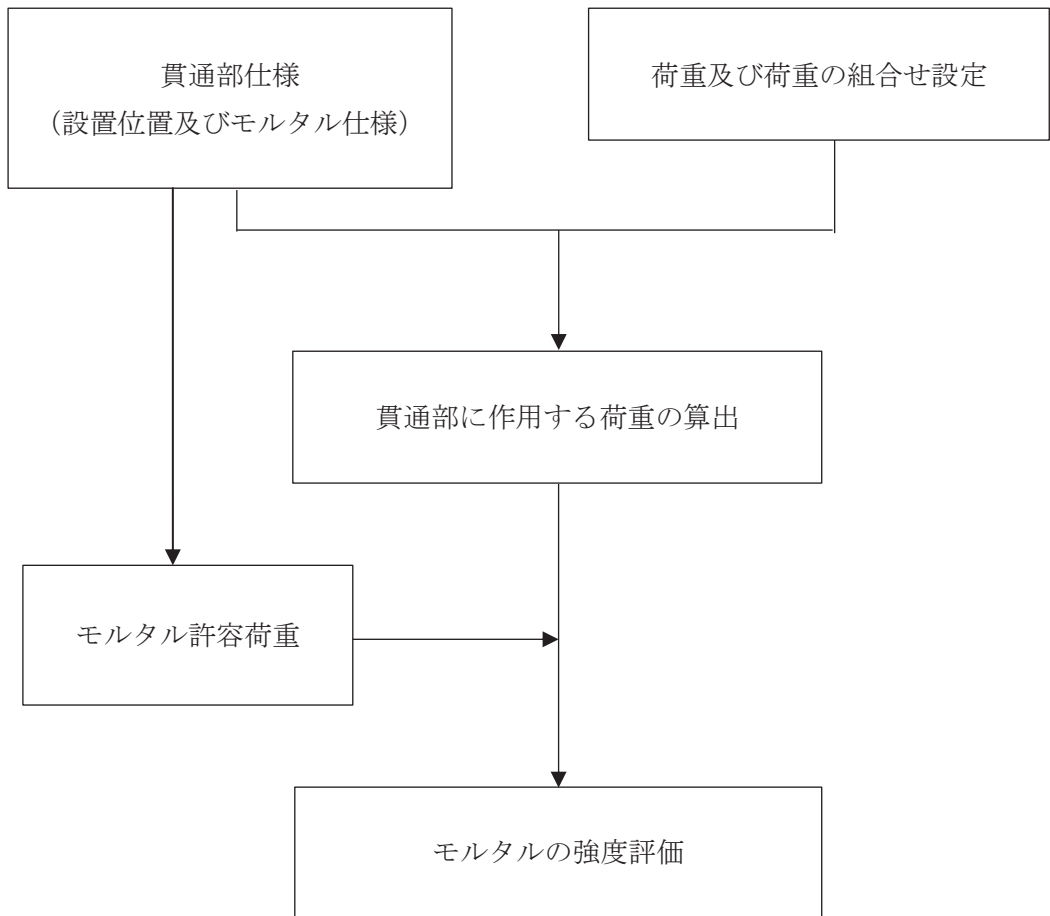


図 2-2 モルタルの強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す

- (1) JSME S NC 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
(以下，設計・建設規格という。)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編 (JEAG 4601・補-1984)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1991 追補版)
(以下「JEAG 4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)
- (5) 日本水道協会 2009年 水道施設耐震工法指針・解説
- (6) 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]

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 2-2、表 2-3 に示す。

表 2-2 シール材の強度評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
C_H	弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ による水平方向の設計震度	—
C_v	弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ による鉛直方向の設計震度	—
g	重力加速度	m/s^2
h	貫通部にかかる水頭	m
H	貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ	m
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
C_D	抗力係数	—
U	貫通部に加わる流体の速度	m/s
P_d	余震による動水圧	MPa
P_h	浸水津波荷重	MPa
P_t	突き上げ津波荷重	MPa
P_{s_d}	余震による慣性力	MPa
$P_{H\ total}$	貫通物の貫通軸が水平方向であるシール材に加わる荷重	MPa
$P_{v\ total}$	貫通物の貫通軸が鉛直方向であるシール材に加わる荷重	MPa

表 2-3 モルタルの強度評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A'	モルタルが水圧を受ける面積	mm^2
f_s	モルタルの許容付着強度	N
f'_{bok}	モルタルの付着強度	N/mm^2
f'_{ck}	モルタルの圧縮強度	N/mm^2
F_H	貫通物の軸方向に作用する荷重	N
F_S	貫通物の自重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	貫通部にかかる水頭	m
H	貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ	m
$K S d$	弾性設計用地震動に伴う余震荷重	N
L	モルタルの充てん深さ	m
P_d	動水圧	N/m^2
P_h	静水圧荷重	N/m^2
C_H	弾性設計用地震動 $S d$ による水平方向の設計震度	—
C_{HW}	動水圧算出用の水平方向震度（余震）	—
C_v	弾性設計用地震動 $S d$ による鉛直方向の設計震度	—
S	貫通物の周長	m
W	貫通物の支持間隔の質量	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. 評価対象部位

貫通部止水処置の評価部位は、添付書類「VI-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」に示している評価対象部位を踏まえて、「2.2 構造概要」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。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重，地震による溢水に加えて津波の流入によって生じる浸水深が大きい方の静水圧荷重及び余震を考慮した荷重は，止水処置全体へ伝達される。このことから，シール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。

シール材については，作用する圧力による荷重が最も大きい貫通部を代表として評価を行う。モルタルについては，作用する荷重が最も大き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「VI-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. 評価対象部位」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 (D)

固定荷重は、貫通軸上の貫通物（配管等を示す。以下同じ。）の質量及び内容物の質量による荷重である。

(2) 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。

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

ここで、 ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)
 g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)
 h : 貫通部ににかかる水頭 (m)

(3) 突き上げ津波荷重 (P_t)

貫通部止水処置に加わる津波速度を考慮する。

$$P_t = 1/2 \cdot C_D \cdot \rho \cdot U^2 + \rho \cdot g \cdot h$$

ここで、 C_D : 抗力係数 (=2.01)
 ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)
 U : 貫通部に加わる流体の速度 (=1.0m/s)
 g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)
 h : 貫通部ににかかる水頭 (m)

(4) 余震荷重

余震荷重は、添付書類「VI-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-D2} に伴う地震力（動水圧含む。）とする。

ただし、モルタルの余震荷重の算出においては、弾性設計用地震動 S_{d-D2} よりも保守的な値である弾性設計用地震動 S_d（7波包絡）に伴う地震力を用いることとする。

a. シール材

(a) 余震による動水圧 (K S d)

余震による動水圧がシール材に作用することを考慮する。

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_H \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h}$$

ここで, β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (=) (「日本水道協会 2009年 水道施設耐震工法指針・解説」より)

ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)

C_H : 弾性設計用地震動 S d - D 2 による水平方向の設計震度

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H : 貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ

h : 貫通部にかかる水頭 (m)

(b) 余震による慣性力 (S d)

津波による静水頭が余震を受けた場合の慣性力を考慮する。

$$P_{s d} = h \cdot \rho \cdot g \cdot C_v$$

ここで, h : 貫通部にかかる水頭 (m)

ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

C_v : 弾性設計用地震動 S d - D 2 による鉛直方向の設計震度

b. モルタル

(a) 余震による地震力

イ. 貫通物による余震荷重

貫通物からモルタルに作用する荷重として、支持構造物間の固定荷重及び地震力を考慮する。図 4-1 にモルタルへの付着方向の地震力(余震荷重)の作用図を示す。

また、貫通物は柔構造となる場合があることから、貫通物の設置場所における床応答スペクトルを用いて設計震度を算出する。

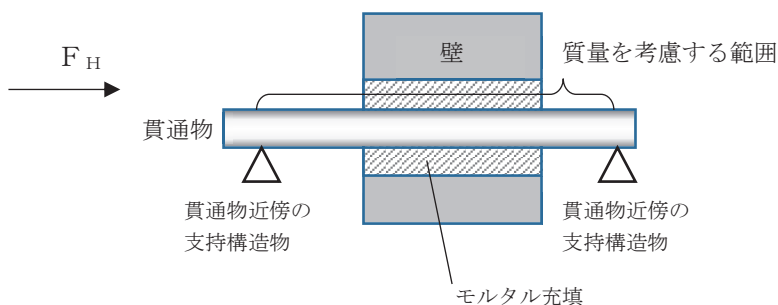


図 4-1 モルタルへの付着方向の余震荷重作用図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ロ. 評価において考慮する貫通部
評価においては、イ. に基づく余震荷重と最も荷重が大きくなる貫通物を考慮して算出する。

ハ. モルタルに作用する付着荷重
モルタルに作用する余震による付着荷重については、イ. に示す支持構造物間の貫通物に作用する余震荷重から算出する。

(b) 余震による動水圧 (K S d)

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。

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_{HW} \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h}$$

ここで、 β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (「日本水道協会 2009年 水道施設耐震工法指針・解説」より)

ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)

C_{HW} : 動水圧算出用の水平方向震度 (余震)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H : 貫通部敷設エリアの床面からの浸水深度 (m)

h : 貫通部ににかかる水頭 (m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2.2 荷重の組合せ

貫通部止水処置の強度評価にて考慮する荷重の組合せを表 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)	貫通部止水処置 (第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部, 第 2 号機放水立坑防潮壁横断部, 第 3 号機海水ポンプ室防潮壁横断部, 第 3 号機放水立坑防潮壁横断部, 第 2 号機原子炉建屋, 第 2 号機制御建屋及び第 2 号機軽油タンクエリアの貫通部)	$D + P_h + K S_d^{*1*3*4}$
	貫通部止水処置 (第 3 号機補機冷却海水系放水ピット 浸水防止蓋貫通部)	$D + P_t + S_d^{*2*3*5}$

注記 * 1 : Dは固定荷重, P_h は浸水津波荷重, $K S_d$ は弾性設計用地震動 $S_d - D2$ による余震荷重 (余震による動水圧 P_d) を示す。ただし, モルタルは弾性設計用地震動 S_d (7波包絡) による余震荷重 (貫通物による余震荷重及び余震による動水圧 P_d) を示す。

* 2 : Dは固定荷重, P_t は突き上げ津波荷重, S_d は弾性設計用地震動 $S_d - D2$ による余震荷重 (余震による慣性力 $P_{s,d}$) を示す。

* 3 : 固定荷重 (D) について, シール材を施工する配管貫通部は, 耐震性を満足させるため, 貫通部近傍の配管に支持構造物を設置する設計としており, シール材に加わる固定荷重の影響は軽微であるため考慮しない。

* 4 : 水平方向に荷重を受ける箇所に適用する。

* 5 : 鉛直方向に荷重を受ける箇所に適用する。

4.3 許容限界

(1) 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压を付加した水圧試験に基づく結果を用いる。シール材の水圧試験の概要を図4-2に示す。実機施工時には、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、想定するシール材に加わる圧力が、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。

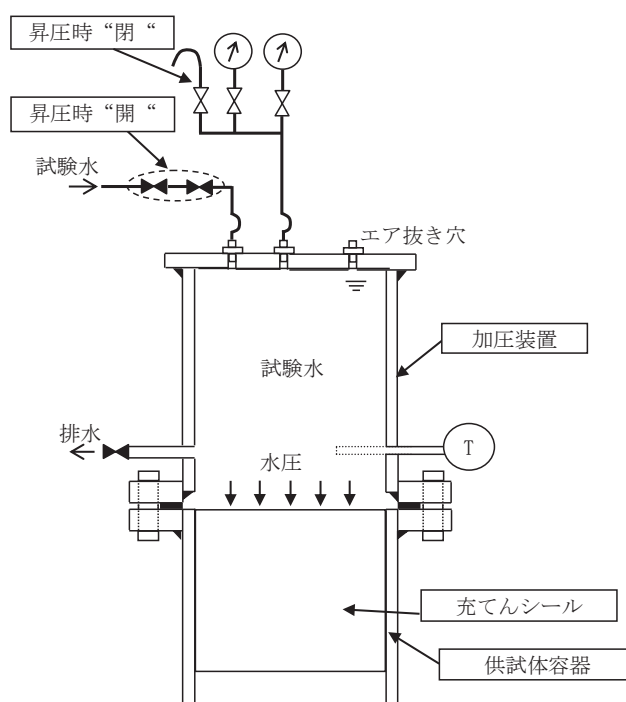


図4-2 シール材の水圧試験の概要

(2) モルタル

各評価対象部位の許容値は、土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]に規定される許容限界を用いる。

貫通部止水処置の許容限界を表 4-2, 許容限界評価条件を表 4-3, 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 4-3 に示す。

表 4-2 貫通部止水処置の許容限界 (許容荷重)

状態	許容限界*
	付着荷重
短期	f_s

注記* :モルタルの許容限界は、土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]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。モルタル圧縮強度 f'_{ck} は設計値を用いる。また、評価において最も裕度が小さくなる貫通物の口径=50A, モルタル充填深さ $L=1000\text{mm}$ とする。

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

ここで, S : 周長 (=外径 $60.5\text{mm} \times \pi = 190.0664\text{mm}$)

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

表 4-3 貫通部止水処置の許容限界評価条件

評価対象部位	f'_{ck} (N/mm^2)	γ_c (-)
モルタル	30	1.3

表 4-4 貫通部止水処置の許容限界算出結果

状態	評価対象部位	許容限界
		付着荷重 (kN)
短期	モルタル	158

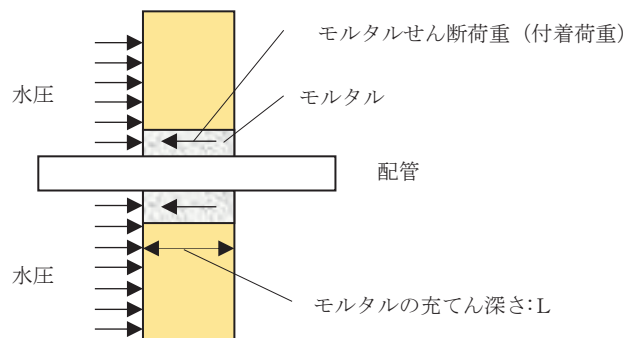


図 4-3 モルタルの施工例

4.4 設計用地震力

(1) シール材

シール材の強度評価における弾性設計用地震動 S d - D 2 に伴う地震力については、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」に示す最大床応答加速度を考慮して設定する。貫通部止水処置の強度評価に用いる設計用震度を表 4-5、表 4-6、表 4-7 に示す。

表 4-5 シール材の強度計算に用いる設計用震度

地震動	床面高さ* ¹	貫通部止水処置の設置場所	余震による設計震度* ²	
	O.P. (m)			
弾性設計用地震動 S d - D 2	13.8	第 3 号機放水立坑防潮壁横断部 (第 3 号機放水立坑)	水平方向 C _H	0.40
	14.0	第 3 号機補機冷却海水系放水 ピット浸水防止蓋貫通部 (第 3 号機海水熱交換器建屋)	鉛直方向 C _V	0.89

注記 *1：貫通部止水処置の設置場所より高い基準床レベルを設定している。

*2：最大床応答加速度の 1.2 倍を設計震度とした。

表 4-6 女川 3 号機放水立坑に設置する機器等の評価用震度（余震評価用）

（強度評価用：1.2ZPA）（弾性設計用地震動 S d - D 2，不確かさ包絡）

標高* O.P. (m)	動的震度 (1.2ZPA) (単位：G)					
	水平			鉛直		
	鋼桁 5	鋼桁 6	水平 包絡	鋼桁 5	鋼桁 6	鉛直 包絡
14.800	0.40	0.37	0.40	0.85	0.95	0.95
11.000	0.37	0.32	0.37	0.78	0.88	0.88

注記 *：耐津波設計においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため、表記 O.P. より -1m した値を記載する。

表 4-7 3号海水熱交換器建屋内機器等の評価用震度（余震評価用）
 （強度評価用：1.2ZPA）（弾性設計用地震動 S d - D 2，不確かさ包絡）

標高* O.P.(m)	動的震度(1.2ZPA) (単位:G)			
	NS	EW	水平包絡	鉛直
15.0	1.89	1.66	1.89	0.89
8.0	1.40	1.32	1.40	0.77
-1.1	0.89	0.90	0.90	0.60
-9.5	0.51	0.51	0.51	0.46

注記 *：耐津波設計においては，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う，牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため，表記 O.P. より -1 m した値を記載する。

(2) モルタル

モルタルの強度評価における弾性設計用地震動 S d に伴う地震力については，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」における設計用地震力に基づき設計する。貫通部止水処置の強度評価に用いる設計用震度を表 4-8 に示す。また，固有周期毎の水平方向の震度を図 4-4 に示す。

表 4-8 モルタルの強度計算に用いる設計用震度

地震動	床面高さ* ¹ O.P. (m)	貫通部止水処置の設置場所	余震による設計震度* ²	
			水平方向 C _H	鉛直方向 C _V
弾性設計用地震動 S d (7波包絡)	13.8	軽油タンク室 (A, B) (タンク室)	水平方向 C _H	8.62
			鉛直方向 C _V	6.77

注記 *¹：貫通部止水処置の設置場所より高い基準床レベルを設定している。

*²：モルタルは評価対象箇所が多いことから，設計震度の算出については，設置場所である軽油タンク室 (A, B) (タンク室) の全ての対象箇所を包絡するように全周期帯の最大加速度を用いた。また，保守的な評価となるように設置場所の床応答曲線は減衰定数 0.5% を適用した。

図番 : 02_DOT_Sd-AL_C00_0_5_HH_14.800_h_Rev00_h2

構造物名 : 軽油タンクピット(A)(B)-タンク側
標高 : O.P. 14.800m
減衰定数 : 0.5
波形名 : Sd-AL

——水平方向

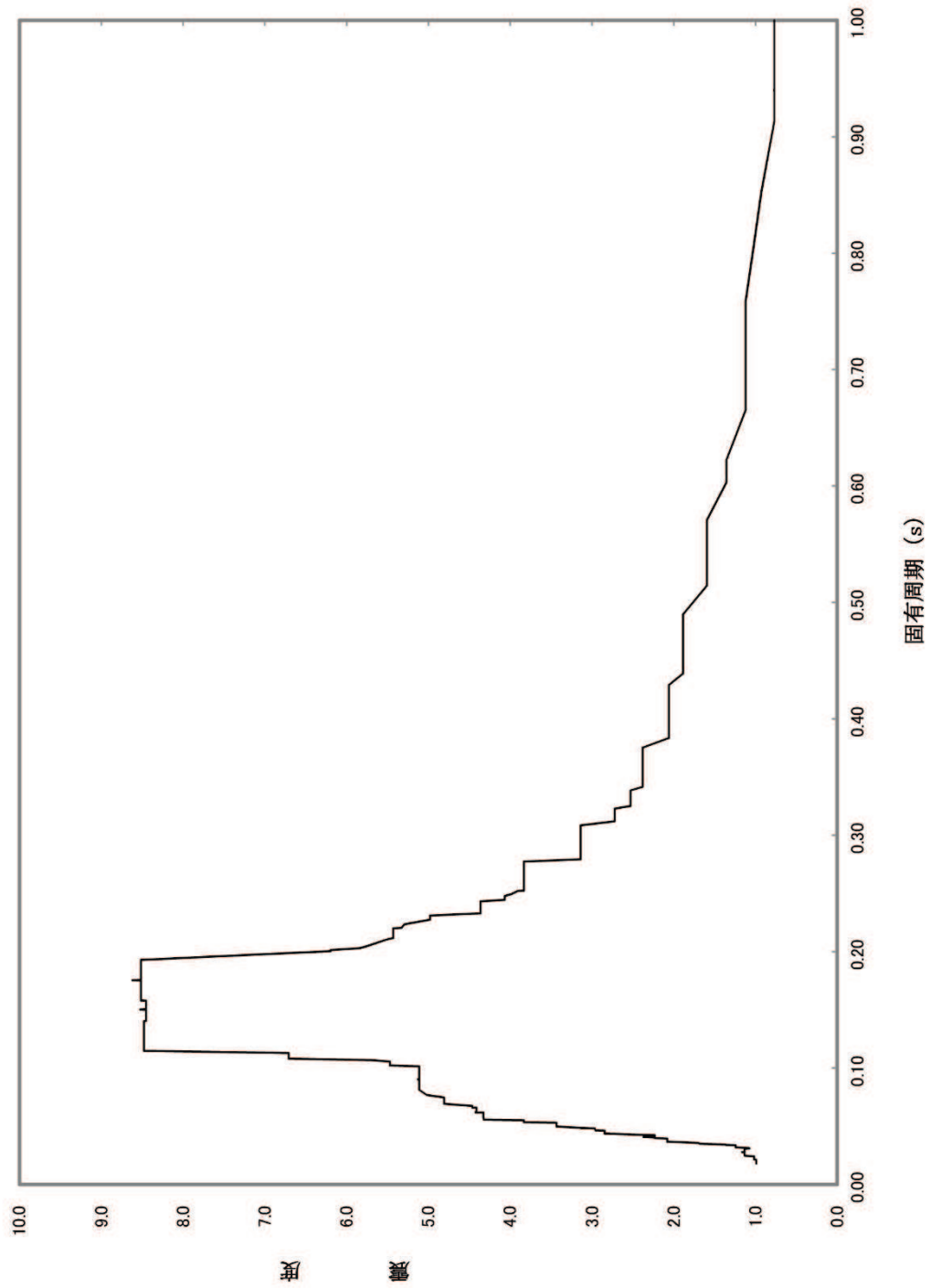


図 4-4 固有周期毎の水平方向の震度

4.5 計算方法

4.5.1 シール材の強度評価（発生圧力計算）

貫通物の貫通軸が水平方向であるシール材は，浸水津波荷重 P_h と余震による動水圧 P_d を考慮する。

$$P_{H \text{ total}} = P_h + P_d$$

貫通物の貫通軸が鉛直方向であるシール材は，津波による突き上げ津波荷重 P_t と余震による慣性力 $P_{s d}$ を考慮する。

$$P_{v \text{ total}} = P_t + P_{s d}$$

4.5.2 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。

$$F_H = W \cdot g \cdot (1 + C_H)$$

$$F_S = F_H$$

(2) 合計荷重

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

$$F_{S \text{ total}} = F_S + (P_h + P_d) \cdot A'$$

ここで， A' : モルタルが水圧を受ける面積（=0.011 m²）

ここでは，モルタルの面積が保守的になるように，貫通物の面積を考慮しない，スリーブ口径（100A=外径 114.3mm）の面積を適用している。

4.6 計算条件

(1) シール材

シール材の強度評価に用いる計算条件を表 4-9 及び表 4-10 に示す。また、貫通部止水処置に加わる津波概要を図 4-5 及び図 4-6 に示す。

表 4-9 シール材（貫通軸：水平）の強度評価に用いる計算条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	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)	貫通部施設エリアの床 面からの浸水深さ* ¹ H (m)
第3号機放水立坑防 潮壁横断部 (シール材)	□	1030	21.2

貫通部位置における浸水深さ* ² h (m)	弾性設計用地震動 S d - D 2 による 水平方向の設計震度 C_H	重力加速度 g (m/s^2)
9.164	0.40	9.80665

注記 * 1 : 貫通部施設エリアの床面からの浸水深さ (H) は、貫通部施設エリアの床面 (O. P. -3.2m) から入力津波水位に 0.5m の余裕を考慮した津波水位 (O. P. 18.0m) までの寸法。

* 2 : 貫通部位置における浸水深さ h は開口下端高さ (O. P. 8.836m) から入力津波水位に 0.5m の余裕を考慮した津波水位 (O. P. 18.0m) までの寸法。

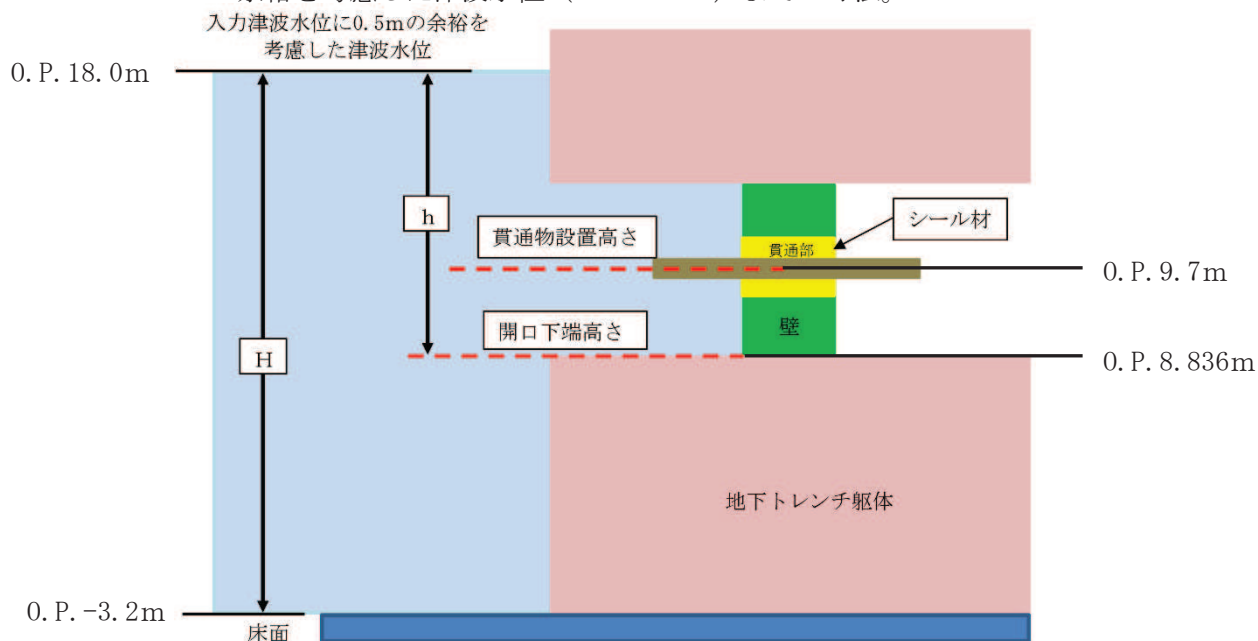


図 4-5 貫通部止水処置（貫通軸：水平）に加わる津波の概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-10 シール材（貫通軸：鉛直）の強度評価に用いる計算条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	海水の密度 ρ (kg/m ³)	抗力係数 C_D (-)	貫通部に加わる流体 の流速 U (m/s)
第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部*1 (シール材)	1030	2.01	1.0

貫通部位置における浸水深さ h (m)	重力加速度 g (m/s ²)
3.4*2	9.80665

注記 *1:第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋及び貫通配管については剛構造であり、地震時において有意な相対変位が発生しないことを確認したうえでシール材の施工を適用している。

*2:貫通部位置における浸水深さは、第3号機補機冷却海水系放水ピット躯体の天端高さ(0.P.14.6m)から入力津波水位に0.5mの余裕を考慮した津波水位(0.P.18.0m)までの寸法。

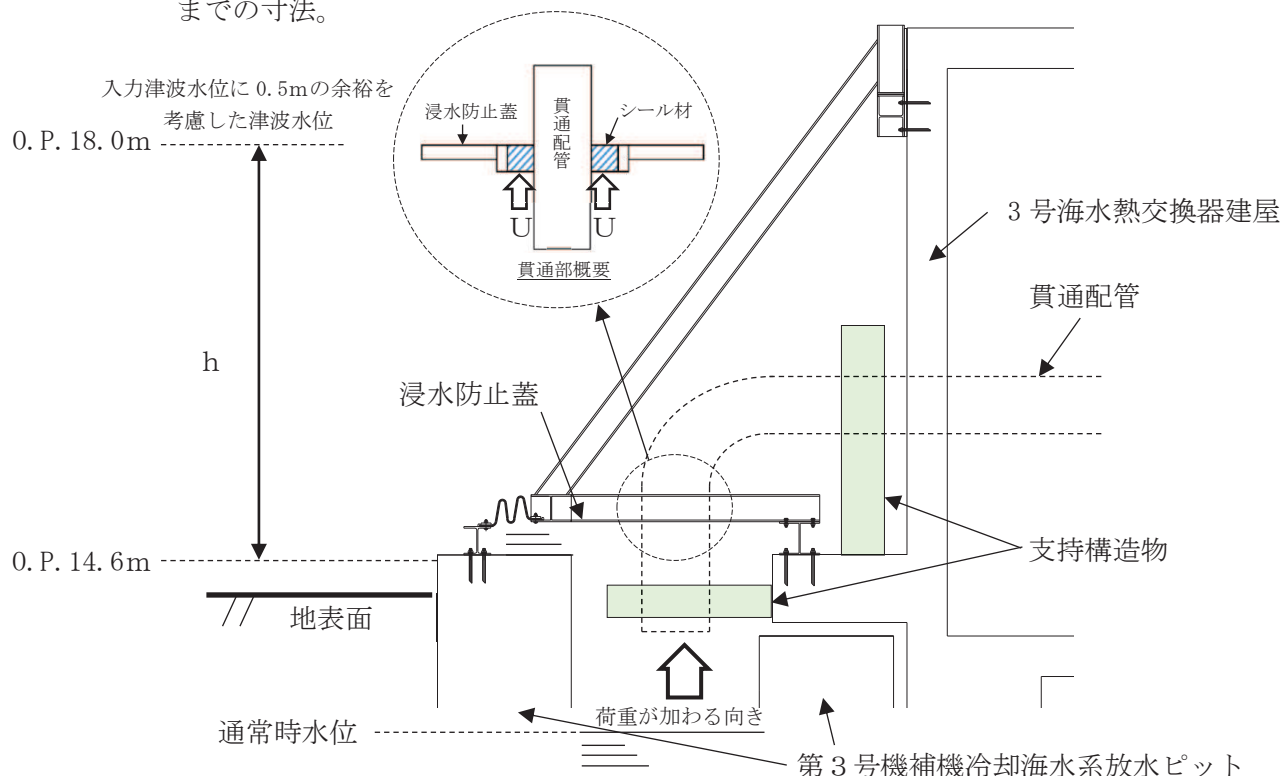


図 4-6 貫通部止水処置（貫通軸：鉛直）に加わる津波の概要

(2) モルタル

モルタルの強度評価に用いる計算条件を表 4-11 に示す。また、貫通部止水処置に加わる荷重の概要を図 4-7 に示す。

表 4-11 モルタルの強度評価に用いる計算条件

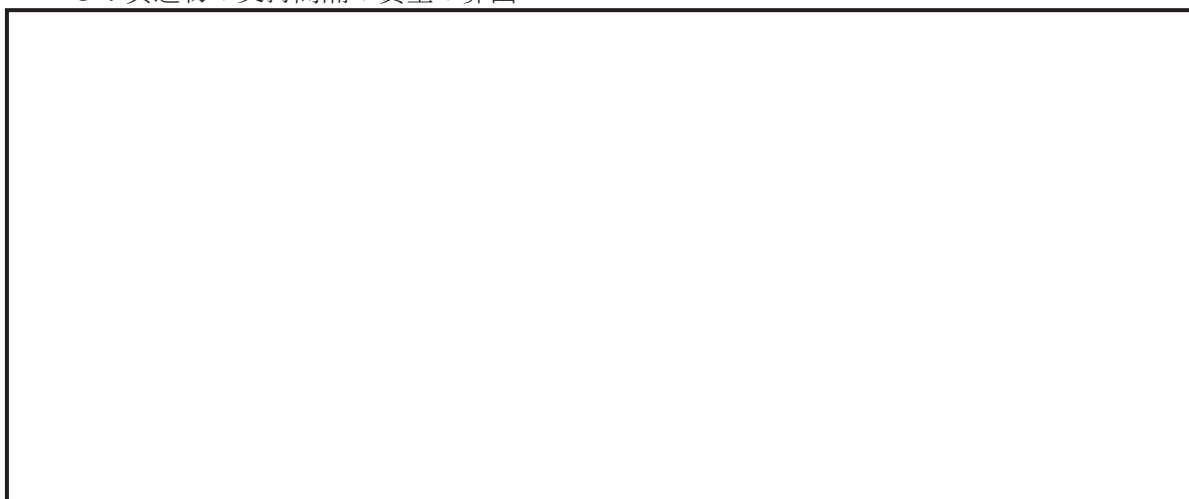
貫通部箇所 (貫通部仕様)	浸水エリアの幅と 水深の比による 補正係数 β	海水の密度 ρ (kg/m ³)	貫通部敷設エリアの 床面からの浸水深さ H (m)
第 2 号軽油 タンクエリア (モルタル)	□	1030	5.48* ¹

貫通部位置における 浸水深さ h (m)	貫通物の支持間隔 の質量 (kg)	モルタルが水圧を 受ける面積 A' (m ²)	動水圧算出用の 水平方向震度 C _{HW}
2.27	□	0.011	0.99* ²

注記 * 1 : 貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さHは、軽油タンク室が没水するとして、軽油タンク室の床面(0. P. 8. 5m)から屋外タンク等の破損による浸水深(0. P. 13. 8m+0. 18m)までの高さ。

* 2 : 動水圧算出用の水平方向震度は、弾性設計用地震動S_d (7波包絡) に伴う地震力として、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」に示す最大床応答加速度を考慮して設定する。動水圧算出用の水平方向震度を表 4-12, 表 4-13 に示す

* 3 : 貫通物の支持間隔の質量の算出



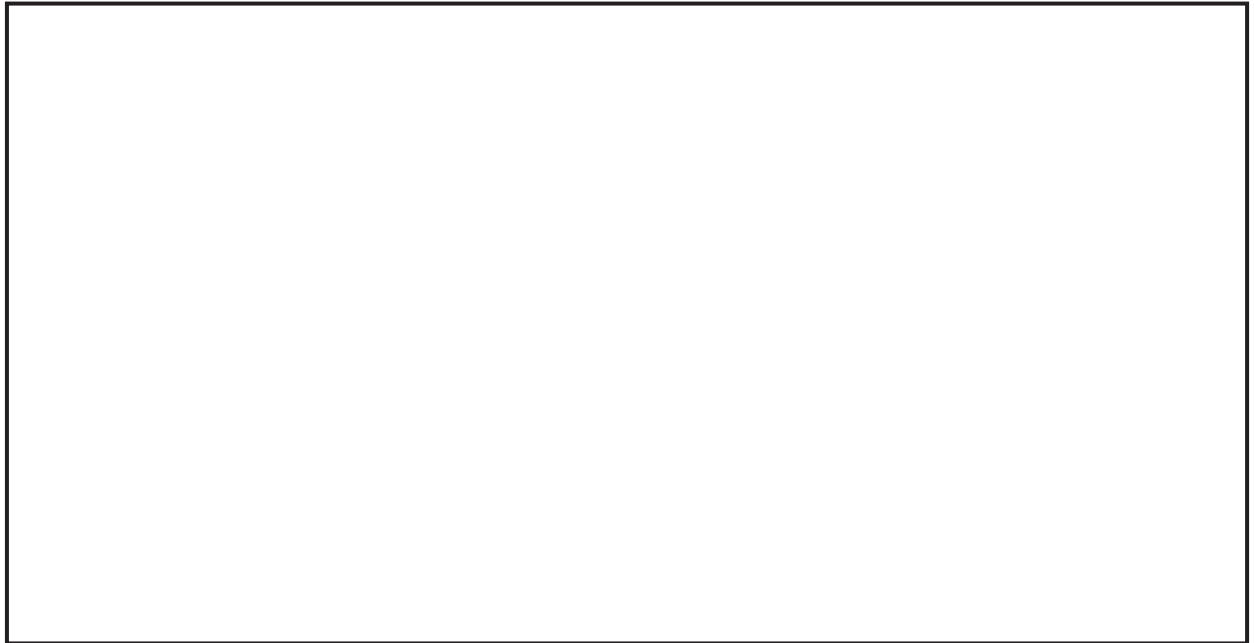


表 4-12 動水圧算出用の水平方向震度

地震動	床面高さ* ¹ O.P. (m)	貫通部止水処置の設置場所	余震による設計震度* ²	
			水平 方向震度 C _{HW}	0.99
弾性設計用地震動 S d (7波包絡)	13.8	軽油タンク室 (A, B) (タンク室)		

注記 *1: 貫通部止水処置の設置場所より高い基準床レベルを設定している。

*2: 最大床応答加速度の 1.2 倍を設計震度とした。

表 4-13 軽油タンク室 (A, B) (タンク室) 内機器等の評価用震度 (余震評価用)
(強度評価用: 1.2ZPA) (弾性設計用地震動 S d 7波包絡, 不確かさ包絡)

標高* O.P.(m)	動的震度(1.2ZPA) (単位:G)			
	NS(タンク室)	EW(タンク室)	水平包絡	鉛直
14.8	<u>0.99</u>	0.88	<u>0.99</u>	0.64
9.5	<u>0.79</u>	0.78	<u>0.79</u>	0.60

注記 *: 耐津波設計においては, 平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う, 牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため, 表記 O.P. より -1 m した値を記載する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

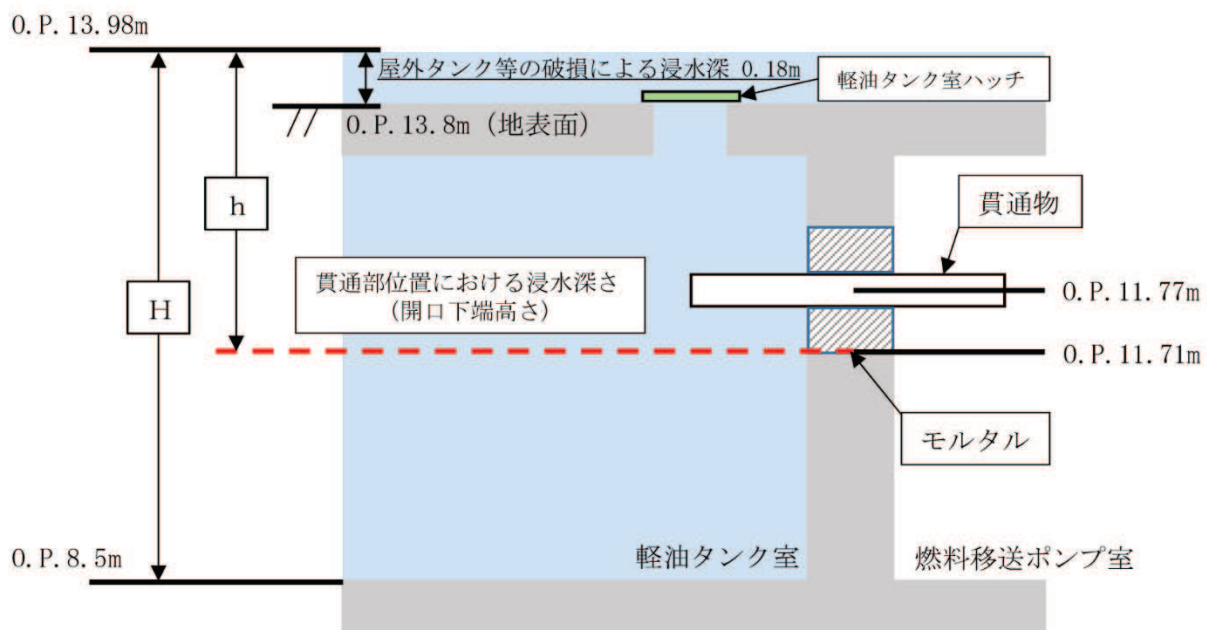


図 4-7 貫通部止水処置（モルタル）に加わる荷重の概要

5. 評価結果

シーラ材及びモルタルの強度評価結果をそれぞれ表 5-1, 表 5-2 に示す。シーラ材, モルタルの発生圧力又は発生荷重は, 許容圧力又は許容荷重以下であることを確認した。

表 5-1 シーラ材の浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
シーラ材 (貫通軸：水平)	0.15	0.40
シーラ材 (貫通軸：鉛直)	0.07	0.40

表 5-2 モルタルの浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生荷重 (kN)		許容荷重 (kN)
モルタル	せん断荷重 (付着荷重)	□	159

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(別紙 1) 遮水鋼板におけるケーブルトレイ貫通部の強度評価について

1. 評価方針

貫通部止水処置の強度評価は、添付書類「VI-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応力等が許容限界以下であることを確認する。

貫通部止水処置は構造上の特徴の違いから、シール材並びに鋼板に分けて設計を行うこととする。シール材の強度評価フローを図 1-1 に、鋼板の強度評価フローを図 1-2 に示す。

シール材については、添付書類「VI-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」の「4.2 許容限界」にて設定しているとおり、計算により求めた圧力が、水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する。

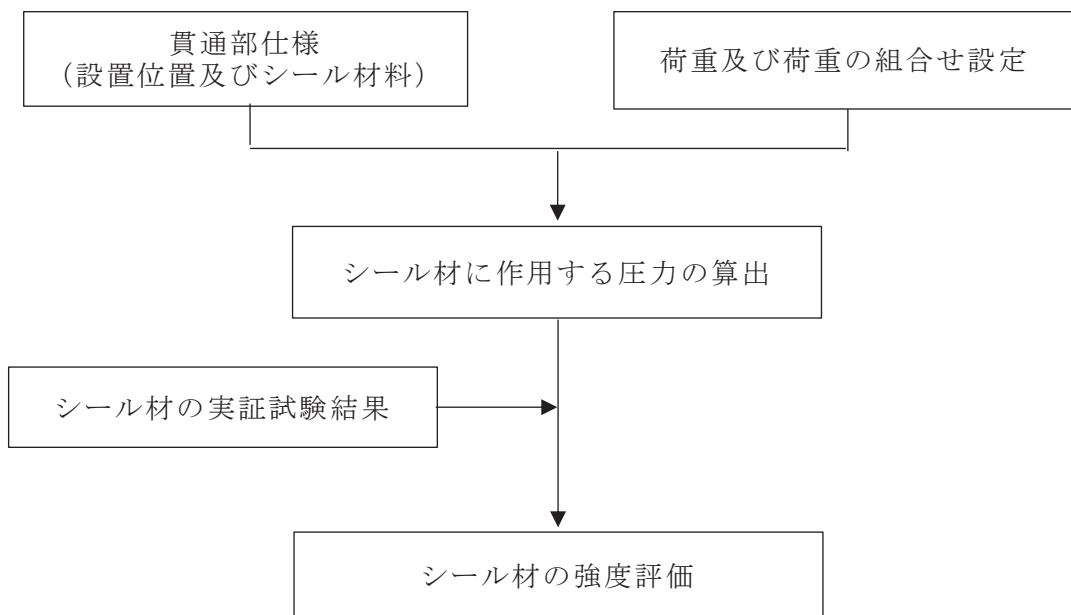


図 1-1 シール材の強度評価フロー

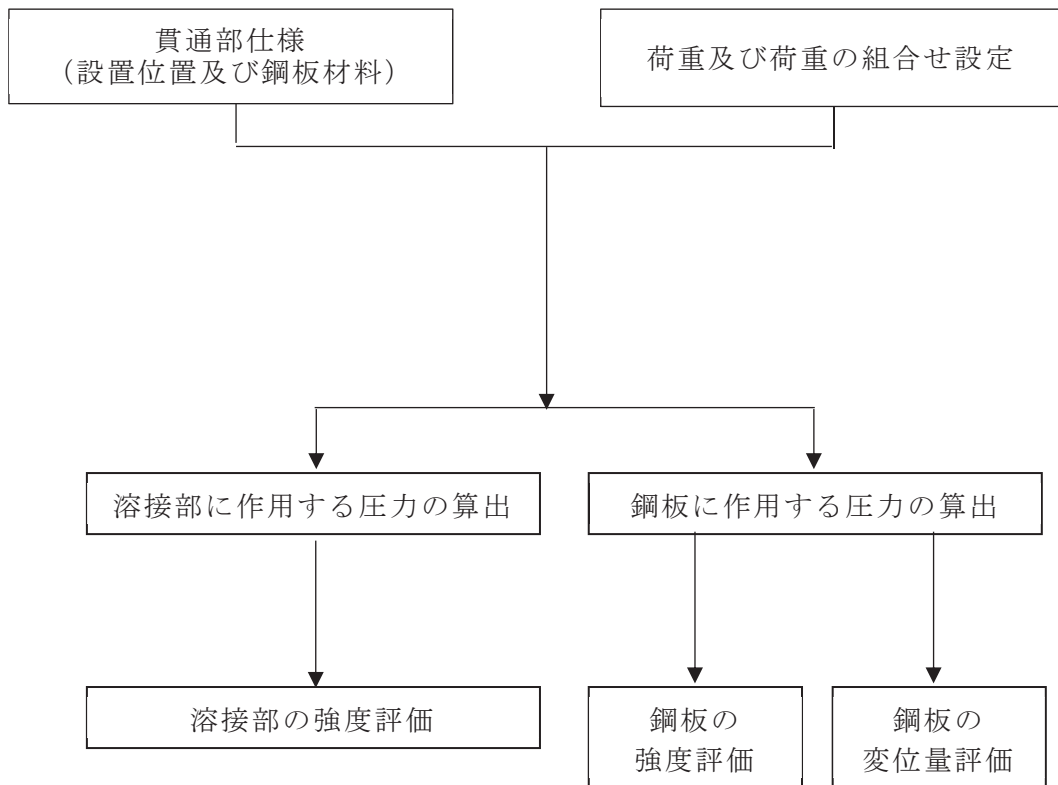



図 1-2 鋼板の強度評価フロー

2. 一般事項

2.1 構造計画

概略構造を以下に示す。また、構造部材（鋼板）の諸元を表 2-1 に示す。

遮水鋼板を貫通するケーブルトレイ貫通部の止水をするため、ケーブルトレイを囲むように鋼板を遮水鋼板に溶接し、鋼板とケーブルトレイの隙間  に対しコーキングタイプのシール材を施工する。ケーブルトレイの内部については 2 種類の充填タイプのシール材を施工する。

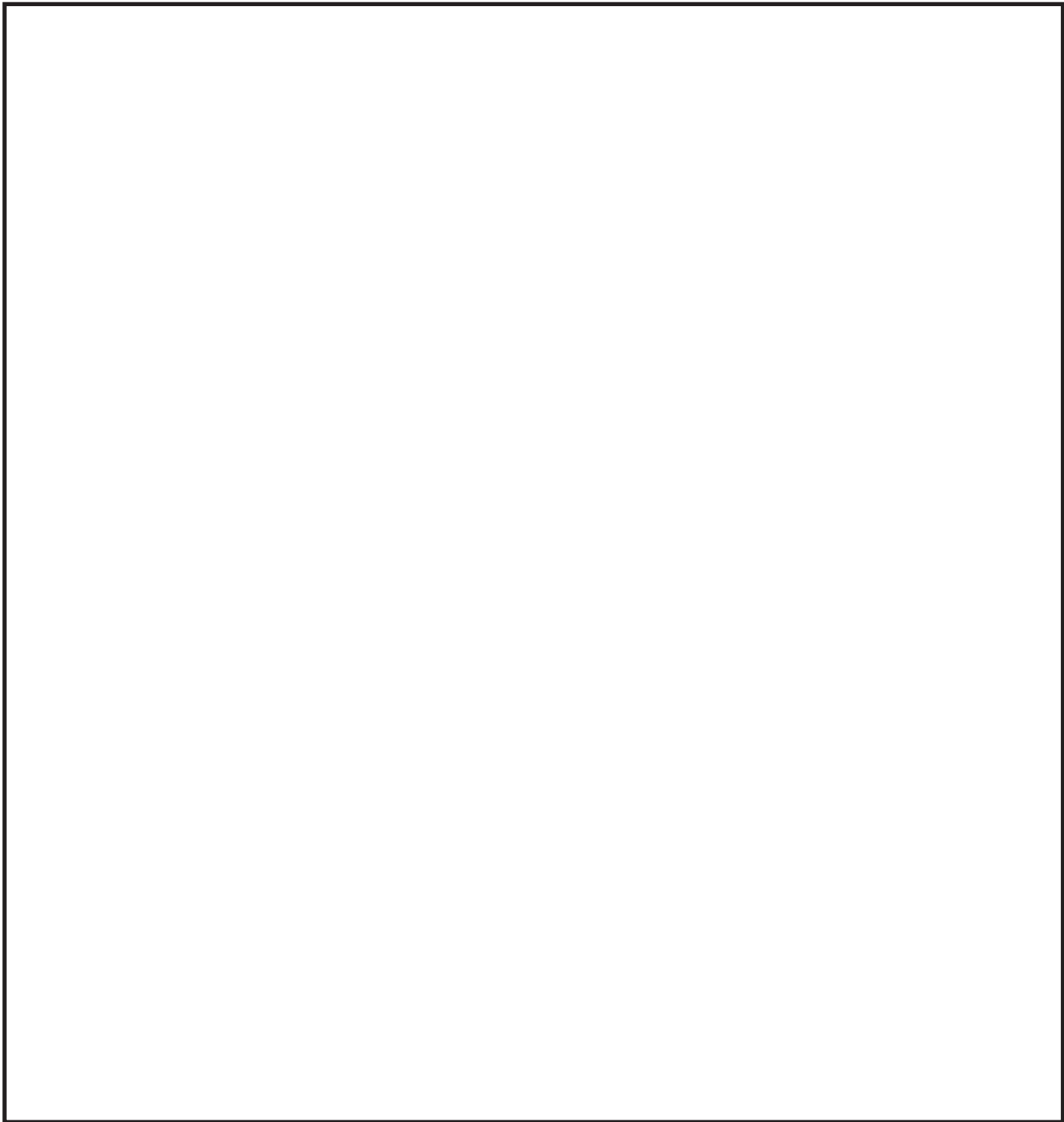


表 2-1 構造部材の諸元

部材	材料	高さ (mm)	幅 (mm)	板厚 (mm)
鋼板	SUS304			

部材	材料	高さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)
補強リブ	SUS304			

2.2 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 - 1987）
- (3) 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）
（以下「J E A G 4 6 0 1」と記載しているものは上記3指針を指す。）
- (4) J S M E S N C 1 - 2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（以下「設計・建設規格」という。）
- (5) 原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1 - 2008）

枠囲みの内容は商業機密の
観点から公開できません。

2.3 記号の説明

鋼板及び溶接部の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 鋼板及び溶接部の耐震評価に用いる記号

記号	定義	単位
C_H	弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ による水平方向の設計震度	-
σ_x	鋼板の膜+曲げ応力	MPa
σ_y	鋼板の膜+曲げ応力	MPa
τ_{xy}	鋼板のせん断応力	MPa
σ_p	鋼板の組合せ応力	MPa
F_x	溶接部に x 方向に作用する引張, 圧縮荷重	kN
F_y	溶接部に y 方向に作用する引張, 圧縮荷重	kN
F_z	溶接部に z 方向に作用するせん断荷重	kN
M_y	溶接部に y 方向に作用する曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_z	溶接部に z 方向に作用する曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_x	溶接部に作用するねじりモーメント	$N \cdot mm$
A	溶接部の断面積	mm^2
Z_y	溶接部の断面係数	mm^3
Z_z	溶接部の断面係数	mm^3
Z_p	溶接部のねじり断面係数	mm^3
σ_a	軸応力	MPa
σ_b	曲げ応力	MPa
τ	せん断応力	MPa
g	重力加速度 ($=9.80665m/s^2$)	m/s^2
ρ	海水の密度 ($=1030kg/m^3$)	kg/m^3
H	貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ	m
h	貫通部にかかる水頭	m
β	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 ($=$ <input type="text"/>) (「日本水道協会 2009 年 水道施設耐震工法指針・解説」より)	-

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4 評価対象部位

地震による溢水に加えて津波の流入によって生じる浸水深が大きい方の静水圧荷重及び余震を考慮した荷重は、鋼板及びケーブルトレイ内外部のシール材へ伝達される。また、鋼板に伝達された荷重は遮水鋼板との溶接部へ伝達される。このことから、貫通部止水処置のうち、鋼板及びシール材を評価対象部位として設定する。

シール材については、鋼板とケーブルトレイの隙間に施工するコーキングタイプのシール材及びケーブルトレイ内部に施工する充填タイプのシール材に対して評価を行う。

鋼板については、鋼板本体及び遮水鋼板との溶接部に対して評価を行う。

また、津波や余震の荷重が鋼板に作用し、遮水鋼板及び鋼板が変形することによりコーキングタイプのシール材がせん断や変形することが考えられるため、遮水鋼板及び鋼板の変位量を評価し、シール材の許容変位内であることを確認する。なお、シール材の伸び長さは、シール材施工厚さ（隙間）と遮水鋼板及び鋼板の変位量の和より小さくなるが、遮水鋼板及び鋼板の変位量分だけシール材が伸びるものとして評価する。鋼板の評価対象部位を図 2-1 に示す。

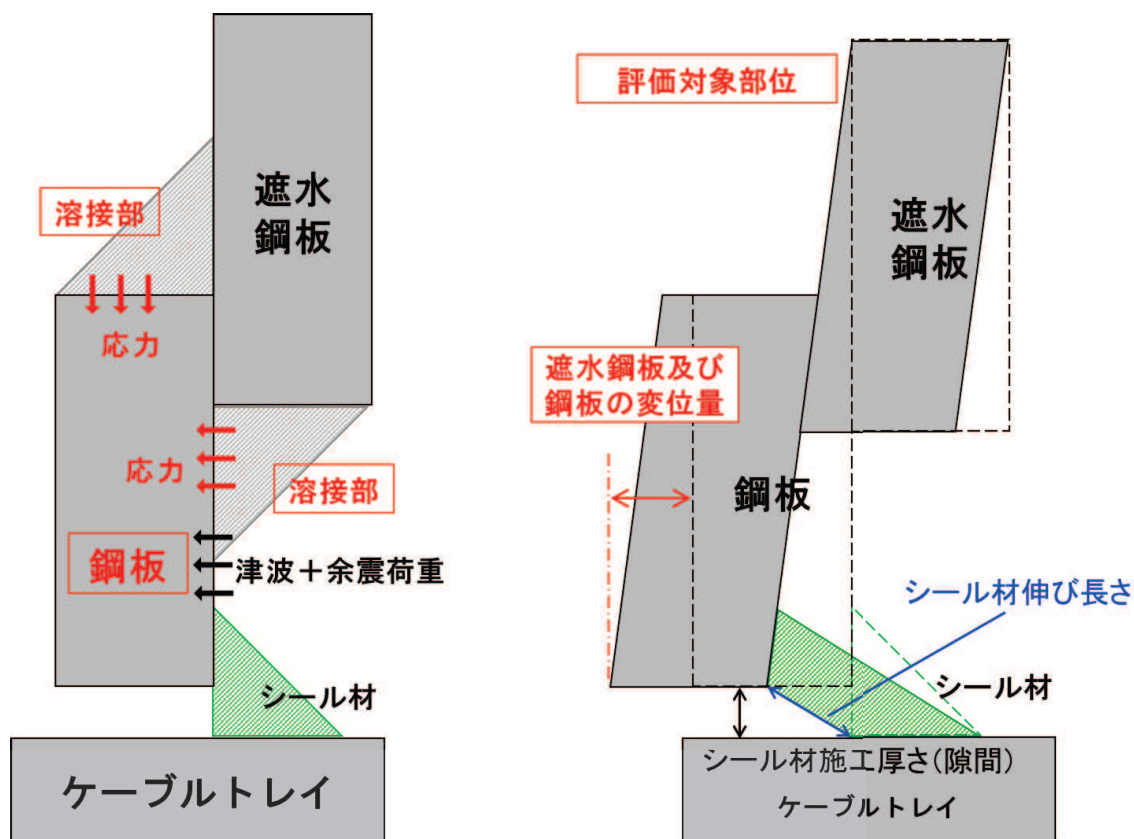


図 2-1 鋼板の評価対象部位

2.5 鋼板の固有周期

ケーブルトレイ貫通部止水処置の鋼板は、添付資料「VI-2-10-2-11 貫通部止水処置の耐震性についての計算書」の「(別紙1) 遮水鋼板におけるケーブルトレイ貫通部の耐震性について」にて固有値解析を実施しており、「2.5.3 固有値解析結果」にて剛であることを確認している。

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

- (1) 貫通部止水処置の評価対象部位の応力評価を実施し、発生応力を算出する。
- (2) 評価対象部位の発生応力と許容応力を比較し、発生応力が許容応力以下であることを確認する。
- (3) 評価対象部位のうち鋼板については、遮水鋼板及び鋼板の変位量とシール材の許容変位を比較し、遮水鋼板及び鋼板の変位量がシール材の許容変位以下であることを確認する。

3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度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。

3.2.1 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 (D)

固定荷重として、鋼板の質量を考慮する。なお、ケーブルトレイについては、貫通部近傍に支持構造物を設置するため質量を考慮しない。

(2) 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。

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

(3) 余震荷重

余震荷重は、添付書類「VI-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 $S_d - D2$ に伴う地震力(動水圧含む。)とする。

余震による動水圧 ($K S_d$) がシール材に作用することを考慮する。

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_H \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h}$$

3.2.2 荷重の組合せ

貫通部止水処置の評価にて考慮する荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 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)	貫通部止水処置 (第 2 号機放水立坑防潮壁横断部)	$D + P_h + K S_d$

注記 * : D は固定荷重, P_h は浸水津波荷重, $K S_d$ は弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ による余震荷重 (余震による動水圧 P_d) を示す。

3.3 許容限界

3.3.1 コーキングタイプのシール材の許容限界

コーキングタイプのシール材の許容限界値は、実機の形状、寸法を考慮した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て設定する。試験より得られたシール材の許容圧力を表 3-2、シール材の水圧試験の概要を図 3-1 に示す。

実機施工時においては、鋼板とケーブルトレイ間の隙間に対し、シール材の脚長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、想定するシール材に加わる圧力が、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。

表 3-2 コーキングタイプのシール材の浸水に対する許容圧力

評価部位	隙間 (mm)	脚長 (mm)	許容圧力 (MPa)
シール材 (コーキングタイプ)			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

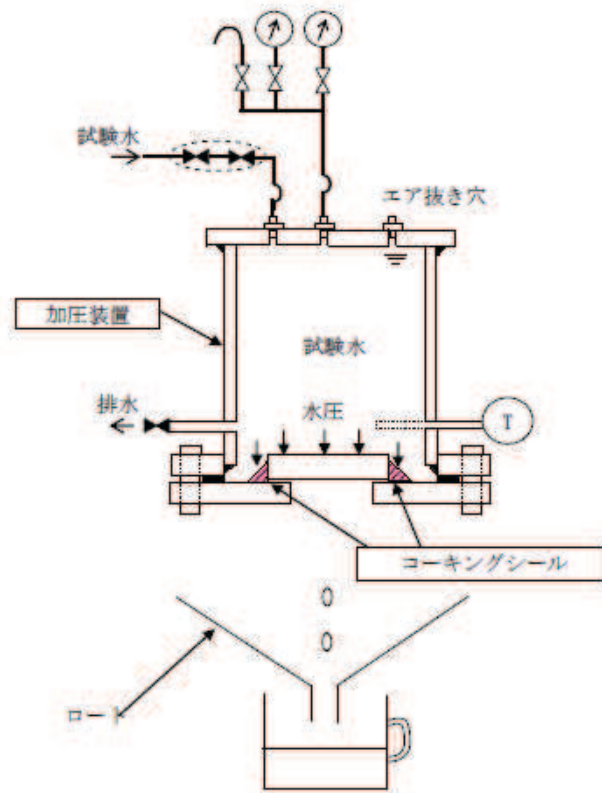


図 3-1 コーキングタイプのシール材の水圧試験の概要

3.3.2 充填タイプのシール材の許容限界

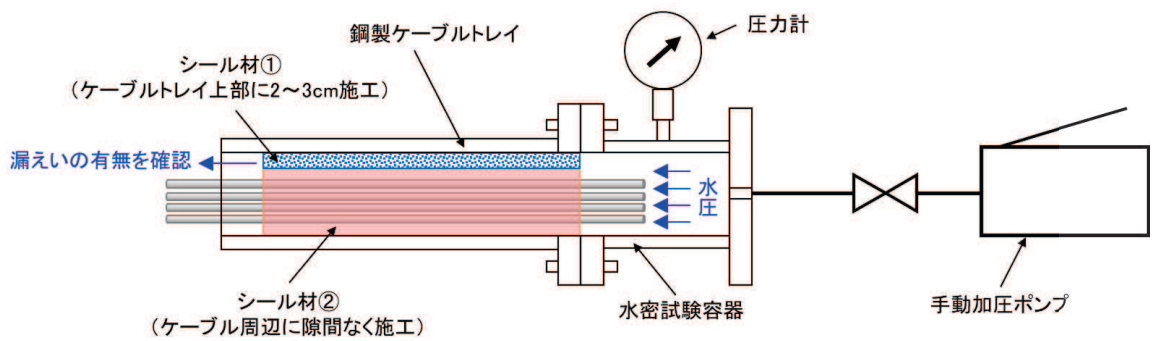
ケーブルトレイ内部に施工する充填タイプのシール材の許容限界値は、ケーブルトレイを模擬した試験体にて [] の静水圧を付加した水圧試験に基づく結果を用いる。試験の結果、圧力 [] において、いずれのケーブル占積率においても漏えいが無かったことから、これを許容限界値とする。試験より得られたシール材の許容圧力を表 3-3、充填タイプのシール材の水圧試験の概要を図 3-2 に示す。

実施施工時においては、ケーブルトレイの内部に施工幅 [] 以上となるようにシール材を施工する。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、想定するシール材に加わる圧力が、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。

表 3-3 充填タイプのシール材の浸水に対する許容圧力

評価部位	ケーブル占積率 (%)	施工幅 (mm)	許容圧力 (MPa)
シール材 (充填タイプ)	40	[]	[]
	21.4		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



ケーブルトレイ上部にシール材①、ケーブル周辺にシール材②を隙間なく充填し、軸方向にシール材に直接水圧をかけ、シール材を超えて漏えいがないことを確認する。

図 3-2 充填タイプのシール材の水圧試験の概要

3.3.3 貫通部止水処置（鋼板）の許容限界

(1) 貫通部止水処置（鋼板）の応力に対する許容限界

鋼板の応力に対する許容限界を表 3-4 に示す。

表 3-4 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*	
	一次応力	
	引張	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$

注記*：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(2) 貫通部止水処置（鋼板）の変位に対する許容限界

貫通部止水処置（鋼板）の変位に対する許容限界を表 3-5 に示す。

表 3-5 遮水鋼板及び鋼板の許容変位

評価部位	鋼板許容変位* (mm)	備考
遮水鋼板 及び鋼板		

注記*：コーキングタイプのシール材は引張試験により、シール材の許容引張破断伸びが [] であることが確認されていることから、シール材施工厚さ（隙間） [] を遮水鋼板及び鋼板の許容変位とする。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 設計用地震力

弾性設計用地震動 S d - D 2 に伴う地震力については、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」に示す最大床応答加速度を考慮して設定する。貫通部止水処置の強度評価に用いる設計用震度を表 3-6 に示す。

表 3-6 シール部の評価に用いる設計用震度

地震動	床面高さ* ¹ O.P. (m)	貫通部止水処置の 設置場所	余震による 設計震度* ²	
			水平方向 C _H	
弾性設計用地震動 S d - D 2	13.8	第 2 号機放水立坑 防潮壁横断部	水平方向 C _H	0.70

注記 * 1 : 貫通部止水処置の設置場所より高い基準床レベルを設定している。

* 2 : 最大床応答加速度の 1.2 倍を設計震度とした。

3.5 計算方法

3.5.1 計算方法（発生圧力計算）

貫通軸が水平方向であるため，浸水津波荷重 P_h と余震による動水圧 P_d を考慮する。

$$P_{H \text{ total}} = P_h + P_d$$

3.5.2 計算方法（鋼板の応力計算）

鋼板各部の応力計算式を以下に示す。

(1) 鋼板（板要素）の応力評価

板要素でモデル化した鋼板は，表 3-7 に示す組合せ応力により評価を行う。

表 3-7 鋼板（板要素）の応力計算式

評価応力	応力計算式
組合せ応力	$\sigma_p = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$

(2) 溶接部の応力評価

溶接部は表 3-8 に示す応力計算式により評価を行う。

表 3-8 溶接部の応力計算式

評価応力	応力計算式
組合せ応力	




枠囲みの内容は商業機密の
観点から公開できません。

3.6 計算条件

評価に用いる計算条件を表 3-9 に示す。また、ケーブルトレイ貫通部止水処置に加わる津波概要を図 3-3 に示す。

表 3-9 ケーブルトレイ貫通部の評価に用いる計算条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	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)	貫通部施設エリアの床 面からの浸水深さ* ¹ H (m)
第 2 号機放水立坑 防潮壁横断面		1030	15.1

貫通部位置における浸水深さ* ² h (m)	弾性設計用地震動 S d - D 2 による 水平方向の設計震度 C_H	重力加速度 g (m/s^2)
8.95	0.70	9.80665

注記 * 1 : 貫通部施設エリアの床面からの浸水深さ (H) は、貫通部施設エリアの床面 (O. P. 2.8m) から入力津波水位に 0.5m の余裕を考慮した津波水位 (O. P. 17.9m) までの寸法。

* 2 : 貫通部位置における浸水深さ h は開口部下端高さ (O. P. 8.95m) から入力津波水位に 0.5m の余裕を考慮した津波水位 (O. P. 17.9m) までの寸法。

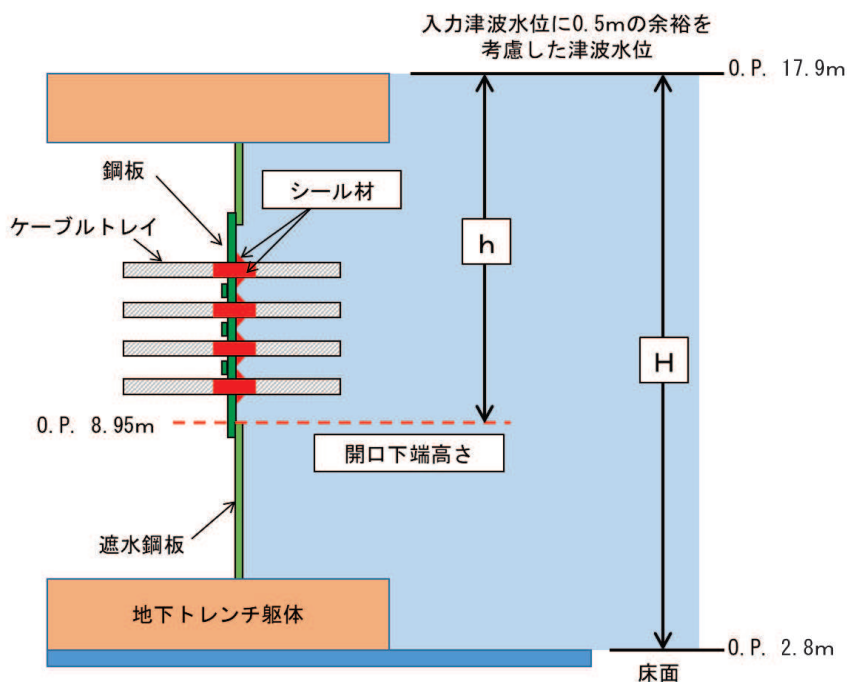


図 3-3 貫通部止水処置に加わる津波の概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 評価結果

4.1 貫通部止水処置（シール材）の評価結果

貫通部止水処置（シール材）の評価結果を表 4-1 に示す。

シール材の発生圧力は、許容圧力以下であることを確認した。

表 4-1 シール材の浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
シール材 (コーキングタイプ)	0.17	
シール材 (充填タイプ)	0.17	

4.2 貫通部止水処置（鋼板）の評価結果

(1) 貫通部止水処置（鋼板）の応力評価結果

貫通部止水処置（鋼板）の応力評価結果を表 4-2 及び図 4-1 に示す。

鋼板及び溶接部の発生圧力は、許容圧力以下であることを確認した。

表 4-2 応力評価結果

評価対象部位	応力の種類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
鋼板	組合せ	49	204
溶接部	組合せ	13	117

(2) 貫通部止水処置（鋼板）の変位評価結果

貫通部止水処置（鋼板）の変位評価結果を表 4-3 及び図 4-2 に示す。

表 4-3 変位評価結果

評価対象部位	最大変位量 (mm)	総変位量 (mm)	許容変位量 (mm)
遮水鋼板	2.86	3.2	
鋼板	0.32		

遮水鋼板及び鋼板の総変位量は 3.2mm であり許容変位以内であるため、貫通部止水処置において、鋼板とシール材の接着面に隙間は生じず、シール材の構造健全性は維持できることを確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

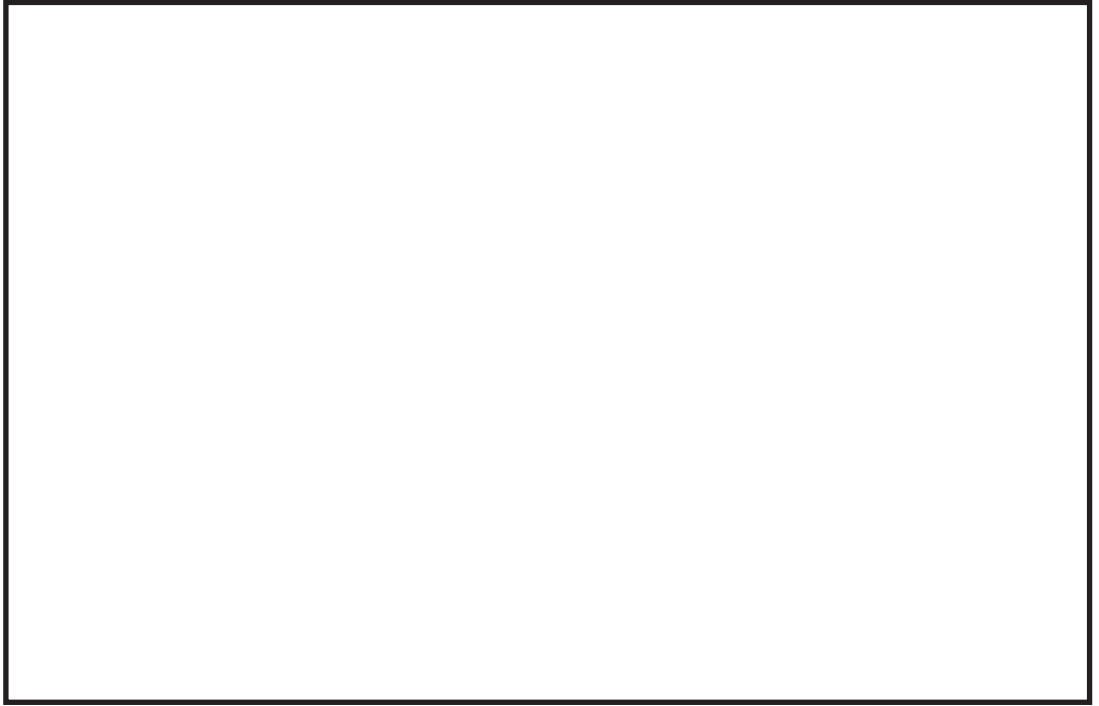


図 4-1 応力評価結果

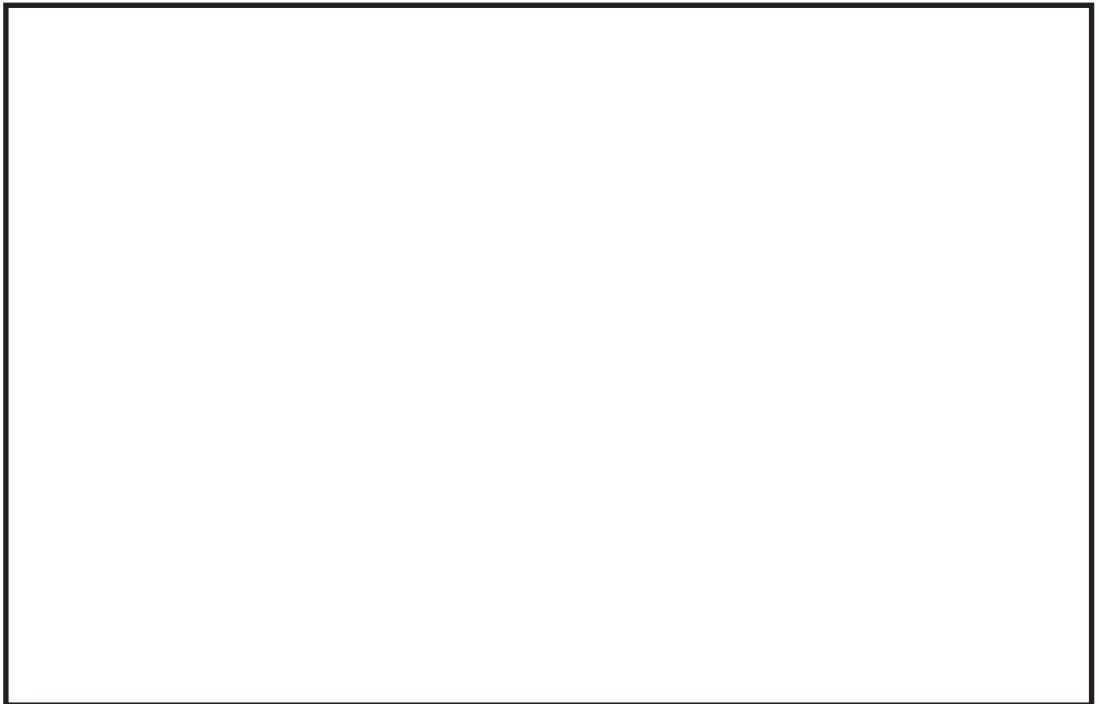


図 4-2 変位評価結果

枠囲みの内容は商業機密の
観点から公開できません。

5. 遮水鋼板のケーブルトレイ貫通部止水処置に使用するシール材

遮水鋼板のケーブルトレイ貫通部止水処置について、実機施工時には水圧試験において使用した表 5-1 に示すシール材を使用する設計とする。

表 5-1 ケーブルトレイ貫通部止水処置に使用するシール材

対象部位	メーカー	型式
シール材 (コーキングタイプ)		
シール材① (充填タイプ) ケーブルトレイ上部		
シール材② (充填タイプ) ケーブル周辺		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(参考1) 第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋及び貫通配管に対する地震時の影響について

1. 概要

第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋（以下、浸水防止蓋という。）には配管が貫通しており、貫通部には貫通部止水処置を実施している。浸水防止蓋及び貫通配管については、3号機海水熱交換器建屋から定着部を設定しているが、地震時において、浸水防止蓋及び貫通配管に有意な変位が発生した場合には、貫通部止水処置の性能に影響を与える可能性があるため、地震時の影響について確認する。

2. 浸水防止蓋と貫通配管の支持構造

(1) 貫通配管の支持構造

第3号機補機冷却海水系放水ピットに設置されている浸水防止蓋と貫通配管の配置の概要について、図-1に示す。

屋外部の貫通配管を支持する支持構造物は2箇所設置しており、3号機海水熱交換器建屋から支持している。

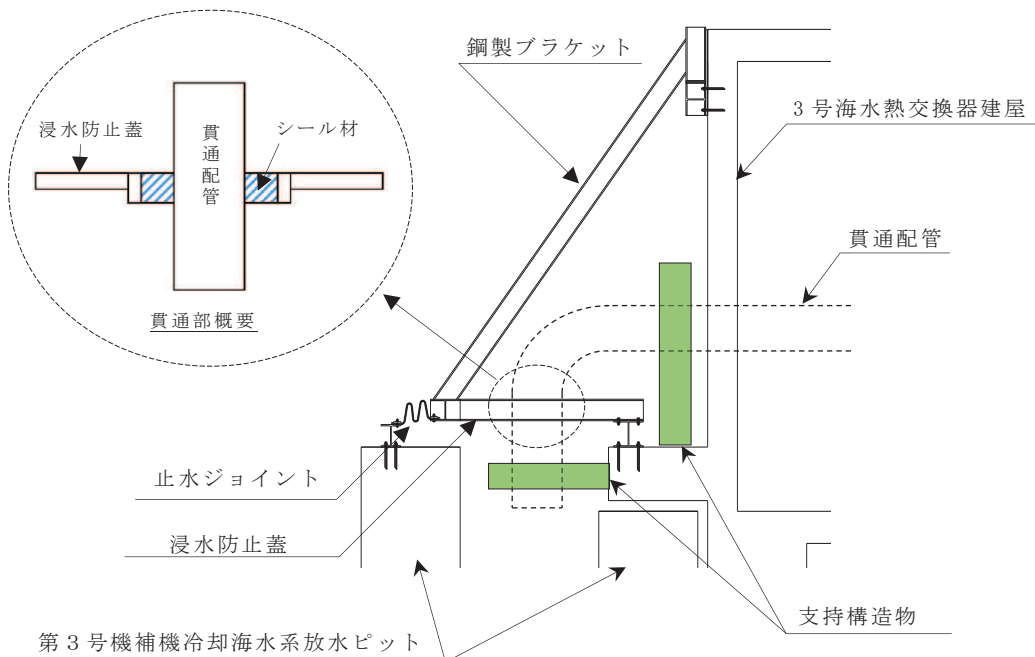


図-1 浸水防止蓋と貫通配管の配置概要

(2) 浸水防止蓋の支持構造について

浸水防止蓋，鋼製ブラケットで構成され，3号海水熱交換器建屋に支持する構造としている。また，第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部には止水ジョイント（M型ジョイント）が設置されており，第3号機補機冷却海水系放水ピット側の相対変位の影響を受けない構造としている。

3. 貫通配管の地震時の影響

「補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 5.24.1 3号機補機放水側配管の基準地震動 S_s に対する耐震評価」において，基準地震動 S_s 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確認している。また，図-2～5に示す評価モデルにより固有値解析を実施している。

評価の結果，表-1に示すように固有周期が0.050s以下であることから，剛構造であり，地震時は建屋と配管系が一体で動く構造であることを確認している。また，配管の支持構造物は，配管貫通部の前後の2箇所に設置し，それぞれ軸直角方向にて拘束することで，地震における発生する変位が小さくなるように設計している。浸水防止蓋との貫通部における基準地震動 S_s における最大変位は表-2に示すとおり，非放射性ドレン移送系の8mmであり，非放射性ドレン移送系におけるシール材については，50mmの変位に対応できることを確認しているため，変位の影響は十分小さい。

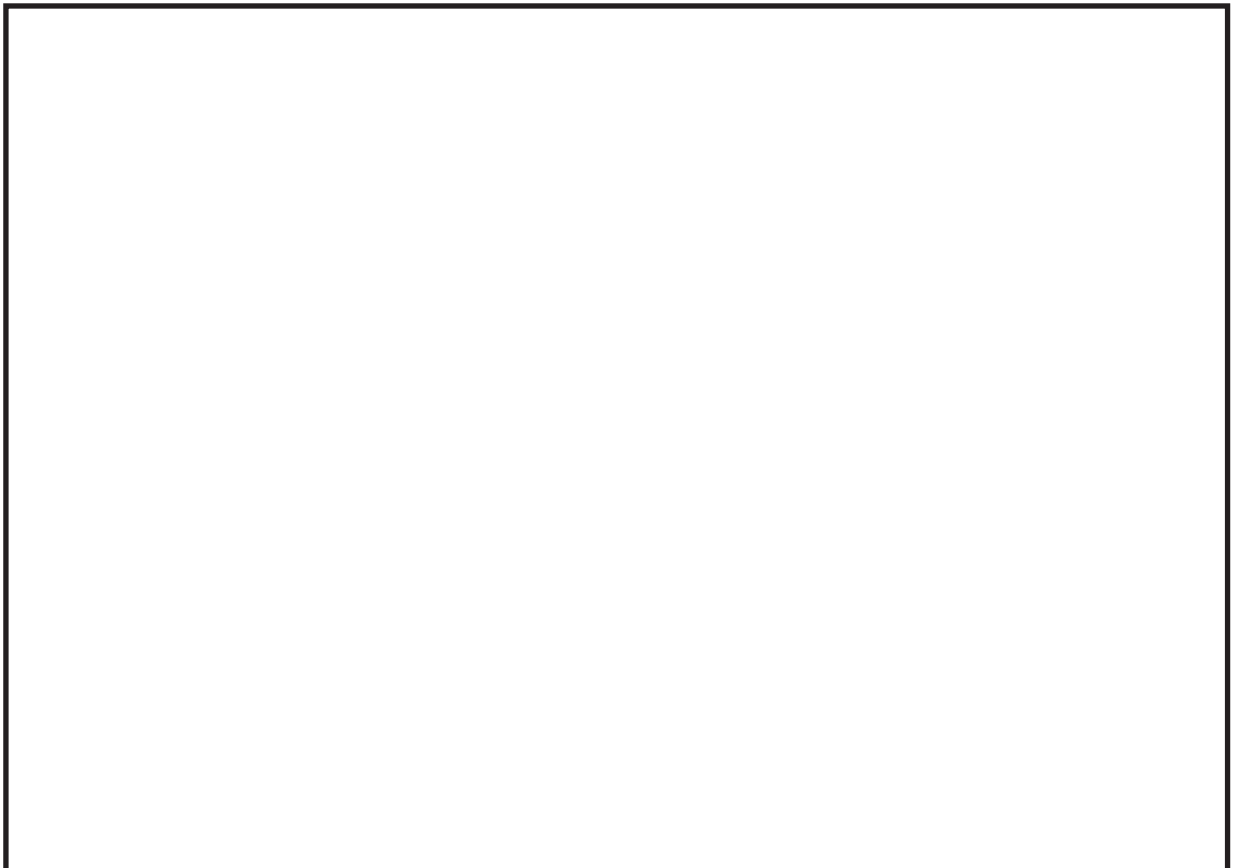


図-2 タービン補機冷却海水系 系統評価モデル図

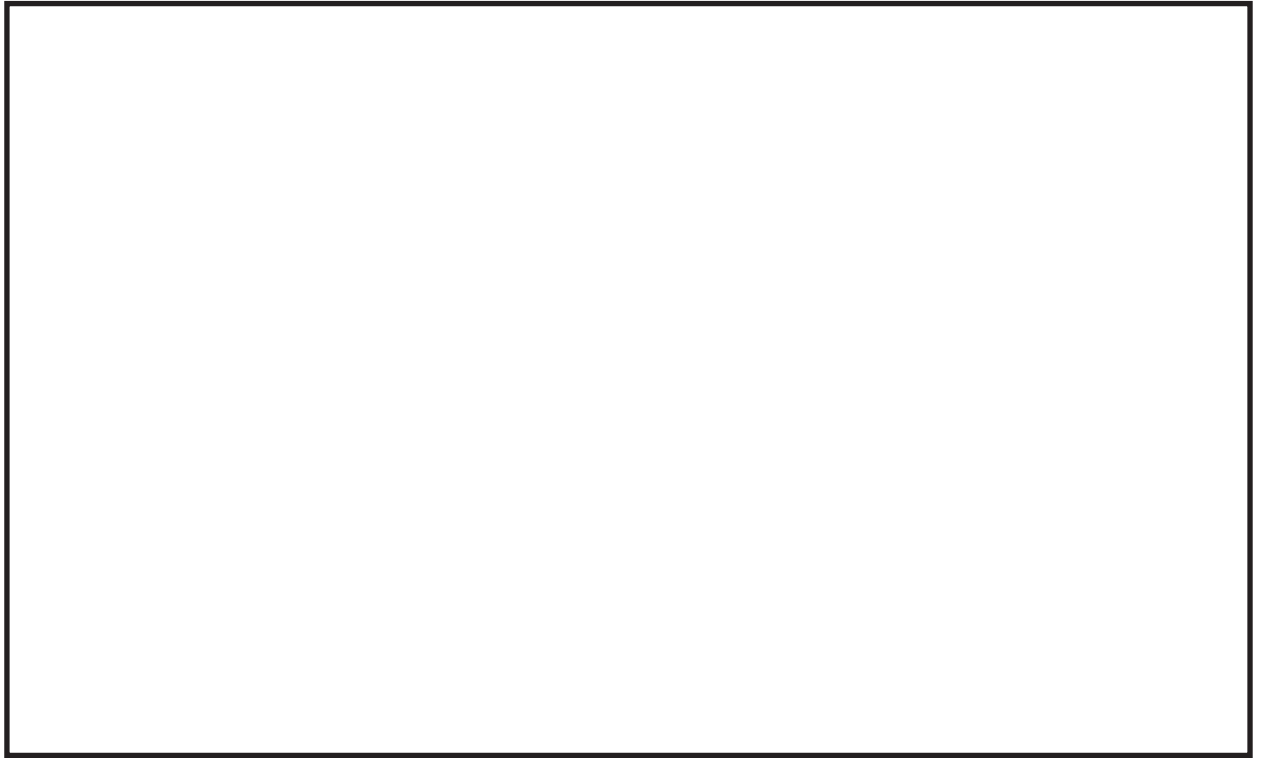


図-3 原子炉補機冷却海水系 系統評価モデル図

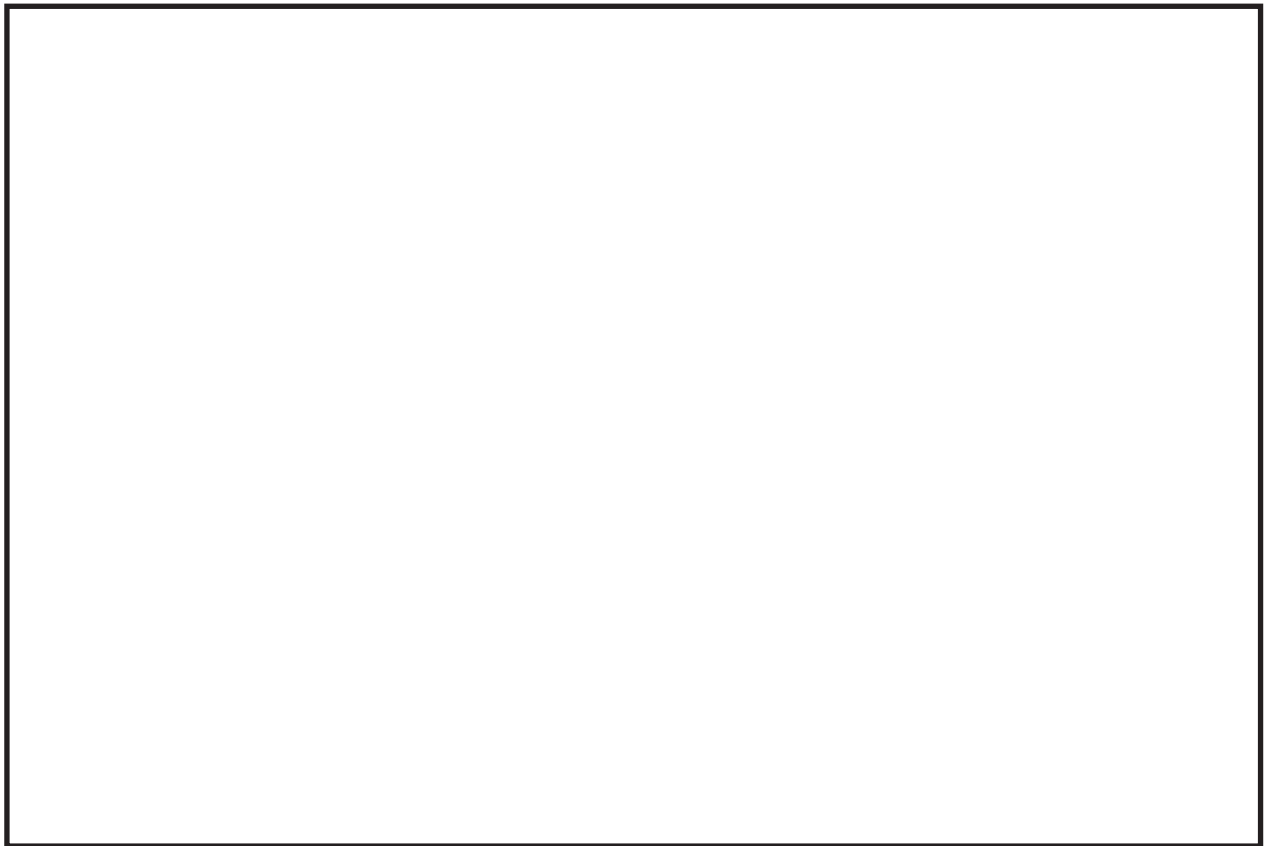


図-4 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系 系統評価モデル図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

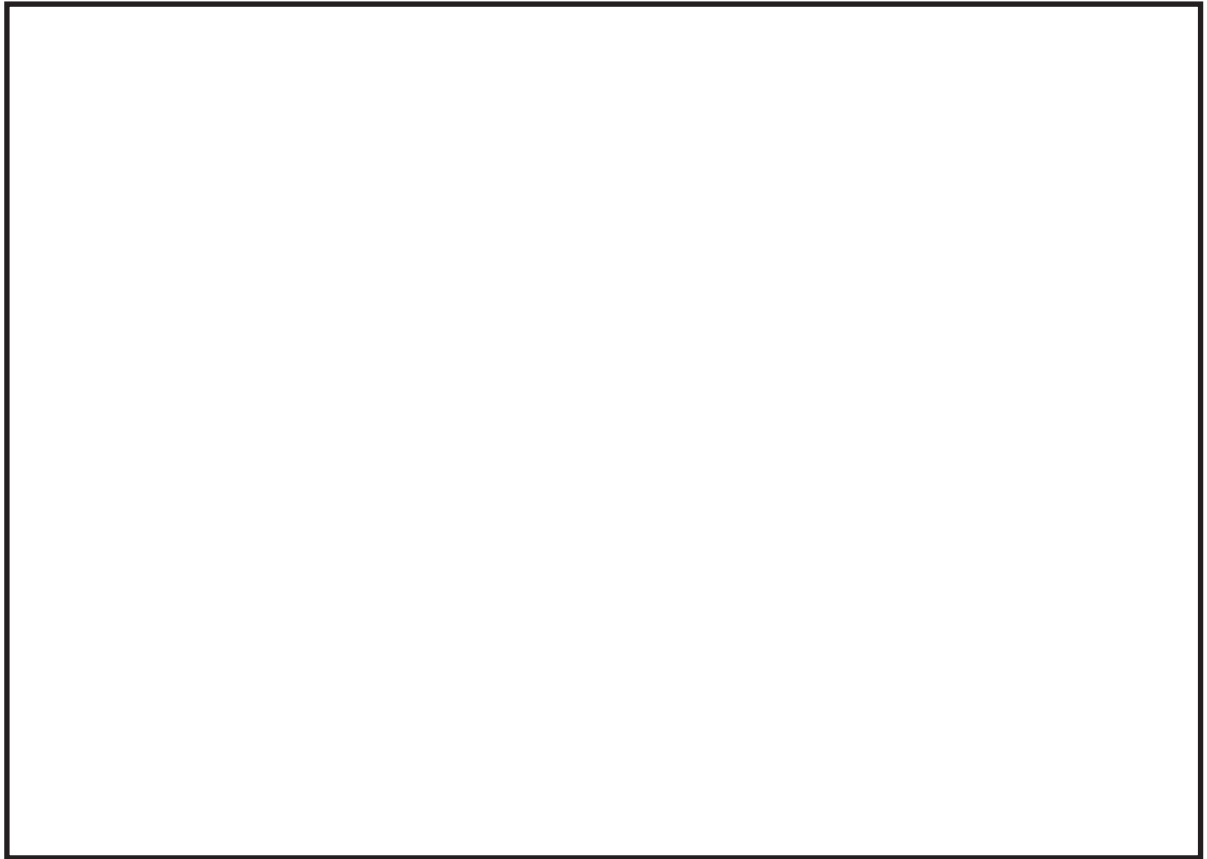


図-5 非放射性ドレン移送系 系統評価モデル図

表-1 固有周期

対象系統	固有周期 (s)	(参考) 固有振動数 (Hz)
タービン補機冷却海水系 (500A)	0.037	27.02
原子炉補機冷却海水系 (500A)	0.028	35.71
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系 (200A)	0.025	40.00
非放射性ドレン移送系 (50A)	0.046	21.73

表-2 浸水防止蓋部における3号海水熱交換器建屋に対する最大相対変位

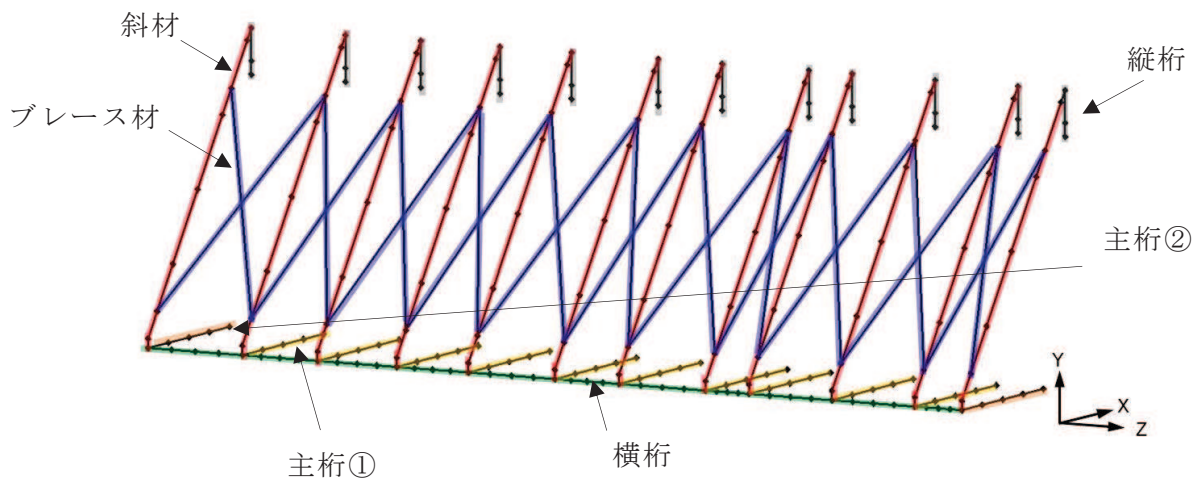
対象系統	最大相対変位 (mm)
タービン補機冷却海水系 (500A)	3
原子炉補機冷却海水系 (500A)	1
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系 (200A)	1
非放射性ドレン移送系 (50A)	8

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 浸水防止蓋の地震時の影響

添付資料「VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）耐震計算書」において、基準地震動 S_s 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確認している。また、図-6 に示す三次元フレームモデルにより固有値解析を実施しており、表-3 に示すとおり固有振動数が 20Hz 以上であることから、剛構造であることを確認している。

評価の結果、表-3 に示すとおり、固有振動数が 20Hz 以上であることから、剛構造であり、地震時は建屋と浸水防止蓋が一体で動く構造であり、変位量は十分小さいことを確認している。



対象部材	材質	断面形状
— : 主桁①	SUS304	H-200×200×20×20
— : 主桁②	SUS304	H-200×300×20×20
— : 斜材	SUS304	H-200×200×8×12
— : 横桁	SUS304	H-200×300×20×20
— : ブレース材	SUS304	L-60×60×5
— : 縦桁	SUS304	H-200×200×8×12

図-6 固有値解析モデル

表-3 固有値解析結果

振動モード 次数	卓越 方向	固有振動数 f (Hz)
1	Z	24.17
38	Y	108.71
95	X	276.20

5. 貫通部止水処置への影響

貫通する配管の地震時における3号海水熱交換器建屋との相対変位は最大で8mmである。また、浸水防止蓋の地震時における3号海水熱交換器建屋との相対変位は十分に小さいことを確認しており、貫通する配管とシール材を施工する浸水防止蓋との間には十分なすき間を確保する設計としていることから、貫通する配管と浸水防止蓋が干渉することはない。

貫通部止水処置については、貫通する配管と浸水防止蓋の相対変位が小さいことに加えて、シール材は柔軟性に優れたゴム系材料を使用しており、地震時における相対変位についても、十分追従できるように設計していることから、シール材に対して有意な配管荷重は発生しない。このため、地震による相対変位や荷重によるシール材への影響は軽微であり、地震時において貫通部止水処置の性能に影響を与えない。

(参考2) 遮水鋼板におけるケーブルトレイ貫通部の相対変位による貫通部止水処置の性能への影響について

1. 概要

第2号機放水立坑防潮壁横断部に施工する遮水鋼板には、ケーブルトレイが貫通しており、貫通部には貫通部止水処置を実施している。遮水鋼板及び貫通部止水処置（鋼板）については防潮壁から定着部を設定し、ケーブルトレイについては改良地盤に設けた基礎から定着部を設定しているため、地震時において同一の挙動となることが考えられるが、津波時においては、津波の流入によって生じる浸水深の静水圧荷重及び余震により、遮水鋼板、貫通部止水処置（鋼板）及び貫通するケーブルトレイに有意な相対変位が発生した場合には、貫通部止水処置の性能に影響を与える可能性があるため、相対変位の影響について確認する。

2. 相対変位の評価方法

貫通部止水処置の性能に与える影響の評価にあたっては、貫通部止水処置のうちコーキングタイプのシール材の最大変位を確認する必要があるため、遮水鋼板及び鋼板は津波及び余震により変位するが、ケーブルトレイは貫通部両側の近傍に設置された支持構造物により両端が完全拘束する構造とするため、余震により軸直方向にのみ変位するものとして評価する。評価の概要図を図2-1に示す。



図 2-1 評価概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. ケーブルトレイの応答変位

3.1 応答変位評価方法

ケーブルトレイの応答変位評価を実施し、最大応答変位を算出する。

3.2 荷重の設定

応答変位評価に用いる荷重に関して以下に示す。

(1) 固定荷重

固定荷重として、ケーブルトレイ、内包するケーブル及び充填するシール材の質量を考慮する。

なお、単位重量が最も大きい動力ケーブルのトレイを代表に評価を実施する。

評価においては、ケーブルトレイ重量（内包するケーブルを含む）を分布荷重、内包する充填シール材の重量を集中荷重として両端支持点の中央に設定し、変位を算出する。

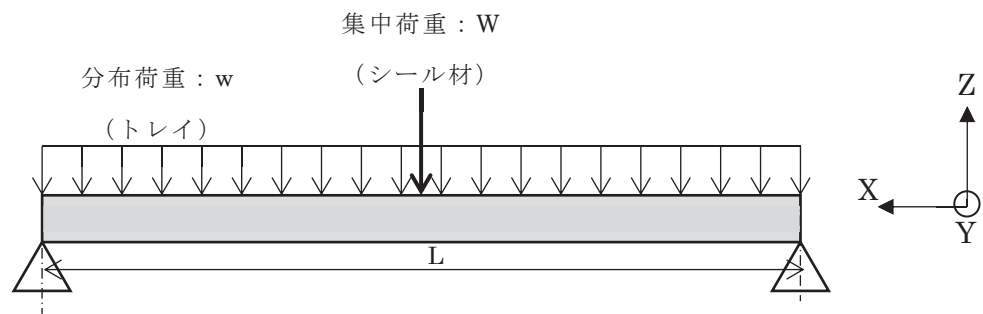


図 3-1 ケーブルトレイへの荷重作用図（両端支持等分布荷重及び集中荷重）

(2) 浸水津波荷重

ケーブルトレイについては、貫通部両側の近傍に支持構造物を設置し完全拘束とするため、軸方向の浸水津波荷重は考慮しない。また、軸直方向の浸水津波荷重の影響は軽微であることから考慮しない。

なお、ケーブルトレイの周囲に水を想定した場合は軸直方向の変位を抑制するため、保守的に水はないものとして評価する。

(3) 余震荷重

余震荷重は、弾性設計用地震動 $S_d - D2$ に伴う地震力とする。

3.3 設計用地震力

弾性設計用地震動 S d - D 2 に伴う地震力については、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」に示す最大床応答加速度を考慮して設定する。貫通部止水処置の強度評価に用いる設計用震度を表 3-1 に示す。

表 3-1 ケーブルトレイの評価に用いる設計用震度

地震動	床面高さ* ¹ O. P. (m)	ケーブルトレイの 設置場所	余震による 設計震度* ²	
			水平方向 C _H	鉛直荷重 C _V
弾性設計用地震動 S d - D 2	10.0	第 2 号機海水ポンプ室 防潮壁横断部	水平方向 C _H	0.97
			鉛直荷重 C _V	0.60

注記 * 1 : ケーブルトレイの設置場所より高い基準床レベルを設定している。

* 2 : 最大床応答加速度の 1.2 倍を設計震度とした。

3.4 計算方法 (応答変位計算)

水平変位 δ_y 、鉛直変位 δ_z は、次のとおり算出する。

また、ケーブルトレイの評価の諸元を表 3-2 に示す。

$$\delta_y = 5wL^4/384EI_1 + WL^3/48EI_1$$

$$\delta_z = 5wL^4/384EI_2 + WL^3/48EI_2$$

表 3-2 ケーブルトレイの評価の諸元

記号	記号の説明	単位	水平	鉛直
w	トレイ分布荷重	N/mm	1.047	0.648
W	シール材集中荷重	N	1043	645
L	トレイ支持間隔	mm	1500	
E	縦弾性係数	N/mm ²	201667	
I ₁	断面二次モーメント (強軸)	mm ⁴	1.26 × 10 ⁸	
I ₂	断面二次モーメント (弱軸)	mm ⁴	2.36 × 10 ⁶	

3.5 ケーブルトレイの変位評価結果

軸直方向に変位するケーブルトレイの変位評価結果を表 3-3 に示す。

表 3-3 変位評価結果

評価対象	水平変位量 δ_y	鉛直変位量 δ_z
最大変位量 (mm)	0.006	0.186

4. 遮水鋼板及び鋼板の応答変位

軸方向に変位する遮水鋼板及び鋼板の応答変位の評価結果は、別紙 1 4.2 項より、表 4-1 に示す。

表 4-1 変位評価結果

評価対象部位	最大変位量 (mm)	総変位量 (mm)
遮水鋼板	2.86	3.2
鋼板	0.32	

5. 貫通部止水処置のコーキングタイプのシール材の相対変位

津波及び余震時における貫通部止水処置のコーキングタイプのシール材の相対変位を表 5-1 に示す。

表 5-1 シール材の相対変位量

評価対象部位	方向	最大変位量 (mm)
遮水鋼板及び鋼板	軸方向	3.2
ケーブルトレイ	軸直方向*	0.2

注記*：水平方向と鉛直方向の 2 乗和平方根の値を記載している。

6. コーキングタイプのシール材の性能への相対変位の影響確認

5 項に示す津波及び余震時における貫通部止水処置のコーキングタイプのシール材の変位について、シール材の水圧性能への影響確認を実施した。

6.1 試験体の仕様

試験体は水圧性能に影響を及ぼすシール部の隙間と脚長について実機形状を模擬したものとする。

表 6-1 に試験体の仕様、図 6-1 に試験体の構造図を示す。

表 6-1 試験体の仕様

項目		仕様	
試験体	試験容器	口径	100A
		材質	炭素鋼
	貫通物	口径	50A
		材質	炭素鋼
シール材		材料	
		寸法	

注記*：実機においては、隙間 20 mm，脚長 31mm であるが、コーキングタイプのシール材は水密性能検証試験において、のど厚：a と受圧幅： Δx との比 ($a/\Delta x$) と最大圧力（水密性能）が比例することが確認されており、実機と同等以上の水密性能（のど厚と受圧幅の比 ($a/\Delta x$)) を有する寸法とする。



図 6-1 試験体の構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

6.2 試験条件

試験条件としては、津波及び余震に伴う変位を想定する。

試験条件を表 6-2 に示す。

表 6-2 試験条件

試験ケース	変位有無	変位量	
		軸方向	軸直方向
1	無	—	—
2	有	1.5mm*	0.5mm*

注記*：実機における軸方向変位量：3.2 mm，軸直方向変位量：0.2 mm の場合の伸び率（ひずみ）は 16.1% であり，試験体においては，表記の変位量とすることで伸び率（ひずみ）が 23.6% となるため，同等以上の伸び率（ひずみ）を与えて試験を実施している。

6.3 試験方法

試験容器に圧力を段階的に印加して許容圧力を確認する。なお，各段階において，圧力は 10 分間保持して有意な圧力低下が発生しないことを確認の上，昇圧する。

シール材からの漏えい及び有意な圧力低下が認められた場合，10 分間の耐圧保持が出来た最終試験圧力を許容圧力とする。

6.4 試験結果

各水圧試験の結果を表 6-3 に示す。

試験ケース 1 とケース 2 共に，第 2 号機放水立坑防潮壁貫通部における遮水鋼板のケーブルトレイ貫通部に施工するコーキングタイプのシール材の許容圧力 まで漏えいがなく，相対変位の影響があった場合においても耐圧性に影響を及ぼさないことを確認した。

表 6-3 試験結果

試験ケース	変位有無	試験結果（許容圧力）
1	無	<input type="text"/>
2	有	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(参考3) ケーブルトレイにおける充填タイプシール材の施工方法について

1. 施工手順

以下の手順で充填タイプのシール材をケーブルトレイに充填する。

- (1) 粘性の低いシール材を流し込むための堰を作るため、シール充てん範囲の両端に、粘性の比較的高い にて堰を施工する。



- (2) 堰の間に粘性の低い を流入し、上部に を充てんする。
シール材を流し込む状況を図 1-1 に示す。

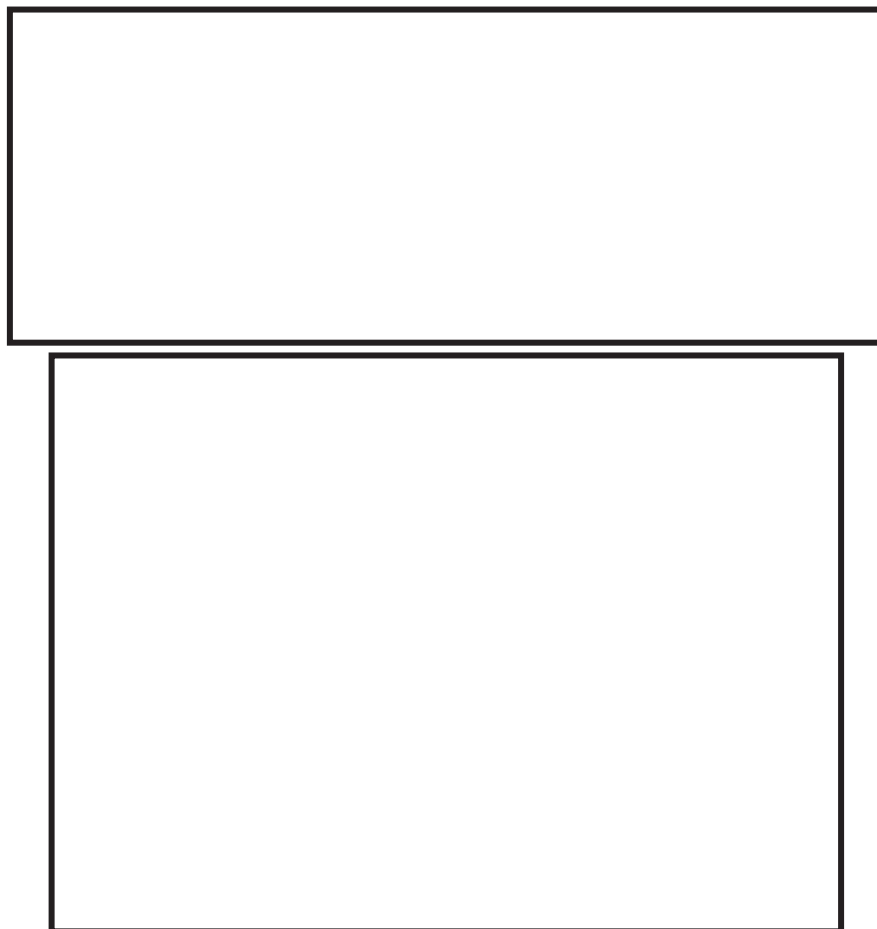


図 1-1 シール材流し込み状況

枠囲みの内容は商業機密の
観点から公開できません。

2. 充填タイプのシール材の流入性

ケーブルトレイへの充填タイプのシール材の流入性を確認するため、最大のケーブル占積率である40%のケーブルをアクリル製のケーブルトレイに布設し、シール材を施工した結果、図2-1に示すとおり、ケーブルトレイの底面までシール材が流入していることが確認できた。

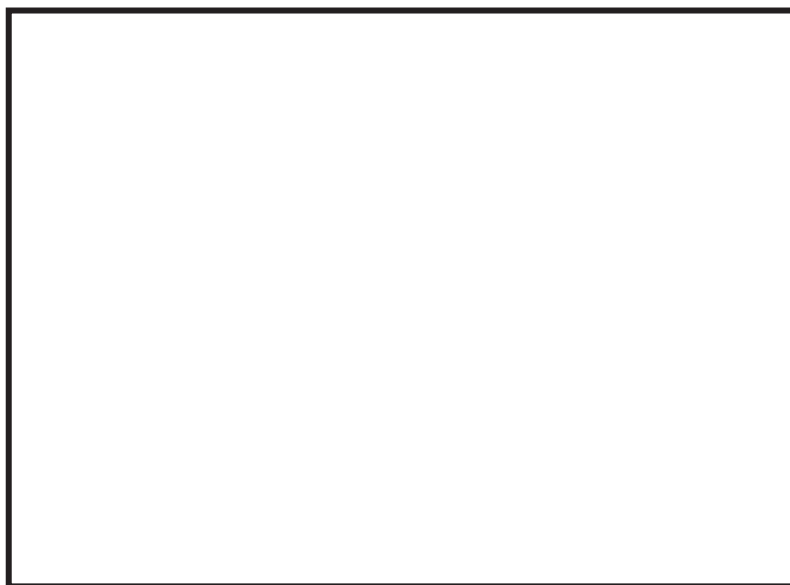


図 2-1 シール材流入後のケーブルトレイ底面

また、シール材硬化後にケーブルトレイを軸直方向に切断し、ケーブル線間への流入性を確認した結果、図2-2に示すとおり、ケーブル間に隙間なく流入していることが確認できた。



図 2-2 シール材硬化後のケーブルトレイ切断面