

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-011-19
提出年月日	2022年11月2日

VI-2-10-2-15 貫通部止水処置の耐震性についての計算書

2022年11月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 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	2
2.3 評価方針	4
2.4 適用規格・基準等	7
2.5 記号の説明	8
2.6 計算精度と数値の丸め方	10
3. 評価部位	11
4. 固有周期	12
4.1 固有周期の計算方法	12
4.2 固有周期の計算条件	13
4.3 固有周期の計算結果	13
5. 構造強度評価	14
5.1 構造強度評価方法	14
5.2 荷重及び荷重の組合せ	14
5.3 許容限界	16
5.4 設計用地震力	18
5.5 計算方法	19
5.6 計算条件	20
6. 評価結果	21

## 1. 概要

本計算書は、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。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

貫通部止水処置は各建物及び区画の貫通口と貫通物とのすき間又は貫通部の周囲に施工する。

### 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、ブーツ及び金属製伸縮継手を使用し、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の貫通口と貫通物のすき間に施工し、壁又は床面と貫通物を接合する構造とする。なお、電路貫通部の止水においては、シール材が型崩れしないように金属ボックスをアンカーボルトで壁、床面に固定し、金属ボックスにシール材を充填する場合がある。ブーツは、伸縮性ゴムを用い、壁又は床面設置の貫通口と配管を締付けバンドにて固定する構造とする。金属製伸縮継手は、壁又は床面設置の貫通口及び配管に溶接することで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。

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画

設備 名称	計画の概要		概略構造図
	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融合する。	
	ブーツと締付けバンドにて構成する。	配管変位を吸収できるように伸縮性ゴムを用い，壁又は床面設置の貫通口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。	
		電路貫通部については，シール材が型崩れしないよう金属ボックスをアンカーボルトで壁又は床面に固定し，金属ボックスにシール材を充填する。シール材は，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る。	
	金属製伸縮継手にて構成する。	配管変位を吸収できるように金属製伸縮継手を用い，壁又は床面設置の貫通口と配管を溶接によって接合する。	

### 2.3 評価方針

貫通部止水処置の耐震評価は、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「5. 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「6. 評価結果」に示す。貫通部止水処置のうち、モルタル及び電路貫通部金属ボックスの耐震評価フローをそれぞれ、図2-1及び図2-2に示す。

ここで、シール材を施工する貫通部においては、貫通部近傍に支持構造物を設置することで、地震時は建物壁と貫通物が一体で動く構造であり、相対変位が軽微な箇所に設置していることから、地震時の貫通部に対する配管変位及び相対変位の影響は十分小さい。また、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。ただし、電路貫通部については、シール材が型崩れしないように金属ボックスを壁又は床面に固定し、シール材を充填する場合があることから、金属ボックスについては、耐震評価対象とする。

ブーツ及び金属製伸縮継手については、地震による相対変位に対して十分な伸縮性を有している。このため、地震による相対変位の影響は軽微であることから、耐震評価の対象としない。

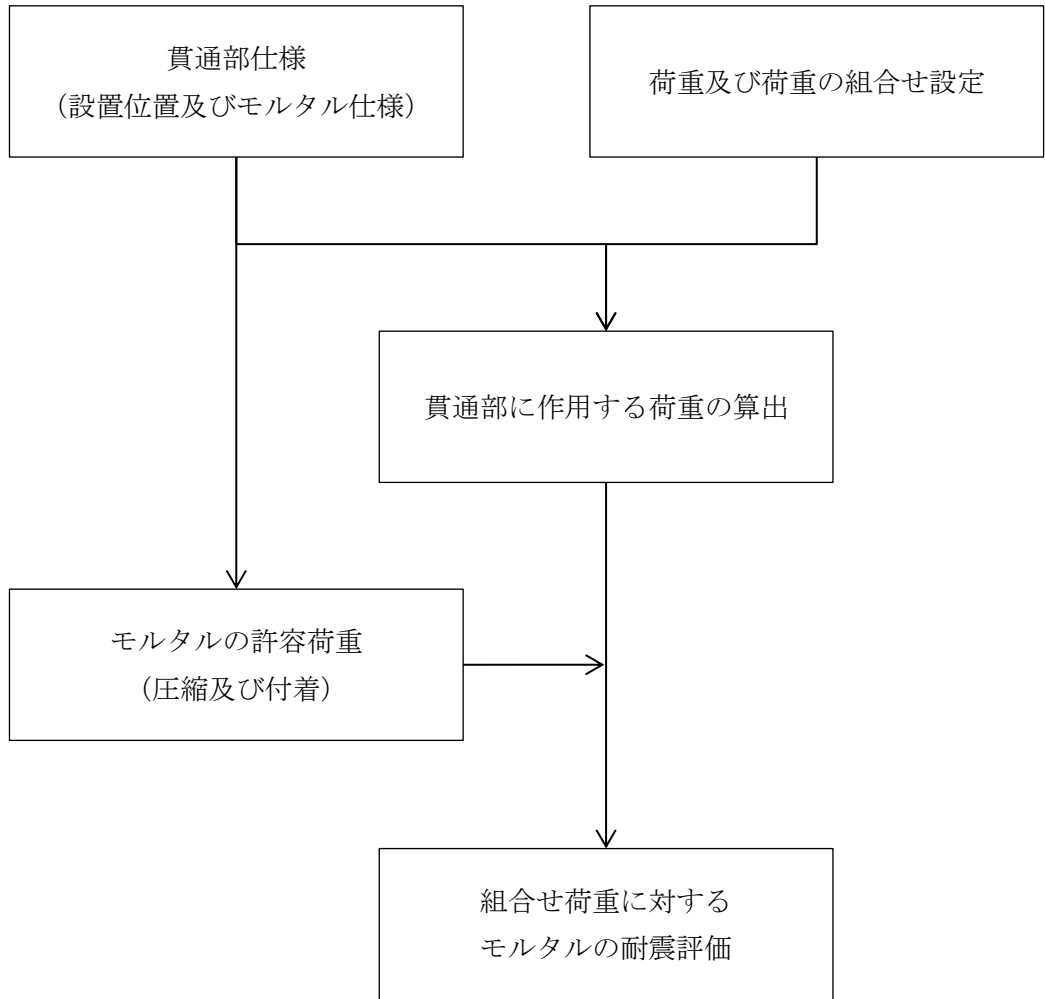


図 2-1 モルタルの耐震評価フロー

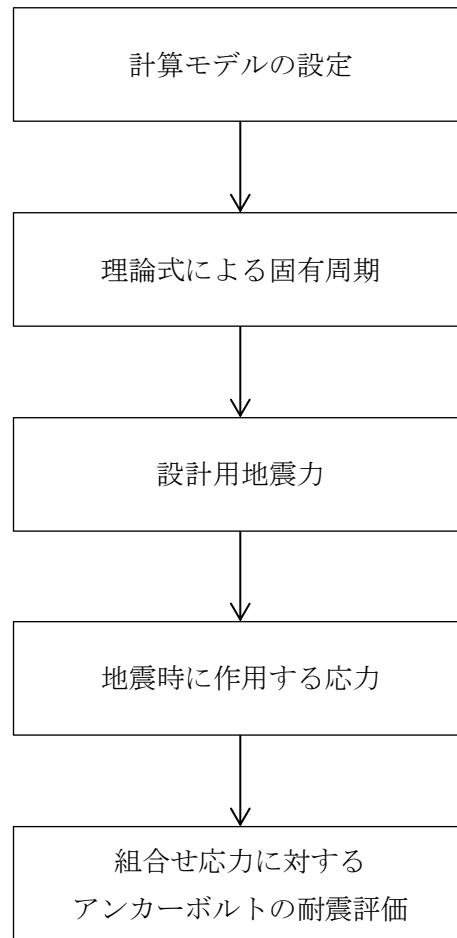


図 2-2 電路貫通部金属ボックスの耐震評価フロー



## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（(社) 土木学会，2002年制定）（以下「コンクリート標準示方書」という。）
- ・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）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・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）
- ・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 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版（(社) 日本電気協会）
- ・機械工学便覧 基礎編α2 機械力学（(社) 日本機械学会，2004改訂）（以下「機械工学便覧」という。）

## 2.5 記号の説明

モルタル及び電路貫通部金属ボックスの耐震評価に用いる記号を、表 2-2 及び表 2-3 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	$\text{mm}^2$
$C_1$	基準地震動 $S_s$ により生じる貫通物の軸方向設計震度	—
$C_2$	基準地震動 $S_s$ により生じる貫通物の軸直角方向設計震度	—
$d$	貫通物の直径	mm
$f_c$	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
$f'_{bok}$	モルタルの付着強度	MPa
$f'_{ck}$	モルタルの圧縮強度	MPa
$F_1$	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
$F_2$	基準地震動 $S_s$ により生じる貫通物の軸直角方向に作用する荷重	N
$F_c$	貫通物反力によりモルタルに生じる圧縮荷重	N
$F_s$	貫通物の反力によりモルタルに生じる付着荷重	N
$g$	重力加速度	$\text{m/s}^2$
$L$	貫通物の支持間隔	mm
$L_w$	モルタルの充填深さ	mm
$w$	貫通物の単位長さ当たりの質量	kg/m
$\gamma_c$	材料定数	—

表 2-3 電路貫通部金属ボックスの耐震評価に用いる記号

記号	定義	単位
$A_b$	アンカーボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	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	—
$F$	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
$F_b$	アンカーボルトに作用する引張力	N
$F_{b1}$	鉛直方向地震及び金属ボックス取付面に対し左右方向の水平方向地震によりアンカーボルトに作用する引張力	N
$F_{b2}$	鉛直方向地震及び金属ボックス取付面に対し前後方向の水平方向地震によりアンカーボルトに作用する引張力	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力（許容組合せ応力）	MPa
$g$	重力加速度	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心と下側アンカーボルト間の鉛直方向距離	mm
$l_2$	上側アンカーボルトと下側アンカーボルト間の鉛直方向距離	mm
$l_3$	左側アンカーボルトと右側アンカーボルト間の水平方向距離	mm
$m$	金属ボックスの質量（充填されているシール材質量を含む）	kg
$n$	アンカーボルトの本数	—
$n_{fH}$	引張力の支持を期待するアンカーボルトの本数（正面方向）	—
$n_{fV}$	引張力の支持を期待するアンカーボルトの本数（側面方向）	—
$Q_b$	アンカーボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震によりアンカーボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震によりアンカーボルトに作用するせん断力	N
$\sigma$	アンカーボルトに作用する引張応力	MPa
$\tau$	アンカーボルトに作用するせん断応力	MPa

## 2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-4 に示すとおりである。

表 2-4 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	桁処理	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
モルタル圧縮強度	MPa	—	—	小数点以下第 1 位
材料定数	—	—	—	小数点以下第 1 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	小数点以下第 1 位	四捨五入	整数位
単位長さ質量	kg/m	小数点以下第 1 位	四捨五入	整数位
長さ	mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
床面高さ	m	—	—	整数位*1
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
発生荷重	kN	有効数字 4 桁目	切上げ	有効数字 3 桁
許容荷重	kN	有効数字 4 桁目	切捨て	有効数字 3 桁
発生応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*2	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。また、設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

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したがって、地震荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し選定する。

評価対象については、貫通部止水処置の耐震重要度分類を踏まえ、津波の流入を考慮した範囲から選定する。

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、モルタルを評価部位とする。また、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、貫通部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、貫通物に通っている場合の評価に包絡される。

電路貫通部金属ボックスについては、アンカーボルトで壁又は床面に固定する構造であることから、アンカーボルトを評価部位とする。アンカーボルト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。

モルタル及び電路貫通部金属ボックスの評価部位をそれぞれ、図 3-1 及び図 3-2 に示す。

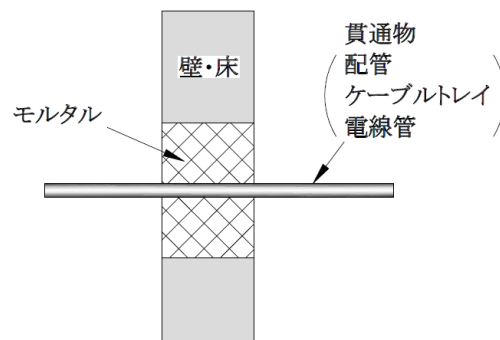


図 3-1 モルタルの評価部位

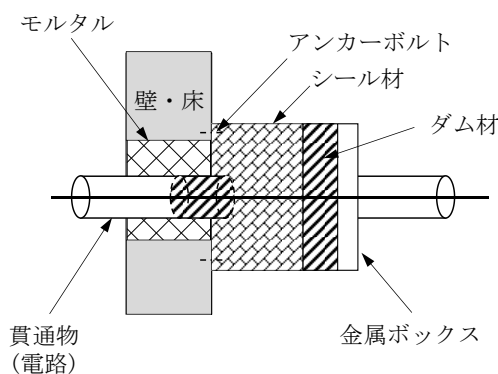


図 3-2 電路貫通部金属ボックスの評価部位

## 4. 固有周期

### 4.1 固有周期の計算方法

モルタルは、壁又は床面に埋め込まれている構造で躯体側と一体となって振動するため、固有周期の算出は不要である。

一方、電路貫通部金属ボックスは、壁に固定しているアンカーボルトの健全性を確認するため固有周期を算出する。その方法を以下に示す。

#### (1) 計算手法

電路貫通部金属ボックスの寸法や形状を踏まえ、図 4-1 に示す片持ちはりに単純化したモデルとして考える。

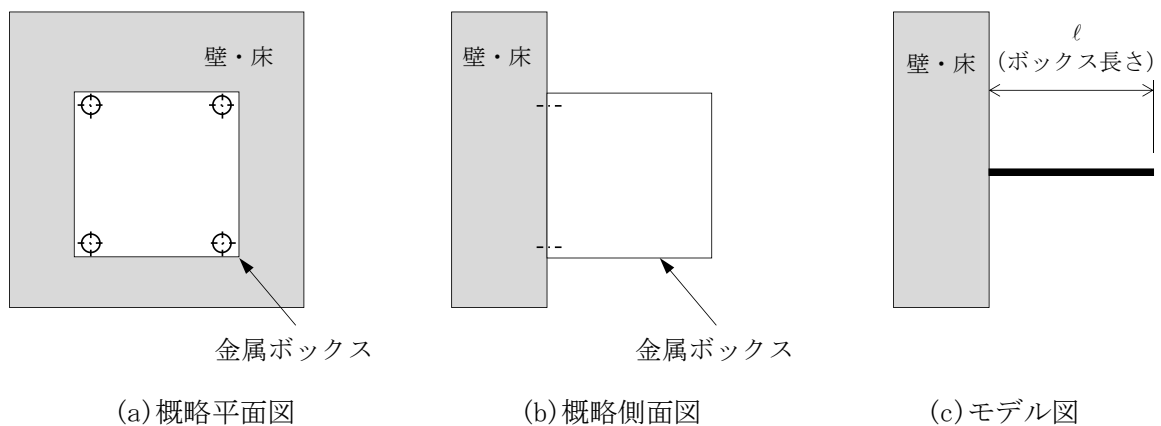


図 4-1 電路貫通部金属ボックスの評価モデル

#### (2) 記号の説明

電路貫通部金属ボックスの固有周期算出に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期算出に用いる記号

記号	定義	単位
E	縦弾性係数	MPa
f	固有振動数	Hz
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
ℓ	ボックス長さ	mm
w	単位長さ当たりの質量	kg/m
T	固有周期	s

#### (3) 固有周期の算出方法

固有周期は機械工学便覧に基づき、以下の式より算出する。






$$f = \frac{1.875^2}{2 \cdot \pi \cdot \ell^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{w}} \cdot 10^3$$

$$T = 1 / f$$

#### 4.2 固有周期の計算条件

電路貫通部金属ボックスの固有周期の計算条件を表 4-2 に示す。

表 4-2 電路貫通部金属ボックスの固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (MPa)	断面二次モーメント I (mm <sup>4</sup> )		ボックス長さ ℓ (mm)	単位長さ当たり の質量 w (kg/m)
	水平方向	鉛直方向		
				

#### 4.3 固有周期の計算結果

電路貫通部金属ボックスの固有周期の計算結果を表 4-3 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-3 電路貫通部金属ボックスの固有周期

方向	固有周期 (s)
水平	0.001
鉛直	0.001

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

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

### 5.2 荷重及び荷重の組合せ

#### 5.2.1 荷重の設定

##### (1) モルタルに作用する地震荷重

構造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. 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ように貫通物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 5-1 に示す。

また，貫通物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又は上層における床応答スペクトルの最大応答加速度を用いて発生荷重を算出する。ただし，貫通物の軸方向については，十分な剛性を有しており，剛領域の振動モードとなることから，基準床の最大応答加速度の 1.2 倍の加速度を用いて発生荷重を算出する。

##### (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。



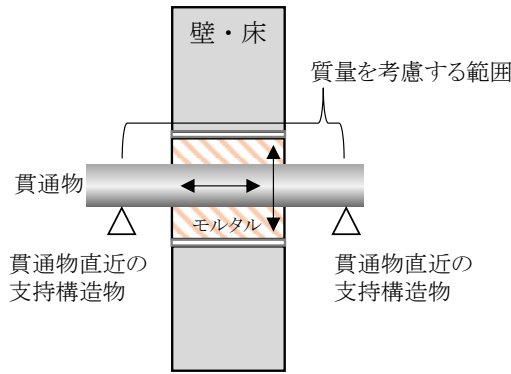


図 5-1 モルタルへの荷重作用図

(2) 電路貫通部金属ボックスに作用する地震荷重

構造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、電路貫通部金属ボックス及びボックスに充填しているシール材の質量を考慮する。なお、電路及び電路内構造物の質量は、外部サポートによって支持されているため考慮しない。

b. 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。

金属ボックスはアンカーボルトによって固定されていることから、アンカーボルトには固定荷重と地震荷重が作用し、金属ボックスが水平方向及び鉛直方向へ転倒する力が働く。アンカーボルトに作用する地震荷重作用図を図 5-2 に示す。

また、4.3 項に示す固有周期の計算結果 (表 4-3) から固有周期が 0.05 秒以下で剛構造であるため、基準床の最大応答加速度の 1.2 倍の加速度を用いて発生荷重を算出する。

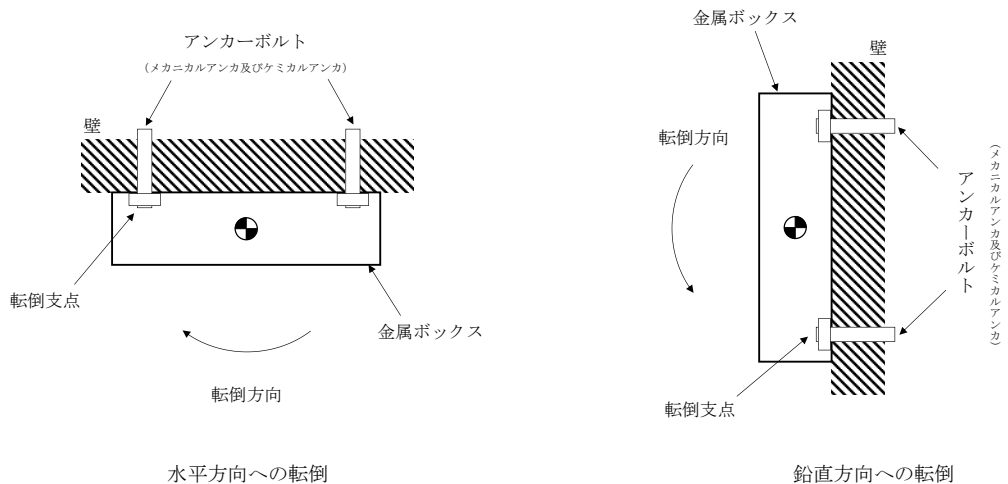


図 5-2 電路貫通部金属ボックスへの荷重作用図

### 5.2.2 荷重の組合せ

貫通部止水処置の荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 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	D + S <sub>s</sub>

注記\* : Dは固定荷重, S<sub>s</sub>は基準地震動 S<sub>s</sub>による地震荷重を示す。

### 5.3 許容限界

#### (1) モルタル

各評価部位の許容値は, コンクリート標準示方書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, 許容限界評価条件及び許容限界算出結果をそれぞれ, 表 5-2, 表 5-3 及び表 5-4 に示す。

表 5-2 貫通部止水処置の許容限界

状態	許容荷重*	
	付着	圧縮
短期	f <sub>s</sub>	f <sub>c</sub>

注記\* : モルタルの許容限界は, コンクリート標準示方書により, モルタルの許容付着荷重 f<sub>s</sub>, モルタル付着強度 f'<sub>bo,k</sub>及びモルタルの許容圧縮荷重 f<sub>c</sub>を算出する。モルタル圧縮強度 f'<sub>ck</sub>は設計値を用いる。

$$\text{許容付着荷重 } f_s = f'_{bo,k} \cdot \pi \cdot d \cdot L_w / \gamma_c$$

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

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

$$A_P = d \cdot L_w$$

表 5-3 貫通部止水処置の許容限界評価条件

モルタル圧縮強度 f' <sub>ck</sub> (MPa)	貫通物の直径 d (mm)	モルタル充填深さ L <sub>w</sub> (mm)	材料定数 γ <sub>c</sub>
□	□	□	□

表 5-4 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 f <sub>s</sub> (kN)	圧縮荷重 f <sub>c</sub> (kN)
短期	モルタル	8.21 × 10 <sup>3</sup>	6.68 × 10 <sup>4</sup>

(2) 電路貫通部金属ボックス

電路貫通部金属ボックスのアンカーボルトの許容限界は、設計・建設規格に基づき許容組合せ応力  $f_{ts}$ 、許容せん断応力  $f_{sb}$  を算出する。

アンカーボルトの許容限界、許容限界評価条件及び許容限界算出結果をそれぞれ、表 5-5、表 5-6 及び表 5-7 に示す。

表 5-5 アンカーボルトの許容限界

許容応力状態	許容限界	
	引張応力 $f_{to}^*$	せん断応力 $f_{sb}$
ⅢAS	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

注記\*：せん断応力を同時に受ける場合の許容組合せ応力  $f_{ts}$  は、以下のとおりとする。

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to})$$

表 5-6 アンカーボルトの許容限界評価条件

評価部位	材料	F (MPa)
アンカーボルト	SS400 相当	215

表 5-7 アンカーボルトの許容限界算出結果

許容引張応力 $f_{to}$ (MPa)	許容せん断応力 $f_{sb}$ (MPa)
129	99

## 5.4 設計用地震力

### (1) モルタル

モルタルの止水処置については、耐震計算に用いる設計震度をVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」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5-8に示す。

表5-8 モルタルの耐震計算に用いる設計用震度

地震動	設置場所及び 床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
		貫通物軸方向 $C_1^{*3}$	1.53
基準地震動 $S_s$	タービン建物 EL 0.25 (EL 5.5*2)	貫通物軸直角方向 $C_2^{*4}$	15.35*5

注記\*1:設計震度は、設計用床応答スペクトルI及び設計用震度Iに基づき設定する。また、鉛直方向は、地震による設計震度に加え、重力加速度(1G)を考慮する。

\*2:基準床レベルを示す。

\*3:貫通物の軸方向は十分な剛性を有しており、剛領域の振動モードとなることから、基準床の最大応答加速度の1.2倍を設計震度とする。

\*4:モルタルは評価対象箇所が多いことから、設計震度の算出が合理的となるように全周期帯の最大応答加速度を用いる。また、保守的な評価となるように設計用床応答スペクトルIは減衰定数0.5%を適用する。

\*5:軸直角2方向のベクトル和を示す。

### (2) 電路貫通部金属ボックス

電路貫通部金属ボックスについては、耐震計算に用いる設計震度をVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」における設計用地震力に基づき設計する。電路貫通部金属ボックスの耐震計算に用いる設計震度を表5-9に示す。

表5-9 電路貫通部金属ボックスの耐震計算に用いる設計用震度

地震動	設置場所及び 床面高さ (m)	地震による設計震度*2	
		水平方向 $C_H$	1.53
基準地震動 $S_s$	タービン建物 EL 0.25 (EL 5.5*1)	鉛直方向 $C_V$	0.72

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:設計震度は、設計用床応答スペクトルI及び設計用震度Iに基づき設定する。また、電路貫通部金属ボックスは固有周期が0.05秒以下であり、剛構造であるため、基準床の最大応答加速度の1.2倍を設計震度とする。

## 5.5 計算方法

### (1) モルタルの耐震評価（荷重計算）

固定荷重及び基準地震動  $S_s$  によりモルタルに生じる荷重を算出する。なお、鉛直方向の設計震度は、地震による設計震度に加え、重力加速度（1G）を考慮する。また、軸直角方向の設計震度は2方向のベクトル和を考慮する。

$$\text{付着荷重： } F_s = F_1 = w \cdot C_1 \cdot L \cdot g$$

$$\text{圧縮荷重： } F_c = F_2 = (5/8) \cdot w \cdot C_2 \cdot L \cdot g$$

### (2) 電路貫通部金属ボックスの耐震評価（応力計算）

固定荷重及び基準地震動  $S_s$  による荷重は次のとおり算出する。

#### a. 引張応力の計算

アンカーボルトに対する引張応力は、最も厳しい条件として、図5-2で片側ボルト列を支点とする転倒を考え、これをもう片側のボルト列で受けるものとして計算する。

金属ボックスが水平方向に転倒する場合の引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{fH} \cdot \ell_3} + \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2}$$

金属ボックスが鉛直方向に転倒する場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot g + m \cdot (1 + C_V) \cdot h \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2}$$

引張力

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2})$$

引張応力

$$\sigma = F_b / A_b$$

#### b. せん断応力の計算

アンカーボルトに対するせん断応力は、アンカーボルト全本数で受けるものとして計算する。

水平方向の力

$$Q_{b1} = C_H \cdot m \cdot g$$

鉛直方向の力

$$Q_{b2} = (1 + C_V) \cdot m \cdot g$$

せん断力

$$Q_b = \sqrt{Q_{b1}^2 + Q_{b2}^2}$$

せん断応力

$$\tau = Q_b / (n \cdot A_b)$$

5.6 計算条件

(1) モルタル

モルタルの耐震評価に関する荷重評価条件を表 5-10 に示す。

表 5-10 モルタルの耐震評価に関する荷重評価条件

貫通箇所 (貫通部仕様)	貫通物の支持間隔 L (mm)	貫通物の単位長さ 当たりの質量 w (kg/m)
タービン建物 地下 1 階壁貫通部 (モルタル)	□	□

(2) 電路貫通部金属ボックス

電路貫通部金属ボックスの耐震評価に関する荷重評価条件を表 5-11 に示す。

表 5-11 電路貫通部金属ボックスの耐震評価に関する荷重評価条件

貫通箇所 (貫通部仕様)	アンカーボルトの 軸断面積 A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	据付面又は取付面か ら重心までの距離 h (mm)	重心と下側アンカー ボルト間の鉛直方向 距離 ℓ <sub>1</sub> (mm)
タービン建物 地下 1 階壁貫通部 (金属ボックス)	□	□*	□*

上側アンカーボルト と下側アンカーボルト 間の鉛直方向距離 ℓ <sub>2</sub> (mm)	左側アンカーボルト と右側アンカーボルト 間の水平方向距離 ℓ <sub>3</sub> (mm)	金属ボックスの質量 (充填されているシ ール材質量を含む) m (kg)	アンカーボルトの 本数 n
□	□	□	□

引張力の支持を期待 するアンカーボルト の本数 (正面方向) n <sub>fH</sub>	引張力の支持を期待 するアンカーボルト の本数 (側面方向) n <sub>fV</sub>
□	□

注記\*：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

## 6. 評価結果

### (1) モルタル

モルタルの耐震評価結果を表 6-1 に示す。評価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し、止水性を維持できることを確認した。

表 6-1 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	$6.16 \times 10^3$	$8.21 \times 10^3$
圧縮荷重	$3.86 \times 10^4$	$6.68 \times 10^4$

### (2) 電路貫通部金属ボックス

電路貫通部金属ボックスの耐震評価結果を表 6-2 に示す。評価部位における発生応力は許容応力以下であり、設計用地震力に対して構造部材が津波による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し、止水性を維持できることを確認した。

表 6-2 電路貫通部金属ボックスの耐震評価結果

応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
引張応力	36	129*
せん断応力	11	99

注記\*：次式にて計算した値を示す。

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to})$$