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-167　改 7
提出年月日	平成 30 年 9 月 14 日

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

NT2 補② Ⅴ-2-10-2-7-2 R7

目次

1.　概要 1
2.　一般事項 1
2.1　配置概要 1
2.2　構造計画 1
2.3　評価方針 7
2.4　適用基準 8
2.5　記号の説明 9
3.　評価部位 10
4.　構造強度評価 10
4.1　構造強度評価方法 10
4.2　荷重及び荷重の組合せ 10
4.3　許容限界 12
4.4　計算方法 13
4.5　計算条件 14
5.　評価結果 17

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及び機能維持の設計方針に基づき，貫通部止水処置について，基準地震動Ｓ$_s$による地震力に対して，溢水伝播を防止する機能を維持するために，十分な構造強度を有することを説明するものである。その耐震評価は，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Ｃクラス施設及びＳ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「2.2　構造概要」に示す構造計画のとおりであり，海水ポンプ室，原子炉建屋原子炉棟，タービン建屋及び廃棄物処理建屋の貫通口と貫通物とのすき間に施工する。

2.2　構造計画

貫通部止水処置の構造計画を表 2－1 に，貫通部止水処置の概要図を図 2－1 に示す。

貫通部の止水処置は，貫通部の位置や条件に応じて，シール材，モルタル，ブーツ及び堰を使用し，各シール材，モルタル及び堰の適用条件を考慮し施工する。シール材，モルタル及びブーツは壁の貫通口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。堰は貫通部の周りに設置し，貫通部への溢水の伝播を防止する構造とする。

表 2－1　構造計画（1／5）

配置図
 貫通部止水処置を実施する外壁 ※：建屋内壁について，溢水影響評価にて伝播を許容しない箇所に貫通部止水処置を実施する。

表２－１　構造計画（2／5）

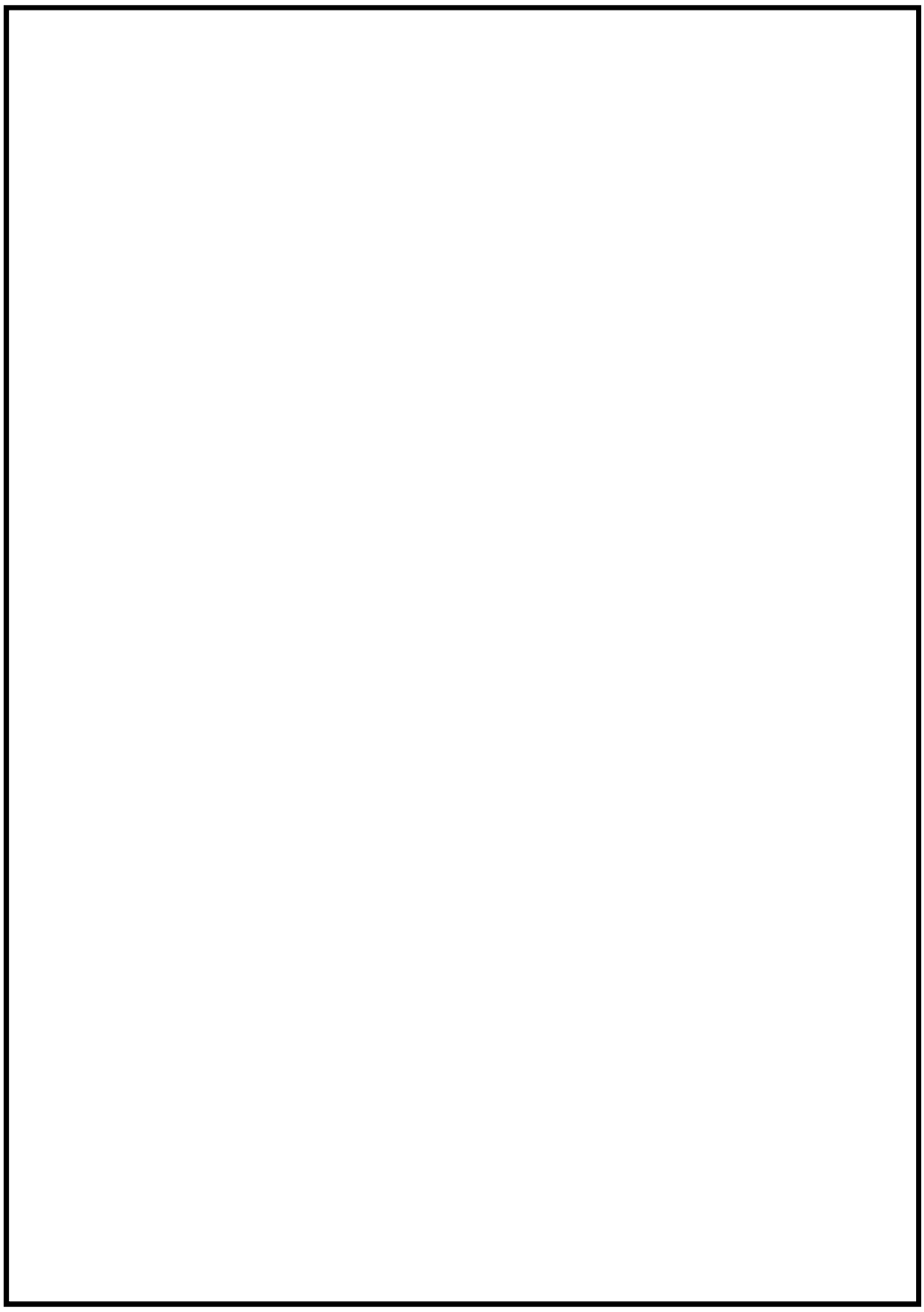
配置図
 貫通部止水処置を実施する外壁 ※：建屋内壁について，溢水影響評価にて伝播を許容しない箇所に貫通部止水処置を実施する。

表 2－1　構造計画（3／5）

配置図
貫通部止水処置を実施する外壁

表 2－1　構造計画（4／5）

配置図
貫通部止水処置を実施する外壁

表 2－1　構造計画（5／5）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	

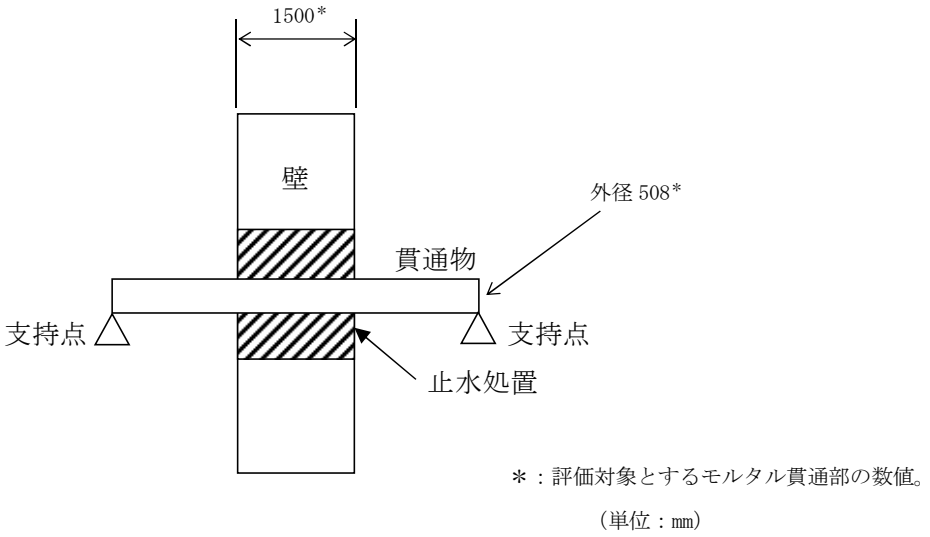
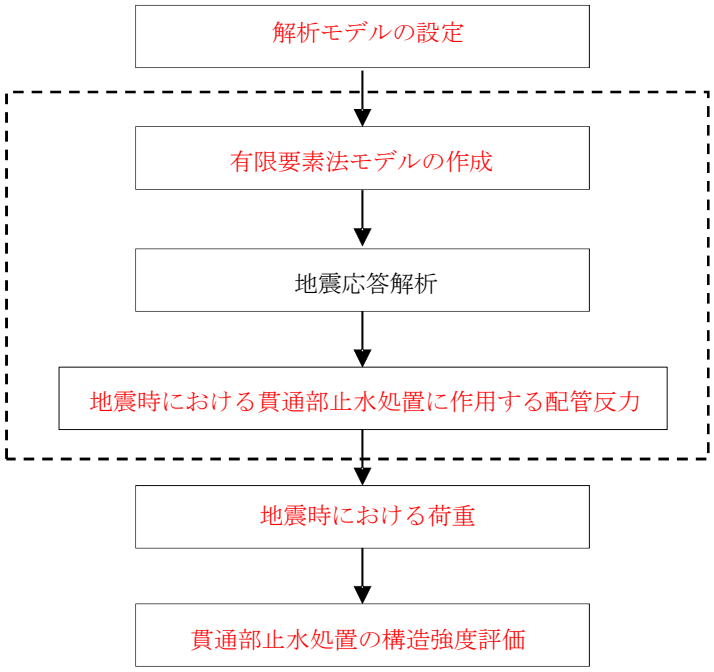


図 2－1 貫通部止水処置の概要図

2.3　評価方針

貫通部止水処置の耐震評価は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の設計方針」の「3.1 構造強度上の制限」及び「4.4 止水性の維持」にて設定している荷重及び荷重の組み合わせ並びに許容限界を踏まえて，貫通部止水処置の評価部位に作用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する。

貫通部止水処置の耐震評価フローを図 2－2 に示す。貫通部止水処置の耐震評価においては，その構造を踏まえ，主荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を選定する。貫通部止水処置に作用する荷重は基準地震動 S_s による地震力を用いる。貫通部止水処置の許容限界は，評価部位の損傷モードごとに貫通部止水処置の寸法より計算にて算出される許容付着荷重及び設計値としての許容圧縮荷重について，妥当な安全余裕を確保した許容荷重とする。



：評価対象となる貫通部止水処置における貫通配管は，溢水源としない耐震Ｂ，Ｃクラス機器であることから，当該配管反力を算出するための配管の評価方針及び評価方法は，添付書類「Ｖ-2-別添 2-2　溢水源としない耐震Ｂ，Ｃクラス機器の耐震性についての計算書」による。

図 2－2 貫通部止水処置の耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(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　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格(2005 年版(2007 年追補版を含む))
ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007（日本機械学会）

(5)　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)

2.5　記号の説明

貫通部止水処置の耐震評価に用いる記号を表 2－2 に示す。

表 2－2　耐震評価に用いる記号

記号	定義	単位
F_S	配管反力によりモルタルに生じるせん断荷重	kN
F_{S_total}	モルタル部に生じる合計せん断荷重	kN
F_C	配管反力によりモルタルに生じる圧縮荷重	kN
F_{C_total}	モルタル部に生じる合計圧縮荷重	kN
F_V	基準地震動S_sにより生じる鉛直反力	N
F_H	基準地震動S_sにより生じる水平反力	N
F_{H1}	壁貫通配管の軸方向荷重として作用するF_H	N
F_{H2}	壁貫通配管の軸直方向荷重として作用するF_H	N
f_S	モルタルの許容付着荷重	kN
f_C	モルタルの許容圧縮荷重	kN
f'_{ck}	モルタル圧縮強度	N/mm^2
f'_{bok}	モルタル付着強度	N/mm^2
S	貫通物の周長	mm
L	モルタルの充填深さ	mm
A	貫通物の投影面積	mm^2
γ_C	材料定数	－

NT2 補② V-2-10-2-7-2 R7

3. 評価部位

貫通部止水処置の評価部位は，「2.2 構造概要」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。

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こととしており，地震時は建屋と貫通物が一体で動くことから，建屋と貫通物の建屋間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。

ブーツについては，伸縮性ゴムを使用しており，配管の地震変異に対しても十分な伸縮性を有しているため地震による影響は軽微であり，健全性が損なわれることはない。

堰については，添付書類「V-2-10-2-10　溢水拡大防止堰及び止水板の耐震性についての計算書」にて耐震性を確認した堰と同様の構造とすることとし，健全性が損なわれることはない。

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。

以上より，貫通部止水処理のうちモルタルを用いた貫通部を評価部位として，最大荷重がモルタルに作用する貫通部止水処置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，貫通物が通っている場合の評価に包絡される。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

貫通部止水処置の耐震評価は，「3. 評価部位」に示す評価部位に対し，「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み合わせ並びに許容限界を踏まえ，「4.4 評価方法」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

耐震評価に用いる荷重及び荷重の組み合わせは，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針」に示す荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 荷重の種類

耐震評価に用いる荷重は，以下の荷重を用いる。

a．死荷重(D)

配管質量による死荷重とする。

b．地震荷重(S_s)

地震荷重として，基準地震動S_sによる地震力を考慮する。

(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については，せん断荷重及び圧縮荷重を考慮する。発生するせん断荷重及び圧縮荷重については，貫通物による地震荷重から算出する。モルタルに付加される荷重の考え方を示した模式図を図 4－1 に示す。

イ．貫通物による地震荷重

モルタルに作用する地震荷重の計算に用いる配管反力は，３次元はりモデルにより算出する。

ケーブルトレイ及び電線管については，壁と一体に動く構造となっており，地震時のケーブルトレイ及び電線管の揺れによる貫通部への影響は小さいが，保守的に配管と同様の評価を行う。

ロ．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F_S及び圧縮荷重F_Cについては，３次元はりモデルにより算出した配管反力から算出する。式の記号の定義は，「4.5 評価方法」にまとめて示す。

せん断荷重は水平反力から次のとおり算出する。

$$F_S = F_{H1}$$

圧縮荷重は配管の水平反力と鉛直反力から次のとおり算出する。

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

NT2 補② V-2-10-2-7-2 R7

図 4－1 地震荷重模式図

(2) 荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重の組合せは，貫通部止水処置の評価部位ごとに設定する。荷重の組合せを表 4－1 に示す。

表 4－1 荷重の組合せ

荷重の組合せ	評価部位
$D+S_s$	モルタル

4.3 許容限界

モルタルの許容限界は，添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す許容限界を踏まえ，「3. 評価部位」に設定している評価部位ごとに，機能損傷モードを考慮し，計算により算出する許容付着荷重及び許容圧縮荷重を用いる。

評価部位の許容限界を表 4－2 に示す。

第 4-2 表に示す許容付着荷重 f_S，付着強度 f'_{bok} 及び許容圧縮荷重 f_C は，添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」のとおり，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］」（(社) 土木学会，2002 年）に定める計算式を用いて算出する。圧縮強度 f'_{ck} は設計値を用いる。

$$f_S = f'_{bok} \times S \times L / \gamma_C$$

$$f_C = f'_{ck} \times A / \gamma_C$$

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

$f'_{ck} =$ [redacted]

$\gamma_C =$ [redacted]

表 4－2 モルタルの許容限界

	耐震クラス	荷重の組合せ	限界状態	許容荷重*	
				付着荷重	圧縮荷重
モルタル	S C（S_s）	D＋S_s	終局限界状態	f_S	f_C

＊：当該の荷重が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の荷重で代表可能である場合は評価を省略する。

4.4　計算方法

モルタルの耐震評価は,「4.2　荷重及び荷重の組合せ」にて示す荷重の組合せに対して,「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」で示した地震応答解析により発生荷重を算出し,「4.3　許容限界」にて設定している許容限界に収まることを確認する。モルタルの合計せん断荷重及び合計圧縮荷重の算出方法については「4.4（1）　モルタルの耐震評価」に示す。

(1)　モルタルの耐震評価

モルタルの耐震評価では,「4.2 荷重及び荷重の組合せ」に示す配管による地震荷重により，モルタルに作用する合計せん断荷重及び合計圧縮荷重を算出する。モルタルに作用する合計せん断荷重F_{S_total}及び合計圧縮荷重F_{C_total}の算出式を以下に示す。

$$F_{S_total}=F_S \quad , \quad F_{C_total}=F_C$$

NT2 補② V-2-10-2-7-2 R7

4.5　計算条件

「4.4　計算方法」に用いる評価条件を表 4－3 に示す。また，モルタルに作用する地震荷重の計算に用いる配管反力及び固有振動数は，３次元はりモデルにより算出することとし，その解析モデルを図 4－2，配管諸元を表 4－4，質点質量を表 4－5 に示す。

表 4－3　耐震評価に用いる評価条件

（モルタル）

貫通部 No.	貫通部箇所 （貫通物仕様）	貫通配管の 周長 S (mm)	モルタルの 充填深さ L (mm)	貫通物の 投影面積 A (mm^2)	貫通物の 外径 (mm)
6-K-22	モルタル	1596	1500	762000	508

基準地震動S_sにより生じる ３次元はりモデルによる配管反力		
水平軸方向 F_{H1} (N)	水平軸直方向 F_{H2} (N)	鉛直方向 F_V (N)
[redacted]		

NT2 補② V-2-10-2-7-2 R7

図 4－2　解析モデル

表 4－4　配管緒元

名　　称	単位	節点 41 から 8239
外　　径	mm	508
厚　　さ	mm	9.5
材　　料	－	SUS304TP
縦弾性係数	$\times 10^5$ MPa	1.95
最高使用圧力	MPa	1.04
最高使用温度	℃	66

表 4－5　質点質量

5.　評価結果

モルタルに作用するせん断荷重及び圧縮荷重の耐震評価結果を，表 5－1 に示す。発生値は許容値を満足しており，基準地震動Ｓ$_s$による地震力に対して，溢水伝播を防止する機能を維持するために，十分な構造強度を有することを確認した。

表 5－1　耐震評価結果

評価対象設備	評価部位	荷重	発生荷重	許容荷重	判定
貫通部 止水処置	モルタル	せん断荷重 (kN)	66	1991	○
		圧縮荷重 (kN)	240	17584	○

NT2 補② V-2-10-2-7-2 R7E