

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
商業機密あるいは防護上の観点  
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-132 改1
提出年月日	平成30年2月15日

V-2-9-1-1-1 原子炉格納容器底部コンクリートマットの  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格・基準等	10
3. 応力解析による評価方法	11
3.1 評価対象部位及び評価方針	11
3.2 荷重及び荷重の組合せ	13
3.3 許容限界	16
3.4 解析モデル及び諸元	19
3.5 評価方法	21
4. 評価結果	31

## 1. 概要

本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉格納容器底部（以下「原子炉格納容器底部コンクリートマット」という。）の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

原子炉格納容器底部コンクリートマットは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」並びに「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

原子炉格納容器底部コンクリートマットは，原子炉建屋の一部を構成している。原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

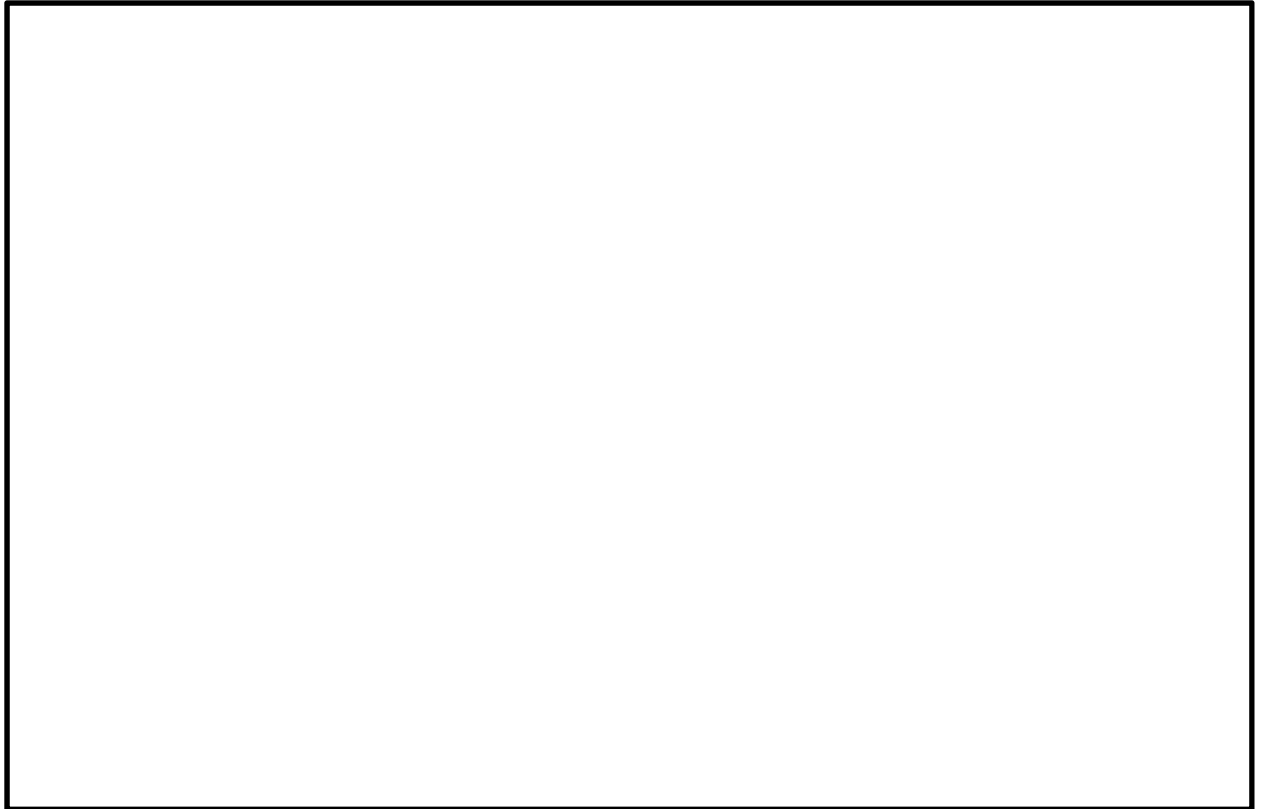


図 2-1 原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋の設置位置

## 2.2 構造概要

原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤は、鉄筋コンクリート造で、底面位置における平面規模は、南北方向 68.5 m、東西方向 68.25 m、厚さ 5.0 m である。また、この基礎盤は、原子炉本体の基礎（以下「RPV 基礎」という。）、原子炉格納容器（以下「PCV」という。）、その周囲の 1 次遮蔽壁（以下「シェル壁 (S/W)」という。）、原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）の外壁（以下「内部ボックス壁 (I/W)」という。）及び原子炉建屋付属棟（以下、「付属棟」という。）の外壁（以下「外部ボックス壁 (O/W)」という。）を支持している。

原子炉格納容器底部コンクリートマットは、原子炉格納容器底部の圧力バウンダリを構成する厚さ 5.0 m の鉄筋コンクリート造の構造体であり、その上面には耐漏洩性を持たせるために鋼製ライナが設けられている。また、この底部コンクリートマットは、原子炉棟基礎及び付属棟基礎と一体となっている。

原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤の概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

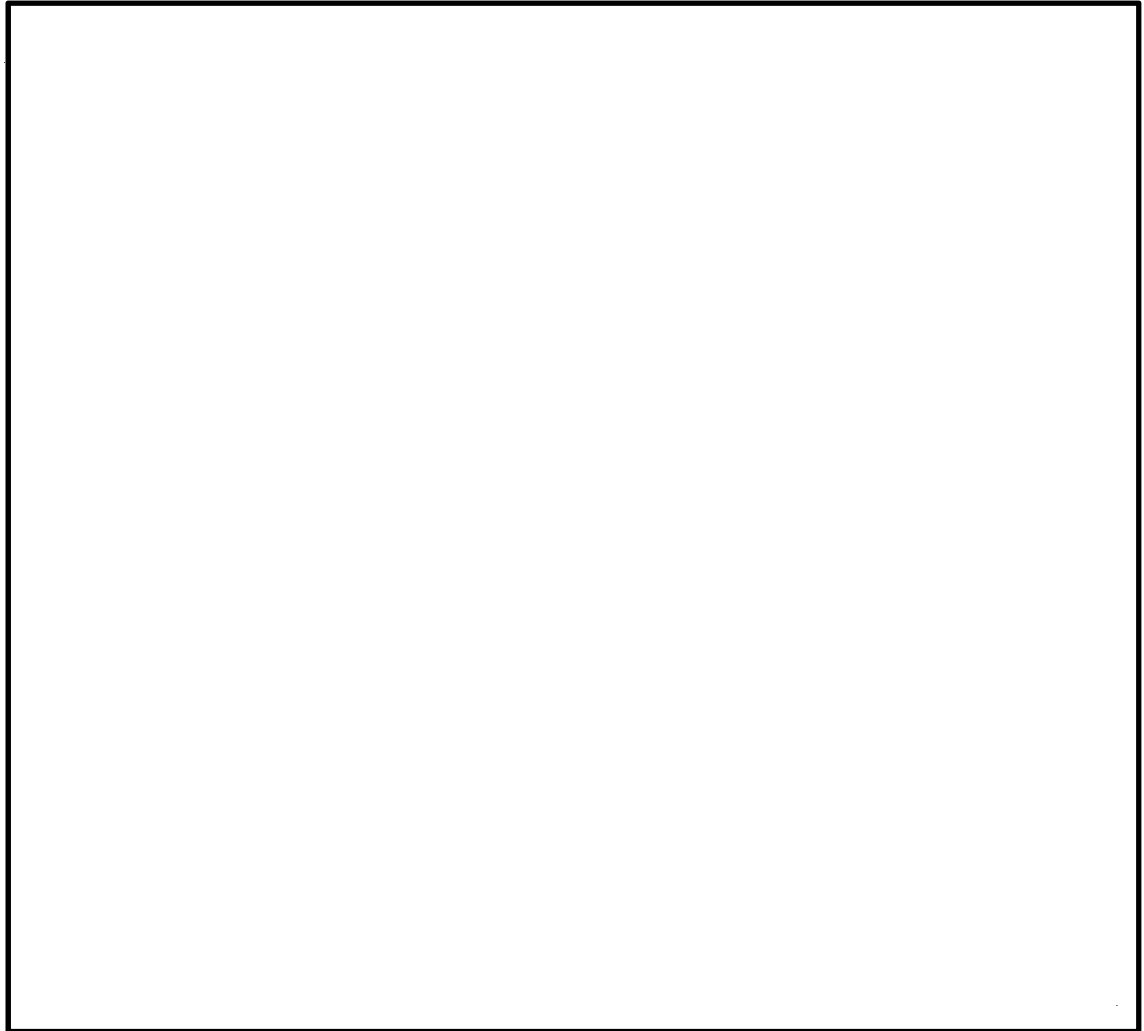


図 2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤の概略平面図 (EL. -4.0 m)

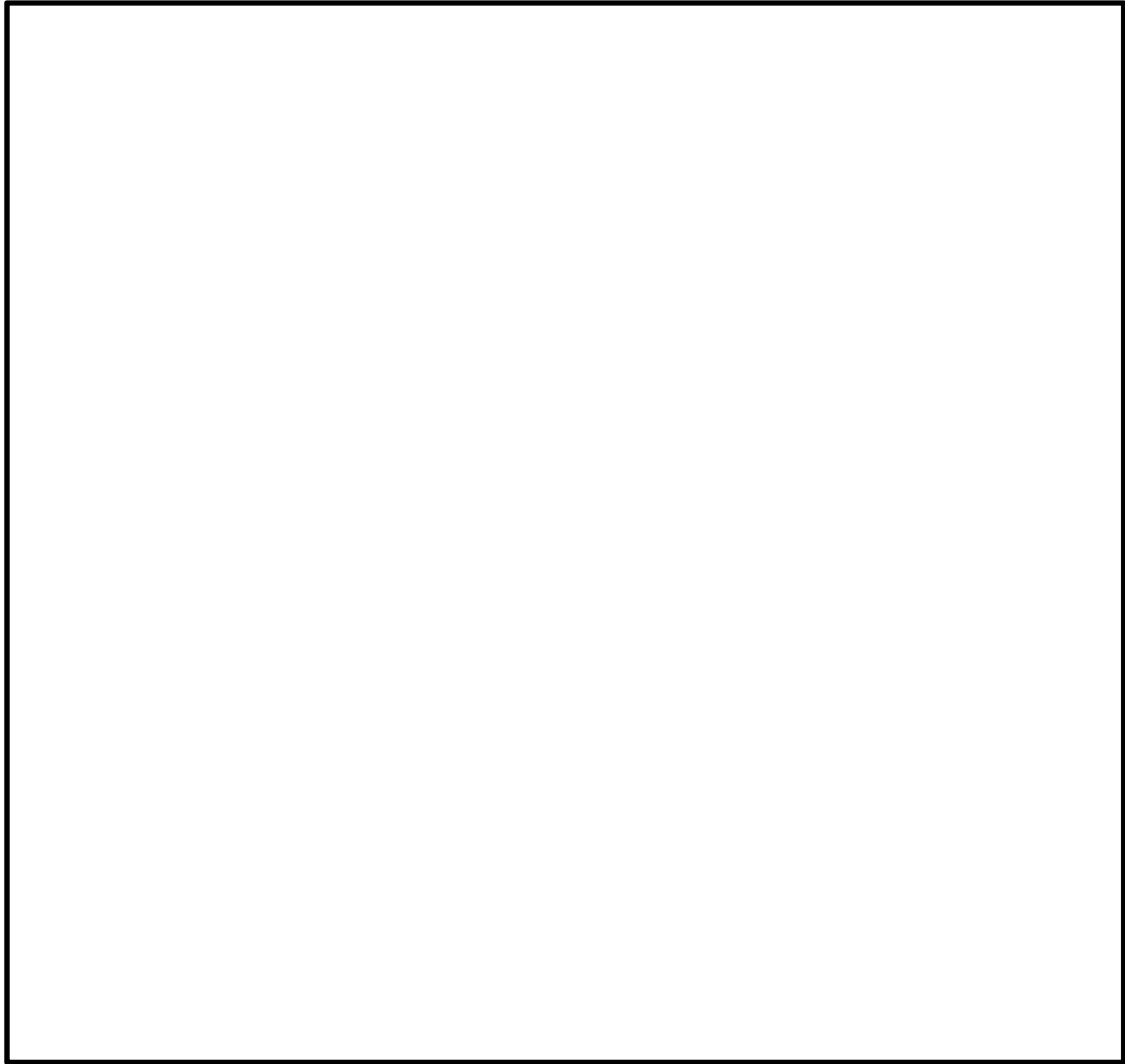


図 2-3 (1/2) 原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤の概略断面図 (A-A 断面)

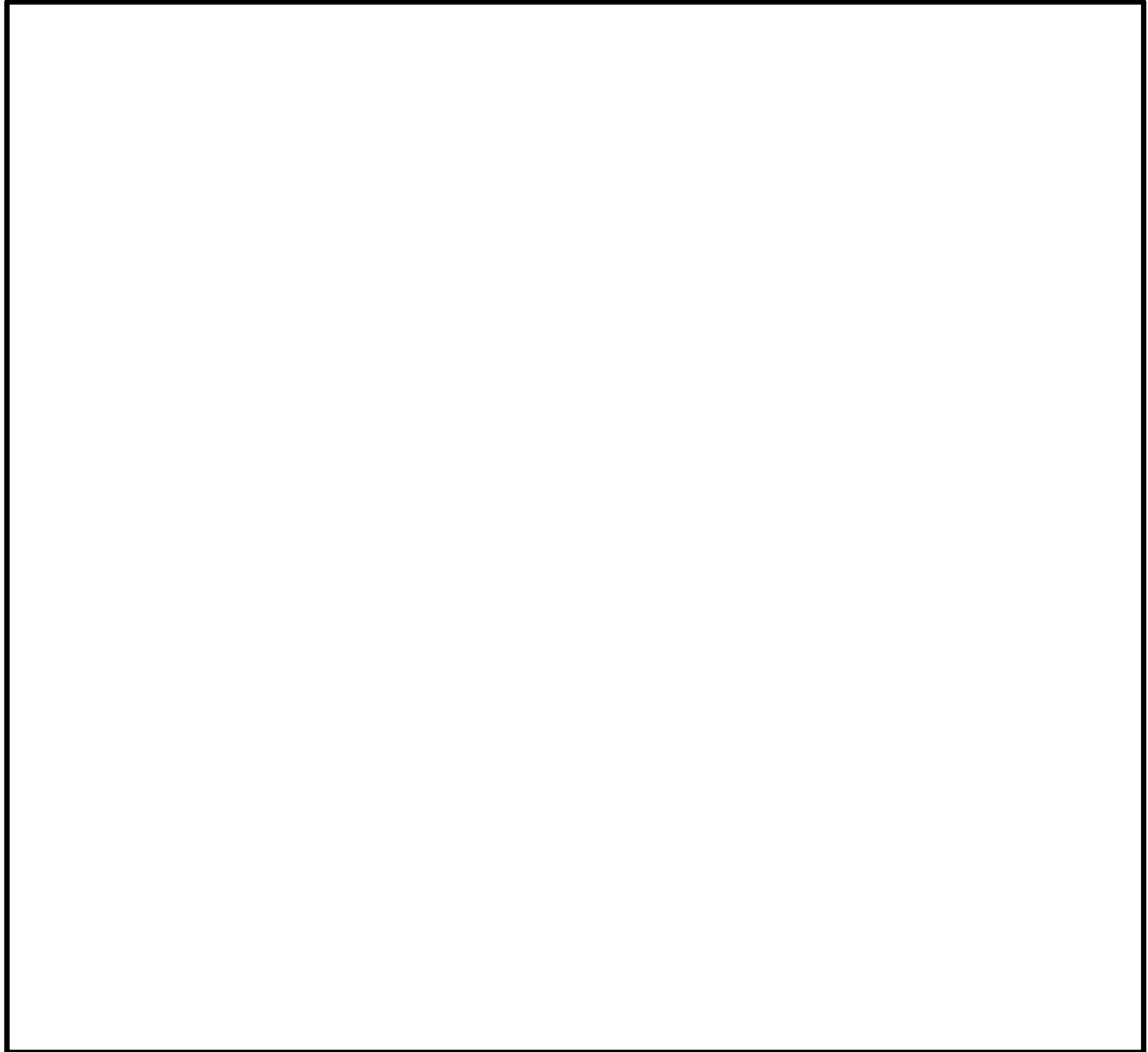


図 2-3 (2/2) 原子炉格納容器底部コンクリートマットを含む原子炉建屋基礎盤の概略断面図 (B-B 断面)



### 2.3 評価方針

原子炉格納容器底部コンクリートマットは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」並びに「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

原子炉格納容器底部コンクリートマットの設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力または静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価及び基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価を行うこととし、それぞれの評価は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。原子炉格納容器底部コンクリートマットにおいて考慮すべき荷重は、通常荷重、運転時荷重、事故時荷重及び地震荷重等種類が多く、性質を異にしている。また、これらの荷重はその発生確率、他の荷重発生との同時性等が各々異なっているため、以下の4つの荷重状態に分類する。

本評価では、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している通常荷重、運転時荷重及び事故時荷重が工事計画認可申請書（47公第12076号 昭和48年4月9日認可）（以下「既工事計画」という。）と同一であること、更に、応答に対して支配的となる水平方向の弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力及び静的地震力が既工事計画の地震荷重よりも小さいことから、荷重状態Ⅳの地震時に関する荷重の組合せについて評価を行う。

- (1) 荷重状態Ⅰ：通常運転時の状態
- (2) 荷重状態Ⅱ：逃し安全弁作動時、試験時または積雪時の状態
- (3) 荷重状態Ⅲ：荷重状態Ⅰ、荷重状態Ⅱ及び荷重状態Ⅳ以外の状態
- (4) 荷重状態Ⅳ：格納容器の安全設計上想定される異常な状態が生じている状態

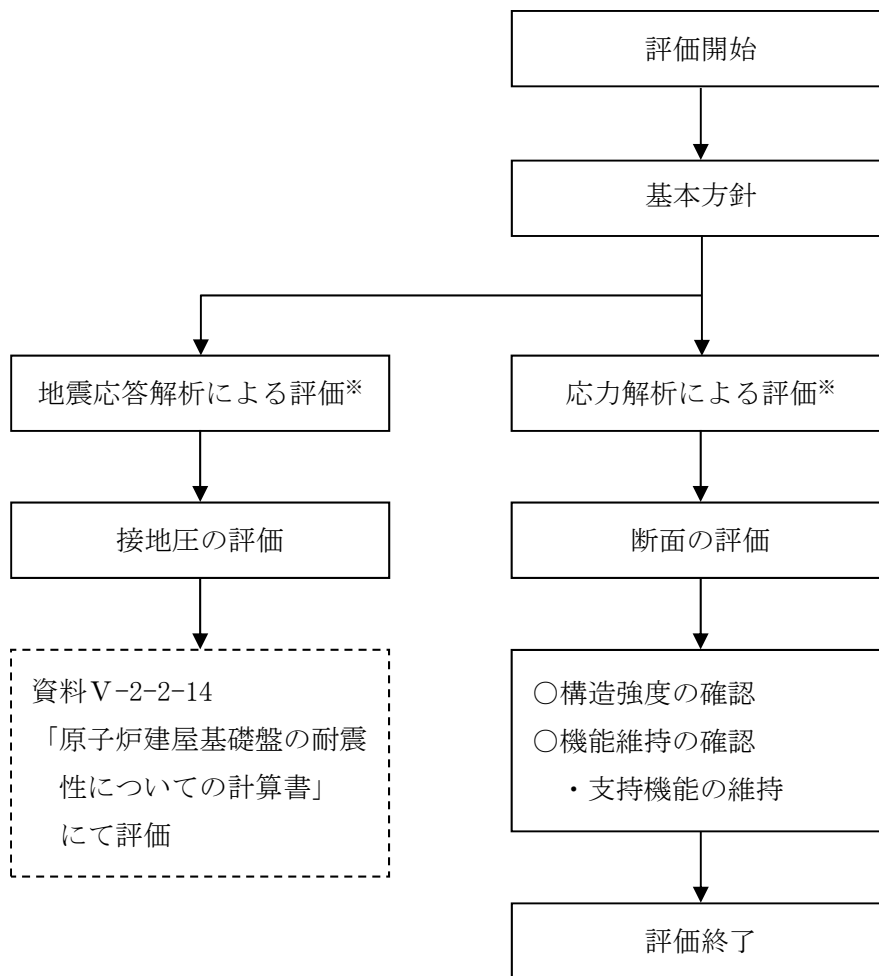
原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては接地圧の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、原子炉格納容器底部コンクリートマットの地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。なお、接地圧は、原子炉格納容器底部コンクリートマット並びに原子炉棟基礎及び付属棟基礎を一体として扱い、原子炉建屋基礎盤全体として評価する。機能維持の確認においては、支持機能を確認する。なお、気密性の確認については、ライナープレートの変形が原子炉格納容器底部コンクリートマットの変形に追従する形で制限されていることから、その構造強度を確認することで間接的に気密性を担保する。評価にあたっては、 $S_s$ 地震時に対する評価で、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による地盤物性のばらつきを考慮する。なお、接地圧の評価においては、原子炉格納容器底部コンクリートマットを含めた原子炉建屋基礎盤に対する評価を資料V-2-9-1-13「原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」に示す。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、上記の荷重状態ⅠからⅣに以下の荷重状態Ⅴを加えた5つの荷重状態に分類し、これらのうち荷重状態Ⅴの地震時における評価に関する荷重の組合せに対する評価を行う。

- (5) 荷重状態Ⅴ：発電用原子炉施設が重大事故に至るおそれがある事故、または重大事故の状態、重大事故等対処施設の機能が必要とされる状態

ここで、原子炉格納容器底部コンクリートマットにおける荷重状態Ⅲ及びⅣでは、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、温度の条件が異なる。コンクリートの温度が上昇した場合においても、コンクリートの圧縮強度の低下は認められず、剛性低下は認められるがその影響は小さいと考えられること、また、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」では部材内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないこととされていることから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設と同一となる。

原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価フローを図 2-4 に示す。



※：資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

原子炉格納容器底部コンクリートマットの評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格((社)日本機械学会, 2003)  
(以下「CCV規格」という。)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 1999)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005) (以下「RC-N規準」という。)
- ・ 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-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)

### 3. 応力解析による評価方法

#### 3.1 評価対象部位及び評価方針

原子炉格納容器底部コンクリートマットの応力解析による評価対象部位は、底部とし、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析により評価を行う。3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析にあたっては、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」により得られた結果を用いて、荷重の組合せを行う。

荷重状態Ⅳ及びⅤに対しては、以下の方針に基づき断面の評価を行う。また、応力解析による評価フローを図3-1に示す。

##### (1) 荷重状態Ⅳに対する評価

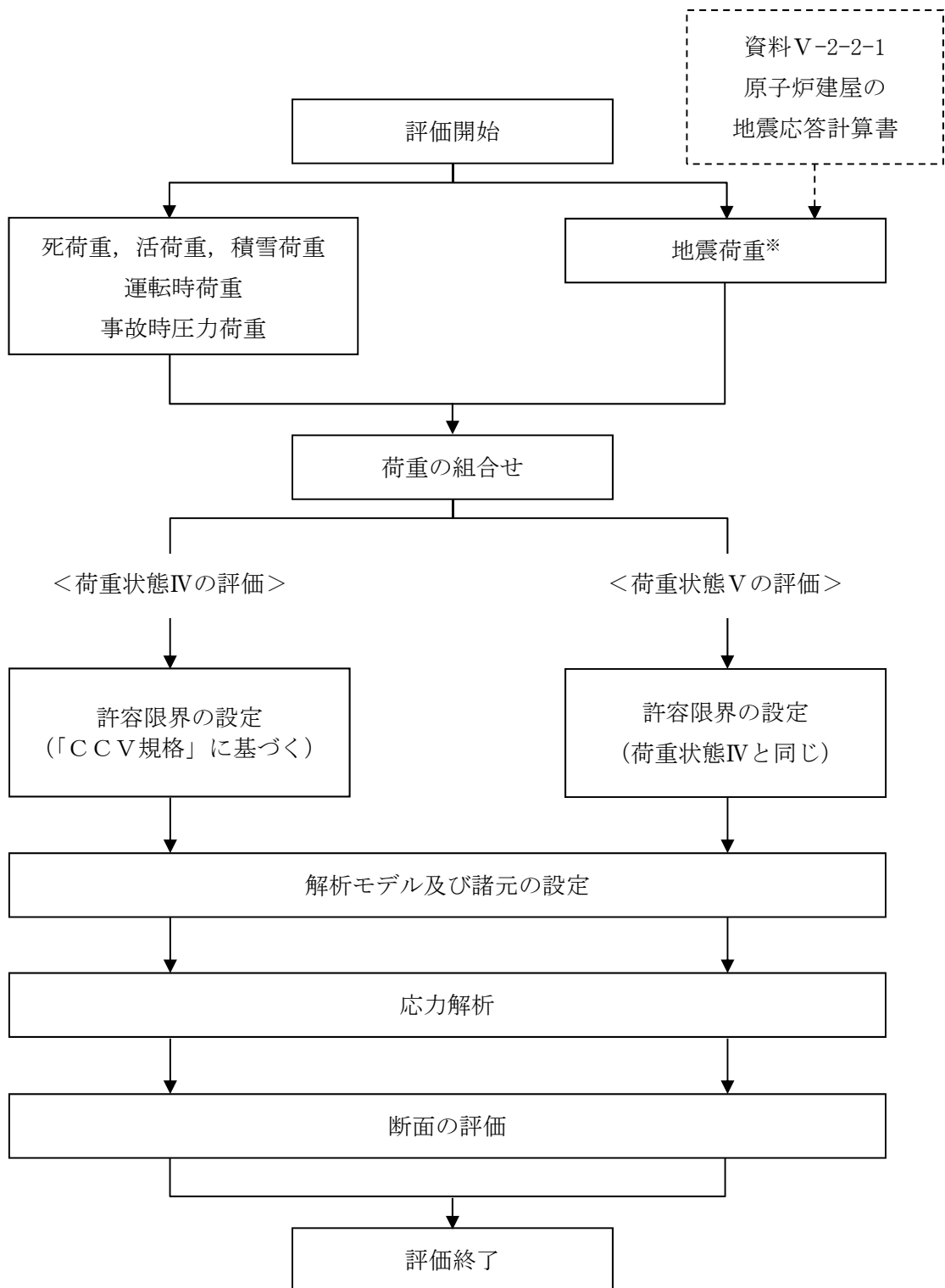
荷重状態Ⅳに対する評価は、原子炉格納容器底部コンクリートマットについて、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力またはひずみが、「CCV規格」に基づいて設定した許容限界を超えないことを確認する。

また、断面の評価については、 $S_s$ 地震時において地盤物性のばらつきを考慮した断面力に対して行う。

##### (2) 荷重状態Ⅴに対する評価

荷重状態Ⅴに対する評価は、原子炉格納容器底部コンクリートマットについて、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力またはひずみが、荷重状態Ⅳと同じものとして設定した許容限界を超えないことを確認する。

また、断面の評価については、 $S_s$ 地震時及び $S_d$ 地震時において、地盤物性のばらつきを考慮した断面力に対して行うこととする。



※：ばらつきについては、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に基づく。

図3-1 応力解析による評価フロー

### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重組合せを用いる。

#### 3.2.1 荷重

##### (1) 通常荷重（死荷重（D）、活荷重（L））

原子炉格納容器底部コンクリートマットの底部に作用する通常荷重は表 3-1 の通り設定する。

表 3-1 通常荷重

部位	通常荷重 (kN)
O/W	397800
I/W	392300
S/W	309900
PCV	20900
RPV 基礎	66457
基礎スラブ上	149863
基礎スラブ自重	561020

##### (2) 運転時荷重（ $P_1$ , $H_1$ ）

原子炉格納容器底部コンクリートマットにおいて、運転時の状態で作用する荷重として次のものを考慮する。

###### a. 運転時圧力（ $P_1$ ）

運転時圧力による荷重は次のとおりである。

- ・ 2741 kN（圧力 5.2 kPa）

###### b. 運転時水圧荷重（ $H_1$ ）

運転時の静水圧による荷重は次のとおりである。

- ・ 34700 kN

(3) 重大事故等時荷重 ( $P_{SAL}$  ,  $H_{SAL}$ ,  $P_{SALL}$  ,  $H_{SALL}$ )

原子炉格納容器底部コンクリートマットにおいて、重大事故等時(以下「SA 時」という。)の状態で作用する荷重として次のものを考慮する。

a. SA 時の状態で長期的に作用する荷重

SA 時の状態で長期的(以下「SA (L) 時」という。)に作用する荷重として次のものを考慮する。

(a) SA (L) 時圧力 ( $P_{SAL}$ )

(b) SA (L) 時水圧荷重 ( $H_{SAL}$ )

b. SA 時の状態で SA (L) 時より更に長期的に作用する荷重

SA 時の状態で SA (L) 時より更に長期的(以下「SA (LL) 時」という。)に作用する荷重として次のものを考慮する。

(a) SA (LL) 時圧力 ( $P_{SALL}$ )

(b) SA (LL) 時水圧荷重 ( $H_{SALL}$ )

(4) 地震荷重 ( $K_{SAd}$  ,  $K_s$ )

a.  $S_d$ 地震荷重 ( $K_{SAd}$ ) 及び  $S_s$ 地震荷重 ( $K_s$ )

水平地震力及び鉛直地震力は、弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析より算定される動的地震力より設定する。

(5) 積雪荷重 (S)

積雪荷重 (S) は、資料 V-2-1-9 「機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪荷重の組合せ及び資料 V-2-9-1-10 「原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書」に基づき表 3-2 のように設定する。なお、本資料において「3.3 許容限界」以降で積雪荷重は、活荷重に含めて評価する。

表 3-2 積雪荷重

荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重
$S_s$ 地震時	210 N/m <sup>2</sup>



### 3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

荷重状態	荷重時	荷重の組合せ
IV	地震時	$D+L+P_1 + H_1 + K_S$
V	(異常+地震) 時	$D+L+P_{SAL} + H_{SAL} + K_{SAd}$
		$D+L+P_{SALL} + H_{SALL} + K_S$

- D : 死荷重
- L : 活荷重 (地震時の積雪荷重を含む)
- $P_1$  : 運転時圧力
- $H_1$  : 運転時水圧荷重
- $P_{SAL}$  : SA (L) 時圧力
- $H_{SAL}$  : SA (L) 時水圧荷重
- $P_{SALL}$  : SA (LL) 時圧力
- $H_{SALL}$  : SA (LL) 時水圧荷重
- $K_{SAd}$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力
- $K_S$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

### 3.3 許容限界

応力解析による評価における原子炉格納容器底部コンクリートマットの許容限界は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、表3-4及び表3-5のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表3-6及び表3-7に、コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表3-8に示す。

表3-4 応力解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	荷重状態	部 位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	荷重状態IV	底部	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態IVの許容値
支持機能※	機器・配管系などの設備を支持する機能を損なわないこと	荷重状態IV	底部	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態IVの許容値

※:「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 3-5 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	荷重状態	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	荷重状態V	底部	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	荷重状態Vの許容値 <sup>※2</sup>
		荷重状態IV 地震時	底部	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態IVの許容値
支持機能 ※1	機器・配管系などの設備を支持する機能を損なわないこと	荷重状態V	底部	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	荷重状態Vの許容値 <sup>※2</sup>
		荷重状態IV 地震時	底部	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態IVの許容値

※1：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

※2：荷重状態Vの許容値として、荷重状態IVの許容値と同じ許容値を適用する。

表 3-6 コンクリートの許容応力度

荷重 状態	$F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )
Ⅲ	22.1	14.7	1.06

表 3-7 鉄筋の許容応力度

荷重 状態	引張及び圧縮 (N/mm <sup>2</sup> )	面外せん断補強 (N/mm <sup>2</sup> )
	SD345※	SD345※
Ⅲ	345	345

※：既工事計画の鉄筋の種類はSD35であるが現在の規格（SD345）に読み替えた許容応力度を示す。

表 3-8 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

荷重 状態	コンクリート (圧縮ひずみ)	鉄筋 (圧縮ひずみ及び引張ひずみ)
Ⅳ	0.003	0.005
Ⅴ	0.003	0.005

### 3.4 解析モデル及び諸元

#### 3.4.1 モデル化の基本方針

##### (1) 基本方針

応力解析は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN ver. 2016.1.1」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認などの概要については、付録15「計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

基礎スラブについては、EL. -9.0 m～EL. -4.0 mをモデル化する。上部構造については、EL. -4.0 m～EL. 14.0 mをモデル化し、剛性を考慮する。人工岩盤については、EL. -17.0 m～EL. -9.0 mをモデル化する。解析モデルを図3-2に示す。

##### (2) 使用要素

解析モデルに使用するFEM要素は、基礎盤についてはシェル要素、人工岩盤についてはソリッド要素とする。また、基礎盤より立ち上がっている耐震壁については、梁要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は5844、要素数は5078である。

##### (3) 境界条件

支持地盤として、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを人工岩盤の下端に設ける。3次元FEMモデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。なお、基礎盤と人工岩盤の境界部にはギャップ要素を設け、引張力が発生した時に浮上りを考慮する。

#### 3.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表3-9に示す。

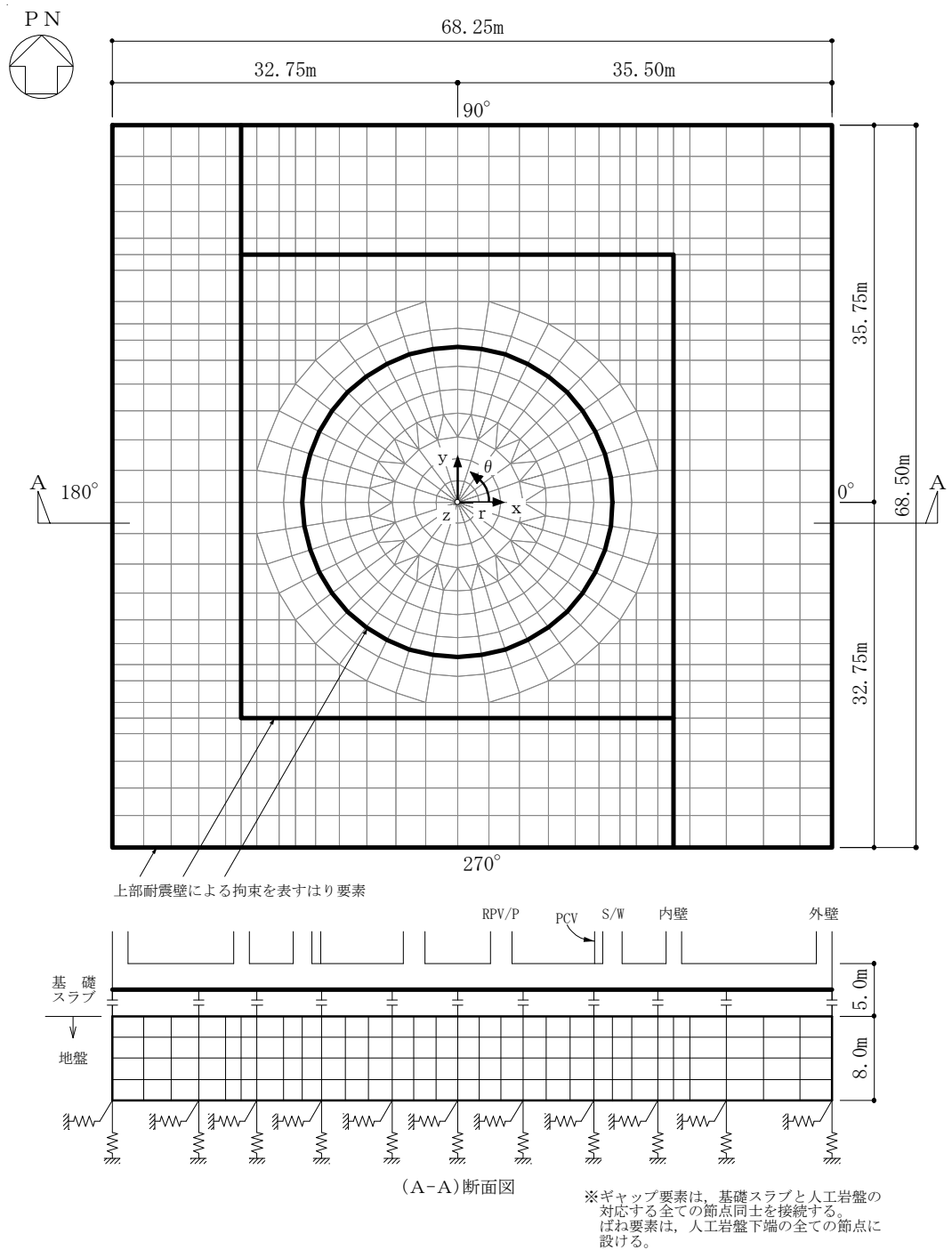


図 3-2 解析モデル

表 3-9 使用材料の物性値

部 位	コンクリートの 設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$
基礎版	22.1	$2.21 \times 10^4$	0.2
人工岩盤	13.7	$1.88 \times 10^4$	0.2

### 3.5 評価方法

#### 3.5.1 応力解析方法

原子炉建屋基礎盤について、荷重状態Ⅳ及び荷重状態Ⅴに対して3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

##### (1) 荷重ケース

各荷重状態で考慮する $S_d$ 地震時及び $S_s$ 地震時の応力は、組合せるべき荷重を全て同時に作用させて応力解析を行う。

単独荷重の記号を以下に示す。

DL	: 通常荷重
$P_1$	: 運転時圧力
$H_1$	: 運転時水圧荷重
$K_{SdWE}^{※}$	: W→E 方向 $S_d$ 地震荷重
$K_{SdSN}^{※}$	: S→N 方向 $S_d$ 地震荷重
$K_{SdDU}^{※}$	: 鉛直方向 $S_d$ 地震荷重
$K_{SsWE}^{※}$	: W→E 方向 $S_s$ 地震荷重
$K_{SsSN}^{※}$	: S→N 方向 $S_s$ 地震荷重
$K_{SsDU}^{※}$	: 鉛直方向 $S_s$ 地震荷重
$P_{SAL}$	: SA (L) 時圧力
$H_{SAL}$	: SA (L) 時水圧荷重
$P_{SALL}$	: SA (LL) 時圧力
$H_{SALL}$	: SA (LL) 時水圧荷重

※: 加力方向による絶対値の差異はないため、計算上の座標軸を基本として、EW方向はW→E方向加力、NS方向はS→N方向加力、鉛直方向は上向き加力を記載している。

##### (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表3-10に示す。水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 - 2008 ((社)日本電気協会, 2008年)」を参考に、組合せ係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

表 3-10 (1/3) 荷重の組合せケース

荷重 状態	荷重時 名称	ケース No.	荷重の組合せ
IV	地震時	1-1	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
		1-2	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
		1-3	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
		1-4	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
		1-5	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
		1-6	$DL + P_1 + H_1 + 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
		1-7	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
		1-8	$DL + P_1 + H_1 - 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
		1-9	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
		1-10	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
		1-11	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
		1-12	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
		1-13	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
		1-14	$DL + P_1 + H_1 + 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$
		1-15	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
		1-16	$DL + P_1 + H_1 - 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$



表 3-10 (2/3) 荷重の組合せケース

荷重状態	荷重時名称	ケース No.	荷重の組合せ
V	(異常+地震) 時	2-1	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 1.0K_{SAdWE} - 0.4K_{SAdDU}$
		2-2	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 1.0K_{SAdWE} + 0.4K_{SAdDU}$
		2-3	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 1.0K_{SAdWE} - 0.4K_{SAdDU}$
		2-4	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 1.0K_{SAdWE} + 0.4K_{SAdDU}$
		2-5	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 1.0K_{SAdSN} - 0.4K_{SAdDU}$
		2-6	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 1.0K_{SAdSN} + 0.4K_{SAdDU}$
		2-7	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 1.0K_{SAdSN} - 0.4K_{SAdDU}$
		2-8	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 1.0K_{SAdSN} + 0.4K_{SAdDU}$
		2-9	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 0.4K_{SAdWE} - 1.0K_{SAdDU}$
		2-10	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 0.4K_{SAdWE} + 1.0K_{SAdDU}$
		2-11	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 0.4K_{SAdWE} - 1.0K_{SAdDU}$
		2-12	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 0.4K_{SAdWE} + 1.0K_{SAdDU}$
		2-13	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 0.4K_{SAdSN} - 1.0K_{SAdDU}$
		2-14	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} + 0.4K_{SAdSN} + 1.0K_{SAdDU}$
		2-15	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 0.4K_{SAdSN} - 1.0K_{SAdDU}$
		2-16	$DL + P_{SAL} + H_{SAL} - 0.4K_{SAdSN} + 1.0K_{SAdDU}$

NT2 補② V-2-9-1-1-1 R0

表 3-10 (3/3) 荷重の組合せケース

荷重 状態	荷重時 名 称	ケース No.	荷重の組合せ
V	(異常+地震) 時	3-1	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
		3-2	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
		3-3	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SDU}$
		3-4	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SDU}$
		3-5	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
		3-6	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
		3-7	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
		3-8	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
		3-9	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
		3-10	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
		3-11	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SDU}$
		3-12	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SDU}$
		3-13	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
		3-14	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} + 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$
		3-15	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
		3-16	$DL + P_{SALL} + H_{SALL} - 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$

### (3) 荷重の入力方法

#### a. 通常荷重，運転時荷重及び事故時荷重

モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

#### b. 地震荷重

上部構造物である RPV 基礎，PCV 及び各耐震壁からの地震時反力を考慮する。

水平地震力は，上部構造物からのせん断力及び曲げモーメントとし，せん断力は水平力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力し，曲げモーメントは鉛直力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

鉛直地震力は，上部構造物からの軸力とし，鉛直力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点力として入力する。

また，基礎スラブ内に作用する荷重については，地震時の上部構造物からの入力荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差を FEMモデルの各要素の大きさに応じて分配し，節点力として入力する。

なお，弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力については，全 8 波による地震力を包絡した地震力  $S_d$  を設定する。また，基準地震動  $S_s$  による地震力については， $S_s-D1$  による地震力  $S_s^*-1$ ， $S_s-11 \sim S_s-22$  の 6 波による地震力を包絡した地震力  $S_s^*-2$  及び  $S_s-31$  による地震力  $S_s^*-3$  の 3 つの地震力を設定する。

水平方向の地震荷重を表 3-11 に，鉛直方向の地震荷重を表 3-12 に示す。

表 3-11 (1/2) 水平方向の地震荷重 (NS 方向)

部位	せん断力 (kN)			
	$S_d$	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (東側)	111000	164000	170000	207000
O/W (西側)	106000	162000	164000	208000
I/W (東側)	68600	105000	105000	137000
I/W (西側)	67900	103000	104000	134000
S/W	110000	168000	167000	219000
PCV	23200	39800	39800	39800
RPV 基礎	19300	33300	33300	33300
基礎版	66000	208900	115900	141900

部位	曲げモーメント (kN・m)			
	$S_d$	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (東側)	2240000	3620000	3720000	4160000
O/W (西側)	2550000	3940000	4120000	4620000
I/W (東側)	3570000	5400000	6060000	6070000
I/W (西側)	3490000	5270000	5930000	5920000
S/W	3750000	5600000	6120000	6540000
PCV	436000	849000	849000	849000
RPV 基礎	317000	570000	570000	570000
基礎版	2047000	2551000	1231000	4571000

表 3-11 (2/2) 水平方向の地震荷重 (EW 方向)

部位	せん断力 (kN)			
	$S_d$	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (北側)	117000	168000	139000	213000
O/W (南側)	113000	170000	137000	213000
I/W (北側)	69700	104000	83000	134000
I/W (南側)	65800	98500	78300	126000
S/W	114000	170000	135000	218000
PCV	23200	39800	39800	39800
RPV 基礎	19300	33300	33300	33300
基礎版	52000	198400	104600	132900

部位	曲げモーメント (kN・m)			
	$S_d$	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W (北側)	3550000	5420000	4780000	6160000
O/W (南側)	1580000	2400000	1950000	2810000
I/W (北側)	3380000	5230000	4910000	5740000
I/W (南側)	3550000	5490000	5140000	6040000
S/W	3850000	5820000	5170000	6720000
PCV	436000	849000	849000	849000
RPV 基礎	317000	570000	570000	570000
基礎版	1837000	2321000	31000	4411000

表 3-12 鉛直方向の地震荷重

部位	軸力 (kN)			
	$S_d$	$S_s^* - 1$	$S_s^* - 2$	$S_s^* - 3$
O/W	131274	202878	250614	93881
I/W	129459	200073	247149	92583
S/W	102267	158049	195237	73136
PCV	5080	7550	7550	7550
RPV 基礎	33100	62900	62900	62900
基礎版	156820	262550	326550	58950

### 3.5.2 断面の評価方法

原子炉格納容器底部コンクリートマットの底部について、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度を算定し、「CCV規格」に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

#### (1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

荷重状態IV及びVにおいて、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみを算定する際は、「CCV規格」のCVE-3521.2に基づき、表3-8に示す許容ひずみを超えないことを確認する。ここで、鉄筋のひずみ算定において、発生応力が鉄筋の降伏応力度を超える場合は、エネルギー一定側に基づきひずみを算定する。

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみを算定する際のコンクリートと鉄筋の応力度及びひずみ関係図を図3-3に示す。

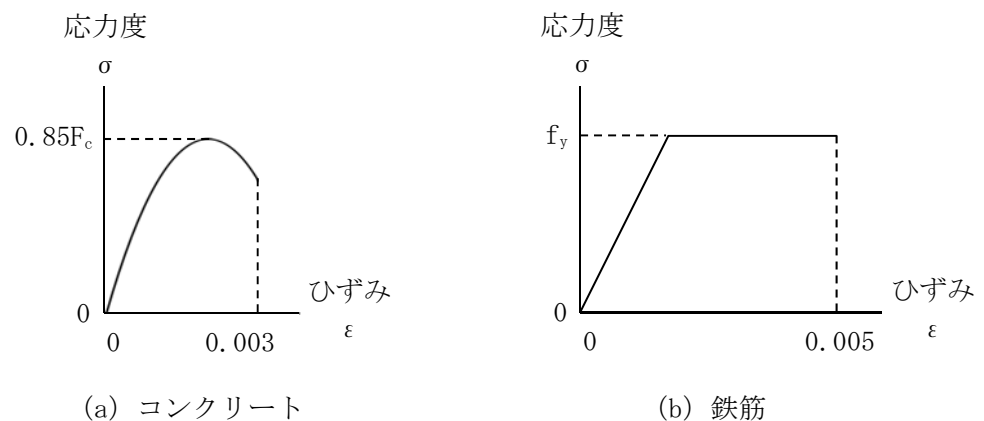


図3-3 コンクリートと鉄筋の応力度及びひずみ関係図

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「CCV規格」のCVE-3522に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断応力度が、次式をもとに計算した許容面外せん断応力度を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割り増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表3-6に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)



4. 評価結果

追而