

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-353 改0
提出年月日	平成30年5月9日

V-1-2-1 原子炉本体の基礎に関する説明書

目次

1. 概要	1
1.1 基本方針	1
2. 形状及び主要寸法	2
3. 設計条件	3
3.1 設計荷重	3
3.2 材料及び許容応力度	4
3.3 荷重の組合せ	5
4. 応力評価	6
4.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
5. コリウムシールドの機能維持について	9
5.1 構造の概要	9
5.2 機能維持の方針	10
5.3 評価結果	10
6. 引用図書	11

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその付属設備の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第5条，第17条，並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその付属設備の技術基準に関する規則の解釈」に基づき，原子炉本体の基礎が設計上定める条件において要求される強度を確保していることを説明するものである。

なお，技術基準規則第17条において，設計基準対象施設に関しては，技術基準規則の要求に変更がないため，今回の申請において変更は行わない。

1.1 基本方針

原子炉本体基礎の応力評価は，鋼構造設計規準（日本建築学会 2005年改訂），鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会 2010年改定），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（日本電気協会），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 J S M E S N E 1 -2003）（日本機械学会 2003年12月）を適用して評価する。

2. 形状及び主要寸法
構造概要を図2-1に示す。

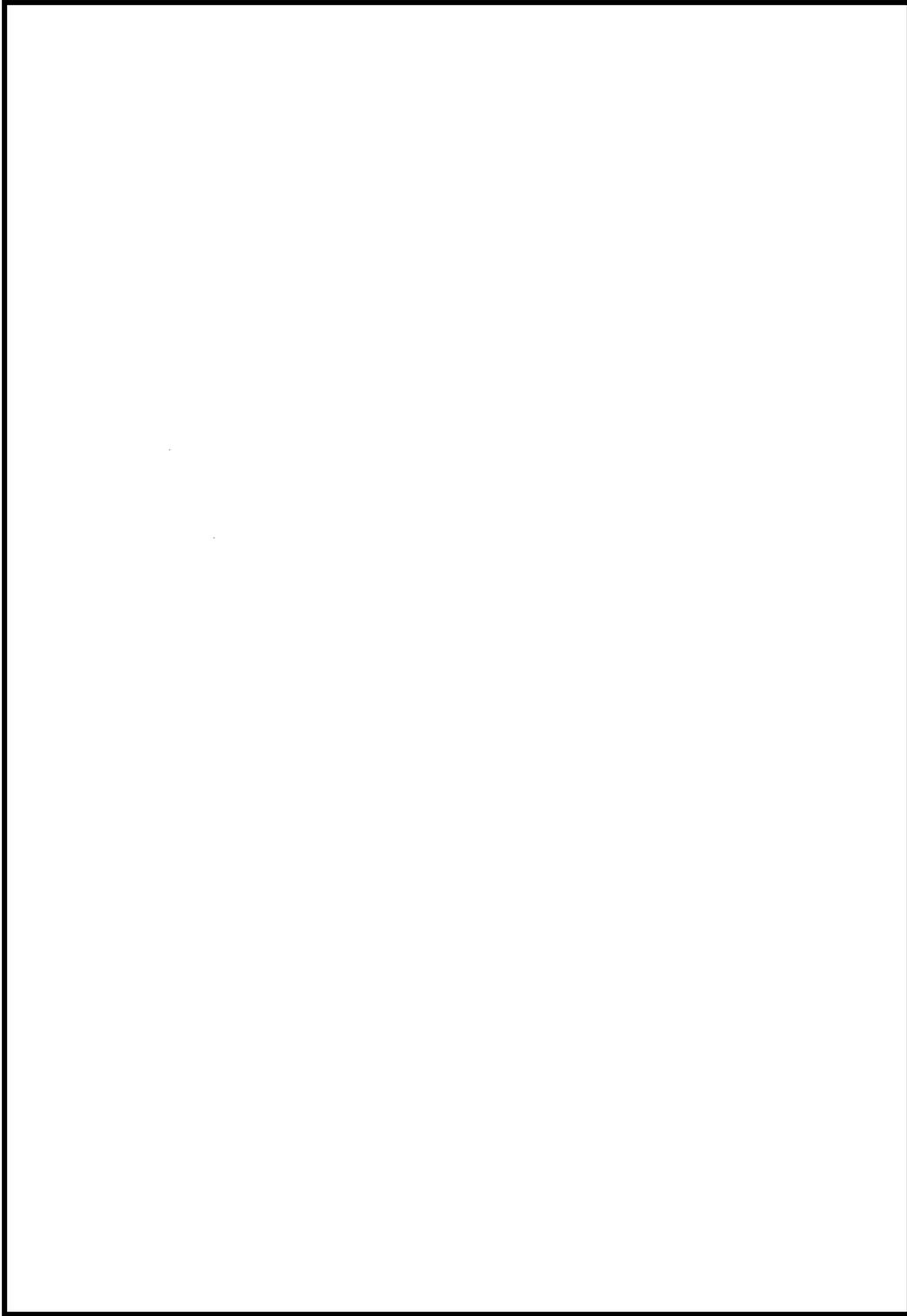


図 2-1 構造概要図 (単位 : m)

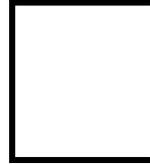
3. 設計条件

3.1 設計荷重

設計基準対象施設としての評価に用いる設計荷重を以下に示す。地震荷重は引用図書(1)「V-2-1 耐震設計の基本方針」及び引用図書(2)「V-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」より設定し，表3-1に示す。

(1) 鉛直荷重

原子炉本体
遮蔽壁
原子炉本体の基礎



(2) 圧力荷重

通常運転時圧力荷重



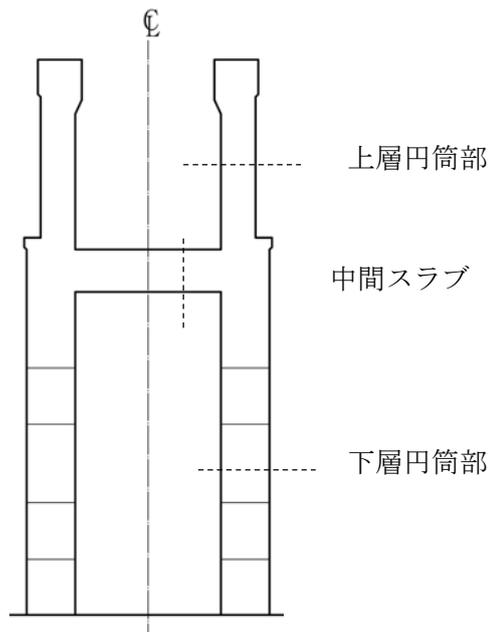
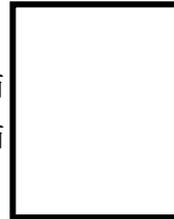
(3) 水力的動的荷重

SRV作動時直接作用荷重



(4) 熱荷重

通常運転時
上層円筒部
中間スラブ上面
中間スラブ下面
下層円筒部



(5) 地震力

表 3-1 地震力

位置	弾性設計用地震動 S _d により定まる地震力又は静的地震力		基準地震動 S _s により定まる地震力	
	せん断力 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)	曲げモーメント (kN・m)
EL. 19.856				
EL. 11.671				
EL. -4.0				
鉛直震度				

3.2 材料及び許容応力度

(1) コンクリート

設計基準強度 $F_c=22 \text{ N/mm}^2$ (225 kg/cm²)

(2) 鉄筋

SD345 (SD35 J I S G3112)

各材料の許容値を表 3-2～表 3-4 に示す。

表 3-2 コンクリートの許容応力度 (単位: N/mm²)

荷重状態	圧縮応力度		せん断応力度
	応力状態 1	応力状態 2	
III	14.6	16.5	1.06

表 3-3 鉄筋の許容応力度 (単位: N/mm²)

荷重状態	圧縮	引張り	せん断
III	345	345	345

表 3-4 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

荷重状態	コンクリートひずみ	鉄筋ひずみ	
	圧縮	圧縮	引張り
IV	0.003	0.005	0.005

3.3 荷重の組合せ

設計基準対象施設としての荷重組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

荷重番号	荷重の組合せ	設計条件
(3)	$D + O + S_d$	短期
(4)	$D + O + S_s$	機能維持 の検討
(5)	$D + O + L^* + S_d$	

注：異常時荷重の圧力と温度については時間のずれを考慮する。

注記 *：地震荷重と組み合わせる場合は、異常発生直後を除くその後の状態の荷重と組み合わせる。

D：鉛直荷重

O：通常運転時荷重

L：異常時荷重

S_d ：弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は静的地震力

S_s ：基準地震動 S_s により定まる地震力

4. 応力評価

原子炉本体の基礎はその最下端が原子炉建屋の基礎版上（EL. -4.0 m）に固定された円筒形で平面的に軸対称形の構造をしているが、非対称形の荷重に対応できるように中間スラブと円筒部全体を三次元的にモデル化し有限要素法による弾性解析を行っている。

有限要素分割は四辺形及び三角形を用いて行うが、この要素は均質等方性材料による板要素で、板の曲げと膜力とが同時に考慮されている。解析モデル概要図を図 4-1 に示す。節点数は 1665、要素数は 1624 である。

解析コードは N A S T R A N を用いる。なお、評価に用いる解析コード N A S T R A N の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

解析に用いる材料の物性値は次のとおりとする。

コンクリートのヤング係数	$E = 2.06 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$
コンクリートのせん断弾性係数	$G = 8.83 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$
コンクリートのポアソン比	$\nu = 0.167$
コンクリートの線膨張係数	$\alpha = 1.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
鉄筋コンクリートの単位体積重量	$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$

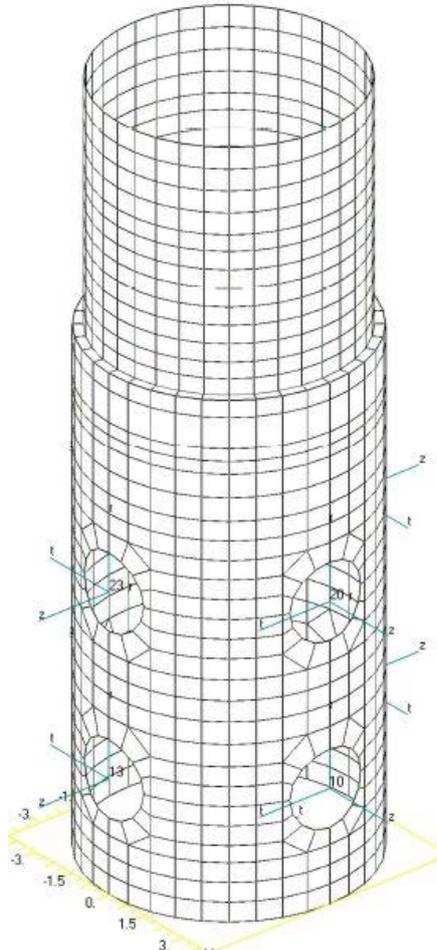


図 4-1 解析モデル概要図

4.1 設計基準対象施設としての評価結果

(1) 上部構造部

円筒部の解析結果とそれに基づく断面算定結果を表 4-1～表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重状態Ⅲ 軸力及び曲げモーメントによる応力検討結果（たて方向）

箇所名	荷重番号	応力状態	設計応力		a ty (mm ² /m)	引張応力及び圧縮応力			許容値			判定
			N _y (kN/m)	M _y (kN・m/m)		c σ c N/mm ²	s σ c N/mm ²	s σ t N/mm ²	c f c N/mm ²	s f c N/mm ²	s f t N/mm ²	
A	3	2							-16.5	-345	345	可
B	3	2							-16.5	-345	345	可
C	3	2							-16.5	-345	345	可
D	3	2							-16.5	-345	345	可

注1: は検討応力の最大値を示す。

表 4-2 荷重状態Ⅳ 軸力及び曲げモーメントによる応力検討結果（たて方向）

箇所名	荷重番号	応力状態	設計応力		a ty (mm ² /m)	引張ひずみ及び圧縮ひずみ			許容値			判定
			N _y (kN/m)	M _y (kN・m/m)		c ε c (×10 ⁶)	s ε c (×10 ⁶)	s ε t (×10 ⁶)	c ε cu (×10 ⁶)	s ε cu (×10 ⁶)	s ε tu (×10 ⁶)	
A	4	1							-3000	-5000	5000	可
B	4	1							-3000	-5000	5000	可
C	4	1							-3000	-5000	5000	可
D	4	1							-3000	-5000	5000	可

注1: は検討ひずみの最大値を示す。

表 4-3 面外せん断の検討結果（たて方向）

箇所名	荷重状態	荷重番号	応力状態	設計応力		Q (N/mm)	許容値 面外(Q _Δ) (N/mm)	p _w (%)	判定	
				M (kN・m/m)	Q (kN/m)					
A	Ⅲ	3	2							可
	Ⅳ	4	1							可
B	Ⅲ	3	2							可
	Ⅳ	4	1							可
C	Ⅲ	3	2							可
	Ⅳ	4								可
D	Ⅲ	3	2							可
	Ⅳ	5	1							可

注1: は面外せん断力の最大値を示す。

以上より、すべての評価点で許容値以下となる。

(2) 脚部アンカー部

脚部アンカー部の評価結果は表 4-4 に示す。

アンカーボルトの引抜力は、3 列のアンカーボルトの引抜力と上部構造部の軸力と曲げモーメントの釣合より算出した。アンカーボルトの設置状態を図 4-2 に示す。

表 4-4 脚部アンカー部の評価結果

荷重状態	荷重番号	アンカー引抜力		許容値		判定
		アンカーボルト 最大値 (N/mm ²)	アンカー定着部 (N/2.65°)	アンカーボルト (N/mm ²)	アンカー部定着力 (N/2.65°)	
III	3					可
IV	4					可

以上より、ボルト、定着とも許容値以下になる。

NT2 補② V-1-2-1 R0

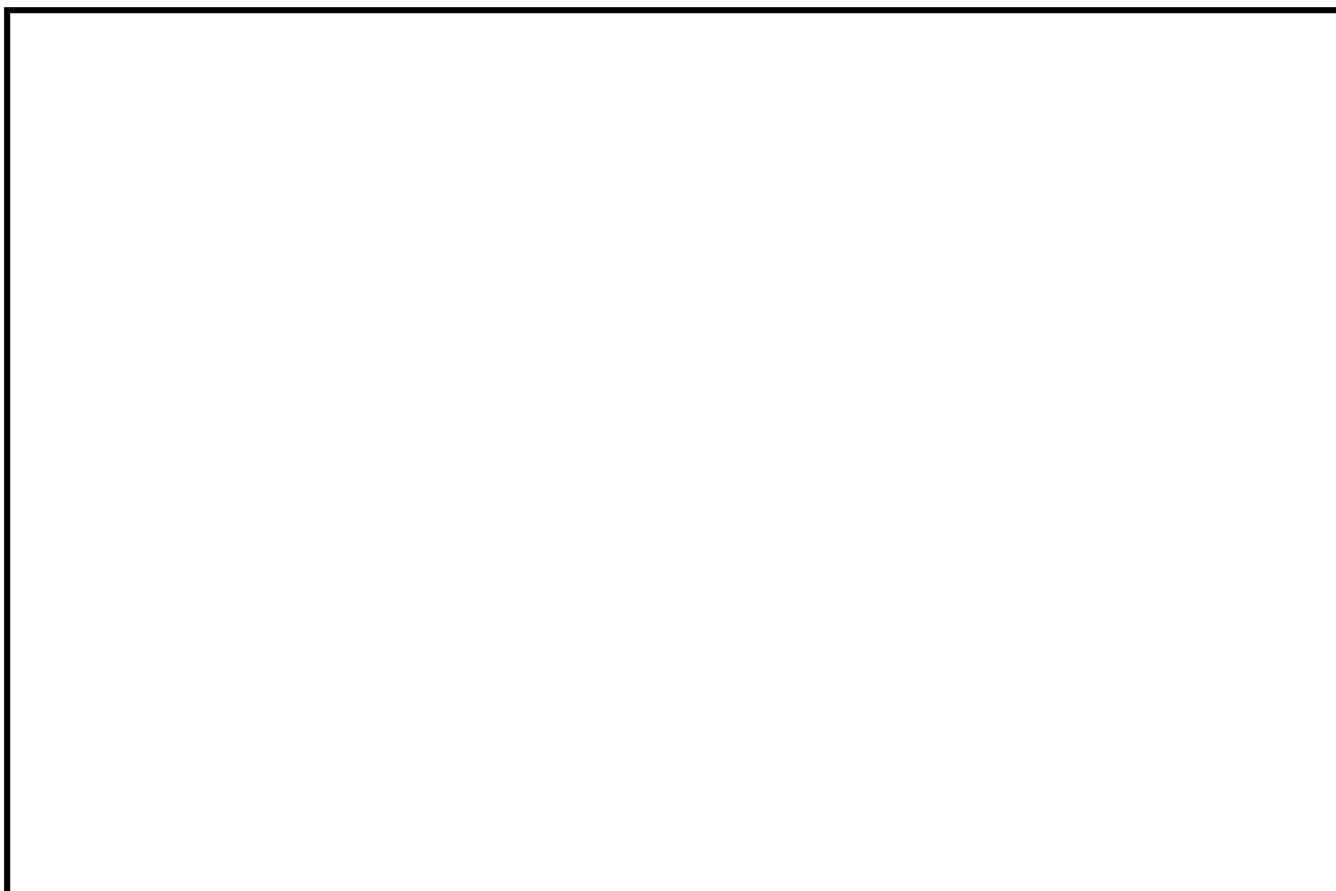


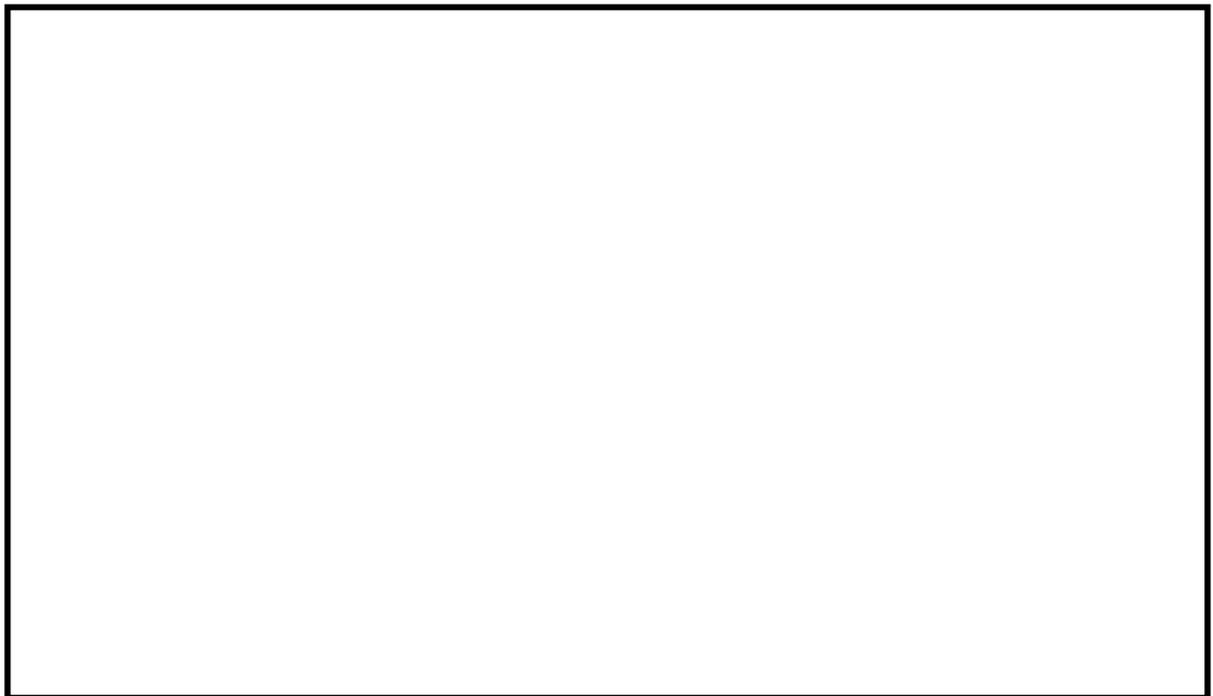
図 4-2 ペデスタル脚部概要図 (単位: mm)

5. コリウムシールドの機能維持について

5.1 構造の概要

コリウムシールドは、格納容器下部注水系（常設）によるペDESTAL（ドライウエル部）への注水，格納容器下部注水系（可搬型）によるペDESTAL（ドライウエル部）への注水及び代替循環冷却系による原子炉注水（原子炉圧力容器破損後は原子炉へ注入した水がペDESTALへ落下）と合わせて，溶融炉心が原子炉圧力容器から原子炉格納容器下部のペDESTAL（ドライウエル部）へ落下する場合にペDESTAL（ドライウエル部）のコンクリートの侵食を抑制し，溶融炉心が原子炉格納容器バウンダリに接触することを防止するためにペDESTAL（ドライウエル部）に設置されるものである。

コリウムシールドは，溶融炉心が原子炉格納容器下部のペDESTAL（ドライウエル部）へと落下した場合において，ペDESTAL（ドライウエル部）のコンクリートの侵食を抑制する設計とする。ペDESTAL（ドライウエル部）のコンクリートの侵食を抑制するためのコリウムシールドの構造，寸法及び仕様を図5-1に示す。



注1：*寸法はシールド材寸法を示す。

注2：シールド材の材質はジルコニア（ ZrO_2 ）である。

図5-1 コリウムシールドの構造，寸法及び仕様

5.2 機能維持の方針

コリウムシールドは溶融炉心によるペDESTAL（ドライウェル部）のコンクリートの侵食を抑制するため、耐熱性の高いシールド材（ジルコニア）で構成されており、原子炉压力容器下部から落下した溶融炉心の堆積高さ及び拡がり範囲に基づきペDESTAL（ドライウェル部）のコンクリート表面を覆うように敷設される。

コリウムシールドは、製作性、搬入性及び据付性を考慮し分割したシールド材をペDESTAL（ドライウェル部）に敷き詰める構造である。また、ペDESTAL（ドライウェル部）の側面及び底面に敷き詰められたシールド材同士が相互に圧縮力を負担することで荷重伝達が行われるため、コリウムシールドは水平方向及び鉛直下向きの荷重に対してサポートを必要としない構造である。

したがって、コリウムシールドの機能維持評価として、基準地震動 S_s に基づく鉛直地震動に対して浮き上がりが生じず、形状が保持できることの確認を実施する。

5.3 評価結果

基準地震動 S_s による地震応答解析から得られたコリウムシールドの評価震度を表 5-1 に示す。

表 5-1 に示す通り、コリウムシールドに作用する鉛直震度は 1.0 以下であり、コリウムシールドの浮き上がりは生じない。

表 5-1 コリウムシールドに作用する鉛直震度

地震荷重	方向	震度
基準地震動 S_s	鉛直方向	

6. 引用図書

- (1) 「V-2-1 耐震設計の基本方針」
- (2) 「V-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物
並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」
- (3) 「V-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」