

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-572 改0
提出年月日	平成30年6月20日

V-2-11-2-4 原子炉遮蔽の耐震性についての計算書

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	3
2.4 適用基準	3
2.5 記号の説明	4
2.6 計算精度と数値の求め方	4
3. 評価部位	5
4. 構造強度評価	6
4.1 構造強度評価方法	6
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	6
4.3 設計用地震力	6
4.4 計算方法	8
4.5 計算条件	9
4.6 応力の評価	10
5. 評価結果	11

1. 概要

本計算書は、「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の耐震評価方針に基づき、原子炉遮蔽が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、隣接している上位クラスである原子炉圧力容器に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は原子炉遮蔽の応力評価により行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

原子炉遮蔽は原子炉本体の基礎に配置される。原子炉遮蔽は、図 2-1 の位置関係図に示すように、上位クラス施設である原子炉圧力容器の周辺に設置されており、転倒時に原子炉圧力容器に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

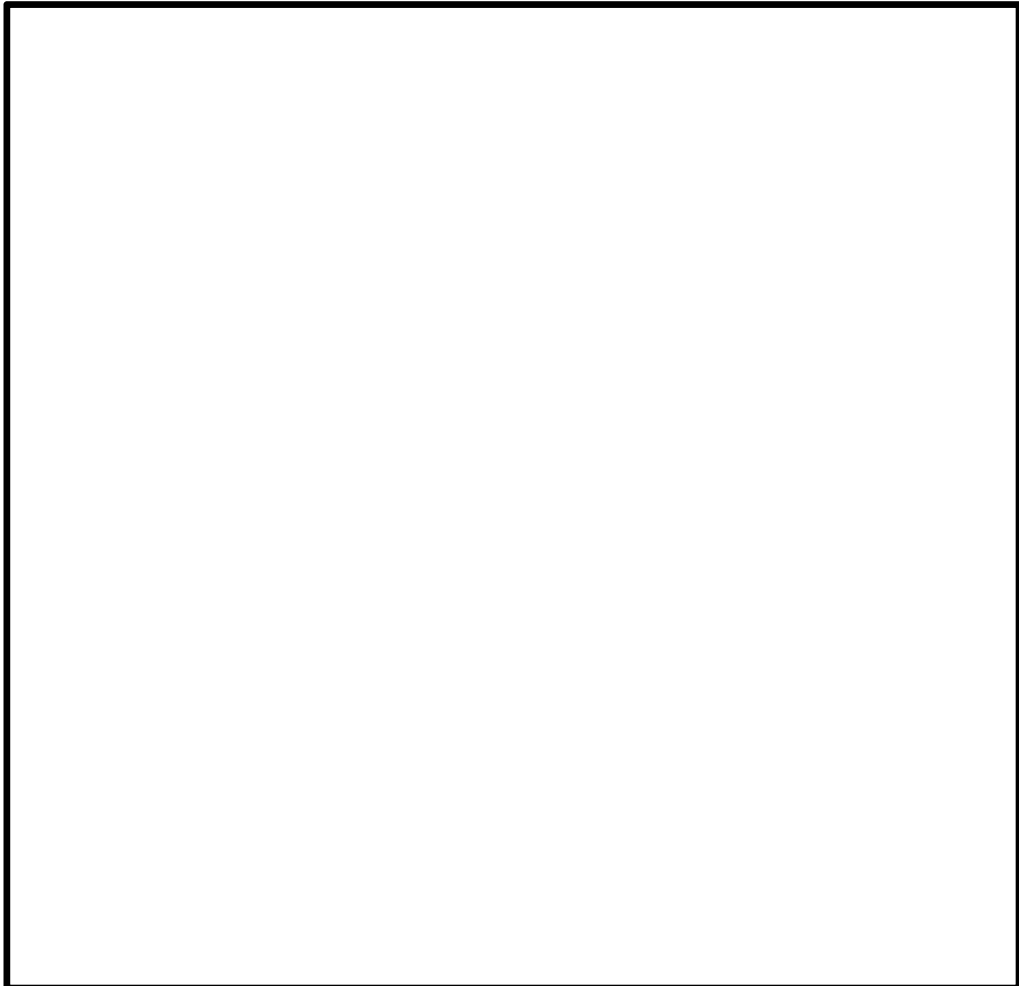


図 2-1 原子炉遮蔽の位置関係図

2.2 構造計画

原子炉遮蔽の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
<p>基礎・支持構造</p> <p>炉心を中心に外径約 [] 内径約 [] の円形構造で、EL. 約 [] で原子炉本体の基礎に固定する。</p>	<p>主体構造</p> <p>外径約 []、内径約 []、高さ約 [] の原子炉を取り囲む円筒形コンクリート壁であり内側と外側に [] の鋼板がまかれ内側と外側の鋼板はたてリブでつながれている。その内部にはモルタルが充てんされている。</p> <p>原子炉遮蔽のモルタルは強度部材として考慮しない。</p> <p>水平力は、EL. 約 34.4 m の位置に取り付けられた原子炉格納容器スタビライザ、及び EL. 約 19.9 m の位置の基礎で原子炉本体の基礎に伝えられる。</p>	

2.3 評価方針

原子炉遮蔽は、上位クラスへの波及的影響を考慮すべき設備として地震荷重に対する機能維持評価を行う。なお、強度評価位置は一般胴部及び開口集中部とする。また、設計荷重として、地震時の鉛直荷重、モーメント、せん断力を組合せ、発生応力が許容応力を下回ることにより、地震荷重に対する機能維持を確認する。許容応力は日本建築学会の「鋼構造設計規準」（2005改定）による。

原子炉遮蔽の耐震評価フローを図2-2に示す。

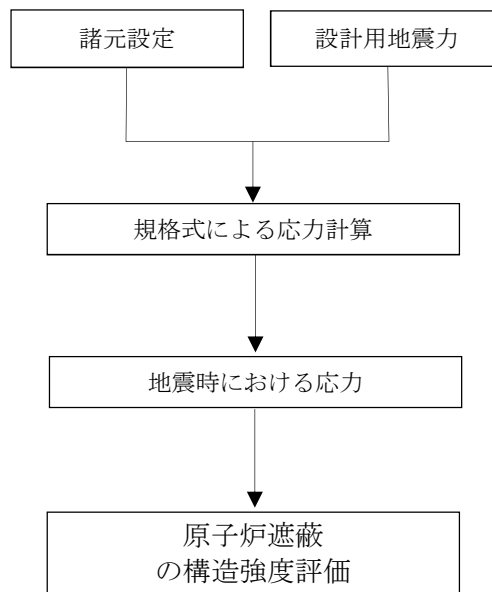


図2-2 原子炉遮蔽の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (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 及び J E A G 4 6 0 1 -1987）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月及び昭和62年8月）
- (2) 鋼構造設計規準（日本建築学会 2005改定）

2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	直径	mm
t	厚さ	mm
F	許容応力度の基準値	MPa
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	組合せ応力	MPa
W	荷重	N
M	モーメント	MPa
Q	せん断力	N
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	—
A	面積	mm^2
Z	断面係数	mm^3
σ_c	圧縮応力	MPa
σ_b	曲げ応力	MPa
τ	せん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa
λ	圧縮材の細長比	—
Λ	限界細長比	—
ν	係数	—

2.6 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方を表2-2に示す。

表2-2 表示数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理法	表示桁
許容応力	鋼材	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数
算出応力	鋼材	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数

3. 評価部位

原子炉遮蔽の耐震評価は、「4.1 構造強度評価手法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる一般胴部及び開口集中部について実施する。原子炉遮蔽の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。また、原子炉遮蔽の形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。

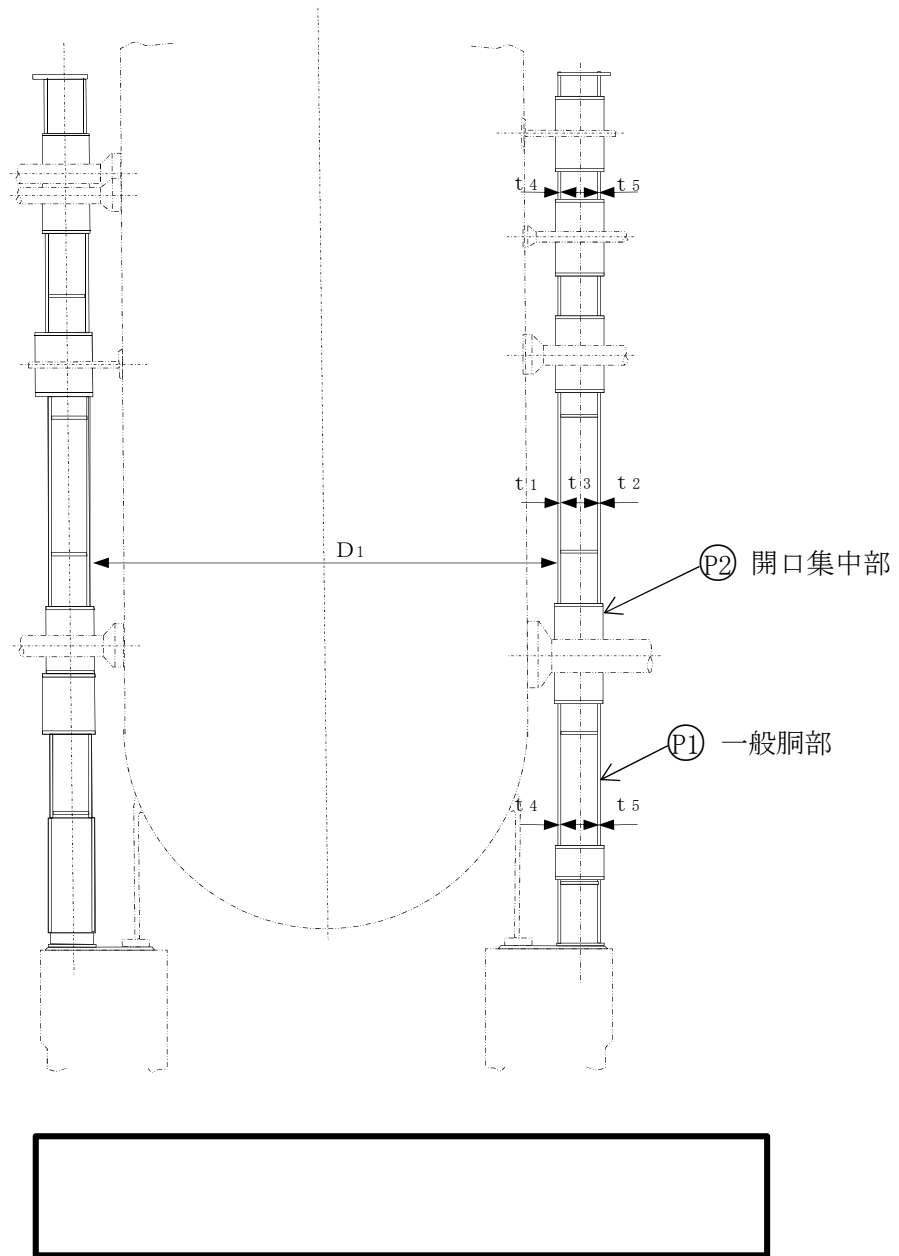


図 3-1 原子炉遮蔽の形状及び主要寸法（単位：mm）

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、原子炉遮蔽に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

- (1) 材料

原子炉遮蔽胴

- (2) 許容応力

許容応力は日本建築学会の「鋼構造設計規準」(2005 改定)による。荷重の組合せ及び許容応力を表 4-1 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力

材料	荷重の組合せ	基準応力 F	短期許容応力 (MPa)			
			圧縮 f _c	曲げ f _b	せん断 f _s	組合せ f _t
	運転状態 I + S _s	235	233	235	135	235

4.3 設計用地震力

- (1) 運転状態 I による荷重

原子炉遮蔽の自重及びその他のすべての付帯物の重量

W =

- (2) 地震荷重

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-2 に示す。

原子炉遮蔽に加わる鉛直方向地震力及び水平方向地震力は、「V-2-1 耐震設計の基本方針」及び「V-2-3-2 炉心、原子炉压力容器及び压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」より求めた基準地震動 S_sにより設定する。

表 4-2 設計荷重

床面高さ (m)	荷重の組合せ	評価位置	鉛直荷重 W (N)	モーメント M (N・mm)	せん断力 Q (N)
原子炉遮蔽 EL. 34.420～ EL. 19.851	運転状態 I に よる荷重 + S _s	一般胴部			
		開口集中部			

4.4 計算方法

4.4.1 応力評価点

原子炉遮蔽の構造及び形状を考慮し，表 4-3 に示す部分について応力評価を行う（図 3-1 参照）。

表 4-3 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	一般胴部
P 2	開口集中部

4.4.2 一般胴部

4.3 項で示した荷重により一般胴部に生じる応力は，次式により計算する。

(1) 圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{W}{A}$$

ここで，

$$A = \boxed{}$$

(2) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここで，

$$Z = \boxed{}$$

(3) せん断応力

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

ここで，

$$A = \boxed{}$$

(4) 組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

4.4.3 開口集中部

4.3項で示した荷重により開口集中部に生じる応力は、次式により計算する。

- (1) 圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{W}{A_1}$$

ここで、

$$A_1 = \boxed{}$$

- (2) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z_1}$$

ここで、

$$Z_1 = \boxed{}$$

- (3) せん断応力

$$\tau = \frac{Q}{A_1}$$

ここで、

$$A_1 = \boxed{}$$

- (4) 組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

4.5 計算条件

4.5.1 原子炉遮蔽の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の5.評価結果の設計条件および機器要目に示す。

4.6 応力の評価

4.6.1 原子炉遮蔽の応力評価

4.4.2 項及び 4.4.3 項で求めた一般胴部及び開口集中部の圧縮応力，曲げ応力，せん断応力及び組合せ応力については，それぞれ許容圧縮応力 f_c ，許容曲げ応力 f_b ，許容せん断応力 f_s 及び許容組合せ応力 f_t 以下であること。ただし， f_c ， f_b ， f_s ， f_t は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容圧縮応力 f_c	$1.5 \cdot \frac{\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left[\frac{\lambda}{\Lambda} \right]^2 \right\} \cdot F}{\nu}$
許容曲げ応力 f_b	$1.5 \cdot \frac{F}{1.5}$
許容せん断応力 f_s	$1.5 \cdot \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$
許容組合せ応力 f_t	$1.5 \cdot \frac{F}{1.5}$

5. 評価結果

原子炉遮蔽各部の評価結果を以下に示す。発生値は許容応力を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 運転状態 I による荷重 + S_s に対する評価

運転状態 I による荷重 + S_s に対する応力評価結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉遮蔽の耐震性についての計算結果】


1. 上位クラスの波及的影響を考慮すべき設備

1.1 設計条件

機器名称	床面高さ (m)	評価位置	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度			基準地震動 S_s		
			鉛直荷重 W (N)	モーメント M (N・mm)	せん断力 Q (N)	鉛直荷重 W (N)	モーメント M (N・mm)	せん断力 Q (N)
原子炉 遮蔽	EL. 34.420～ EL. 19.851	一般胴部	—	—	—			
		開口集中部	—	—	—			

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉遮蔽

部材	W (N)	D_1 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	t_4 (mm)	t_5 (mm)	A (mm ²)		Z (mm ³)	
								一般胴部	開口集中部	一般胴部	開口集中部
原子炉遮蔽 											

1.3 結論

1.3.1 運転状態 I による荷重 + S_s に対する応力評価結果

評価対象設備	評価部位		応力分類	発生値	評価基準値
				MPa	MPa
原子炉遮蔽壁	P 1	一般胴部	圧縮応力	27	233
			曲げ応力	30	235
			せん断応力	7	135
			組合せ応力	59	235
	P 2	開口集中部	圧縮応力	87	233
			曲げ応力	111	235
			せん断応力	28	135
			組合せ応力	204	235

すべて許容応力以下である。