

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0127_改3
提出年月日	2021年10月12日

## VI-2-11-2-10 原子炉しゃへい壁の耐震性についての計算書

02 ③ VI-2-11-2-10 R4

2021年10月

東北電力株式会社

## 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	3
2.4	適用規格・基準等	3
2.5	記号の説明	4
2.6	計算精度と数値の丸め方	5
3.	評価部位	6
4.	構造強度評価	7
4.1	構造強度評価方法	7
4.2	荷重の組合せ及び許容応力度	7
4.2.1	荷重の組合せ	7
4.2.2	許容応力度	7
4.3	設計用地震力	8
4.4	計算方法	8
4.5	計算条件	8
4.5.1	原子炉しゃへい壁の応力計算条件	8
4.6	応力の評価	8
5.	評価結果	9
5.1	設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての評価結果	9
6.	参照図書	9

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-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」に基づき、下位クラス施設である原子炉しゃへい壁 (B クラス施設) が上位クラス施設と同じ運転状態において基準地震動  $S_s$  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施設である原子炉圧力容器 (S クラス施設及び重大事故等対処設備) 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。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。また、重大事故等時においても波及的影響を及ぼさないことを説明するため、重大事故等時を考慮した構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力による荷重に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重による原子炉しゃへい壁の評価は、平成元年6月8日付け元資庁第2015号にて認可された工事計画の添付書類(参照図書(1))による(以下「既工認」という。)

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

原子炉しゃへい壁は、原子炉本体の基礎の上部に設置される。原子炉しゃへい壁は、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。

### 2.2 構造計画

原子炉しゃへい壁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉しゃへい壁は、原子炉本体の基礎に支持される。</p> <p>原子炉しゃへい壁の鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉本体の基礎、原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>鋼板とモルタルからなる構造物であり、主要構造は、内径 <input type="text"/> mm、壁厚 <input type="text"/> mm の円筒形構造物である。</p> <p>なお、モルタルは強度部材として考慮しない。</p>	<p>The diagram shows a cross-section of the reactor structure. At the top is the '原子炉しゃへい壁' (Reactor shield wall). Below it is the '原子炉压力容器' (Reactor pressure vessel). The vessel is supported by a structure consisting of 'モルタル' (Mortar) and '鋼板' (Steel plate). The structure is divided into '開口集中部' (Opening concentration part) and '一般胴部' (General body part). The vessel is supported by the '原子炉本体の基礎' (Reactor body foundation), which is highlighted in yellow. Below the foundation is the '原子炉格納容器' (Reactor containment vessel), also highlighted in yellow. A note '(単位：mm)' (Unit: mm) is at the bottom right.</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 2.3 評価方針

原子炉しゃへい壁の応力評価は、添付書類「VI-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」にて設定した S クラス施設及び重大事故等対処設備と同じ運転状態における、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」にて示す原子炉しゃへい壁の部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する基準地震動  $S_s$  による荷重に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「4.1 構造強度評価方法」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉しゃへい壁の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

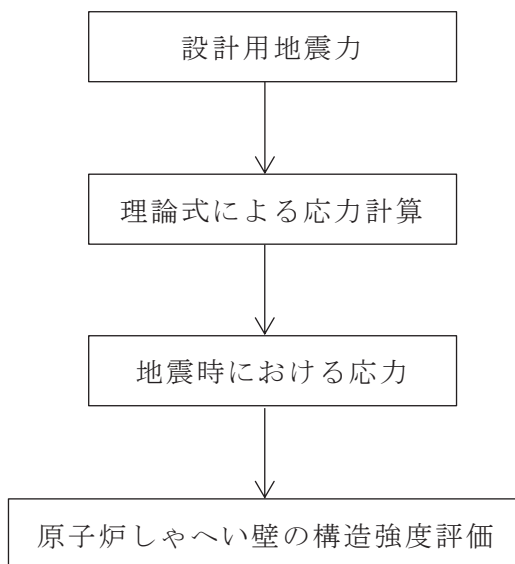


図 2-1 原子炉しゃへい壁の耐震評価フロー

### 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 - 1987)
- (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 (J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984)
- (3) 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)
- (4) 日本建築学会 2005年 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-

2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm <sup>2</sup>
D	死荷重	—
d	内側円筒の内径	mm
f <sub>b</sub>	許容曲げ応力度	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c</sub>	許容圧縮応力度	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>s</sub>	許容せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t</sub>	許容引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
F	許容応力度の基準値	N/mm <sup>2</sup>
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
L	長さ	mm
M	モーメント	N・mm
M <sub>D</sub>	機械的荷重	—
M <sub>SAD</sub>	機械的荷重 (SA 時)	—
P <sub>D</sub>	圧力	—
P <sub>SAD</sub>	圧力 (SA 時)	—
Q	せん断力	N
S <sub>s</sub>	基準地震動 S <sub>s</sub> により定まる地震力	—
t <sub>i</sub>	原子炉しゃへい壁各部の厚さ (i = 1, 2, 3)	mm
W	鉛直荷重	N
W <sub>D</sub>	死荷重	N
W <sub>L</sub>	活荷重	N
σ	組合せ応力度	N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>b</sub>	曲げ応力度	N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>c</sub>	圧縮応力度	N/mm <sup>2</sup>
τ	せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>

## 2.6 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、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 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
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 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
算出応力度	N/mm <sup>2</sup>	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力度	N/mm <sup>2</sup>	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 <sup>*3</sup>

注記\*1：設計上定める値が小数点以下の場合には、小数点以下表示とする。

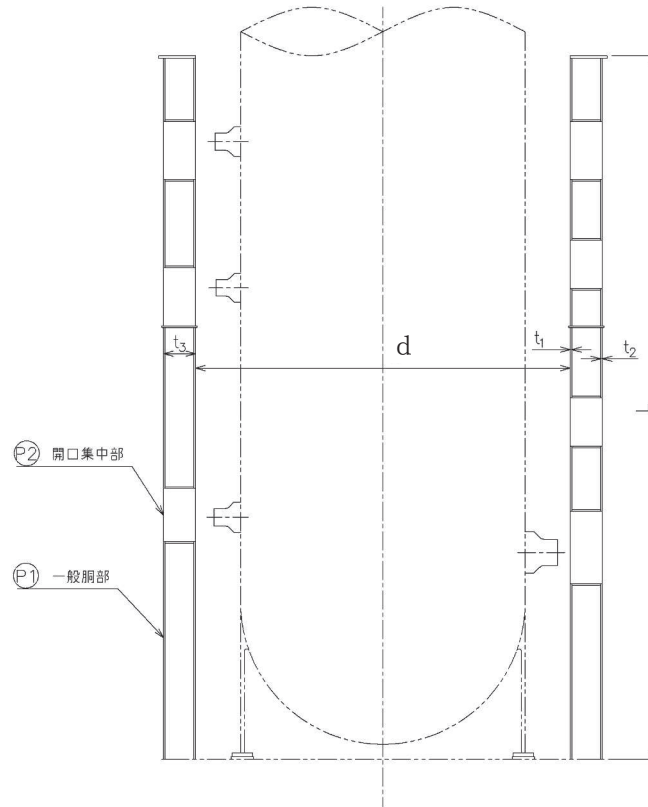
\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：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

原子炉しゃへい壁の耐震評価は、「4.1 構造強度評価方法」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。

形状及び主要寸法を図 3-1 に、使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。



注： P1 及び P2 は応力評価点を示す。

d =  t<sub>1</sub> =   
 L =  t<sub>2</sub> =   
 t<sub>3</sub> =  (鋼板を含む厚さ) (単位：mm)

図 3-1 原子炉しゃへい壁の形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料
外側円筒鋼板 (原子炉格納容器側)	SM400B
内側円筒鋼板 (原子炉圧力容器側)	



#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

- (1) 地震力は、原子炉しゃへい壁に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 耐震計算は、原子炉しゃへい壁の自重、その他すべての付帯物の重量に加えて、地震荷重を考慮する。
- (3) 設計基準対象施設としての評価及び重大事故等時を考慮した評価において、設計用地震力及び許容応力度の値が変わらないことから、同一の条件で構造強度評価を行う。
- (4) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (5) 概略構造図を表 2-1 に示す。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力度

###### 4.2.1 荷重の組合せ

原子炉しゃへい壁の荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

名称	荷重の組合せ
原子炉しゃへい壁	$D + P_D + M_D + S_s$ $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$

###### 4.2.2 許容応力度

原子炉しゃへい壁の許容応力度は、添付書類「VI-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」に基づき表 4-2 のとおりとする。

表 4-2 許容応力度

材料	基準値 F	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )			
		圧縮	曲げ	せん断	組合せ
SM400B		$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$

### 4.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-3 に示す。

原子炉しゃへい壁に加わる鉛直方向地震力及び水平方向地震力は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた基準地震動  $S_s$  の応答値を用いる。

表 4-3 設計用地震力（設計基準対象施設及び重大事故等対処設備）

耐震重要度 分類	設備 区分	設置高さ (m)	応力評価点	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)
B	生体遮蔽 装置	0. P. 7. 040	一般胴部			
			開口集中部			

### 4.4 計算方法

原子炉しゃへい壁の応力評価点は，原子炉しゃへい壁を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-4 及び図 3-1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，既工認に示すとおりである。

表 4-4 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P1	一般胴部
P2	開口集中部

### 4.5 計算条件

#### 4.5.1 原子炉しゃへい壁の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉しゃへい壁の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 4.6 応力の評価

「4.4 計算方法」で求めた各応力度が表 4-2 に示す許容応力度以下であること。

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉しゃへい壁各部の評価結果を【原子炉しゃへい壁の耐震性についての計算結果】に示す。発生値は許容応力度を満足しており、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した。

## 6. 参照図書

### (1) 女川原子力発電所第2号機 第1回工事計画認可申請書

添付書類「IV-2-5-1 原子炉しゃへい壁の耐震性についての計算書」

【原子炉しゃへい壁の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	設置高さ (m)	応力評価点	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)
原子炉 しゃへい壁	B	0. P. 7. 040	一般胴部			
			開口集中部			

1.2 機器要目

$W_D$ (N)	$W_L$ (N)	d (mm)	$t_1$ (mm)	$t_2$ (mm)	$t_3$ (mm)	F (N/mm <sup>2</sup> )	A (mm <sup>2</sup> )		I (mm <sup>4</sup> )	
							一般胴部	開口集中部	一般胴部	開口集中部

1.3 結論

評価対象設備	評価部位		応力分類	発生値	許容応力度
				N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
原子炉 しゃへい壁	P1	一般胴部	圧縮応力度 $\sigma_c$	29	
			曲げ応力度 $\sigma_b$	44	
			せん断応力度 $\tau$	21	
			組合せ応力度 $\sigma$	82	
	P2	開口集中部	圧縮応力度 $\sigma_c$	72	
			曲げ応力度 $\sigma_b$	69	
			せん断応力度 $\tau$	41	
			組合せ応力度 $\sigma$	158	

すべて許容応力度以下である。

注記\*：組合せ応力度は、鋼構造設計規準に従い短期応力に対する許容引張応力度（1.5 f t）以下であること。

二