

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添2-014-34改01
提出年月日	2023年5月31日

VI-2-11-2-9 原子炉ウェルシールドプラグの耐震性についての計算書

S2 補 VI-2-11-2-9 R0

2023年5月

中国電力株式会社

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格・基準等	4
3. 評価部位	5
4. 耐震評価	6
4.1 評価概要	6
4.2 荷重及び荷重の組合せ	6
4.2.1 荷重	6
4.2.2 荷重の組合せ	7
4.3 評価基準値	8
4.4 使用材料及び材料の許容応力度	9
4.5 応力評価方法	10
4.6 計算条件	10
4.7 評価方法	10
5. 評価結果	11

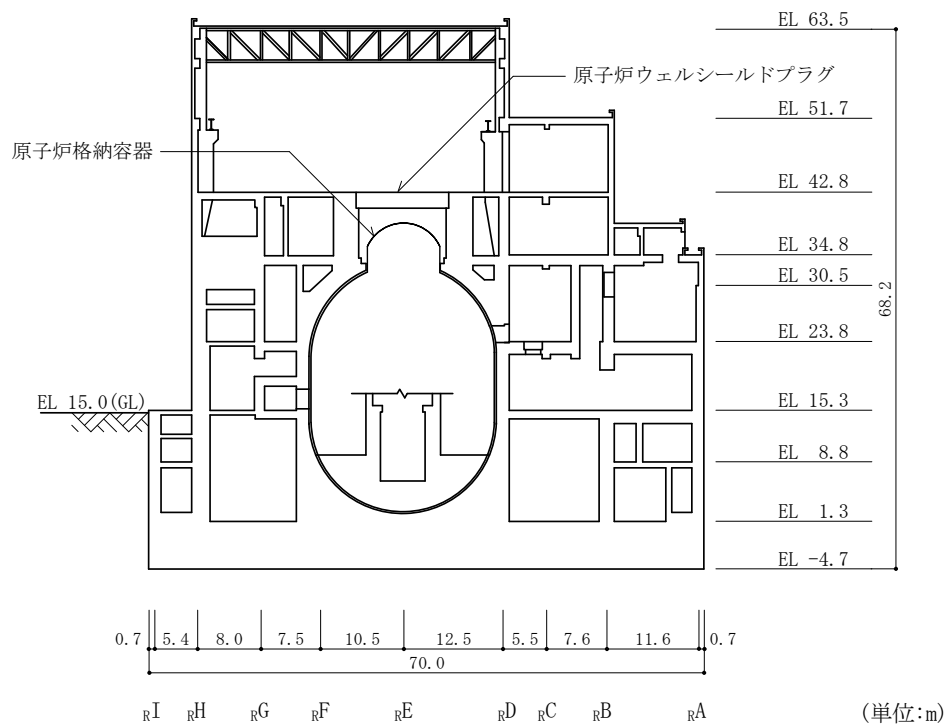
## 1. 概要

本資料は、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」にて設定している耐震評価方針に基づき、下位クラス施設である原子炉ウェルシールドプラグ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、下部に設置された上位クラス施設である原子炉格納容器に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

原子炉ウェルシールドプラグは、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格納容器の上部に設置されており、落下時に原子炉格納容器に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。



注：「EL」は東京湾平均海面（T.P.）を基準としたレベルを示す。

図 2-1 原子炉ウェルシールドプラグと原子炉格納容器の位置関係図

## 2.2 構造概要

図 2-2 に原子炉ウェルシールドプラグ概要図を示す。原子炉ウェルシールドプラグは、原子炉格納容器直上の燃料取替床（EL 42.8m）に設置された鉄筋コンクリート造の構造物である。

その大きさは、全体で最外径 11.58m、厚さ 1.8m の円盤状となっており、クレーンでの取外しを考慮して 5 分割で構成されている。

原子炉ウェルシールドプラグは、円盤外周部が原子炉建物躯体に支持されている。

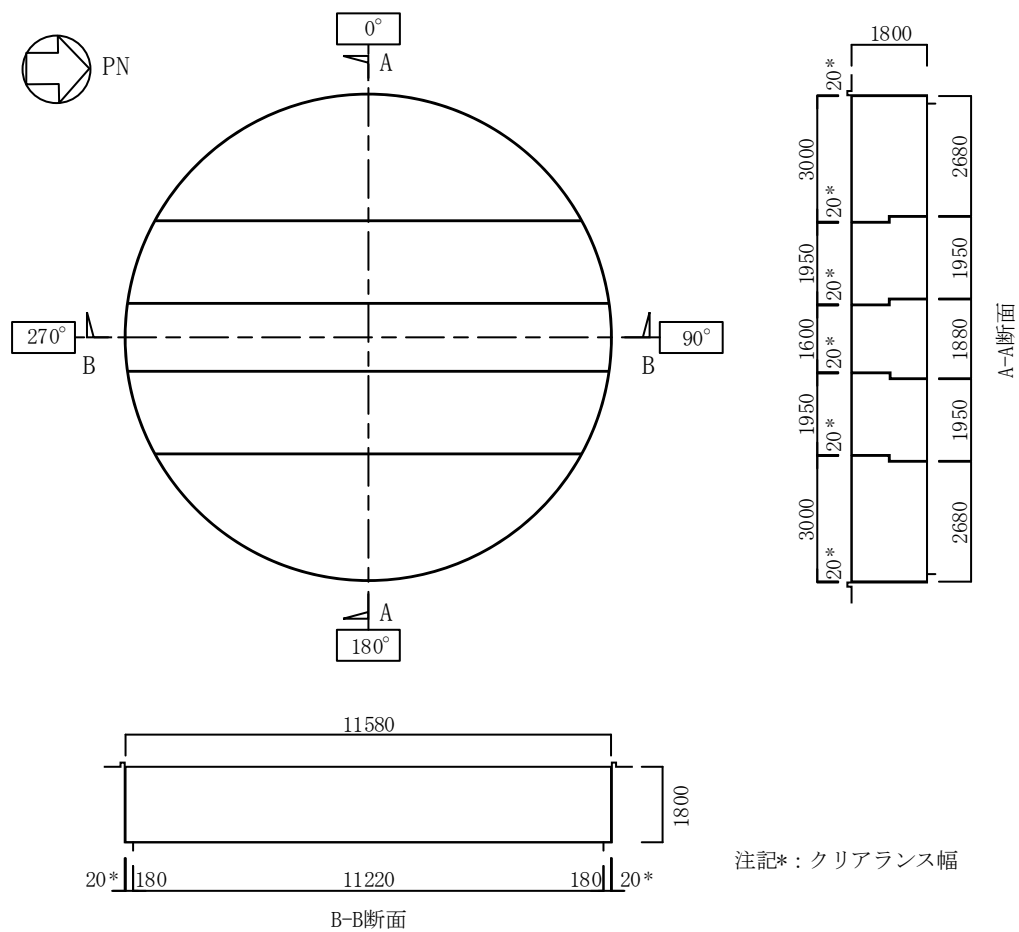


図 2-2 原子炉ウェルシールドプラグ概要図 (単位: mm)

### 2.3 評価方針

原子炉ウェルシールドプラグの応力評価は、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」の「3. 耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造概要」に示す原子炉ウェルシールドプラグの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する部位において応力が評価基準値内に収まることを、「4. 耐震評価」に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。地震荷重の設定については、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」により得られた基準地震動  $S_s$  による結果を用いる。

原子炉ウェルシールドプラグの耐震評価フローを図 2-3 に示す。

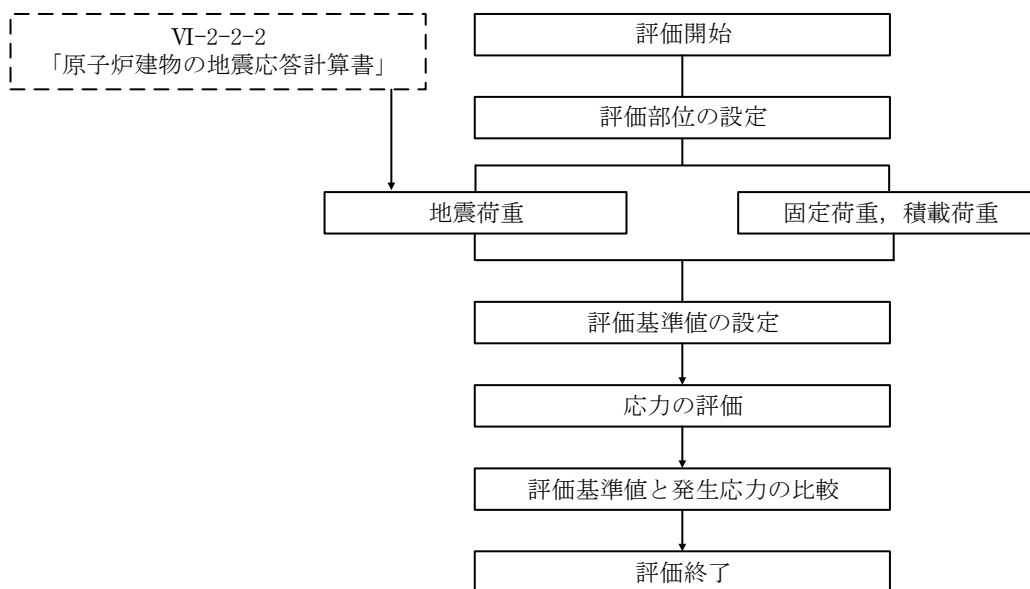


図 2-3 原子炉ウェルシールドプラグの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

原子炉ウェルシールドプラグの波及的影響の評価を行う際に適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ( (社) 日本電気協会)
- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ( (社) 日本建築学会, 1999 改定)
- ・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 制定)

### 3. 評価部位

原子炉ウェルシールドプラグが落下することにより、波及的影響を及ぼさないことを確認する観点から、原子炉ウェルシールドプラグ本体（以下「シールドプラグ本体」という。）及び原子炉建物躯体の支持部（以下「支持部」という。）を評価部位として選定する。

評価部位を図 3-1 に示す。シールドプラグ本体は、原子炉建物の躯体に端部で支持されているため、耐震評価は支持スパンが最も長い中央のシールドプラグ本体及び支持部について行う。

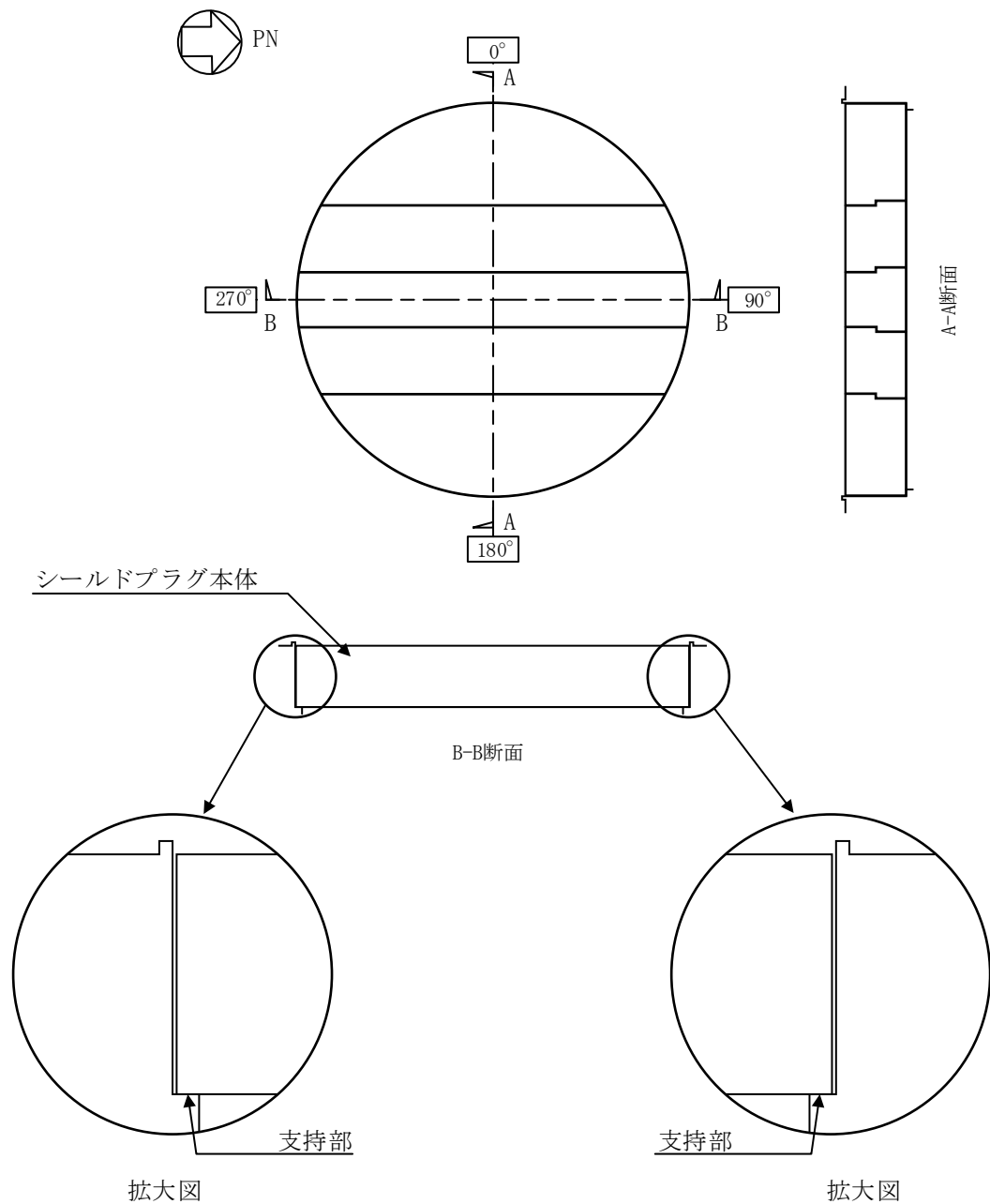


図 3-1 原子炉ウェルシールドプラグの評価部位

## 4. 耐震評価

### 4.1 評価概要

シールドプラグ本体及び支持部に対する評価方法を表 4-1 に示す。  
評価用応力が評価基準値より小さいことを確認する。

表 4-1 評価方法

部位	評価用応力	評価基準値
シールドプラグ本体	曲げモーメント	許容曲げモーメント
	せん断力	許容せん断力
支持部	圧縮力	許容圧縮力

### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

#### 4.2.1 荷重

耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

##### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、シールドプラグ本体の自重を考慮する。

なお、シールドプラグ本体の重量は、鉄筋コンクリート、鉄板型枠等を考慮して  $25.2\text{kN/m}^3$  とする。

##### (2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、 $0.6\text{kN/m}^2$  を考慮する。

##### (3) 地震荷重 ( $S_s$ )

地震荷重として、基準地震動  $S_s$  に伴う慣性力を考慮する。鉛直方向の慣性力によりシールドプラグ本体に作用する地震荷重が面外方向に作用するのに対し、水平方向の慣性力によりシールドプラグ本体に作用する水平荷重は剛性の高い面内方向に作用する。また、水平方向の慣性力が作用した際にシールドプラグ本体を支持する領域は、鉛直方向の慣性力が作用した際にシールドプラグ本体を支持する領域より広いことから、鉛直方向の慣性力に対して検討を行う。

地震荷重はシールドプラグ本体の固定荷重と積載荷重の和に評価用鉛直震度  $C_v$  を乗じた下式により算定する。

$$S_s = (G + P) \cdot C_v \quad \dots \dots \dots (4.1)$$

評価用鉛直震度  $C_v$  は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」による基準地震動  $S_s$  の地震応答解析結果から算定された、シールドプラグ本体の設置レベ



ル (EL 42.8m) における最大応答鉛直加速度から設定する。最大応答鉛直加速度及び評価用鉛直震度  $C_v$  を表 4-2 に示す。

表 4-2 最大応答鉛直加速度及び評価用鉛直震度

	最大応答鉛直加速度 ( $m/s^2$ )					評価用鉛直震度 $C_v$
	ケース 1*	ケース 2*	ケース 3*	ケース 4*	最大値	
コンクリート剛性	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度		最大値
地盤物性	標準地盤	標準地盤 + $\sigma$	標準地盤 - $\sigma$	標準地盤		
積雪荷重	非考慮	非考慮	非考慮	考慮		
算定結果	13.35	14.78	12.44	13.39	14.78	

注記\* :  $S_s - D$ ,  $S_s - F1$ ,  $S_s - F2$ ,  $S_s - N1$  及び  $S_s - N2$  の最大値

#### 4.2.2 荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重の組合せを表 4-3 に示す。

表 4-3 荷重の組合せ

荷重の組合せ
$G + P + S_s$

### 4.3 評価基準値

評価に用いる許容荷重を以下に示す。

シールドプラグ本体の許容曲げモーメント $M_a$ 及び許容せん断力 $Q_a$ は下式により算定する。

$$M_a = a_t \cdot f_t \cdot j \quad \dots \dots \dots (4.2)$$

$$Q_a = f_s \cdot B \cdot j \quad \dots \dots \dots (4.3)$$

$$j = (7/8) \cdot d \quad \dots \dots \dots (4.4)$$

ここで、

- $a_t$  : 引張鉄筋量 (m<sup>2</sup>)
- $f_t$  : 鉄筋の許容引張応力度 (短期) (N/mm<sup>2</sup>)
- $j$  : 曲げ材の応力中心距離 (m)
- $f_s$  : コンクリートの許容せん断応力度 (短期) (N/mm<sup>2</sup>)
- $B$  : シールドプラグ本体部材幅 (m)
- $d$  : 曲げ材の有効せい (m)

支持部の許容圧縮力 $N_a$ は、下式により算定する。

$$N_a = f_c \cdot A_c \quad \dots \dots \dots (4.5)$$

$$A_c = B \cdot \varnothing \quad \dots \dots \dots (4.6)$$

ここで、

- $f_c$  : コンクリートの許容圧縮応力度 (短期) (N/mm<sup>2</sup>)
- $A_c$  : 支持部水平投影面積 (m<sup>2</sup>)
- $\varnothing$  : かかり代 (m)

#### 4.4 使用材料及び材料の許容応力度

コンクリートは普通コンクリートとし、設計基準強度 $F_c$ は $23.5\text{N/mm}^2$ とする。鉄筋はSD35（SD345相当）を使用する。各使用材料の許容応力度を表4-4及び表4-5に示す。

表4-4 コンクリートの許容応力度

(単位： $\text{N/mm}^2$ )

普通コンクリート	設計基準強度 $F_c$	短期	
		圧縮 $f_c$	せん断 $f_s$
	23.5	15.6	1.08

表4-5 鉄筋の許容応力度

(単位： $\text{N/mm}^2$ )

鉄筋	材料種別	短期
		引張 $f_t$
	SD35 (SD345相当)	345

#### 4.5 応力評価方法

シールドプラグ本体に生じる曲げモーメント $M$ 及びせん断力 $Q$ は、単純ばりとして下式により算定する。

$$M = (1/8) \cdot w \cdot L^2 \quad \dots \dots \dots (4.7)$$

$$Q = (1/2) \cdot w \cdot L \quad \dots \dots \dots (4.8)$$

ここで、

$w$  : 評価用荷重 (kN/m)

$L$  : 支持スパン (m)

支持部には、シールドプラグ本体からの反力が圧縮力として作用する。支持部に作用する圧縮力 $N$ は、下式により算定する。

$$N = (1/2) \cdot w \cdot L \quad \dots \dots \dots (4.9)$$

#### 4.6 計算条件

評価基準値及び評価用応力の計算条件を表 4-6 に示す。

表 4-6 評価基準値及び評価用応力の計算条件

$a_t$ ( $\times 10^{-2} \text{m}^2$ )	$d$ (m)	$B$ (m)	$\varnothing$ (m)	$w$ (kN/m)	$L$ (m)
1.026	1.35	1.88*	0.18	200.47	11.58

注記\* : 許容せん断力 $Q_a$ の計算では、安全側にシールドプラグ本体の上端の部材幅 1.60m を用いる。

#### 4.7 評価方法

「4.5 応力評価方法」で求めた曲げモーメント $M$ 、せん断力 $Q$ 及び支持部に作用する圧縮力 $N$ が「4.3 評価基準値」で求めた許容曲げモーメント $M_a$ 、許容せん断力 $Q_a$ 及び許容圧縮力 $N_a$ より小さいことを確認する。

## 5. 評価結果

原子炉ウェルシールドプラグの耐震評価結果を表 5-1 に示す。各部の評価用応力は評価基準値を満足しており，下部に設置された上位クラス施設である原子炉格納容器に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

表 5-1 原子炉ウェルシールドプラグの耐震評価結果

部位	応力	評価用応力	評価基準値
シールド プラグ本体	曲げモーメント (kN・m)	3361	4180
	せん断力 (kN)	1161	2040
支持部	圧縮力 (kN)	1161	5279