

柏崎刈羽原子力発電所第6号機	設計及び工事計画審査資料
資料番号	KK6 添-2-058 改0
提出年月日	2023年10月18日

VI-2-11-2-7 原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震性についての計算書

K6 ① VI-2-11-2-7 R0

2023年10月  
東京電力ホールディングス株式会社

VI-2-11-2-7 原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震性についての計算書

## 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	4
2.4 適用規格・基準等	5
3. 評価部位	6
4. 耐震評価	7
4.1 評価概要	7
4.2 荷重及び荷重の組合せ	7
4.2.1 荷重	7
4.2.2 荷重の組合せ	8
4.3 評価基準値	9
4.4 使用材料及び材料の許容応力度	10
4.5 応力評価方法	11
4.6 計算条件	12
4.7 評価方法	12
5. 評価結果	13

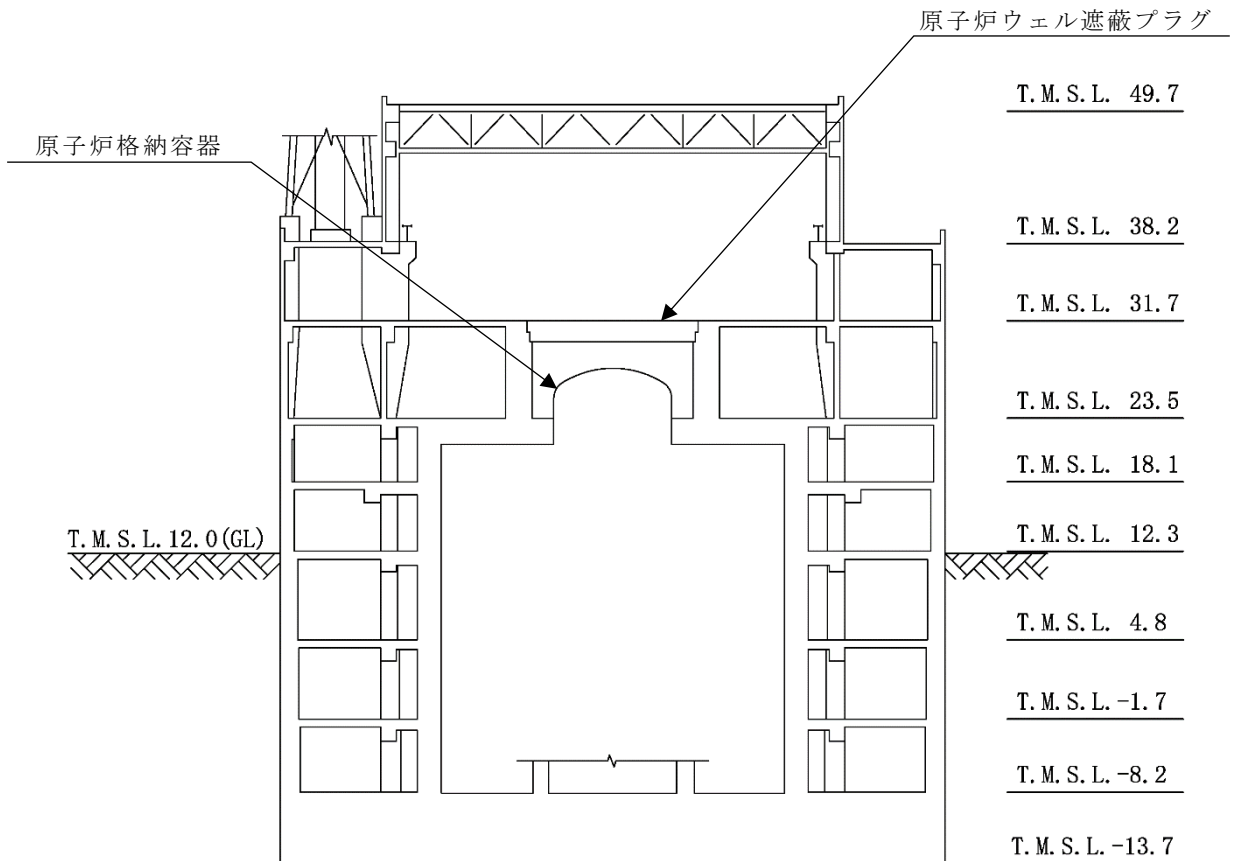
1. 概要

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遮蔽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

原子炉ウェル遮蔽プラグは、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：東京湾平均海面を、以下「T.M.S.L.」という。

図 2-1 原子炉ウェル遮蔽プラグと原子炉格納容器の位置関係図（単位：m）

## 2.2 構造概要

図 2-2 に原子炉ウェル遮蔽プラグ概要図を示す。原子炉ウェル遮蔽プラグは、原子炉ウェル直上の燃料取替床 (T. M. S. L. 31.7m) に設置された、鉄骨ばりを内蔵する鉄筋コンクリート造の構造物である。内蔵された鉄骨ばり (以下「遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばり」という。) の使用部材を表 2-1 に示す。

原子炉ウェル遮蔽プラグの大きさは、全体で最外径 13.3m、厚さ 1.854m 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。

原子炉ウェル遮蔽プラグは、円盤外周部が原子炉ウェルに支持されている。

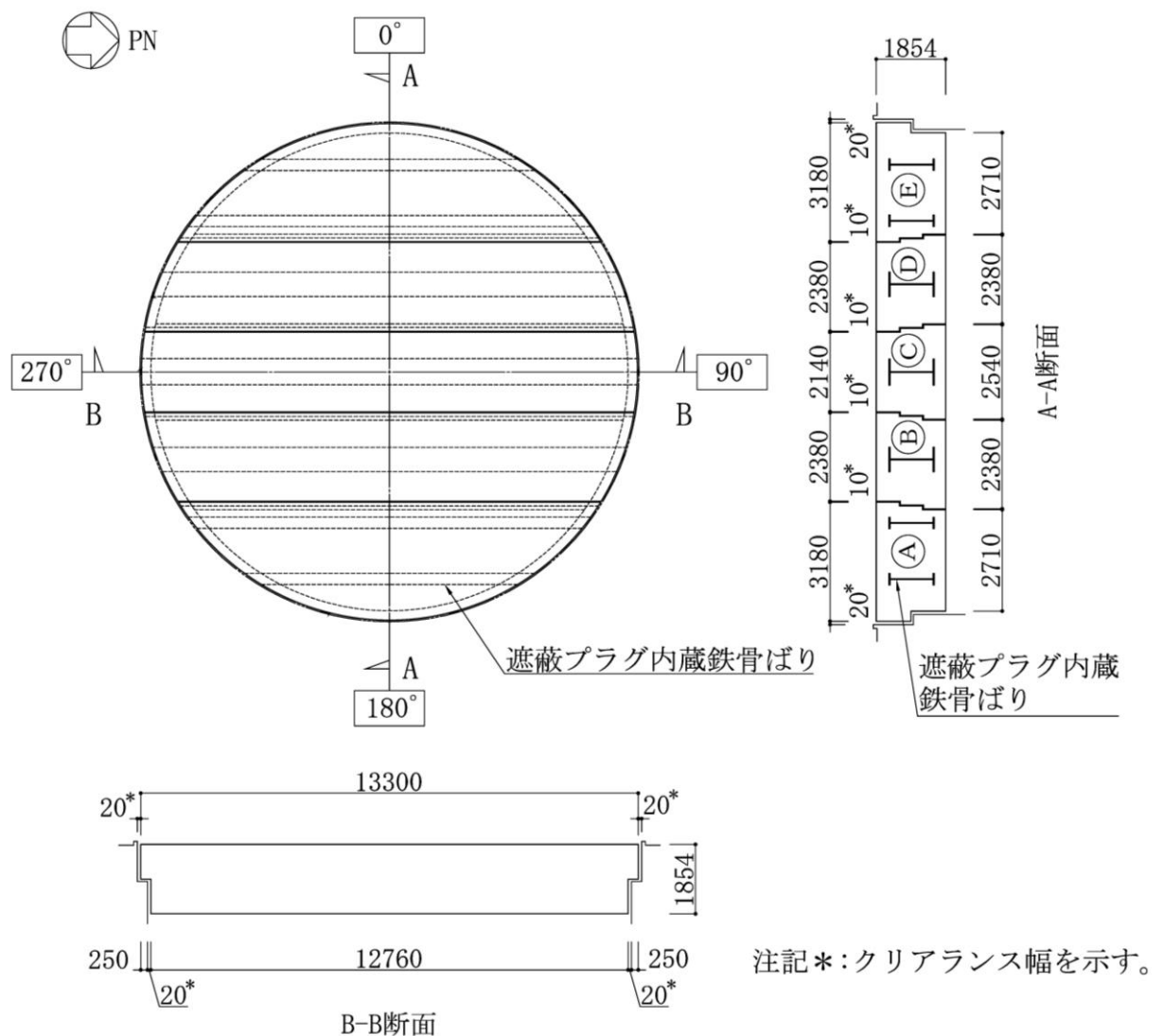








図 2-2 原子炉ウェル遮蔽プラグ概要図 (単位: mm)

表 2-1 遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりの使用部材

(単位：mm)

	箇所		
	A, E	B, D	C
中央部			
	BH-1213×300×22×32	BH-1213×650×22×32	BH-1213×700×22×32
端部			
	BH-823×300×22×32	BH-823×650×22×32	BH-823×700×22×32

### 2.3 評価方針

原子炉ウェル遮蔽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遮蔽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を超えないことを、「4. 耐震評価」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。地震荷重の設定については、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」により得られた基準地震動  $S_s$  による結果を用いる。

原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震評価フローを図 2-3 に示す。

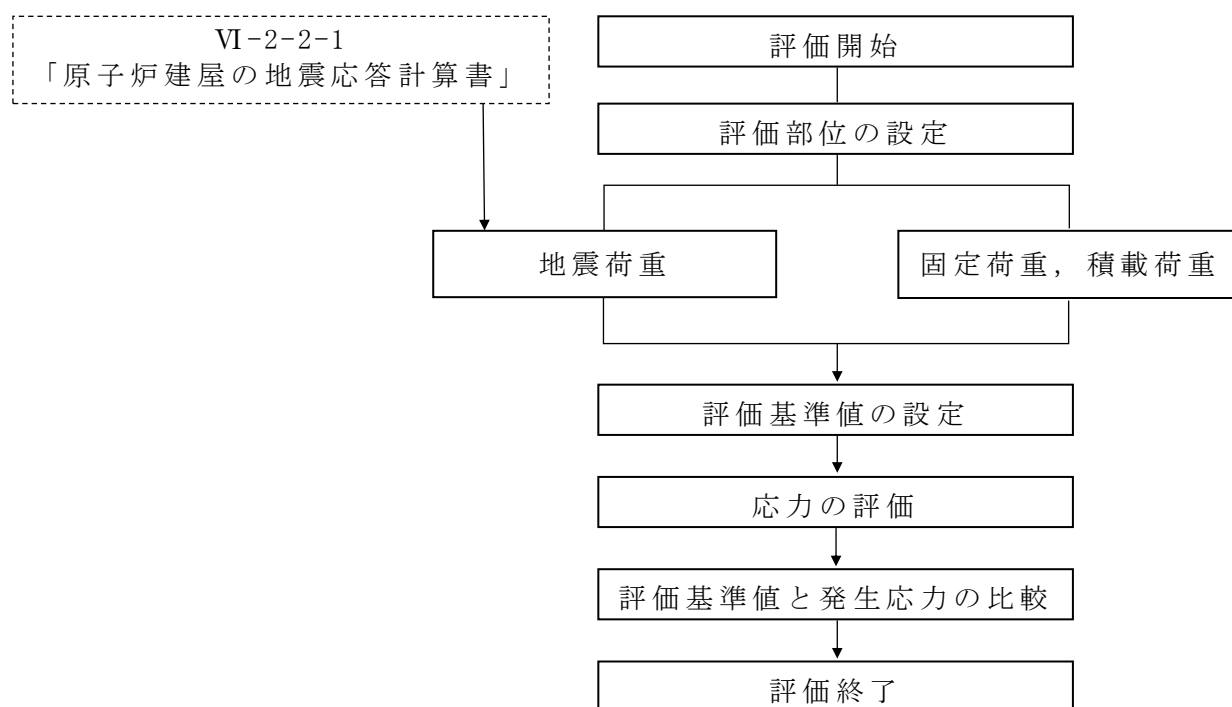


図 2-3 原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・ 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)
- ・ 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005 改定)
- ・ 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)



### 3. 評価部位

原子炉ウェル遮蔽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、原子炉ウェル遮蔽プラグ本体（以下「遮蔽プラグ本体」という。）及び原子炉建屋躯体の支持部（以下「支持部」という。）を評価する。ただし、遮蔽プラグ本体については、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりに全ての応力を負担させるものとし、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりを評価する。

以上より、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばり及び支持部を評価部位として選定する。評価部位を図 3-1 に示す。

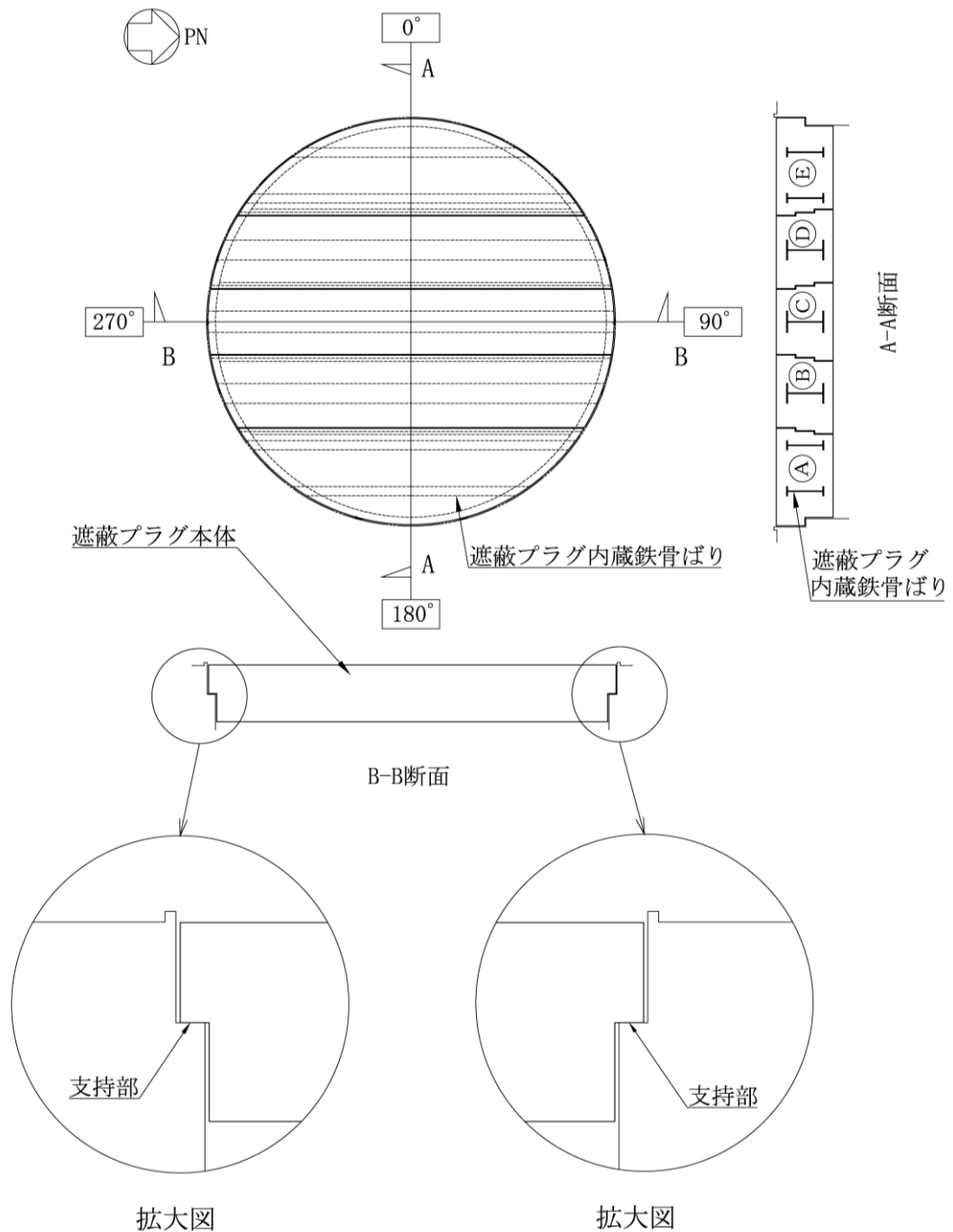


図 3-1 原子炉ウェル遮蔽プラグの評価部位

#### 4. 耐震評価

##### 4.1 評価概要

遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばり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を超えないことを確認する。

なお、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりは、コンクリートにより覆われているため、座屈に対する検討は省略する。

表 4-1 評価方法

部位	評価用応力	評価基準値
遮蔽プラグ 内蔵鉄骨ばり	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、遮蔽プラグ本体の自重を考慮する。

なお、遮蔽プラグ本体の単位体積重量は、鉄筋コンクリートの単位体積重量 24kN/m<sup>3</sup> に遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばり、鉄板型枠等を考慮して 27kN/m<sup>3</sup> とする。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、3kN/m<sup>2</sup> を考慮する。

(3) 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

地震荷重として、基準地震動 S<sub>s</sub> に伴う慣性力を考慮する。鉛直方向の慣性力により遮蔽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遮蔽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遮蔽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遮蔽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。

地震荷重は遮蔽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<sub>v</sub> を乗じた下式により算出する。

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

評価用鉛直震度  $C_v$  は、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による基準地震動  $S_s$  の地震応答解析結果から算出された、遮蔽プラグ本体の設置レベル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*1	ケース 2*2	ケース 3*2	ケース 4*2	ケース 5*2	最大値	
コンクリート剛性	実強度	実強度 + $\sigma$	実強度 - $\sigma$	コア平均	実強度 - $2\sigma$		最大値
地盤剛性	標準地盤	標準地盤 + $\sigma$	標準地盤 - $\sigma$	標準地盤	標準地盤		
算定結果	9.02	9.41	8.71	8.83	9.10	9.41	0.96

注記\*1 :  $S_{s-1} \sim S_{s-8}$  の最大値を示す。

\*2 :  $S_{s-1} \sim S_{s-3}$ ,  $S_{s-8}$  の最大値を示す。

#### 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。

遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりの許容曲げモーメント $M_a$ 及び許容せん断力 $Q_a$ は下式により算出する。

$$M_a = f_b \cdot Z \quad \dots \dots \dots (4. 2)$$

$$Q_a = f_s \cdot A_w \quad \dots \dots \dots (4. 3)$$

ここで、

$f_b$  : 鋼材の許容曲げ応力度 (=許容引張応力度  $f_t$ ) (短期) (N/mm<sup>2</sup>)

$Z$  : ボルト孔による欠損分を除いた鋼材の断面係数 (m<sup>3</sup>)

$f_s$  : 鋼材の許容せん断応力度 (短期) (N/mm<sup>2</sup>)

$A_w$  : 遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりのウェブ部断面積 (m<sup>2</sup>)

支持部の許容圧縮力 $N_a$ は、下式により算出する。

$$N_a = f_c \cdot A_c \quad \dots \dots \dots (4. 4)$$

$$A_c = B \cdot L_1 \quad \dots \dots \dots (4. 5)$$

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>)

$B$  : 遮蔽プラグ本体部材幅 (m)

$L_1$  : かかり代 (m)

#### 4.4 使用材料及び材料の許容応力度

鋼材は J I S G 3 1 0 6 で規定される溶接構造用圧延鋼材 SM400A を使用する。  
 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  $32.3\text{N/mm}^2$  とする。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 鋼材の許容応力度

(単位： $\text{N/mm}^2$ )

SM400A	基準強度 $F$	短期	
		引張 $f_t$	せん断 $f_s$
	235	235	135

表 4-5 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 $f_c$
	32.3	21.5

#### 4.5 応力評価方法

遮蔽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出する。

$$M = (1/8) \cdot w \cdot L_2^2 \quad \dots \dots \dots (4. 6)$$

$$Q = (1/2) \cdot w \cdot L_2 \quad \dots \dots \dots (4. 7)$$

ここで、

$w$  : 評価用荷重 (kN/m)

$L_2$  : 支持スパン (m)

支持部には、遮蔽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、下式により算出する。

$$N = (1/2) \cdot w \cdot L_2 \quad \dots \dots \dots (4. 8)$$

#### 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

箇所	$Z^{*1}$ ( $\times 10^{-4}m^3$ )	$A_w^{*2}$ ( $\times 10^{-4}m^2$ )	$B^{*3}$ (m)	$L_1^{*3}$ (m)	$w$ (kN/m)	$L_2$ (m)
A, E	131.3	167.0	—	—	105.03 <sup>*4</sup>	11.3
B, D	222.6	167.0	—	—	228.02	13.1
C	241.0	167.0	2.14	0.25	235.99	13.3

注記\*1 : 曲げモーメントに対する断面検討においては、曲げモーメントが最も大きくなる中央部の断面係数 $Z$ を用いて検討を行う。

\*2 : せん断力に対する断面検討においては、せん断力が最も大きくなる端部の $A_w$ を用いて検討を行う。

\*3 : 支持部の検討については、支持部の圧縮力が最も大きく、支持部水平投影面積が最も小さい箇所Cで代表する。

\*4 : 箇所A, Eの遮蔽プラグ本体は、遮蔽プラグ内蔵鉄骨ばりを2本内蔵するため、1本で半分の荷重を負担するものとして算定した。

#### 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 $N_a$ を超えないことを確認する。

5. 評価結果

原子炉ウェル遮蔽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超えないことを確認し、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 原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震評価結果

部位		応力	評価用応力	評価基準値
遮蔽プラグ 内蔵鉄骨ばり	A, E	曲げモーメント (kN・m)	1680	3080
		せん断力 (kN)	594	2250
	B, D	曲げモーメント (kN・m)	4900	5230
		せん断力 (kN)	1500	2250
	C	曲げモーメント (kN・m)	5220	5660
		せん断力 (kN)	1570	2250
支持部		圧縮力 (kN)	1570	11500