

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-892 改1
提出年月日	平成30年9月7日

V-2-11-2-17 耐火障壁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 構造計画	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用基準	3
3. 評価部位	4
4. 構造強度評価	5
4.1 構造強度評価方法	5
4.2 荷重の組合せ，許容応力度及び降伏点強度	5
4.3 あと施工アンカー耐力及び面外方向力	6
5. 評価結果	13

## 1. 概要

本資料は、添付書類「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、下位クラス設備である耐火障壁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、上位クラス施設であるパワーセンタに対して、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

耐火障壁は、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パワーセンタの近傍に設置されており、転倒時に波及的影響を及ぼすおそれがある。

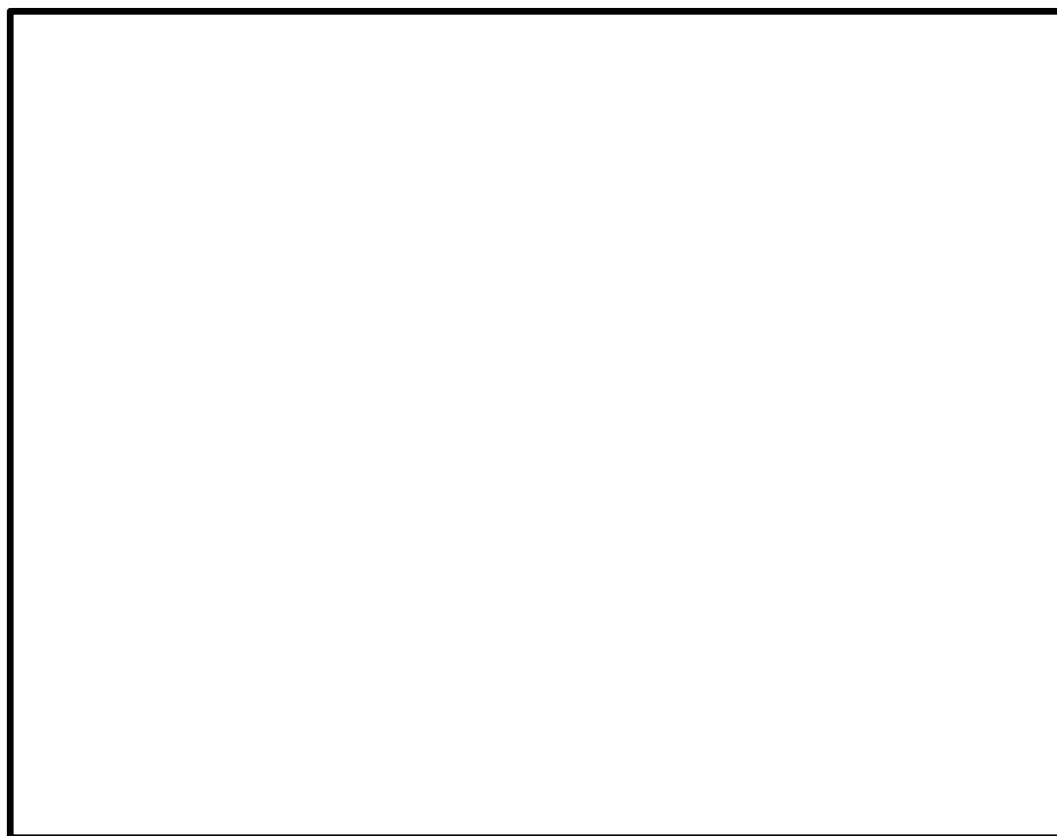


図 2-1 耐火障壁の位置関係図

2.2 構造計画

耐火障壁の構造計画を表 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	
耐火障壁は、アンカーボルトにより建屋壁等の躯体に固定される。	鉄筋コンクリート	

### 2.3 評価方針

耐火障壁は、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、耐火障壁が面外方向の地震力を受けた際に、倒壊により周辺設備へ影響を与えないように耐火障壁に生じる曲げ応力が終局耐力以下であることを確認する。また、脆性破壊により倒壊しないように、壁に生じるせん断応力が短期許容応力度以下であることを確認する。

### 2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 建築基準法及び同施行令
- (2) 2015年版建築物の構造関係技術基準解説書  
(国土交通省国土技術政策総合研究所，国立研究開発法人建築研究所)
- (3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下、「RC規準」という。）
- (4) 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- (5) 各種合成構造設計指針・同解説

3. 評価部位

耐火障壁の耐震評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき実施する。

耐火障壁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、耐火障壁の形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。

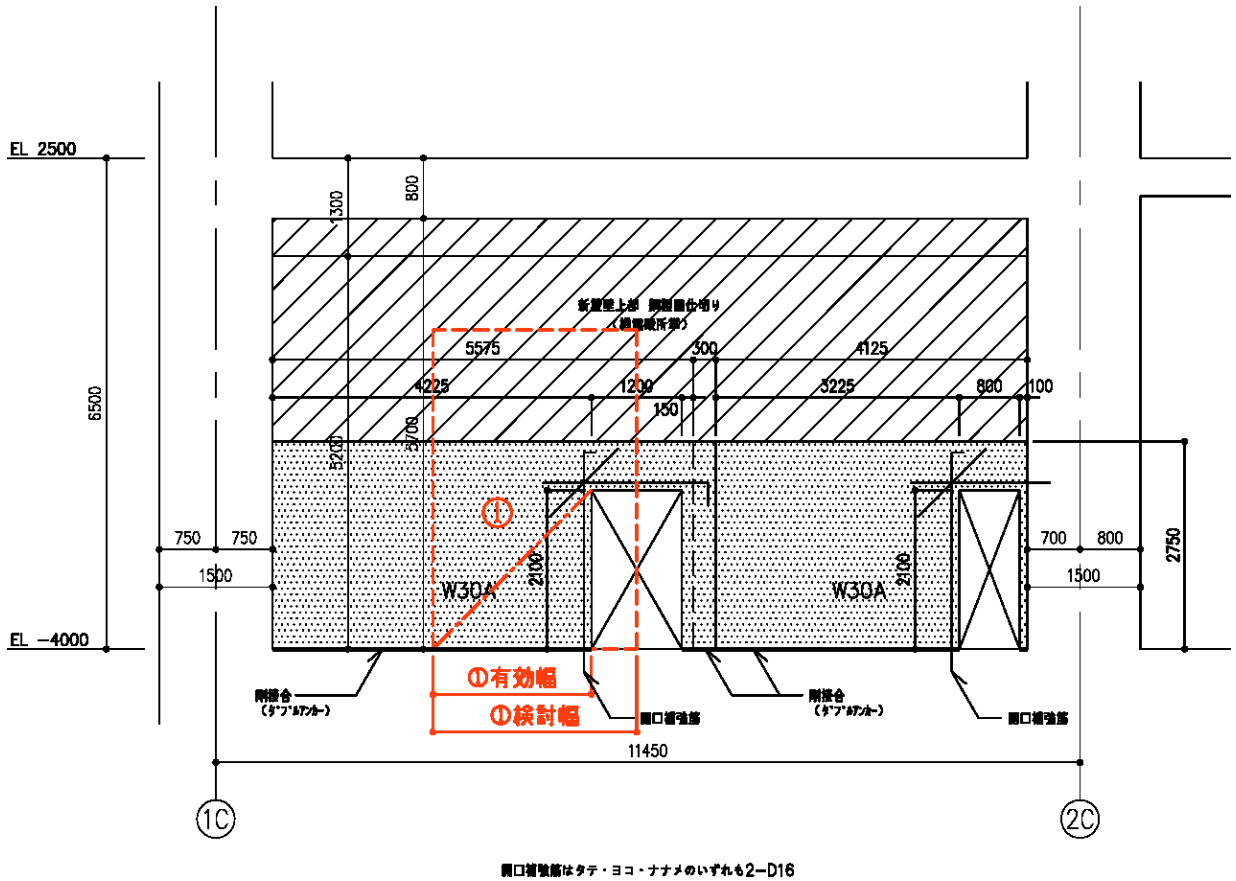


図 3-1 耐火障壁の形状及び主要寸法 (単位 : mm)

#### 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、耐火障壁に対して、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、耐火障壁の自重に加えて、地震荷重を考慮する。

##### 4.2 荷重の組合せ、許容応力度及び降伏点強度

###### (1) 荷重の組合せ

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
耐火障壁	$D + S_s$

D : 耐火障壁の自重

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

###### (2) 材料の許容応力度

コンクリート及び鉄筋の材料の許容応力度を表 4-2 及び表 4-3 に示す。

表 4-2 コンクリートの許容応力度 (単位 :  $N/mm^2$ )

	長期			短期		
	圧縮	引張り	せん断	圧縮	引張り	せん断
$F_c = 22.1$	7.3	—	0.71	14.6	—	1.06

※RC規準による。

表 4-3 鉄筋の許容応力度 (単位 :  $N/mm^2$ )

種別	長期		短期	
	引張り及び圧縮	せん断補強	引張り及び圧縮	せん断補強
SD295A	195	195	295	295

※RC規準による。

(3) 降伏点強度

鉄筋の降伏点強度を表 4-3 及び表 4-4 に示す。

表 4-4 鉄筋の降伏点強度 (単位 : N/mm<sup>2</sup>)

種類	J I S 規格材	
	引張り 及び圧縮	せん断補強
SD295A	324	295

※建築基準法施行令第 96 条による。

4.3 あと施工アンカー耐力及び面外方向力

(1) あと施工アンカー耐力の算出

新設される耐火障壁は、既存躯体にあと施工アンカーを設置し、耐火障壁と既存躯体を一体化する。あと施工アンカーは接着系アンカー（有機系カプセル）とし、日本建築学会発行の「各種合成構造設計指針・同解説」よりアンカー耐力を算出する。表 4-5 に記号の説明、表 4-6 に部材のアンカー耐力算出結果を示す。



表 4-5 記号の説明

記号	記号の説明
$L_e$	アンカー鉄筋の有効埋め込み長さ
$s_c A$	アンカー鉄筋の有効断面積
$d_a$	アンカー鉄筋軸部の直径
$s_{\sigma y}$	アンカー鉄筋の規格降伏点強度（短期許容引張応力度）
$F_c$	コンクリートの設計基準強度
$E_c$	コンクリートのヤング係数
$\phi_1$	低減係数 長期：2/3 短期：1.0
$\phi_2$	低減係数 長期：1/3 短期：2/3
$\phi_3$	低減係数 長期：1/3 短期：2/3
$\alpha_{yu}$	割増係数=1.0
$s_{\sigma pa}$	アンカー鉄筋の引張強度= $s_{\sigma y} \times \alpha_{yu}$
$L_{ce}$	アンカー鉄筋の強度算定用埋め込み長さ= $L_e - 2 \cdot d_a$
$c_1$	へりあき・アンカー鉄筋ピッチ 1
$c_2$	へりあき・アンカー鉄筋ピッチ 2
$c_3$	へりあき・アンカー鉄筋ピッチ 3
$\alpha_1$	へりあき・アンカー鉄筋ピッチを考慮した付着強度の低減係数 1
$\alpha_2$	へりあき・アンカー鉄筋ピッチを考慮した付着強度の低減係数 2
$\alpha_3$	へりあき・アンカー鉄筋ピッチを考慮した付着強度の低減係数 3
$\tau_{bavg}$	アンカー鉄筋の基本平均付着強度= $1.0 \cdot \sqrt{F_c / 2.1}$
$\tau_a$	へりあき・アンカー鉄筋ピッチを考慮したアンカー鉄筋の付着強度
$p_{a1}$	アンカー鉄筋の降伏により定まる許容引張力= $\phi_1 \cdot s_{\sigma pa} \cdot s_c A$
$p_{a3}$	アンカー鉄筋の付着力により定まる許容引張力= $\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot L_{ce}$
$P_a$	アンカー鉄筋の許容引張力= $\min(p_{a1}, p_{a3})$
$s_{\sigma qa}$	アンカー鉄筋のせん断強度= $0.7 \cdot s_{\sigma y}$
$c_{\sigma qa}$	コンクリートの支圧強度= $0.5 \cdot \sqrt{F_c \cdot E_c}$
$c_{\sigma t}$	コンクリートの引張強度= $0.31 \cdot \sqrt{F_c}$
$c$	せん断方向のへりあき
$A_{qc}$	せん断方向の側面における有効水平投影面積= $0.5 \cdot \pi \cdot c^2$
$q_{a1}$	アンカー鉄筋のせん断強度により定まる許容せん断力= $\phi_1 \cdot s_{\sigma qa} \cdot s_c A$
$q_{a2}$	コンクリートの支圧強度により定まる許容せん断力= $\phi_2 \cdot c_{\sigma qa} \cdot s_c A$
$q_{a3}$	コンクリートのコーン状破壊により定まる許容せん断力= $\phi_3 \cdot c_{\sigma t} \cdot A_{qc}$
$Q_a$	アンカー鉄筋の許容せん断力= $\min(q_{a1}, q_{a2}, q_{a3})$
$\frac{s_{\sigma pa} \cdot d_a}{4 \cdot \tau_a}$	短期許容せん断力を確保するための、アンカー鉄筋埋め込み長さ $L_e$ を満足させるための判定式

表4-6 アンカー耐力算出結果

	事象		短期	
	アンカー方式		有機系カプセル	
算定条件	L e	mm	200	
	s c A	mm <sup>2</sup>	199	
	d a	mm	16	
	s σ y	N/mm <sup>2</sup>	295	
	F c	N/mm <sup>2</sup>	22.1	
	E c	N/mm <sup>2</sup>	22100	
	φ 1		1.0	
	φ 2		2/3	
	φ 3		2/3	
	引張	α y u		1.000
		s σ p a	N/mm <sup>2</sup>	295
L c e		mm	168	
c 1		mm	100.0	
c 2		mm	—	
c 3		mm	—	
α 1			0.81	
α 2			1.00	
α 3			1.00	
τ b a v g		N/mm <sup>2</sup>	10.25	
τ a		N/mm <sup>2</sup>	8.30	
p a 1		kN/本	58.7	
p a 3		kN/本	46.7	
P a	kN/本	46.7		
せん断	s σ q a	N/mm <sup>2</sup>	206.5	
	c σ q a	N/mm <sup>2</sup>	349	
	c σ t	N/mm <sup>2</sup>	1.45	
	c	mm	—	
	A q c	mm <sup>2</sup>	—	
	q a 1	kN/本	41.0	
	q a 2	kN/本	46.3	
	q a 3	kN/本	—	
	Q a	kN/本	41.0	
	$\frac{s \sigma p a \cdot d a}{4 \cdot \tau a}$	mm <sup>*1</sup>	143	
	*1 ≤ L e		良	

\* c1:へりあき (アンカー筋ピッチ/2 (アンカー筋ピッチは, D16@200))

c2:へりあき

c3:へりあき

## (2) 面外方向力に対する検討方針

面外方向力に対して、耐火障壁が許容応力度以下であることを確認する。壁については、自重等に水平震度を考慮した面外方向の地震力に対する検討を行う。また、アンカー部に生じる引張力およびせん断力が、前項で算出したアンカー耐力以下であることも確認する。

地震時の検討は、曲げ応力に対しては終局、せん断応力及びアンカー部応力に対しては短期での検討とする。

なお、終局曲げ耐力は以下の式で算出する。

$$M_y = 0.9 \times a_t \times \sigma_y \times d / 10^6$$

ここで、

$M_y$  : 終局曲げ耐力 (kN・m)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : 引張鉄筋の降伏強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$d$  : 有効せい (mm)

検討モデルは、既存躯体を支持端とした片持ち形式にモデル化し、安全側評価での検討を行う。扉開口部は、周辺躯体と同じ重量として荷重を算定し、その部位は有効幅から除外する。有効幅等の扉周り評価についての考え方を図 4-1 に示す。

検討には、以下の荷重を考慮する。

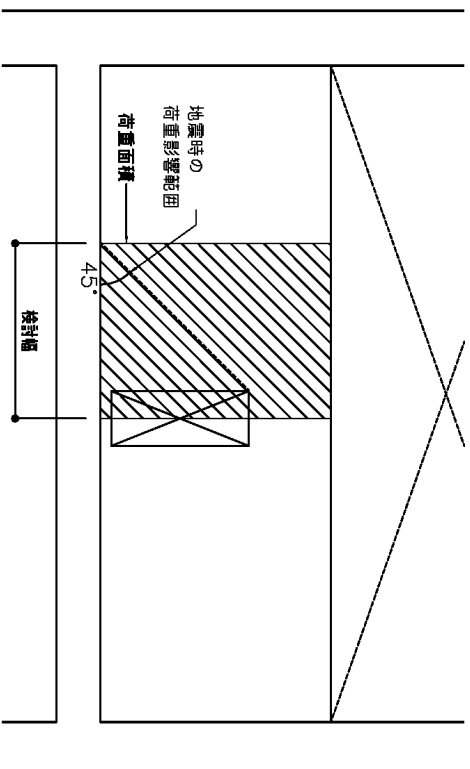
## ◆固定荷重

自重 : 24 kN/m<sup>2</sup> (鉄筋コンクリート重量)

周辺工作物 (耐火鋼製間仕切り) 重量 : 1.0 kN/m<sup>2</sup>

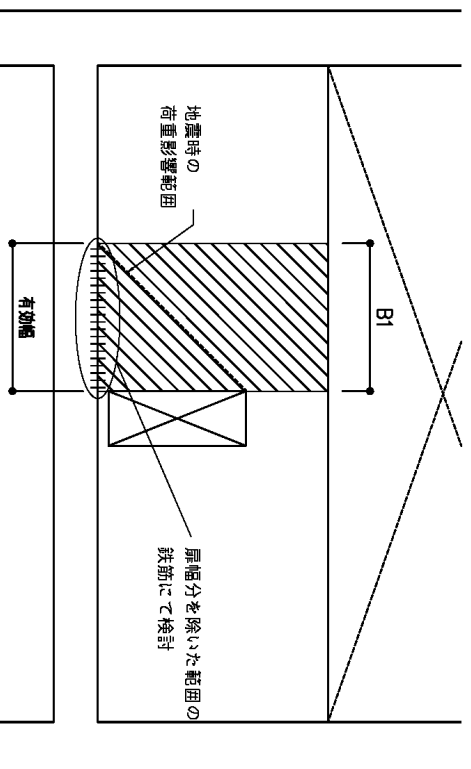
## ◆地震荷重

自重等×水平・鉛直震度 (表 4-7 に示す)



扉の上端位置から45度の線をおさまる範囲を扉による荷重影響範囲と考え、検討幅とする。

\_\_\_\_ 検討幅



検討幅から扉幅分を除いた長さを、断面算定の有効幅とする。  
(B1=有効幅)

\_\_\_\_ 有効幅

図 4-1 扉周りの評価概要図

表 4-7 設計震度

設置床の最大応答加速度の震度換算（原子炉建屋 基準地震動  $S_s$  8 波包絡）

高さ m E. L.	震度（採用値）	
	水平方向	鉛直方向
63.65	2.04	1.56
57.00	1.74	1.47
46.50	1.46	1.26
38.80	1.40	1.20
34.70	1.37	1.11
29.00	1.29	0.98
20.30	1.11	0.84
14.00	0.95	0.83
8.20	0.92	0.80
2.00	0.80	0.77
-4.00	0.72	0.75

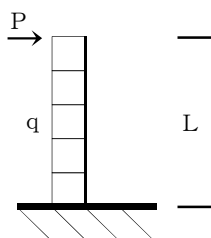
\* 検討時は、上層の震度を採用

(3) 面外方向力

① 壁

既存床と接合する壁脚部を固定端とした片持ち壁として検討する。

・モデル図



・断面検討

検討諸元	L	mm	2750	設計スパン		
	B	mm	2700	検討幅	= 2100 + 1200/2	
	b	mm	2100	有効幅	= B - 開口部	
	D	mm	300	新設壁厚		
	d t	mm	80	引張鉄筋重心位置		
	d	mm	220	有効せい	= D - d t	
	j	mm	192	応力中心間距離	= d × 7/8	
	F c	N/mm <sup>2</sup>	22.1	コンクリート強度		
	鉄筋種別		SD295			
	σ y	N/mm <sup>2</sup>	324.0	鉄筋の降伏点強度		
	f s	N/mm <sup>2</sup>	1.06	コンクリートの許容せん断応力度		
	設計配筋		10 - D16	2-D16@200	= 2100/200	
	W	kN	4.0	周辺工作物重量	= 1.0 × 2.70 × 2.95/2	
	k		0.80	水平震度		
	P	kN	3.2	周辺工作物荷重	= k × W	
q	kN/m	15.6	壁自重地震力 = 0.8 × 24 × 0.3 × 2.7			
断面検討	M	kN・m	67.8	作用曲げモーメント	= P × L + q × L <sup>2</sup> /2	
	Q	kN	46.1	作用せん断力	= P + q × L	
	a t	mm <sup>2</sup>	1990	設計鉄筋量		
	M y	kN・m	127.6	(0.54)	終局曲げ耐力	0.9 × d × a t × σ y
	τ	N/mm <sup>2</sup>	0.12	(0.12)	設計せん断応力度	Q / (b × j)
判定		良				
アンカー部検討	n	本	2	厚さ方向 アンカー筋本数		
	m	列	10	幅方向 アンカー筋列数		
	アンカー筋		D16			
	P	kN/本	35.4	アンカー1本当りの引張力 M / (j × m)		
	Q	kN/本	2.4	アンカー1本当りのせん断力 Q / (n × m)		
	P a	kN/本	46.7	(0.76)	アンカー引張耐力	
	Q a	kN/本	41.0	(0.06)	アンカーせん断耐力	
	P / P a <sup>2</sup> + Q / Q a <sup>2</sup>		0.59		組合せ検定比	
判定		良				

## 5. 評価結果

新設される耐火障壁については、面外方向の地震力を受けた際に、倒壊により周辺設備へ影響を与えないように耐火障壁に生じる曲げ応力が終局耐力以下であることを確認した。また、脆性破壊により倒壊しないように、壁に生じるせん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。