

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密また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-697 改2
提出年月日	2018年8月31日

V-2-9-7-1-2 フィルタ装置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 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4. 評価結果	7
4.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、フィルタ装置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説明するものである。

フィルタ装置は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置の構造計画を表 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>胴をスカートで支持し、スカートを基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>上面及び下面に鏡板を有するたて置円筒形</p>	<p>(単位: mm)</p>

注記 *: フィルタ装置の内部構造物 (金属フィルタ, 銀ゼオライトフィルタ, ベンチュリノズル等) は溶接等により容器に固定される構造であり, 水平・鉛直ともに変位は拘束されることから容器と一体として評価する。

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

フィルタ装置の構造はスカート支持たて置円筒形容器であるため、構造強度評価は、添付書類「V-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

フィルタ装置の許容応力を表 3-2～表 3-3 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-4 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納 施設	圧力逃がし 装置	フィルタ装置	常設／緩和	重大事故等 ^{*2} クラス 2 容器	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限 界を用いる。)

注記 *1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：重大事故等クラス 2 容器の支持構造物を含む。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界*1, *2			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
IV _A S	0.6・S _u	左欄の 1.5 倍の値	*3 S _s 基準地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)				

注記 *1：座屈に対する評価は、クラスMC 容器の座屈に対する評価式による。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

*3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 は除く。S_mは 2/3・S_yと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表 3-3 許容応力 (重大事故等クラス 2 支持構造物)

許容応力状態	許容限界*1, *2 (スカート)	許容限界*1, *2 (基礎ボルト)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)			

9

注記 *1: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		胴板	SUS316L	最高使用温度	200	—	120
スカート		最高使用温度	200	—	144	402	205
基礎ボルト (H1075)		周囲環境温度		—	829	932	—

4. 評価結果

4.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、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。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
フィルタ装置	常設/緩和	格納容器圧力逃がし 装置格納槽 EL. -12.8*	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=2.15$	$C_V=1.07$	0.62	200	<input type="text"/>

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m_o (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	4600	30.0	4600	30.0	183000*1	183000*1	70400*1	70400*1

\varnothing (mm)	\varnothing_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	D_5 (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{b_o} (mm)
<input type="text"/>	1790	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

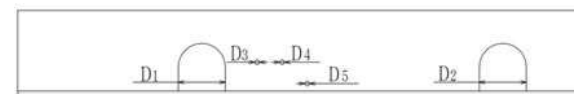
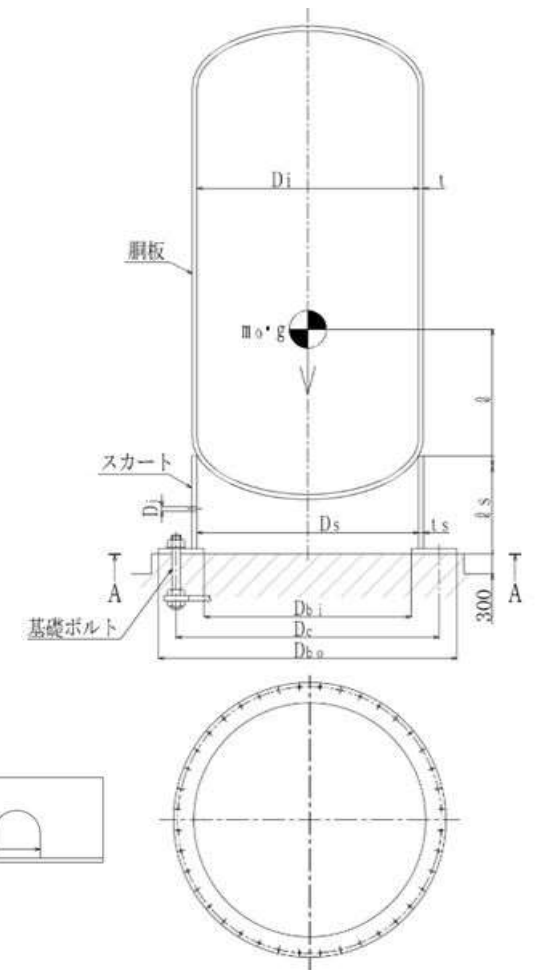
D_{b_i} (mm)	A_b (mm ²)	Y (mm)	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			M_s (N·mm)	M_s (N·mm)	M_s (N·mm)	M_s (N·mm)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	1.334×10^{10}	—

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (スカート) (MPa)	S_u (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)	F^* (スカート) (MPa)
120*1	407*1	—	144*1	402*1	—	194

S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F^* (基礎ボルト) (MPa)
829*2 (H1075)	932*2 (H1075)	—	652

注記 *1 : 最高使用温度で算出

*2 : 周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度			基準地震動 S_s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=48$	$\sigma_{x1}=24$	—
運転時質量による引張応力	—	—	—	—	$\sigma_{x2}=2$	—
鉛直方向地震による引張応力	—	—	—	—	$\sigma_{x5}=2$	—
空質量による圧縮応力	—	—	—	—	$\sigma_{x3}=2$	—
鉛直方向地震による圧縮応力	—	—	—	—	$\sigma_{x6}=2$	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x4}=17$	$\tau=14$
応力の和	引張側	—	—	$\sigma_{\phi}=48$	$\sigma_{xt}=43$	—
	圧縮側	—	—	$\sigma_{\phi}=-48$	$\sigma_{xc}=-4$	—
組合せ応力	引張り	—	—	$\sigma_{0t}=59$		
	圧縮	—	—	—		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度			基準地震動 S_s		
	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力	—	—	—	—	$\sigma_{x5}=2$	—
鉛直方向地震による圧縮応力	—	—	—	—	$\sigma_{x6}=2$	—
水平方向地震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x4}=17$	$\tau=14$
応力の和	引張側	—	—	$\sigma_{2\phi}=0$	$\sigma_{2xt}=18$	—
	圧縮側	—	—	$\sigma_{2\phi}=0$	$\sigma_{2xc}=19$	—
組合せ応力 (変動値)	引張り	—	—	$\sigma_{2t}=50$		
	圧縮	—	—	$\sigma_{2c}=51$		

1.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	応力	組合せ応力	応力	組合せ応力
運転時質量による応力	—	—	$\sigma_{s1}=4$	$\sigma_s=50$
鉛直方向地震による応力	—		$\sigma_{s3}=4$	
水平方向地震による応力	曲げ		$\sigma_{s2}=35$	
	せん断		$\tau_s=15$	

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
引張応力	—	$\sigma_b=118$
せん断応力	—	$\tau_b=40$

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

方 向	固有周期
水平方向	$T_H = \square$
鉛直方向	$T_V = \square$

1.4.2 応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴 板	SUS316L	一次一般膜	—	—	$\sigma_0=59$	$S_a=244$
		一次+二次	—	—	$\sigma_2=51$	$S_a=240$
スカート	\square	組 合 せ	—	—	$\sigma_s=50$	$f_t=194$
		圧縮と曲げ の組合せ (座屈の評価)	—		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$	
			—		0.23 (無次元)	
基礎ボルト (H1075)	\square	引 張 り	—	—	$\sigma_b=118$	$f_{ts}=489^*$
		せ ん 断	—	—	$\tau_b=40$	$f_{sb}=376$

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出