

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-105
提出年月日	2023年3月20日

第1 ベントフィルタスクラバ容器及び第1 ベントフィルタ
銀ゼオライト容器の内部構造物の耐震評価について

2023年3月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 概要.....	1
2. 第1ベントフィルタスクラバ容器の内部構造物の耐震評価.....	1
2.1 構造計画.....	1
2.2 評価対象部位.....	3
2.2.1 第1ベントフィルタスクラバ容器内の流路（バウンダリ）.....	3
2.2.2 評価対象部位の選定.....	4
2.2.3 評価対象部位の形状及び構造.....	6
2.2.4 評価対象部位の使用材料.....	9
2.3 固有周期.....	10
2.3.1 金属フィルタ.....	10
2.3.2 内部配管.....	11
2.3.3 ベンチュリノズル.....	11
2.4 構造強度評価.....	14
2.4.1 荷重及び荷重の組合せ.....	14
2.4.2 許容限界.....	14
2.4.3 評価方法.....	15
2.5 評価結果.....	23
3. 第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造物の耐震評価.....	24
3.1 構造計画.....	24
3.2 評価対象部位.....	26
3.2.1 第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器内の流路（バウンダリ）.....	26
3.2.2 評価対象部位の選定.....	27
3.2.3 評価対象部位の形状及び構造.....	29
3.2.4 評価対象部位の使用材料.....	32
3.3 固有周期.....	33
3.3.1 計算モデル.....	33
3.3.2 固有周期評価結果.....	35
3.4 構造強度評価.....	36
3.4.1 荷重及び荷重の組合せ.....	36
3.4.2 許容限界.....	36
3.4.3 評価方法.....	36
3.5 評価結果.....	47
4. 結論.....	47
5. 添付資料.....	47
(1) 第1ベントフィルタスクラバ容器の内部配管に作用する流体力	
(2) 第1ベントフィルタスクラバ容器の分岐管の耐震評価手順について	

1. 概要

本資料は、第1ベントフィルタスクラバ容器及び第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造物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。

なお、本資料に関連する工認図書は以下のとおり。

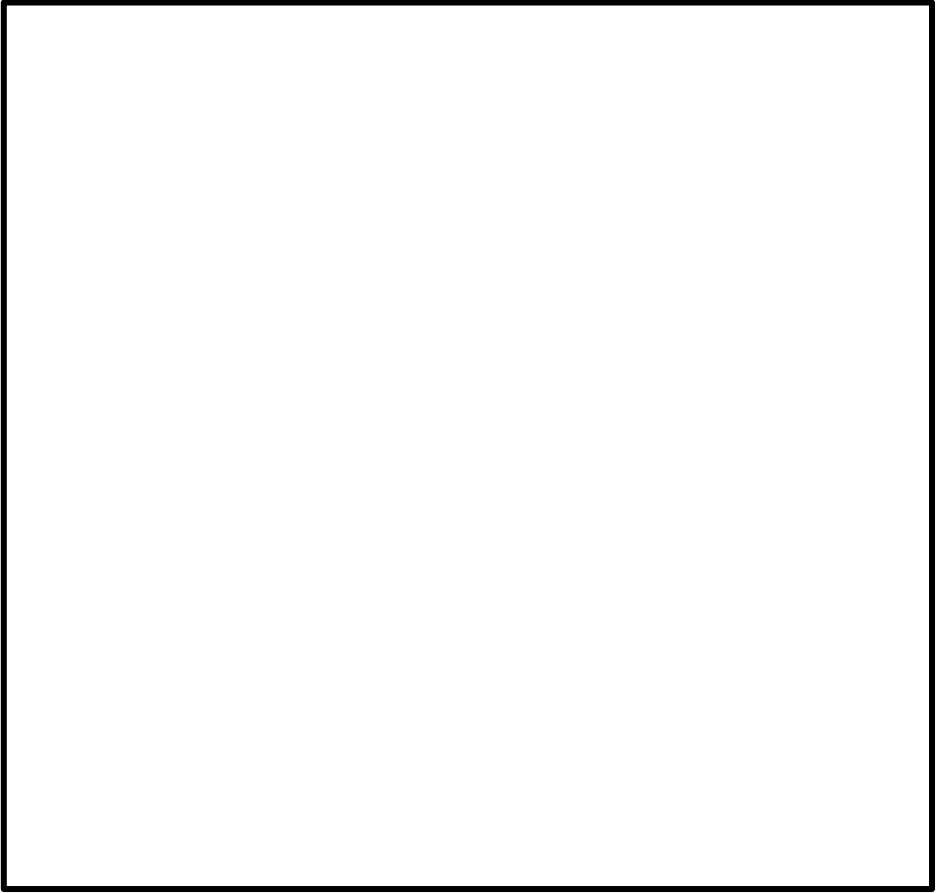
- ・「VI-2-9-4-7-1-2 第1ベントフィルタ スクラバ容器の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-4-7-1-3 第1ベントフィルタ 銀ゼオライト容器の耐震性についての計算書」

2. 第1ベントフィルタスクラバ容器の内部構造物の耐震評価

2.1 構造計画

第1ベントフィルタスクラバ容器内部の構造計画を表1に示す。

表1 第1ベントフィルタスクラバ容器内部の構造計画

計画の概要		概略構造図
支持構造	主体構造	
<p>入口配管は，第1ベントフィルタスクラバ容器内部に溶接した入口配管サポート及び入口配管下部サポートにより支持される。</p> <p>分岐管は，第1ベントフィルタスクラバ容器底部に溶接した分岐管サポートにより支持される。</p>	<p>内部配管部は，入口配管，分岐管，ベンチュリノズルから構成される。</p> <p>ベンチュリノズルは取付ボルトで分岐管に固定される。</p>	
<p>金属フィルタは，第1ベントフィルタスクラバ容器胴部に溶接した金属フィルタサポートにより支持される。</p>	<p>金属フィルタ部は，金属フィルタと金属フィルタサポートから構成される。</p>	

2.2 評価対象部位

2.2.1 第1ベントフィルタスクラバ容器内の流路（バウンダリ）

第1ベントフィルタスクラバ容器に送気されたベントガスは、入口配管、分岐管及びベンチュリノズルを経てスクラビング水中に放出される。その後、ベントガスは、容器内面に沿って第1ベントフィルタスクラバ容器頂部に流れ、金属フィルタ上面の開口部から金属フィルタに達し、金属フィルタ室を経て容器外に排気される。第1ベントフィルタスクラバ容器内の流路（バウンダリ）を図1に示す。

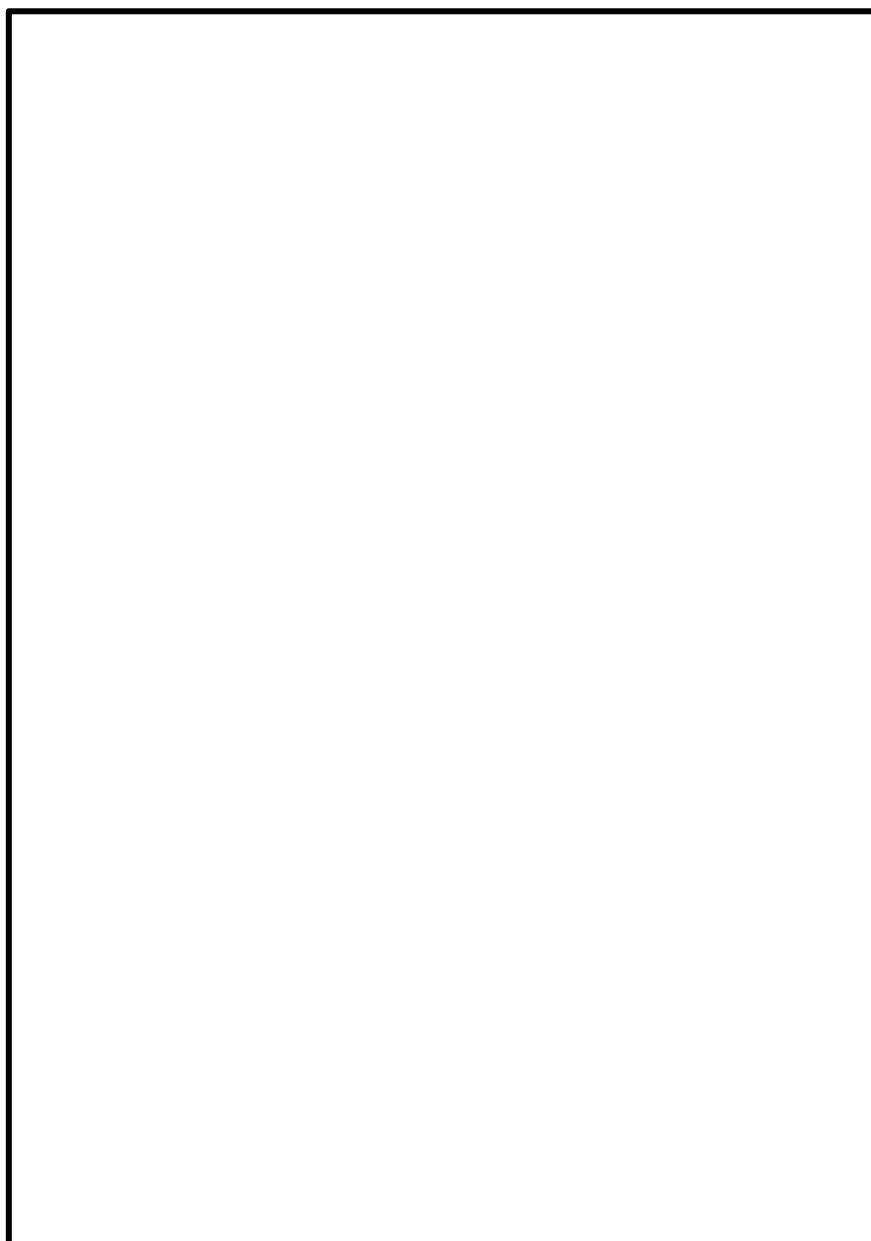


図1 第1ベントフィルタスクラバ容器内の流路（バウンダリ）

2.2.2 評価対象部位の選定

第1 ベントフィルタスクラバ容器の耐震評価における評価対象部位を図2に示す。
以下、入口配管及び分岐管をまとめて内部配管、それ以外をまとめて内部構造物と呼称する。

- | | |
|--------------|-------|
| ① 入口配管 | (P-1) |
| ② 分岐管 | (P-2) |
| ③ ベンチュリノズル | (P-3) |
| ④ 金属フィルタ | (P-4) |
| ⑤ 金属フィルタサポート | (P-5) |

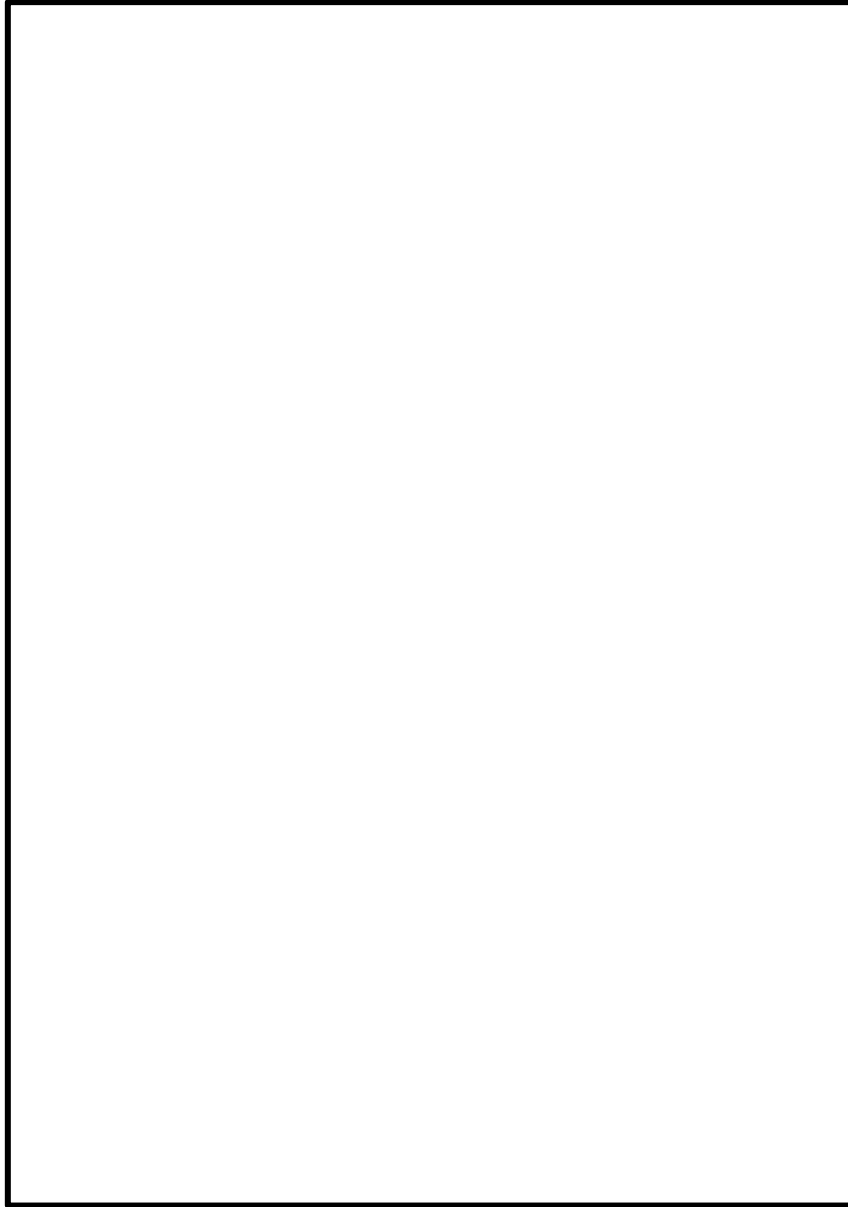


図2 第1 ベントフィルタスクラバ容器の内部構造物評価対象部位

2.2.3 評価対象部位の形状及び構造

第1 ベントフィルタスクラバ容器の評価対象部位の主要寸法を図3に、評価対象部位の詳細を表2に示す。

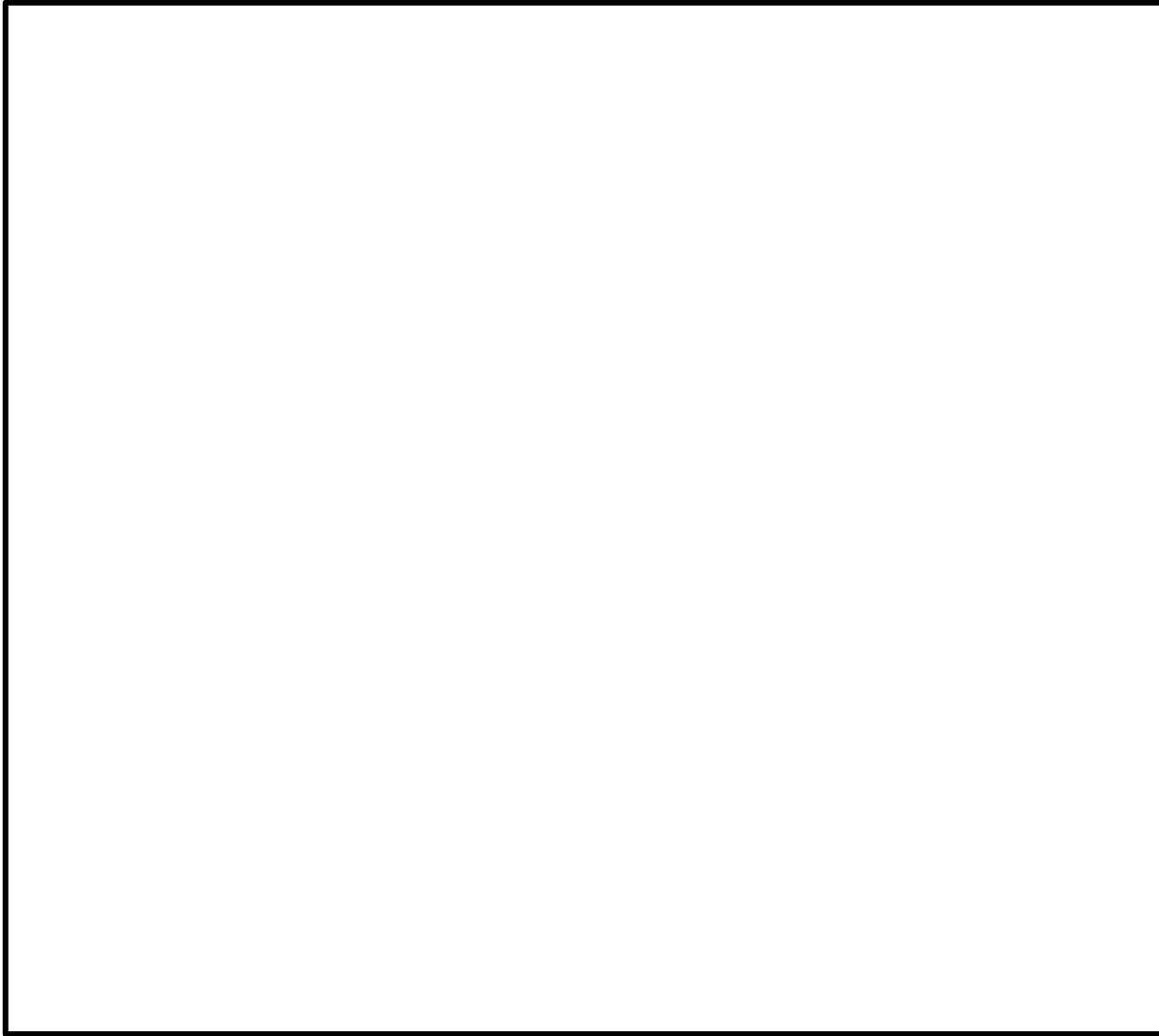


図3 評価対象部位の主要寸法

表 2 評価対象部位の詳細

評価対象	評価対象部位	評価方法
(P-1) 入口配管	入口配管	入口配管について、自重、内圧、水力学的動荷重及び地震荷重が作用した場合の発生応力値を算出し、許容応力値以下であることを確認する。
	入口配管サポート	入口配管を支持する入口配管サポートについて、自重、水力学的動荷重及び地震荷重を考慮して発生応力値を算出し、許容応力値以下であることを確認する。
(P-2) 分岐管	分岐管	分岐管について、自重、内圧、水力学的動荷重及び地震荷重が作用した場合の発生応力値を算出し、許容応力値以下であることを確認する。
	ベンチュリノズル取合い フランジ付根部	ベンチュリノズルの取合いフランジが分岐管に接続される付根部について、自重、内圧、水力学的動荷重及び地震荷重が作用した場合の発生応力値を算出し、許容応力値以下であることを確認する。
	分岐管サポート	分岐管を支持する分岐管サポートについて、自重、内圧、水力学的動荷重及び地震荷重が作用した場合の発生応力値を算出し、許容応力値以下であることを確認する。
(P-3) ベンチュリノズル	ベンチュリノズル 取付ボルト	ベンチュリノズルの取付ボルトについて、水力学的動荷重及び地震荷重が作用した場合の発生応力値を算出し、許容応力値以下であることを確認する。
(P-4) 金属フィルタ	金属フィルタ取付溶接部	金属フィルタ本体の自重を支持する金属フィルタ取付溶接部について、金属フィルタの自重及び地震荷重が作用する場合の発生応力値を算出し、許容応力値以下であることを確認する。
	金属フィルタサポートビーム	金属フィルタ（メインフィルタ）を背面から支持する金属フィルタサポートビームについて、フィルタ差圧、自重及び地震荷重が作用する場合の発生応力値を算出し、許容応力値以下であることを確認する。
(P-5) 金属フィルタ サポート	金属フィルタサポート	金属フィルタを支持する金属フィルタサポートのうち、金属フィルタを取り付けているサポート板について、金属フィルタの自重、金属フィルタの差圧及び地震荷重が作用する場合の発生応力値を算出し、許容応力値以下であることを確認する。

2.2.4 評価対象部位の使用材料

第1 ベントフィルタスクラバ容器の評価対象部位の使用材料を表3に示す。

表3 評価対象部位の使用材料

評価対象部位		材料	備考
内部配管（入口配管，分岐管）		<input type="text"/>	
内部構造物	入口配管サポート	<input type="text"/>	
	ベンチュリノズル 取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	上記以外	<input type="text"/>	

2.3 固有周期

2.3.1 金属フィルタ

2.3.1.1 計算モデル

以下の方針により，金属フィルタ及び金属フィルタサポートをモデル化し，理論式（機械工学便覧）により，固有周期を算出する。

- a. モデル化範囲は，金属フィルタ及び金属フィルタサポートとする。
- b. 金属フィルタ及び金属フィルタサポートを，一様な質量及び曲げ剛性を有する長方形板としてモデル化する。曲げ剛性には金属フィルタサポートの曲げ剛性を用いる。
- c. 板の4辺を完全固定とする。
- d. 計算条件を表4に，計算モデルを図4に示す。

表4 金属フィルタの固有周期計算条件

部材	材料	評価温度 (°C)	縦弾性係数E (MPa)	ポアソン比 ν (—)
金属フィルタ サポート	<input type="text"/>	200	<input type="text"/>	0.3



図4 金属フィルタの固有周期計算モデル

e. 次式から1次モードの固有周期T（固有振動数 f）を算出する。

$$f = \boxed{}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

ここで、

- a : 板短辺の長さ ($\boxed{}$ mm)
- b : 板長辺の長さ ($\boxed{}$ mm)
- C : 両辺の比 a/b から決まる係数
- h : 板厚 ($\boxed{}$ mm)
- D : 板の曲げ剛性 ($= Eh^3/12(1 - \nu^2)$ (N・mm))
- m_0 : 質量 ($\boxed{}$ kg)
- ρ : 単位面積当たりの質量 ($= m_0/ab$ (kg/mm²))

2.3.1.2 固有周期計算結果

固有周期計算結果を表5に示す。計算の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表5 金属フィルタの固有周期計算結果

モード	固有周期 (s)
1次	$\boxed{}$

2.3.2 内部配管

内部配管（ベンチュリノズル含む）については、「2.4.3 評価方法」に示す解析モデルにより固有周期が0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。

2.3.3 ベンチュリノズル

2.3.3.1 計算モデル

以下の方針により、ベンチュリノズルをモデル化し、理論式（J E A G 4 6 0 1 -1987）により、固有周期を算出する。

- a. モデル化範囲は、ベンチュリノズルとする。
- b. 集中質量をもつ質点と曲げせん断はりから構成される1質点系モデルとする。
- c. 質点位置は、ベンチュリノズルの上端とする。
- d. 曲げせん断はりの断面性能は最も断面性能が低いスロート部で代表する。
- e. 計算条件を表6に、また計算モデルを図5に示す。

表6 ベンチュリノズルの固有周期計算条件

部材	材料	評価温度 (°C)	縦弾性係数E (MPa)	ポアソン比ν (—)
ベンチュリノズル	<input type="text"/> <input type="text"/>	200	<input type="text"/>	0.3

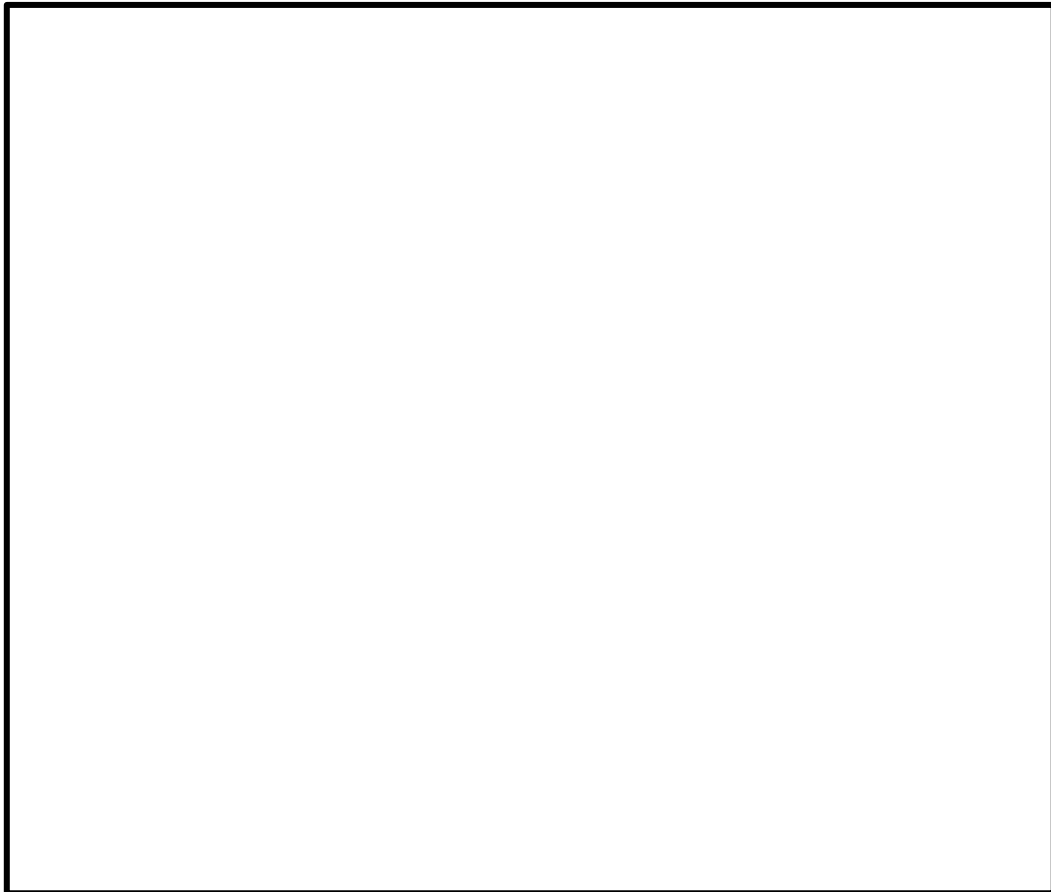


図5 ベンチュリノズルの固有周期計算モデル

- f. 次式から水平方向（x軸まわり）ばね定数 K_H 及び固有周期 T_H を算出する。
 なお，水平方向（y軸まわり）及び鉛直方向の剛性は，構造上，水平方向（x軸まわり）の剛性より高いため，固有周期の計算を省略する。

$$K_H = \boxed{}$$

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{K_H}}$$

ここで、

A : 断面積 (= mm²)

I : x 軸に関する断面二次モーメント (= mm⁴)

G : ベンチュリノズルの横弾性係数 (= $E/2(1 + \nu)$)

l_g : 曲げせん断はり長さ (= mm)

m_0 : 質量 (= kg)

2.3.3.2 固有周期計算結果

固有周期計算結果を表 7 に示す。計算の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 7 ベンチュリノズルの固有周期計算結果

方向	固有周期 (s)
水平	<input type="text"/>

2.4 構造強度評価

2.4.1 荷重及び荷重の組合せ

第1ベントフィルタスクラバ容器の内部構造物の評価においては、自重、ベント実施時内圧・差圧及び地震荷重に加えて、ベント実施時の水力学的動荷重が作用する。本評価では、水力学的動荷重として最も厳しくなる起動直後のクリアリング時荷重を考慮する。評価に用いる荷重を表8に示す。また、荷重の組合せを表9に示す。

表8 評価に用いる荷重

記号	荷重	荷重値
L01	自重	(各部位の支持重量による)
L02	内圧・差圧	<ul style="list-style-type: none"> 内部配管 (内圧) : <input type="text"/> MPa 金属フィルタ室 (差圧) : <input type="text"/> MPa
L03	水力学的動荷重 (クリアリング荷重)	<ul style="list-style-type: none"> ベンチュリノズル : 噴出荷重 <math>F1 = \text{<input type="text"/> N}^{*1}</math>
L04	地震荷重 (基準地震動 S_s)	<ul style="list-style-type: none"> 水平方向設計震度 : $4.5^{*2, *3}$ 鉛直方向設計震度 : $3.0^{*2, *3}$

注記*1 : 添付資料 (1) 参照

*2 : 設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

*3 : 「2.3 固有周期」に示すように、内部配管及び内部構造物は剛構造 (固有周期 0.05 秒以下) であるため、第1ベントフィルタスクラバ容器の設計震度を適用する。

表9 荷重の組合せ

評価対象部位	荷重の組合せ
内部配管・内部構造物	L01+L02+L03+L04

2.4.2 許容限界

第1ベントフィルタスクラバ容器の内部配管及び内部構造物は許容応力状態 V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる) で評価する。

使用材料の許容応力評価条件を表10に示す。また、各評価に対する許容応力を表11に示す。

2.4.3 評価方法

第1 ベントフィルタスクラバ容器の内部配管及び内部構造物の応力評価方法を表12に示す。また、内部配管の評価に用いた解析モデルを図6及び図7に示す（添付資料（2）参照）。なお、内部配管の解析に用いた「H I S A P」及び「M S C N A S T R A N」の検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

各荷重による内部配管の一次応力及び一次＋二次応力が許容応力以下となること、また、各荷重による内部構造物の一次応力が許容応力以下となることを確認する。

表 10 使用材料の許容応力評価条件*

評価対象部位		材料	温度条件 (℃)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F [*] (MPa)	1.5・f _t [*] (MPa)	1.5・f _s [*] (MPa)
内部配管 (入口配管及び分岐管)		□	最高使用温度	200	120	407	—	—	—	—
内部 構造物	入口配管 サポート	□	最高使用温度	200	144	402	205	194	194	—
	ベンチュリノズル 取付ボルト	□ (□)	最高使用温度	200	144	402	205	194	145	112
	上記以外	□	最高使用温度	200	120	407	175	162	162	93

注記*：表中の記号は、「VI-2-9-4-7-1-2 第1ベントフィルタ スクラバ容器の耐震性についての計算書」に対応する。

表 11 許容応力*¹, *²

評価対象部位	許容応力状態	応力の種類		許容限界
内部配管	V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)	一次応力		1.5・(0.6・S _u)
		一次+二次応力		2・S _y
内部構造物 (ボルト以外)	V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)	一次応力	組合せ	1.5・f _t [*]
			せん断	1.5・f _s [*]
内部構造物 (ボルト)	V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)	一次応力	引張	f _t s [*] * ³
			せん断	1.5・f _s [*]

注記*¹：内部配管はクラス2配管，内部構造物はクラス2支持構造物の規定をそれぞれ準用して評価する。

*²：表中の記号は、「VI-2-9-4-7-1-2 第1ベントフィルタ スクラバ容器の耐震性についての計算書」に対応する。

³：引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力（許容組合せ応力）f_ts^{}は以下の通り。

$$f_{t s}^* = \text{Min} \{ 1.4 \cdot (1.5 \cdot f_{t}^*) - 1.6 \cdot \tau, 1.5 \cdot f_{t}^* \}$$

表 12 内部配管及び内部構造物の応力評価方法 (1/4)

評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
(P-1) 入口配管	入口配管	内圧 自重 クリアリング荷重 地震荷重	解析による		-
	入口配管 サポート	自重 クリアリング荷重 地震荷重	$\sigma = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{R}{A}$	R：対象とする荷重によりサポートに作用する反力（解析による） M：対象とする荷重によりサポートに作用する曲げモーメント（解析による） A：サポートの断面積 Z：サポートの断面係数 σ：曲げモーメントによる引張応力 τ：反力によるせん断応力	機械工学便覧
	組合せ応力		$S = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$	S：組合せ応力	機械工学便覧
(P-2) 分岐管	分岐管 ベンチュリノズル 取合いフランジ 付根部 分岐管サポート	内圧 自重 クリアリング荷重 地震荷重	解析による		-

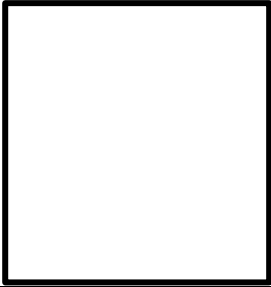
表 12 内部配管及び内部構造物の応力評価方法 (2/4)

評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法	準用規格	
(P-3) ベンチュリ ノズル	ベンチュリ ノズル 取付ボルト	クリアリング荷重 地震荷重	$\sigma = \frac{F}{A}$ $\tau = \frac{R}{A}$	<p>F : クリアリング荷重及び地震荷重 (鉛直) による軸力</p> <p>R : 地震荷重 (水平) によるせん断力</p> <p>A : 取付ボルトの総断面積</p> <p>σ : 軸力による引張応力</p> <p>τ : せん断力によるせん断応力</p>	機械工学便覧

表 12 内部配管及び内部構造物の応力評価方法 (3/4)

評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
(P-4) 金属 フィルタ	金属フィルタ 取付溶接部	自重 地震荷重	$\tau = \frac{W}{A}$	<p>W : 対象とする荷重 A : 溶接部の断面積 τ : 対象とする荷重によるせん断応力</p>	機械工学便覧
	金属フィルタ サポート ビーム	自重 地震荷重	$\sigma_1 = \frac{M}{Z}$ $\tau_1 = \frac{R}{A}$	<p>M : 対象とする荷重による曲げモーメント R : 対象とする荷重による反力 Z : サポートビーム断面係数 A : サポートビーム断面積 σ_1 : 曲げモーメントによる引張応力 τ_1 : 反力によるせん断応力</p>	機械工学便覧
		差圧	$\sigma_2 = \frac{M}{Z}$ $\tau_2 = \frac{R}{A}$	<p>w : 差圧による等分布荷重 M : 差圧による曲げモーメント R : 差圧による反力 Z : サポートビーム断面係数 A : サポートビーム断面積 σ_2 : 曲げモーメントによる引張応力 τ_2 : 反力によるせん断応力</p>	機械工学便覧
		組合せ応力	$S = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2)^2 + 3(\tau_1 + \tau_2)^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧

表 12 内部配管及び内部構造物の応力評価方法 (4/4)

評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
(P-5) 金属フィルタ サポート	金属フィルタ サポート	差圧 地震荷重 (水平)	$\sigma = \frac{\beta \cdot p \cdot a^2}{t^2}$ $\tau_1 = \frac{p \cdot a \cdot b}{t \times 2(a + b)}$ 	<p>p : 差圧及び地震荷重 (水平) による等分布荷重</p> <p>β : 応力係数</p> <p>t : 板厚</p> <p>a : 評価部の短辺</p> <p>b : 評価部の長辺</p> <p>σ : 等分布荷重による引張応力</p> <p>τ_1 : 等分布荷重によるせん断応力</p>	機械工学便覧
		自重 地震荷重 (鉛直)	$\tau_2 = \frac{R}{A}$	<p>R : 自重及び地震荷重 (鉛直) による反力</p> <p>A : 断面積</p> <p>τ_2 : 反力によるせん断応力</p>	機械工学便覧
		組合せ応力	$S = \sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_1 + \tau_2)^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧

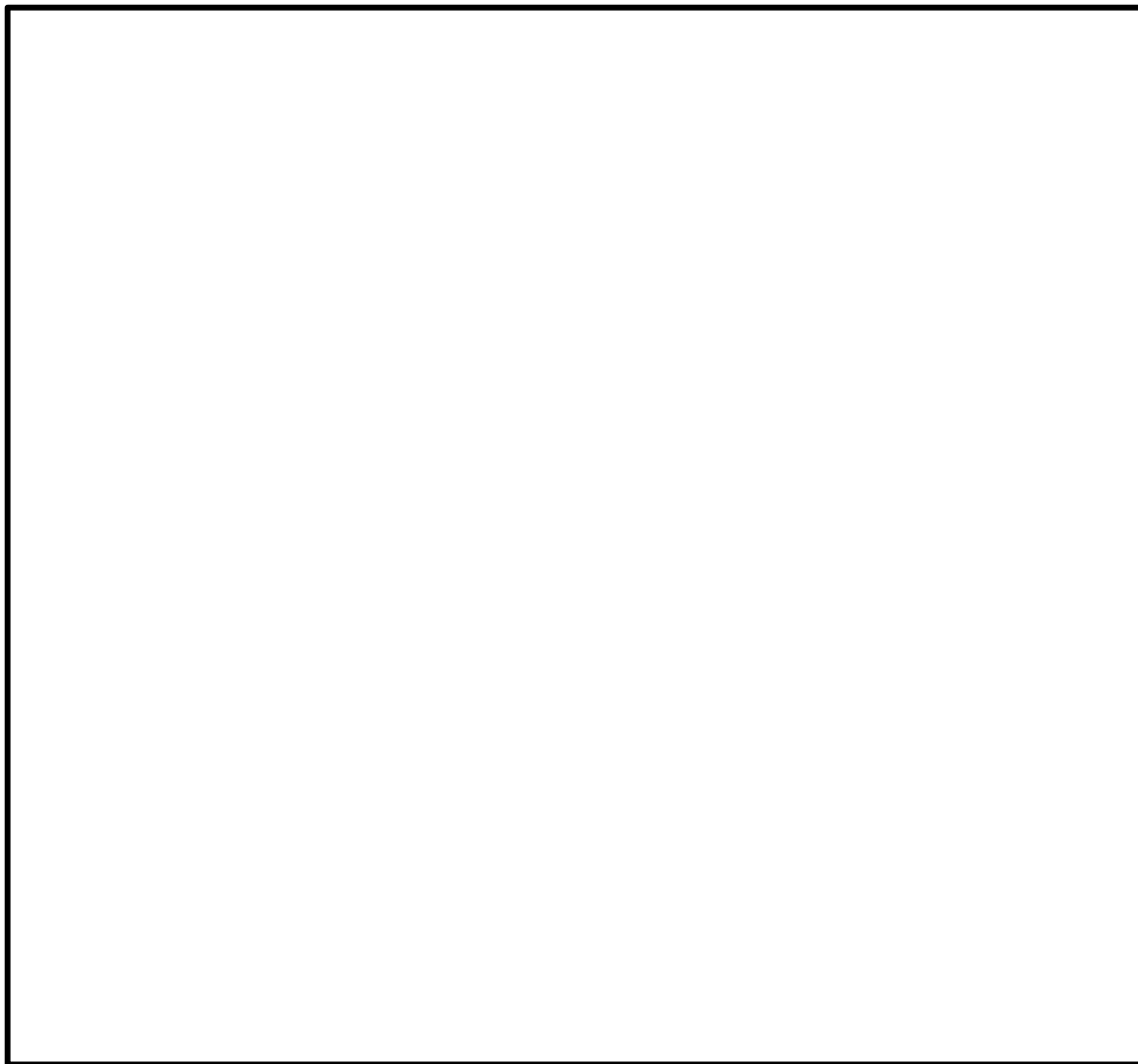


図6 内部配管の解析モデル（はりモデル）

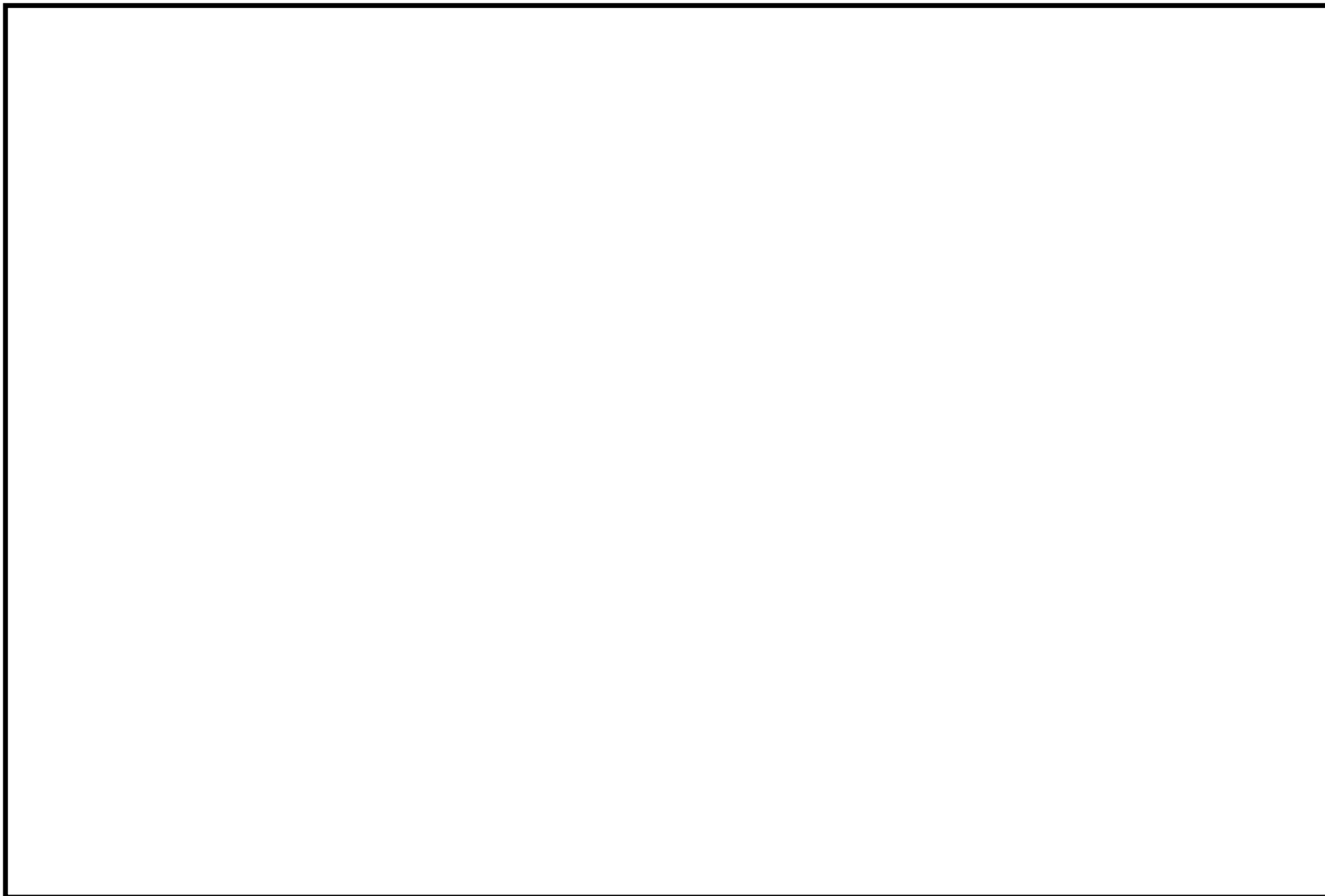


図7 内部配管の解析モデル (シェルモデル)

2.5 評価結果

第1 ベントフィルタスクラバ容器の内部配管及び内部構造物における評価対象部位の評価結果を表13及び表14に示す。評価の結果、すべての評価対象部位で許容応力を満足することを確認した。

表13 内部配管の評価結果

評価対象部位	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
(P-1) 入口配管	一次	122	366
	一次+二次	96	240
(P-2) 分岐管	一次	97	366
	一次+二次	69	240
(P-2) ベンチュリノズル取合い フランジ付根部	一次	48	366
	一次+二次	27	240

表14 内部構造物の評価結果

評価対象部位	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
(P-1) 入口配管サポート	組合せ	22	194
(P-2) 分岐管サポート	組合せ	41	162
(P-3) ベンチュリノズル 取付ボルト	引張	10	145*
	せん断	1	112
(P-4) 金属フィルタ取付溶接部	せん断	3	93
(P-4) 金属フィルタ サポートビーム	組合せ	75	162
(P-5) 金属フィルタサポート	組合せ	138	162

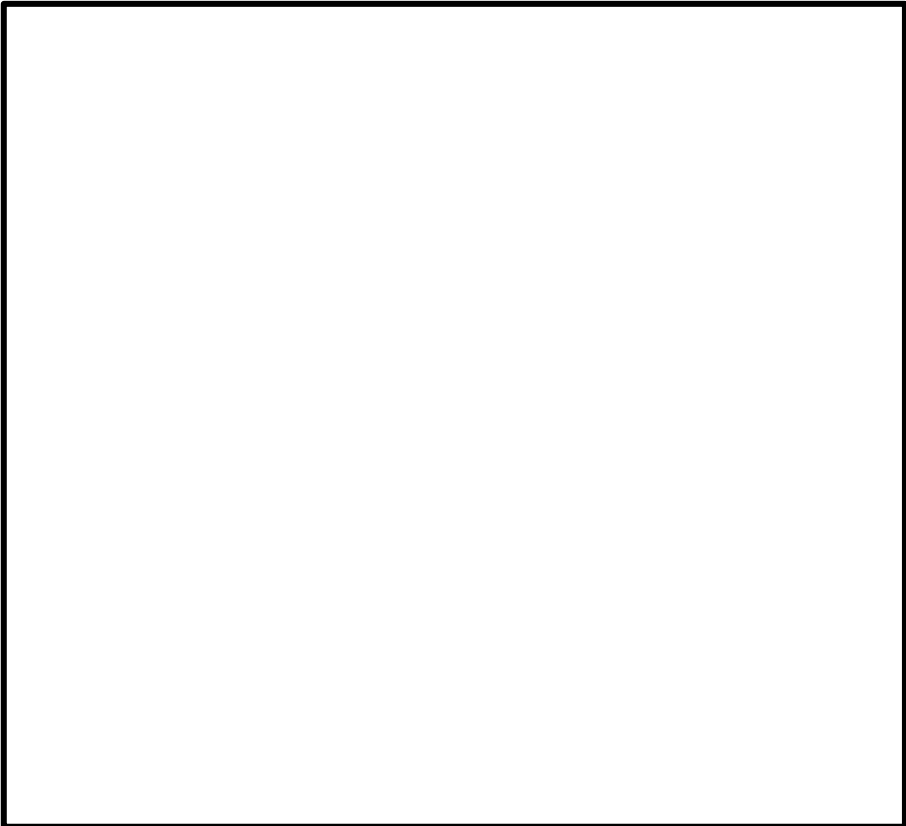
注記* : $f t s^* = \text{Min} \{ 1.4 \cdot (1.5 \cdot f t^*) - 1.6 \cdot \tau, 1.5 \cdot f t^* \}$

3. 第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造物の耐震評価

3.1 構造計画

第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器内部の構造計画を表15に示す。

表 15 第 1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器内部の構造計画

計画の概要		概略構造図
支持構造	主体構造	
銀ゼオライトフィルタ部は銀ゼオライトフィルタサポートにより支持される構造である。	第 1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器内部は、銀ゼオライトフィルタと銀ゼオライトフィルタサポートから構成される。	

3.2 評価対象部位

3.2.1 第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器内の流路（バウンダリ）

第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器に送気されたベントガスは、銀ゼオライトフィルタを通過して容器外へ排気される。第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器内の流路（バウンダリ）を図8に示す。

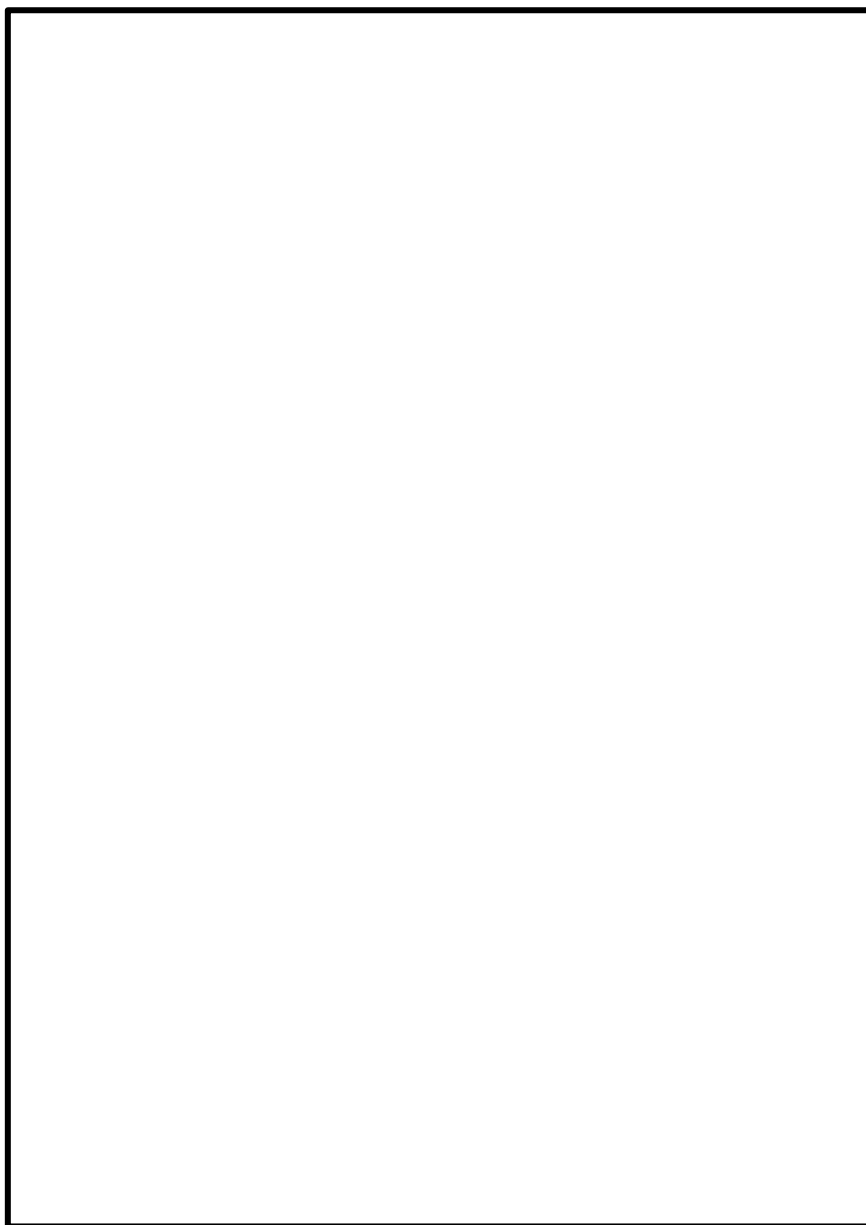


図8 第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器内の流路（バウンダリ）

3.2.2 評価対象部位の選定

第1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器の耐震評価における評価対象部位を図9に示す。以下、評価対象部位の①～⑤全体を内部構造物と呼称する。

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| ① 円輪板 A, B, C | (P-1) (P-2) (P-3) |
| ② 薄肉円筒 D, E, F, G | (P-4) (P-5) (P-6) (P-7) |
| ③ リブ H | (P-8) |
| ④ 円盤 J | (P-9) |
| ⑤ 多孔板 K | (P-10) |

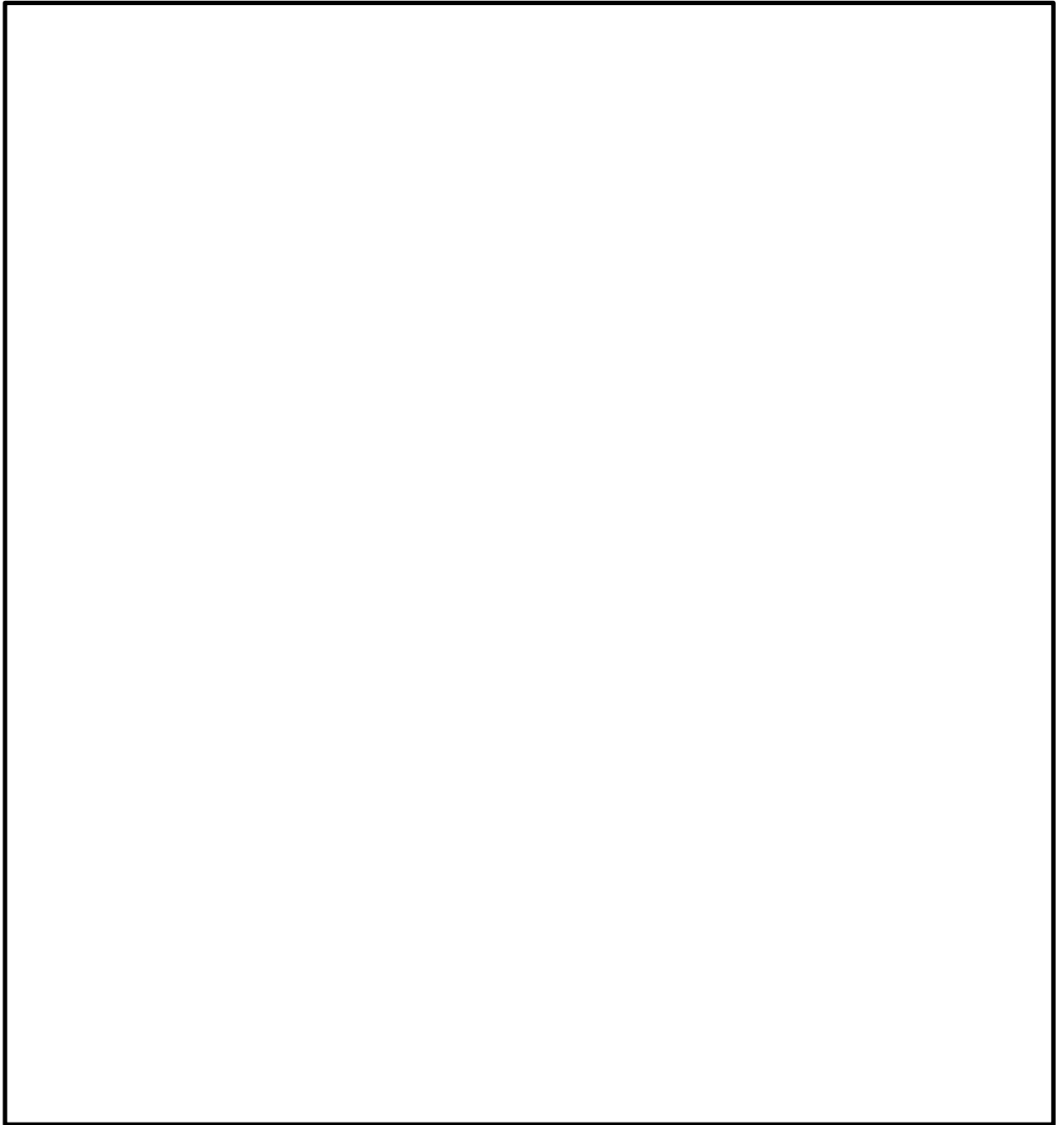


図9 第1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造物評価対象部位

3.2.3 評価対象部位の形状及び構造

第1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器の評価対象部位の主要寸法を図 10 に、評価対象部位の詳細を表 16 に示す。

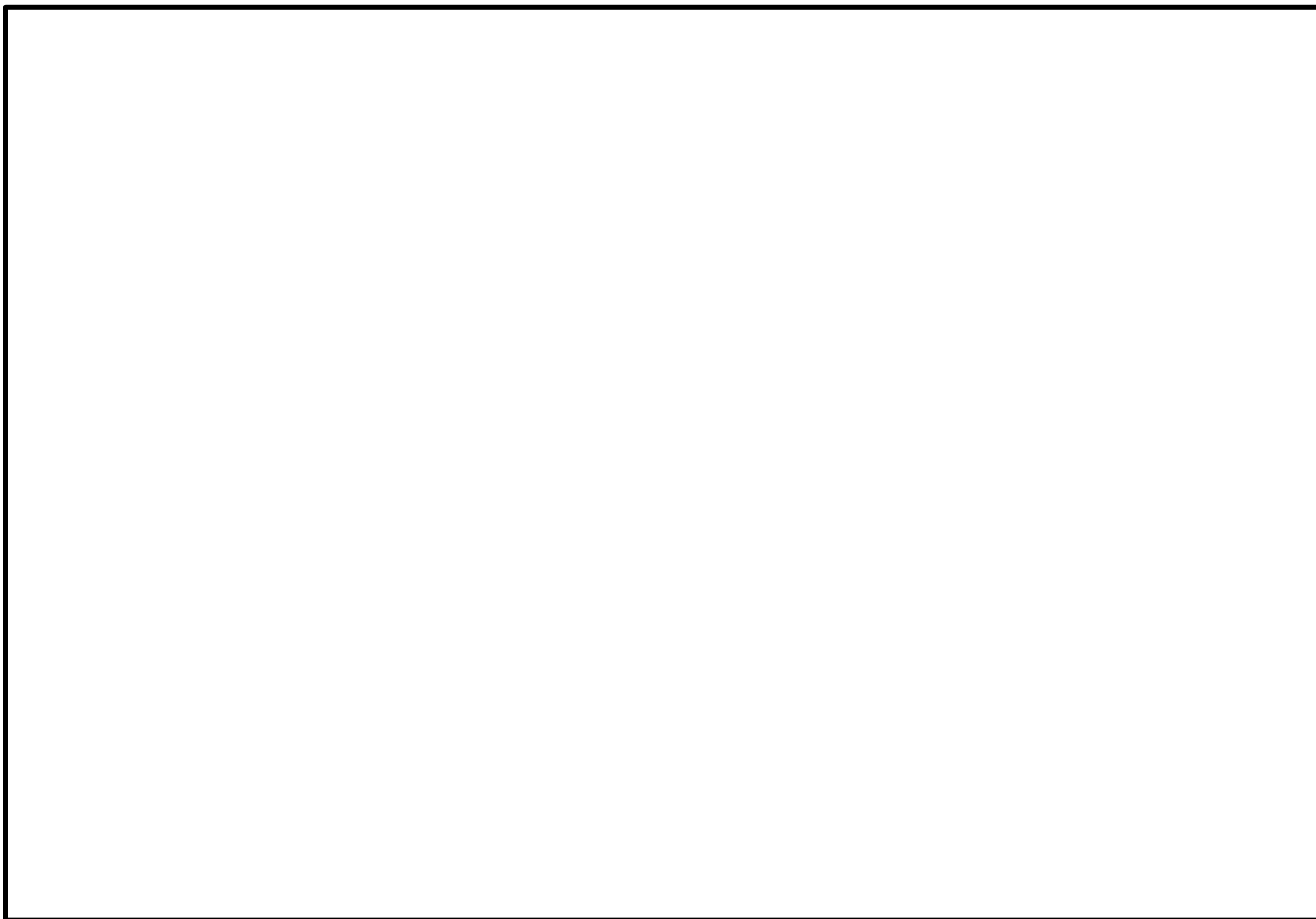


図 10 評価対象部位の主要寸法


表 16 評価対象部位の詳細

評価対象	評価対象部位	評価方法
銀ゼオライト フィルタサポート	円輪板 A, B, C	支持質量による自重, ベント実施時の差圧による荷重及び地震荷重が作用した場合の発生応力値を算出し, 許容応力以下であることを確認する。
	薄肉円筒 D, E, F, G	
	円板 J	
	リブ H	支持質量による自重及び地震荷重が作用した場合の発生応力値を算出し, 許容応力以下であることを確認する。本部位については, 構造上ベント実施時の差圧による荷重は作用しない。
	多孔板 K	自重, ベント実施時の差圧による荷重及び地震荷重が作用した場合の発生応力値を算出し, 許容応力以下であることを確認する。

3.2.4 評価対象部位の使用材料

第1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器の評価対象部位の使用材料を表17に示す。

表17 評価対象部位の使用材料

評価対象部位	材料
内部構造物	

3.3 固有周期

3.3.1 計算モデル

以下の方針により、内部構造物をモデル化し、理論式（J E A G 4 6 0 1-1987）により、固有周期を算出する。

- a. モデル化範囲は、内部構造物全体とする。
- b. 集中質量をもつ質点と曲げせん断はりから構成される1質点系モデルとする。
- c. 質点位置は、内部構造物の重心位置とする。
- d. 曲げせん断はりは、銀ゼオライトフィルタ部とそれより下の銀ゼオライトフィルタサポートの2要素とする。
- e. 下部鏡板との接合部を固定点とする。
- f. 計算条件を表18に、計算モデルを図11に示す。

表 18 内部構造物の固有周期計算条件

部材	材料	評価温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比 ν (—)
銀ゼオライト フィルタ部	<input type="text"/>	200	$E = $ <input type="text"/> $ *$	0.3
銀ゼオライト フィルタサポート	<input type="text"/>	200	$E_s = $ <input type="text"/>	0.3

注記*：多孔板のため補正した縦弾性係数を表す。



図 11 内部構造物の固有周期計算モデル

- g. 次式から水平方向ばね定数 K_H 及び水平方向固有周期 T_H を算出する。なお、鉛直方向の剛性は、構造上、水平方向の剛性より高いため、鉛直方向固有周期の計算を省略する。

$$K_H = \boxed{}$$

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{K_H}}$$

ここで、

- D_j : 銀ゼオライトフィルタ部の各多孔板内径*
 ($D_1, D_2, D_3, D_4 = \boxed{} \text{ mm}$)
- D_s : 銀ゼオライトフィルタサポート部の薄肉円筒内径 (= $\boxed{} \text{ mm}$)
- t_j : 銀ゼオライトフィルタ部の各多孔板厚さ* ($t_1, t_2, t_3, t_4 = \boxed{} \text{ mm}$)
- t_s : 銀ゼオライトフィルタサポート部の薄肉円筒厚さ (= $\boxed{} \text{ mm}$)
- A_{ej} : 銀ゼオライトフィルタ部の各多孔板の有効断面積* ($= \frac{2}{3}\pi(D_j + t_j)t_j$)
- I_j : 銀ゼオライトフィルタ部の各多孔板の断面二次モーメント*
 ($= \frac{\pi}{8}(D_j + t_j)^3 t_j$)
- A_e : 銀ゼオライトフィルタ部の有効断面積 ($= A_{e1} + A_{e2} + A_{e3} + A_{e4}$)
- I : 銀ゼオライトフィルタ部の断面二次モーメント ($= I_1 + I_2 + I_3 + I_4$)
- A_{se} : 銀ゼオライトフィルタサポート部の有効断面積 ($= \frac{2}{3}\pi(D_s + t_s)t_s$)
- I_s : 銀ゼオライトフィルタサポート部の断面二次モーメント
 ($= \frac{\pi}{8}(D_s + t_s)^3 t_s$)
- G : 銀ゼオライトフィルタ部の横弾性係数 ($= E/2(1 + \nu)$)
- G_s : 銀ゼオライトフィルタサポート部の横弾性係数 ($= E_s/2(1 + \nu)$)
- ℓ : 銀ゼオライトフィルタ部の曲げせん断はり長さ (= $\boxed{} \text{ mm}$)
- ℓ_s : 銀ゼオライトフィルタサポート部の曲げせん断はり長さ (= $\boxed{} \text{ mm}$)
- m_0 : 質量 ($\boxed{} \text{ kg}$)

注記* : 添字j (j = 1, 2, 3, 4) は、内から順の多孔板を意味する。

3.3.2 固有周期評価結果

固有周期計算結果を表 19 に示す。計算の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 19 内部構造物の固有周期計算結果

方向	固有周期 (s)
水平	$\boxed{}$

3.4 構造強度評価

3.4.1 荷重及び荷重の組合せ

第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造物の評価においては、自重、ベント実施時の差圧による荷重及び地震荷重が作用する。差圧については、最も厳しくなる格納容器が2Pdのときのベント実施時の差圧を考慮する。評価に用いる荷重を表20に示す。また、荷重の組合せを表21に示す。

表20 評価に用いる荷重

記号	荷重	荷重値
L01	自重	(各部位の支持質量による)
L02	差圧	銀ゼオライトフィルタ (差圧) : <input type="text"/> MPa
L04	地震荷重 (基準地震動 S s)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水平方向設計震度 : 4.5^{*1, *2} ・ 鉛直方向設計震度 : 3.0^{*1, *2}

注記*1 : 設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度

*2 : 「3.3 固有周期」に示すように、内部構造物は剛構造 (固有周期 0.05 秒以下) であるため、第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器の設計震度を適用する。

表21 荷重の組合せ

評価対象部位	荷重の組合せ
内部構造物	L01+L02+L04

3.4.2 許容限界

第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造物は許容応力状態 V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる) で評価する。

使用材料の許容応力評価条件を表22に示す。また、各評価に対する許容応力を表23に示す。

3.4.3 評価方法

第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造物の応力評価方法を表24に示す。各荷重による内部構造物の一次応力が許容応力以下となることを確認する。さらに、薄肉円筒 D, E, F, G 及び多孔板 K については、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-3 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」に記載の計算方法を準用し、座屈の評価を実施する。

表 22 許容応力評価条件*

評価対象部位	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	1.5・f t* (MPa)
内部構造物		最高使用温度	200	120	407	175	162	162	162

注記*：表中の記号は、「VI-2-9-4-7-1-3 第1ベントフィルタ 銀ゼオライト容器の耐震性についての計算書」に対応する。

表 23 許容応力*1, *2, *3

評価対象部位	許容応力状態	応力の種類		許容限界
内部構造物	V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容 限界を用いる。)	一次応力	組合せ	1.5・f t*

注記*1：内部構造物はクラス2支持構造物の規定を準用して評価する。

*2：表中の記号は、「VI-2-9-4-7-1-3 第1ベントフィルタ 銀ゼオライト容器の耐震性についての計算書」に対応する。

*3：薄肉円筒D, E, F, G及び多孔板Kについては、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-3 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」に記載の計算方法を準用し、座屈の評価を実施する。

表 24 内部構造物の応力評価方法 (1/9)



評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
銀ゼオライト フィルタ サポート	(P-1) 円輪板 A	自重 地震荷重	$\sigma_1 = \frac{6M}{t^2}$ $\tau_1 = \frac{W}{A}$  <p>(外周固定, 内周可動片に固定)</p>	<p>W: 自重及び地震荷重 (鉛直) による集中荷重</p> <p>M: 自重及び地震荷重 (鉛直) による曲げモーメント (単位周長あたり)</p> <p>a: 外半径</p> <p>b: 内半径</p> <p>t: 厚さ</p> <p>A: 断面積</p> <p>σ_1: 曲げモーメントによる径方向引張応力</p> <p>τ_1: 集中荷重によるせん断応力</p>	Roark' s Formulas for Stress and Strain
		差圧	$\sigma_2 = \frac{6M}{t^2}$ $\tau_2 = \frac{\pi(a^2 - b^2)q}{A}$  <p>(外周固定, 内周可動片に固定)</p>	<p>q: 差圧による等分布荷重</p> <p>M: 差圧による曲げモーメント (単位周長あたり)</p> <p>a: 外半径</p> <p>b: 内半径</p> <p>t: 厚さ</p> <p>A: 断面積</p> <p>σ_2: 曲げモーメントによる径方向引張応力</p> <p>τ_2: 等分布荷重によるせん断応力</p>	Roark' s Formulas for Stress and Strain
		組合せ応力	$S = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2)^2 + 3(\tau_1 + \tau_2)^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧

表 24 内部構造物の応力評価方法 (2/9)



評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
銀ゼオライト フィルタ サポート	(P-2) 円輪板 B (P-3) 円輪板 C	自重 地震荷重	$\sigma_1 = \frac{6M}{t^2}$ $\tau_1 = \frac{W}{A}$  <p>(内周固定, 外周可動片に固定)</p>	W : 自重及び地震荷重 (鉛直) による集中荷重 M : 自重及び地震荷重 (鉛直) による曲げモーメント (単位周長あたり) a : 外半径 b : 内半径 t : 厚さ A : 断面積 σ_1 : 曲げモーメントによる径方向引張応力 τ_1 : 集中荷重によるせん断応力	Roark' s Formulas for Stress and Strain
		差圧	$\sigma_2 = \frac{6M}{t^2}$ $\tau_2 = \frac{\pi(a^2 - b^2)q}{A}$  <p>(内周固定, 外周可動片に固定)</p>	q : 差圧による等分布荷重 M : 差圧による曲げモーメント (単位周長あたり) a : 外半径 b : 内半径 t : 厚さ A : 断面積 σ_2 : 曲げモーメントによる径方向引張応力 τ_2 : 等分布荷重によるせん断応力	Roark' s Formulas for Stress and Strain
	組合せ応力	$S = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2)^2 + 3(\tau_1 + \tau_2)^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧	

表 24 内部構造物の応力評価方法 (3/9)


評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
銀ゼオライト フィルタ サポート	(P-4) 薄肉円筒 D	自重	$\sigma_{x1} = \frac{W}{A}$	W : 自重による軸方向荷重, A : 断面積 σ_{x1} : 軸方向荷重による軸方向圧縮応力	機械工学便覧
		差圧	$\sigma_{x2} = \frac{W}{A}$ $\sigma_{\phi} = \frac{k^2 + 1}{k^2 - 1} q$  <p>(円筒に外圧として作用)</p>	q : 差圧 W : 差圧による軸方向荷重 Di : 内径 t : 厚さ k (= (Di + 2t)/Di) : 内外径比 A : 断面積 σ_{x2} : 軸方向荷重による軸方向圧縮応力 σ_{ϕ} : 差圧による周方向応力	機械工学便覧
		地震荷重	$\sigma_{x3} = \frac{W}{A}$ $\sigma_{x4} = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{R}{A}$	W : 地震荷重 (鉛直) による軸方向荷重 M : 地震荷重 (水平) による曲げモーメント R : 地震荷重 (水平) による反力 A : 断面積, Z : 断面係数 σ_{x3} : 軸方向荷重による軸方向応力 σ_{x4} : 曲げモーメントによる軸方向応力 τ : 反力によるせん断応力	機械工学便覧
		組合せ応力	$\sigma_x = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x3}^2 + \sigma_{x4}^2}$ $S = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_{\phi}^2 - \sigma_x \sigma_{\phi} + 3\tau^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧
		座屈の評価	$\frac{\eta(\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta\sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	η : 座屈応力に対する安全率 f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力 f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	J E A G 4 6 0 1 -1987

表 24 内部構造物の応力評価方法 (4/9)


評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
銀ゼオライト フィルタ サポート	(P-5) 薄肉円筒 E	自重	$\sigma_{x1} = \frac{W}{A}$	W : 自重による軸方向荷重, A : 断面積 σ_{x1} : 軸方向荷重による軸方向圧縮応力	機械工学便覧
		差圧	$\sigma_{x2} = \frac{W}{A}$ $\sigma_{\phi} = \frac{q(D_i + 1.2t)}{2t}$  <p>(円筒に内圧として作用)</p>	q : 差圧 W : 差圧による軸方向荷重 D _i : 内径 t : 厚さ A : 断面積 σ_{x2} : 軸方向荷重による軸方向圧縮応力 σ_{ϕ} : 差圧による周方向応力	機械工学便覧 J E A G 4 6 0 1 -1987
		地震荷重	$\sigma_{x3} = \frac{W}{A}$ $\sigma_{x4} = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{R}{A}$	W : 地震荷重 (鉛直) による軸方向荷重 M : 地震荷重 (水平) による曲げモーメント R : 地震荷重 (水平) による反力 A : 断面積, Z : 断面係数 σ_{x3} : 軸方向荷重による軸方向応力 σ_{x4} : 曲げモーメントによる軸方向応力 τ : 反力によるせん断応力	機械工学便覧
		組合せ応力	$\sigma_x = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x3}^2 + \sigma_{x4}^2}$ $S = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_{\phi}^2 - \sigma_x \sigma_{\phi} + 3\tau^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧
		座屈の評価	$\frac{\eta(\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta\sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	η : 座屈応力に対する安全率 f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力 f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	J E A G 4 6 0 1 -1987

表 24 内部構造物の応力評価方法 (5/9)


評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
銀ゼオライト フィルタ サポート	(P-6) 薄肉円筒 F	自重	$\sigma_{x1} = \frac{W}{A}$	W : 自重による軸方向荷重, A : 断面積 σ_{x1} : 軸方向荷重による軸方向圧縮応力	機械工学便覧
		差圧	$\sigma_{x2} = \frac{W}{A}$ $\sigma_{\phi} = \frac{k^2 + 1}{k^2 - 1} q$  <p>(円筒に外圧として作用)</p>	q : 差圧 W : 差圧による軸方向荷重 Di : 内径 t : 厚さ k (= (Di + 2t)/Di) : 内外径比 A : 断面積 σ_{x2} : 軸方向荷重による軸方向引張応力 σ_{ϕ} : 差圧による周方向応力	機械工学便覧
		地震荷重	$\sigma_{x3} = \frac{W}{A}$ $\sigma_{x4} = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{R}{A}$	W : 地震荷重 (鉛直) による軸方向荷重 M : 地震荷重 (水平) による曲げモーメント R : 地震荷重 (水平) による反力 A : 断面積, Z : 断面係数 σ_{x3} : 軸方向荷重による軸方向応力 σ_{x4} : 曲げモーメントによる軸方向応力 τ : 反力によるせん断応力	機械工学便覧
		組合せ応力	$\sigma_x = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x3}^2 + \sigma_{x4}^2}$ $S = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_{\phi}^2 - \sigma_x \sigma_{\phi} + 3\tau^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧
		座屈の評価	$\frac{\eta(\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta\sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	η : 座屈応力に対する安全率 f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力 f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	J E A G 4 6 0 1 -1987

表 24 内部構造物の応力評価方法 (6/9)

評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
銀ゼオライト フィルタ サポート	(P-7) 薄肉円筒 G	自重	$\sigma_{x1} = \frac{W}{A}$	<p>W : 自重による軸方向荷重 A : 断面積 σ_{x1} : 軸方向荷重による軸方向圧縮応力</p>	機械工学便覧
		地震荷重	$\sigma_{x3} = \frac{W}{A}$ $\sigma_{x4} = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{R}{A}$	<p>W : 地震荷重 (鉛直) による軸方向荷重 M : 地震荷重 (水平) による曲げモーメント R : 地震荷重 (水平) による反力 A : 断面積 Z : 断面係数 σ_{x3} : 軸方向荷重による軸方向応力 σ_{x4} : 曲げモーメントによる軸方向応力 τ : 反力によるせん断応力</p>	機械工学便覧
		組合せ応力	$\sigma_x = \sigma_{x1} + \sqrt{\sigma_{x3}^2 + \sigma_{x4}^2}$ $S = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧
		座屈の評価	$\frac{\eta(\sigma_{x1} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta\sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	<p>η : 座屈応力に対する安全率 f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力 f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力</p>	J E A G 4 6 0 1 -1987

表 24 内部構造物の応力評価方法 (7/9)


評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
銀ゼオライト フィルタ サポート	(P-8) リブ H	自重 地震荷重	$\sigma = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{R}{A}$ 	W : 自重及び地震荷重 (鉛直) による荷重 R : 自重及び地震荷重 (鉛直) による反力 M : 自重及び地震荷重 (鉛直) による曲げモーメント h : リブの高さ t : リブの厚さ ℓ : リブの長さ Z : リブの断面係数 A : リブの断面積 σ : 曲げモーメントによる引張応力 τ : 反力によるせん断応力	機械工学便覧
		組合せ応力	$S = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧

表 24 内部構造物の応力評価方法 (8/9)



評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
銀ゼオライト フィルタ サポート	(P-9) 円板 J	自重 地震荷重	$\sigma_{\theta 1} = \sigma_{r 1} = \frac{W}{t^2} (1 + \nu) (0.485 \ln \frac{r}{t} + 0.52)$ 	<p>W : 自重及び地震荷重 (鉛直) による軸方向荷重</p> <p>r : 円板の半径</p> <p>t : 円板の厚さ</p> <p>ν : ポアソン比</p> <p>$\sigma_{\theta 1}$: 軸方向荷重による径方向引張応力</p> <p>$\sigma_{r 1}$: 軸方向荷重による周方向引張応力</p>	機械工学便覧
		差圧	$\sigma_{\theta 2} = \sigma_{r 2} = \frac{3qr^2}{8t^2} (1 + \nu)$ 	<p>q : 差圧</p> <p>r : 円板の半径</p> <p>t : 円板の厚さ</p> <p>ν : ポアソン比</p> <p>$\sigma_{\theta 2}$: 差圧による径方向引張応力</p> <p>$\sigma_{r 2}$: 差圧による周方向引張応力</p>	機械工学便覧
		組合せ応力	$\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta 1} + \sigma_{\theta 2}$ $\sigma_r = \sigma_{r 1} + \sigma_{r 2}$ $S = \sqrt{\sigma_{\theta}^2 + \sigma_r^2 - \sigma_{\theta} \sigma_r}$	<p>S : 組合せ応力</p>	機械工学便覧

表 24 内部構造物の応力評価方法 (9/9)

評価対象	評価対象部位	対象とする荷重	評価方法		準用規格
銀ゼオライト フィルタ サポート	(P-10) 多孔板 K	自重	$\sigma_{x1} = \frac{W}{A}$	<p>W : 自重による軸方向荷重</p> <p>A : 断面積</p> <p>σ_{x1} : 軸方向荷重による軸方向圧縮応力</p>	機械工学便覧
		差圧	$\sigma_{x2} = \frac{W}{A}$ $\sigma_{\phi} = \frac{q(D_i + 1.2t)}{2t}$	<p>q : 差圧</p> <p>W : 差圧による軸方向荷重</p> <p>D_i : 内径, t : 厚さ</p> <p>A : 断面積</p> <p>σ_{x2} : 軸方向荷重による軸方向引張応力</p> <p>σ_{ϕ} : 差圧による周方向応力</p>	機械工学便覧
		地震荷重	$\sigma_{x3} = \frac{W}{A}$ $\sigma_{x4} = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{R}{A}$	<p>W : 地震荷重 (鉛直) による軸方向荷重</p> <p>M : 地震荷重 (水平) による曲げモーメント</p> <p>R : 地震荷重 (水平) による反力</p> <p>A : 断面積, Z : 断面係数</p> <p>σ_{x3} : 軸方向荷重による軸方向応力</p> <p>σ_{x4} : 曲げモーメントによる軸方向応力</p> <p>τ : 反力によるせん断応力</p>	機械工学便覧
		組合せ応力	$\sigma_x = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x3}^2 + \sigma_{x4}^2}$ $S = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_{\phi}^2 - \sigma_x \sigma_{\phi} + 3\tau^2}$	S : 組合せ応力	機械工学便覧
		座屈の評価	$\frac{\eta(\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta\sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	<p>η : 座屈応力に対する安全率</p> <p>f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力</p> <p>f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力</p>	J E A G 4 6 0 1 -1987

3.5 評価結果

第1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造物における評価対象部位の評価結果を表25に示す。評価の結果、すべての部位で許容応力を満足することを確認した。

表25 内部構造物の評価結果

評価対象部位	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
(P-1) 円輪板 A	組合せ	7	162
(P-2) 円輪板 B	組合せ	62	162
(P-3) 円輪板 C	組合せ	88	162
(P-4) 薄肉円筒 D	組合せ	2	162
	座屈の評価	0.01 (無次元)	
(P-5) 薄肉円筒 E	組合せ	18	162
	座屈の評価	0.10 (無次元)	
(P-6) 薄肉円筒 F	組合せ	32	162
	座屈の評価	0.21 (無次元)	
(P-7) 薄肉円筒 G	組合せ	150	162
	座屈の評価	0.98 (無次元)	
(P-8) リブ H	組合せ	137	162
(P-9) 円板 J	組合せ	18	162
(P-10) 多孔板 K	組合せ	33	162
	座屈の評価	0.13 (無次元)	

4. 結論

第1 ベントフィルタスクラバ容器及び第1 ベントフィルタ銀ゼオライト容器の内部構造物の耐震評価を行い、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。

5. 添付資料

- (1) 第1 ベントフィルタスクラバ容器の内部配管に作用する流体力
- (2) 第1 ベントフィルタスクラバ容器の分岐管の耐震評価手順について

添付資料（１） 第１ベントフィルタスクラバ容器の内部配管に作用する流体力

ベント実施時に、第１ベントフィルタスクラバ容器の内部配管に作用する流体力としては、下記の荷重が考えられる（図１参照）。

- ① ベント開始後のスクラビング水排出時にベンチュリノズルに作用する荷重（クリアリング荷重）
- ② ベント実施中のベントガス噴出時にベンチュリノズルに作用する荷重（ベントガス噴出荷重）

評価の結果、クリアリング時の荷重の方が大きいため、評価には表１に示すクリアリング時荷重 F1 を用いる。

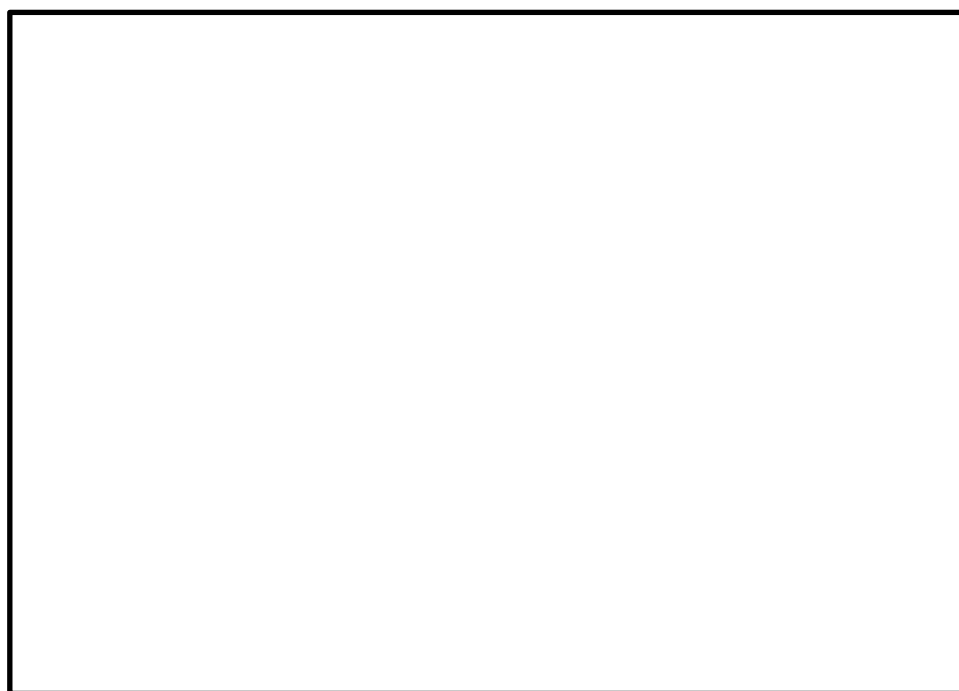


図１ 内部配管に作用するベント実施時流体力

表1 内部配管評価に用いるクリアリング時荷重

クリアリング時の荷重	評価に用いる荷重(N)
ベンチュリノズルに作用する クリアリング荷重 F1	□

【ベント開始後のスクラビング水排出時にベンチュリノズルに作用する荷重(クリアリング荷重)F1】

ベントが開始されると、原子炉格納容器からのベントガス及び入口配管内の窒素ガスにより、第1ベントフィルタスクラバ容器内の内部配管内のスクラビング水が押し出される。押し出されたスクラビング水は、図2に示すように、ベンチュリノズルの天板(カバープレート内面)にあたり、クリアリング荷重 F1 が作用する。

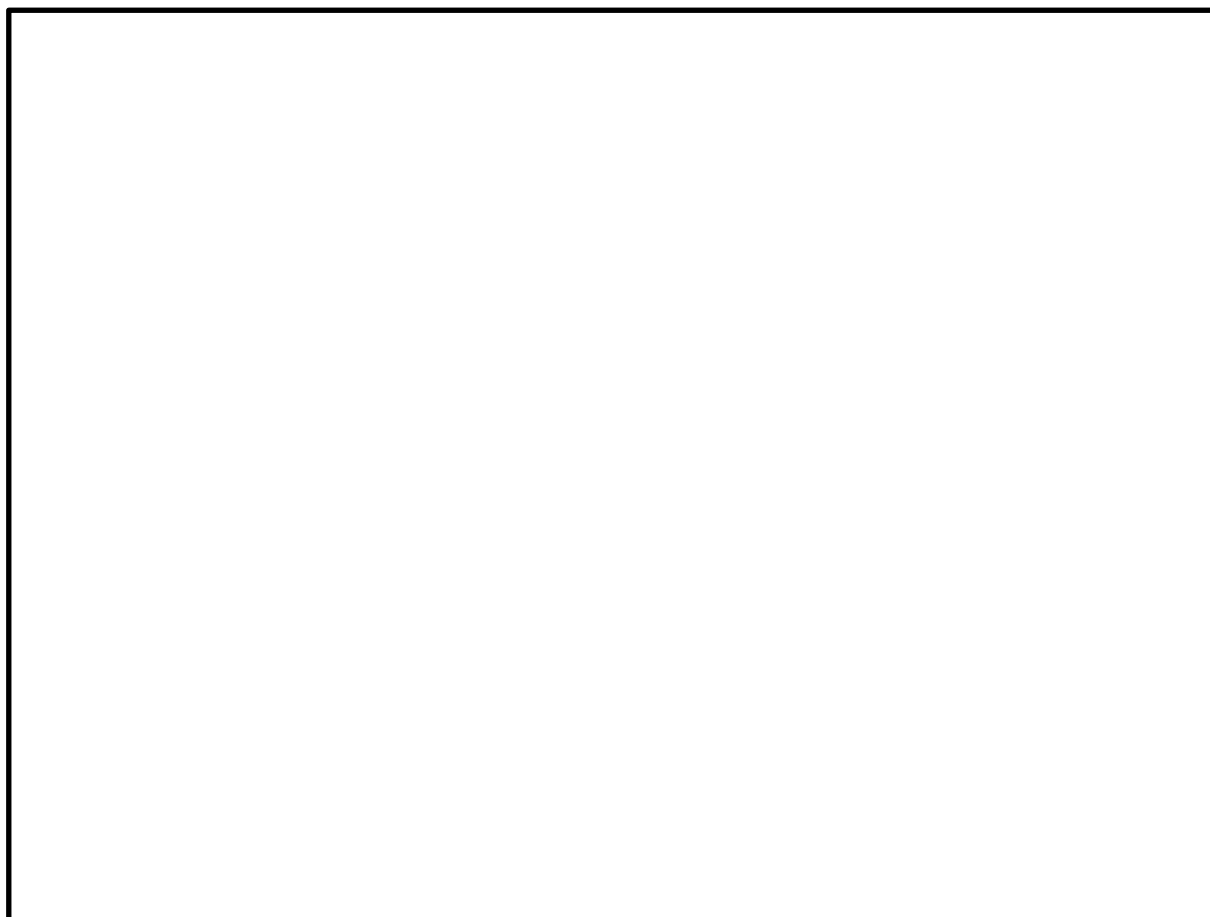


図2 ベンチュリノズルに作用するクリアリング荷重 F1

図2に示すように、噴出し部の角度を θ とすると、ベント開始直後にベンチュリノズルに作用するクリアリング荷重 $F1$ は次式で計算される。ここで、図2に示すように、保守的に、スロート部での流速がそのまま天板に当たるものとして評価する。

$$F1 = \text{[]}$$

ここで、

$$\rho_w : \text{スクラビング水の密度} = \text{[]} \text{ kg/m}^3$$

$$A1 : \text{スロート部断面積} = \text{[]} \text{ m}^2$$

$$V1 : \text{スロート部流速 (m/s)}$$

$$V1 = \text{[]} \text{ m/s}$$

$$P_i = \text{[]} \text{ MPa (abs)} \text{ (スロート入口部までの圧損で入口圧力は低下するが、保守的に原子炉格納容器の最高使用圧力の2倍の値とする。)}$$

$$P_o = 0.101 \text{ MPa (abs)} \text{ (スロート出口部にはスクラビング水の水頭圧が作用するが、保守的に大気圧とする。)}$$

$$\theta : \text{噴出角度} = \text{[]}$$

よって、

$$F1 = \text{[]} \text{ N}$$

【ベント実施中のベントガス噴出時にベンチュリノズルに作用する荷重（ベントガス噴出荷重）F1】

ベント実施中は、前記スクラビング水排出時同様に、原子炉格納容器からのベントガスが、

ことによる噴出荷重 F1 が作用する。

前記スクラビング水排出時同様に F1 は次式で計算される。

$$F1 = \text{$$

ここで、

$$\rho_{\text{gas}} : \text{ベントガスの密度} = \text{} \text{ kg/m}^3$$

$$A1 : \text{スロート部断面積} = \text{} \text{ m}^2$$

$$V1 : \text{スロート部流速 (m/s)}$$

$$Q = \text{} \text{ m}^3/\text{s} @ 2\text{Pd} \text{ とすると、ベンチュリノズル数 } n = \text{} \text{ 本より、}$$

$$V1 = \text{} \text{ m/s}$$

$$\theta : \text{噴出角度} = \text{$$

よって、

$$F1 = \text{} \text{ N}$$

密度差により、密度が大きいスクラビング水排出時のクリアリング荷重のほうが大きくなる。

添付資料（２） 第１ベントフィルタスクラバ容器の分岐管の耐震評価手順について

1. 評価手順について

分岐管の耐震評価モデルには、図 1 に示すモデル化範囲についてモデル化した図 2 及び図 3 に示すはりモデル（全体）並びに図 4 に示すシェルモデル（分岐管部）の 2 種類のモデルを用いる。解析評価の概略手順を下記に示す。

なお、閉止フランジ付根部の評価は、ベンチュリノズル取合いフランジ付根部の評価に包絡されることから、シェルモデル（図 4 参照）ではモデルの簡略化のため、モデル化していない。

- (1) 図 1 に示す範囲をはりモデルでモデル化し、自重、クリアリング荷重及び地震荷重の解析を行う。なお、境界条件を図 3 に示す。

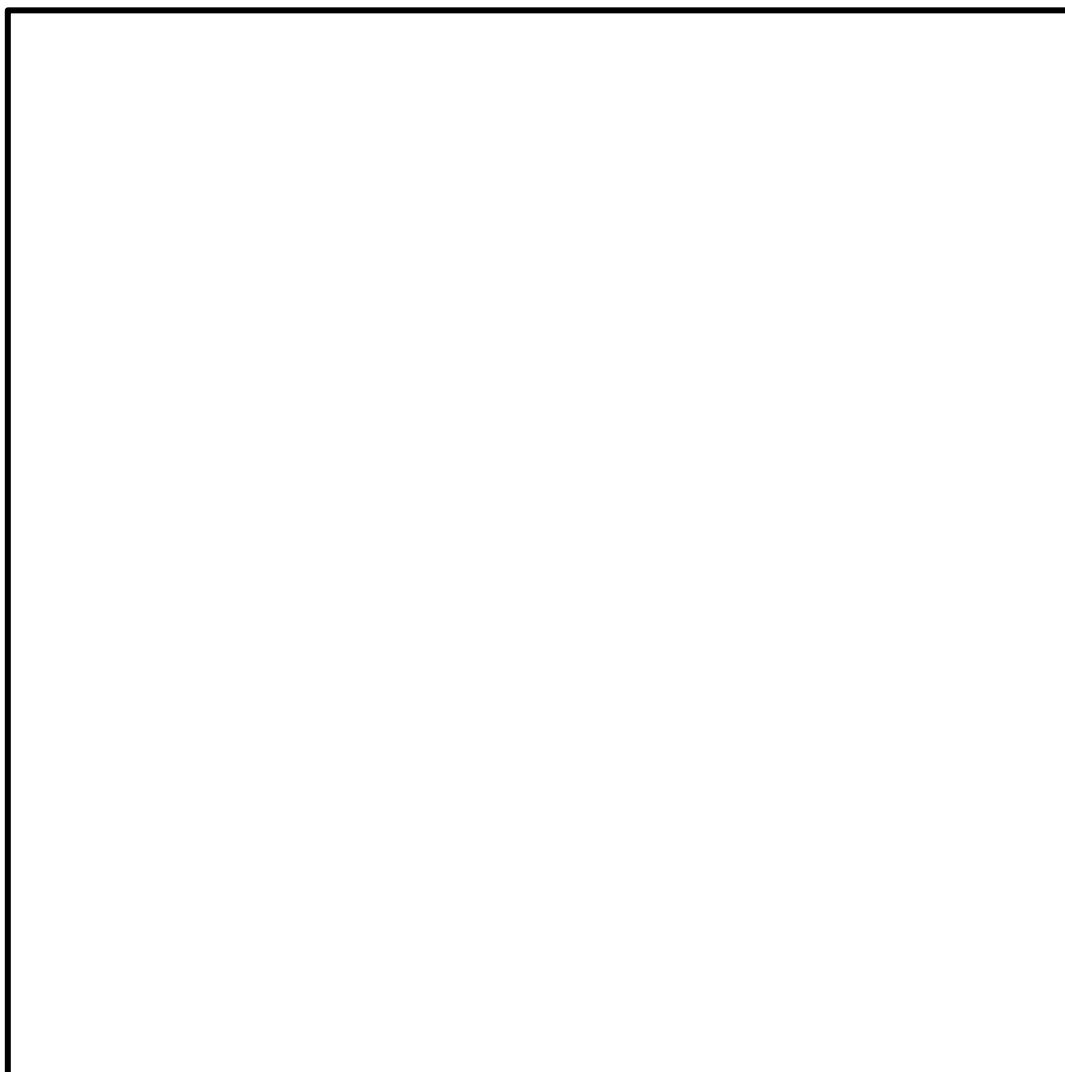


図 1 内部配管はりモデルのモデル化範囲

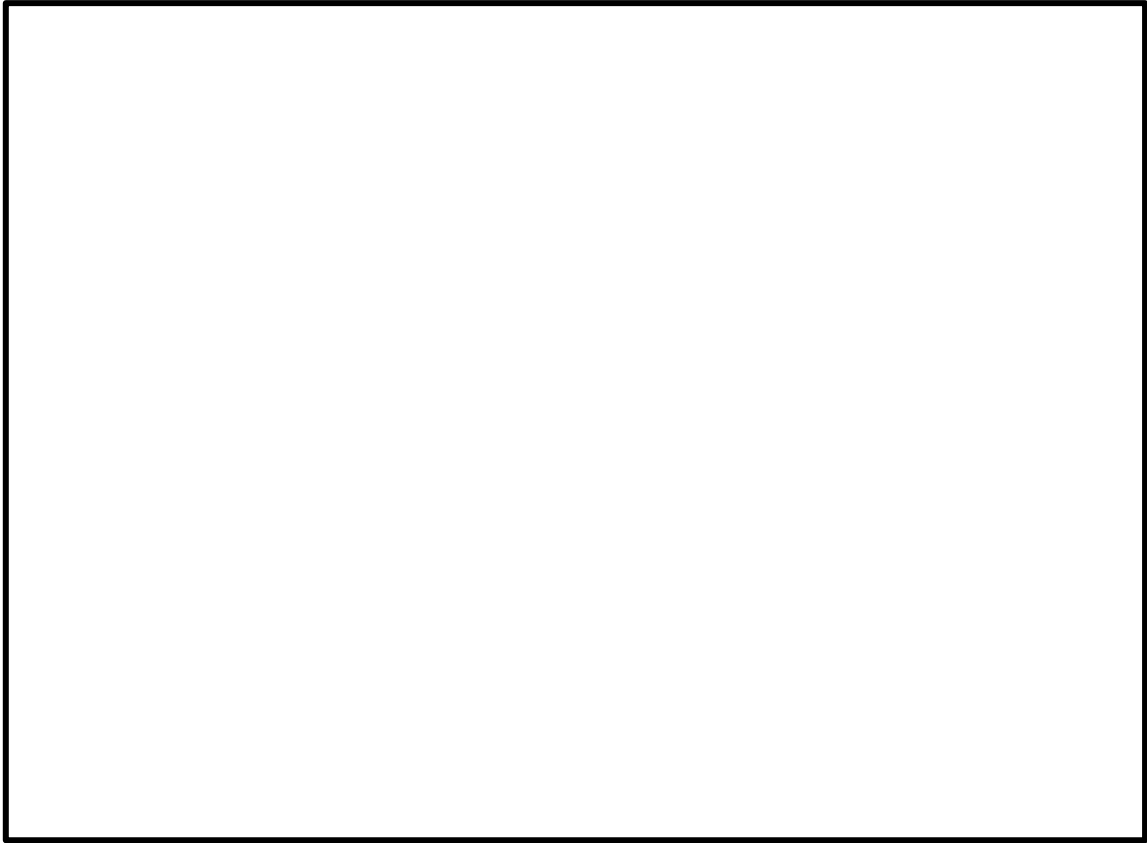


図 2 内部配管 はりモデル (全体)

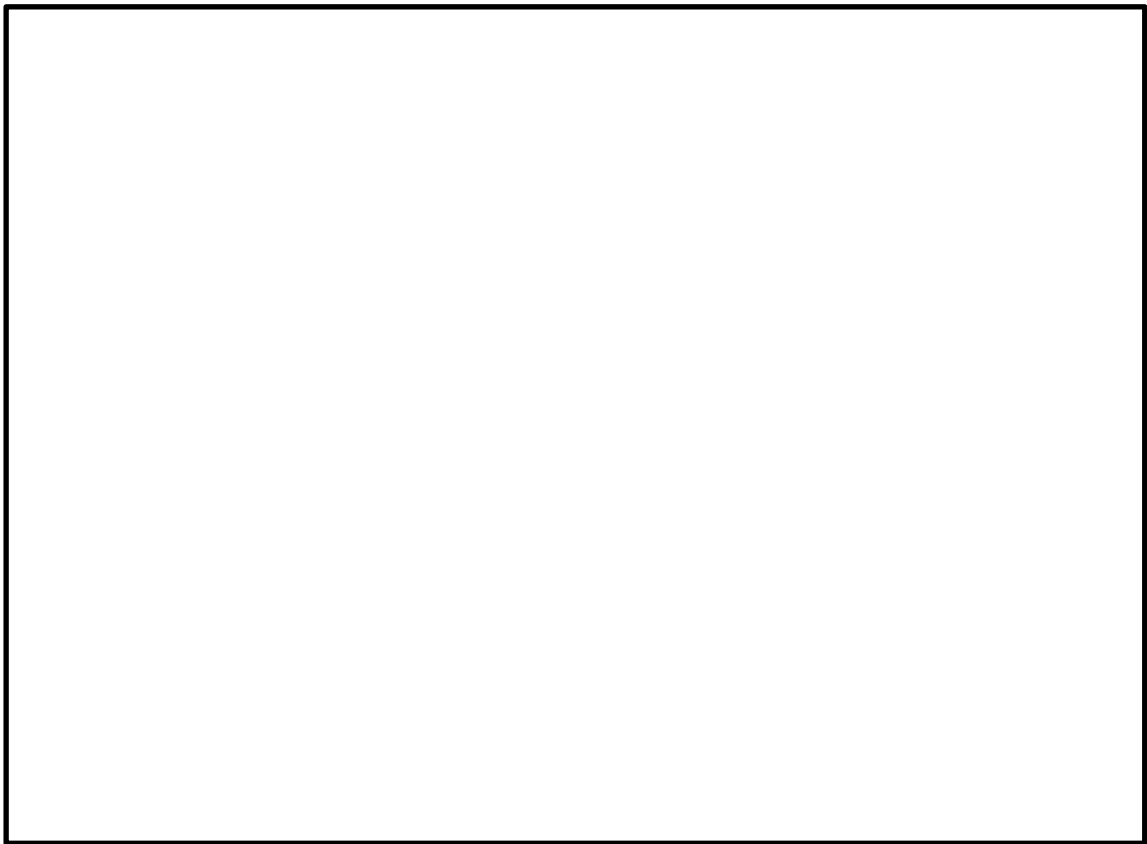


図 3 内部配管 はりモデルの境界条件

- (2) 図4のシェルモデルの端部にあたるはりモデルの節点における変位量 δ 及び回転角 θ を、荷重ごとに求める。
- (3) (2)で求めた δ , θ をシェルモデル端部に負荷し、自重、クリアリング荷重及び地震荷重作用時の各部の詳細応力を評価する。なお、シェルモデルでは内圧による応力も算出する。
- (4) 配管については、内圧、自重、クリアリング荷重及び地震荷重による応力を足し合わせて最大応力を求め、許容応力と比較する。

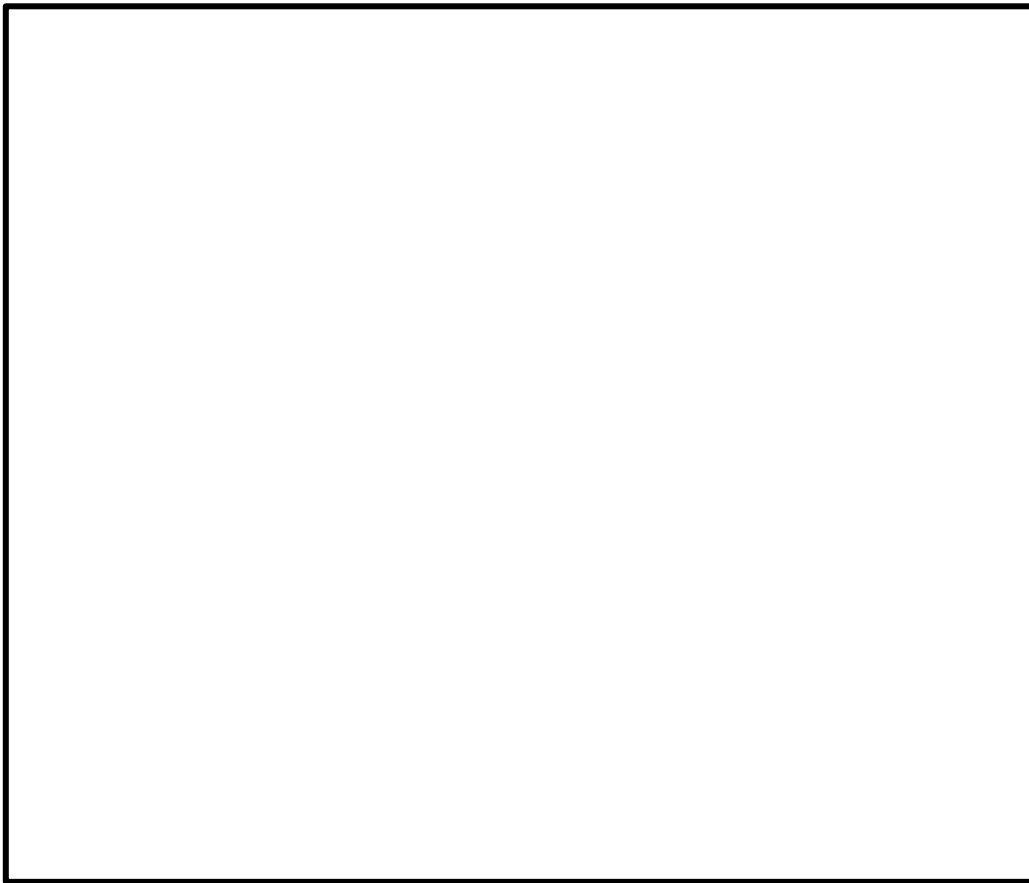


図4 内部配管 シェルモデル (分岐管部)