

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

TK-1-827 改正 0
平成 30 年 6 月 7 日

フィルタベント容器の内部構造物強度計算書

目次

1. 概要	1
2. 評価条件	1
2.1 構造計画	1
2.2 適用基準	1
2.3 応力評価部位	3
2.4 各部の形状および構造	4
2.5 物性値	4
2.6 許容応力	4
3. 荷重条件	7
4. 応力評価	7
5. 評価結果	11

1 概要

本計算書は、フィルタベント容器の内部構造物が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。

2 評価条件

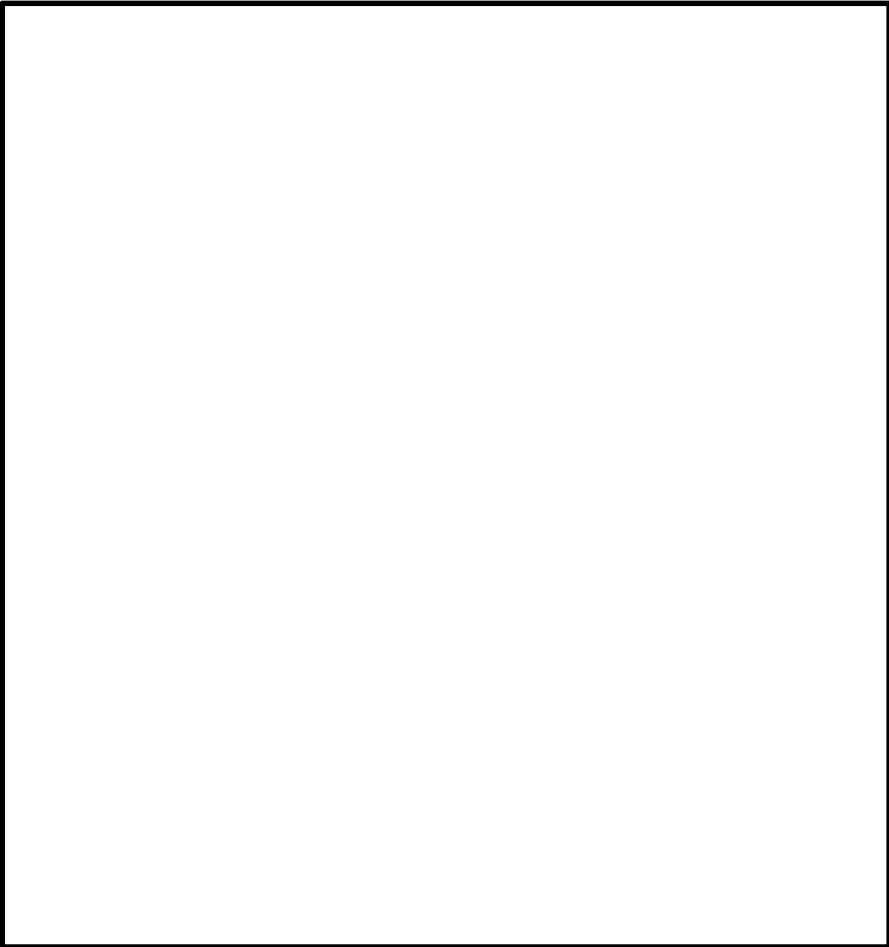
2.1 構造計画

フィルタベント容器内部の構造計画を表2-1に示す。

2.2 適用基準

本計算書においては、発電用原子力規格（設計・建設規格 JSME S NC 1-2005（2007追補版含む））（日本機会学会 2007年9月）（以下、「設計・建設規格」という。）及び機械工学便覧 基礎編（日本機会学会 2005年）に準拠して評価する。

表 2-1 フィルタベン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	
内部配管サポート及び分岐管サポートが、内部配管及び分岐管を支持する。	内部配管部は、内部配管、分岐管、ベンチュリノズル、内部配管サポートおよび分岐管サポートから構成される。 ベンチュリノズルは取付けボルトで分岐管に固定される。	
金属フィルタサポートが金属フィルタを支持する。	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。	
銀ゼオライトフィルタ室は胴板に溶接で固定されている。	銀ゼオライト部は、銀ゼオライト室から構成される。 金属フィルタ部と銀ゼオライトフィルタ室は連結管で連結されている。	

2.3 応力評価部位

応力評価を行う箇所を図2-1に示す。

- | | |
|-----------------|-------|
| (1) 内部配管 | (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) 金属フィルタ室 | (P-5) |
| (6) 伸縮管 | (P-6) |
| (7) 銀ゼオライトフィルタ室 | (P-7) |

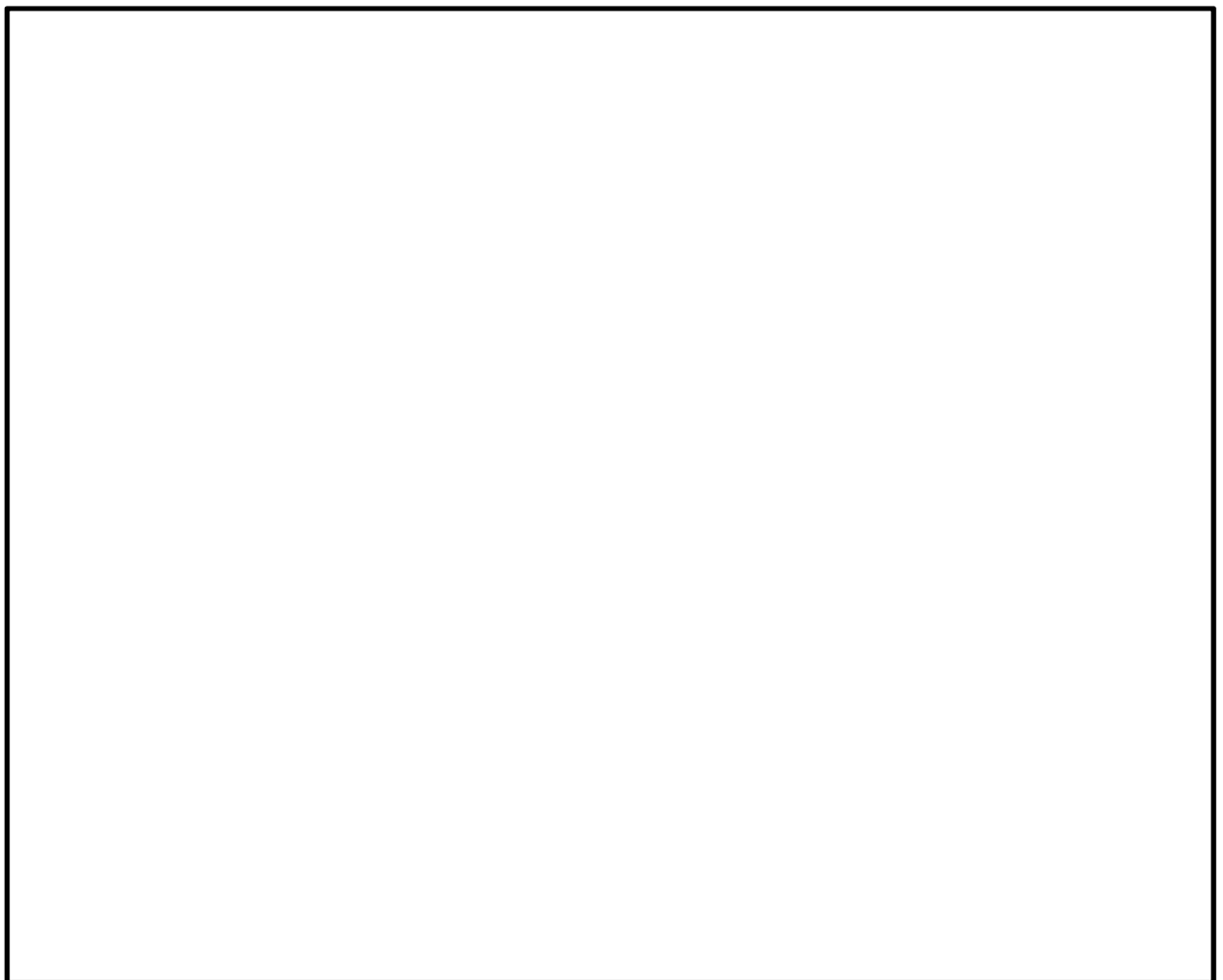


図2-1 ベントフィルタ容器 内部構造物応力評価部位

2.4 各部の形状および構造

応力評価部の主要寸法を図2-2に示す。

2.5 物性値

材料は表2-2に従って分類する。

表2-2 材料の分類

部位	材 料	備 考
内部構造物		内部構造物
内部配管		内部配管
ベンチュリノズル		
ベンチュリノズル取付けボルト		

2.6 許容応力

(1) フィルタベント容器の内部配管については設計条件，内部構造物については供用状態 AおよびBで評価する。

(2) 使用材料の許容応力を表2-3に示す。また各評価に対する許容応力を表2-4に示す。

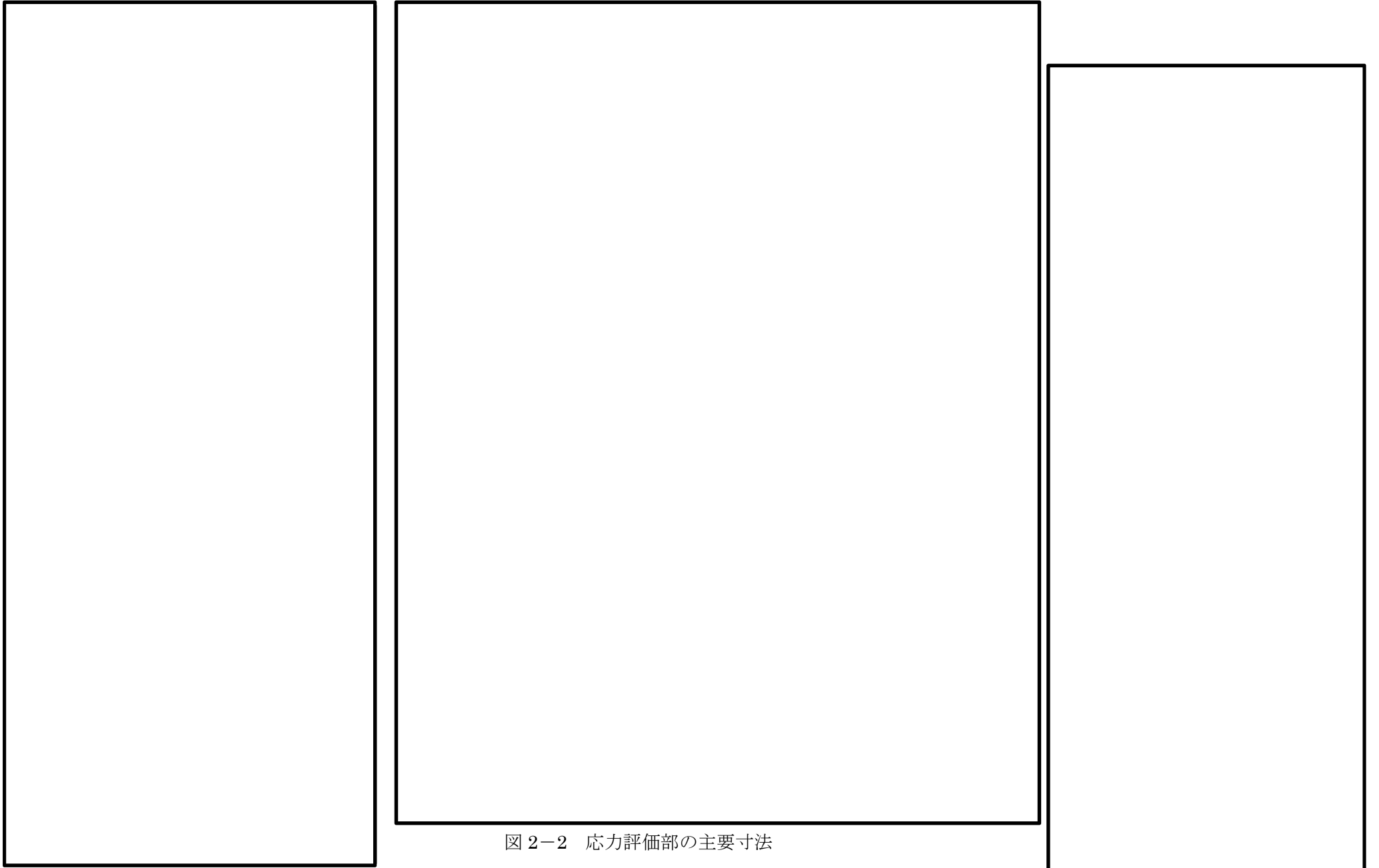


図 2-2 応力評価部の主要寸法

表 2-3 使用材料の許容応力

評価部材	材料	温度条件 (°C)	Sh (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
配管		最高使用温度 200				
内部構造物		最高使用温度 200				
ベンチュリノズル		最高使用温度 200				
ベンチュリノズル 取付けボルト		最高使用温度 200				

9

表 2-4 許容応力

供用状態	許容限界(MPa) (配管)	許容限界(MPa) (内部構造物)			
		金属フィルタ 取付け溶接部	ベンチュリノズル	ベンチュリノズル 取付けボルト	左記以外の内部構造物
	一次応力	一次応力 (せん断応力)	一次応力 (組合せ応力)	一次応力 (引張応力)	一次応力 (組合せ応力)
設計条件	160	—	—	—	—
供用状態 A および B	—	62	128	97	108

3 荷重条件

ベントフィルタの内部構造物の評価においては、自重、ベント時内圧に加えて、ベント時の水力学的荷重が作用する。

本評価では、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3-1に示す。また、荷重の組合せと応力評価項目の対応を表3-2に示す。

表 3-1 評価に用いる荷重

記号	荷重	荷重値
L01	自重	
L02	内圧(差圧)	
L03	クリアリング荷重	

表 3-2 荷重の組合せ

供用状態	荷重の組合せ
設計条件 (配管)	L01 + L02 + L03
供用状態AおよびB (内部構造物)	L01 + L02 + L03

4. 応力評価

応力評価方法を表4-1に示す。また、内部配管の評価に用いた解析モデルを図4-1に示す。

なお、内部配管の解析には、補正工認でも使用している「SAP-IV」を用いた。

- (1) 内部配管・分岐管は、各荷重による一次応力が許容応力以下となることを確認する。
- (2) 内部構造物は、各荷重による一次応力が許容応力以下となることを確認する。
- (3) 伸縮管は、ベント時繰り返し回数が許容繰り返し回数以下となることを確認する。

表 4-1 内部構造物評価法 (1/3)

評価対象	評価部位	対象とする荷重	評価方法	準用規格	
内部配管部	内部配管 分岐管 ベンチュリノズル 取付部	内圧 自重 クリアリング 荷重	$S_{prm} = \frac{B_1 P D_o}{2t} + \frac{B_2 M_a}{Z}$ <p>⇒各 M は FEM により算出する</p>	P : 内圧(差圧) Do : 配管の外径 Ma : 配管に作用するモーメント B ₁ 、B ₂ : 応力係数 t : 配管の板厚 Z : 配管の断面係数 S _{prm} : 一次応力	設計・建設規格 クラス 2 配管 PPC-3520(1)準用
	伸縮管	差圧 繰返し回数	$N = \left(\frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$ <p>N > N_a</p>	Na : ベント時の繰返し回数(1回) N : 許容繰返し回数	設計・建設規格 クラス 2 配管 PPC-3416 準用

∞

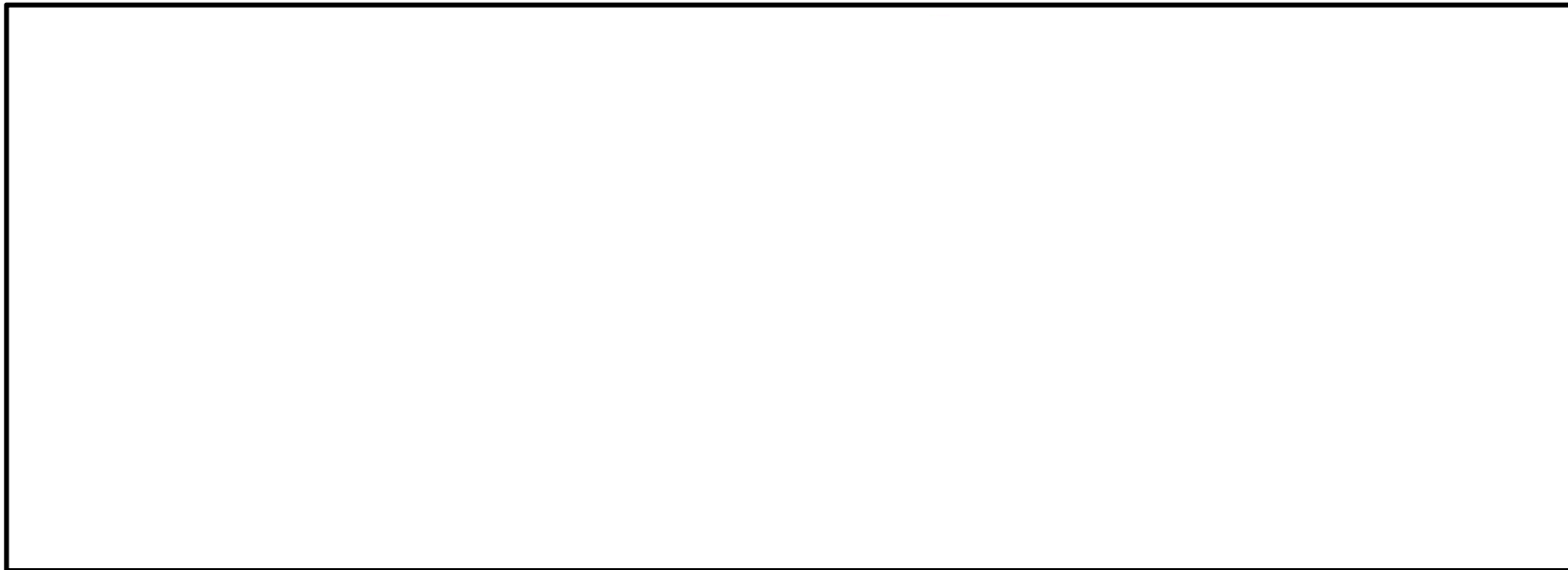


図 4-1 内部配管の解析モデル

表4-1 内部構造物評価法 (2/3)

評価対象	評価部位	対象とする荷重	評価方法	準用規格
支持部	金属フィルタ室 サポート 銀ゼオライト室 サポート	内圧 自重		機械工学便覧, 設計・建設規格 クラス2支持構造物 SSC-3121.1 準用
	配管サポート	自重 クリアリング 荷重		機械工学便覧, 設計・建設規格 クラス2支持構造物 SSC-3121.1 準用

表 4-1 内部構造物評価法 (3/3)

評価対象	評価部位	対象とする荷重	評価方法	準用規格
金属フィルタ部	金属フィルタ サポートビーム	差圧 自重		機械工学便覧, 設計・建設規格 クラス 2 支持構造物 SSC-3121.1 準用
ベンチュリノズル	ベンチュリノズル	自重 クリアリング 荷重		機械工学便覧, 設計・建設規格 クラス 2 支持構造物 SSC-3121.1 準用
	ベンチュリノズル 取付けボルト	クリアリング 荷重		設計・建設規格 クラス 1 支持構造物 SSB-3131 準用

5. 評価結果

各部位の評価結果を表5-1～表5-6に示す。評価の結果，すべての部位で許容値を満足することを確認した。

表5-1 内部配管，分岐管，ベンチュリノズル取付部の一次応力評価結果(クラス2配管準用)

(単位：MPa)

応力の種類	P-1 内部配管	P-2 分岐管	P-3 ベンチュリノズル配管付根部	許容応力
一次応力	39	15	7	160

発生応力値は許容応力値以下である。

表5-2 伸縮管の評価結果(クラス2配管準用)

繰返し回数	P-6 伸縮管
ベント時繰返し回数(Na)	1
許容繰返し回数(N)	3.7×10^{11}

ベント時繰返し回数は許容繰返し回数以下である。

表5-3 内部構造物の一次応力評価結果(クラス2支持構造物準用)

(単位：MPa)

応力の種類	P-1 内部配管 サポート	P-2 分岐管 サポート	P-4 金属フィルタ サポートビーム	P-5 金属フィルタ室 底板	P-7 銀ゼオライト室 底板	許容応力
一次応力 (組合せ応力)	31	5	35	38	76	108

発生応力値は許容応力値以下である。

表5-4 内部構造物の一次応力評価結果(クラス2支持構造物準用) (単位: MPa)

応力の種類	P-4 金属フィルタ取付溶接部	許容応力
一次応力 (せん断応力)	1	62

発生応力値は許容応力値以下である。

表5-5 ベンチュリノズルの一次応力評価結果(クラス2支持構造物準用) (単位: MPa)

応力の種類	P-3 ベンチュリノズル	許容応力
一次応力 (組合せ応力)	42	128

発生応力値は許容応力値以下である。

表5-6 ベンチュリノズル取付けボルトの一次応力評価結果(クラス2支持構造物準用) (単位: MPa)

応力の種類	P-3 ベンチュリノズル取付けボルト	許容応力
一次応力 (引張応力)	4	97

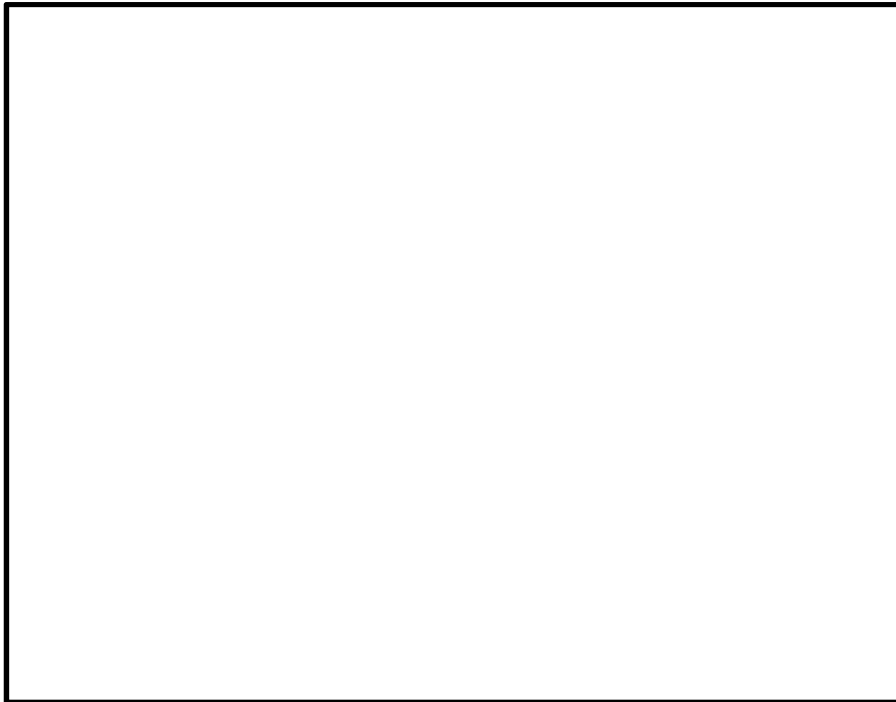
発生応力値は許容応力値以下である。

ベントフィルタ容器 内部配管に作用する流体力

ベント時に、ベントフィルタ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。

- 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、強度評価には添付表 1-1 に示すクリアリング時荷重を用いる。



添付図 1-1 内部配管に作用するベント時流体力

添付表 1-1 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)
VN に作用するクリアリング荷重 F1	<div data-bbox="1190 1650 1369 1751" style="border: 1px solid black; width: 112px; height: 45px;"></div>
入口配管エンドキャップに作用するクリアリング荷重 F2	

【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)】

(1) ベンチュリノズルに作用するクリアリング荷重 F1

ベントが開始されると、PCV からのベントガス及び入口配管内の窒素ガスにより、ベントフィルタ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、添付図 1-2 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、左右下方向に噴出することによるクライアリング荷重 F1 が作用する。



添付図 1-2 ベンチュリノズルに作用するクリアリング荷重 F1

添付図 1-2 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、添付図 1-2 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。

$$F1 = \rho_w \cdot A1 \cdot V1^2 \times (1 + \sin\theta)$$

ここで、

ρ_w : 水の密度 = 1000 kg/m³

A1 : スロート部断面積 = m²

V1 : スロート部流速 (m/s)

$$V1 = \sqrt{\frac{2}{\rho_w} \times (P_i - P_0)} = \sqrt{\frac{2}{1000} \times (0.72 - 0.1) \times 10^6} = 35.21 \text{ m/s}$$

$P_i = 0.72 \text{ MPa(absolute)}$ (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 PCV の最高使用圧力の 2 倍の値とする。)

$P_0 = 0.1 \text{ MPa(absolute)}$ (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。)

θ : 噴出角度 =

よって,

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

(2) 入口配管エンドキャップに作用するクリアリング荷重 $F2$

ベント開始直後に入口配管のエンドキャップに作用するクリアリング荷重 $F2$ は次式で計算される。

$$F2 = \rho_w \cdot A2 \cdot V2^2$$

ここで,

ρ_w : 水の密度 = 1000 kg/m^3

$A2$: エンドキャップ部断面積 = m^2

$V2$: エンドキャップ部流速(m/s)は, $V1$ から比例換算で算出する。

(ベンチュリノズル数 $n = \text{}$ 本)

$$V2 = n \times A1 \times V1 / A2 = \text{} \text{ m/s}$$

よって,

$$F2 = \text{} \text{ N}$$

【ベント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）】

(1) ベンチュリノズルに作用する噴流荷重 F1

ベント中は、前記スクラビング水排出時同様に、PCV からのベントガスが、ベンチュリノズルの天板（カバープレート内面）にあたり、左右下方向に噴出することによる噴流荷重 F1 が、また入口配管のエンドキャップにもベントガスによる噴流荷重 F2 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。

$$F1 = \rho_{gas} \cdot A1 \cdot V1^2 \times (1 + \sin\theta)$$

ここで、

ρ_{gas} : ベントガスの密度 = 3.8kg/m³

A1 : スロート部断面積 = m²

V1 : スロート部流速(m/s)

Q=7m³/s@2Pd とすると、ベンチュリノズル数 n = 本より、

$$V1 = 7 / (22 \times 0.0015) = 212.1 \text{ m/s}$$

θ : 噴出角度 =

よって、

$$F1 = \text{ N}$$

(2) 入口配管エンドキャップに作用するクリアリング荷重 F2

ベント開始直後に入口配管のエンドキャップに作用するクリアリング荷重 F2 は次式で計算される。

$$F2 = \rho_{gas} \cdot A2 \cdot V2^2$$

ここで、

ρ_{gas} : ベントガスの密度 = 3.8kg/m³

A2 : エンドキャップ部断面積 = m²

V2 : エンドキャップ部流速(m/s)

$$V2 = Q / A2 = \text{ m/s}$$

よって、

$$F2 = \text{ N}$$

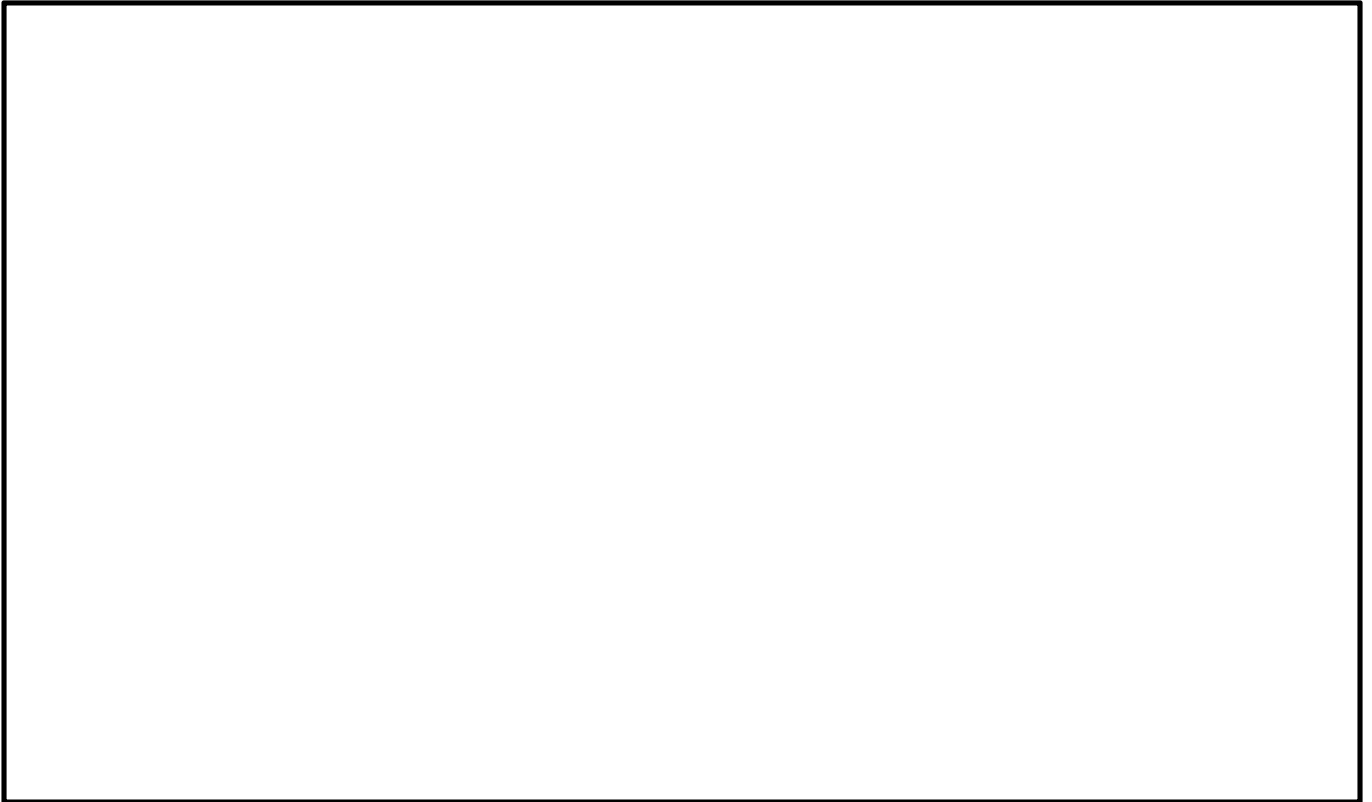
密度差により、密度が大きいスクラビング水排出時の荷重のほうが大きくなる。

ベントフィルタ容器 内部配管のモデル化及び境界条件

ベントフィルタ容器の内部配管の評価は、解析コードSAP-IVのビーム要素により実施した。

1 モデル化範囲

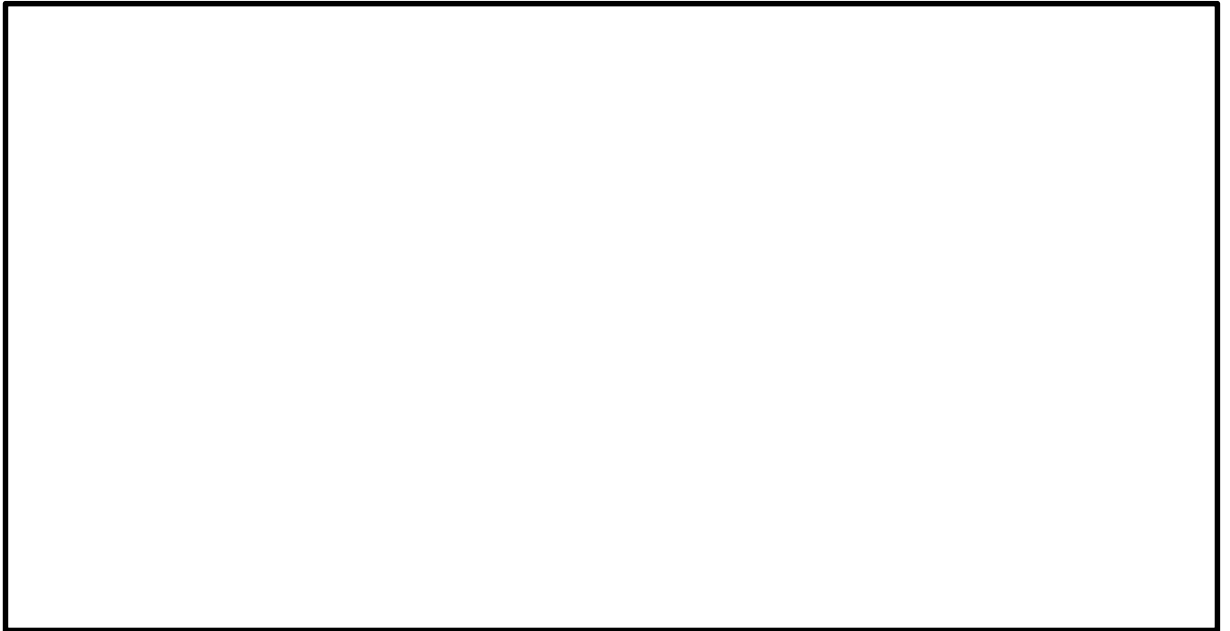
内部配管及びベンチュリノズルに関してモデル化した範囲を添付図 2-1 に示す。



添付図 2-1 内部配管・ベンチュリノズル モデル化範囲

2 解析モデル及び境界条件

添付図 2-1 のモデル化範囲について、ビーム要素により作成した解析モデルを添付図 2-2 に示す。なお、ベンチュリノズルは剛体としてモデル化した。また境界条件を添付図 2-3 に示す。



添付図 2-2 解析モデル



添付図 2-3 モデル境界条件