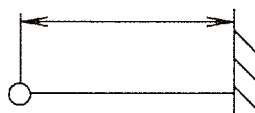
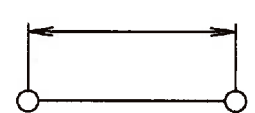


<p>タイトル</p>	<p>原子炉補機冷却水冷却器伝熱管他の内面腐食（流れ加速型腐食）に対する耐震安全性評価について</p>																																						
<p>説明</p>	<p>原子炉補機冷却水冷却器伝熱管の内面腐食（流れ加速型腐食）に対する評価の具体的内容を以下に示す。</p> <p>1. 評価仕様</p> <p>評価仕様を表 13-1 に示す。</p> <p style="text-align: center;">表 13-1 評価仕様</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>単位</th> <th>記号</th> <th>数値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>最高使用圧力</td> <td>MPa</td> <td>P_n</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>最高使用温度</td> <td>°C</td> <td>—</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>伝熱管外径</td> <td>mm</td> <td>D_n</td> <td rowspan="4" style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>伝熱管厚さ</td> <td>mm</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>伝熱管減肉後厚さ^{※1}</td> <td>mm</td> <td>t'</td> </tr> <tr> <td>伝熱管評価質量</td> <td>kg/m</td> <td>m_c</td> </tr> <tr> <td>断面二次モーメント</td> <td>m^4</td> <td>I</td> <td rowspan="3" style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>伝熱管材質</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>C6872T</td> </tr> <tr> <td>伝熱管支持間距離^{※2} (管板—邪魔板)</td> <td>mm</td> <td rowspan="2">L</td> </tr> <tr> <td>伝熱管支持間距離^{※2} (邪魔板—邪魔板)</td> <td>mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：伝熱管内面に施栓基準である <input type="text" value=""/> mm <input type="text" value=""/> %減肉) まで一様減肉が生じたと仮定する。</p> <p>※2：支持間距離は各々最大支持間隔を用いる。</p> <p>2. 解析モデル</p> <p>解析モデルは、減肉後の伝熱管を、支持条件に対し以下のとおりモデル化している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・管板—邪魔板間：片端固定—片端支持はりモデル ・邪魔板—邪魔板間：両端支持はりモデル <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>管板—邪魔板間 (固定—支持条件)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>邪魔板—邪魔板間 (支持—支持条件)</p> </div> </div>	項目	単位	記号	数値	最高使用圧力	MPa	P_n	0.7	最高使用温度	°C	—	95	伝熱管外径	mm	D_n		伝熱管厚さ	mm	—	伝熱管減肉後厚さ ^{※1}	mm	t'	伝熱管評価質量	kg/m	m_c	断面二次モーメント	m^4	I		伝熱管材質	—	—	C6872T	伝熱管支持間距離 ^{※2} (管板—邪魔板)	mm	L	伝熱管支持間距離 ^{※2} (邪魔板—邪魔板)	mm
項目	単位	記号	数値																																				
最高使用圧力	MPa	P_n	0.7																																				
最高使用温度	°C	—	95																																				
伝熱管外径	mm	D_n																																					
伝熱管厚さ	mm	—																																					
伝熱管減肉後厚さ ^{※1}	mm	t'																																					
伝熱管評価質量	kg/m	m_c																																					
断面二次モーメント	m^4	I																																					
伝熱管材質	—	—		C6872T																																			
伝熱管支持間距離 ^{※2} (管板—邪魔板)	mm	L																																					
伝熱管支持間距離 ^{※2} (邪魔板—邪魔板)	mm																																						

3. 入力（荷重）条件

地震荷重は、原子炉補機冷却水冷却器の耐震重要度に応じたSクラス地震荷重を適用する。

入力（荷重）条件を以下に示す。

(1) 固有振動数の算出

$$f = \lambda \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_c \cdot L^3}}$$

f：伝熱管の固有振動数（Hz）

λ：管の支持方法による係数

（管板－邪魔板：2.454、邪魔板－邪魔板：1.571）

E：管の縦弾性係数（N/m²）

（＝（MPa）＝（N/m²））

I：断面二次モーメント（m⁴）

m_c：伝熱管評価質量（kg/m）

L：支持間隔（m）

(2) モーメントの算出

① 管板－邪魔板（固定－支持条件）の場合

$$M = \frac{3WL}{16}$$

② 邪魔板－邪魔板（支持－支持条件）の場合

$$M = \frac{WL}{4}$$

W：はりの中心に作用する集中荷重（N）

M_a（自重による最大曲げモーメント）算出時

$$W = m_c \cdot L \cdot g$$

M_b（地震荷重による最大曲げモーメント）算出時

$$W = m_c \cdot L \cdot g \cdot C$$

ここで、

C=合成地震力 (G) とし、以下の式により算出する。

$$C = \sqrt{C_H^2 + C_V^2}$$

C_H : 水平地震力

C_V : 鉛直地震力

g: 重力加速度 (= 9.80665m/s²)

(3) 発生応力の算出

地震時の伝熱管に発生する応力は、以下の計算式により求める。

$$S = \frac{P_m \cdot D_o}{4t'} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b)}{Z}$$

S : 発生応力 (MPa)

P_m : 伝熱管内の最高使用圧力 (MPa)

D_o : 伝熱管の外径 (mm)

t' : 伝熱管減肉後厚さ (mm)

i_1 : 応力係数 (=1.33)

M_a : 自重による最大曲げモーメント (N・mm)

M_b : 地震荷重による最大曲げモーメント (N・mm)

Z : 伝熱管の断面係数 (mm³)

4. 算出過程

①管板—邪魔板の場合

$$f = \lambda \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_e \cdot L^4}} = \boxed{} \text{ (Hz)}$$

固有周期 T は、

$$T = \frac{1}{f} = \boxed{} \text{ (s)}$$

水平方向地震力 C_H は、

$$C_H = \boxed{} \text{ (G)}$$

鉛直方向地震力 C_V は、

$$C_V = \boxed{} \text{ (G)}$$

(添付-1 参照)

自重による最大曲げモーメント M_a は、

$$W = m_c \cdot L \cdot g = \boxed{} \text{ (N)}$$

$$M_a = \frac{3WL}{16} = \boxed{} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

地震荷重による最大曲げモーメント M_b は、

$$W = m_c \cdot L \cdot g \cdot C = \boxed{} \text{ (N)}$$

$$M_b = \frac{3WL}{16} = \boxed{} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

$$M_i = \boxed{} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

$$M_b = \boxed{} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

伝熱管に発生する応力は、以下により算出される。

断面係数

$$Z = \frac{\pi}{32} \times \frac{\boxed{} - \boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ (mm}^3\text{)}$$

$$\text{伝熱管外径 } D_o = \boxed{} \text{ (mm)}$$

$$\text{伝熱管減肉後厚さ } t' = \boxed{} \text{ (mm)}$$

$$\text{伝熱管内径 } D_i = D_o - 2t' = \boxed{} \text{ (mm)}$$

以上より、発生応力 S は、

$$S = \frac{P_m \cdot D_o}{4t'} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b)}{Z}$$
$$= \boxed{} \text{ (MPa)}$$

②邪魔板—邪魔板の場合

$$f = \lambda \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_c \cdot L^4}} = \boxed{} \text{ (Hz)}$$

固有周期 T は、

$$T = \frac{1}{f} = \boxed{} \text{ (s)}$$

水平方向地震力 C_H は、

$$C_H = \boxed{} \text{ (G)}$$

鉛直方向地震力 C_V は、

$$C_V = \boxed{} \text{ (G)}$$

(添付—1 参照)

自重による最大曲げモーメント M_a は、

$$W = m_c \cdot L \cdot g = \boxed{} \text{ (N)}$$

$$M_a = \frac{WL}{4} = \boxed{} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

地震荷重による最大曲げモーメント M_b は、

$$W = m_c \cdot L \cdot g \cdot C = \boxed{} \text{ (N)}$$

$$M_b = \frac{WL}{4} = \boxed{} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

$$M_a = \boxed{} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

$$M_b = \boxed{} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

以上より、発生応力 S は、

$$S = \frac{P_m \cdot D_o}{4t'} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b)}{Z}$$

$$= \boxed{} \text{ (MPa)}$$

以上より、発生応力の大きい邪魔板—邪魔板の場合の $\boxed{}$ (MPa) を発生応力値とした。

5. 評価結果

評価結果を表 13-2 に示す。伝熱管に減肉を考慮しても地震時の伝熱管の発生応力は許容応力を超えることはなく、耐震安全性評価上問題ない。

表 13-2 玄海原子力発電所 3 号炉 原子炉補機冷却水冷却器伝熱管の内面腐食（流れ加速型腐食）に対する評価結果

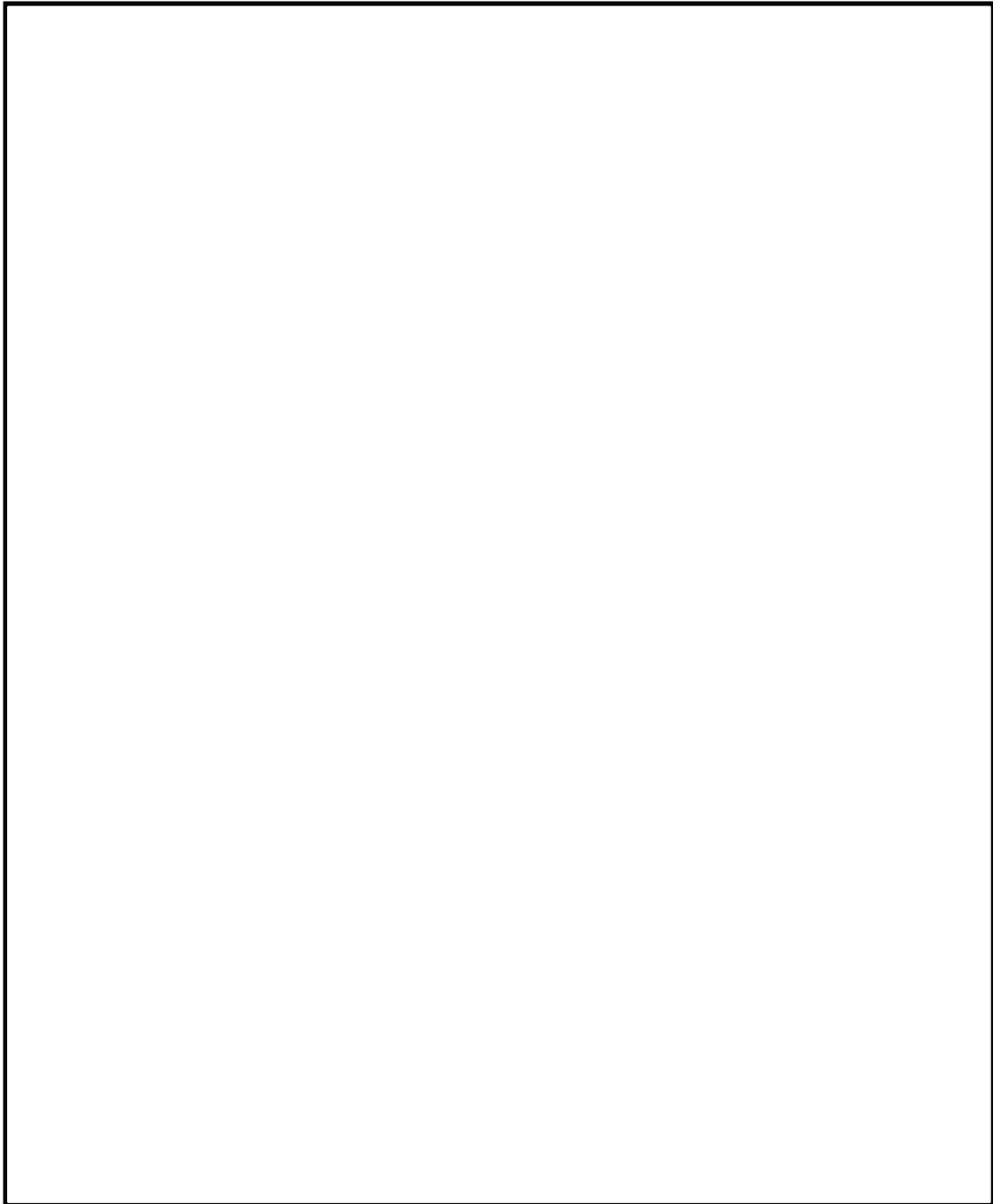
評価部位	地震時の発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比
原子炉補機冷却水冷却器伝熱管			0.41



以上

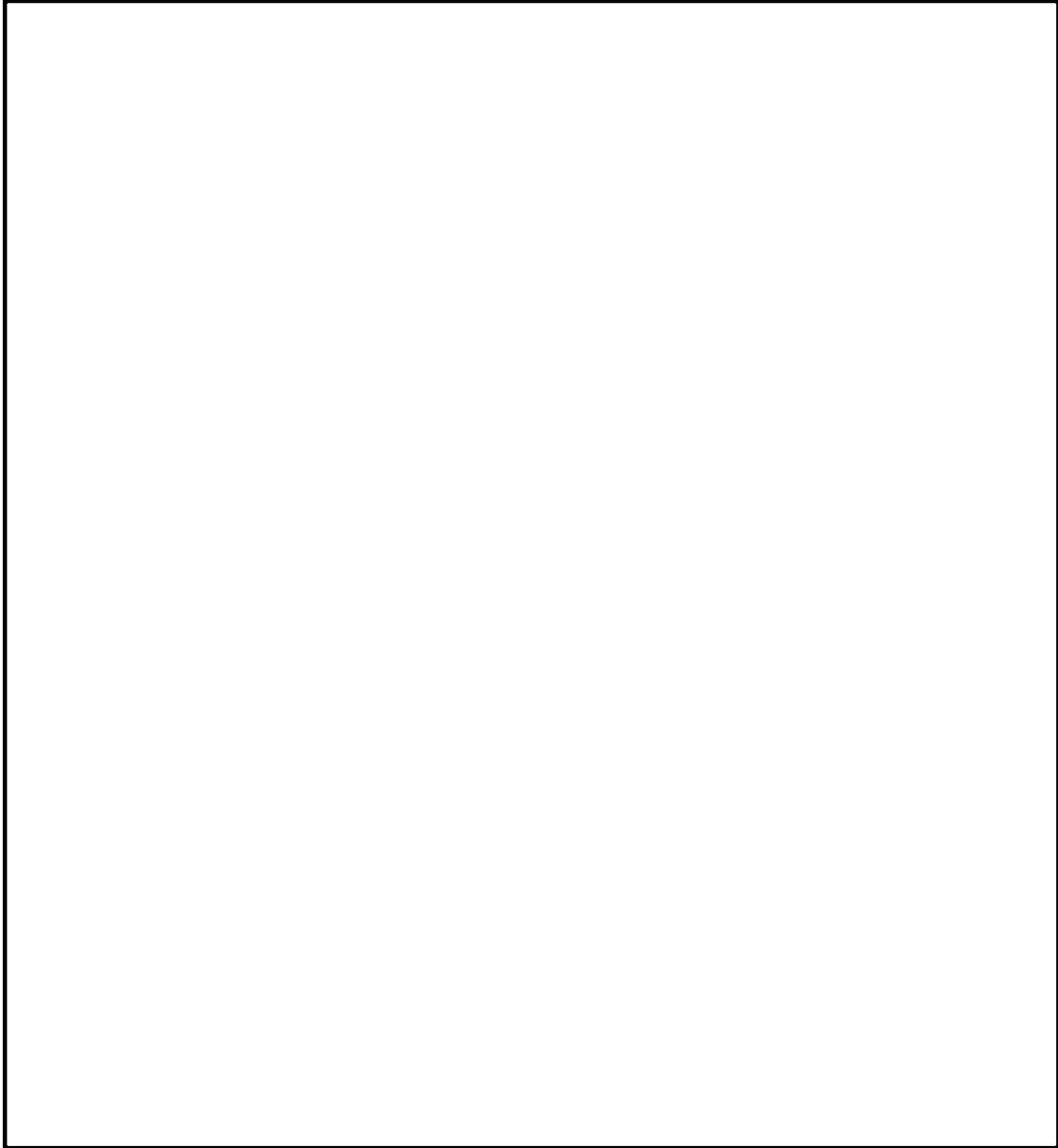
原子炉補機冷却水冷却器 (原子炉補助建屋 EL. -19.5m)

S s 地震動 水平方向床応答曲線図 (減衰 1%)



原子炉補機冷却水冷却器 (原子炉補助建屋 EL. -19.5m)

S s 地震動 鉛直方向床応答曲線図 (減衰 1%)



タイトル	機器付基礎ボルトの腐食を考慮した耐震安全性評価について
説明	<p>燃料油貯油そうおよび燃料油貯蔵タンクの機器基礎ボルトの腐食に対する評価の具体的内容について添付に示す。</p> <p>(1) 燃料油貯油そう : 添付-1 (2) 燃料油貯蔵タンク : 添付-2</p> <p>新規制基準工事計画認可申請における後打ちアンカ評価設備において、メカニカルアンカ使用設備、およびケミカルアンカ使用設備について、それぞれに対し、減肉による影響を考慮した耐震評価結果例を添付-3に示す。</p> <p>主蒸気系統配管用基礎ボルトの腐食に対する評価の具体的内容を添付-4に示す。</p>

(1) 燃料油貯油そう
 <評価仕様>

表1 評価に必要な諸元

名称	記号	単位	値
最高使用圧力	—	—	大気圧
最高使用温度	—	°C	40
基礎から脚の胴つけ根部までの高さ	h_1	mm	
容器の有効運転質量	m_0	kg	
脚1本当たりの質量	m_s	kg	
脚に作用する荷重	R	N	
脚つけ根部に作用する力	P_e	N	
縦弾性係数比	s	—	
基礎ボルト本数	n	—	
引張を受ける基礎ボルト本数	n_1	—	
脚底板の長手方向幅	a	mm	
脚底板の横方向幅	b	mm	
基礎ボルト呼び径	d	—	
脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	d_1	mm	
基礎ボルト腐食量	—	mm	
基礎ボルト材質	—	—	SS41
評価用加速度(水平)：図2参照	C_H	G	
評価用加速度(鉛直)：図3参照	C_V	G	

<解析モデル>

JEAG4601-1987の横置円筒形容器の1質点系モデルを参考とし、5脚支持横置円筒形容器の重心位置に地震荷重が作用するものとして評価を行った。解析モデルを図1に示す。

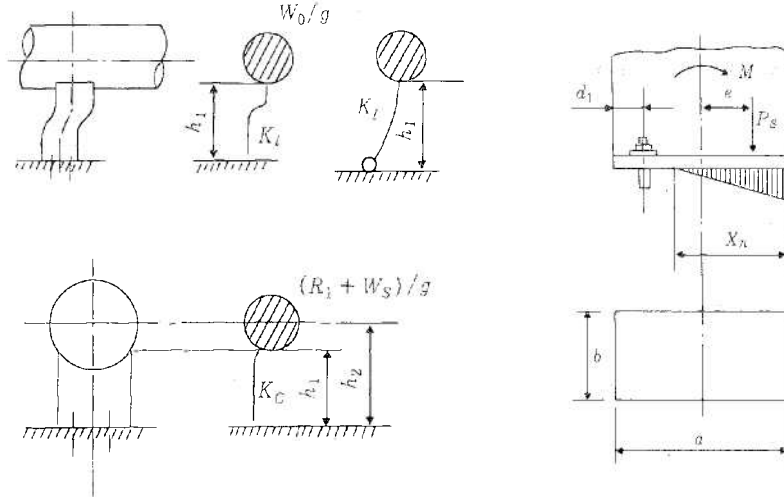


図1 解析モデル

<入力（荷重）条件>

【水平方向】

燃料油貯油そう床応答曲線*（水平方向）より加速度を算出した。（図2参照）
 水平方向は剛領域であることから、地震力として床加速度（ZPA）の1.2倍を用いる。

$$1. 2ZPA : \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} (G) \quad (1G=9.80665m/s^2)$$

$$a_{H1} = \boxed{} \times 9.80665 = \boxed{} (m/s^2)$$

$$\div \boxed{} (m/s^2)$$

【鉛直方向】

燃料油貯油そう床応答曲線*（鉛直方向）より加速度を算出した。（図3参照）
 鉛直方向は剛領域であることから、地震力として床加速度（ZPA）の1.2倍を用いる。

$$1. 2ZPA : \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} (G) \quad (1G=9.80665m/s^2)$$

$$a_{V1} = \boxed{} \times 9.80665 = \boxed{} (m/s^2)$$

$$\div \boxed{} (m/s^2)$$

※全波包絡FRSにより応答加速度を算出している。

2. 評価結果

以上の結果をまとめると以下の表2のとおりであり、耐震安全性評価上問題ない。

表2 評価結果

応力	減肉前			減肉後		
	発生応力 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比	発生応力* (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
引張	90	193	0.47	93	193	0.48
せん断	26	148	0.18	27	148	0.18

*減肉後の発生応力については、次式より求める。

$$\text{減肉前の発生応力} \times \frac{\text{基礎ボルトの減肉前の断面積}}{\text{基礎ボルトの減肉後の断面積}}$$

$$= \text{減肉前の発生応力} \times \frac{\frac{\pi}{4} \times \square}{\frac{\pi}{4} \times (\square - 0.3 \times 2)^2}$$

○許容応力の算出

材料の評価温度(40℃)における設計降伏点 (S_y)、設計引張強さ (S_u) より、

$$1.2S_y = 1.2 \times 215 = 258 \text{ (MPa)}$$

$$0.7S_u = 0.7 \times 400 = 280 \text{ (MPa)}$$

$$F = \text{Min}(1.2S_y, 0.7S_u) = \text{Min}(258, 280) = 258 \text{ (MPa)}$$

ここで、 F ：材料の許容応力を決定する場合の基準値

・引張応力の算出

$$f_t^* = F/2 = 258/2 = 129 \text{ (MPa)}$$

よって、引張許容応力は、

$$1.5f_t^* = 1.5 \times 129 = 193 \text{ (MPa)}$$

・せん断応力の算出

$$f_s^* = F/1.5\sqrt{3} = 258/1.5\sqrt{3} = 99.3 \approx 99 \text{ (MPa)}$$

よって、せん断許容応力は、

$$1.5 f_s^* = 1.5 \times 99 = 148 \text{ (MPa)}$$

・せん断応力と引張応力の組合せ許容応力

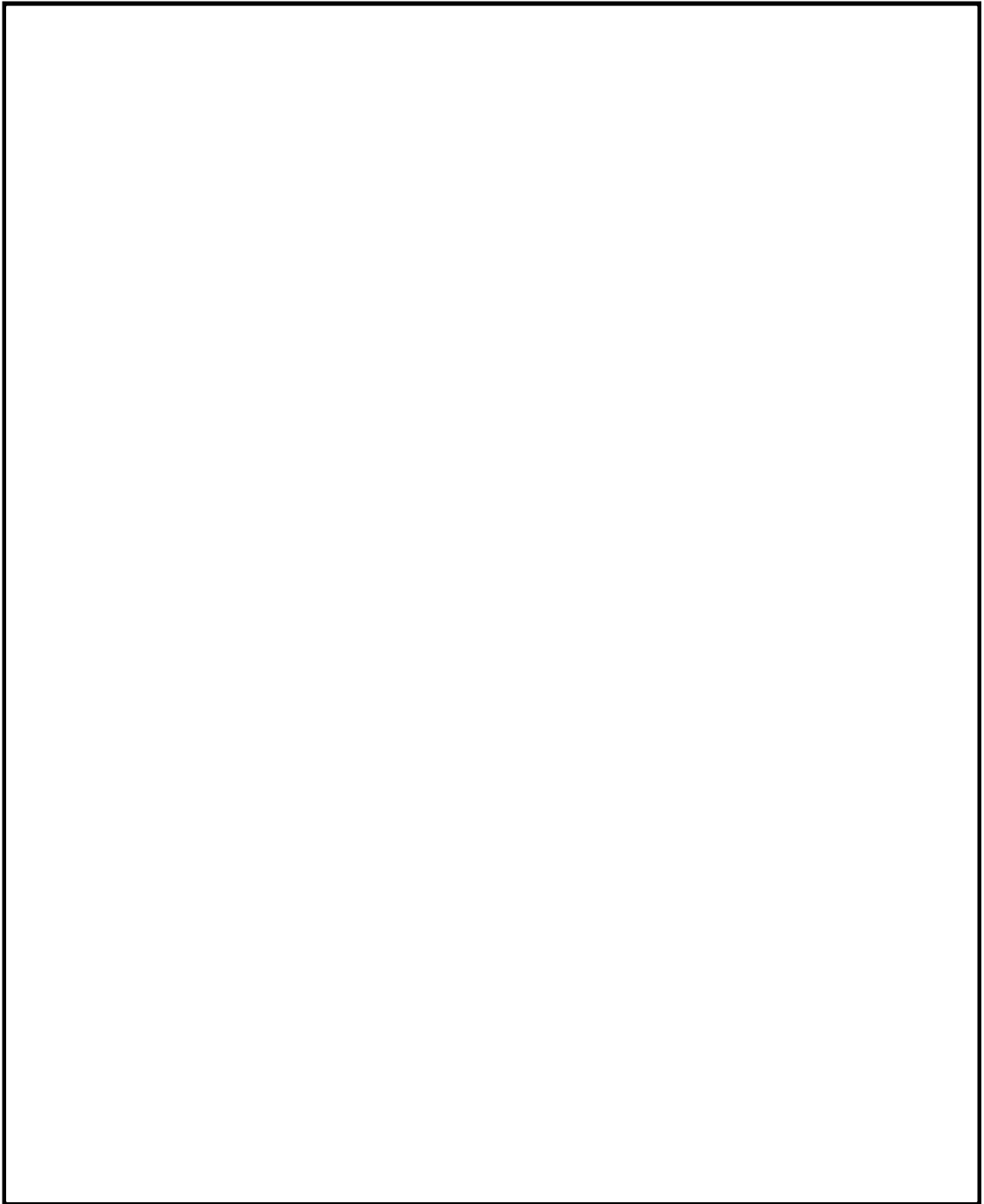
引張許容応力について、せん断応力を組み合わせた場合の許容値を算出した。

$$S_s \text{によるせん断応力 } \tau = 26 \text{ (MPa)}$$

$$1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6 \tau = 1.4 \times 193 - 1.6 \times 26 = 229 \text{ (MPa)}$$

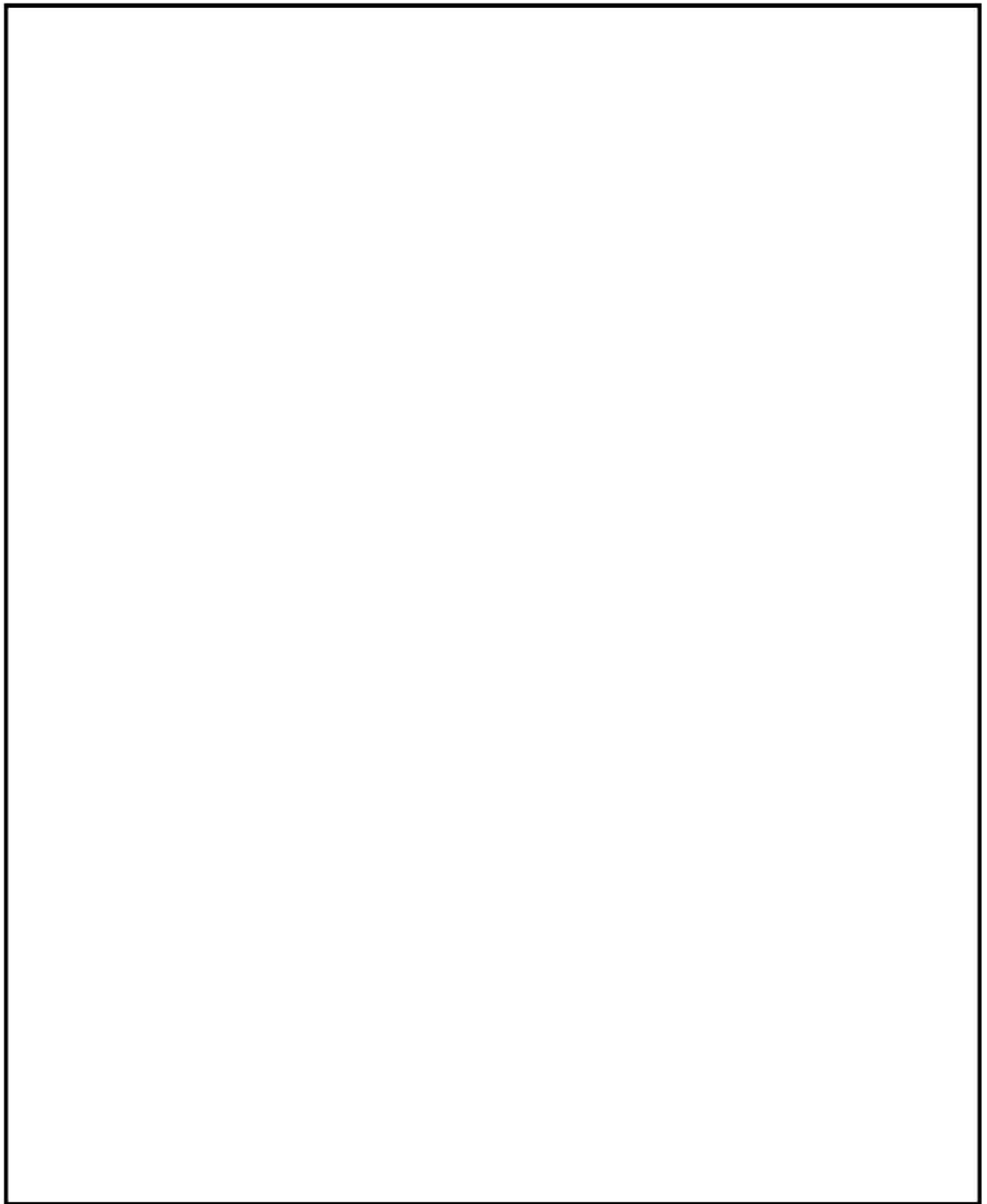
よって、組合せを考慮した引張許容応力は、

$$\text{Min}(1.5f_t^*, 1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6 \tau) = \text{Min}(193, 229) = 193 \text{ (MPa)}$$



$$1G = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

図2 燃料油貯油そう 床応答曲線 (水平方向 減衰1.0%)



$1G=9.80665 \text{ m/s}^2$

図3 燃料油貯油そう 床応答曲線 (鉛直方向 減衰1.0%)

(2) 燃料油貯蔵タンク
 <評価仕様>

表1 評価に必要な諸元

名称	記号	単位	値
最高使用圧力	—	—	大気圧
最高使用温度	—	℃	40
基礎から胴の中心までの高さ	h	mm	
容器の有効運転質量	m_0	kg	
脚1本当たりの質量	m_s	kg	
脚に作用する荷重	R	N	
縦弾性係数比	s	—	
基礎ボルト本数	n	—	
引張を受ける基礎ボルト本数	n_1	—	
脚底板の長手方向幅	a	mm	
脚底板の横方向幅	b	mm	
基礎ボルト呼び径	d	—	
脚底板端面から基礎ボルト中心までの横方向の距離	d_1	mm	
基礎ボルト腐食量	—	mm	
基礎ボルト材質	—	—	SNB7
評価用加速度(水平)：図2参照	C_H	G	
評価用加速度(鉛直)：図3参照	C_V	G	

<解析モデル>

JEAG4601-1987の横置円筒形容器の1質点系モデルに準拠し、機器の重心位置に地震荷重が作用するものとして評価を行った。解析モデルを図1に示す。

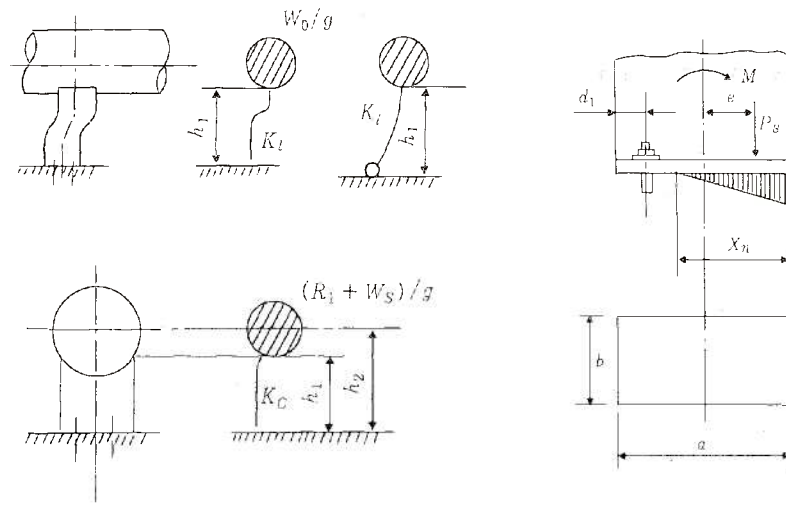


図1 解析モデル

<入力（荷重）条件>

【水平方向】

燃料油貯蔵タンク床応答曲線*（水平方向）より加速度を算出した。（図2参照）
水平方向は剛領域であることから、地震力として床加速度（ZPA）の1.2倍を用いる。

$$1.2ZPA : \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ (G)} \quad (1G=9.80665\text{m/s}^2)$$

$$a_{H1} = \boxed{} \times 9.80665 = \boxed{} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\div \boxed{} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

【鉛直方向】

燃料油貯蔵タンク床応答曲線*（鉛直方向）より加速度を算出した。（図3参照）
鉛直方向は剛領域であることから、地震力として床加速度（ZPA）の1.2倍を用いる。

$$1.2ZPA : \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ (G)} \quad (1G=9.80665\text{m/s}^2)$$

$$a_{V1} = \boxed{} \times 9.80665 = \boxed{} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\div \boxed{} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

※全波包絡FRSにより応答加速度を算出している。

2. 評価結果

以上の結果をまとめると以下の表2のとおりであり、耐震安全性評価上問題ない。

表2 評価結果

応力	減肉前			減肉後		
	発生応力 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比	発生応力* (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
引張	128	451	0.28	132	451	0.29
せん断	50	346	0.14	51	346	0.15

*減肉後の発生応力については、次式より求める。

$$\text{減肉前の発生応力} \times \frac{\text{基礎ボルトの減肉前の断面積}}{\text{基礎ボルトの減肉後の断面積}}$$

$$= \text{減肉前の発生応力} \times \frac{\frac{\pi}{4} \times \square}{\frac{\pi}{4} \times \square - 0.3 \times 2)^2}$$

○許容応力の算出

材料の評価温度(40°C)における設計降伏点 (S_y)、設計引張強さ (S_u) より、

$$1.2S_y = 1.2 \times 725 = 870 \text{ (MPa)}$$

$$0.7S_u = 0.7 \times 860 = 602 \text{ (MPa)}$$

$$F = \text{Min}(1.2S_y, 0.7S_u) = \text{Min}(870, 602) = 602 \text{ (MPa)}$$

ここで、F：材料の許容応力を決定する場合の基準値

・引張応力の算出

$$f_t^* = F/2 = 602/2 = 301 \text{ (MPa)}$$

よって、許容引張応力は、

$$1.5f_t^* = 1.5 \times 301 = 451 \text{ (MPa)}$$

・せん断応力の算出

$$f_s^* = F/1.5\sqrt{3} = 602/1.5\sqrt{3} = 231.7 \div 231 \text{ (MPa)}$$

よって、許容せん断応力は、

$$1.5 f_s^* = 1.5 \times 231 = 346 \text{ (MPa)}$$

・せん断応力と引張応力の組合せ許容応力

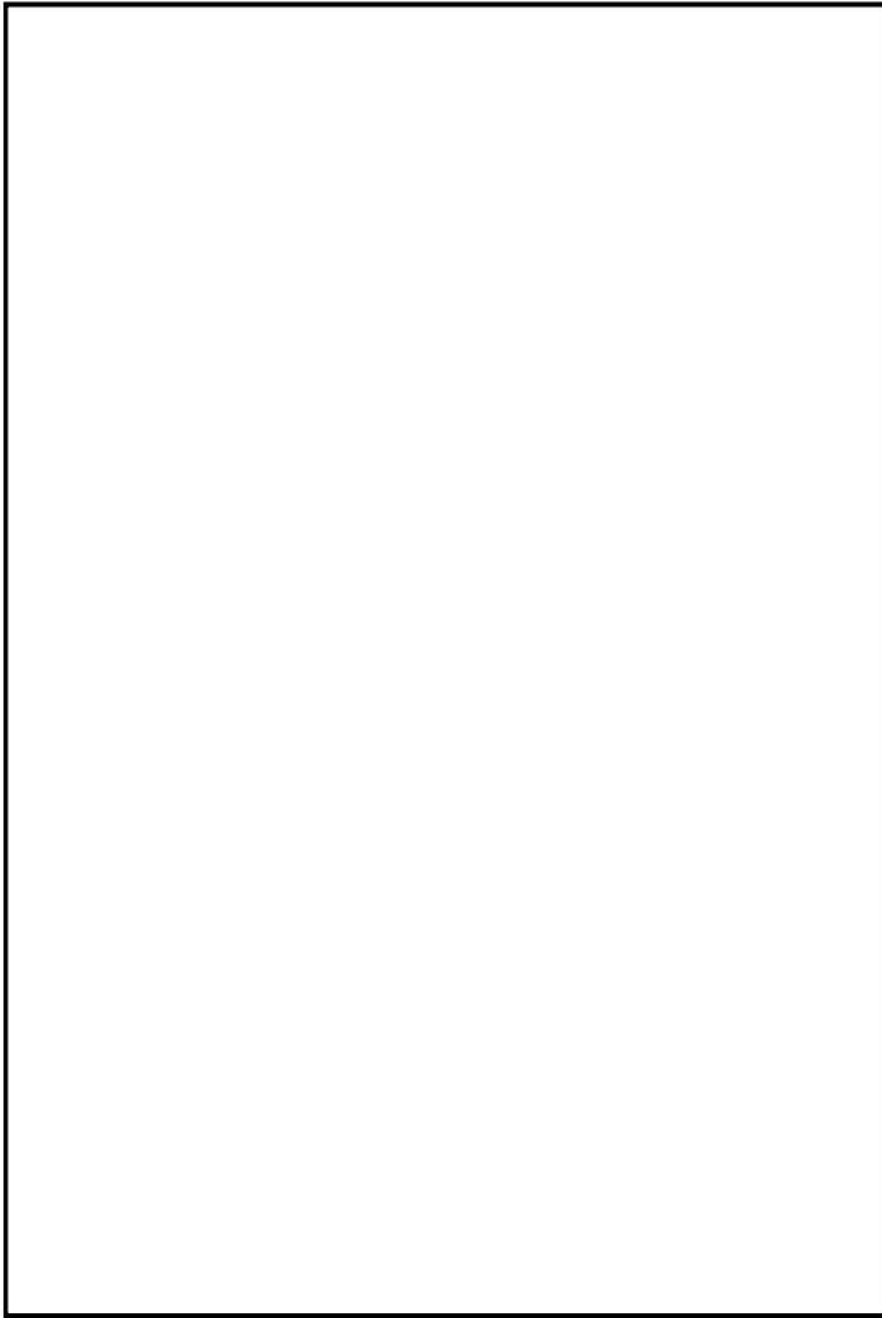
許容引張応力について、せん断応力を組み合わせた場合の許容値を算出した。

S_s によるせん断応力 $\tau = 51 \text{ (MPa)}$

$$1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6 \tau = 1.4 \times 451 - 1.6 \times 51 = 549 \text{ (MPa)}$$

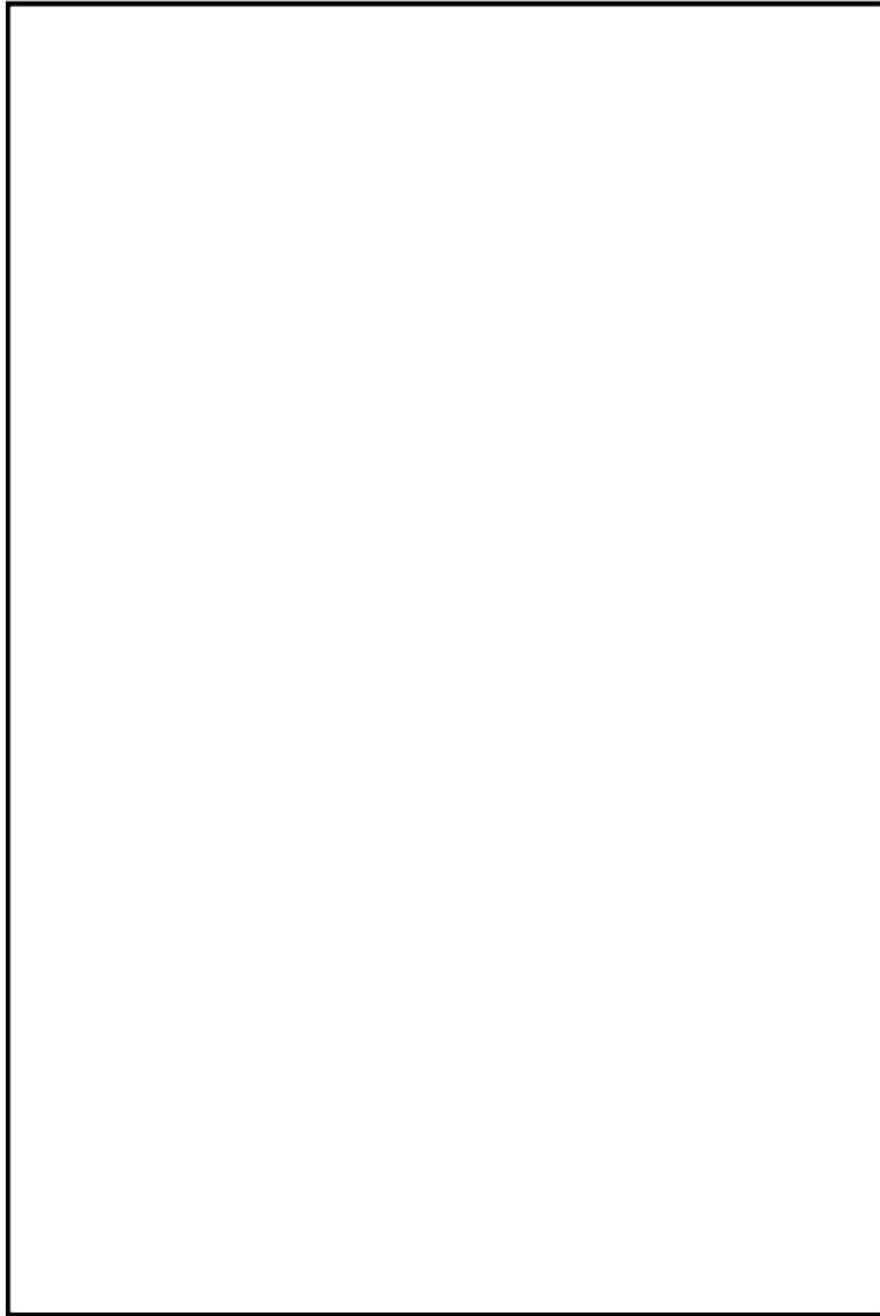
よって、組合せを考慮した許容引張応力は、

$$\text{Min}(1.5f_t^*, 1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6 \tau) = \text{Min}(451, 549) = 451 \text{ (MPa)}$$



$$1G = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

図2 燃料油貯蔵タンク 床応答曲線 (水平方向 減衰1.0%)



$$1G = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

図3 燃料油貯蔵タンク 床応答曲線 (鉛直方向 減衰1.0%)

後打ちアンカの腐食を考慮した耐震評価（例）について

後打ちアンカについては最大許容荷重が定められており、この値以上の荷重がボルトに作用しないよう施工している。

ここでは、玄海原子力発電所3号炉高経年化技術評価の対象設備のうち、炭素鋼の後打ちアンカを使用して設置され、新規制基準工事計画認可申請において評価された設備について、半径方向に0.3mmの減肉を想定した基準地震動S_sに対する耐震評安全性評価を実施し例示した。

結果は表1のとおりであり、応力比が1以下となることから耐震安全性評価上問題ない。

表1 後打ちアンカの腐食を考慮した耐震安全性評価結果

評価対象	型式	ボルト 呼び径	設置 個所	許容 応力 状態	減肉前 応力比	減肉後 応力比	応力 分類
代替電源接続盤1	ケミカルアンカ	M16	屋外	IV ₀ S	0.05	0.05	引張
					0.04	0.04	せん断
代替電源接続盤2	ケミカルアンカ	M16	屋内	IV ₀ S	0.05	0.05	引張
					0.04	0.04	せん断
重大事故等対処用変圧器盤	ケミカルアンカ	M20	屋内	IV ₀ S	0.09	0.09	引張
					0.18	0.19	せん断
重大事故等対処用入出力盤	メカニカルアンカ	M10	屋内	IV ₀ S	0.14	0.17	引張
					0.31	0.36	せん断
使用済み燃料ピット状態監視カメラ	メカニカルアンカ	M16	屋外	IVAS	0.02	0.03	引張
					0.02	0.03	せん断
静的触媒式水素再結合装置	ケミカルアンカ	M24	屋内	IV ₀ S	0.27	0.28	引張
					0.15	0.16	せん断
電気式水素燃焼装置	メカニカルアンカ	M12	屋内	IV ₀ S	0.22	0.25	引張
					0.06	0.06	せん断
		M16	屋内	IV ₀ S	0.28	0.31	引張
					0.04	0.05	せん断

以上

主蒸気系統配管用基礎ボルトの耐震安全性評価について

主蒸気系統配管用基礎ボルトの耐震安全性評価の内容について以下に示す。

1. 評価対象基礎の選定

配管の基礎ボルトについては、複数のベースプレートで支持され、それぞれのベースプレートごとにボルトサイズや本数が異なることから、以下のとおりグループ化を行う。

表1 主蒸気系統配管用基礎のグループ化

グループ番号	ベースプレート台数	仕様 (サイズ×本数)
A	10	M30×4
B	7	M36×4
C	2	M36×4

2. グループの代表選定

主蒸気系統配管のSs地震動の3次元はりモデル解析により算出される、各サポートへの作用荷重、ボルト配置間隔/本数、およびサポートアーム長から、ボルト1本あたりの発生荷重を算出し、各グループごとに最大値となるものをグループの代表とする。

3. 代表に対するボルトの減肉を考慮した応力算出

呼び径の直径で0.6mmの腐食を考慮した断面積を算出し「2. グループの代表選定」で算出した荷重から、各代表のボルトに生じる引張応力およびせん断応力を算出し、許容値との比(応力比)が最大となるものを、主蒸気系統配管用基礎ボルトの耐震安全性評価結果とする。

表2 各グループ代表の減肉を考慮した基礎ボルトの評価結果

グループ番号	代表の発生応力	許容応力 ^{注1}	応力比	
A	引張	105	176	0.60
	せん断	71	159	0.45
B	引張	153	210	0.73 ^{注2}
	せん断	37	160	0.23 ^{注2}
C	引張	62	207	0.30
	せん断	31	159	0.19

注1:各許容応力は下記を用いた。

引張 : $1.5ft^*(ft^*=\text{Min}(1.2Sy, 0.7Su)/2)$ と $1.4 \times 1.5ft^*-1.6\tau$ のうち
小さい方 (τ はせん断応力を示す)

せん断: $1.5fs^*(fs^*=\text{Min}(1.2Sy, 0.7Su)/1.5\sqrt{3})$

注2:評価書に記載した値

4. 評価結果

以上のとおり、地震時に主蒸気系統配管のボルトに発生する最大応力が許容値以下となることから、耐震安全性評価上問題ない。

5. グループBで応力比最大となったボルトの減肉を考慮した発生応力算出例
 グループBの、最大応力比最大となったボルトの発生応力の算出過程について、以下に示す。

表3 ボルト1本あたりにかかる発生荷重算出条件

L ₁ (m)	n ₁ (本)	L _{ms} (m)	N ボルト全本数

表4 基礎ボルト評価用荷重

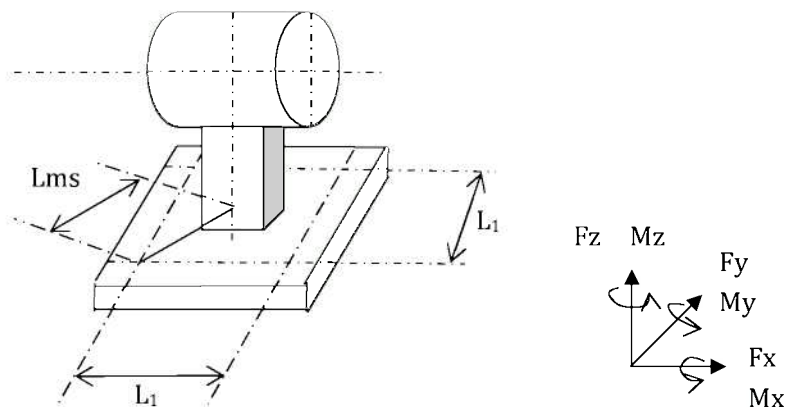
F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kN・m)	M _y (kN・m)	M _z (kN・m)

ボルト1本あたりの発生荷重の算出式は以下のとおり。

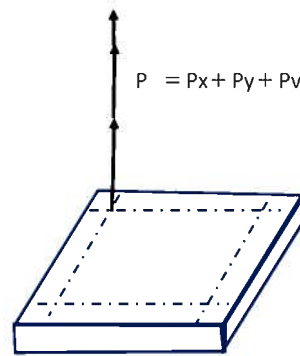
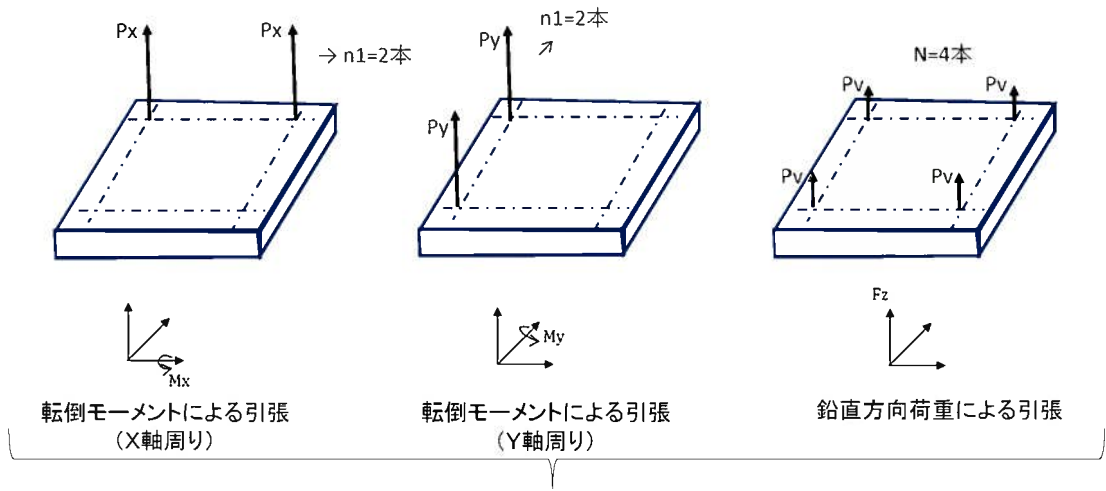
- ・耐力 :
$$MX = \frac{P_x}{L_1} (n_1 L_1^2)$$

$$MY = \frac{P_y}{L_1} (n_1 L_1^2)$$
- ・外力 : $MX = M_x, MY = M_y$
- ・引抜荷重 : $P_v = F_z \div N$

$$P = P_x + P_y + P_v$$
- ・せん断荷重 : $\tau = [(M_z \div L_{ms}) + \sqrt{(F_x^2 + F_y^2)}] \div N$

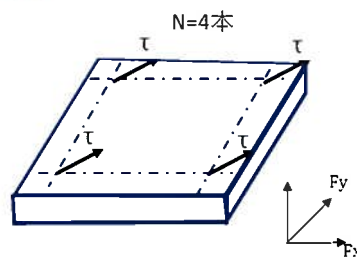


【引張】



組合せが最大値となる引張力

【せん断】



水平方向荷重による基礎ボルトのせん断

表5 ボルト1本あたりにかかる発生荷重算出結果

X方向引抜荷重	Y方向引抜荷重	Z方向引抜荷重	せん断荷重
P_x (kN/本)	P_y (kN/本)	P_v (kN/本)	τ (kN/本)

表6 ボルトに生じる発生応力算出条件

呼び径 (mm)	腐食前	36.0
	腐食後	35.4
断面積 (mm ²)	腐食前	1,017
	腐食後	984

ボルトの発生応力の算出式は以下のとおり

引張応力 : 引抜荷重(X方向+Y方向+Z方向) ÷ 腐食後の断面積

せん断応力 : せん断荷重 ÷ 腐食後の断面積

表7 ボルトに生じる発生応力算出結果

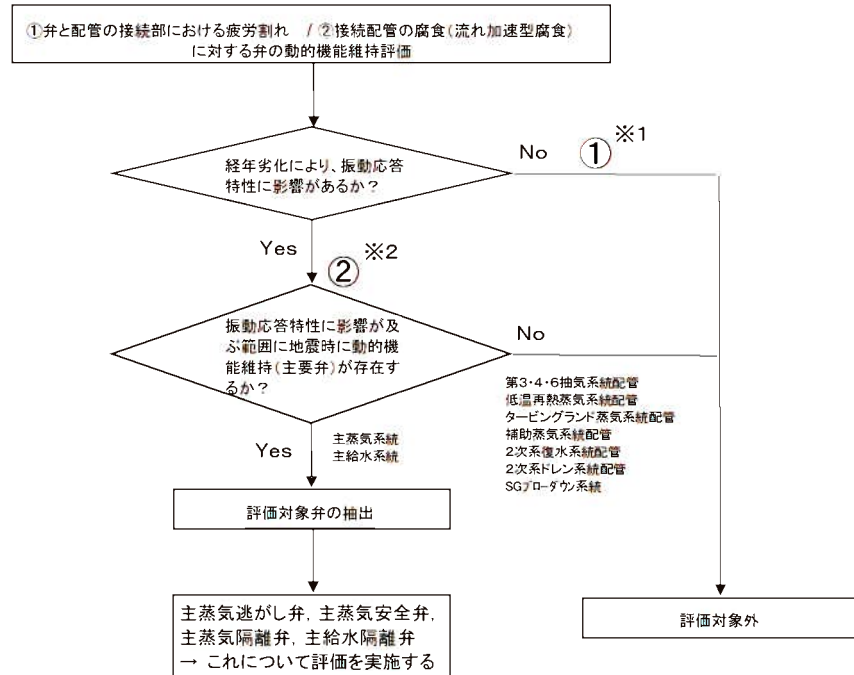
引張応力 (MPa)	せん断応力 (MPa)
153	37

以上

タイトル	主蒸気逃がし弁他に接続する配管の流れ加速型腐食に対する動的機能維持評価について
説明	<p>1. 動的機能維持評価の対象機器・経年劣化事象の抽出</p> <p>地震時に動的機能維持が要求される機器（弁、ポンプ、ファン等）については、地震時の応答加速度が機器の機能確認済加速度以下であること等により動的機能が維持されることを確認しているが、想定される経年劣化を考慮した場合にも動的機能が維持されることを確認する。</p> <p>動的機能の維持が要求される機器は、工事計画認可で対象に挙げている機器と同様である。そのうち、対象機器において想定される耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象（弁の場合は接続される配管の経年劣化を含む）を考慮した状態における、動的機能維持評価の必要性について以下のとおり検討した。</p> <p>a. 弁</p> <p>想定される経年劣化事象として低サイクル疲労および腐食（流れ加速型腐食）がある。低サイクル疲労については、運転開始後60年時点での推定過渡回数を考慮して算出した疲労累積係数（接液部は環境疲労を考慮した疲労累積係数）と基準地震動 S_s、または弾性設計用地震動 S_d を考慮した疲労累積係数の合計が許容値 1 を下回り、低サイクル疲労割れが発生しないことから振動応答特性への影響はなく、地震時の動的機能は維持される。</p> <p>腐食（流れ加速型腐食）については、動的機能の維持が要求される弁に接続する配管の流れ加速型腐食による振動応答特性への影響を考慮した場合、地震時の応答加速度に影響を及ぼす可能性があるため、配管減肉を考慮した耐震評価を行う際に得られる弁の地震時応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。</p> <p>動的機能維持評価対象弁の選定フローを図15-1に示す。</p> <p>b. ポンプ、ポンプモータ、炉内構造物、電気設備、計測制御設備、電源設備</p> <p>想定される経年劣化事象については、現状の保全対策により機器等に与える影響が十分小さいことを確認した。</p> <p>炉内構造物については、制御棒クラスター案内管の摩耗に対する制御棒挿入時間解析評価において、制御棒挿入時間が規定値を下回ることから、地震時の動的機能については維持されると判断する。</p> <p>また、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象に対する耐震安全性評価の実施により、その他の機器等における動的機能維持に必要な部位での経年劣化事象は、機器の振動応答特性への影響が「軽微もしくは無視」できる事象であることを確認した。</p> <p>これより、経年劣化事象を考慮しても、地震時に動的機能の維持が要求される機器等における地震時の応答加速度は各機器の機能確認済加速度を上回るものでない等と考えられ、地震時の動的機能についても維持されると判断する。</p>

2. 動的機能維持評価の対象弁・経年劣化事象の選定

弁の地震時の応答加速度が機能確認済加速度を上回らないこと等を確認すべき対象を以下のとおり選定した。



※1: 疲労割れが生じた場合は振動応答に影響を与える可能性があるが、疲労累積係数が1以下であることを確認しているため割れは発生せず、振動応答に影響を与える経年劣化事象ではない

※2: 弁そのものの経年劣化事象ではないが、接続配管に流れ加速型腐食が生じた場合は、配管の振動応答特性の変化が弁の応答加速度に影響すると考えられる

図15-1 動的機能維持評価の対象弁・経年劣化事象の選定フロー

3. 評価結果

主蒸気逃がし弁、主蒸気安全弁、主蒸気隔離弁および主給水隔離弁に接続する主蒸気系統配管・主給水系統配管の、流れ加速型腐食に係る減肉管理部位を必要最小肉厚まで一様に減肉させたモデル（添付-1参照）を用いて、全波包絡FRSによるスペクトルモーダル解析を実施し、対象弁における応答加速度を算出した結果、機能確認済加速度を上回ることがないこと等を確認した。よって動的機能維持の観点から耐震安全性上問題ないことを確認した。（減肉を想定した評価によって算出された応答加速度が、工認での評価結果より小さくなった弁について、その理由を参考として添付-2に示す。）

また、高次モード（100Hz）までの拡張の影響評価結果および水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果について、主蒸気逃がし弁を例とし、それぞれ添付-3および添付-4に示す。

表15-1 主蒸気逃がし弁他の動的機能維持評価結果

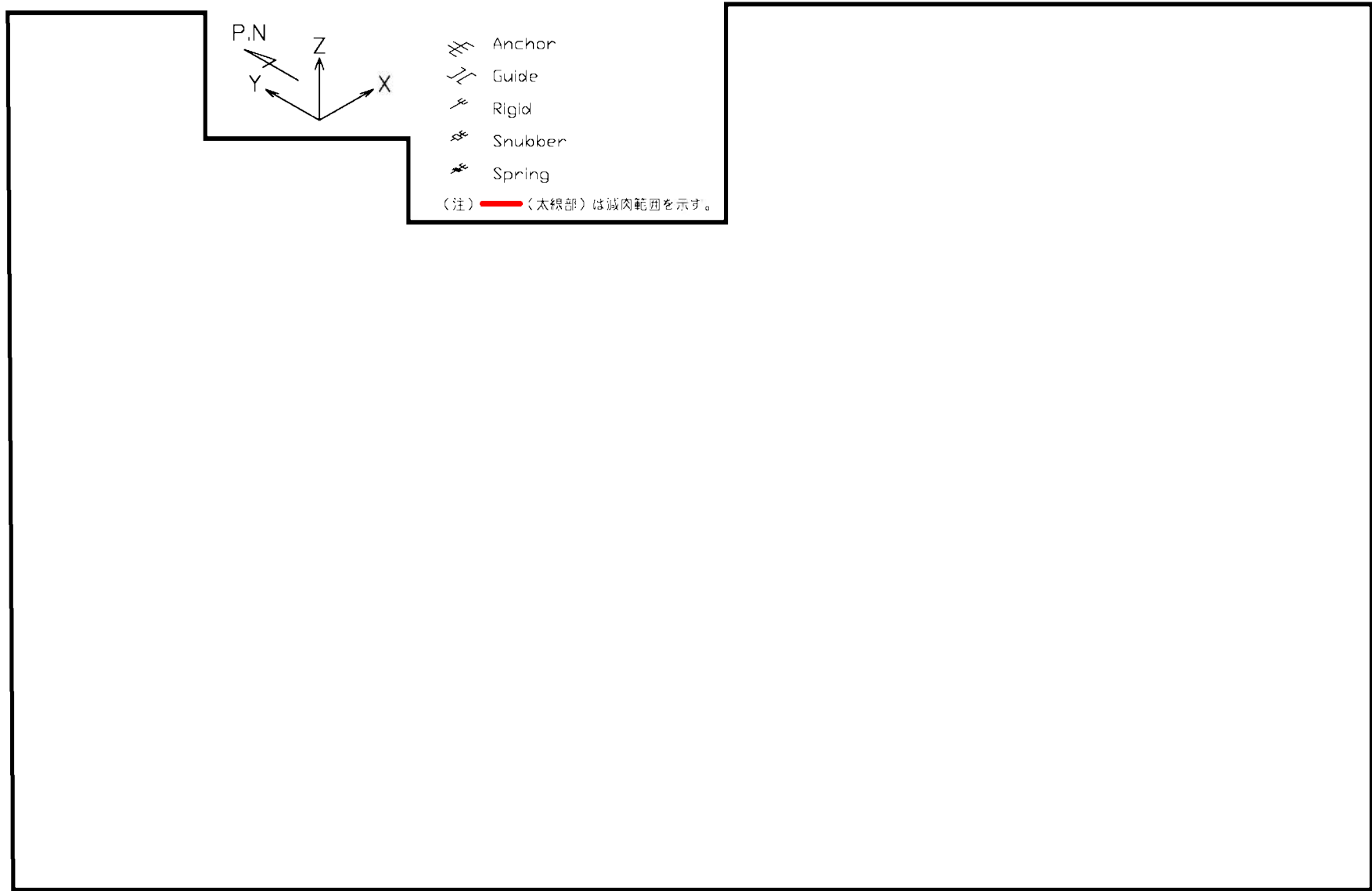
対象弁		S s	
		水平	鉛直
主蒸気逃がし弁 (3PCV-3640)	応答加速度	4.2G [4.7G]	1.1G [1.1G]
	機能確認済 加速度	6.0G	6.0G
主蒸気安全弁 (3V-MS-528A) (水平加速度最大)	応答加速度	6.9G [6.2G]	1.4G [1.3G]
	機能確認済 加速度	13.0G	3.0G
主蒸気安全弁 (3V-MS-530A) (鉛直加速度最大)	応答加速度	6.0G [5.3G]	1.9G [1.7G]
	機能確認済 加速度	13.0G	3.0G
主蒸気隔離弁 (3V-MS-533B)	応答加速度	2.2G [2.1G]	1.7G [1.4G]
	機能確認済 加速度	6.0G	6.0G
主給水隔離弁 (3V-FW-520A)	応答加速度	3.4G [3.2G]	1.7G [1.4G]
	機能確認済 加速度	6.0G	6.0G

(注) 1G=9.80665 (m/s²)

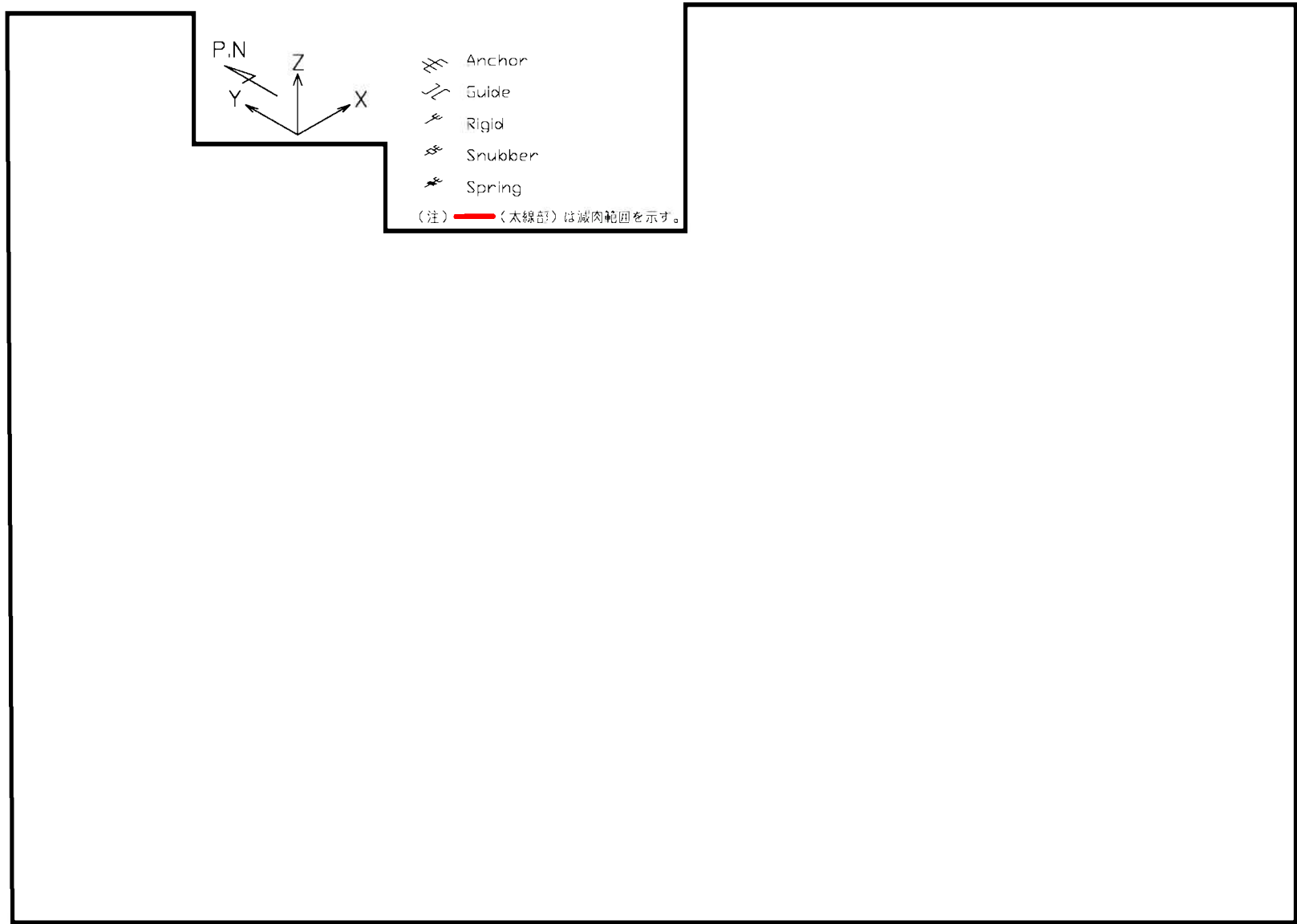
「機能確認済加速度」は「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」に記載される機能維持確認済加速度

[]内は工認での評価結果 (補足説明資料含む)

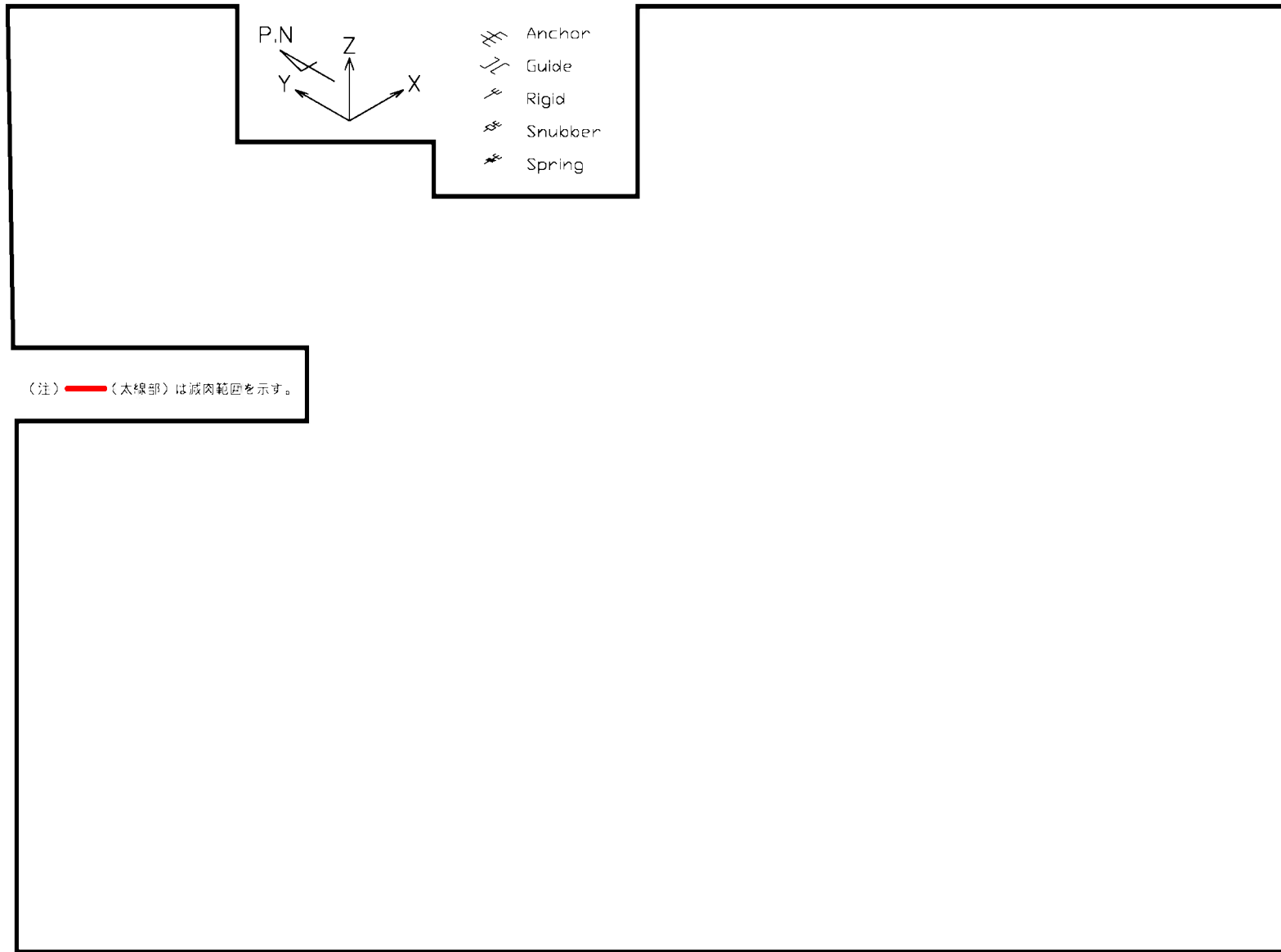
以 上



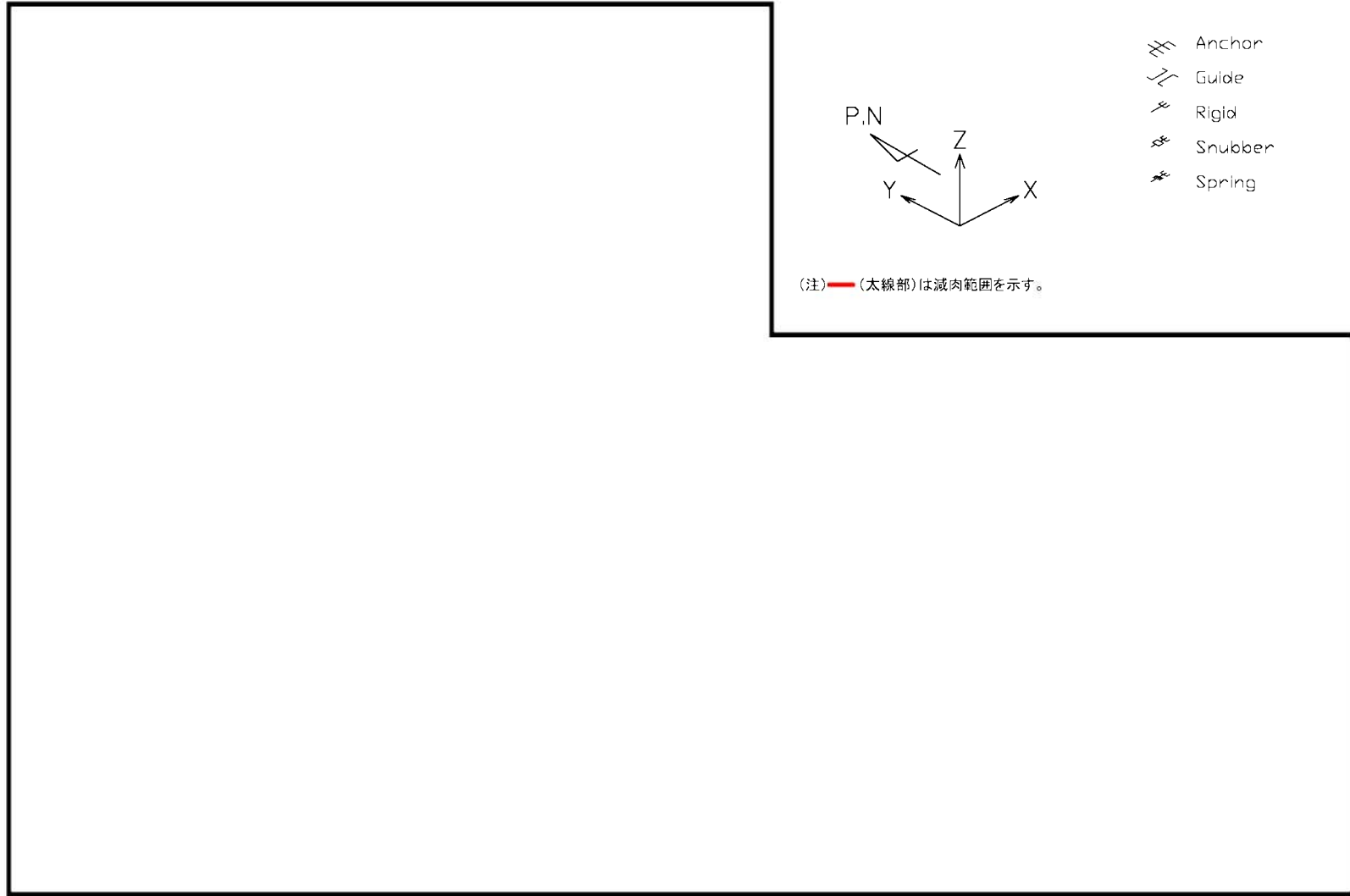
主蒸気系統配管(A-主蒸気配管(CV外)) (解析モデル)



主蒸気系統配管(B-主蒸気配管(CV外)) (解析モデル)



主蒸気系統配管(D-主蒸気配管(CV外)) (解析モデル)



主給水系統配管(A-主給水配管(CV外))(解析モデル)

主蒸気逃がし弁(3PCV-3640)の配管減肉を想定した応答加速度が
工認での結果より小さくなっている理由について

- ①配管系の地震応答は多くの固有モードの組み合わせで構成されている。
- ②各振動モードについては、振動方向がある設備の静止位置から正負どちらも存在している。このため、設備の設置位置で、変位が相殺されたり、増幅されたりする。これはモード図や刺激係数の変動で示される。
- ③本弁の評価値(加速度)は、減肉なし(工認)及び減肉あり(PLM)ともに卓越モードは1次である。表15-2-1及び図15-2-1, 2に示すとおり、減肉により入力加速度、刺激係数及びモード形状が変動し、応答加速度は減肉なしの方が大きい結果となった。評価値(加速度)は各モードの組み合わせで構成されているため、上記の入力加速度、刺激係数の変動が主な要因と想定される。

表15-2-1 卓越モードの応答加速度の比較

モデル	次数	入力加速度 (Y地震) ^{注1}	刺激係数 (Y地震) ^{注1}	応答加速度(弁) (G) ^{注1}	モード図
		(G)	(-)	Y	
減肉なし (工認)					図15-2-1
減肉あり (PLM)					図15-2-2

注1：各モード(次数)での値

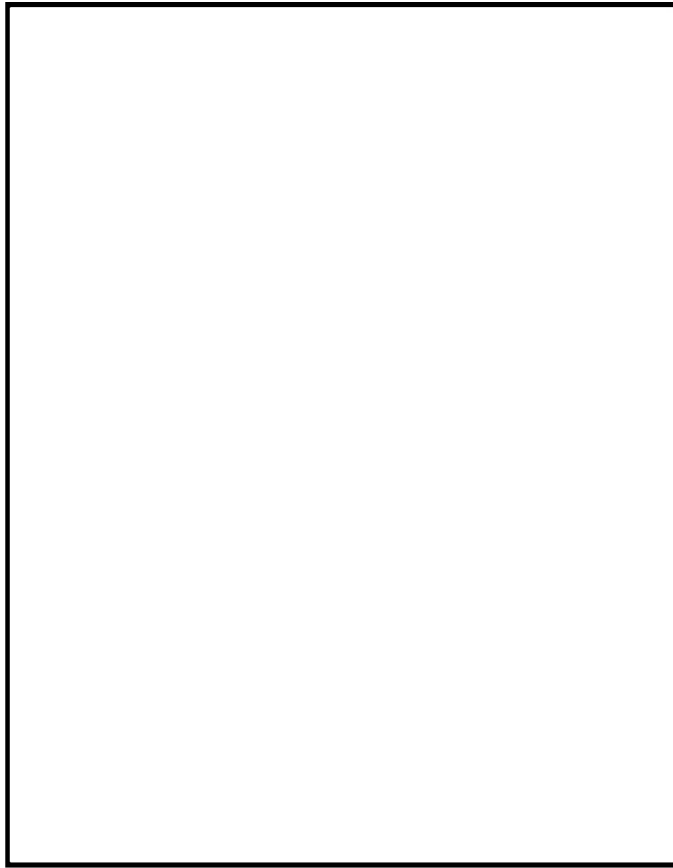


図15-2-1 減肉なし(一次モード)

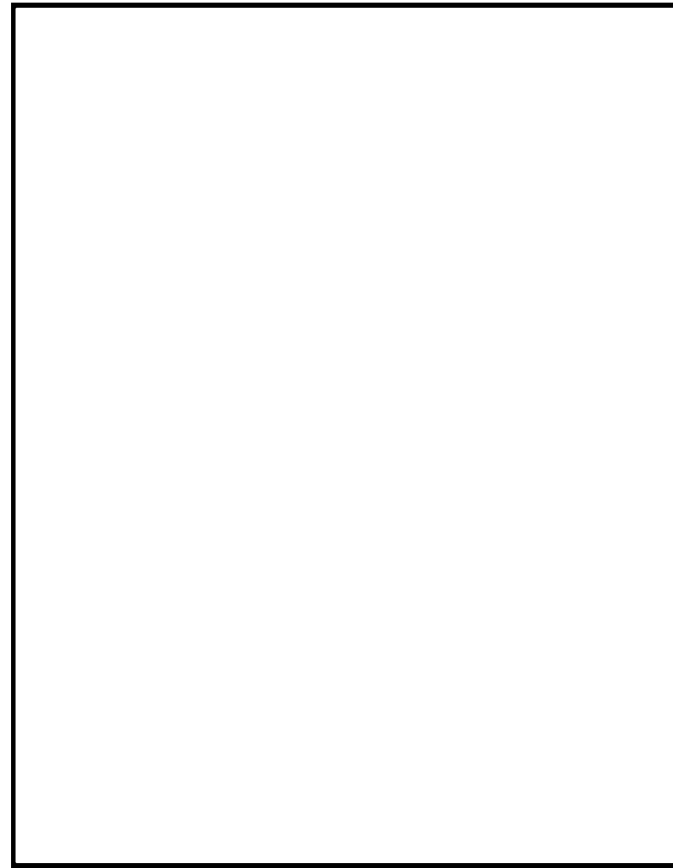


図15-2-2 減肉あり(一次モード)

主蒸気逃がし弁(3PCV-3640)の卓越振動モードの比較

主蒸気逃がし弁の高次モード(100Hz)までの拡張による影響評価について

表15-3-1に示した動的機能維持評価結果については、50Hzまでの床応答スペクトルを用いた評価結果であるが、ここでは主蒸気逃がし弁を例とし、高次モード(100Hz)まで拡張して応答加速度を算出した評価結果を表15-3-1に示す。

なお、評価モデルおよび使用するFRSは、50Hzまでの評価と同じとした。

表15-3-1 主蒸気逃がし弁動的機能維持の高次モード拡張影響評価結果

対象弁			S _s	
			水平	鉛直
主蒸気逃がし弁 (3PCV-3640)	応答 加速度	50Hzまで	4.2G [4.7G]	1.1G
		100Hzまで	4.2G [4.7G]	1.1G

(注) 1G=9.80665 (m/s²)

[]内は工認での評価結果 (補足説明資料を含む)

以上のとおり、主蒸気逃がし弁について、50Hzから高次モード(100Hz)まで拡張して応答加速度を評価した結果、加速度の増分は3%未満であり影響は軽微であることを確認した。

以上

主蒸気逃がし弁の動的機能維持の水平2方向と鉛直方向の組合せ評価について

1. 評価方法

水平2方向と鉛直方向の組合せによる影響評価については、「X方向+Z方向の応答加速度」と「Y方向+Z方向の応答加速度」をSRSSする方法で算出した。

2. 評価結果

水平2方向と鉛直方向の組合せ評価結果は表15-4-1のとおりである。なお、水平2方向考慮による、弁の鉛直方向の応答への影響は小さいため評価は実施していない。

表15-4-1 主蒸気逃がし弁の水平2方向と鉛直方向の組合せ評価結果

対象弁			S _s (水平)
主蒸気逃がし弁 (3PCV-3640)	水平1方向と鉛直 方向の組合せ	応答加速度	4.2G [4.7G]
		機能確認済加速度	6.0G
	水平2方向と鉛直 方向の組合せ	応答加速度	4.8G [5.2G]
		機能確認済加速度	6.0G

(注) 1G=9.80665 (m/s²)

[]内は配管に減肉を想定しない場合の評価結果 (工認 補足説明資料等)

以上のとおり、主蒸気逃がし弁について、水平2方向と鉛直方向の組合せを考慮しても、地震時の動的機能に問題はない。

以上

タイトル	制御棒クラスダ被覆管および案内管の摩耗に対する制御棒挿入性評価について
説明	<p>制御棒被覆管の摩耗に対する具体的評価内容（挿入時間の評価）について、添付－1に示す。</p> <p>なお、制御棒クラスダ案内管（案内板）および被覆管の摩耗による抗力について、添付－2に示す。</p> <p>また、新規制基準適合に係る工事計画認可における審査内容の反映で、燃料集合体の照射影響を考慮した評価を実施しており、その評価手法の概要を添付－3に示す。</p>

被覆管に摩耗が存在する時の制御棒挿入性評価

制御棒被覆管の摩耗に対する評価として実施する、制御棒挿入時間評価の内容は以下のとおり。

1. 制御棒クラスターの構造

制御棒クラスターは、1つの制御棒スパイダーおよび24本の制御棒から構成される。

制御棒スパイダーは、スパイダー本体より放射状に配置したベーンおよび円筒形のフィンガから構成される。

制御棒は、ねじによりフィンガと接合され、ピンにより回り止めされている。

制御棒は、中性子吸収材である80%銀、15%インジウム、5%カドミウムの合金をステンレス鋼製の被覆管に挿入し、被覆管両端に端栓を溶接した密封構造となっている。

制御棒には、さらにコイルばねが入れられており、中性子吸収材の軸方向の動きを制限している。

構造説明図を図16-1-1および図16-1-2に示す。

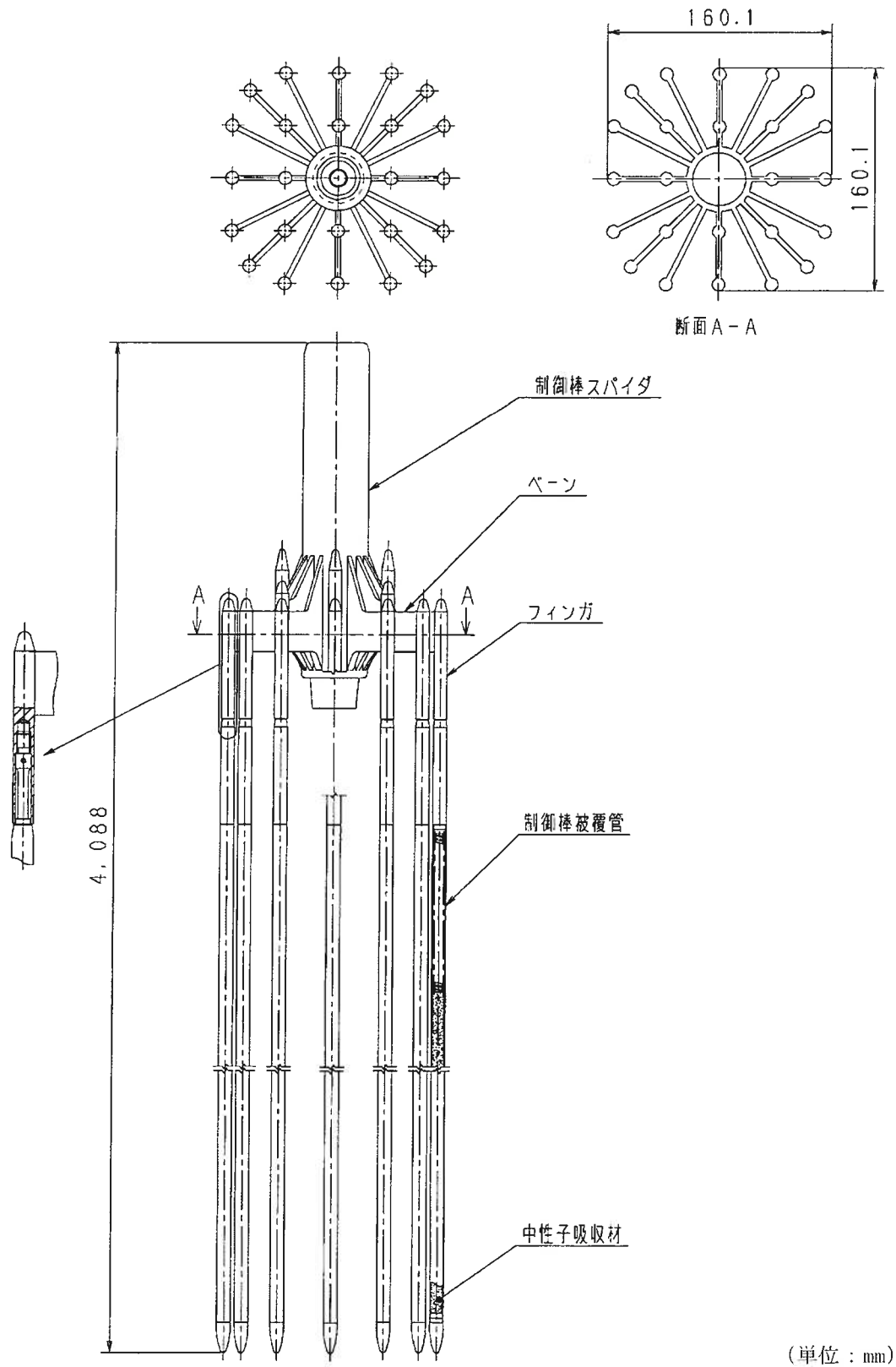
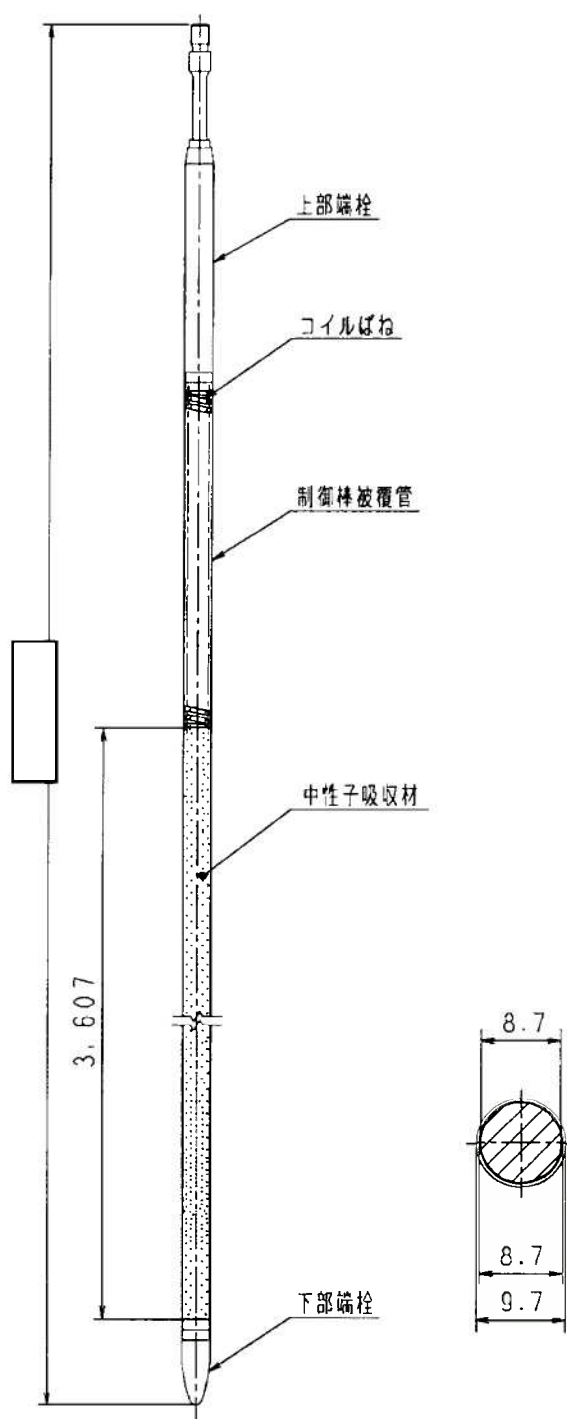


図16-1-1 17×17型制御棒クラスタ構造図



(単位 : mm)

図16-1-2 17×17型制御棒構造図

2. 評価仕様

制御棒挿入時間評価は、制御棒クラスタが自重で落下する時に受ける各種の抗力を考慮し、下記の運動方程式を解くことで、最終的に制御棒クラスタの挿入距離と挿入時間を求めるものである。地震時の挿入時間の算出においては、制御棒挿入経路機器である制御棒クラスタ駆動装置、制御棒クラスタ案内管、燃料集合体（制御棒案内シンプル）の地震応答に対応する制御棒挿入抗力を考慮し、挿入時間を算出する。

また、制御棒被覆管の摩耗に対する評価では、制御棒被覆管の摩耗および制御棒クラスタ案内管案内板の摩耗を考慮した挿入抗力を地震時の制御棒挿入抗力に付加し、挿入時間を算出する。評価の全体フローを図16-1-4に示す。

$$M \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = M \cdot g - (F_f + F_v + F_w + F_m + F_u)$$

ここで、

M	:	質量
x	:	制御棒クラスタ挿入距離
t	:	制御棒クラスタ挿入時間
g	:	重力加速度
F _f	:	流体による抗力
F _v	:	地震外力による抗力
F _w	:	摩耗による抗力
F _m	:	メカニカル抗力
F _u	:	浮力

3. 入力条件

(1) 地震外力による抗力

制御棒挿入時間評価の入力となる地震時の制御棒挿入経路機器の最大応答変位を表16-1-1に示す。これらの機器応答に対応する地震時の制御棒挿入抗力を求め、挿入時間を算出する。

表16-1-1 地震時 制御棒挿入経路機器応答*

最大変位 (mm)		
制御棒クラスタ 駆動装置	制御棒クラスタ 案内管	燃料集合体 制御棒案内シンプル
6.1	1.2	24.8

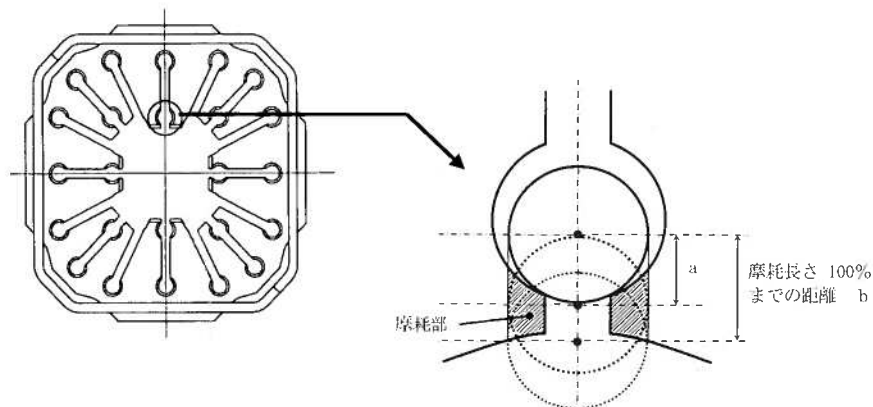
*: 照射の影響を考慮

(2) 摩耗による抗力

制御棒クラスタ案内管（案内板）および被覆管の摩耗による抗力については、過去に実施したモックアップによる抗力測定試験で取得した摩耗抗力から抗力値を設定している。

摩耗量について制御棒に対しては、保守的に制御棒の被覆管の一部が100%摩耗することを仮定している。また、制御棒クラスタ案内管の案内板は図16-1-3に示すような摩耗（摩耗長さ68%）を仮定している。

以上より、案内管（案内板）および被覆管の摩耗条件を組み合わせた場合に最大となる制御棒挿入抗力を、摩耗による抗力として設定している。



$$\text{摩耗長さ}[\%] = a / b \times 100$$

a : 摩耗進行距離

b : 制御棒が制御棒クラスタ案内管案内穴より抜け出る距離

(摩耗長さ100%)

図16-1-3 制御棒クラスタ案内管 案内板摩耗の仮定

4. 評価結果

制御棒挿入時間の評価結果を表16-1-2に示す。

表16-1-2 制御棒クラスタ挿入時間計算結果

(単位：秒)

	制御棒クラスタ挿入時間* ¹	規定時間* ²
通常運転時	1.64	2.2
地震時 (制御棒クラスタ案内管 案内板、制御棒被覆管 摩耗考慮) (S s - 5)	1.97	

*1：各時間は落下開始から制御棒が全ストロークの85%に至るまでの時間

*2：令和元年7月25日付け原規規発第1907251号にて認可された工事計画の添付資料2「耐震性に関する説明書」に記載の値

5. 補足 (制御棒クラスタ案内管案内板、制御棒被覆管の摩耗を考慮しない場合)

①地震時 制御棒挿入経路機器応答

表16-1-3 地震時 制御棒挿入経路機器応答*

制御棒クラスタ 駆動装置	最大変位 (mm)	
	制御棒クラスタ 案内管	燃料集合体 制御棒案内シンプル
6.1	1.2	24.8

*:照射の影響を考慮

②評価結果

表16-1-4 制御棒クラスタ挿入時間計算結果

(単位：秒)

	制御棒クラスタ挿入時間* ¹	規定時間* ²
地震時挿入時間 (S s - 5)	1.96	2.2

*1：各時間は落下開始から制御棒が全ストロークの85%に至るまでの時間

*2：令和元年7月25日付け原規規発第1907251号にて認可された工事計画の添付資料2「耐震性に関する説明書」に記載の値

以上

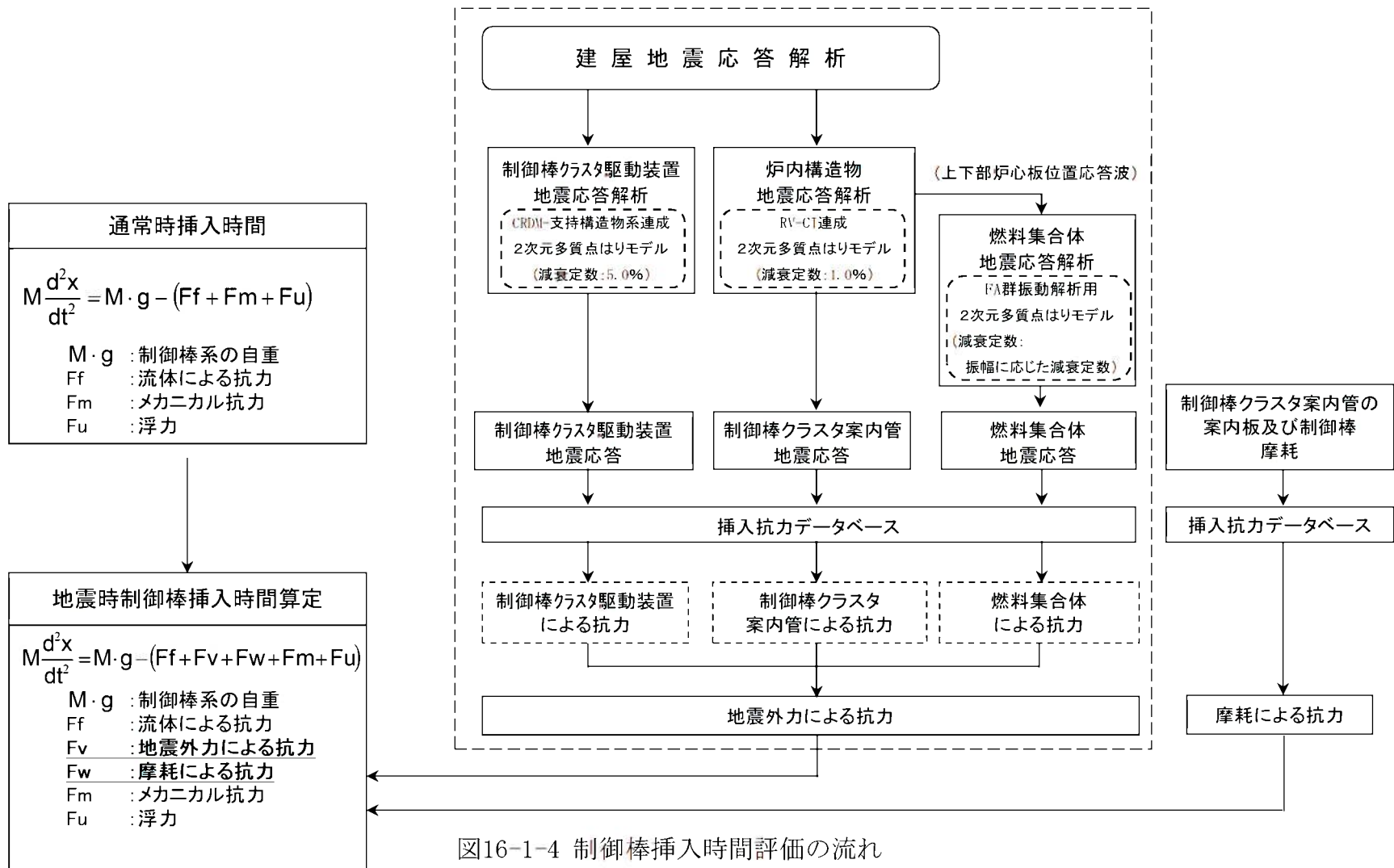


図16-1-4 制御棒挿入時間評価の流れ

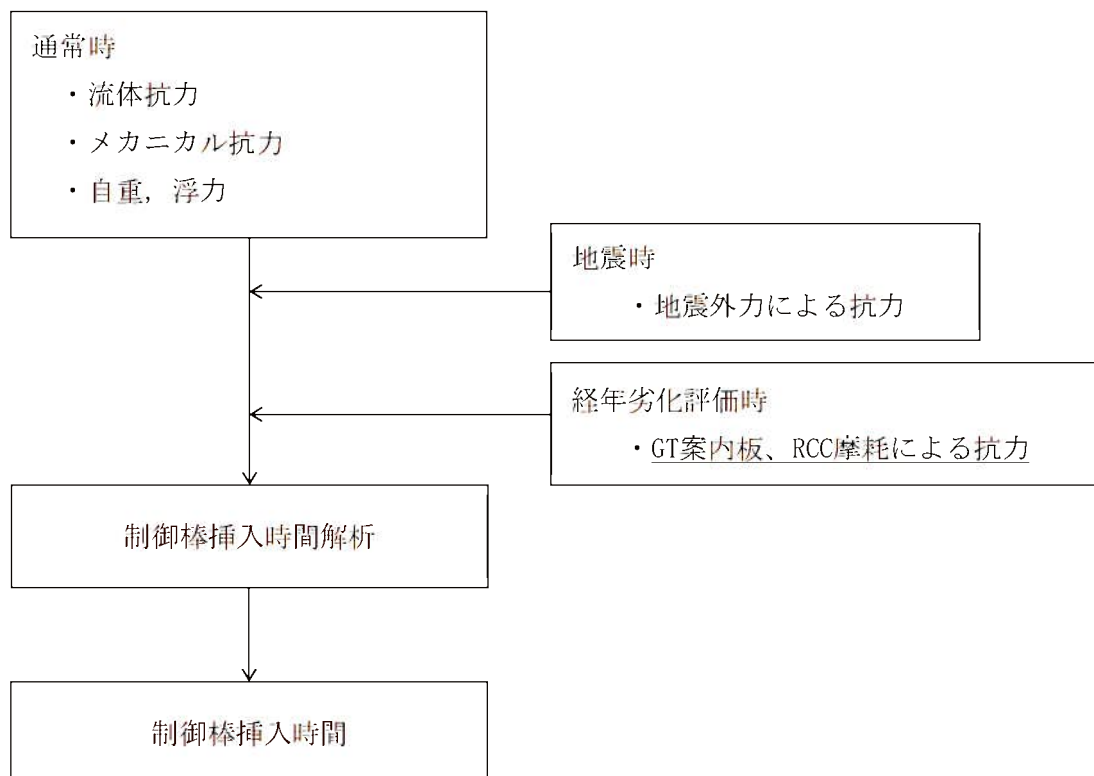
制御棒クラスタ案内管案内板および制御棒クラスタ被覆管の摩耗による抗力について

1. 制御棒挿入性評価の流れ

制御棒クラスタ案内管（GT）案内板および制御棒クラスタ（RCC）摩耗時における制御棒挿入性評価の概略フローを以下に示す。

RCCの挿入経路は、制御棒クラスタ駆動装置、GT、燃料集合体（制御棒案内シムプル）で構成されている。通常時において、この各部挿入経路で受けるRCCの抗力は流体による抗力およびメカニカル抗力であり、これらにRCCの浮力や自重を考慮して挿入時間を評価する。地震時には、これに地震外力による抗力が付加される。地震外力による抗力は、地震外力によりRCCが各挿入経路機器に押付けられることで生じる摩擦力であり、地震応答計算で得られた各部の地震応答と実験で得られた各部の地震抗力との関係から求めている。

経年劣化評価時のGT案内板およびRCC摩耗を考慮した制御棒挿入性評価では、上記の流体抗力、メカニカル抗力、地震外力による抗力に加えて、GT案内板とRCCの摩耗部が接触することで生じる抗力も加味している。



2. GT案内板およびRCC摩耗による抗力の設定手順

GT案内板およびRCCの摩耗による抗力は、試験で得られたGTとRCCの摩耗抗力とRCCの摩耗分布を組み合わせて設定している。図16-2-1にGT/RCC摩耗による抗力の設定フローを示す。また、各①, ②, ③, ④の説明を以降に示す。

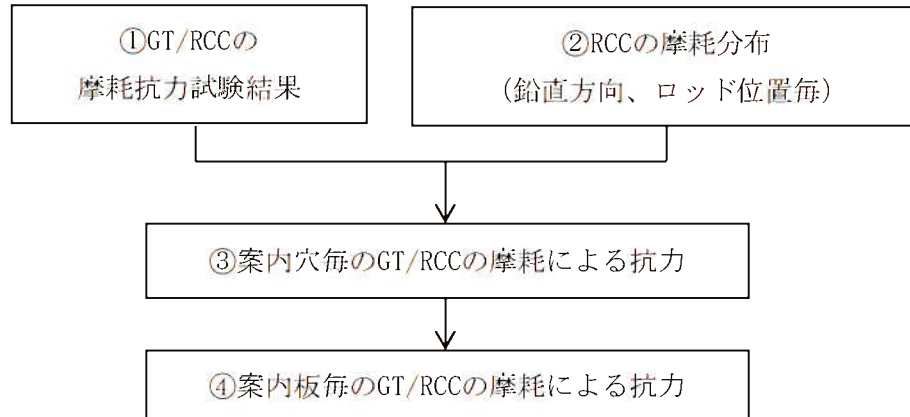


図16-2-1. GT/RCC摩耗による抗力の設定フロー

① GT/RCC の摩耗抗力試験結果

(概要)

平成7年度の電力共同研究において、GT案内板とRCCのそれぞれに摩耗を模擬したモックアップを用いて抗力測定試験を実施し、GT案内板とRCCロッドの摩耗部が接触することで生じる抗力データを取得している。図16-2-2に試験概要を示す。RCCロッド1体に流体力を模擬した水平力を与えてRCCロッドをゆっくり挿入するときの抗力を測定している。表16-2-1-1、表16-2-1-2に示すように、本試験にてGT案内板摩耗量とRCCの摩耗量の組合せに基づく抗力値を整理している。この試験結果に対し以下の条件を踏まえてGT/RCCの摩耗による抗力を設定している（表16-2-1-1、表16-2-2-1の青枠囲みの抗力値）。

(詳細条件)

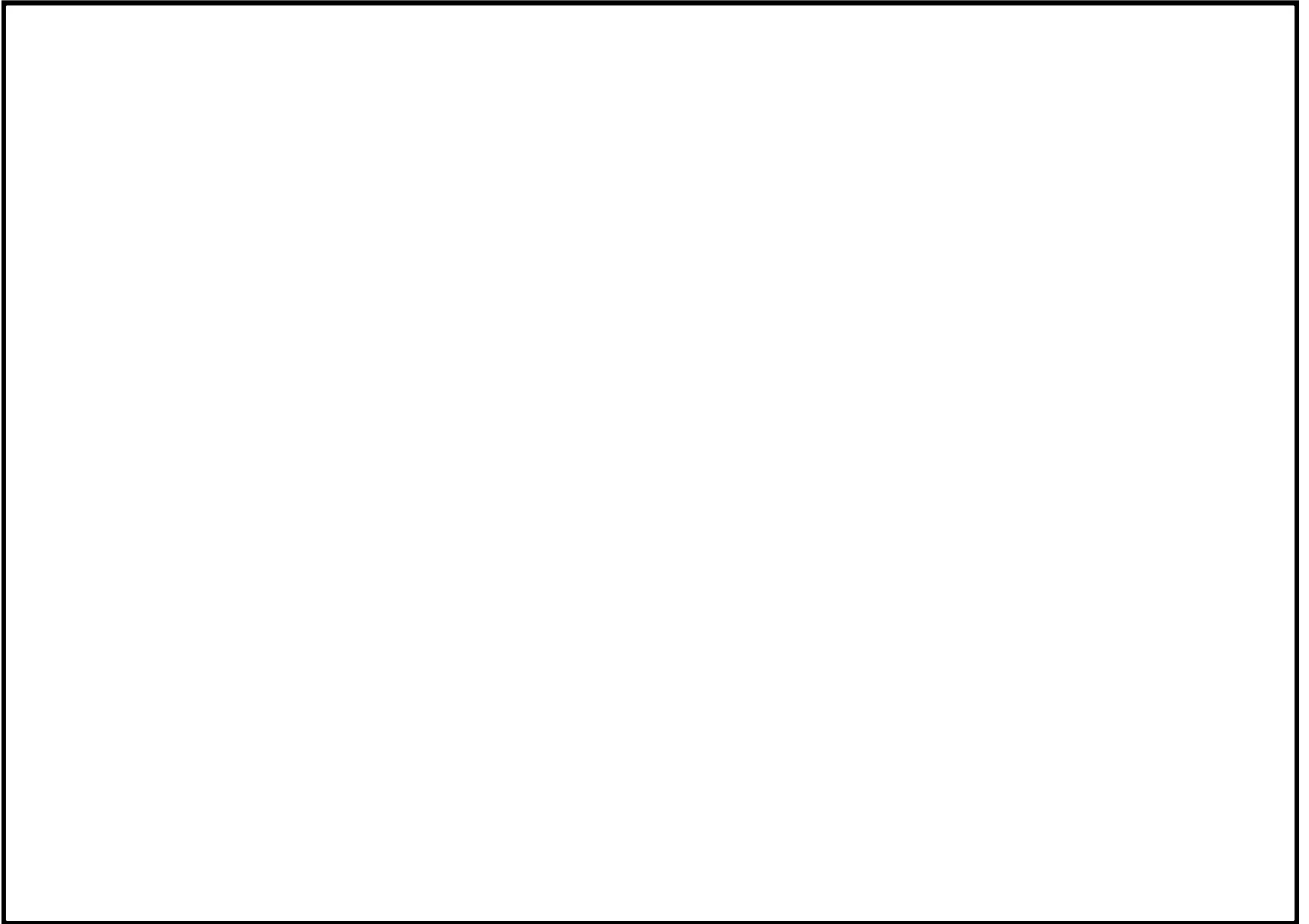


図 16-2-2 静的抗力試験概要

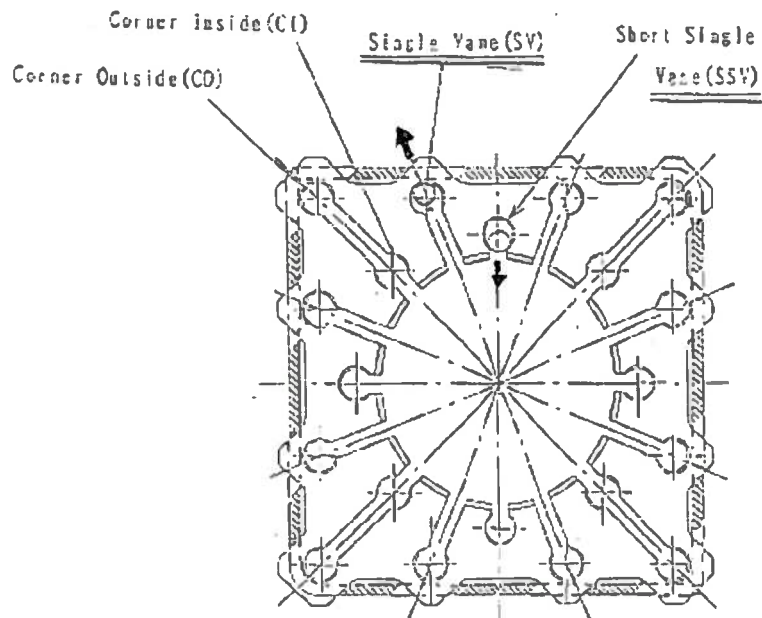


図 16-2-3 15×15GT の摩耗形態

表16-2-1-1 15×15プラント SSV側 (押付力) の静的抗力試験結果

(単位: g)

	G T 板 摩 耗 量						
	0%	チャンファー 50%	チャンファー 100%	土手の 中間	土手の 終点	中間 摩耗	最大 摩耗
R C C ロ ッ ド 摩 耗 量							

表16-2-1-2 SSV内側摩耗条件

G T 摩 耗 形 状	摩 耗 深 さ (mm)
チャンファー 0%	0
チャンファー 50%	
チャンファー 100%	
(土手の中間) チャンファー 100% + 上面 50%	
(土手の終点) チャンファー 100% + 上面 100%	
中間摩耗	
最大摩耗	

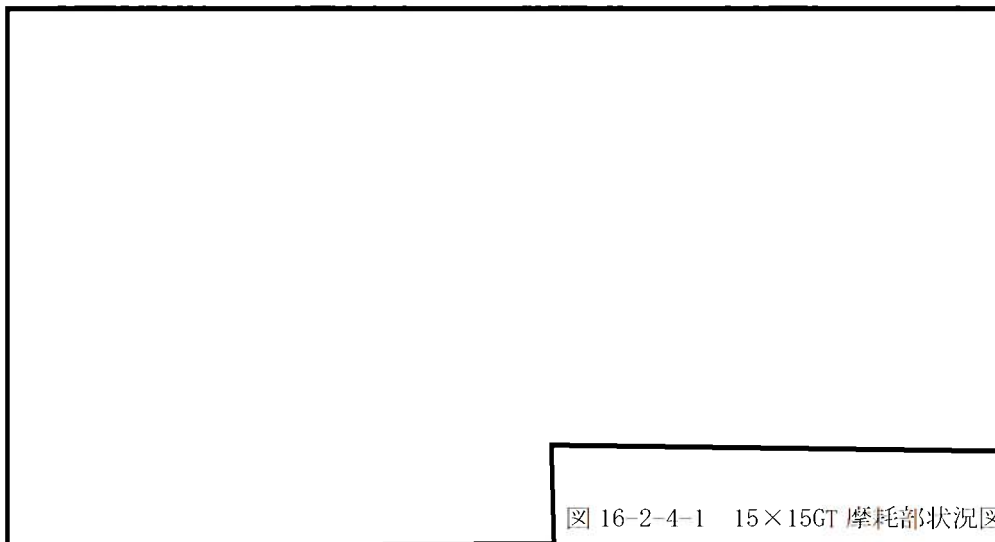
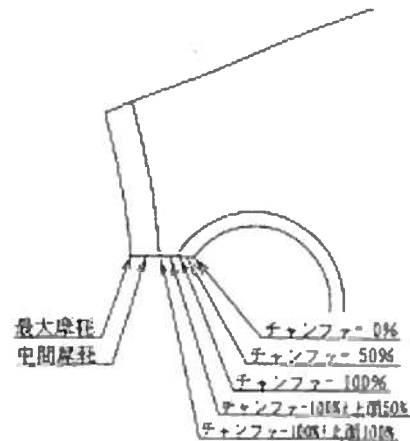


図 16-2-4-1 15×15GT 摩耗部状況図 (SSV 側)

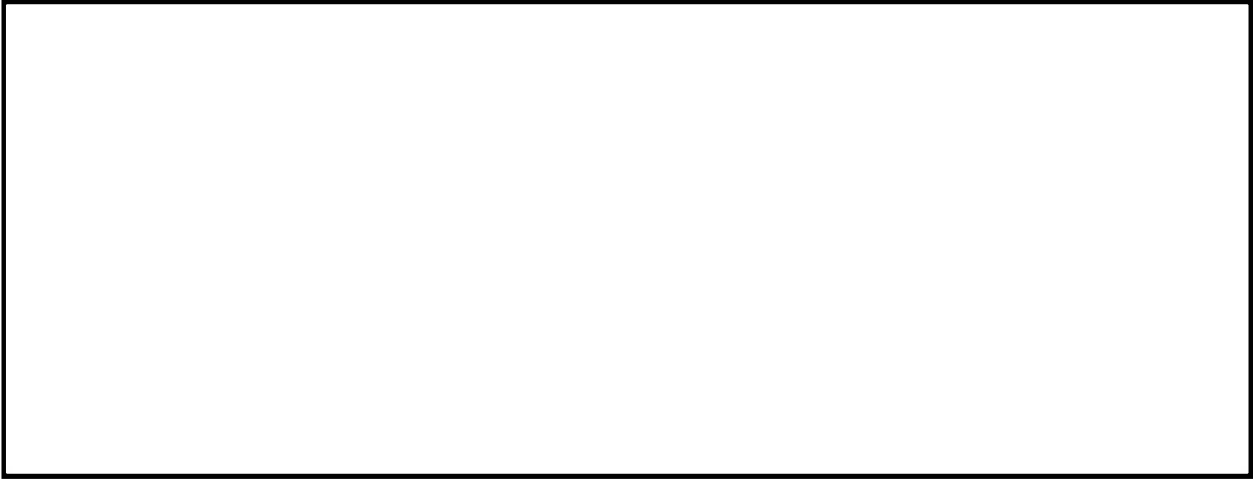


図 16-2-4-2 RCC ロッド (15×15SSV 内側) の一般部輪切り断面図

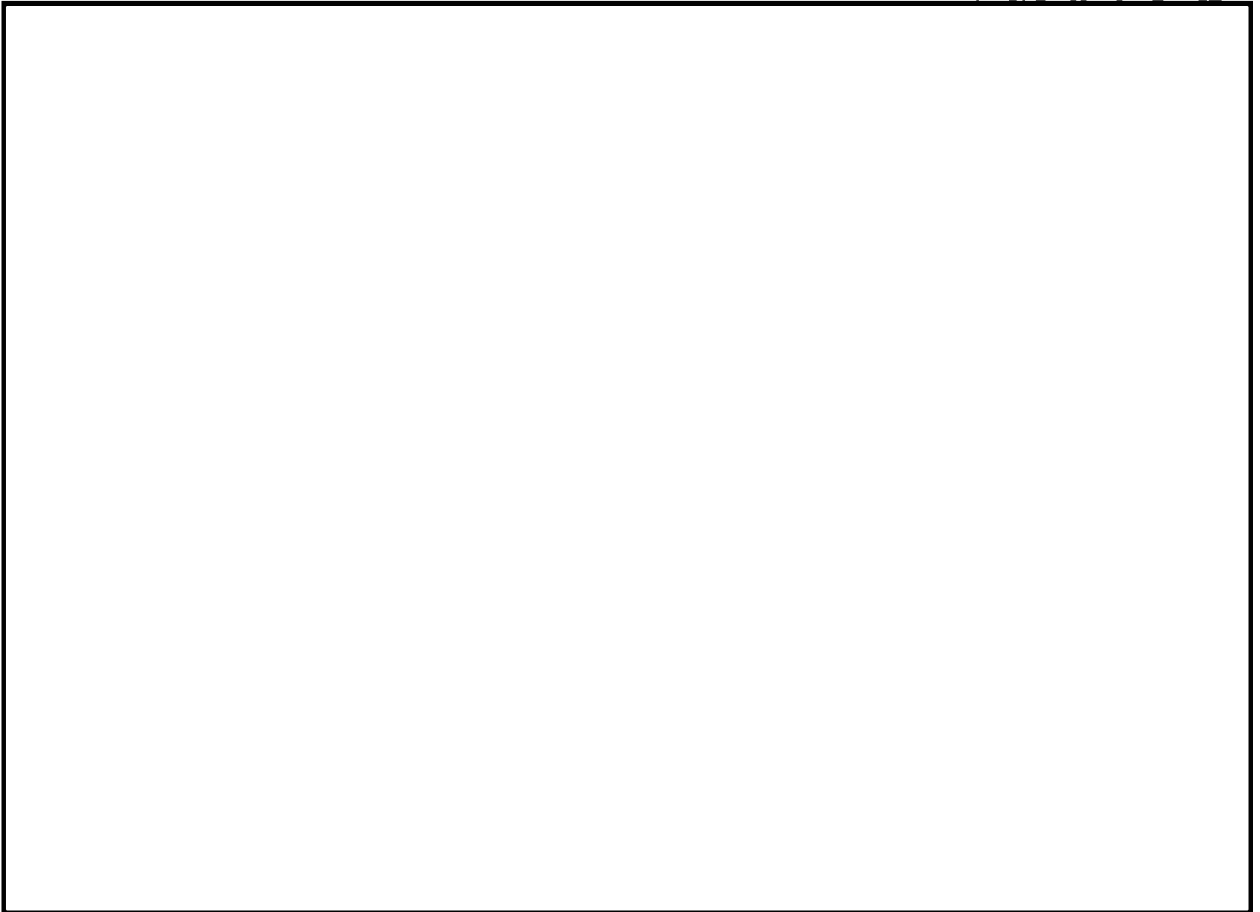


図 16-2-4-3 15×15RCC 摩耗部状況 (SSV 側)

表 16-2-2-1 15×15 プラント SV 側 (押付力 \square) の静的抗力試験結果

(単位: g)

	G T 板 摩 耗 量				
	0%	チャンファ- 50%	チャンファ-100%	中間摩耗	最大摩耗
RCC ロッド 摩耗量					

表 16-2-2-2 15×15GT SV 背側摩耗条件

G T 摩 耗 形 状	摩 耗 深 さ (mm)
チャンファ- 0%	0
チャンファ- 50%	
チャンファ- 100%	
中間摩耗 チャンファ- 100%±0.4mm	
最大摩耗 チャンファ- 100%±0.2mm	

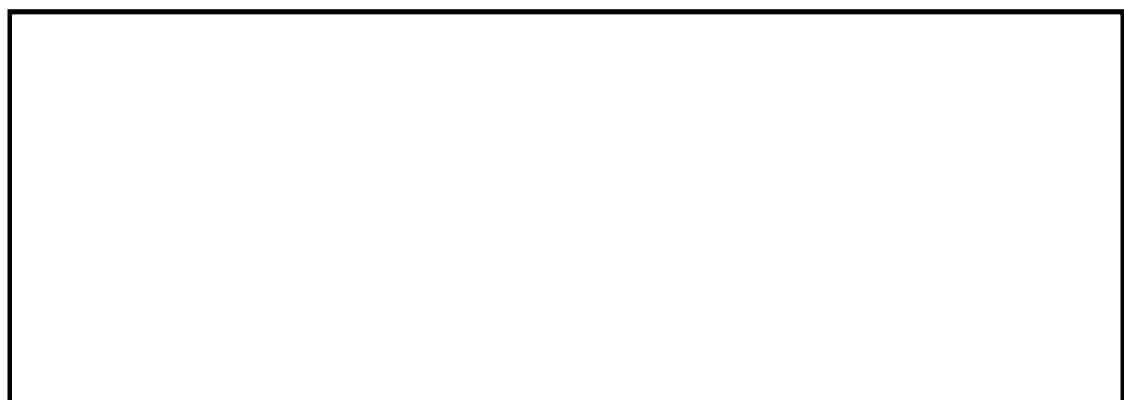
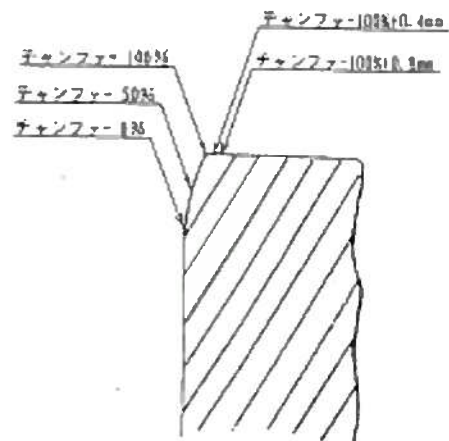


図 16-2-5-1 15×15GT 摩耗部状況図 (SV 側)

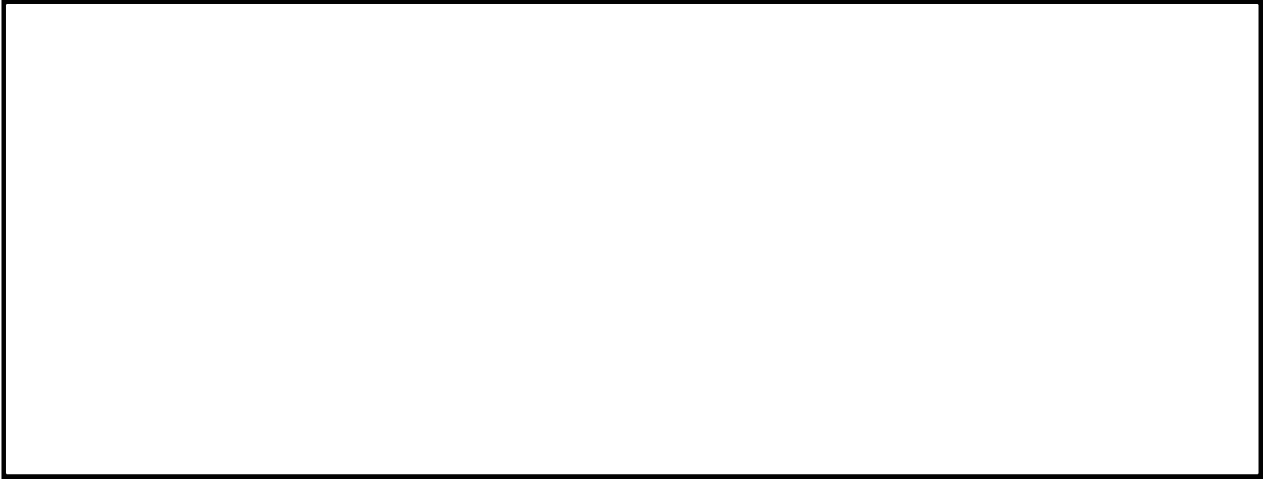


図 16-2-5-2 RCC ロッド (15×15SV 内側) の一般部輪切り断面

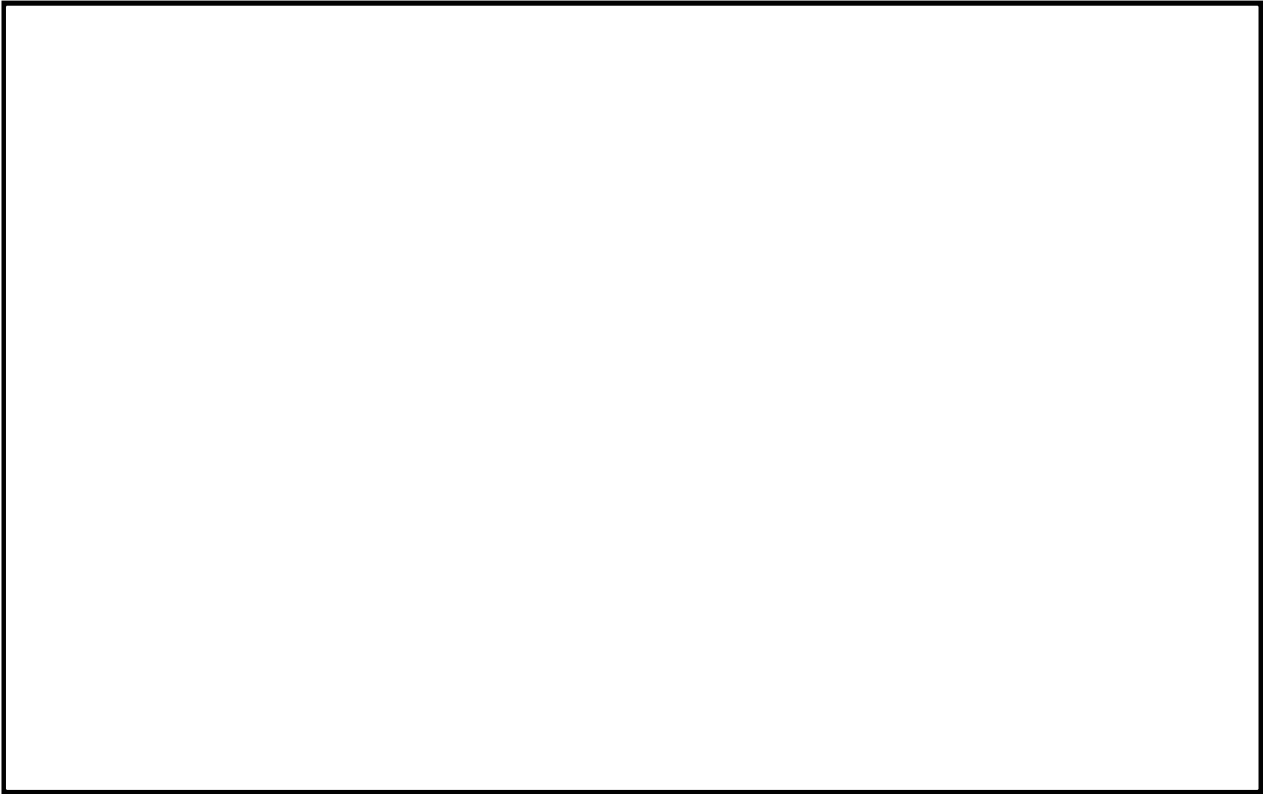


図 16-2-5-3 15×15RCC 摩耗部状況 (SV 側)

② RCC の摩耗分布



図 16-2-6 制御棒摩耗部分布過程

③ 案内穴毎の GT/RCC の摩耗による抗力



④ 案内板毎の GT/RCC の摩耗による抗力



3. GT案内板およびRCC摩耗による抗力の計算結果（イメージ）

2. で計算した抗力の計算結果を用いて、1. の制御棒挿入時間解析を実施する上でのインプットイメージは図16-2-7のとおり。

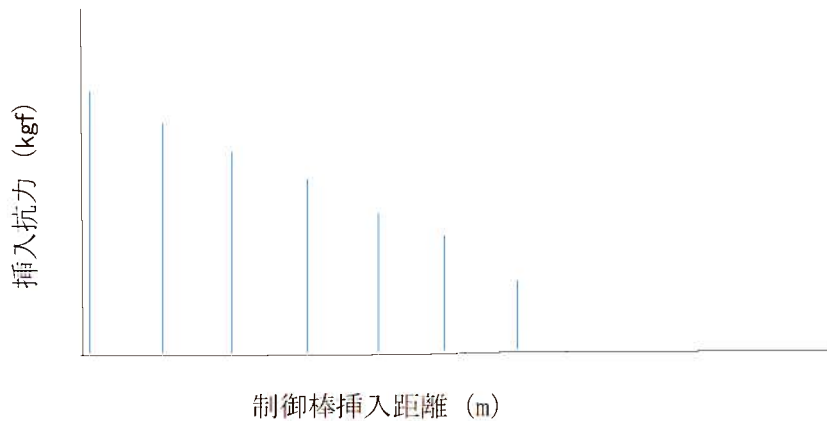


図 16-2-7 制御棒挿入時間解析へのインプットとなる
GT案内板およびRCC摩耗による抗力イメージ

4. 抗力測定試験における保守性

2. ①で実施した抗力測定試験については、以下の点から保守性を有しており、本試験結果を用いることは妥当と考えている。



なお、本試験で用いた案内板とRCCロッドのテストピースについては、実機のRCC摩耗データから摩耗形状を考慮し、実機と同等の材料を用いて実機同様の加工をしているため、保守性を阻害する要因とならないと考える。

以上

燃料集合体の照射影響を考慮した評価について

燃料集合体は、支持格子と呼ばれる格子板ばねで保持されているが、照射によりばね力が緩和し、制御棒挿入経路である燃料集合体の振動特性が変化する。制御棒挿入性評価への考慮の方法の概要を以下に示す。

(1) 支持格子衝撃試験

ばね力を緩和させた支持格子組立体に対し、使用環境の温度条件下で衝撃試験を実施し、照射後の支持格子ばね定数および弾性限界荷重を取得する。

(2) 燃料集合体振動試験

照射を模擬した燃料集合体に対し、振動試験を行い、試験によって得られる時間と燃料集合体の変位から、燃料集合体振動振幅と、固有振動数および減衰比との関係を求め、燃料集合体の振幅依存特性を設定する。なお、照射を模擬した燃料集合体は支持格子のばね力を緩和させることにより考慮する。

タイトル	浸水防護施設の耐震安全性評価について
説明	<p>玄海原子力発電所3号炉の「浸水防護施設」のうち、耐震安全性評価対象とした設備について、経年劣化事象の抽出や耐震安全性評価の要否判断などのプロセスを示す。</p> <p>1. 浸水防護施設について</p> <p>耐震安全性評価対象とした浸水防護施設（浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。なお、施設の概要を添付-1に示す。</p> <p>(1) 浸水防止設備：海水ポンプエリア水密扉・・・a 海水ポンプエリア防護壁・・・b 原子炉周辺建屋水密扉・・・c 原子炉補助建屋水密扉・・・d 原子炉補機冷却海水系統リフト逆止弁・・・e 2次系ドレン系統リフト逆止弁・・・f</p> <p>(2) 津波監視設備：取水ピット水位^{*1}・・・g 津波監視カメラ・・・h</p> <p>※1：取水ピット水位のうち電波レベル計の基礎ボルト（メカニカルアンカ）については、材質がステンレス鋼であるため、想定される経年劣化事象はない。</p> <p>2. 想定される劣化事象^{*1}</p> <p>(1) 鉄骨構造物（a, b, c, d）</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし</p> <p>b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△▲事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・腐食・・・① ・風などによる疲労・・・② <p>(2) 弁（e, f）</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし</p> <p>b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△▲事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・応力腐食割れ・・・③ ・摩耗・・・④ <p>(3) 計測制御設備（g, h）</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし</p> <p>b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△▲事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・腐食（筐体、サポート、チャンネルベース、取付ボルト及び架台）・・・⑤ ・腐食（メカニカルアンカ）・・・⑥（g） ・腐食（ケミカルアンカ）・・・⑦（h） ・劣化（ケミカルアンカ）・・・⑧（h）

※1：絶縁低下（絶縁体の水トリー劣化による絶縁低下を含む）、特性変化および導通不良については、耐震性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であるため記載は省略する。

3. 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

「2. 想定される劣化事象」で整理した経年劣化事象①～⑦について、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無について検討したプロセスを表17-1に整理した。

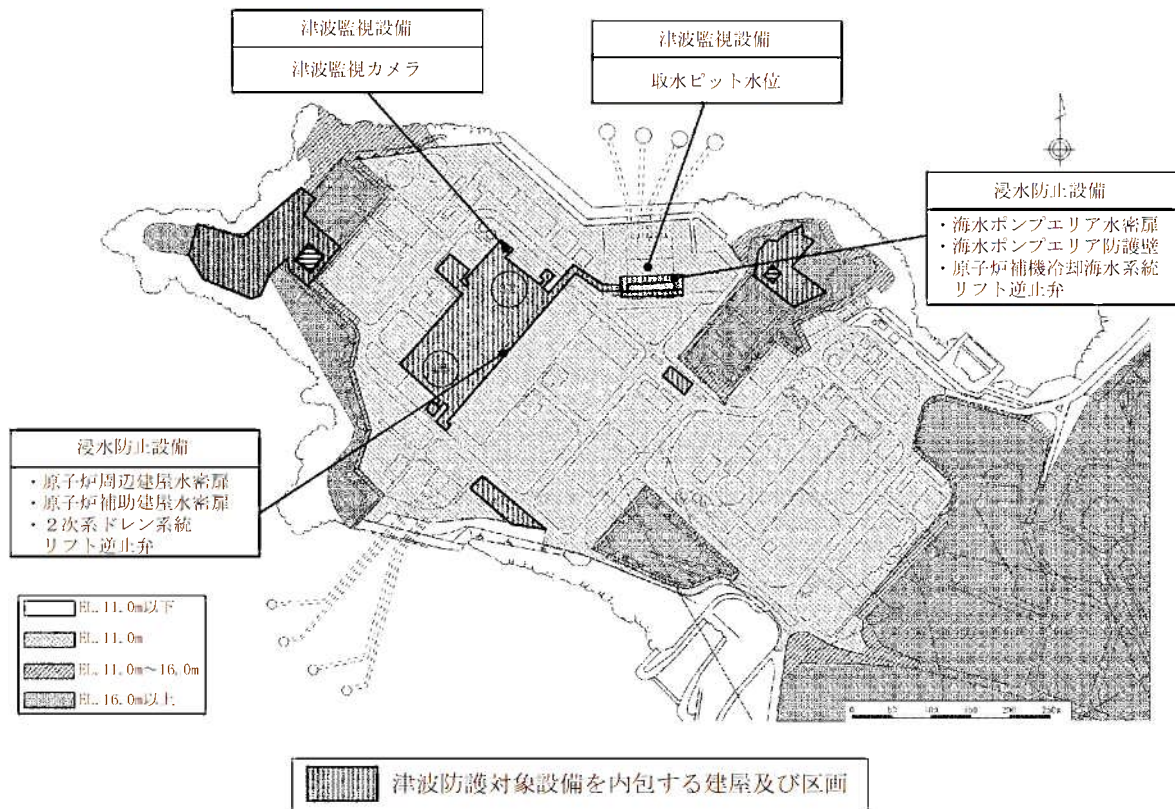
表17-1 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無検討プロセス

『技術評価』で想定される経年劣化事象		ステップ1	ステップ2	ステップ3
高経年化対策上 着目すべき 経年劣化事象	下記 1)～2)を除く経年劣化事象	○	i 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの	×
			ii 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの	○
高経年化対策上 着目すべき 経年劣化事象 ではない事象	1) △ 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）	○	i 日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの	-
	2) ▲ 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）	-	ii 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの	○

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
 ▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）
 ○：評価対象として抽出
 一：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象であり、日常劣化管理事象以外であるもの、あるいは日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外
 ×：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外
 ■：振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できる事象として評価対象から除外
 ◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出

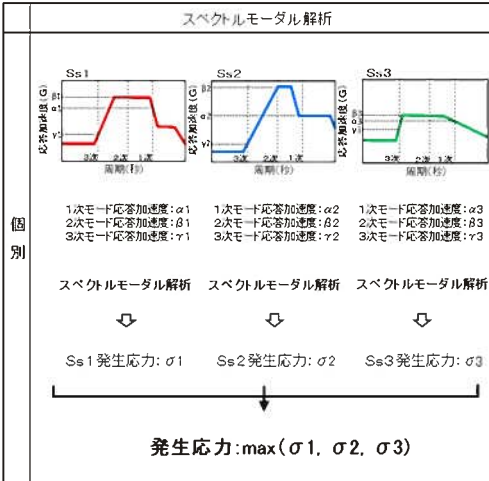
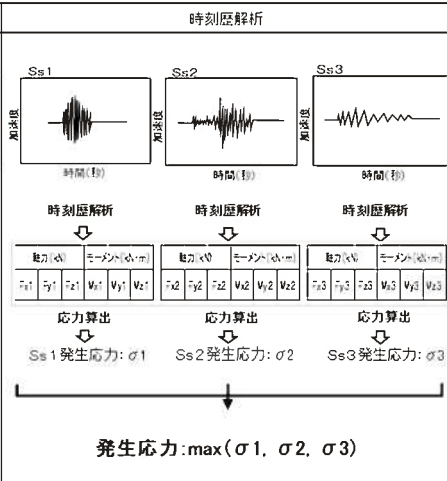
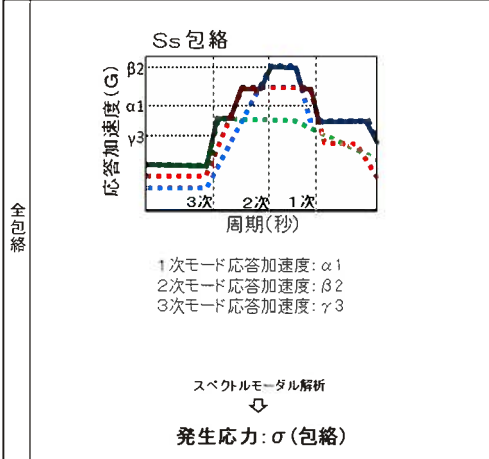
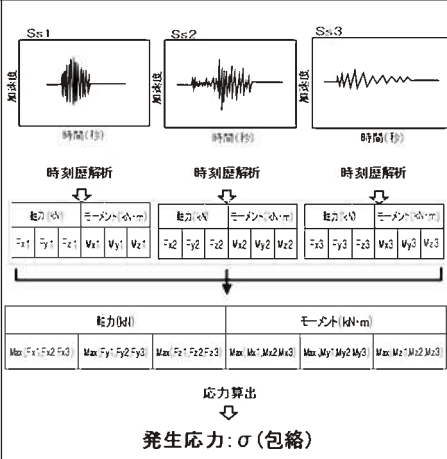
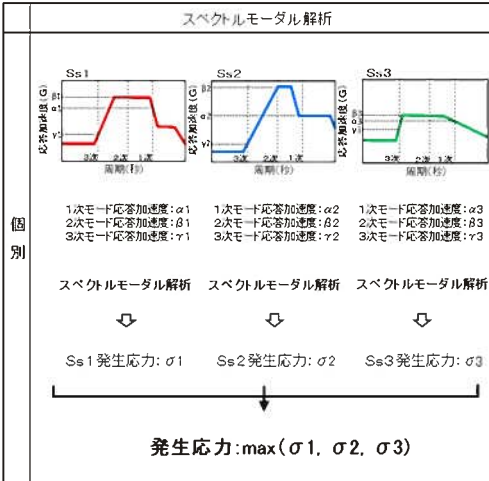
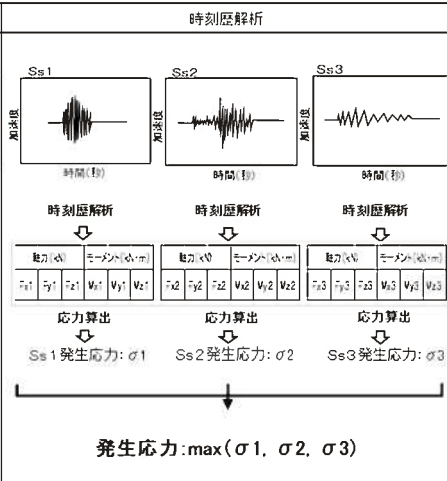
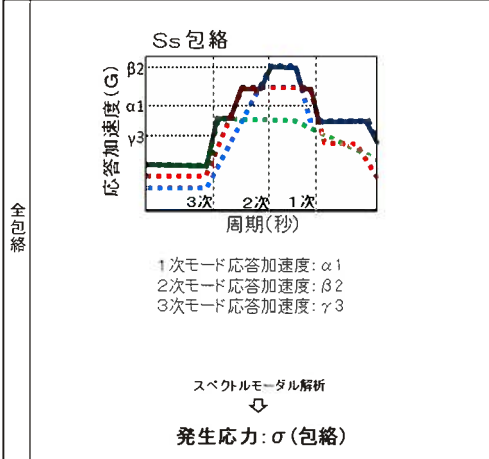
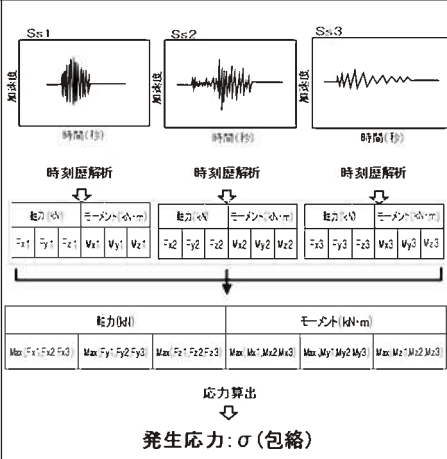
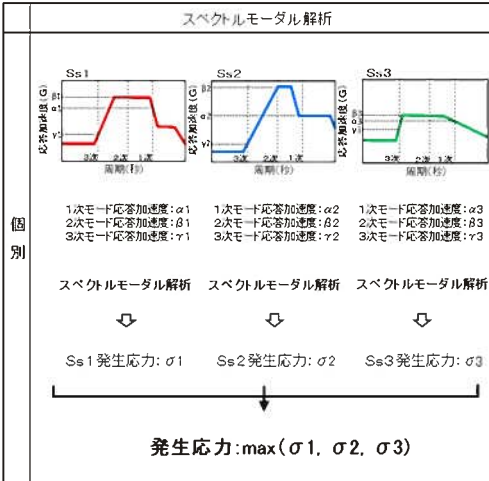
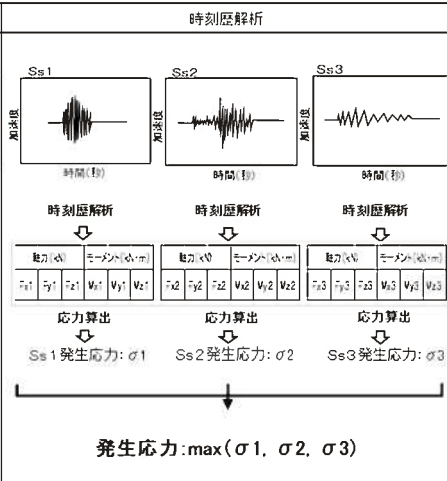
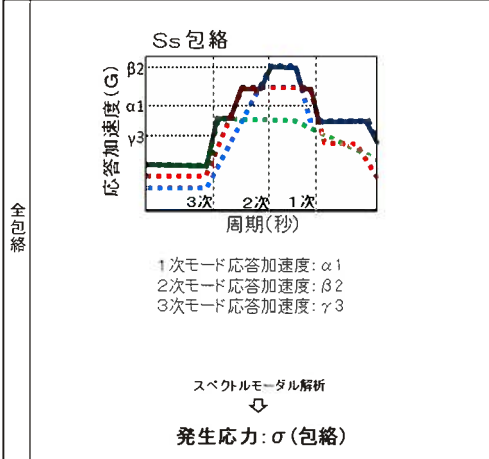
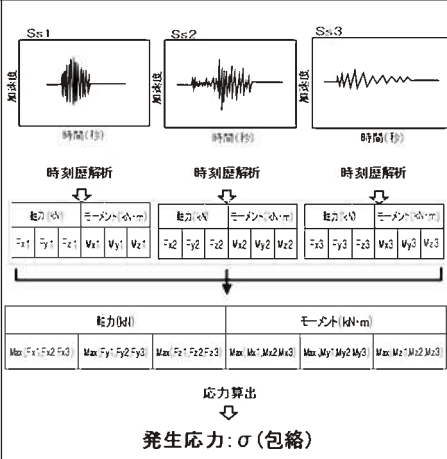
以上より、玄海原子力発電所3号炉の「浸水防護施設」については、◎となる対象としてメカニカルアンカの腐食及びケミカルアンカの腐食を考慮した耐震安全性評価を実施した。

以上



浸水防護施設の概要

<p>タイトル</p>	<p>新規制基準適合に係る工事計画認可等における審査内容の反映について</p>																											
<p>説明</p>	<p>新規制基準適合性に係る、原子炉設置変更許可および工事計画認可において新たに採用され、高経年化技術評価において同様に用いた耐震安全性評価内容については、下表のとおりである。</p> <p style="text-align: center;">新規制基準適合性に係る工事計画認可において採用した手法の反映内容</p> <table border="1" data-bbox="421 577 1355 1883"> <thead> <tr> <th data-bbox="421 577 549 622">項目</th> <th data-bbox="549 577 719 622">内容</th> <th data-bbox="719 577 1355 622">評価対象</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="421 622 549 719">原子炉設置変更許可の反映</td> <td data-bbox="549 622 719 719"> <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動 $S_s - 1 \sim 5$ に対する評価を行う。 </td> <td data-bbox="719 622 1355 719"> <ul style="list-style-type: none"> 耐震安全性評価を行った S クラス機器 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="421 719 549 1883" rowspan="6">工事計画認可の反映</td> <td data-bbox="549 719 719 943"> <ul style="list-style-type: none"> 弁の動的機能維持評価における評価用加速度の不確かさの考慮 </td> <td data-bbox="719 719 1355 943"> <ul style="list-style-type: none"> 配管の強度評価に用いる評価用加速度と同じ、1.2ZPA（従来は1.0ZPA）とスペクトルモーダル解析による応答加速度の大きい方を評価値として扱う。 </td> <td data-bbox="719 719 1355 943"> <ul style="list-style-type: none"> 配管の流れ加速型腐食を考慮した以下弁の動的機能維持評価 <ul style="list-style-type: none"> -主蒸気逃がし弁 -主蒸気安全弁 -主蒸気隔離弁 -主給水隔離弁 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="549 943 719 1137"> <ul style="list-style-type: none"> 水平 2 方向および鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価 </td> <td data-bbox="719 943 1355 1137"> <ul style="list-style-type: none"> 工事計画における水平 2 方向および鉛直方向地震力の組合せによる影響評価の評価部位に対し、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象が想定される場合は、経年劣化事象を考慮した水平 2 方向および鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。 </td> <td data-bbox="719 943 1355 1137"> <ul style="list-style-type: none"> 蒸気発生器支持脚の摩耗 下部炉心支持柱の疲労割れ </td> </tr> <tr> <td data-bbox="549 1137 719 1397"> <ul style="list-style-type: none"> 制御棒挿入性評価における燃料集合体の照射影響の考慮 </td> <td data-bbox="719 1137 1355 1397"> <ul style="list-style-type: none"> 燃料集合体の照射の影響により地震に対する応答が変化することから、経年劣化事象を考慮した制御棒挿入性評価においても、燃料集合体の照射の影響を考慮した評価を行う。 </td> <td data-bbox="719 1137 1355 1397"> <ul style="list-style-type: none"> 制御棒クラスタ案内管案内板および制御棒クラスタ被覆管の摩耗（制御棒挿入性評価） </td> </tr> <tr> <td data-bbox="549 1397 719 1525"> <ul style="list-style-type: none"> その他工事計画における評価手法等の適用 </td> <td data-bbox="719 1397 1355 1525"> <ul style="list-style-type: none"> 工事計画にて適用された評価手法等（評価モデル、最新知見として得られた減衰定数等）を適切に反映した評価を行う。 </td> <td data-bbox="719 1397 1355 1525"> <ul style="list-style-type: none"> 該当する設備 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="549 1525 719 1697"> <ul style="list-style-type: none"> 耐震設計上の重要度等の扱い </td> <td data-bbox="719 1525 1355 1697"> <ul style="list-style-type: none"> 常設重大事故等対処設備のうち、常設耐震重要重大事故防止設備および常設重大事故緩和設備については、基準地震動 S_s による評価を行う。 </td> <td data-bbox="719 1525 1355 1697"> <ul style="list-style-type: none"> 該当する機器を、耐震重要度を S クラスとして扱った </td> </tr> <tr> <td data-bbox="549 1697 719 1883"> <ul style="list-style-type: none"> 重大事故等時の環境評価 </td> <td data-bbox="719 1697 1355 1883"> <ul style="list-style-type: none"> 工事計画を反映し、通常運転時の経年劣化事象と重大事故等時の環境を考慮した技術評価を実施している事象については、経年劣化事象を考慮した耐震安全性評価においても重大事故等時の環境を考慮した評価を行う。 </td> <td data-bbox="719 1697 1355 1883"> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉容器の中性子照射脆化 1 次冷却材管の熱時効 </td> </tr> </tbody> </table>			項目	内容	評価対象	原子炉設置変更許可の反映	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動 $S_s - 1 \sim 5$ に対する評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 耐震安全性評価を行った S クラス機器 	工事計画認可の反映	<ul style="list-style-type: none"> 弁の動的機能維持評価における評価用加速度の不確かさの考慮 	<ul style="list-style-type: none"> 配管の強度評価に用いる評価用加速度と同じ、1.2ZPA（従来は1.0ZPA）とスペクトルモーダル解析による応答加速度の大きい方を評価値として扱う。 	<ul style="list-style-type: none"> 配管の流れ加速型腐食を考慮した以下弁の動的機能維持評価 <ul style="list-style-type: none"> -主蒸気逃がし弁 -主蒸気安全弁 -主蒸気隔離弁 -主給水隔離弁 	<ul style="list-style-type: none"> 水平 2 方向および鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価 	<ul style="list-style-type: none"> 工事計画における水平 2 方向および鉛直方向地震力の組合せによる影響評価の評価部位に対し、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象が想定される場合は、経年劣化事象を考慮した水平 2 方向および鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 蒸気発生器支持脚の摩耗 下部炉心支持柱の疲労割れ 	<ul style="list-style-type: none"> 制御棒挿入性評価における燃料集合体の照射影響の考慮 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料集合体の照射の影響により地震に対する応答が変化することから、経年劣化事象を考慮した制御棒挿入性評価においても、燃料集合体の照射の影響を考慮した評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 制御棒クラスタ案内管案内板および制御棒クラスタ被覆管の摩耗（制御棒挿入性評価） 	<ul style="list-style-type: none"> その他工事計画における評価手法等の適用 	<ul style="list-style-type: none"> 工事計画にて適用された評価手法等（評価モデル、最新知見として得られた減衰定数等）を適切に反映した評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 該当する設備 	<ul style="list-style-type: none"> 耐震設計上の重要度等の扱い 	<ul style="list-style-type: none"> 常設重大事故等対処設備のうち、常設耐震重要重大事故防止設備および常設重大事故緩和設備については、基準地震動 S_s による評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 該当する機器を、耐震重要度を S クラスとして扱った 	<ul style="list-style-type: none"> 重大事故等時の環境評価 	<ul style="list-style-type: none"> 工事計画を反映し、通常運転時の経年劣化事象と重大事故等時の環境を考慮した技術評価を実施している事象については、経年劣化事象を考慮した耐震安全性評価においても重大事故等時の環境を考慮した評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉容器の中性子照射脆化 1 次冷却材管の熱時効
項目	内容	評価対象																										
原子炉設置変更許可の反映	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動 $S_s - 1 \sim 5$ に対する評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 耐震安全性評価を行った S クラス機器 																										
工事計画認可の反映	<ul style="list-style-type: none"> 弁の動的機能維持評価における評価用加速度の不確かさの考慮 	<ul style="list-style-type: none"> 配管の強度評価に用いる評価用加速度と同じ、1.2ZPA（従来は1.0ZPA）とスペクトルモーダル解析による応答加速度の大きい方を評価値として扱う。 	<ul style="list-style-type: none"> 配管の流れ加速型腐食を考慮した以下弁の動的機能維持評価 <ul style="list-style-type: none"> -主蒸気逃がし弁 -主蒸気安全弁 -主蒸気隔離弁 -主給水隔離弁 																									
	<ul style="list-style-type: none"> 水平 2 方向および鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価 	<ul style="list-style-type: none"> 工事計画における水平 2 方向および鉛直方向地震力の組合せによる影響評価の評価部位に対し、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象が想定される場合は、経年劣化事象を考慮した水平 2 方向および鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 蒸気発生器支持脚の摩耗 下部炉心支持柱の疲労割れ 																									
	<ul style="list-style-type: none"> 制御棒挿入性評価における燃料集合体の照射影響の考慮 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料集合体の照射の影響により地震に対する応答が変化することから、経年劣化事象を考慮した制御棒挿入性評価においても、燃料集合体の照射の影響を考慮した評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 制御棒クラスタ案内管案内板および制御棒クラスタ被覆管の摩耗（制御棒挿入性評価） 																									
	<ul style="list-style-type: none"> その他工事計画における評価手法等の適用 	<ul style="list-style-type: none"> 工事計画にて適用された評価手法等（評価モデル、最新知見として得られた減衰定数等）を適切に反映した評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 該当する設備 																									
	<ul style="list-style-type: none"> 耐震設計上の重要度等の扱い 	<ul style="list-style-type: none"> 常設重大事故等対処設備のうち、常設耐震重要重大事故防止設備および常設重大事故緩和設備については、基準地震動 S_s による評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 該当する機器を、耐震重要度を S クラスとして扱った 																									
	<ul style="list-style-type: none"> 重大事故等時の環境評価 	<ul style="list-style-type: none"> 工事計画を反映し、通常運転時の経年劣化事象と重大事故等時の環境を考慮した技術評価を実施している事象については、経年劣化事象を考慮した耐震安全性評価においても重大事故等時の環境を考慮した評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉容器の中性子照射脆化 1 次冷却材管の熱時効 																									

<p>タイトル</p>	<p>各設備の耐震安全性評価に用いた地震力について</p>								
<p>説明</p>	<p>各耐震安全性評価において、使用した地震力の評価条件、および応答解析手法の種別について添付-1に示す。</p> <p>なお、添付-1の「地震力の評価条件」に示す全Ss包絡/Ss個別、および「応答解析手法」に示すスペクトルモーダル解析/時刻歴解析の評価方法の差異について概要は以下のとおりである。評価の流れとしては、短時間で評価できる全Ss包絡評価を実施し、結果が厳しくなる場合にSs個別評価を行う。またスペクトルモーダル解析と時刻歴解析の使い分けについては、基本的に時刻歴解析は採用しないこととするが、玄海原子力発電所3号炉の新規制工事計画認可において採用された、スペクトルモーダル解析において考慮している地盤の物性や建物の剛性の不確かさに対し適切な配慮をしている建屋-ループ連成解析および、従来評価手法では現実との乖離が大きく保守的な結果を与える制御棒挿入解析についてのみ、時刻歴解析を使用する。</p> <p>全Ss包絡/全Ss個別およびスペクトルモーダル解析/時刻歴解析の評価概要</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">スペクトルモーダル解析</th> <th style="width: 50%;">時刻歴解析</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">Ss包絡</th> <th style="width: 50%;">時刻歴解析</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> </table>	スペクトルモーダル解析	時刻歴解析			Ss包絡	時刻歴解析		
スペクトルモーダル解析	時刻歴解析								
									
Ss包絡	時刻歴解析								
									

耐震安全性評価に用いた地震力の評価条件および応答解析手法の種別一覧

機種名	経年劣化事象	機器名称		耐震 重要性度	地震力の評価条件	応答解析手法	備考	
ポンプ	低サイクル疲労割れ	余熱除去ポンプ	ケーシング	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析		
		1次冷却材ポンプ	ケーシング吸込ノズル	S	全Ss包絡	時刻歴解析		
			ケーシング吐出ノズル	S	全Ss包絡	時刻歴解析		
			ケーシング胴部	S	全Ss包絡	時刻歴解析		
	熱時効	1次冷却材ポンプ	ケーシング	S	全Ss包絡	時刻歴解析		
熱交換器	低サイクル疲労割れ	再生熱交換器	管板	S	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価		
		余熱除去冷却器	管板	S	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価		
		蒸気発生器本体	管板廻り	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析		
			給水入口管台	S	全Ss包絡	時刻歴解析		
	胴内耐圧構成品等の 腐食 (流れ加速型腐食)	濃水分離加熱器	胴板	C	静的震度	—		
		低圧第1給水加熱器	胴板	C	静的震度	—		
		低圧第2給水加熱器	胴板	C	静的震度	—		
		低圧第3給水加熱器	胴板	C	静的震度	—		
		低圧第4給水加熱器	胴板	C	静的震度	—		
		低圧第5給水加熱器	胴板	C	静的震度	—		
	伝熱管の内面腐食 (流れ加速型腐食)	原子炉補機冷却水冷却器	伝熱管	S	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価	発生応力は、乾栓基準肉厚より算出	
	容器	低サイクル疲労割れ	原子炉容器本体	入口管台	S	全Ss包絡	時刻歴解析	
				出口管台	S	全Ss包絡	時刻歴解析	
ふた管台				S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析、 原子炉容器頂部変位を用いた解析		
空気抜管台				S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析		
炉内計装筒				S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析、 原子炉容器底部変位を用いた解析		
炉心支持金物				S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析		
加圧器本体			スプレイライン用管台	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析		
		サージ用管台	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析			
機械ベネトレーション		主蒸気ライン貫通部 蝶板	S	全Ss包絡	時刻歴解析、 スペクトルモーダル解析			
中性子照射による 関連温度上昇		原子炉容器本体	胴部(炉心領域部)	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析		

種別名	経年劣化事象	機器名称	耐震 重要度	地震力の評価条件	応答解析手法	備考	
配管	低サイクル疲労割れ	余熱除去系統配管	B-余熱除去取水配管	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
		加圧器サージ配管	—	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
		加圧器スプレイ配管	—	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
		主給水系統配管	C-主給水配管(CV内)	S	全Ss区別【Ss-1】	時刻歴解析	
					全Sd区別【Sd-1】	時刻歴解析	
		1次冷却材管	ホットレグ	S	全Ss包絡	時刻歴解析	遠層-ループ遠成解析モデルの構成節位として時刻歴解析を実施
			クロスオーバーレグ	S	全Ss包絡	時刻歴解析	遠層-ループ遠成解析モデルの構成節位として時刻歴解析を実施
			コールドレグ	S	全Ss包絡	時刻歴解析	遠層-ループ遠成解析モデルの構成節位として時刻歴解析を実施
			加圧器サージ管台	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	分岐管(加圧器サージ配管)のスペクトルモーダル解析から得られる、管台接続部の荷重を用いて評価を実施
			蓄圧タンク注入管台	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	分岐管(蓄圧タンク注入配管)のスペクトルモーダル解析から得られる、管台接続部の荷重を用いて評価を実施
	充てん管台		S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	分岐管(充てん配管)のスペクトルモーダル解析から得られる、管台接続部の荷重を用いて評価を実施	
	疲労割れ	配管サポート(余熱除去系統配管のアンカーサポート)	配管とパッドの溶接部	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
			パッドとラグの溶接部	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
			ラグとプレートの溶接部	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
	母管の高サイクル型疲労割れ(高低温水合流部)	余熱除去系統配管	余熱除去冷却器出口・バイパスライン合流部	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
	母管の腐食(流れ加速型腐食)	主蒸気系統配管	—	S	全Ss包絡(Ss一次応力)	スペクトルモーダル解析	評価手法は、C/V内外の評価のうち、評価上厳しいC/V内について記載
					全Ss包絡(Ss一次+二次応力)	スペクトルモーダル解析	評価手法は、C/V内外の評価のうち、評価上厳しいC/V内について記載
					全Sd包絡(Sd一次応力)	スペクトルモーダル解析	評価手法は、C/V内外の評価のうち、評価上厳しいC/V内について記載
					全Sd包絡(Sd一次+二次応力)	スペクトルモーダル解析	評価手法は、C/V内外の評価のうち、評価上厳しいC/V内について記載
		主給水系統配管	—	S	全Ss区別(Ss一次応力)【Ss-1】	時刻歴解析	評価手法は、C/V内外の評価のうち、評価上厳しいC/V内について記載
					全Ss区別(Ss一次+二次応力)【Ss-1】	時刻歴解析	評価手法は、C/V内外の評価のうち、評価上厳しいC/V内について記載
					全Sd区別(Sd一次応力)【Sd-1】	時刻歴解析	評価手法は、C/V内外の評価のうち、評価上厳しいC/V内について記載
					全Sd区別(Sd一次+二次応力)【Sd-1】	時刻歴解析	評価手法は、C/V内外の評価のうち、評価上厳しいC/V内について記載
		第3抽気系統配管	—	C	静的震度	—	応力解析モデルは3次元はりモデル—3FEMモデル化
		第4抽気系統配管	—	C	静的震度	—	応力解析モデルは3次元はりモデル
第5抽気系統配管		—	C	静的震度	—	応力解析モデルは3次元はりモデル	
第6抽気系統配管		—	C	静的震度	—	応力解析モデルは3次元はりモデル	
低温再熱蒸気系統配管		—	C	静的震度	—	応力解析モデルは3次元はりモデル	
タービンランド蒸気系統配管		—	C	静的震度	—	応力解析モデルは3次元はりモデル	
補助蒸気系統配管	—	C	静的震度	—	応力解析モデルは3次元はりモデル		
2次系復水系統配管	—	C	静的震度	—	応力解析モデルは3次元はりモデル		
2次系ドレン系統配管	—	C	静的震度	—	応力解析モデルは3次元はりモデル—3FEMモデル化		
蒸気発生器ブローダウン系統配管	—	S	全Ss包絡(Ss一次応力)	スペクトルモーダル解析			
			全Ss包絡(Ss一次+二次応力)	スペクトルモーダル解析			
			全Sd包絡(Sd一次応力)	スペクトルモーダル解析			
			全Sd包絡(Sd一次+二次応力)	スペクトルモーダル解析			
熱時効	1次冷却材管	母管	S	全Ss包絡	時刻歴解析		
		蓄圧タンク注入管台	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	分岐管(蓄圧タンク注入配管)のスペクトルモーダル解析から得られる、管台接続部の荷重を用いて評価を実施	

機種名	経年劣化事象	機器名称		材質 重要度	地震力の評価条件	応答解析手法	備考
弁	低サイクル疲労割れ	仕切弁	余熱除去ラインルーフ高温側出口弁	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
		玉形弁	抽出ライン止弁	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
		スイング逆止弁	蓄圧タンク出口第二逆止弁	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
		リフト逆止弁	加圧器補助スプレイ逆止弁	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
炉内 構造物	低サイクル疲労割れ	炉心支持構造物	上部炉心板	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
			上部炉心支持柱	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
			上部炉心支持板	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
			下部炉心板	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
			下部炉心支持柱	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
			下部炉心支持板	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
			炉心槽	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
中性子照射による 靱性低下	炉心槽	—	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析		
摩耗	制御棒クラスター案内	案内板	S	Ss-2	CI: スペクトルモーダル解析 CRDM: スペクトルモーダル解析 FA: 時刻歴解析		
摩耗	炉内計装用 シンブルチューブ	—	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析		
タービン 設備	腐食 (流れ加速型腐食)	高圧タービン	主蒸気入口管	C	静的震度	—	
空域設備	内面腐食 (流れ加速型腐食)	凝縮器(冷水設備)	伝熱管	C	静的震度	—	発生応力は、蒸栓基準肉厚より算出
機械設備	中性子およびγ線 照射脆化	原子炉容器 サポート	サポートブラケット (サポートリブ)	S	全Ss包絡	時刻歴解析	
	摩耗	蒸気発生器 支持脚	ヒンジ搭動部	S	全Ss包絡	時刻歴解析	
		1次冷却材ポンプ 支持脚	ヒンジ搭動部	S	全Ss包絡	時刻歴解析	
	低サイクル疲労割れ	加圧器サポート	加圧器スカート溶接部	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
	腐食(全面腐食)	制御用空気だめ	—	S	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価	
		制御用空気除湿装置 除湿格	—	S	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価	
	摩耗	制御棒クラスター	制御棒被覆管	S	全Ss包絡	時刻歴解析	
	ステンレス鋼使用部位 の応力腐食割れ	A酸液蒸発装置	蒸発器胴板	E	全Sd包絡	— (固有値の算出は行わず、 保守的にFRSビーク1/2とした)	
			加熱器伝熱管	E	静的震度	—	

機種名	経年劣化事象	機器名称		材質 重要度	地震力の評価条件	応答解析手法	備考
機械設備	腐食	海水ポンプ	基礎ボルト	S	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価	
		燃料油貯油槽	基礎ボルト	S	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価	
		燃料油貯蔵タンク	基礎ボルト	S	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価	
		大容量空冷式発電機用 給油ポンプ	基礎ボルト	—	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価	常設重大事故等対処設備のうち、 常設耐震重要重大事故防止設備 及び常設重大事故緩和設備
		大容量空冷式発電機用 燃料タンク	基礎ボルト	—	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価	常設重大事故等対処設備のうち、 常設耐震重要重大事故防止設備 及び常設重大事故緩和設備
		主蒸気系統配管	配管用 基礎ボルト	S	全Ss包絡	スペクトルモーダル解析	
電源設備	内面の腐食 (流れ加速型腐食)	空気冷却器 (非常用ディーゼル発電 機機房本体)	伝熱管	S	全Ss包絡	各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価	
		清水冷却器	伝熱管	S	全Ss包絡		
		潤滑油冷却器	伝熱管	S	全Ss包絡		
		燃料弁冷却水冷却器	伝熱管	S	全Ss包絡		

タイトル	劣化状況評価書に記載している代表系統の値より、非代表系統の値の方が大きい箇所の確認結果について
説明	<p>1. 確認内容</p> <p>耐震安全性評価における代表機器のうち、劣化状況評価に記載している代表系統の値より、非代表系統の値の方が大きい箇所の有無を確認した。</p> <p>2. 確認結果</p> <p>確認の結果、劣化状況評価書に記載している代表系統の値より、非代表系統の値の方が大きい箇所が確認された。（確認結果を添付資料－1に示す。）</p> <p>いずれについても許容値を満足しており耐震安全性評価上問題ないことを確認した。</p> <p>なお、すべての経年劣化事象において確認を実施したが、逆転が起きている箇所は、添付資料－1に示す低サイクル疲労のみであった。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

表1 確認結果

機種	経年劣化事象	代表機器名称		評価用 地震力	疲労累積係数			
					通常運転時	地震時	合計	
容器	低サイクル 疲労	固定式 配管貫通部 端板	主蒸気系統	主蒸気管(ループB) 格納容器貫通部(PEN#513)	Ss	0.000	0.083	0.083
				Sd	0.000	0.016	0.016	
			余熱除去系統	1次冷却材管低温側低圧注入配管 (RHR熱交A出口)格納容器貫通部 (PEN#347)	Ss	0.000	0.172	0.172
					Sd	0.000	0.002	0.002
				1次冷却材管低温側低圧注入配管 (RHR熱交B出口)格納容器貫通部 (PEN#405)	Ss	0.000	0.128	0.128
					Sd	0.000	0.002	0.002
配管	1次冷却材 系統配管	1次冷却材系統	加圧器サージ配管	Ss	0.002	0.000	0.002	
				Sd [#]	—	—	—	
			加圧器スプレイ配管	Ss	0.103	0.001	0.104	
				Sd	0.103	0.001	0.104	
				補助スプレイ配管	Ss	0.004	0.143	0.147
					Sd	0.004	0.008	0.012

※Ss地震力がSd地震力及びSクラスの機器に適用される静的地震力より大きく、Ss地震力による評価応力が、材料の疲労限を下回る（地震時の疲労累積係数が0.000）ため Sd地震力及び静的地震力による評価を省略した。

■ 評価書記載値