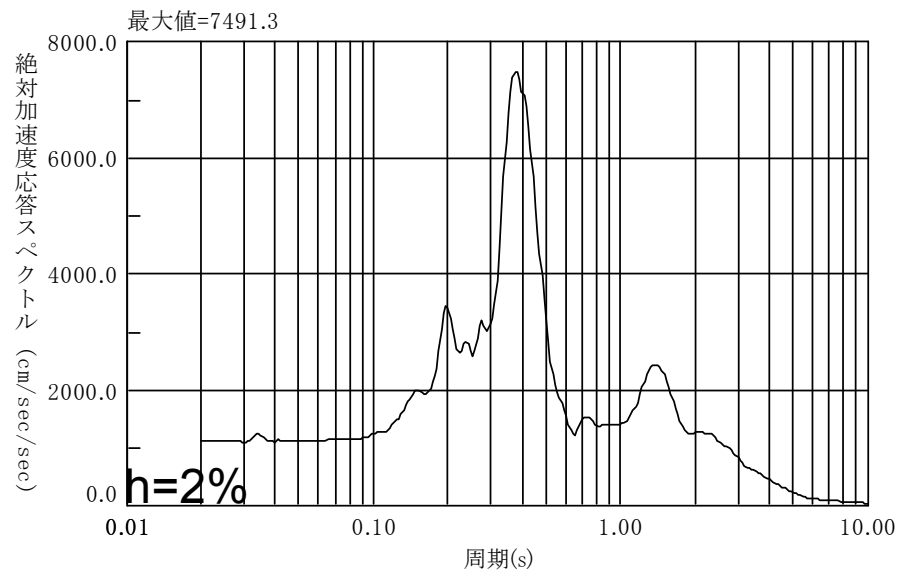
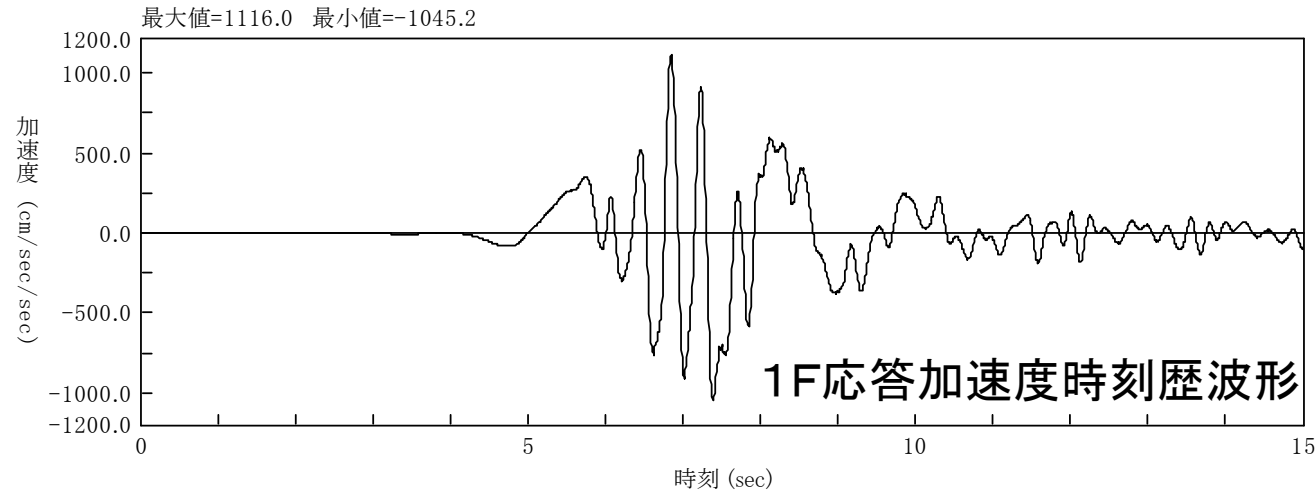




# 機器配管系の確認

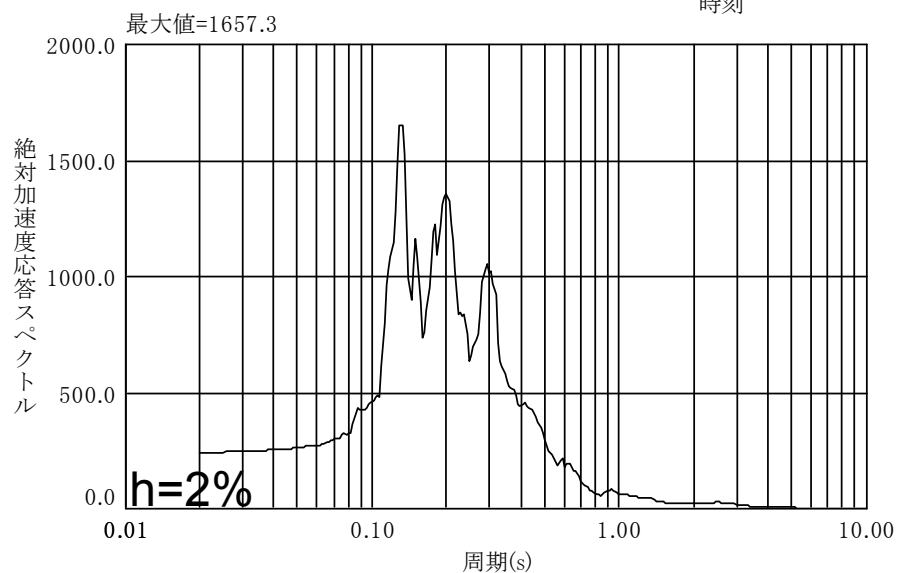
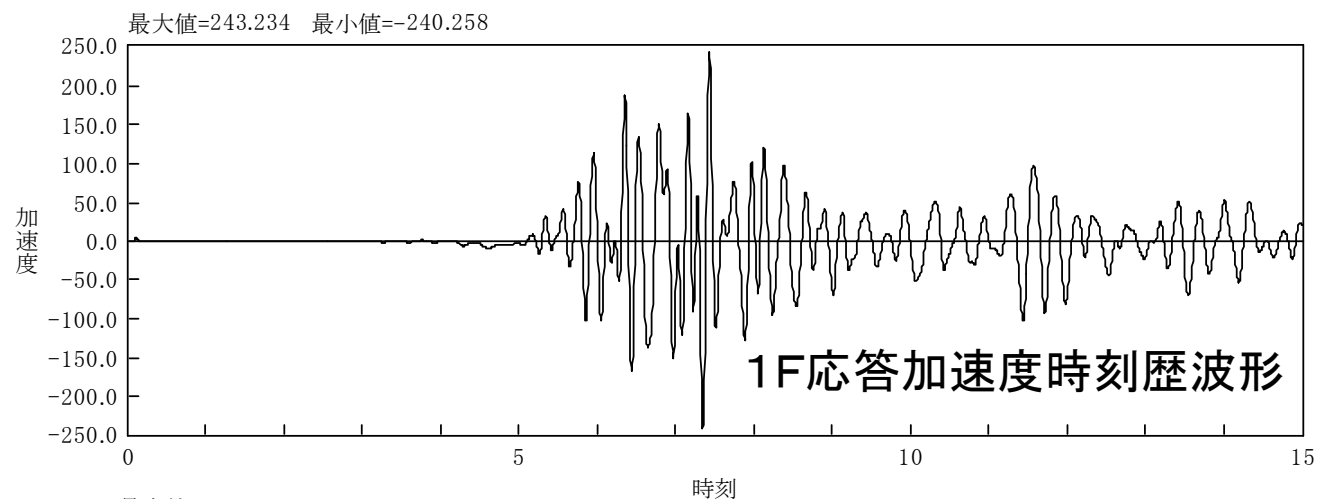
- 検討箇所
  - 使用済み燃料貯蔵プール
  - 生体遮へい体
  - 制御棒駆動装置案内管
  - 粗・微調整棒取付部分
  - 炉心直下1次系冷却配管
  - 炉心支持構造物
- 検討方法は、事業者と同じ

# 機器配管への水平入力地震動



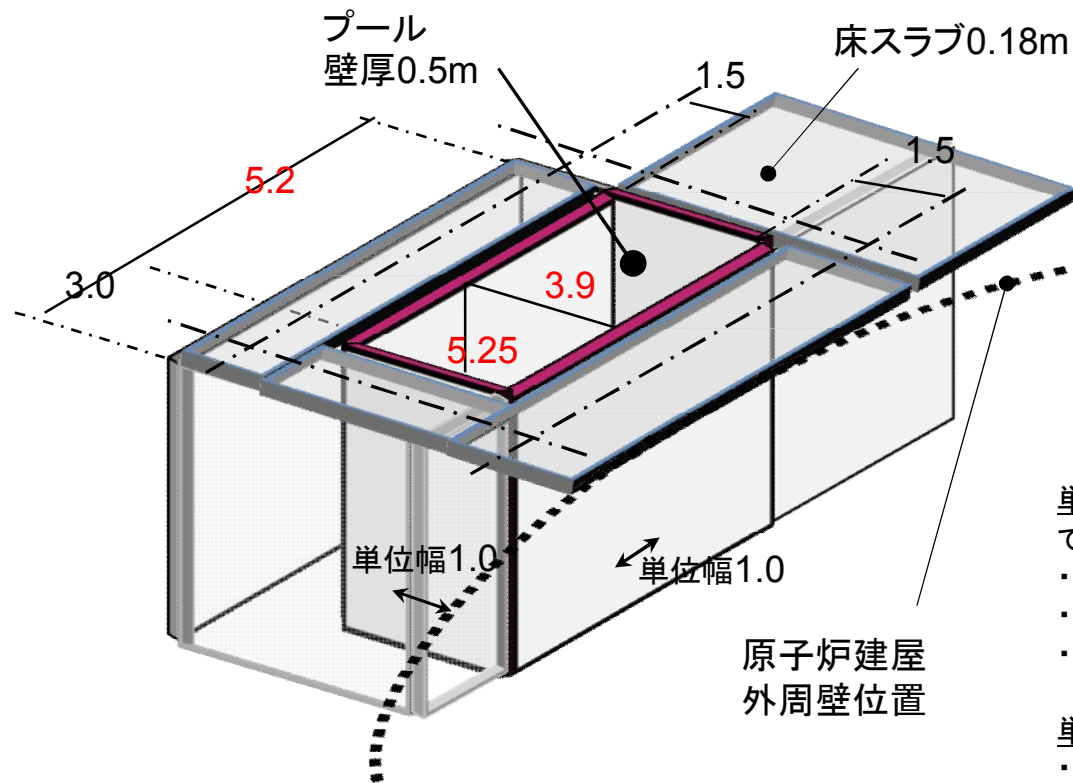
- ・1階剛床中央部での応答値を示す。
- ・若干X方向の最大値が大きいが、全体的な傾向が同じであるため、代表としてX方向を示す。
- ・事業者の最大加速度 (cm/sec<sup>2</sup>)  
X方向: 983 → 水平震度1.0としている
- ・クロスチェックの最大加速度 (cm/sec<sup>2</sup>)  
X方向: 1116 → 水平震度1.2とする  
Y方向: 1086

# 機器配管への上下入力地震動



- ・生体遮蔽体中央部での値を示す。
- ・事業者の最大加速度 (cm/sec<sup>2</sup>)  
268 → 鉛直震度0.4としている
- ・クロスチェックの最大加速度  
243 → 鉛直震度0.4とする

# 使用済み燃料貯蔵プール



床スラブ、プール側壁、水の慣性力 (1階床最大加速度1116gal→水平震度1.2とする)による水平荷重を算定し、壁面内せん断力がコンクリートの許容応力度に比べ小さいことを確認する(事業者より2割増しの水平震度を作用させる)。

## 最大応力度と評価

単位幅床重量(幅1.5mの床重量が壁に地震荷重として作用すると考える)

- ・スラブ …4320 N/m<sup>2</sup>
- ・仕上げ…200 N/m<sup>2</sup>
- ・積載 …2100 N/m<sup>2</sup> 計6620 N/m<sup>2</sup>
- 6.62kN/m<sup>2</sup> × 1.5m= **9.93kN/m**

単位幅側壁重量

- ・壁 …12000 N/m<sup>2</sup>
- ・仕上げ… 1000 N/m<sup>2</sup> 計13000 N/m<sup>2</sup>
- 13kN/m<sup>2</sup> × 5.25m= **68.25 kN/m**

単位幅プール水重量

- 10kN/m<sup>3</sup> × 5.25m × 5.2m/2= **136.5 kN/m**
- 合計:W=9.93+68.25+136.5=214.7kN/m

→ 水平荷重:P=260kN/m

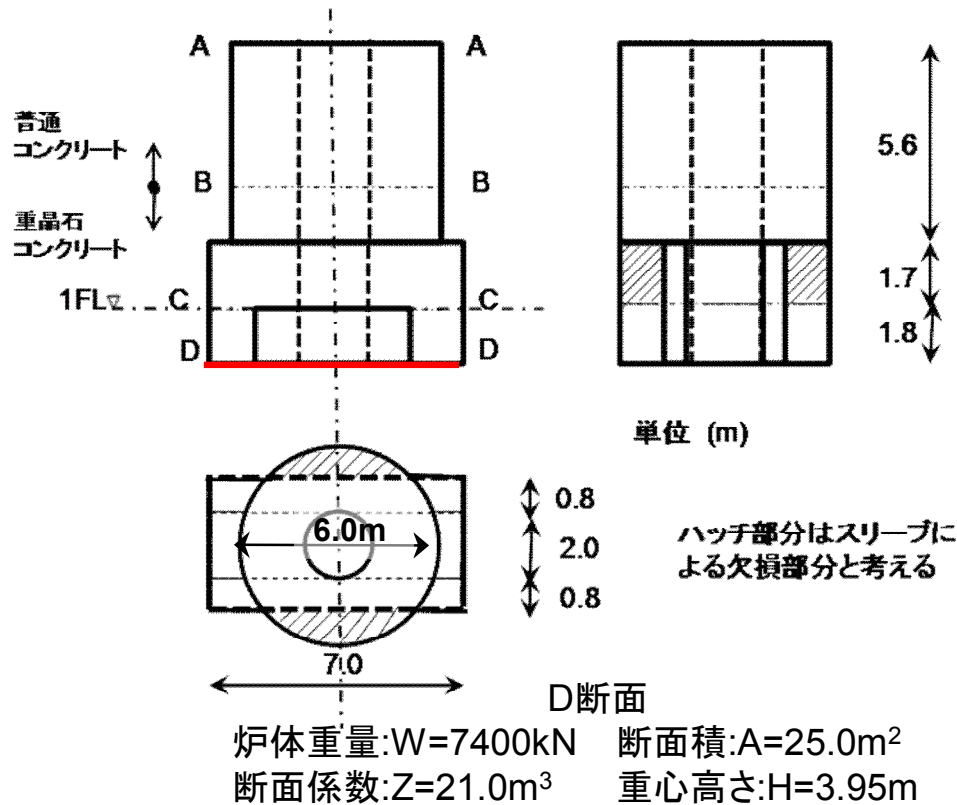
壁脚1mあたりに生じるせん断応力度

$$\tau = P / (\text{単位幅} \times \text{壁厚}) = 0.53 \text{ N/mm}^2$$

< 許容値 0.9 N/mm<sup>2</sup>

Fc18短期許容せん断応力度

# 生体遮へい体



炉体1次固有周期は0.025秒であり、剛体としてモデル化。  
 水平震度 $CH=1.2$ 、鉛直震度 $CV=0.4$ として、コンクリート断面に生じる応力度を算定する。  
 断面A～Dに対して、評価を行いここでは最大応力度が生じる断面Dの結果を示す。

## 最大応力度と評価

### 断面力

最小圧縮力:  $N_1 = (1.0 - C_v) \times W = 4,440\text{kN}$

最大圧縮力:  $N_2 = (1.0 + C_v) \times W = 10,360\text{kN}$

せん断力:  $Q = CH \times W = 8,880\text{kN}$

曲げモーメント:  $M = Q \times H = 33,076\text{kNm}$

### 応力度

引張応力度:  $\sigma_t = -N_1/A + M/Z = 1,325\text{ kN/m}^2$

$\rightarrow 1.33\text{ N/mm}^2 < \text{許容値 } 1.4\text{ N/mm}^2$

圧縮応力度:  $\sigma_c = N_2/A + M/Z = 1,989\text{kN/mm}^2$

$\rightarrow 1.99\text{ N/mm}^2 < \text{許容値 } 14\text{ N/mm}^2$

せん断応力度:  $\tau = 1.74(\text{形状係数}) \times Q/A$

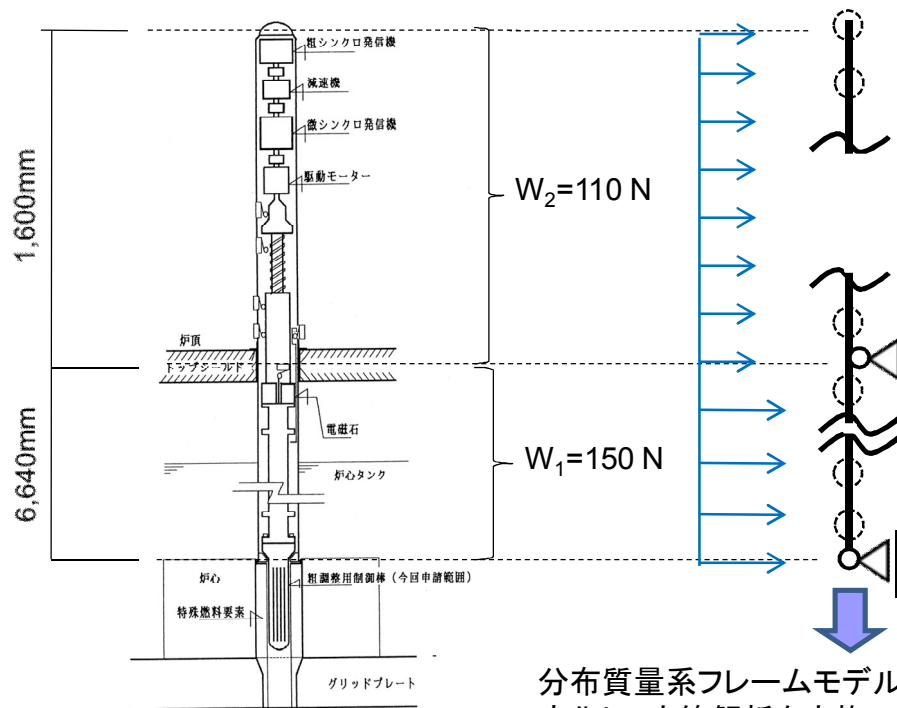
$= 618\text{kN/m}^2$

$\rightarrow 0.62\text{ N/mm}^2 < \text{許容値 } 1.05\text{ N/mm}^2$

# 制御棒駆動装置案内管

材質: アルミニウム合金A5052P-O  
 ヤング率:  $E=6.9 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$   
 断面積:  $A=631 \text{ mm}^2$   
 断面2次モーメント:  $I=355,000 \text{ mm}^4$   
 断面係数:  $Z=10,140 \text{ mm}^3$

21質点系モデルと分布荷重



分布質量系フレームモデルとしてモデルを高  
 度化し、応答解析を実施。

- ・時刻歴応答解析を実施して応答を求めた。  
 水平応答加速度(2%減衰)=3,615gal  
 →水平震度 $C_H=3.7$
- ・鉛直震度 $C_v=0.4$ (炉体と同値)

最大垂直応力度:

$$\sigma_{\max} = (1.0+0.4)(W1+W2)/A + M_{\max}/Z$$

$$= 49.0 \text{ N/mm}^2$$

< 許容値 65.0 N/mm<sup>2</sup>

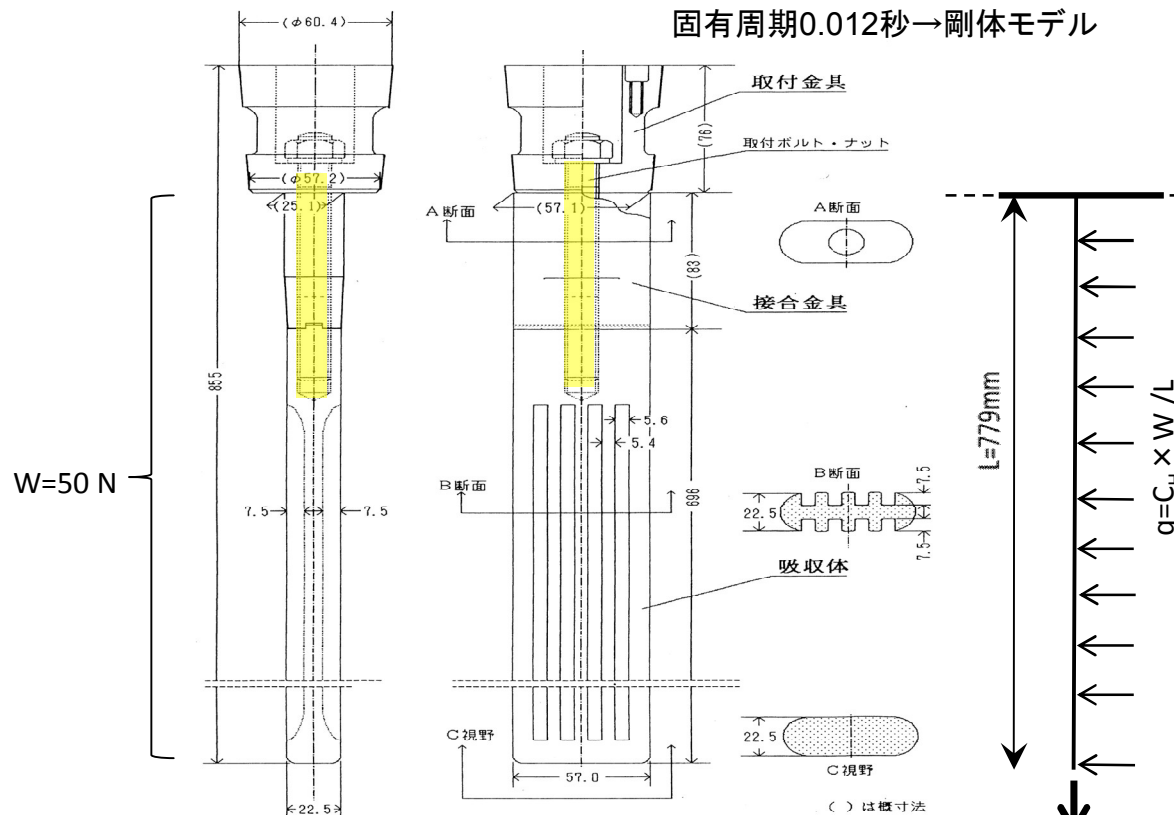
最大せん断応力度:

$$\tau_{\max} = 2Q_{\max}/A$$

$$= 2.0 \text{ N/mm}^2$$

< 許容値 37.0 N/mm<sup>2</sup>

# 粗調整棒取付ボルト



材質: M12ボルト ステンレス鋼SUS304  
 有効断面積:  $A=84\text{mm}^2$   
 断面2次モーメント:  $I=562\text{mm}^4$   
 断面係数:  $Z=109\text{mm}^3$

水平震度:  $C_H=1.2$   
 鉛直震度:  $C_v=0.4$

## 最大応力度と評価

最大垂直応力度:

$$\sigma_{\max} = (1.0+0.4)W/A + M_{\max}/Z$$

$$= 187 \text{ N/mm}^2 < \text{許容値 } 210 \text{ N/mm}^2$$

OK

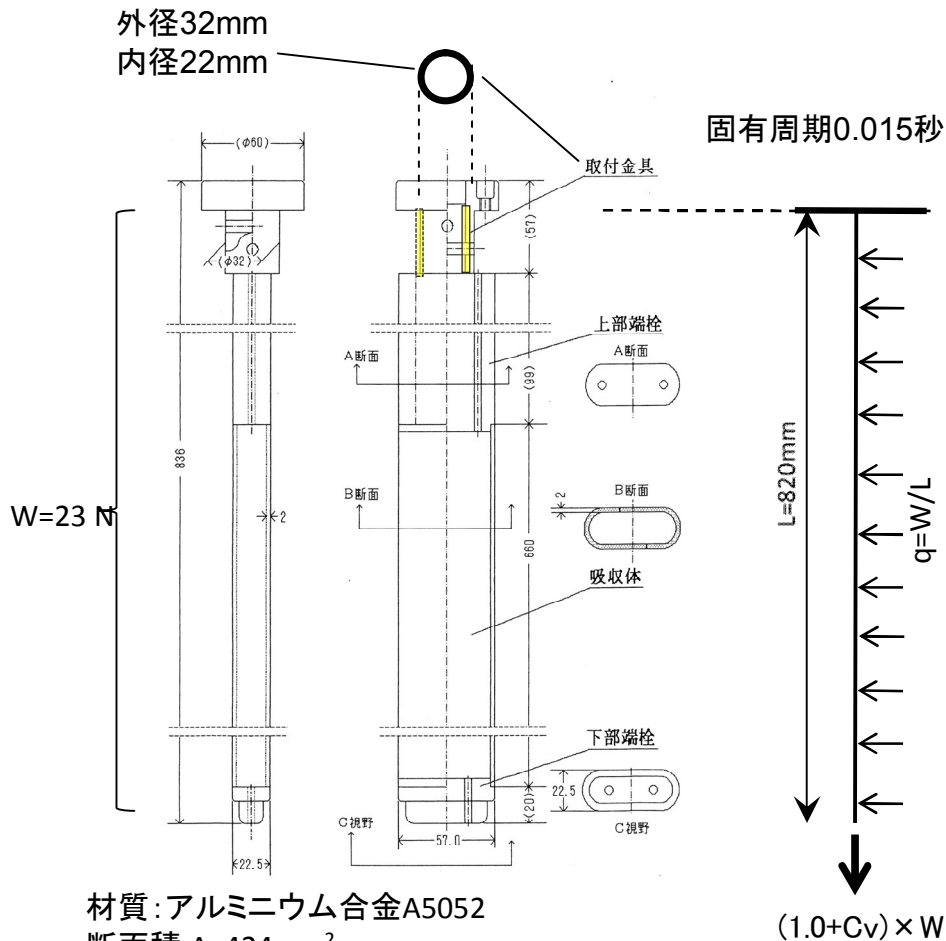
最大せん断応力度:

$$\tau_{\max} = 1.34Q_{\max}/A$$

$$= 0.88 \text{ N/mm}^2 < \text{許容値 } 121 \text{ N/mm}^2$$

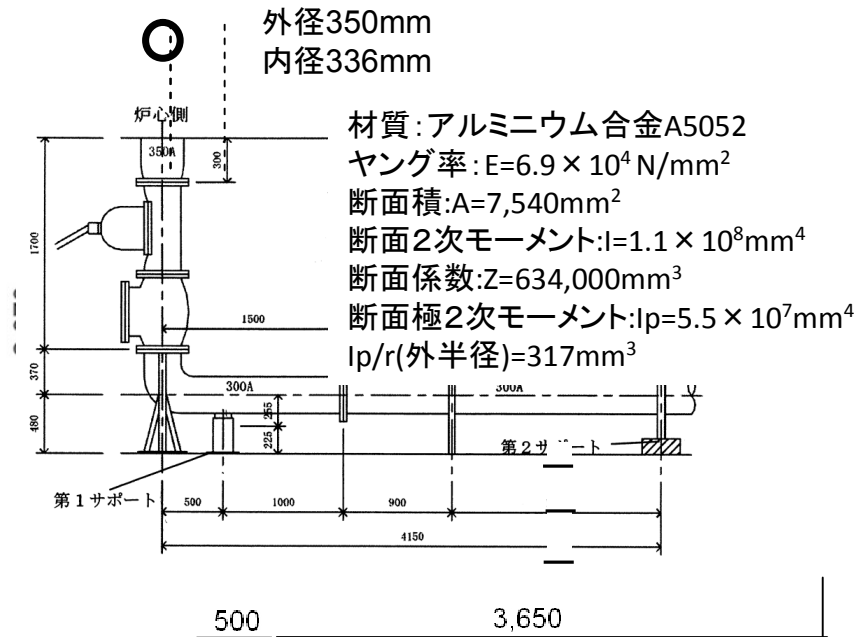
OK

# 微調整棒取付金具





# 炉心直下1次冷却系炉心入口配管



## 最大応力度と評価

最大垂直応力度:

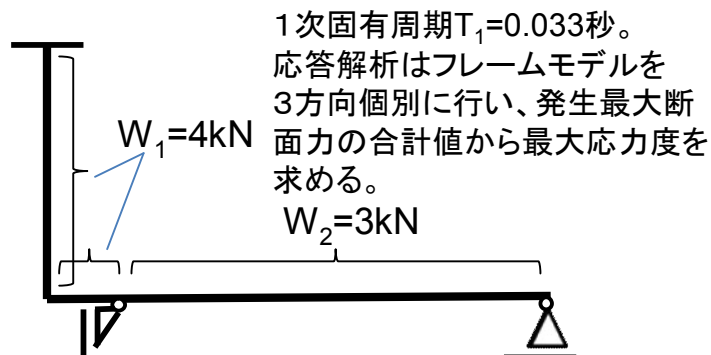
$$\sigma_{\max} = 0.81 + 1.89 = 2.70 \text{ N/mm}^2$$

< 許容値 126 N/mm<sup>2</sup>

最大せん断応力度:

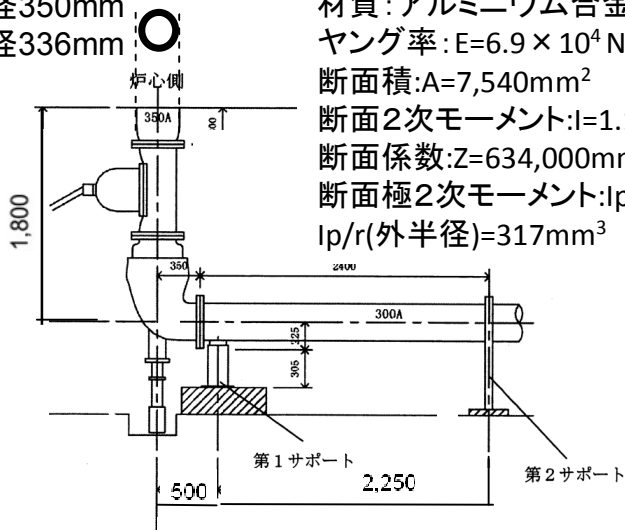
$$\tau_{\max} = 0.65 + 0.17 = 0.82 \text{ N/mm}^2$$

< 許容値 31 N/mm<sup>2</sup>



# 炉心直下1次冷却系炉心出口配管

外径350mm  
内径336mm



材質:アルミニウム合金A5052  
ヤング率:  $E=6.9 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$   
断面積:  $A=7,540 \text{ mm}^2$   
断面2次モーメント:  $I=1.1 \times 10^8 \text{ mm}^4$   
断面係数:  $Z=634,000 \text{ mm}^3$   
断面極2次モーメント:  $I_p=5.5 \times 10^7 \text{ mm}^4$   
 $I_p/r(\text{外半径})=317 \text{ mm}^3$

## 最大応力度と評価

最大垂直応力度:

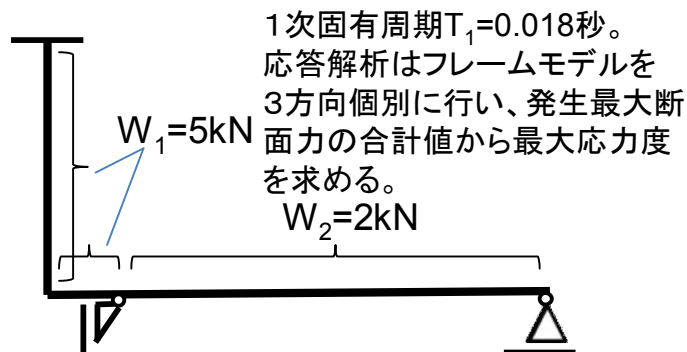
$$\sigma_{\max} = 0.99 + 2.05 = 3.04 \text{ N/mm}^2$$

< 許容値 126 N/mm<sup>2</sup>

最大せん断応力度:

$$\tau_{\max} = 0.71 + 0.29 = 1.00 \text{ N/mm}^2$$

< 許容値 31 N/mm<sup>2</sup>



# 炉心支持構造物

プレナム

材質: 耐食アルミニウム合金  
A2P1 (A5052P)

引張強さ 182N/mm<sup>2</sup> (材料試験より)

許容圧縮応力  $f_c$ : 60.0 N/mm<sup>2</sup>

許容せん断応力  $f_t$ : 34.6 N/mm<sup>2</sup>

炉心重量: 2694~5815N

プレナム重量: 2112 N

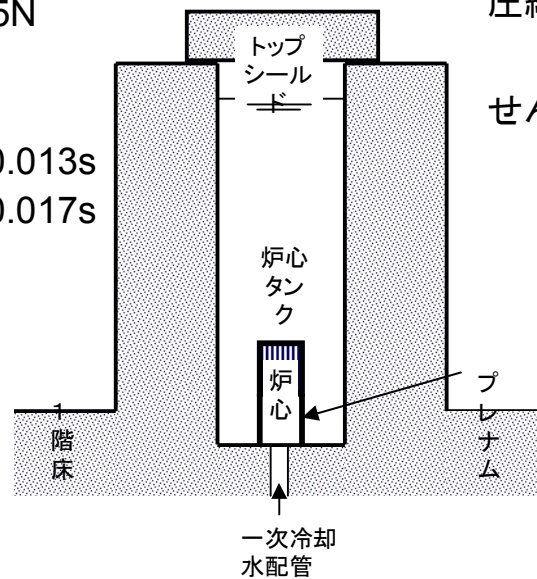
固有周期:

x軸方向 0.009~0.013s

y軸方向 0.012~0.017s

水平震度  $Ch$ : 1.2

鉛直震度  $Cv$ : 0.4



総重量  $W$ : 7927 N

重心高さ  $h$ : 1463 mm

断面積  $A$ : 58800 mm<sup>2</sup>

断面係数:

$$Z_x = 2.52 \times 10^9$$

$$Z_y = 4.26 \times 10^9$$

圧縮応力:  $\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = 2.80 \text{ N/mm}^2$

< 許容値 60.0 N/mm<sup>2</sup>

せん断応力:  $W \times Ch / Ae = 1.62 \text{ N/mm}^2$

< 許容値 34.6 N/mm<sup>2</sup>

$A_e$ : 地震力の方向と平行な面の断面積

$$(511 \times 25 \times 2 \text{ mm}^2)$$

$\sigma_x$ : x軸方向の地震力に対する曲げ応力

$$(\sigma_x = W \times Ch \times h / Z_x)$$

$\sigma_y$ : y軸方向の地震力に対する曲げ応力

$$(\sigma_y = W \times Ch \times h / Z_y)$$

$\sigma_z$ : 自重及び鉛直方向地震力に対する圧縮応力

$$(\sigma_z = W \times (1 + Cv) / A)$$

事業者 クロスチェック

区分	評価設備・機器	応力度の種類		発生値(N/mm <sup>2</sup> )	評価基準値(N/mm <sup>2</sup> )	発生値(N/mm <sup>2</sup> )
閉じ込める	生体遮へい体*1 Fc210	垂直	圧縮	1.8	14.0	1.99
			引張	1.2	1.4	1.33
		せん断		0.5	1.0	0.62
止める	制御棒・制御棒駆動装置	粗調整用制御棒*2用 SUS304	垂直	180.0	210.0	187.0
			せん断	0.8	121.0	0.88
		微調整用制御棒*3 A5052	垂直	3.9	42.0	4.3
			せん断	0.1	24.0	0.13
		制御棒駆動装置*4 A5052P-O	垂直	19.0	65.0	49.0
			せん断	0.3	37.5	2.0
冷やす	一次冷却系配管(炉心直下)	入口配管 A5052(A2T1)	垂直	2.7	126.0	2.70
			せん断	0.7	31.0	0.82
		出口配管 A5052(A2T1)	垂直	2.7	126.0	3.1
			せん断	0.8	31.0	1.0
	炉心支持構造物	プレナム A5052P(A2P1)	圧縮	2.3	60.0	2.8
			せん断	1.4	34.6	1.6

\*1 生体遮へい体基部の断面で検討, \*2 制御棒取付ボルトで検討, \*3 制御棒取付金具で検討, \*4 案内管で検討



## 機器配管系のまとめ

- 事業者と同じ検討方法を採用（水平震度のみ地震応答解析結果を反映して20%増し）し、チェックを行った結果、各部に発生する応力は全て基準値を下回ることが確認できた。