

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-70
提出年月日	2022年6月21日

## 差圧検出・ほう酸水注入系配管の解析モデル

2022年6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. 本設備の解析モデルの概要	1
3. 本設備の解析モデルにおける接続配管の影響	1
3.1 接続配管の概要	1
3.2 接続配管の影響	2
4. 炉内配管の解析モデルの質点位置の影響	7
4.1 炉内側サポートプレート間の配管の固有振動数の検討	7
5. まとめ	8

## 1. 概要

本資料は、差圧検出・ほう酸水注入系配管（以下「本設備」という）の地震応答解析に用いる解析モデルの設定方法の詳細を示すものである。

本資料において対象とする図書を以下に示す。

- ・VI-2-3-3-2-5「差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより N11 ノズルまでの外管）の耐震性についての計算書」
- ・VI-2-3-3-3-10「差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）の耐震性についての計算書」

## 2. 本設備の解析モデルの概要

本設備の解析モデルを図 1 に示す。本設備の解析モデルは、ティーより N11 ノズルまでの外管と炉内側の配管を一つの解析モデルとして作成している。モデル化の範囲は、炉内の炉心支持板に差し込まれ、保持される差圧検出管から、原子炉压力容器下鏡に溶接された N11 ノズルを介して、炉外の二重管の端部となるティーまでとしている。なお、建設工認の解析モデルでは、本設備に接続する配管（以下「接続配管」という。）の地震応答による影響は軽微であるとの考えから、ティーより先の配管はモデル化の範囲外としている。

また、本設備の解析モデルの質点は、本設備の支持点及び拘束点、断面性状や部材が変化する溶接部、配管の分岐部及び曲げ部等を中心に配置している。図 2 に示す通り、本設備の応力評価点は、形状不連続部、溶接部に設定しており、本設備の解析モデルの質点は応力評価点を網羅するように配置している。

なお、今回工認において本設備に適用している地震荷重は、建設工認の解析モデルで用いた地震荷重に建設工認との震度比を乗じて求めた値を適用している。

## 3. 本設備の解析モデルにおける接続配管の影響

本章では、接続配管の地震応答による影響を確認する。

接続配管の解析モデルでは、本設備の外管をモデル化範囲に含んでいる。ここでは、外管に加わる荷重について、接続配管及び本設備の解析モデルの地震応答解析結果を比較し、本設備の解析モデルにより得られる荷重が、接続配管の解析モデルにより得られる荷重を包絡することを確認する。

### 3.1 接続配管の概要

接続配管は、VI-2-6-4-1-3「管の耐震性についての計算書（ほう酸水注入系）」において「SLC-PD-1」としてモデル化されている。接続配管の地震応答解析モデルを図 3 に示す。モデル化範囲は、原子炉格納容器貫通部（X-22）から原子炉压力容器ノズル

（N11 ノズル）までとしており、主配管の耐震計算に用いている。なお、N11 ノズルの二重管構造部は、外管の剛性及び質量を考慮したモデルとし、内管の質量を外管との合流部に集中質量として付加している。

### 3.2 接続配管の影響

ティーより先の接続配管の影響を確認するため、原子炉圧力容器ノズル（N11 ノズル）からティーまでの範囲に対し、配管解析モデルにより算出した地震荷重と、今回工認で本設備に適用する地震荷重を比較する。比較結果を表 1 に示す。

表 1 に示す通り、本設備に適用する地震荷重は、接続配管の解析モデルにより算出した地震荷重より大きく、接続配管の地震応答の影響を包絡できていると言える。

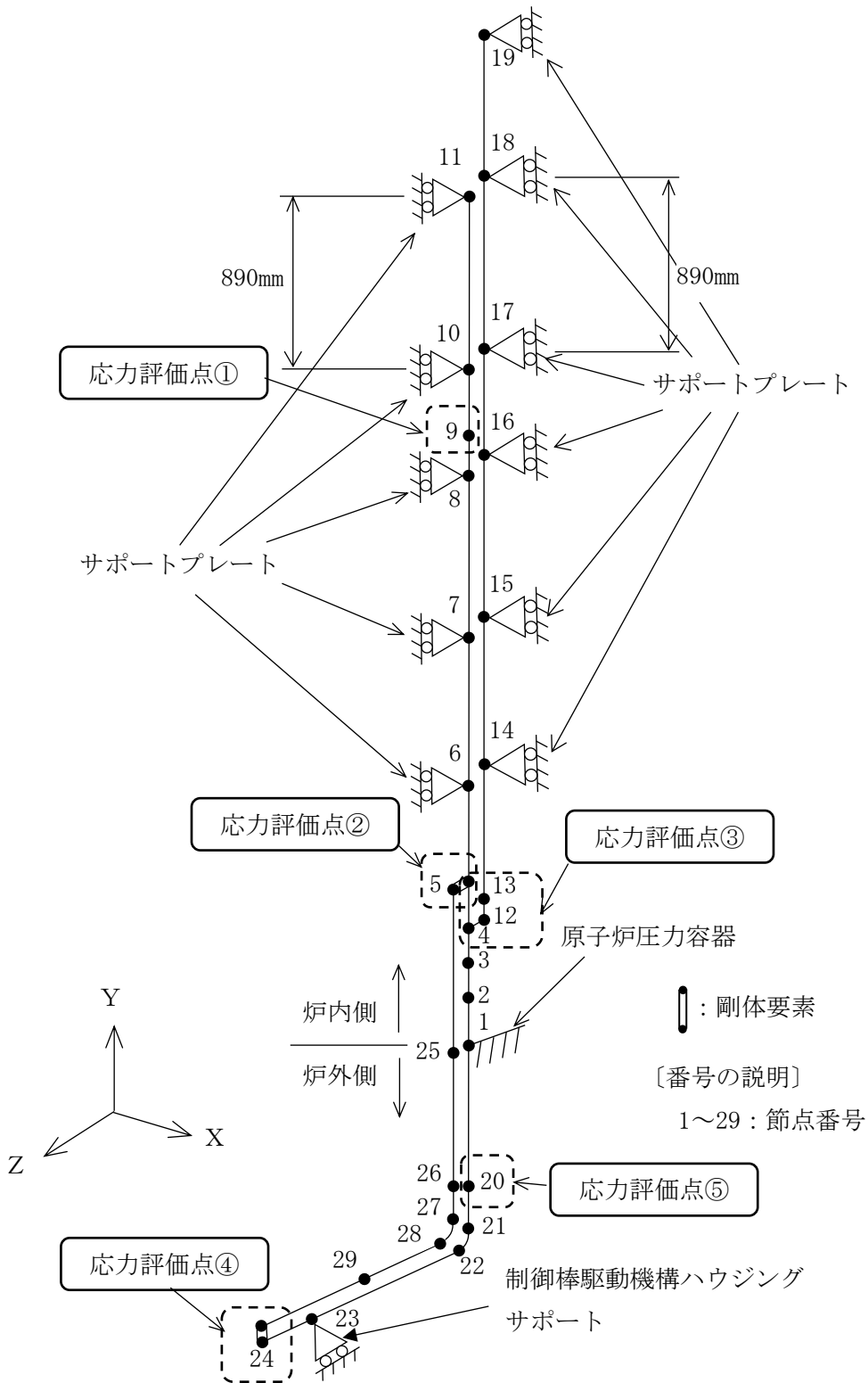


図1 本設備の解析モデル

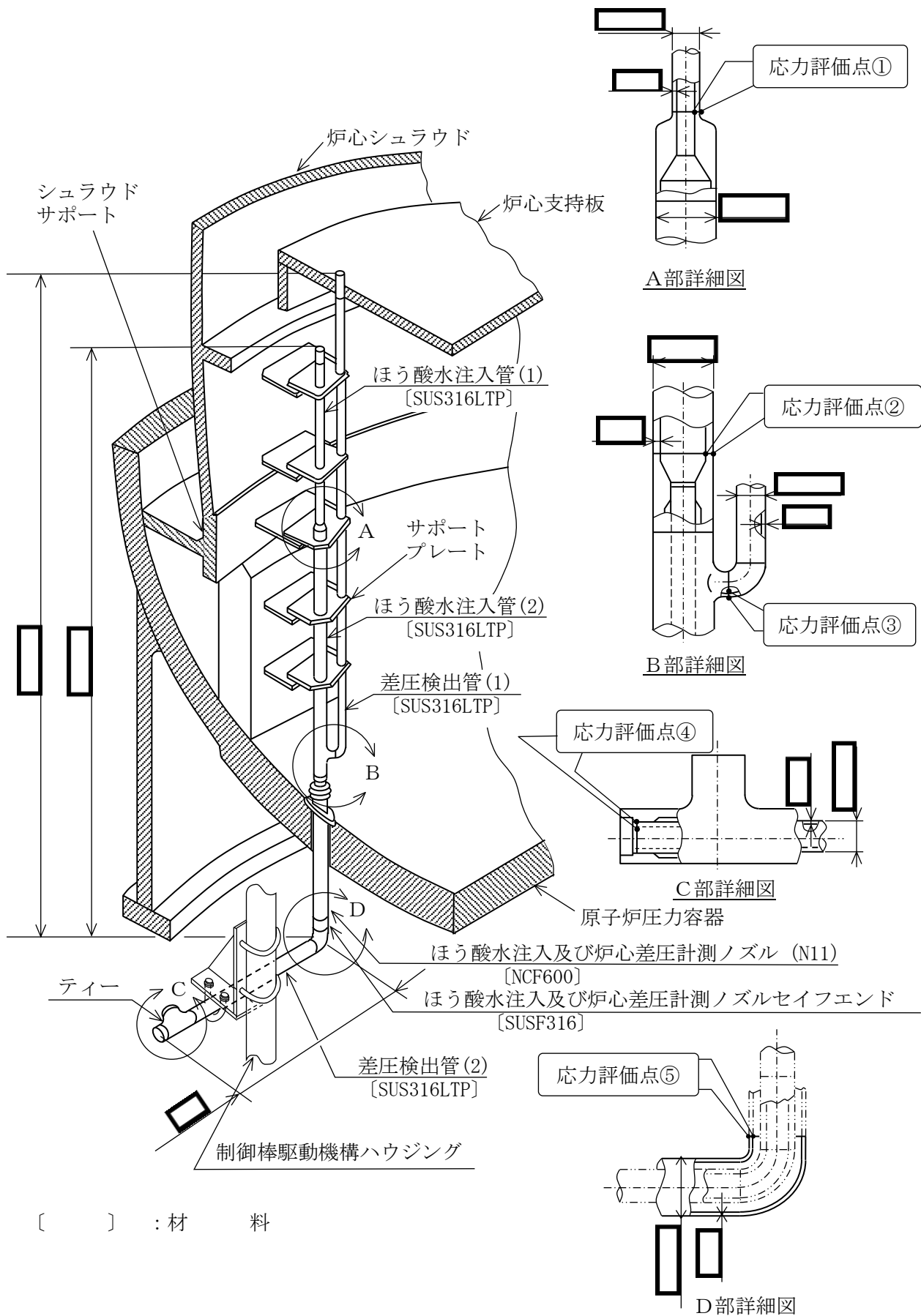


図2 本設備の応力評価点

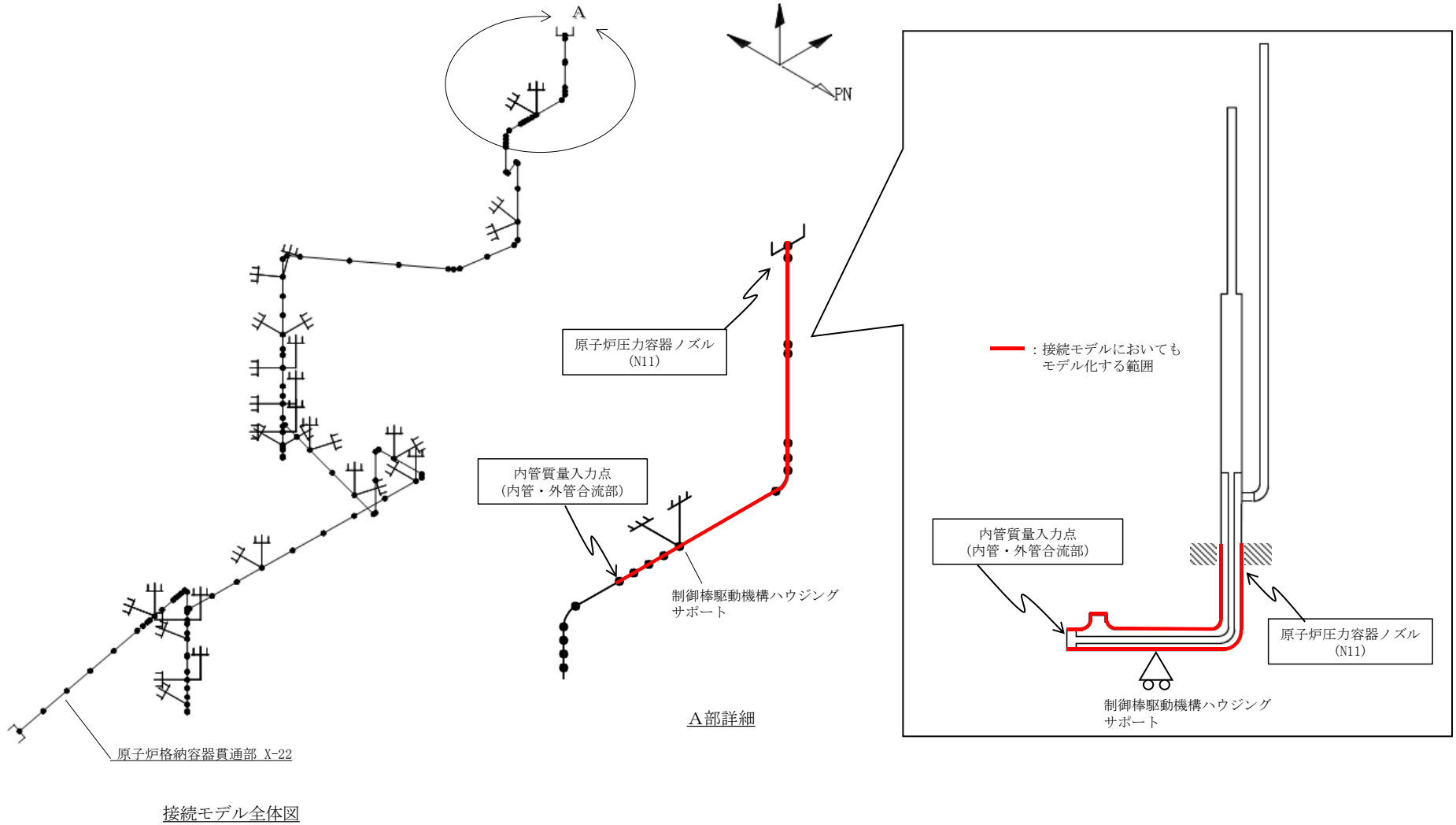


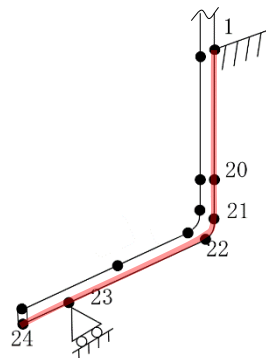
図3 接続配管の解析モデル

表 1 本設備に適用する地震荷重と接続配管の解析モデルによる地震荷重の比較

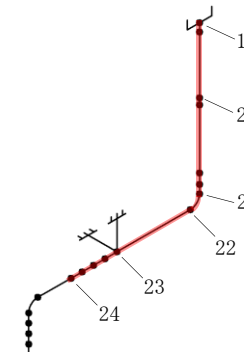
地震動	質点番号	荷重	①本設備に適用する地震荷重				②接続配管の解析モデルによる地震荷重				比率 (①/②)			
			軸力 [N]	せん断力 [N]	ねじり モーメント [N・mm]	曲げ モーメント [N・mm]	軸力 [N]	せん断力 [N]	ねじり モーメント [N・mm]	曲げ モーメント [N・mm]	軸力 [-]	せん断力 [-]	ねじり モーメント [-]	曲げ モーメント [-]
補正工認 Ss	1~20	地震荷重 (一次)	1.17E+03	1.98E+03	1.80E+05	9.87E+05	4.65E+02	3.84E+02	2.55E+04	2.20E+05	2.52	5.16	7.06	4.49
	20~24		1.08E+03	1.62E+03	1.80E+05	3.59E+05	4.65E+02	5.04E+02	3.34E+04	1.75E+05	2.32	3.21	5.39	2.05
	20~24	地震荷重 (二次)	1.50E+03	1.73E+03	3.83E+05	8.42E+05	2.78E+02	2.85E+02	2.95E+04	8.95E+04	5.40	6.07	12.98	9.41
補正工認 Sd	1~20	地震荷重 (一次)	4.40E+02	7.45E+02	6.77E+04	3.73E+05	2.40E+02	2.00E+02	1.48E+04	1.15E+05	1.83	3.73	4.57	3.24
	20~24		4.06E+02	6.09E+02	6.77E+04	1.36E+05	2.41E+02	2.80E+02	1.87E+04	9.00E+04	1.68	2.18	3.62	1.51
	20~24	地震荷重 (二次)	5.74E+02	6.62E+02	1.47E+05	3.24E+05	1.69E+02	1.71E+02	1.38E+04	5.24E+04	3.40	3.87	10.65	6.18

解析モデル	1次固有周期	適用する耐震条件	据付場所及び床面高さ
本設備	0.036s	設計用震度 I を上回る設計震度 {最小震度比* (補正工認 Ss : 1.5 倍, 補正工認 Sd : 1.06 倍)}	・ 炉心シュラウド (EL 19.196m~21.571m) ・ 原子炉圧力容器下鏡 (EL 16.508m~18.250m)
接続配管	0.071s	設計用床応答スペクトル I 及び設計用震度 I	原子炉圧力容器ペDESTAL (EL 15.944m)

注記 \* : 本設備に適用する震度と設計用震度 I との比 (本設備に適用する震度 ÷ 設計用震度 I) を示す。



本設備の解析モデル



接続配管の解析モデル

注記 : 図中の番号は本設備の解析モデルにおける質点番号を示す。



#### 4. 炉内配管の解析モデルの質点位置の影響

本設備の解析モデルのうち、炉内側のサポートプレートが設置される範囲（質点番号6～11、質点番号14～19）においては、サポートプレートにより支持される区間が短く、水平方向の応答の影響が小さいことから、応力評価点①以外の直管部には質点を設けていない。本章では、炉内側のサポート間の質点の有無が耐震評価に与える影響について検討する。

##### 4.1 炉内側サポートプレート間の配管の固有振動数の検討

本設備のうち、炉内のサポートプレートに支持される区間について、簡易的にサポートプレートによる支持点間を1本の梁にモデル化し、固有振動数を算出する。

モデル化位置は、当該区間のうち、サポートプレート間の距離が最長となる質点番号10～11、質点番号17～18とする。なお、本設備はサポートプレートとの支持点において、鉛直方向を固定されていないことから、両端をピン支持としてモデル化した。

表2に固有振動数の算出結果を示す。表2に示す通り、当該区間の固有振動数は20[Hz]を大きく上回っており、この他の区間を含め、サポートに支持される区間は全て、剛構造である。このことから、炉内側配管のサポートプレート間の質点数の有無が耐震評価に与える影響は軽微と考えられる。

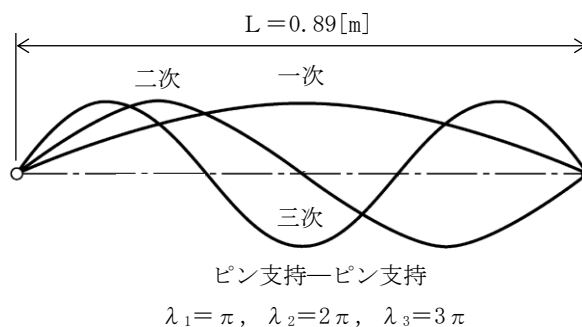
表2 炉内側のサポートプレート間の配管の固有振動数

項目	記号	単位	ほう酸水注入管 (質点番号10～11)	差圧検出管 (質点番号17～18)
材質	—	—	SUS316LTP	SUS316LTP
サポート間距離	L	m	0.89	0.89
ヤング率	E	Pa	$1.77 \times 10^{11}$	$1.77 \times 10^{11}$
密度*1	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	$1.04 \times 10^4$	$1.04 \times 10^4$
外径	D <sub>o</sub>	mm	33.4	33.4
板厚	t	mm	3.38	4.55
内径	D <sub>i</sub>	mm	26.64	24.3
断面積	A	m <sup>2</sup>	$3.188 \times 10^{-4}$	$4.124 \times 10^{-4}$
断面二次モーメント	I	m <sup>4</sup>	$3.636 \times 10^{-8}$	$4.397 \times 10^{-8}$
固有振動数（一次）*2	f	Hz	83.5	84.5

注記 \*1：管内に含まれる水及び付加質量の効果を考慮して設定した値

\*2：両端ピン支持条件における梁の固有振動数を示す。なお、固有振動数の算出式は以下に示す。

$$f_n = \frac{\lambda_n^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}}$$



## 5. まとめ

本設備の解析モデルに対し、接続配管と炉内配管の解析モデルの質点位置が評価に及ぼす影響について検討を行った。検討の結果、いずれも評価に及ぼす影響は軽微であり、本解析モデルにより評価を実施することは妥当であることを確認した。