

6. TVF 施設の機器・配管系の耐震性についての計算書



6.1 受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)  
の耐震性についての計算書

## 【目 次】

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	1
3. 評価部位	2
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	3
4.3 減衰定数	3
4.4 設計用地震力	4
4.5 計算方法	6
4.6 計算条件	6
4.7 固有周期	8
5. 評価結果	16

## 1. 概要

高放射性廃液の崩壊熱除去機能および閉じ込め機能を構成する受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

評価対象の受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の構造強度の評価は，有限要素法(FEM)解析により行い，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1)原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 (日本電気協会)
- (2)原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601 (日本電気協会)
- (3)発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 (日本機械学会)
- (4)発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1 (日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_L$	JSME S NC1-2012 SSB-3200 に定める許容荷重	N
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$S_u$	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
$S_{yd}$	JSME S NC1-2012 SSB-3200 に定める最高使用温度における材料の設計降伏点	MPa
$S_{yt}$	JSME S NC1-2012 SSB-3200 に定める試験温度における材料の設計降伏点	MPa
$T_L$	JSME S NC1-2012 SSB-3210 に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重	N

### 3. 評価部位

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の構造強度の評価は、評価上厳しくなる胴、ラグ、据付ボルトについて実施する。受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の概要図を図 3-1 に示す。

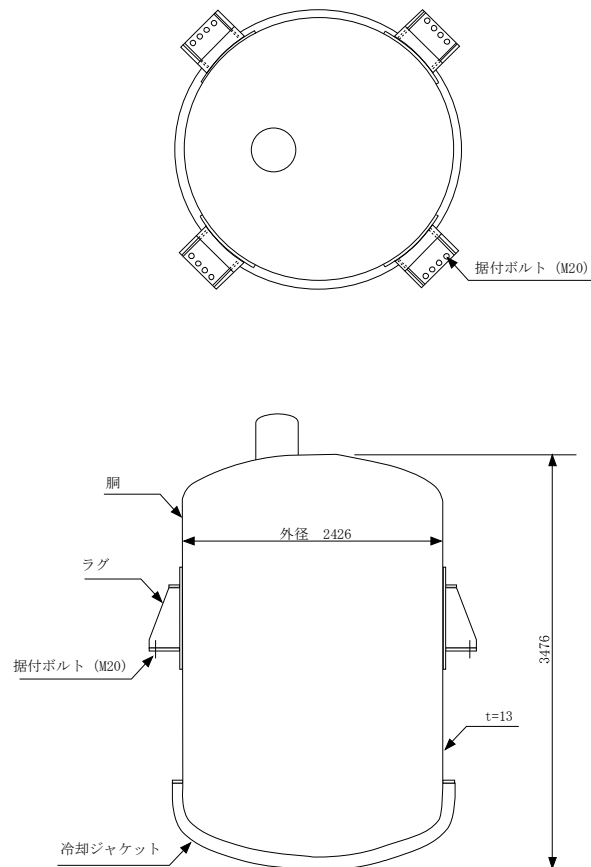


図 3-1 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の概要図

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重、圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法に

より組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠又は実験値等で妥当性が確認されているものを用いた。評価にあたっては供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については液量を満杯とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

据付ボルトのせん断応力の許容応力について、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012 SSB-3200」では、当該支持構造物と同一の材質及び形状を有する支持構造物がある場合は、その支持構造物で求めた値を使用することができることとしていることから、当該規格に基づき、せん断試験を実施し、その試験から得られた値を用いた。

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su
ラグ	一次応力	F
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$A_L$ (許容荷重) = $0.6 T_L S_{yd}/S_{yt}$

#### 4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。

使用した減衰定数を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
受入槽 (G11V10) 及び 回収液槽 (G11V20)	1.0	1.0

#### 4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づき、廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに、各階の床応答スペクトル (Ss-D, Ss-1, Ss-2 の 3 波包絡, 周期軸方向に±10%拡幅したもの) を作成し、これを評価に用いた。

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の解析用の床応答スペクトルは、機器据付階 (地下 1 階) のものを用いた。使用した解析用の床応答スペクトルを表 4-2、図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-2 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
受入槽 (G11V10) 及び 回収液槽 (G11V20)	解析用の床応答スペクトル (地下 1 階, 減衰定数 1.0%)	解析用の床応答スペクトル (地下 1 階, 減衰定数 1.0%)



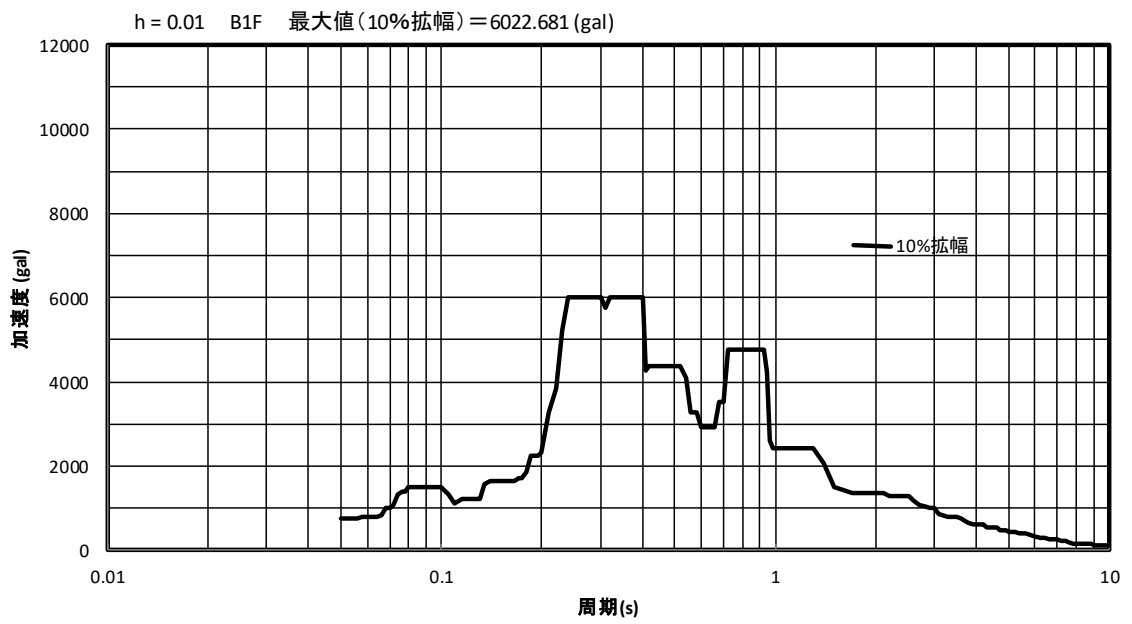


図 4-1 解析用の床応答スペクトル（水平方向，地下 1 階，減衰定数 1.0%）

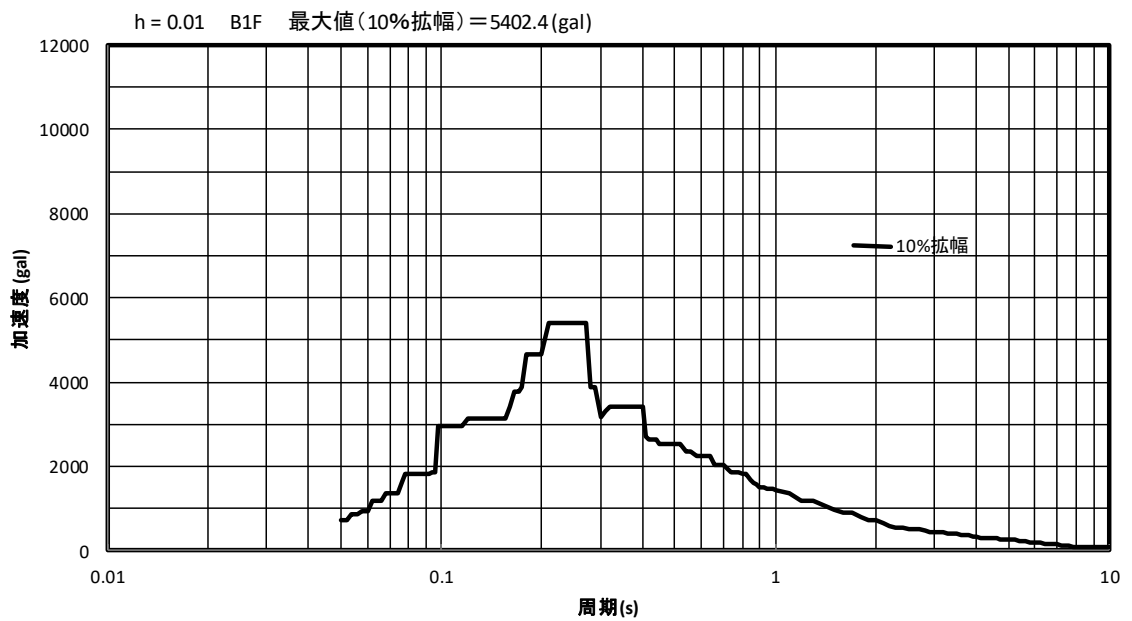


図 4-2 解析用の床応答スペクトル（鉛直方向，地下 1 階，減衰定数 1.0%）

#### 4.5 計算方法

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の計算方法について、FEM 解析 (スペクトルモーダル法) により発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。解析コードは FINAS<sup>※1</sup> を用いた。

※1 日本原子力研究開発機構, 伊藤忠テクノソリューション株式会社, “FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0” .

#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 解析モデル

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の解析モデルを図 4-3 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

解析モデルにおいて、槽内構造物等の質量は胴板に付加し、高放射性廃液の質量は接液部胴板に付加し、解析モデルの総質量が約 27.07 t となるように、胴板の密度を設定した。

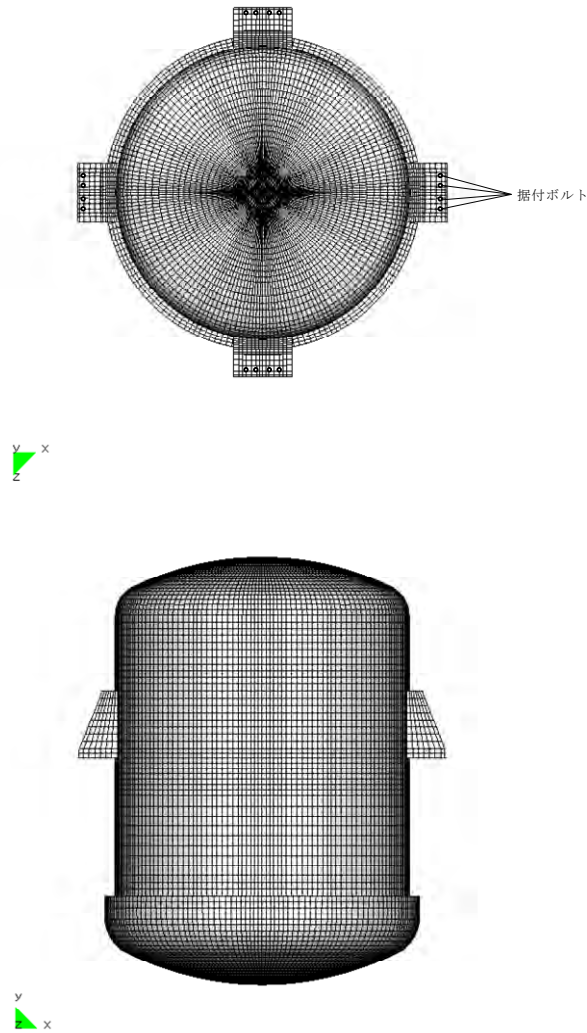
##### 4.6.2 諸元

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
受入槽 (G11V10) 及び 回収液槽 (G11V20)	耐震重要度分類	S クラス
	機器区分	クラス 3
	圧力 (設計圧力)	0.049 (MPa)
	胴外径	2426 (mm)
	胴板厚さ	13 (mm)
	胴高さ (外側)	3476 (mm)
	胴材質	R-SUS304ULC
	胴温度 (設計温度)	95 (°C)
	据付ボルト呼び径	M20
	据付ボルト材質	SUS316
	据付ボルト温度	45 (°C)
	液量 (満杯)	11 (m <sup>3</sup> )
	液密度	1.6 (g/cm <sup>3</sup> )

	空質量	約 9.47 (t)
	総質量	約 27.07 (t)



拘束条件 ○：固定、－：フリー

部位	並進方向			回転方向		
	x	y	z	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
据付ボルト	○	○	○	－	－	－

図 4-3 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の解析モデル

#### 4.7 固有周期

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の固有周期及び固有モードを図 4-5 に示す。

1次モード図

固有周期：0.062（秒）

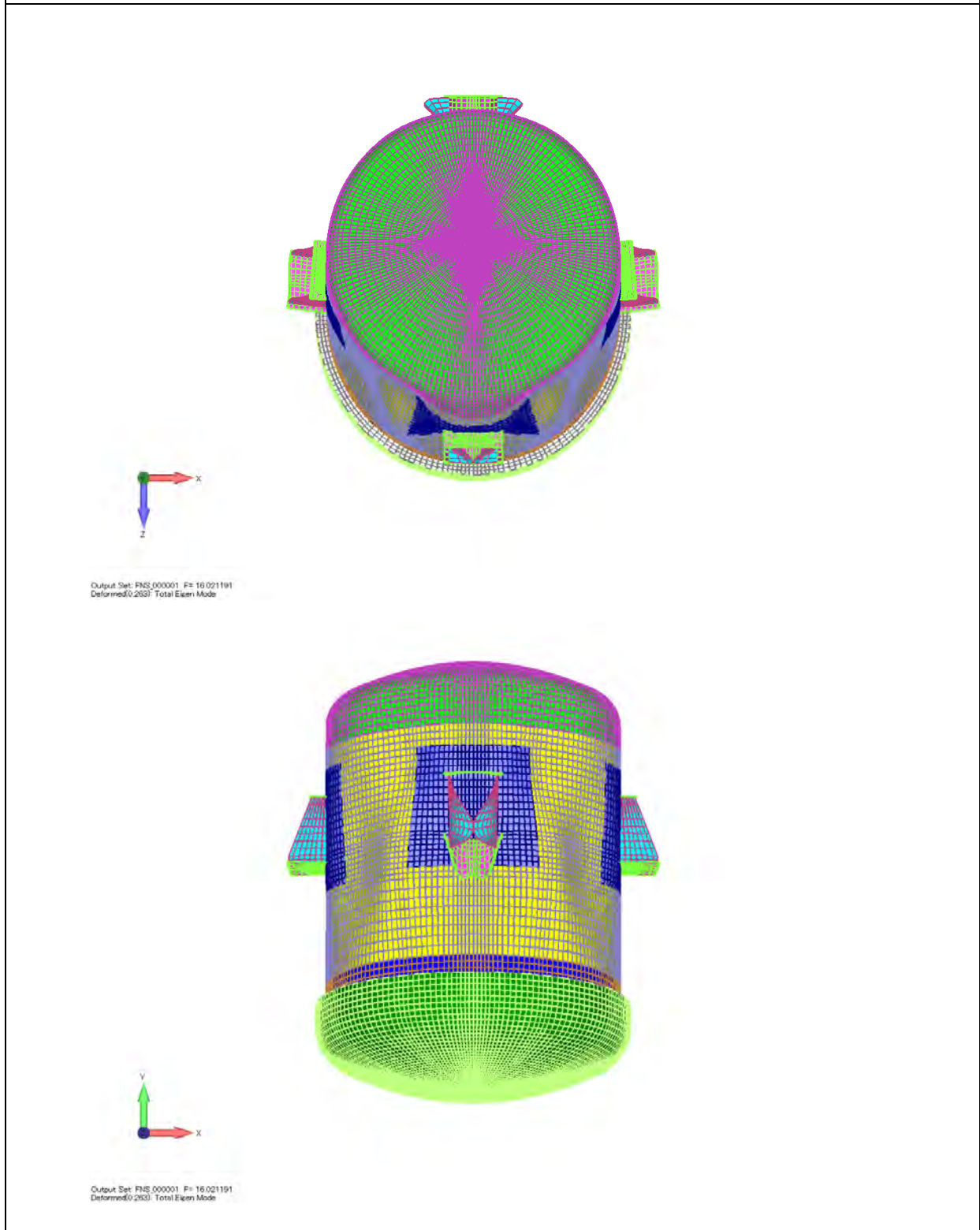


図 4-5 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) 固有モード図 (1/3)

2次モード図

固有周期：0.062（秒）

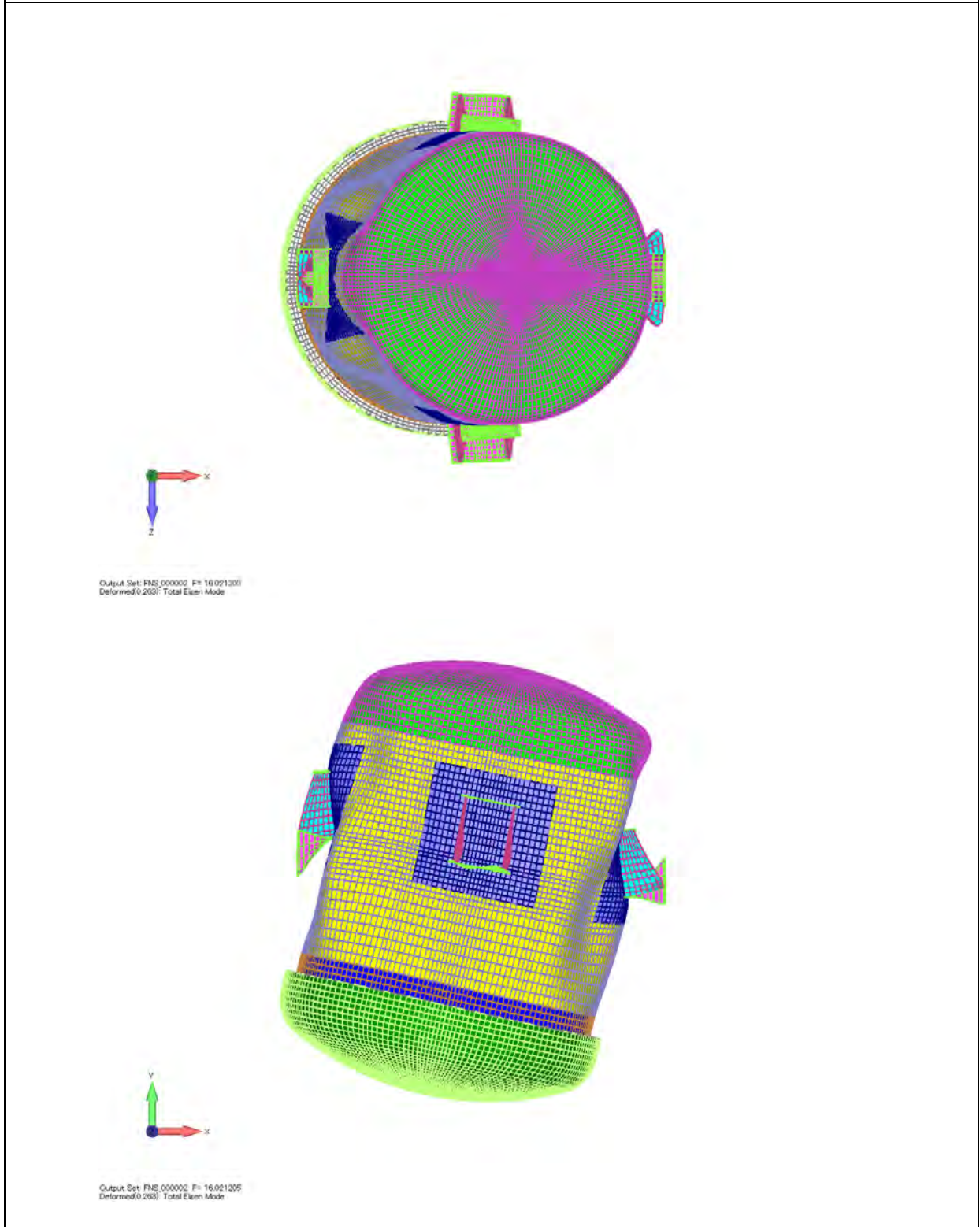


図 4-5 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) 固有モード図 (2/3)

3次モード図

固有周期：0.042（秒）

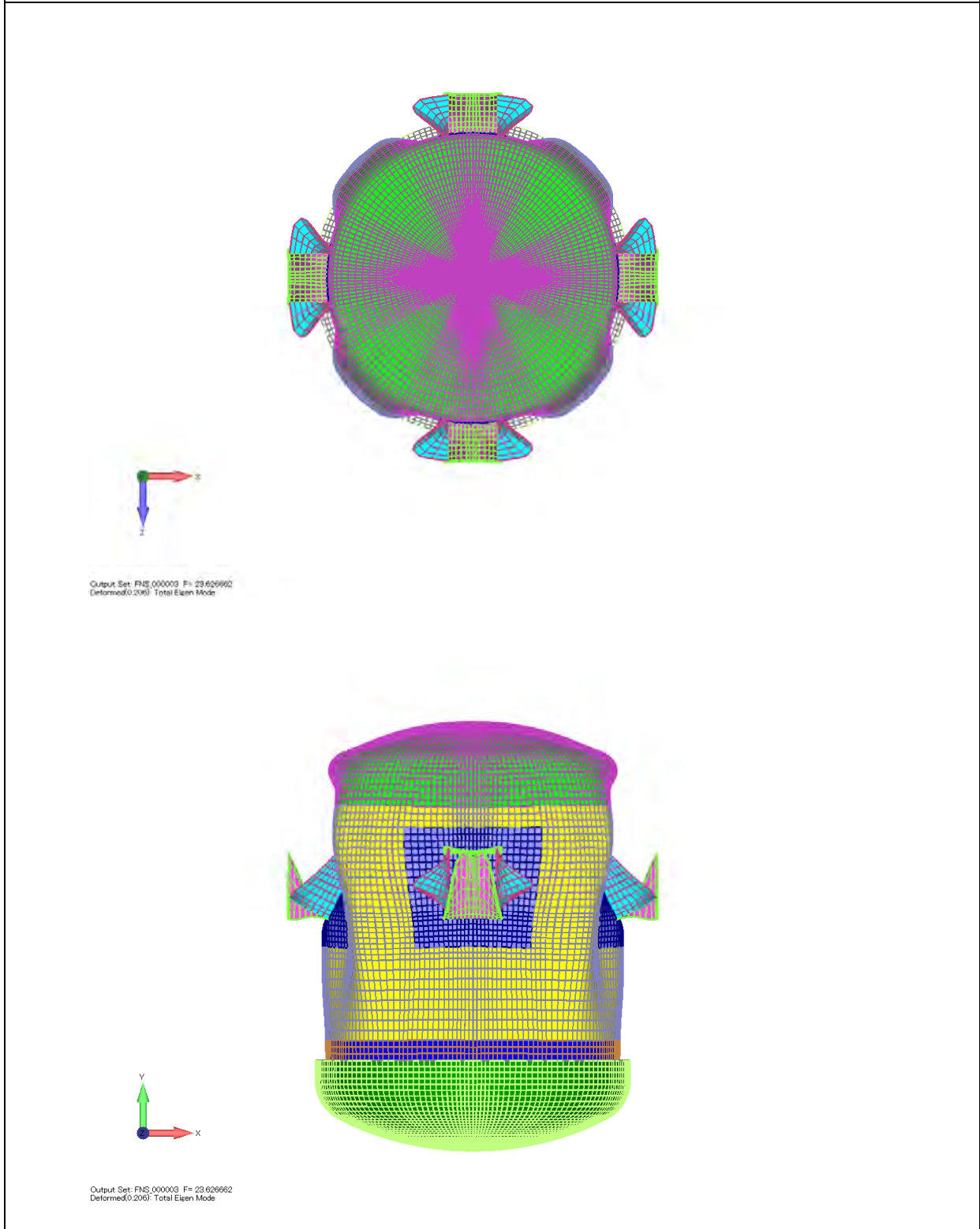


図 4-5 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) 固有モード図 (3/3)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20)	胴 (冷却ジャケットを含む)	一次一般膜	103	247	0.42
		一次	152	371	0.41
	ラグ	一次	176	246	0.72
	据付ボルト	引張	139	246	0.57
		せん断	205	290 <sup>※2</sup>	0.71

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

※2 JSME S NC1-2012 SSB-3200 に基づき実施したせん断試験から得られた  $A_L$  をボルトの断面積で除して算出した許容応力。



6.2 1次冷却水系配管(KG11-145)  
の耐震性についての計算書

## 【目次】

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
3. 評価部位	1
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	2
4.3 減衰定数	3
4.4 設計用地震力	3
4.5 計算方法	7
4.6 計算条件	7
4.7 固有周期	9
5. 評価結果	13

## 1. 概要

高放射性廃液の崩壊熱除去機能および閉じ込め機能を構成する 1 次冷却水系配管 (KG11-145) について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

評価対象の 1 次冷却水系配管 (KG11-145) の構造強度の評価は，有限要素法 (FEM) 解析により行い，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

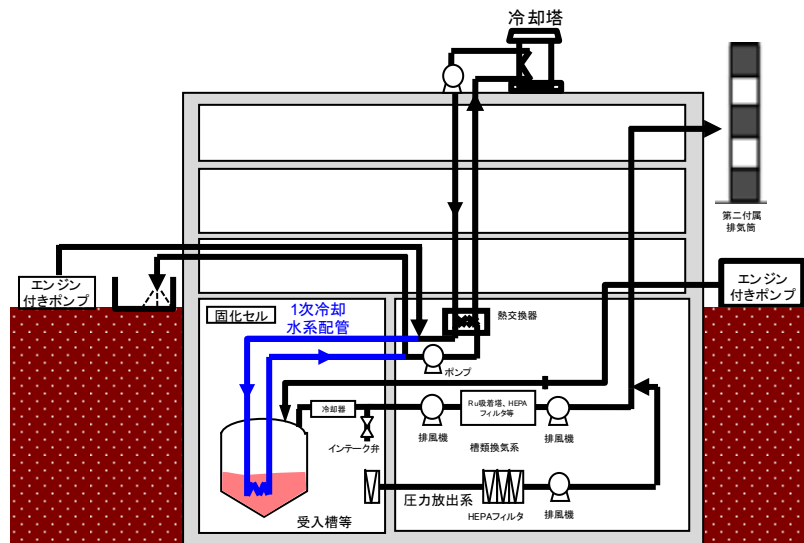
### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601 (日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 (日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1 (日本機械学会)

## 3. 評価部位

1 次冷却水系配管 (KG11-145) の構造強度の評価は，本体の一次応力について実施する。評価の範囲は事故対処設備として機能維持が求められる 1 次冷却水系配管の系統の一部 (図 3.1) とする。



配管系統の評価範囲  
 1次冷却水系配管：  
 事故対処時にエンジン付きポンプを接続する1次冷却水配管の接続位置から冷却コイルまでの範囲（青線部）。

図 3.1 1次冷却水系配管 (KG11-145) の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重、圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> について、温度は設計温度、圧力については設計圧力、配管内部の流体については充填し、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
配管	一次応力	0.9 S <sub>u</sub>

#### 4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。

使用した減衰定数を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
1 次冷却水系配管 (KG11-145)	0.5	0.5

#### 4.4 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答時刻歴波を評価に用いた。

1 次冷却水系配管 (KG11-145) の床応答時刻歴波は、機器据付階 (地下 1 階) のものを用いた。使用した床応答時刻歴波を表 4-2, 図 4-1, 図 4-2 及び図 4-3 に示す。

表 4-2 使用した床応答時刻歴波

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
1 次冷却水系 配管 (KG11-145)	廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-2, Ss-2)による床応答 時刻歴波(地下 1 階)	廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-1, Ss-2)による床応 答時刻歴波(地下 1 階)

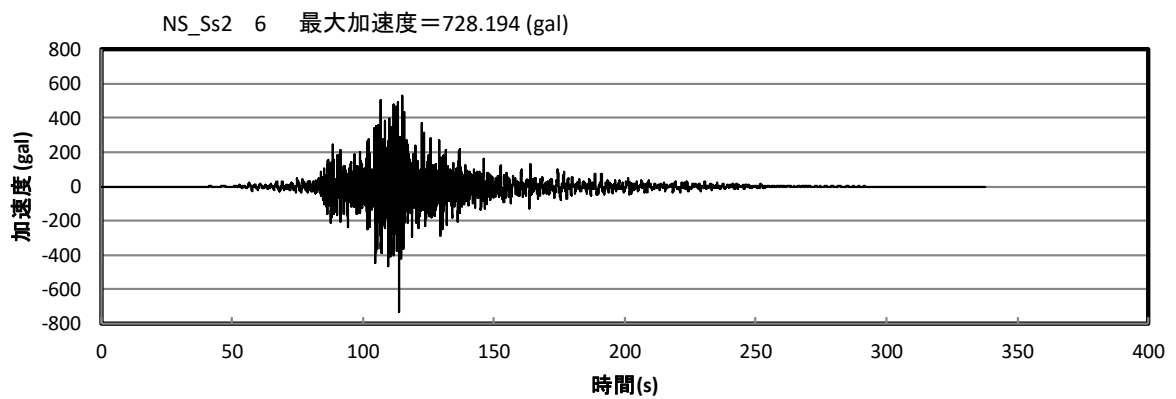
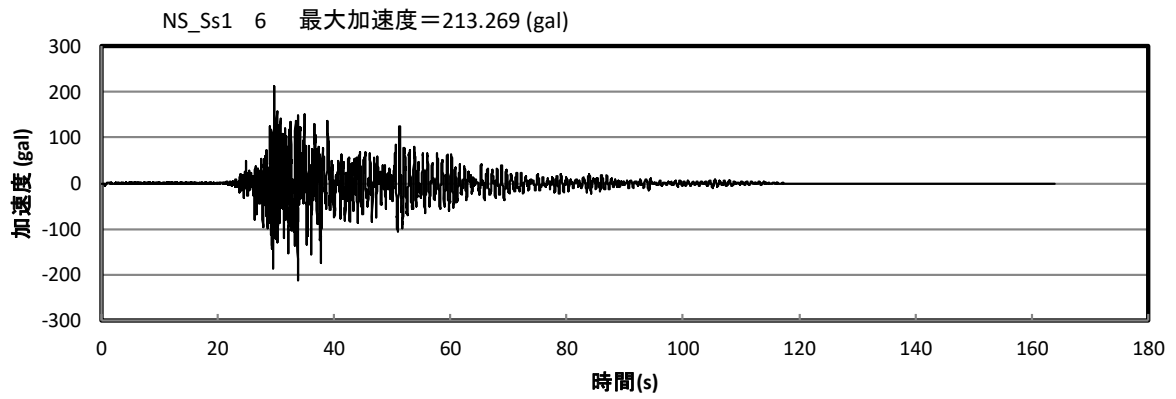
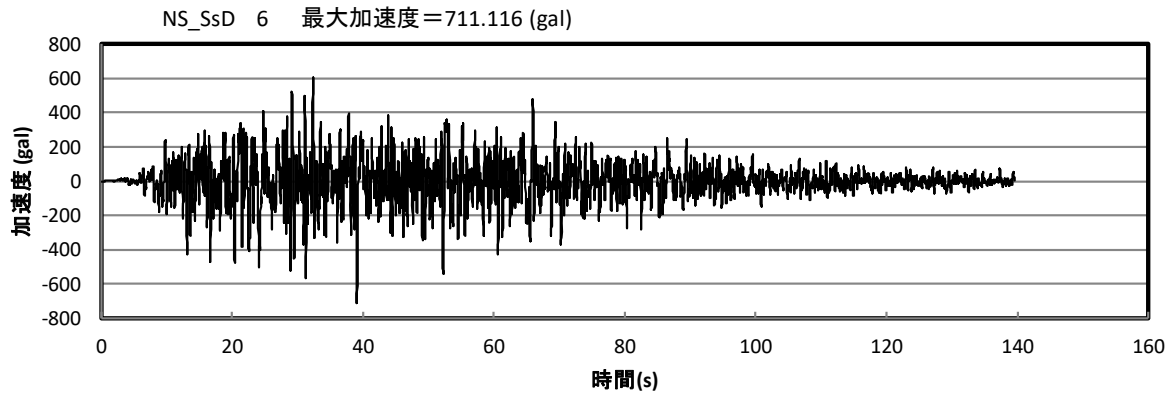


図 4-1 廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-1, Ss-2)による床応答時刻歴波形  
(地下 1 階, 水平 NS 方向)

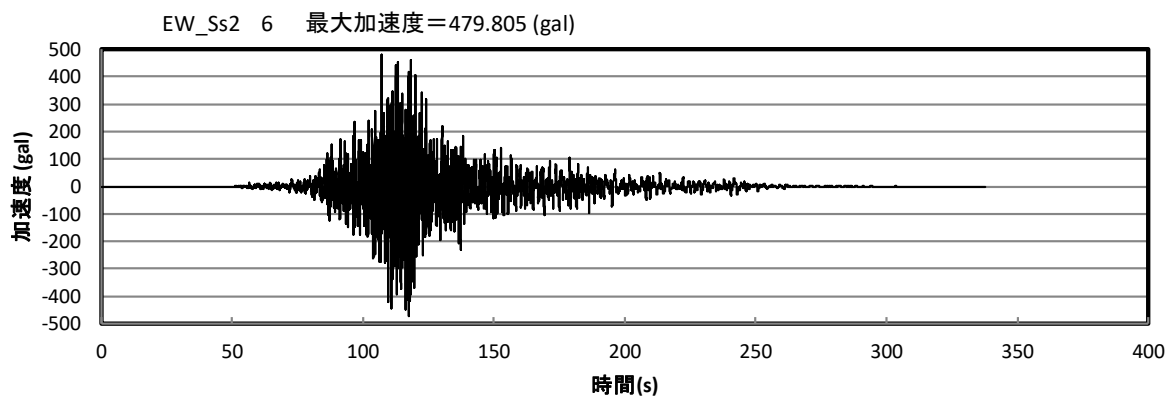
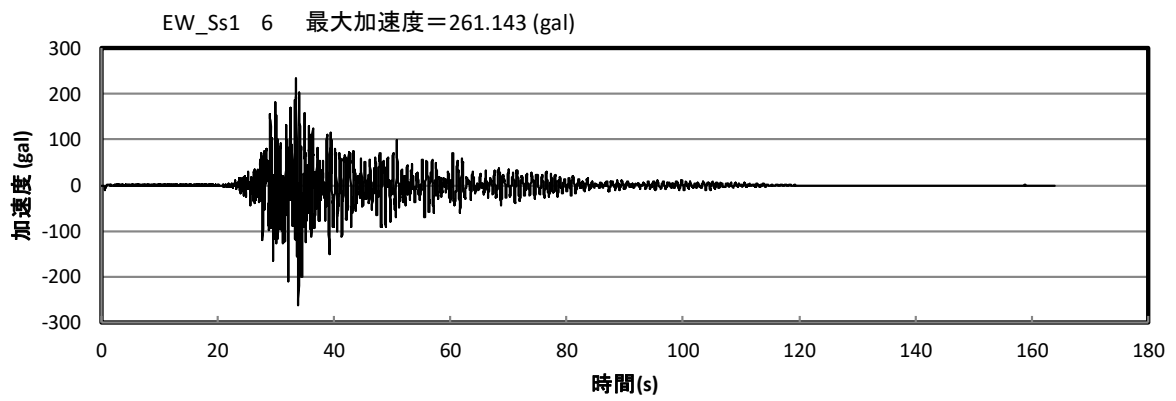
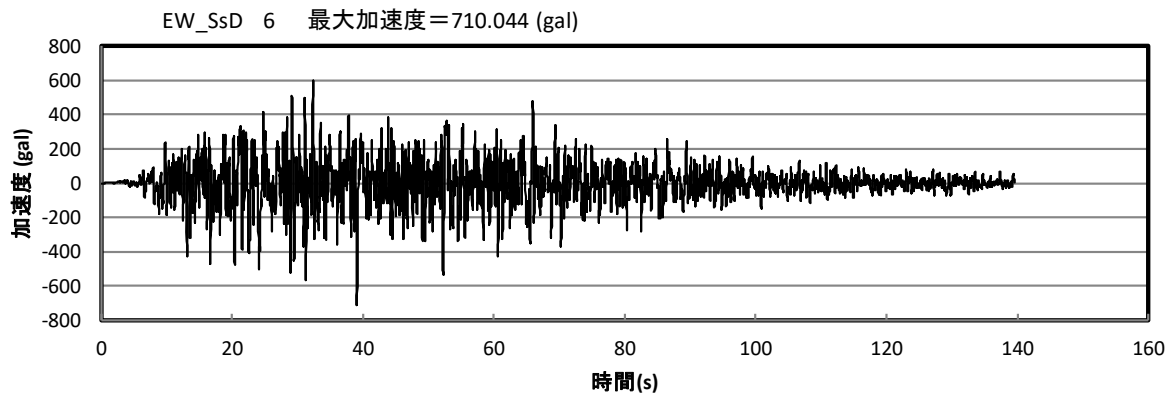


図 4-2 廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-1, Ss-2)による床応答時刻歴波形  
(地下 1 階, 水平 EW 方向)

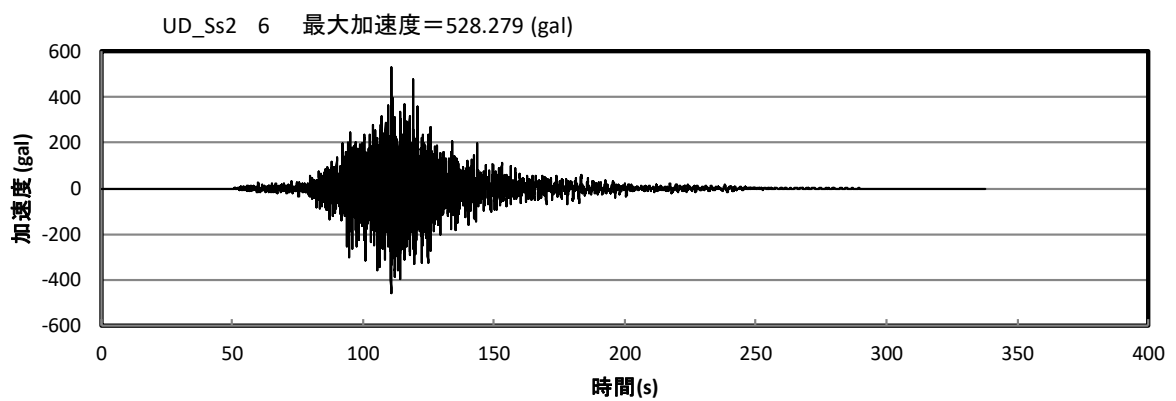
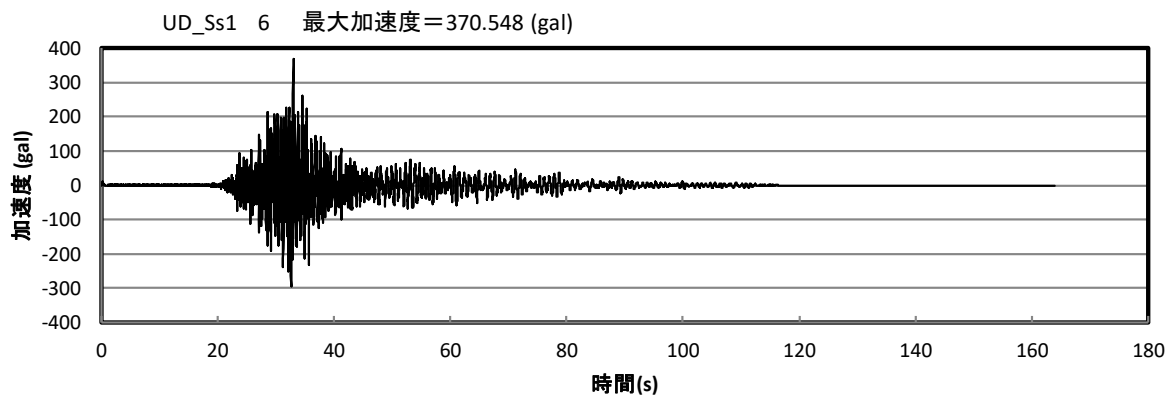
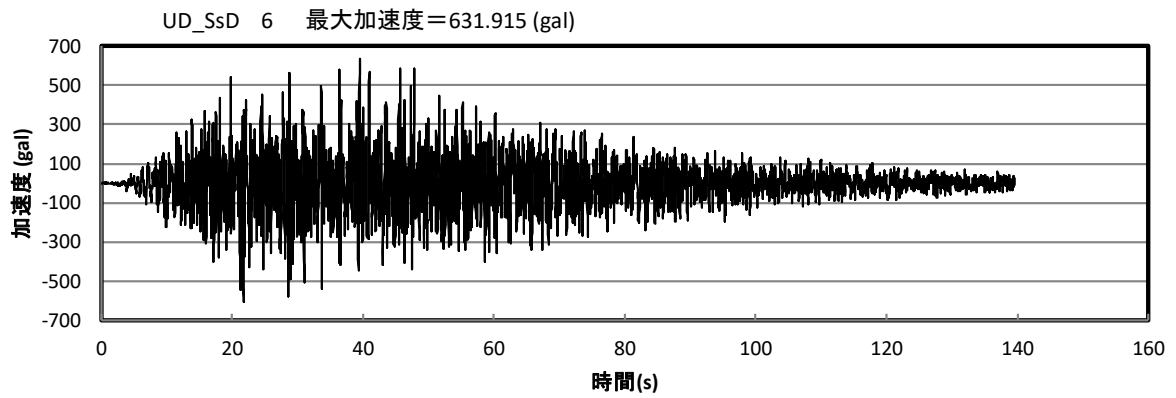


図 4-3 廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-1, Ss-2)による床応答時刻歴波形  
(地下 1 階, 鉛直方向)



#### 4.5 計算方法

1次冷却水系配管(KG11-145)の計算方法について、FEM解析(時刻歴応答解析)により発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。解析コードはFINAS<sup>※1</sup>を用いた。

※1 日本原子力研究開発機構, 伊藤忠テクノソリューション株式会社, “FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0”。

#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 解析モデル

1次冷却水系配管(KG11-145)の解析モデルを図4-4に、拘束条件を図4-5に示す。FEM解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

##### 4.6.2 諸元

1次冷却水系配管(KG11-145)の主要寸法・仕様を表4-3に示す。

表4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
1次冷却水系配管 (KG11-145)	耐震重要度分類	Sクラス
	機器区分	クラス3
	流体名	冷却水
	流体の密度	1.0 (g/cm <sup>3</sup> )
	材質	SUS304LTP
	保温有無	無
	温度(設計温度)	55 (°C)
	圧力	0.59 (MPa)
	呼び径	15 (A)
	Sch	40

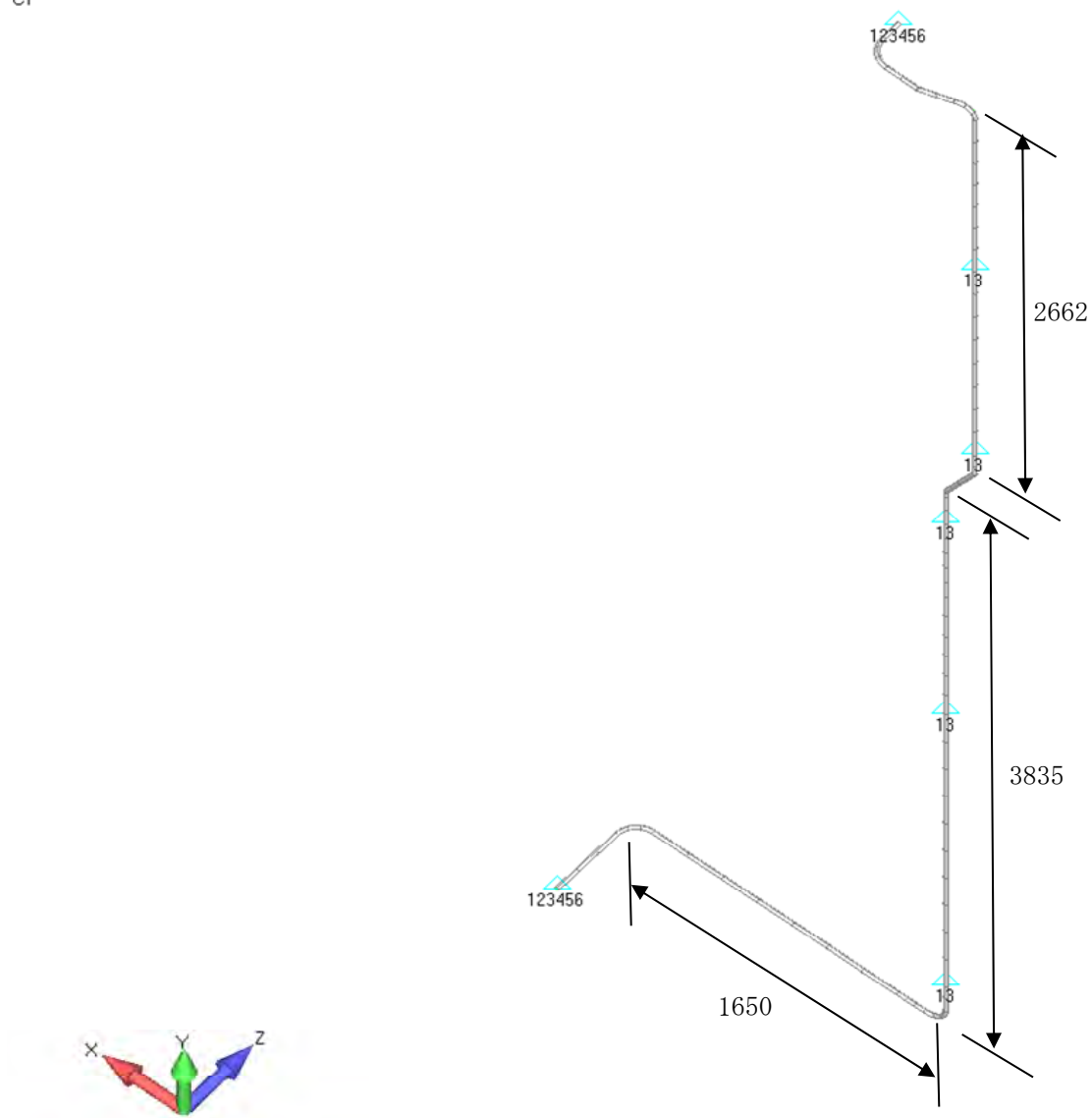


図 4-4 1 次冷却水系配管 (KG11-145) の解析モデル

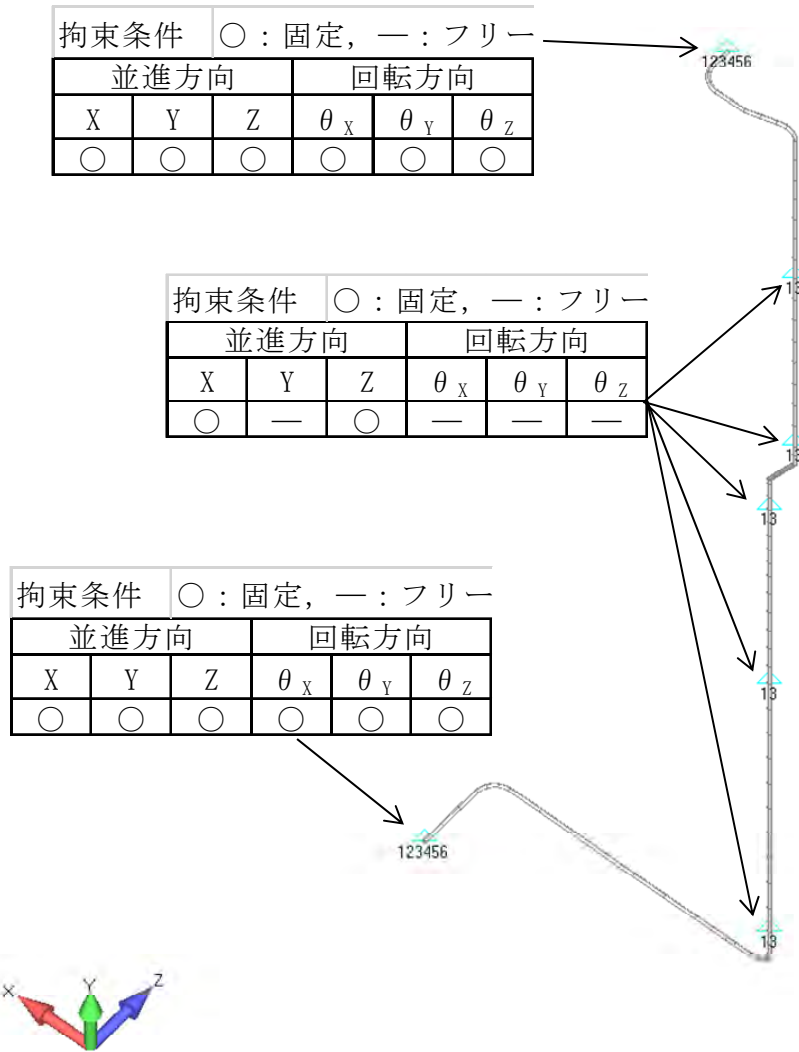


図 4-5 1次冷却水系配管 (KG11-145) の拘束条件

#### 4.7 固有周期

1次冷却水系配管 (KG11-145) の固有周期及び固有モードを図 4-6 に示す。

1次モード図 固有周期：0.114（秒）

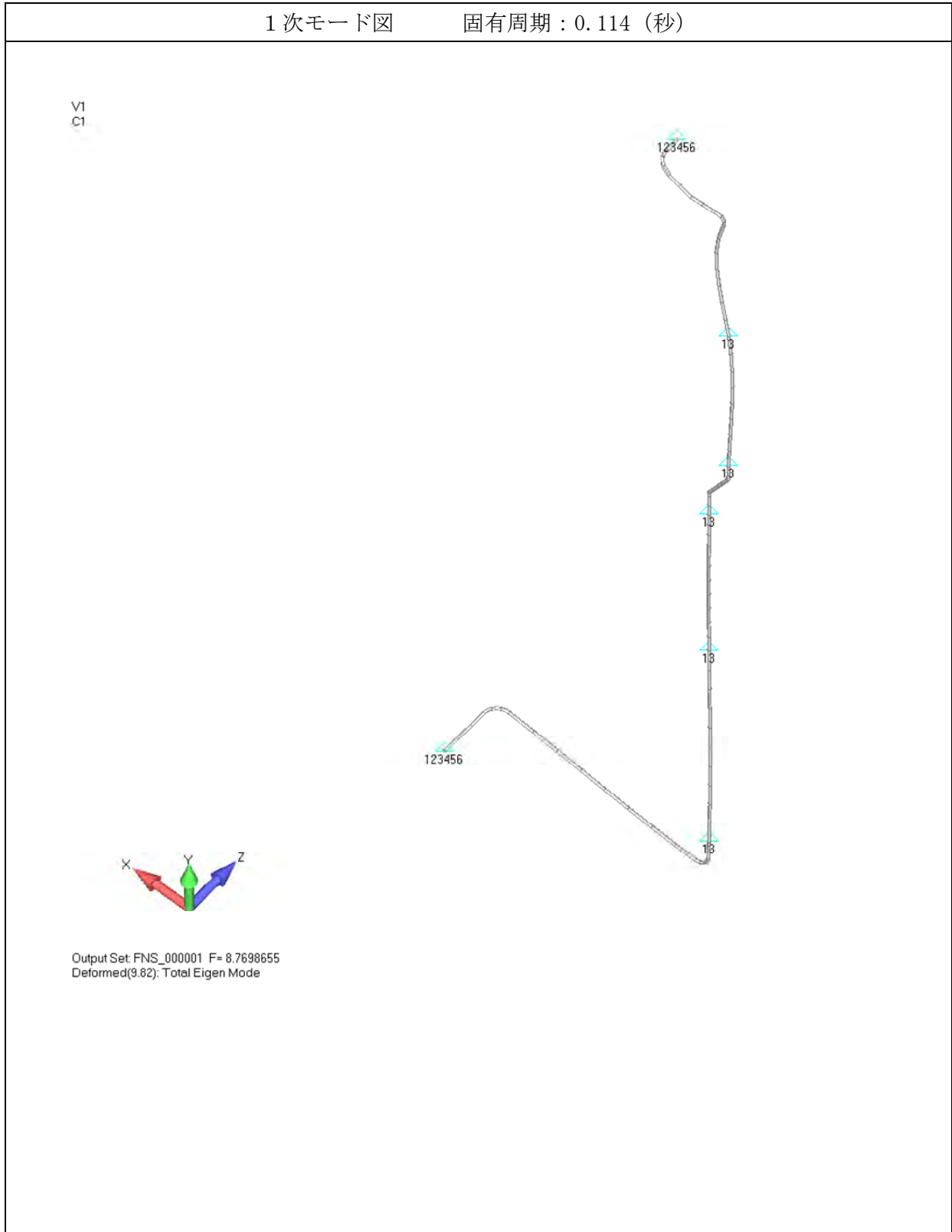


図 4-6 1次冷却水系配管 (KG11-145) 固有モード図 (1/3)

2次モード図 固有周期：0.065（秒）

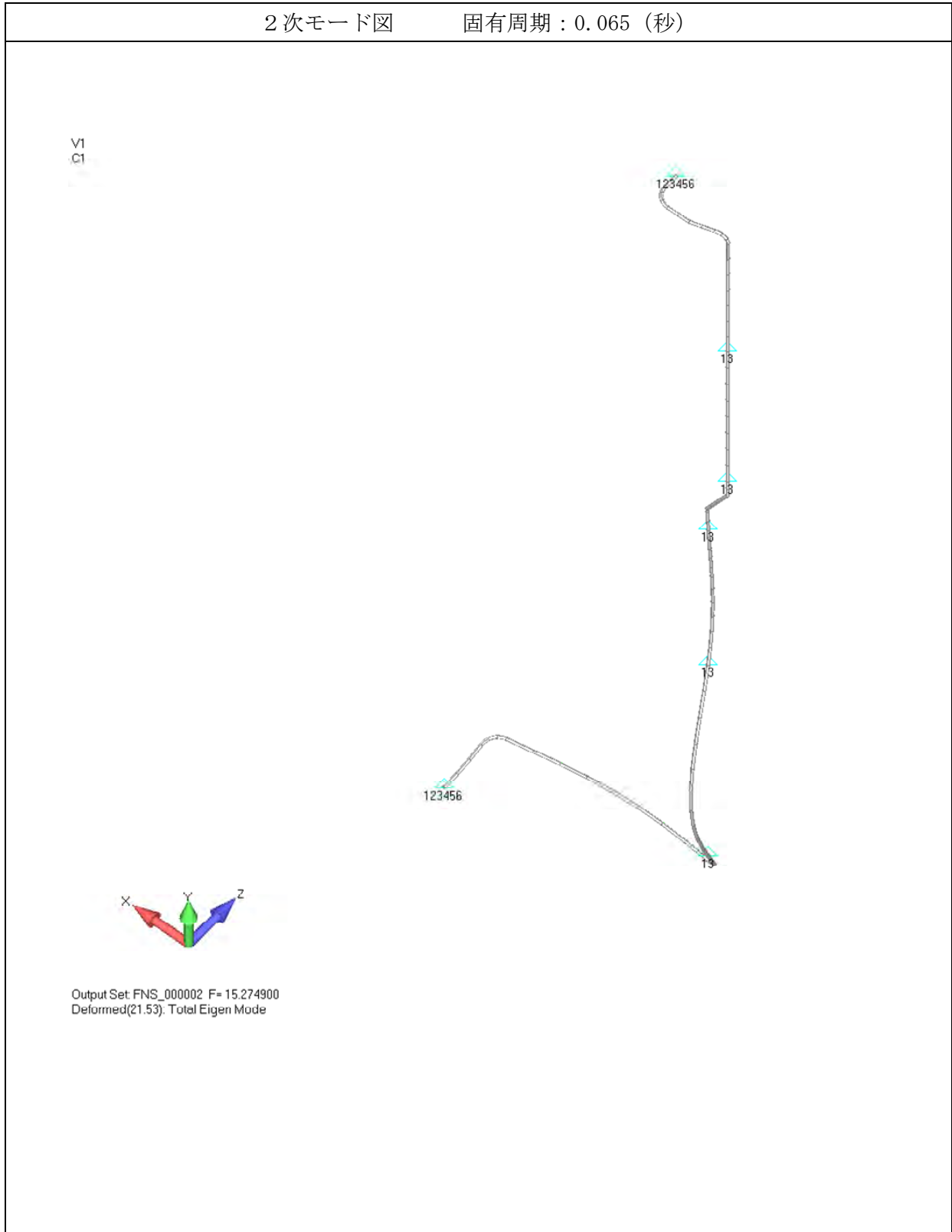


図 4-6 1次冷却水系配管(KG11-145) 固有モード図 (2/3)

3次モード図

固有周期：0.056（秒）

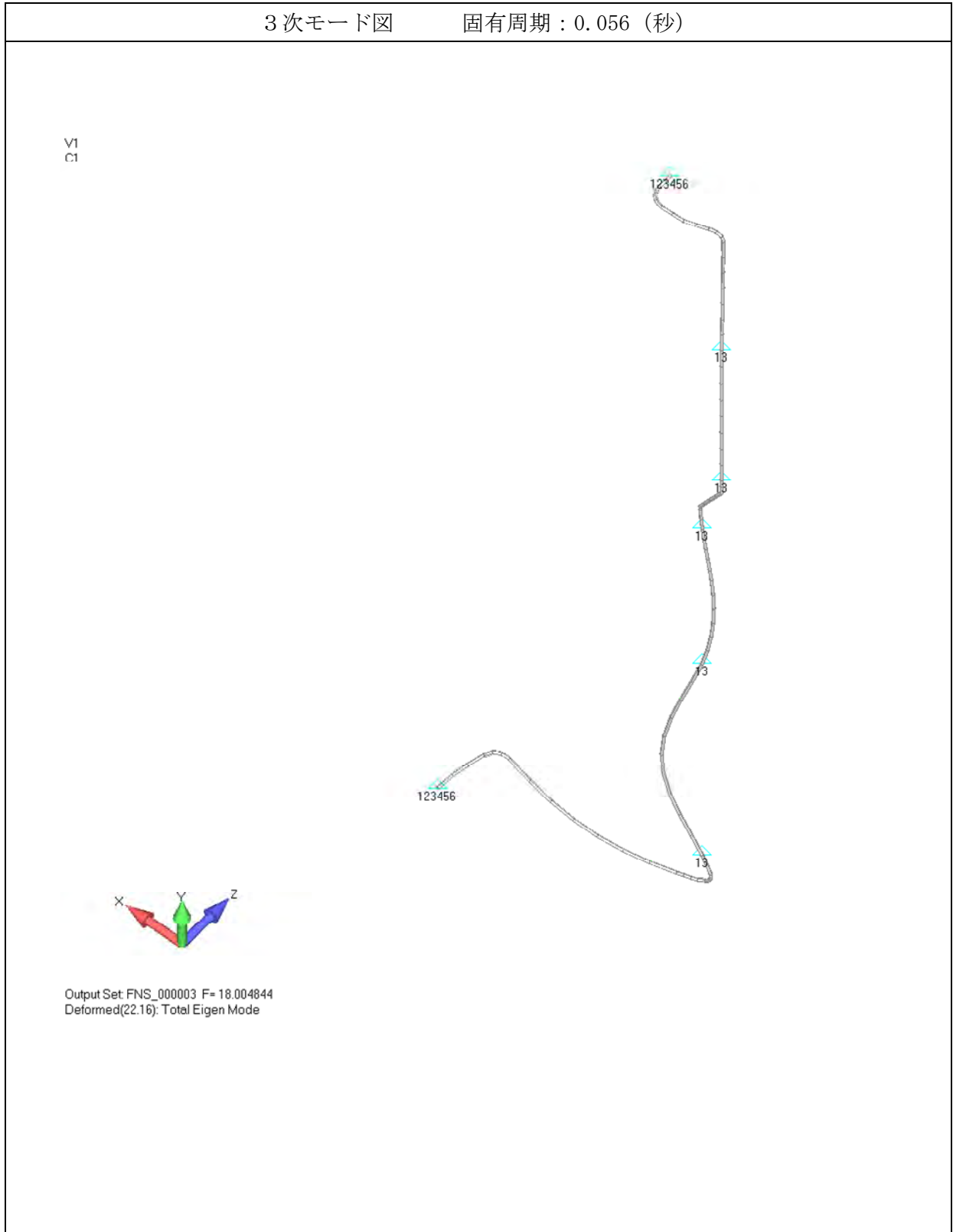


図 4-6 1次冷却水系配管(KG11-145) 固有モード図 (3/3)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の 1 次冷却水系配管 (KG11-145) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5.1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
1 次冷却水系 配管 (KG11-145)	配管	一次	188	413	0.46

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

6.3 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)  
の耐震性についての計算書



## 【目次】

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
3. 評価部位	1
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	2
4.3 減衰定数	3
4.4 設計用地震力	3
4.5 計算方法	5
4.6 計算条件	5
4.7 固有周期	7
5. 評価結果	11

## 1. 概要

高放射性廃液の崩壊熱除去機能および閉じ込め機能を構成する槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

評価対象の槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の構造強度の評価は，有限要素法 (FEM) 解析により行い，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

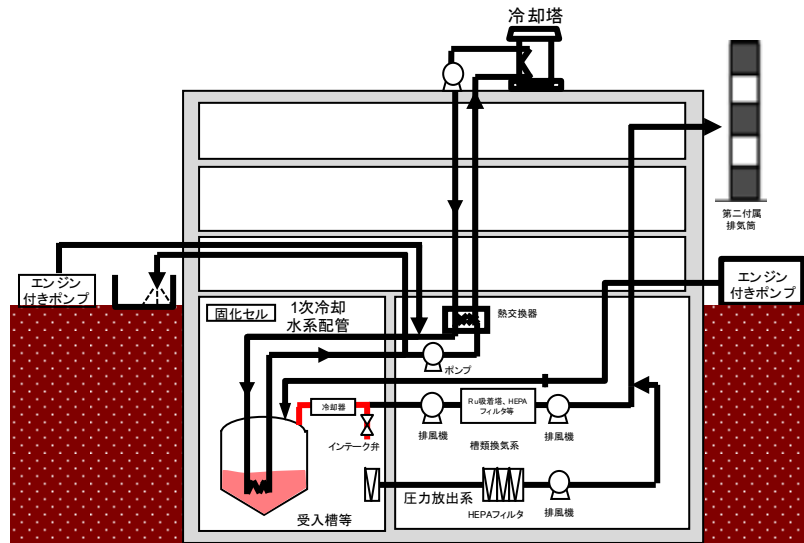
### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601 (日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 (日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1 (日本機械学会)

## 3. 評価部位

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の構造強度の評価は，本体の一次応力について実施する。評価の範囲は事故対処設備として機能維持が求められる槽類換気系配管の系統の一部 (図 3.1) とする。



配管系統の評価範囲  
 槽類換気系配管：  
 重大事故時に影響緩和のために期待する受入槽からインテーク弁までの放出経路（赤線部）。  
 なお、冷却器は別紙で評価する。

図 3.1 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重、圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

配管の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、圧力については設計圧力、配管内部の流体については充填し、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
配管	一次応力	0.9 Su

#### 4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。

使用した減衰定数を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)	0.5	0.5

#### 4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づき、廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに、各階の床応答スペクトル (Ss-D, Ss-1, Ss-2 の 3 波包絡, 周期軸方向に±10%拡幅したもの) を作成し、これを評価に用いた。

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の解析用の床応答スペクトルは、機器据付階 (地下 1 階) のものを用いた。使用した解析用の床応答スペクトルを表 4-2, 図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-2 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)	解析用の床応答スペクトル (地下 1 階, 減衰定数 0.5%)	解析用の床応答スペクトル (地下 1 階, 減衰定数 0.5%)

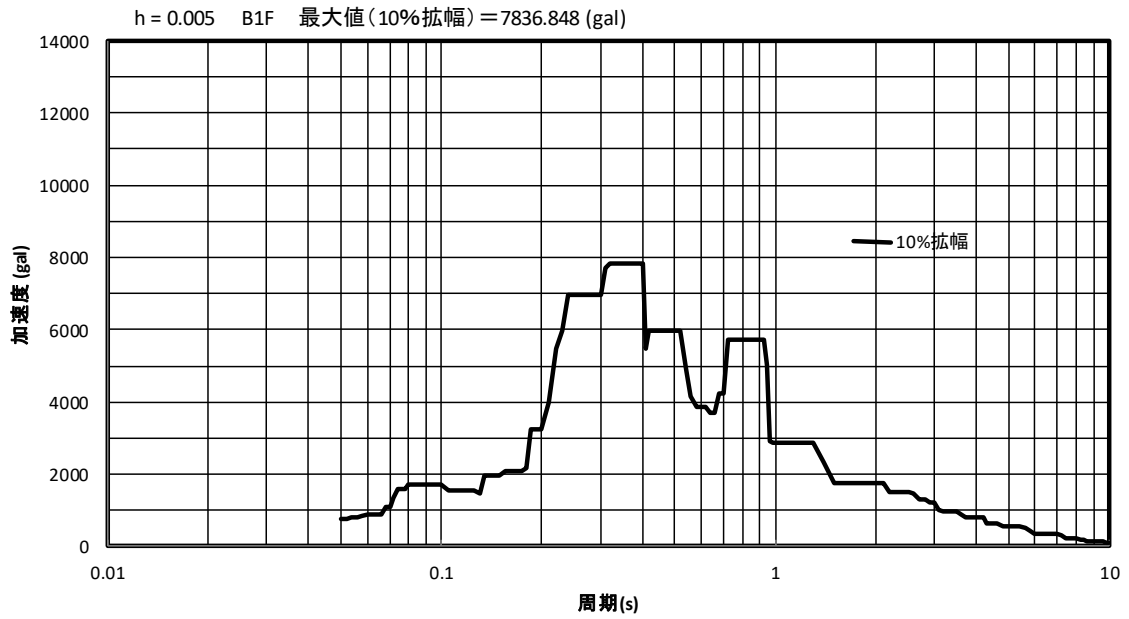


図 4-1 解析用の床応答スペクトル (水平方向, 地下 1 階, 減衰定数 0.5%)

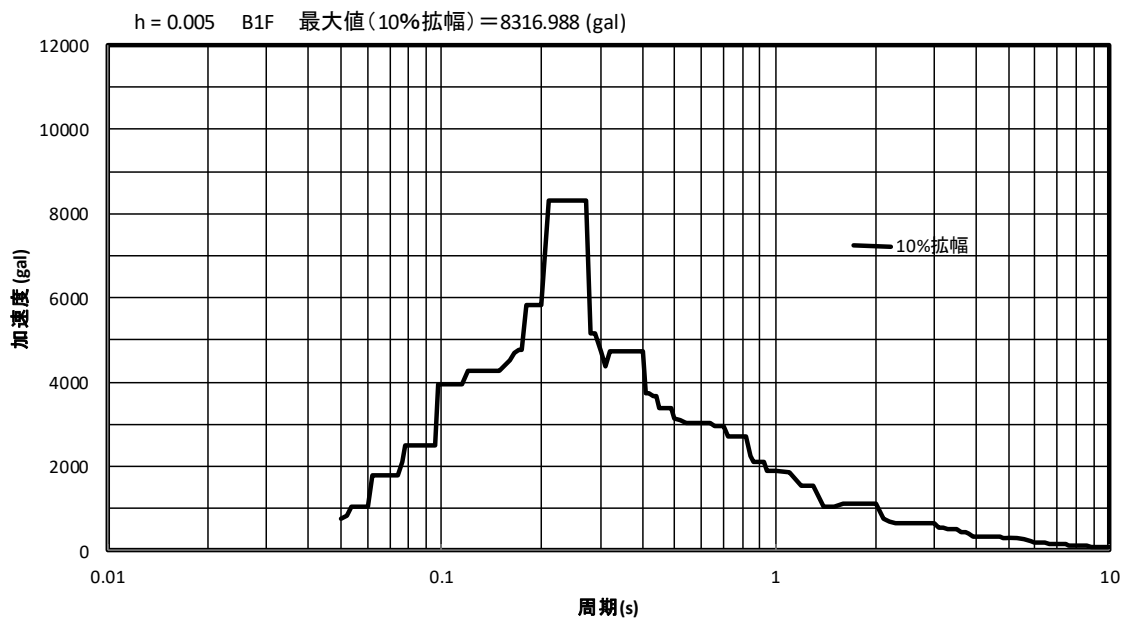


図 4-2 解析用の床応答スペクトル (鉛直方向, 地下 1 階, 減衰定数 0.5%)

#### 4.5 計算方法

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の計算方法について、FEM 解析（スペクトルモード法）により発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。解析コードは FINAS<sup>※1</sup> を用いた。

※1 日本原子力研究開発機構，伊藤忠テクノソリューション株式会社，“FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0”。

#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 解析モデル

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の解析モデルを図 4-4 に、拘束条件を図 4-5 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

##### 4.6.2 諸元

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)	耐震重要度分類	S クラス
	機器区分	クラス 3
	流体名	空気
	流体の密度	—
	材質	SUS304LTP
	保温有無	無
	温度（設計温度）	65 (°C)
	圧力（設計圧力）	—
	呼び径	80 (A)
	Sch	20S

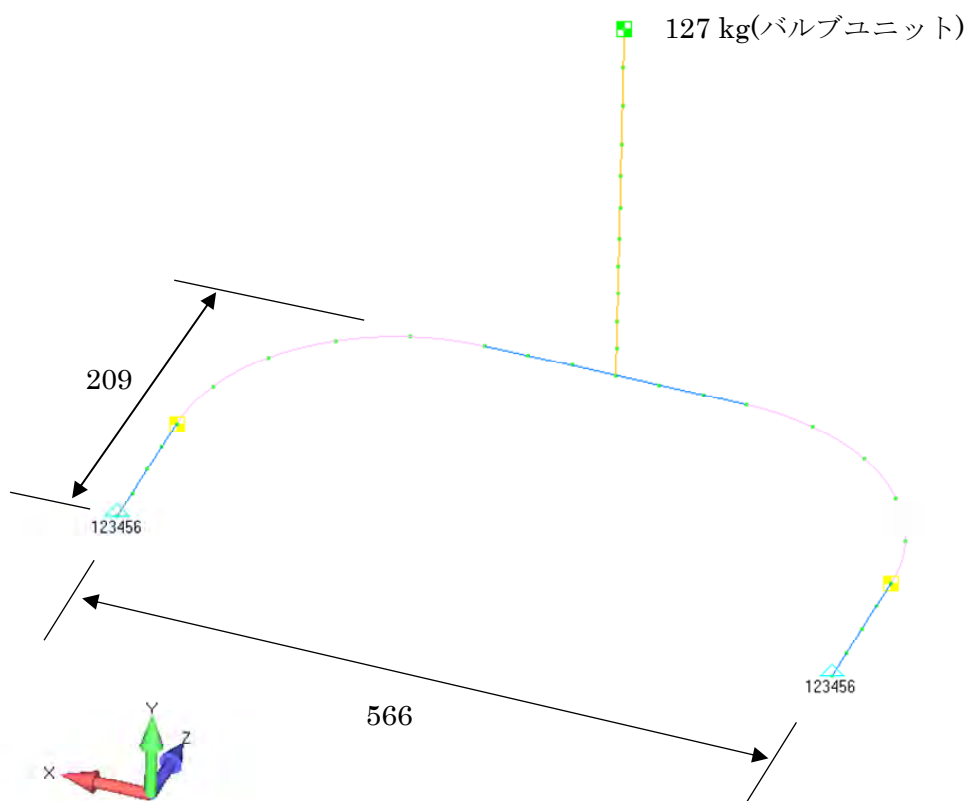


図 4-4 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の解析モデル

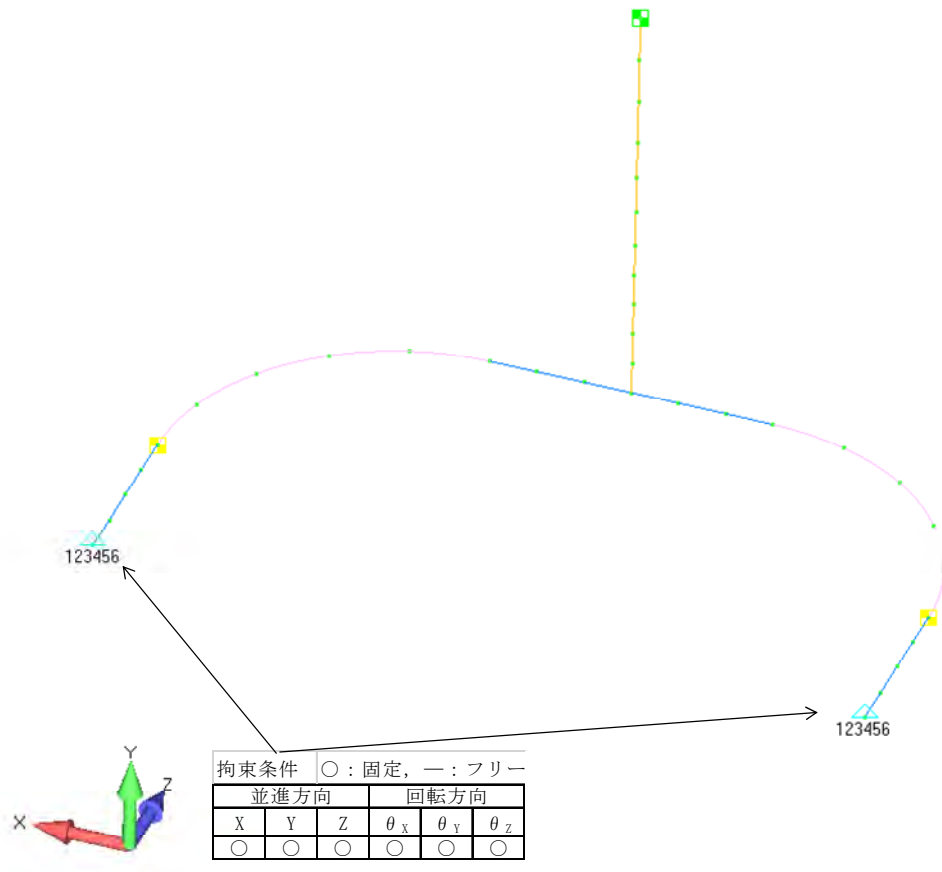


図 4-5 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の拘束条件

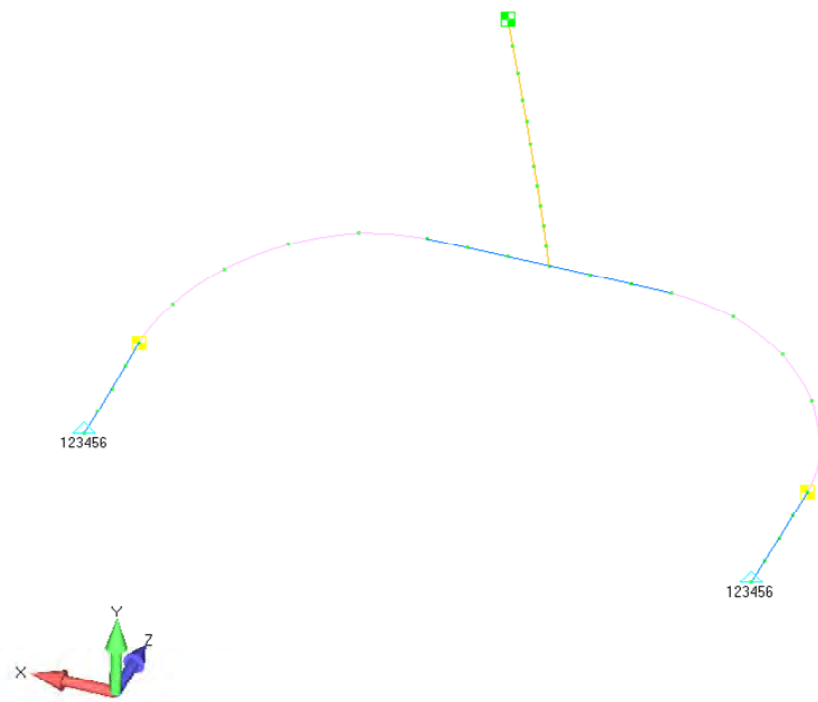
#### 4.7 固有周期

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の固有周期及び固有モードを図 4-6 に示す。



1次モード図 固有周期：0.052（秒）

V1  
C1

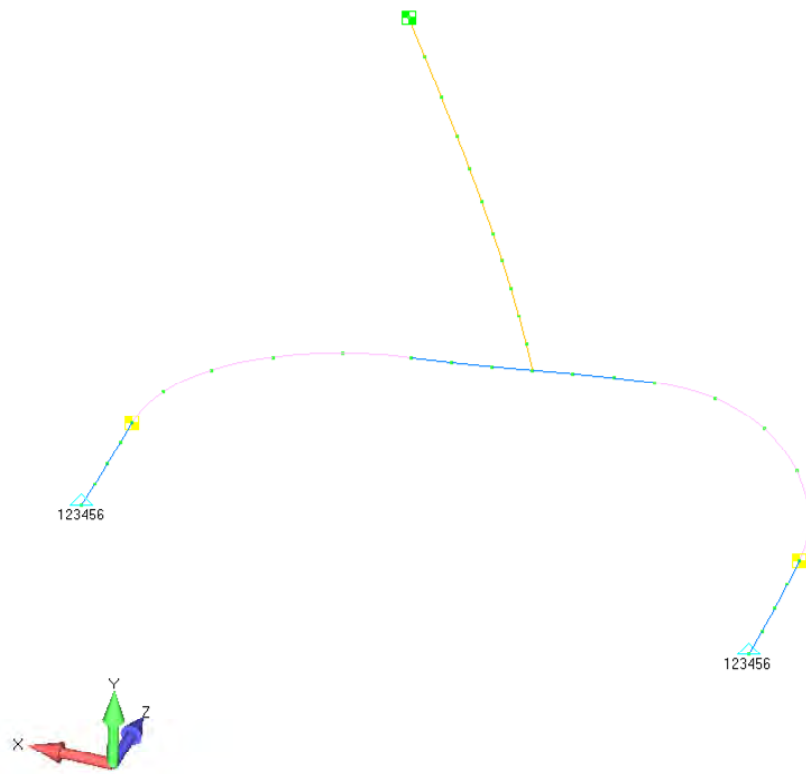


Output Set: FNS\_000001 F= 19.391395  
Deformed(2.79): Total Eigen Mode

図 4-5 槽類換気系配管(KG41-265, KG-41-266) 固有モード図 (1/3)

2次モード図 固有周期：0.033（秒）

V1  
C1

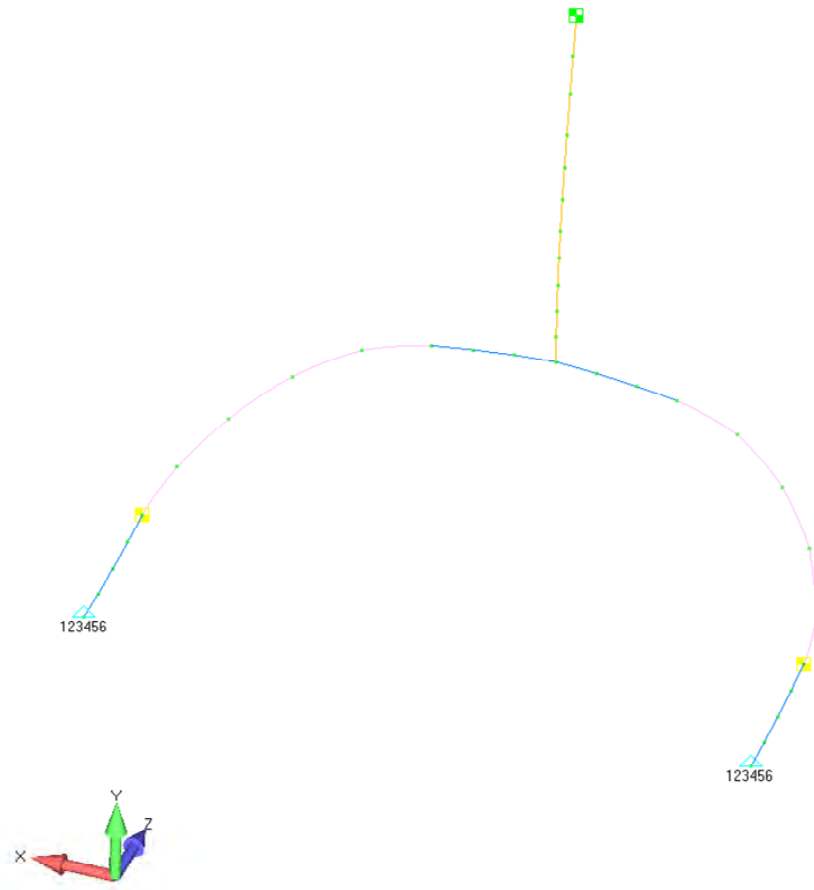


Output Set: FNS\_000002 F= 30.170056  
Deformed(2.793): Total Eigen Mode

図 4-6 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) 固有モード図 (2/3)

3次モード図 固有周期：0.018（秒）

V1  
C1



Output Set: FNS\_000003 F= 57.056745  
Deformed(2.743): Total Eigen Mode

図 4-5 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) 固有モード図 (3/3)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類換気系配管(KG41-265, KG-41-266)の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5.1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)	配管	一次	45	400	0.12

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

6.4 圧力放出系配管(KG43-601)  
の耐震性についての計算書

## 【目 次】

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
3. 評価部位	1
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	2
4.3 減衰定数	3
4.4 設計用地震力	3
4.5 計算方法	5
4.6 計算条件	5
4.7 固有周期	8
5. 評価結果	10

## 1. 概要

高放射性廃液の閉じ込め機能（蒸発乾固の影響緩和）を構成する圧力放出系配管（KG43-601）について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

評価対象の圧力放出系配管（KG43-601）の構造強度の評価は，有限要素法（FEM）解析により行い，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

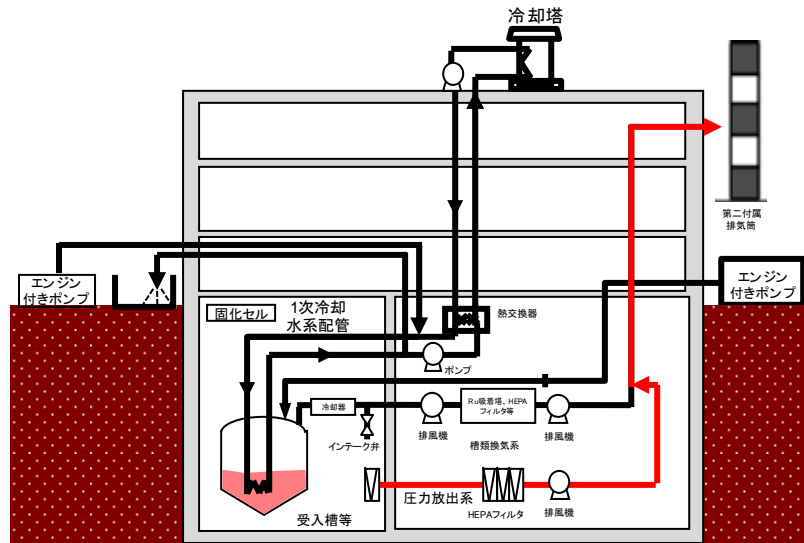
### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601（日本電気協会）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601（日本電気協会）
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1（日本機械学会）
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1（日本機械学会）

## 3. 評価部位

圧力放出系配管（KG43-601）の構造強度の評価は，本体の一次応力について実施する。評価の範囲は事故対処設備として機能維持が求められる圧力放出系配管の系統の一部（図 3.1）とする。



配管系統の評価範囲  
 圧力放出系配管：  
 重大事故時に影響緩和のために期待する固化セルから第二付属排気筒までの放出経路（赤線部）。  
 なお、HEPA フィルタ及び排気機は別紙で評価する。

図 3.1 圧力放出系配管(KG43-601)の概要図

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重、圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

##### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> について、温度は設計温度、圧力については設計圧力、配管内部の流体については充填し、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
配管	一次応力	0.9 Su



#### 4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。

使用した減衰定数を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
圧力放出系配管 (KG43-601)	0.5	0.5

#### 4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づき、廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに、各階の床応答スペクトル (Ss-D, Ss-1, Ss-2 の 3 波包絡, 周期軸方向に±10%拡幅したもの) を作成し、これを評価に用いた。

圧力放出系配管 (KG43-601) の解析用の床応答スペクトルは、機器据付階 (RF) のものを用いた。使用した解析用の床応答スペクトルを表 4-2, 図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-2 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
圧力放出系配管 (KG43-601)	解析用の床応答スペクトル (RF, 減衰定数 0.5%)	解析用の床応答スペクトル (RF, 減衰定数 0.5%)

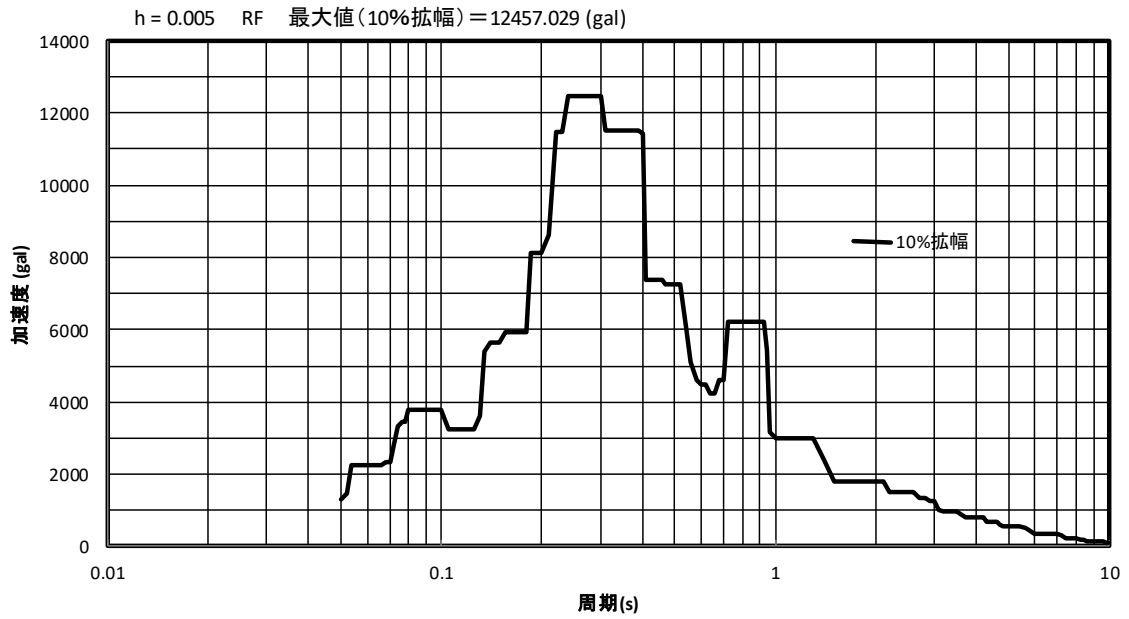


図 4-1 解析用の床応答スペクトル (水平方向, RF, 減衰定数 0.5%)

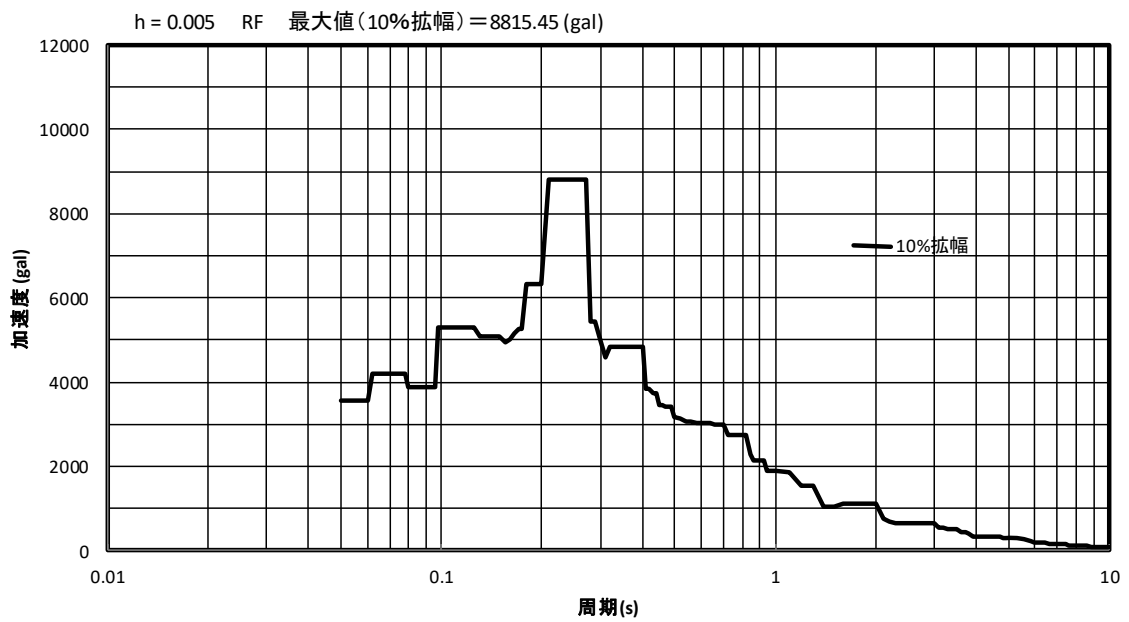


図 4-2 解析用の床応答スペクトル (鉛直方向, RF, 減衰定数 0.5%)

#### 4.5 計算方法

圧力放出系配管 (KG43-601) の計算方法について、FEM 解析 (スペクトルモーダル法) により発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。解析コードは FINAS<sup>※1</sup> を用いた。

※1 日本原子力研究開発機構, 伊藤忠テクノソリューション株式会社, “FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0”。

#### 4.6 計算条件

##### 4.6.1 解析モデル

圧力放出系配管 (KG43-601) の解析モデルを図 4-4 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

##### 4.6.2 諸元

圧力放出系配管 (KG43-601) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
圧力放出系配管 (KG43-601)	耐震重要度分類	S クラス
	機器区分	クラス 3
	流体名	空気
	流体の密度	—
	材質	SUS304LTP
	保温有無	無
	温度 (設計温度)	65 (°C)
	圧力 (設計圧力)	—
	呼び径	80 (A)
	Sch	20S

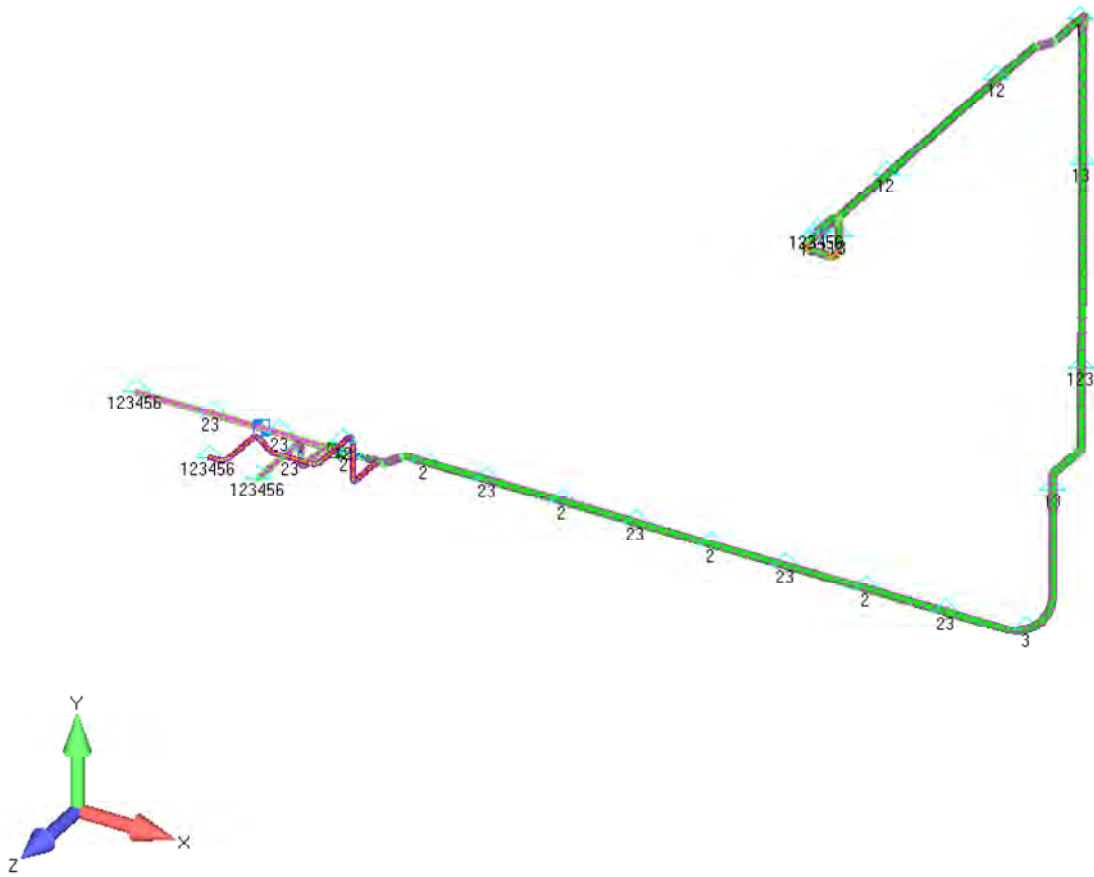
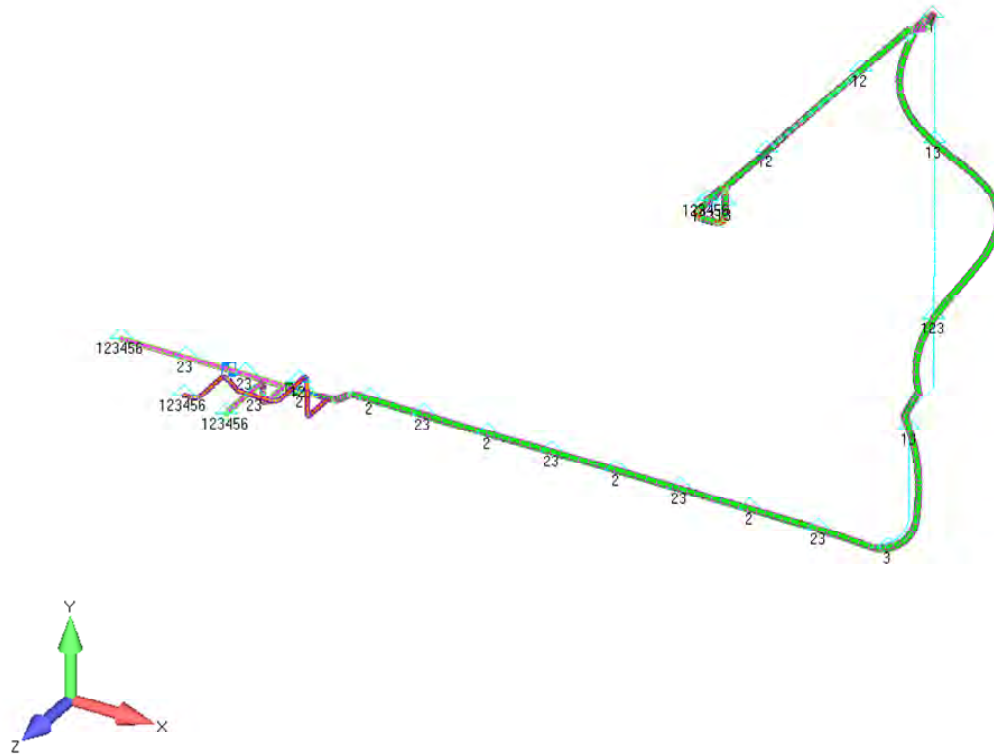


図 4-4 圧力放出系配管(KG43-601)の解析モデル

#### 4.7 固有周期

圧力放出系配管(KG43-601)の固有周期及び固有モードを図 4-5 に示す。

1次モード図 固有周期：0.105（秒）



Output Set: FNS\_000003 F= 12.773563  
Deformed(1.265): Total Eigen Mode

図 4-5 圧力放出系配管(KG43-601) 固有モード図 (1/3)

2次モード図

固有周期：0.080（秒）

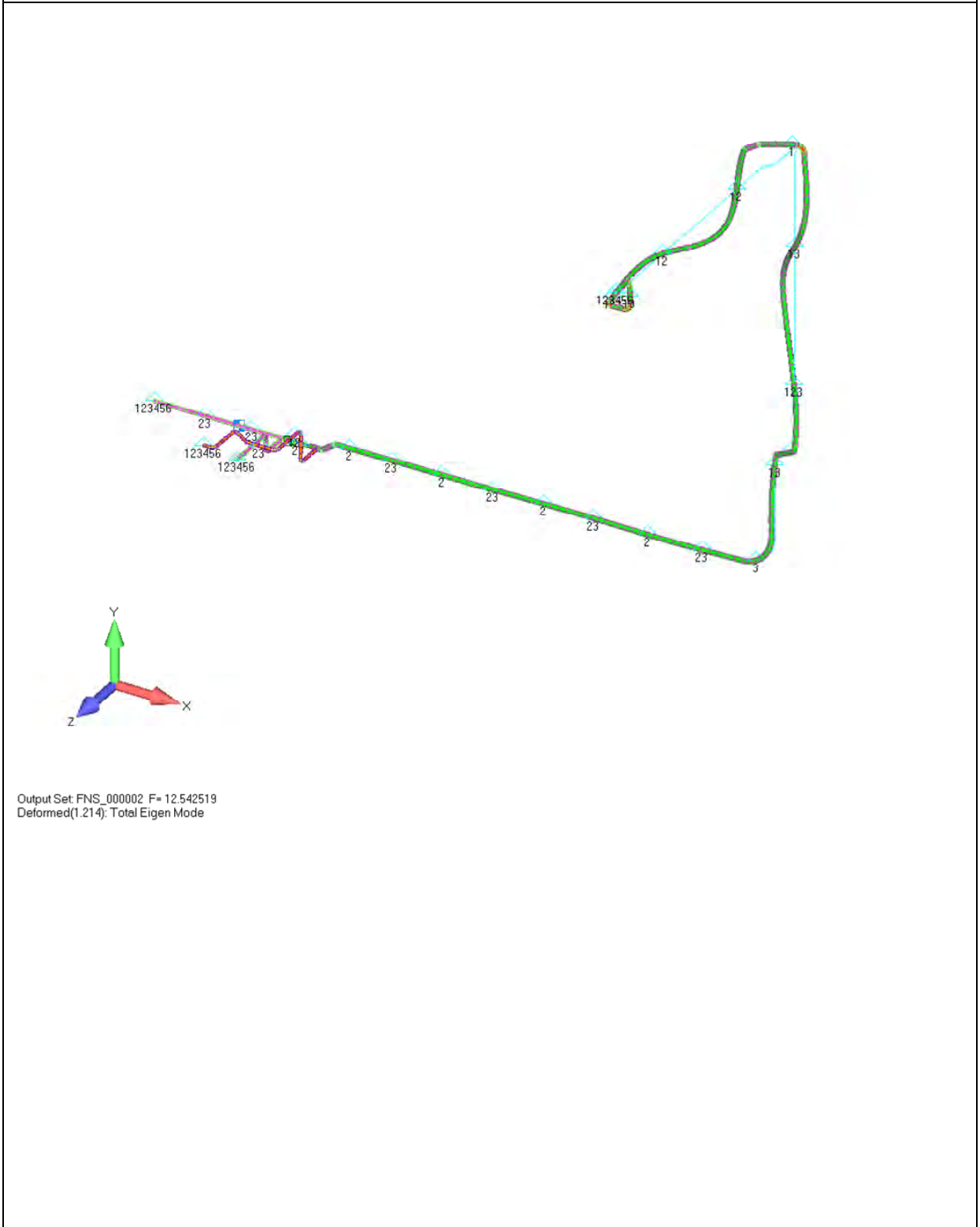


図 4-5 圧力放出系配管(KG43-601) 固有モード図 (2/3)

3次モード図

固有周期：0.078 (秒)

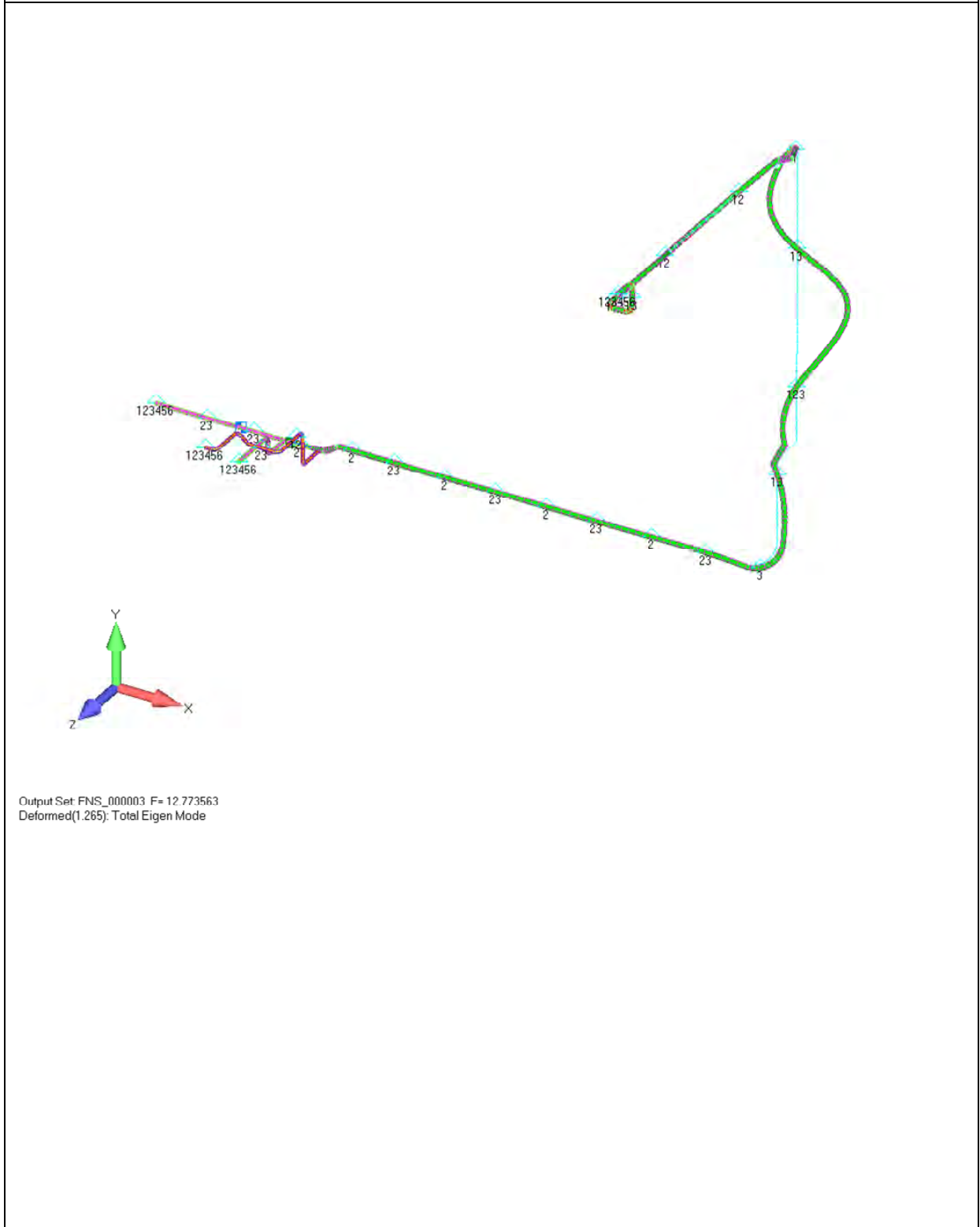


図 4-5 圧力放出系配管(KG43-601) 固有モード図 (3/3)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の圧力放出系配管 (KG43-601) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5.1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
圧力放出系配管 (KG43-601)	配管	一次	72	356	0.21

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。



## 6.5 冷却器(G11H11, H21)の耐震性についての計算書

## 【目次】

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	2
3. 評価部位	3
4. 構造強度評価	3
4.1 荷重の組み合わせ	3
4.2 許容応力	3
4.3 設計用地震力	4
4.4 計算方法	4
4.5 計算条件	5
4.6 固有周期	6
5. 評価結果	8

## 1. 概要

廃高放射性廃液の崩壊熱除去機能および閉じ込め機能を構成する冷却器 (G11H11, H21) について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

評価対象の冷却器 (G11H11, H21) の構造強度の評価は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価に準拠し、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601 (日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 (日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1 (日本機械学会)

### 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$D_o$	胴外径	Mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに作用する引張力	N
$K_l$	第1脚のばね定数（胴の長手方向に水平力が作用する場合）	N/mm
L	胴長さ	mm
$m_0$	容器の運転時質量	kg
$n$	脚1個当たりの据付ボルトの本数	—
$n_1$	鉛直方向地震力及び水平方向地震力（長手方向）により引張りを受ける据付ボルトの本数	—
$P_r$	最高使用圧力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
$T_1$	水平方向（長手方向）固有周期	s
$\sigma_0$	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0c}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0cx}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0c\phi}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0l}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0lx}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0l\phi}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_1$	胴の組合せ一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{1c}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{1l}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{b1}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力により据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_{b1}$	水平方向地震力（長手方向）により据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

### 3. 評価部位

冷却器(G11H11, H21)の構造強度の評価は、評価上厳しくなる胴、据付ボルトについて実施する。冷却器(G11H11, H21)の概要図を図3-1に示す。

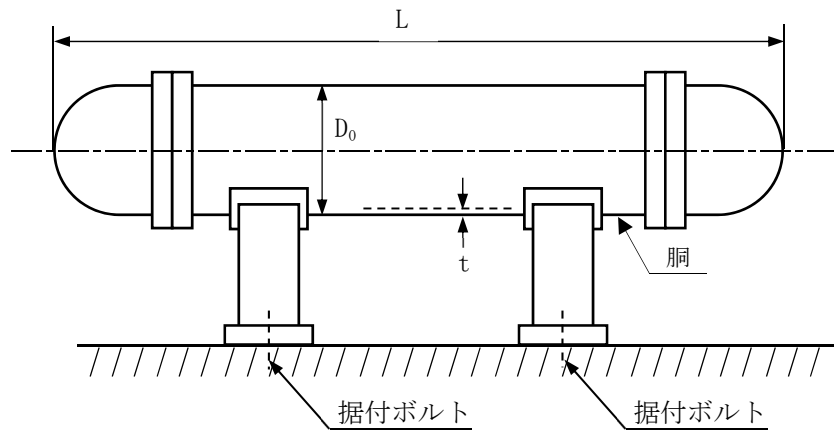


図3-1 冷却器(G11H11, H21)の概要図

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重、圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態Dsにおける許容応力を用いた。供用状態Dsについて、温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)の各階での静的解析用震度を表4-1に示す。

冷却器(G11H11, H21)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(B1F, 水平方向:0.90, 鉛直方向:0.78)を用いた。

表 4-1 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

冷却器(G11H11, H21)の計算方法として、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価の計算式を適用して発生応力を算

出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\begin{aligned}\sigma_0 &= \max[\sigma_{0l}, \sigma_{0c}] \\ \sigma_{0l} &= \max[\sigma_{0l\phi}, \sigma_{0lx}] \\ \sigma_{0c} &= \max[\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx}]\end{aligned}$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{1l}, \sigma_{1c}]$$

据付ボルトの引張応力：

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{n_1 A_b}$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_{b1} = \frac{C_H m_0 g}{n A_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

冷却器 (G11H11, H21) の解析モデルを図 4-1 に示す。

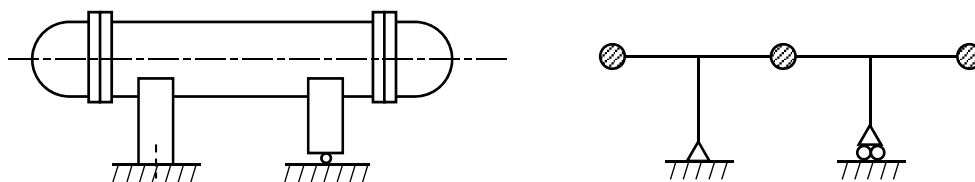


図 4-1 冷却器 (G11H11, H21) の解析モデル

#### 4.5.2 諸元

冷却器 (G11H11, H21) の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
冷却器 (G11H11, H21)	耐震重要度分類	—	S クラス
	機器区分	—	クラス 3
	圧力 (設計圧力)	$P_r$	0.59 (MPa)
	胴外径	$D_o$	318.5 (mm)
	胴板厚さ	t	6.5 (mm)
	胴長さ	L	2563 (mm)
	胴材質	—	SUS304LTP
	胴温度 (設計温度)	—	30 (°C)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	45 (°C)
	総質量	—	428 (kg)

#### 4.6 固有周期

冷却器 (G11H11, H21) の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の以下の計算式を用いて算出した。

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_l}}$$

冷却器 (G11H11, H21) の固有周期を表 4-3 に示す。



表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
冷却器(G11H11, H21)	0.016 (秒)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の冷却器 (G11H11, H21) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
冷却器 (G11H11, H21)	胴	一次一般膜	36	288	0.13
		一次	46	432	0.11
	据付ボルト	引張	19	246	0.08
		せん断	13	142	0.10

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

6.6 固化セル換気系フィルタユニット(G43F32)  
の耐震性についての計算書

## 【目 次】

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	2
3. 評価部位	2
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	3
4.3 設計用地震力	3
4.4 計算方法	4
4.5 計算条件	5
4.6 固有周期	6
5. 評価結果	7

## 1. 概要

高放射性廃液の閉じ込め機能（蒸発乾固の影響緩和）を構成する固化セル換気系フィルタユニット(G43F32)について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

評価対象の固化セル換気系フィルタユニット(G43F32)の構造強度の評価は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠し，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1)原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601（日本電気協会）
- (2)原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601（日本電気協会）
- (3)発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1（日本機械学会）
- (4)発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1（日本機械学会）

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_H$	水平方向地震力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
$M_1$	転倒モーメント	N・mm
$M_2$	復元モーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_t$	引張力を受ける据付ボルトの本数	—
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	s
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の構造強度の評価は、評価上厳しくなる据付ボルトについて実施する。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重及び地震による応力を組み合わせる。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせる。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> について、温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設 (TVF) の各階での静的解析用震度を表 4-1 に示す。

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の静的解析用震度は、機器据付階のもの (B2F, 水平方向 : 0.86, 鉛直方向 : 0.77) を用いた。

表 4.1 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

固化セル換気系フィルタユニット(G43F32)の計算方法として、以下の計算式を用いて発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。

水平方向地震力 ( $F_H$ ) :

$$F_H = m \cdot g \cdot C_H$$

転倒モーメント ( $M_1$ ) :

$$M_1 = F_H \cdot h$$

復元モーメント ( $M_2$ ) :

$$M_2 = m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_1$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{M_1 - M_2}{(l_1 + l_2)n_t \cdot A_b}$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{F_H}{n \cdot A_b}$$



#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の解析モデルを図 4-1 に示す。

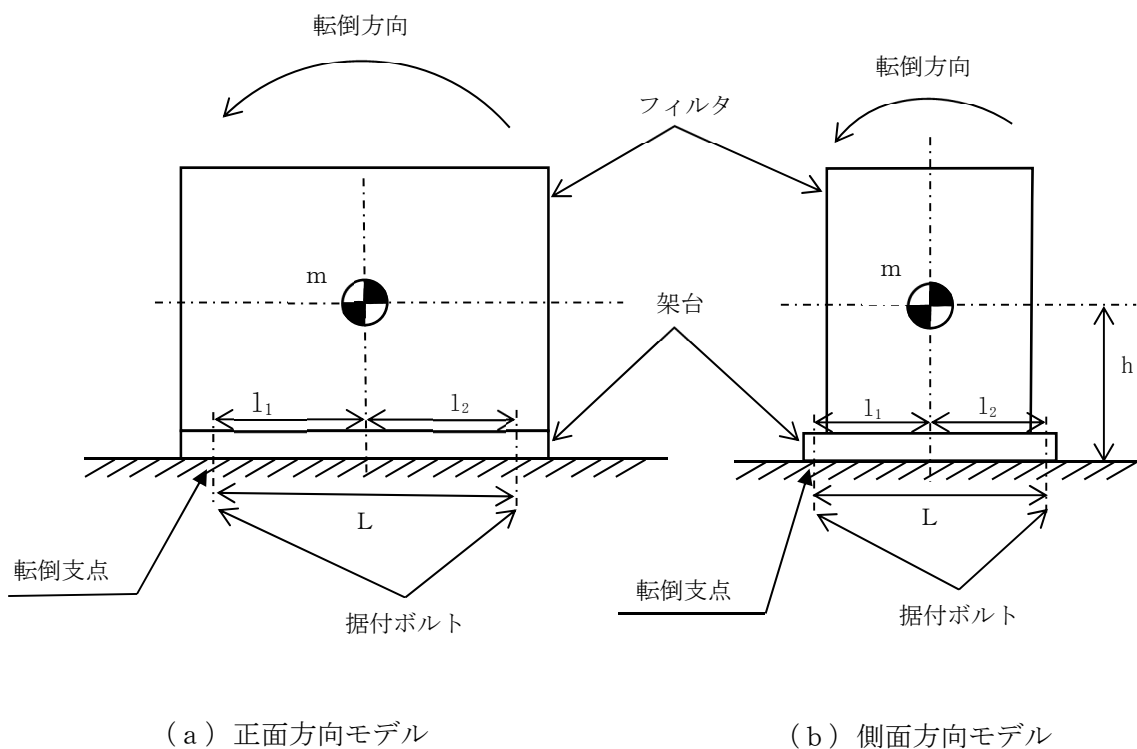


図 4-1 解析モデル

##### 4.5.2 諸元

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
固化セル換気系 フィルタユニット (G43F32)	耐震重要度分類	—	Sクラス
	機器区分	—	クラス3
	据付ボルト間隔	L	700 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	60 (°C)
	据付面から重心までの距離	h	835 (mm)
	総質量	m	530 (kg)

#### 4.6 固有周期

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の固有周期を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
固化セル換気系フィルタユニット (G43F32)	0.010 (秒)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の固化セル換気系フィルタユニット(G43F32)の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
固化セル換気系フ ィルタユニット (G43F32)	据付ボルト	引張	29	246	0.12
		せん断	14	142	0.10

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

## 6.7 固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34)

### の耐震性についての計算書

## 【目 次】

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	2
3. 評価部位	2
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	3
4.3 設計用地震力	3
4.4 計算方法	4
4.5 計算条件	5
4.6 固有周期	6
5. 評価結果	7

## 1. 概要

高放射性廃液の閉じ込め機能（蒸発乾固の影響緩和）を構成する固化セル換気系フィルタユニット（G43F33, F34）について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

評価対象の固化セル換気系フィルタユニット（G43F33, F34）の構造強度の評価は，「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠し，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601（日本電気協会）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601（日本電気協会）
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1（日本機械学会）
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1（日本機械学会）

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$B$	溶接線長さ	mm
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_H$	水平方向地震力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$K$	溶接部のど厚	mm
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
$M_1$	転倒モーメント	N・mm
$M_2$	復元モーメント	N・mm
$N_1$	引張力を受ける溶接箇所数	—
$N_2$	せん断力を受ける溶接箇所数	—
$\sigma_w$	溶接部に生じる引張応力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	s
$\tau_w$	溶接部に生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の構造強度の評価は、評価上厳しくなる底部溶接部について実施する。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組

み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
底部溶接部	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
底部溶接部	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設 (TVF) の各階での静的解析用震度を表 4-1 に示す。

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の静的解析用震度は、機器据付階のもの (B2F, 水平方向 : 0.86, 鉛直方向 : 0.77) を用いた。

表 4.1 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度 $\times 1.2$ )	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77



#### 4.4 計算方法

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の計算方法として、以下の計算式を用いて発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。

水平方向地震力 ( $F_H$ ) :

$$F_H = m \cdot g \cdot C_H$$

転倒モーメント ( $M_1$ ) :

$$M_1 = F_H \cdot h$$

復元モーメント ( $M_2$ ) :

$$M_2 = m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_1$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_w = \frac{M_1 - M_2}{(l_1 + l_2)N_1 \cdot K \cdot B}$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_w = \frac{F_H}{N_2 \cdot K \cdot B}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の解析モデルを図 4-1 に示す。

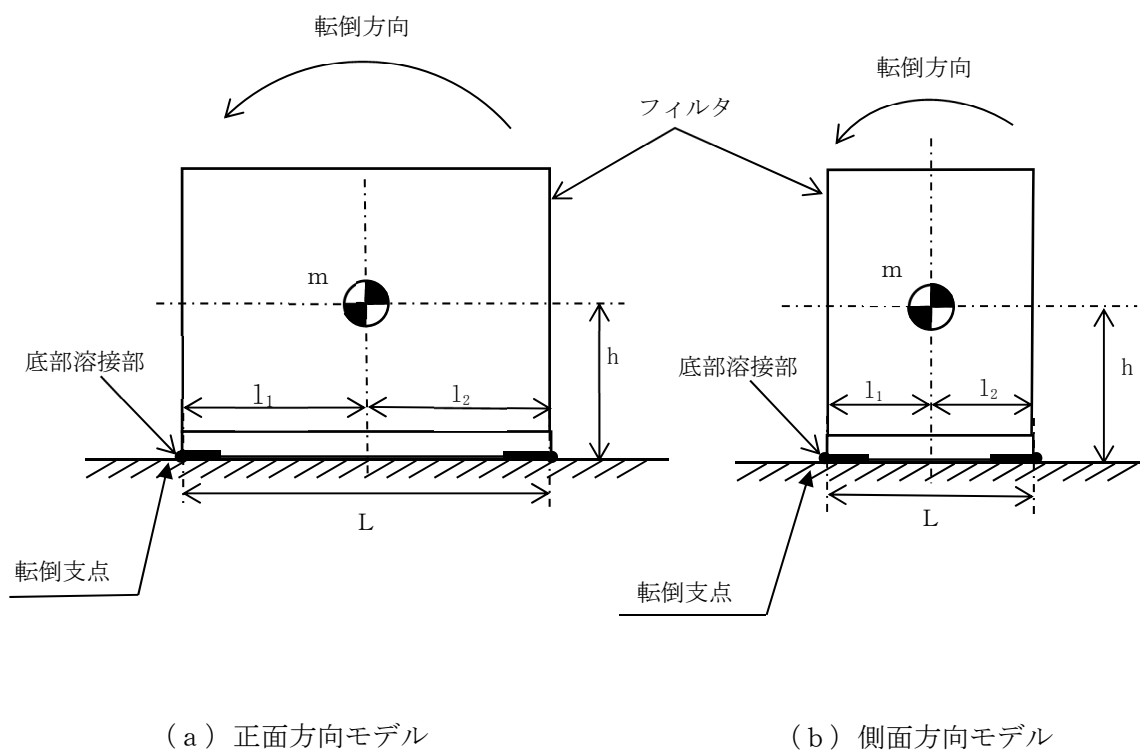


図 4-1 解析モデル

##### 4.5.2 諸元

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34)	耐震重要度分類	—	S クラス
	機器区分	—	クラス 3
	溶接部の間隔	L	700 (mm)
	溶接線長さ	<i>B</i>	200 (mm)
	溶接部のど厚	<i>K</i>	3.5 (mm)
	材質	—	SS400
	溶接部温度	—	60 (°C)
	据付面から重心までの距離	h	1275 (mm)
	総質量	m	880 (kg)

#### 4.6 固有周期

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の固有周期を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34)	0.023 (秒)

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34)	底部溶接部	引張	8	272	0.03
		せん断	3	157	0.02

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

## 6.8 排風機（G43K35, K36）の耐震性についての計算書

## 【目 次】

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	2
3. 評価部位	2
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	3
4.3 設計用地震力	3
4.4 計算方法	4
4.5 計算条件	5
4.6 固有周期	6
5. 評価結果	7

## 1. 概要

高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する排風機（G43K35, K36）について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

評価対象の排風機（G43K35, K36）の構造強度の評価は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠し，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601（日本電気協会）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601（日本電気協会）
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1（日本機械学会）
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1（日本機械学会）

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_S$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ポンプ振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
$M_P$	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
$n$	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	s
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 3. 評価部位

排風機 (G43K35, K36) の構造強度の評価は、評価上厳しくなる据付ボルトについて実施する。

## 4. 構造強度評価

### 4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組



み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 D<sub>s</sub> における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub> について、温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)の各階での静的解析用震度を表 4-1 に示す。

排風機 (G43K35, K36) の静的解析用震度は、機器据付階のもの (B2F, 水平方向 : 0.86, 鉛直方向 : 0.77) を用いた。

表 4.1 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

排風機（G43K35, K36）の計算方法として、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用して発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。

引張力 ( $F_b$ ) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 ( $\sigma_b$ ) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 ( $Q_b$ ) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ ) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

排風機 (G43K35, K36) の解析モデルを図 4-1 に示す。

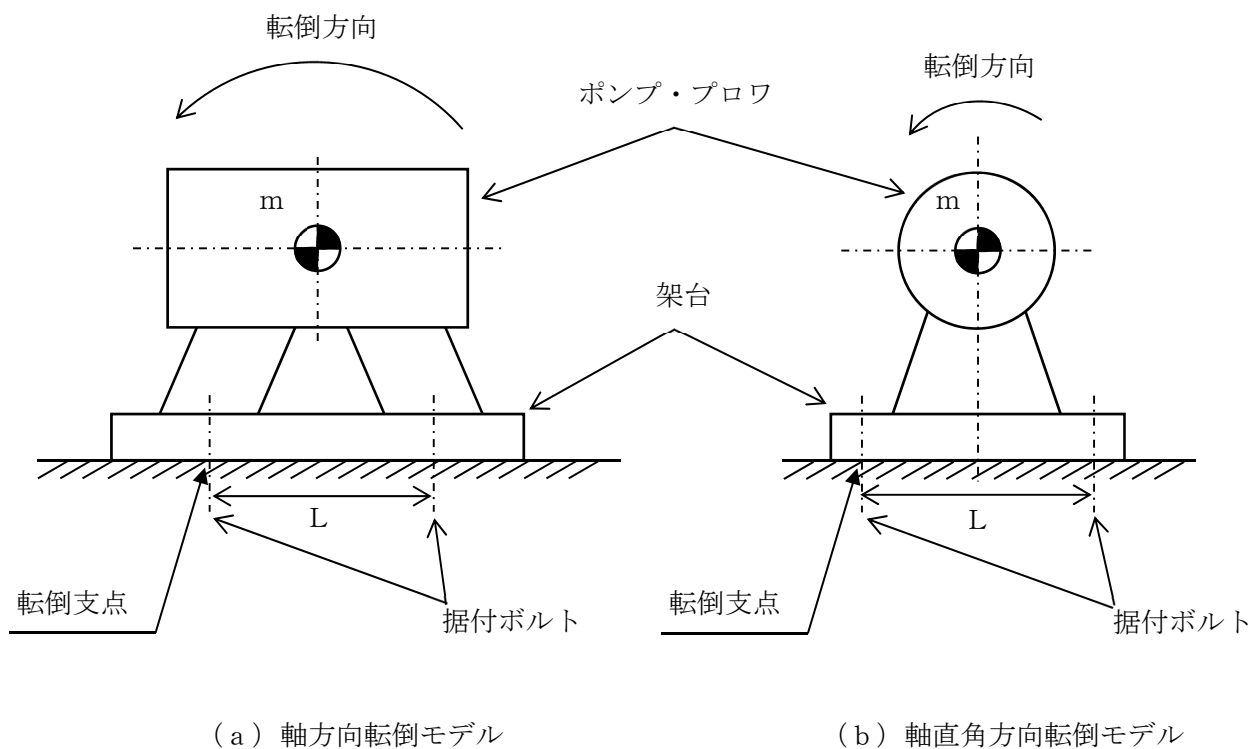


図 4.1 解析モデル

##### 4.5.2 諸元

排風機 (G43K35, K36) の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
排風機 (G43K35, K36)	耐震重要度分類	—	Sクラス
	機器区分	—	クラス3
	据付ボルト間隔	L	200 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SCM435
	据付ボルト温度	—	60 (°C)
	据付面から重心までの距離	h	590 (mm)
	総質量	m	200 (kg)

#### 4.6 固有周期

排風機 (G43K35, K36) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

排風機 (G43K35, K36) の固有周期を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
排風機 (G43K35, K36)	0.007 (秒)

## 5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の排風機 (G43K35, K36) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
排風機 (G43K35, K36)	据付ボルト	引張	18	617	0.03
		せん断	4	356	0.02

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。