

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の
設備耐震補強工事(冷却水配管のサポート追加)について
(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和2年9月25日認可)に示した計画に従い、廃止措置計画用設計地震動が作用した際に耐震性が不足する配管(ガラス固化技術開発施設(TVF)の屋上に設置している二次冷却水配管(KG83-616)の枝管)にサポートを追加し、耐震性を確保するための工事を実施する。

本補強にあたっては、材料検査、据付・外観検査等により、設計を満足していることを確認する。

令和3年4月5日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. 目的

令和 2 年 8 月 7 日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和 2 年 9 月 25 日認可)の「別添 6-1-2-1 廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を確保すべき設備(ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟)」の別紙 6-1-2-5-3-101「配管の耐震性についての計算書」において、廃止措置計画用設計地震動(以下、設計地震動という。)による地震力が作用した場合、屋上に設置している二次冷却水配管(KG83-616)の一部枝管の取り付け部位の発生応力が許容応力を超える結果となったことから、当該配管についてサポートの追加工事を実施し、耐震性を確保する計画とした。

この計画に従い、当該配管についてサポートの追加工事(図-1、図-2)を実施する。

2. 設備概要

TVF の二次冷却水設備は、冷却塔、冷却水ポンプ、冷却器から構成され、一次冷却水設備(受入槽等の冷却)、非管理区域の冷水設備の冷凍機及び圧縮空気設備の圧縮機や冷却器に冷却水を供給している。

3. 設計条件

二次冷却水配管の耐震重要度分類は S クラスである。本補強においては、サポート(既設サポートと同仕様の材料:SS400, STKR400)を追加することにより、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とする。

配管(KG83-616)の構造強度評価は、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(別添資料に示す通り。令和 2 年 8 月 7 日申請の計算書と同様の方法、手順による)。

4. 設計方針

設計地震動に対して耐震性が不足する箇所は、二次冷却水配管の母管(管呼び径 200A)から分岐した枝管(管呼び径 15A)で、冷却水の圧力を確認するための現場指示計等を接続している導管であり、片方の端部は固定されていない。したがって構造的には片持ち梁となっており、地震動が作用した際に鞭振りのような挙動によって固定側付近の応力が大きくなると考えられることから、適切な位置にサポートを追加し、端部の振動を防止する。

5. 工事の方法

本工事で設置する配管サポートは図-1 及び図-2 に示すように、SS400 または

STKR400 材のアンクル・角形鋼管を溶接により組み合わせた構造で、あと施工アンカーにより建家躯体に設置するか、既設架構上に溶接して設置する。補強対象の配管はUボルトによりサポート位置で軸直方向を拘束する。

本工事を行うにあたっては、既設配管に影響を与えないよう、施工範囲を養生等実施したのちに行う。本工事は、ガラス固化技術開発棟屋上であり、仮に工事において溢水等が生じたとしても施設の安全機能への波及的な影響は生じない。

本工事において、材料検査、据付・外観検査、寸法検査を実施する。

5. 安全機能への影響

サポート据付作業は、既設配管の切断・加工等は実施しないことから、二次冷却水設備の機能(崩壊熱除去及び閉じ込め機能)への影響はない。

また、工事のために足場等を設置する際には、蒸発乾固の発生防止のための事故対処の妨げにならないようにする。

6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-1に示す。

表-1 二次冷却水配管の耐震補強対策に係る工事工程表

	令和3年度										備考	
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
耐震補強 工事						工事(※)						

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

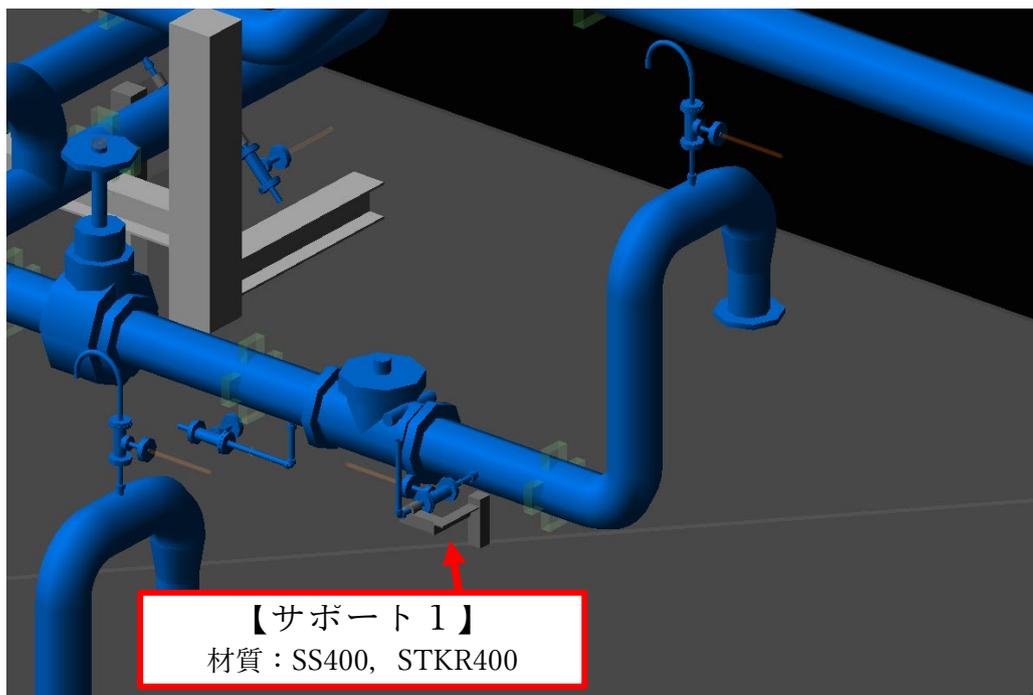
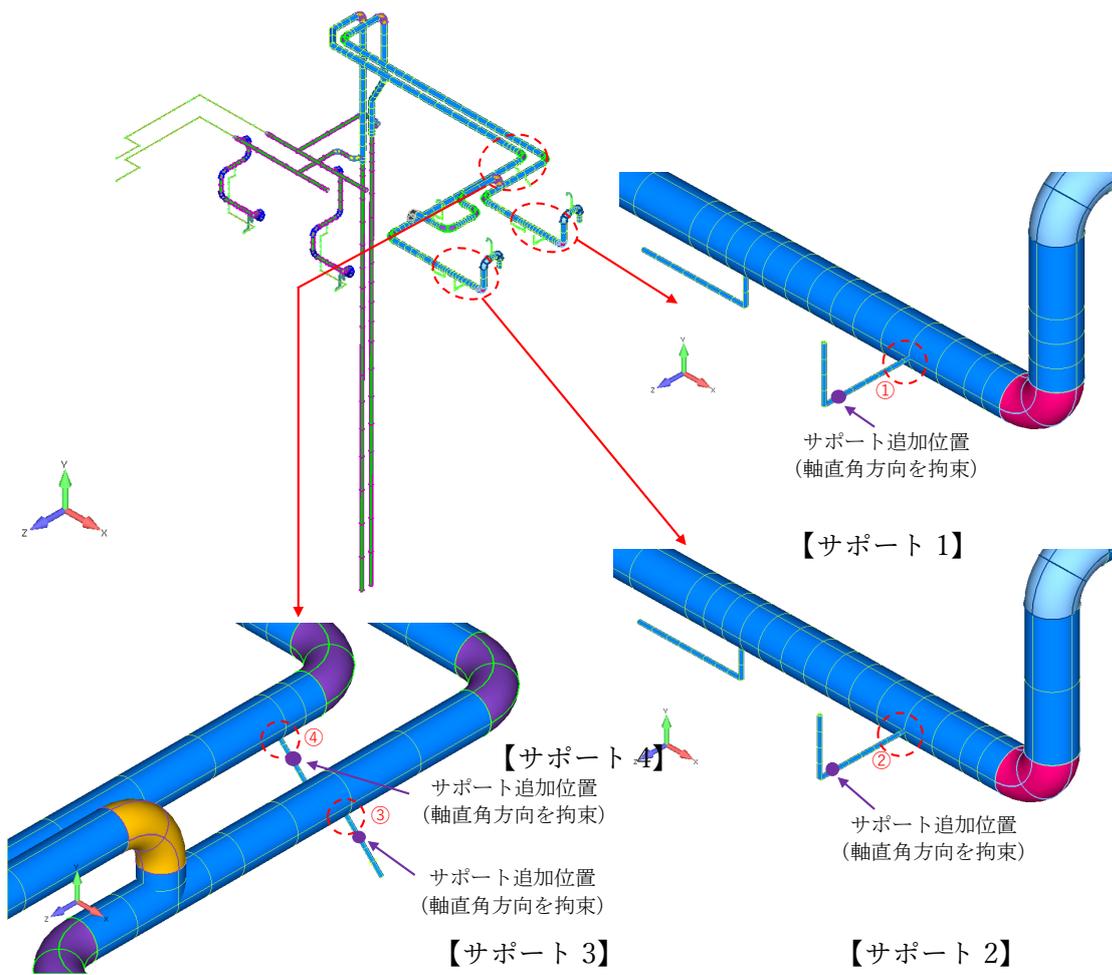


図-1 サポート構造図(1/2)

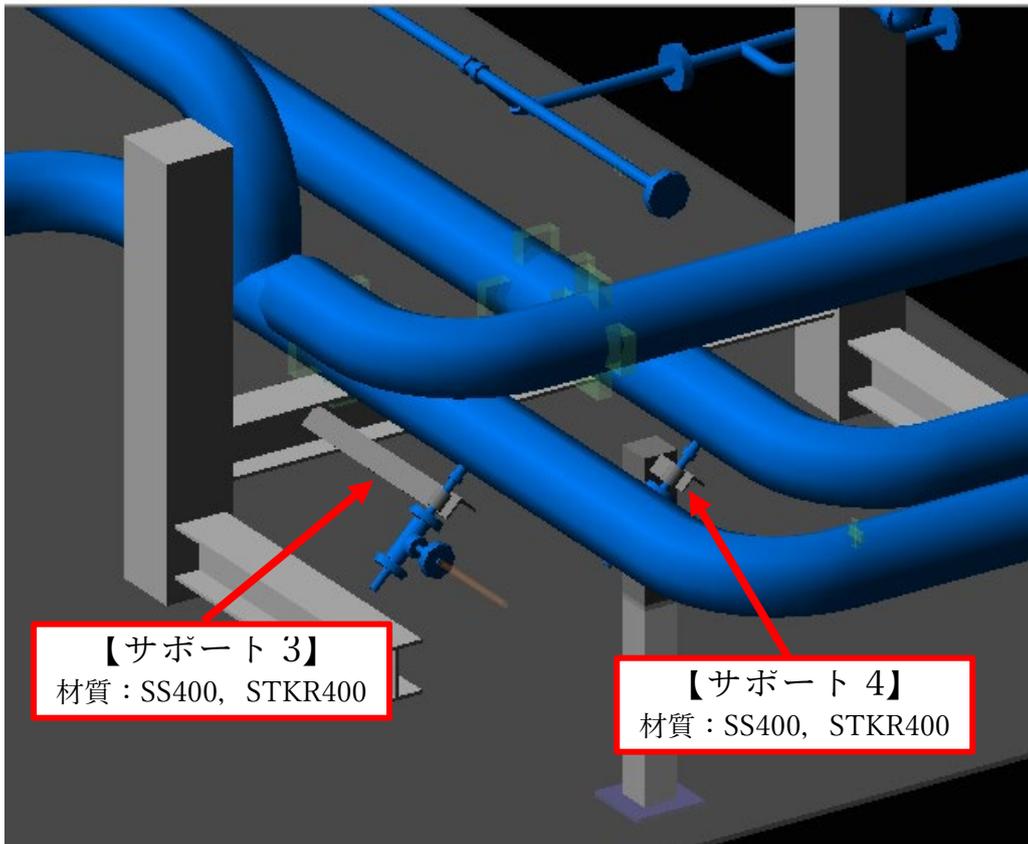
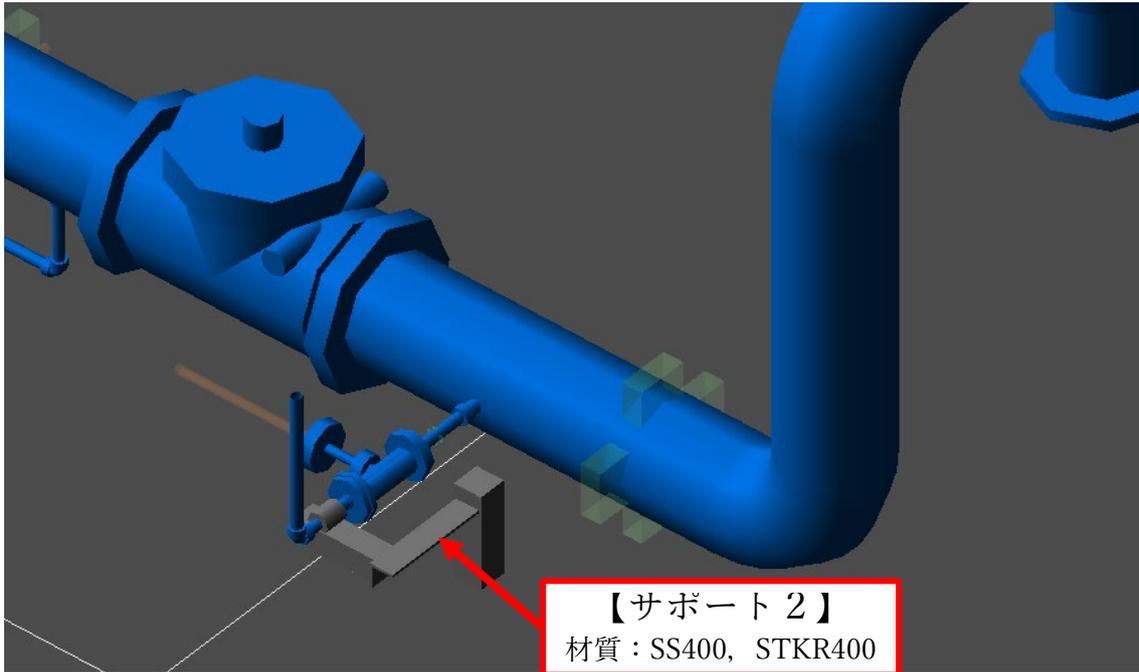


図-2 サポート構造図(2/2)

耐震補強を実施する配管（KG83-616）の
耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、高放射性廃液の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を構成する配管（KG83-616）について、サポート追加補強工事後において、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ものである。

2. 一般事項

2.1 評価方針

配管（KG83-616）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 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(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 NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材質規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材質の設計引張強さ	MPa

3. 評価部位

配管（KG83-616）の構造強度の評価部位は、本体の一次応力とする。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出については、自重、圧力及び地震力による応力を組み合わせた。地震力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」に準拠し、供用状態 D_s における許容応力を用いた。供用状態 D_s での温度は設計温度、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。評価部位ごとの応力分類及び許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価部位ごとの応力分類及び許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
配管	一次応力	0.9 Su (1.5×0.6 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 4-2 に示す。

表 4-2 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
配管 (KG83-616)	0.5	0.5

4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」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 (S_s-D, S_s-1, S_s-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。

配管 (KG83-616) の解析用の床応答スペクトルは、配管据付階 (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 4-3, 図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-3 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備 (モデル No.)	水平方向	鉛直方向
配管 (KG83-616)	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%)

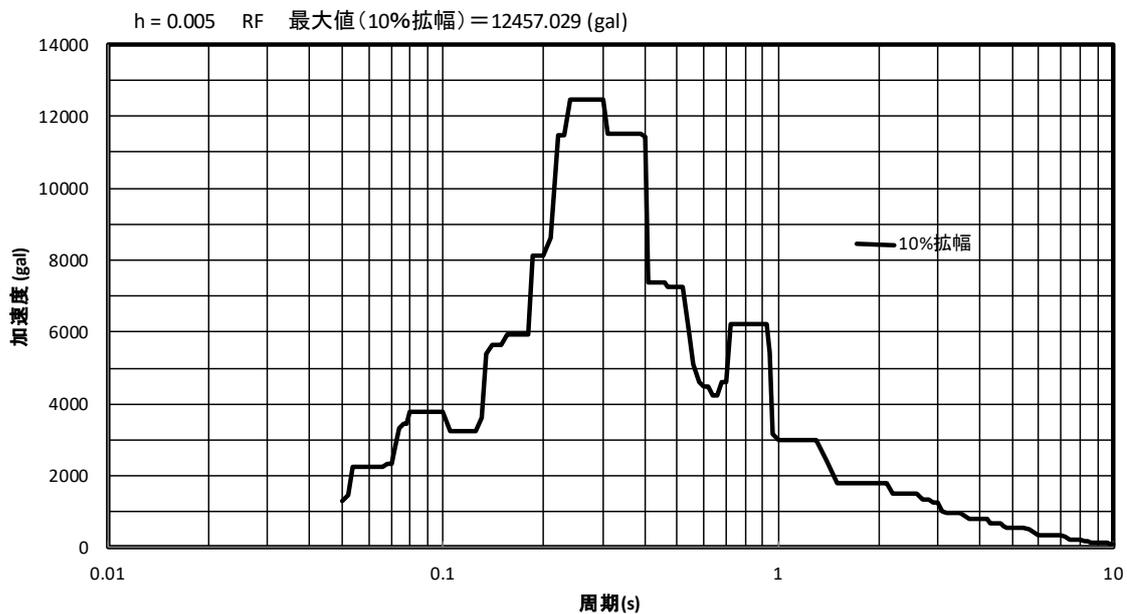


図 4-1 解析用の床応答スペクトル (水平方向, RF, 減衰定数 0.5%)

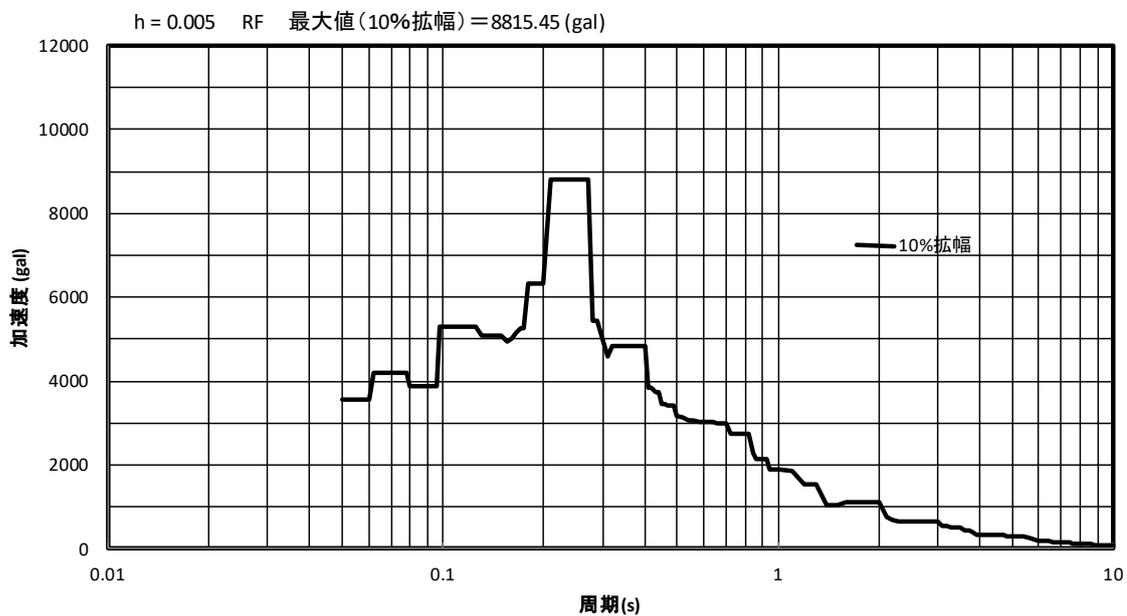


図 4-2 解析用の床応答スペクトル (鉛直方向, RF, 減衰定数 0.5%)

4.5 計算方法

配管 (KG83-616) の発生応力の計算方法は FEM 解析 (スペクトルモーダル法) を用いた。解析コードは FINAS^{※1} を用いた。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

※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

配管 (KG83-616) 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。

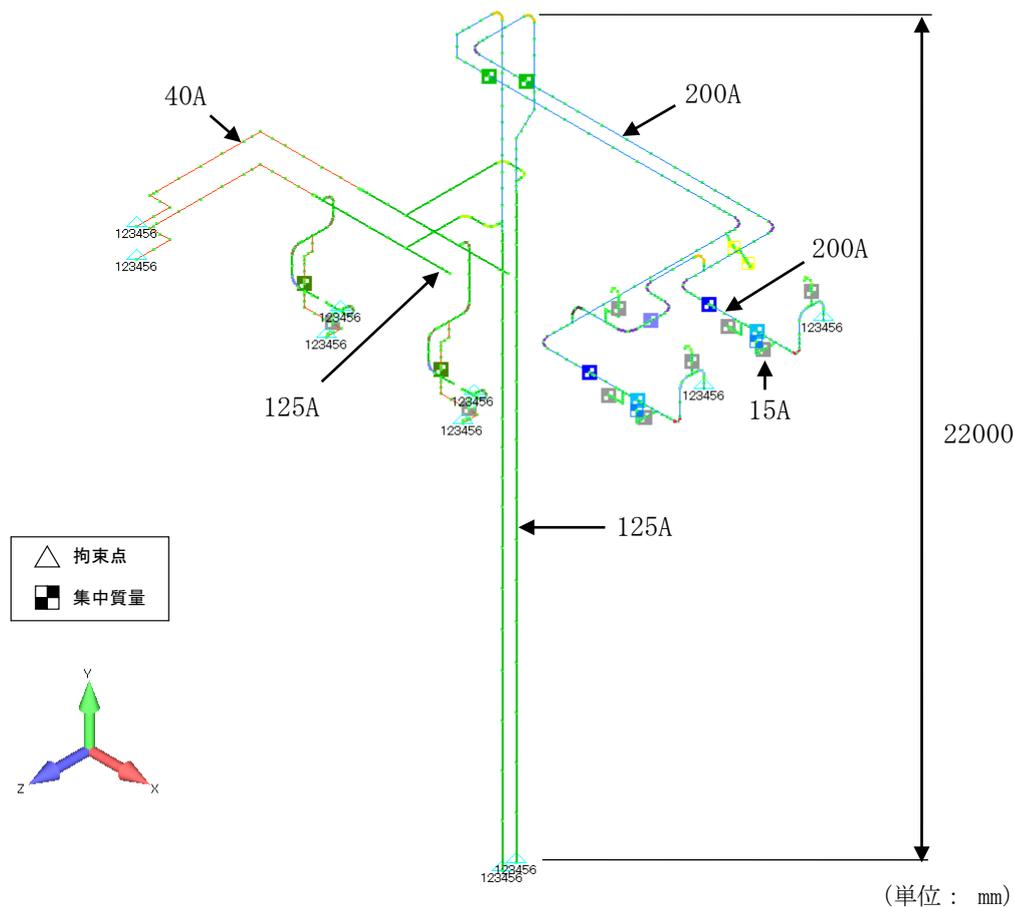


図 4-3 配管 (KG83-616) の解析モデル

4.6.2 諸元

配管（KG83-616）の主要寸法・仕様を表 4-4 に示す。

表 4-4 主要寸法・仕様（1/5）

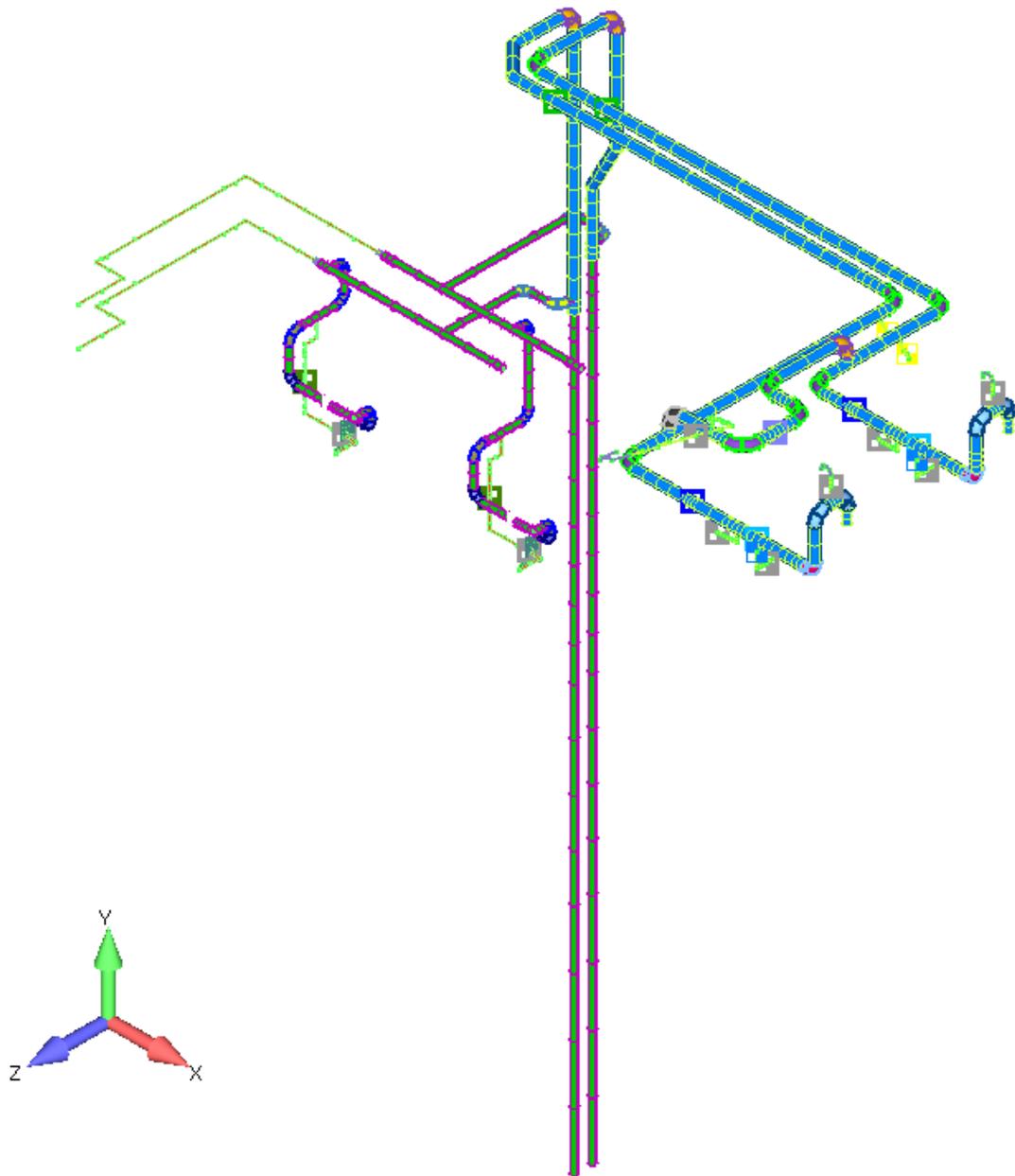
評価対象設備	項目	値
配管 (KG83-616)	安全上の機能	閉じ込め機能 崩壊熱除去機能
	機器区分	クラス 3
	流体名	水
	流体の密度	1.0 (g/cm ³)
	材質	STPG370
	保温有無	有
	温度（設計温度）	55 (°C)
	圧力（設計圧力）	0.98 (MPa)
	呼び径-Sch.	15A-Sch. 80 40A-Sch. 40 80A-Sch. 40 125A-Sch. 40 150A-Sch. 40 200A-Sch. 40

4.7 固有周期

配管（KG83-616）の固有周期及び固有モードを図 4-4 に示す。

1次モード図

固有周期：0.123 (秒)



Output Set: FNS_000001 F= 8.1366194
Deformed(27.74): Total Eigen Mode

図 4-4 配管 (KG83-616) 固有モード図 (1/3)

2次モード図

固有周期：0.121（秒）

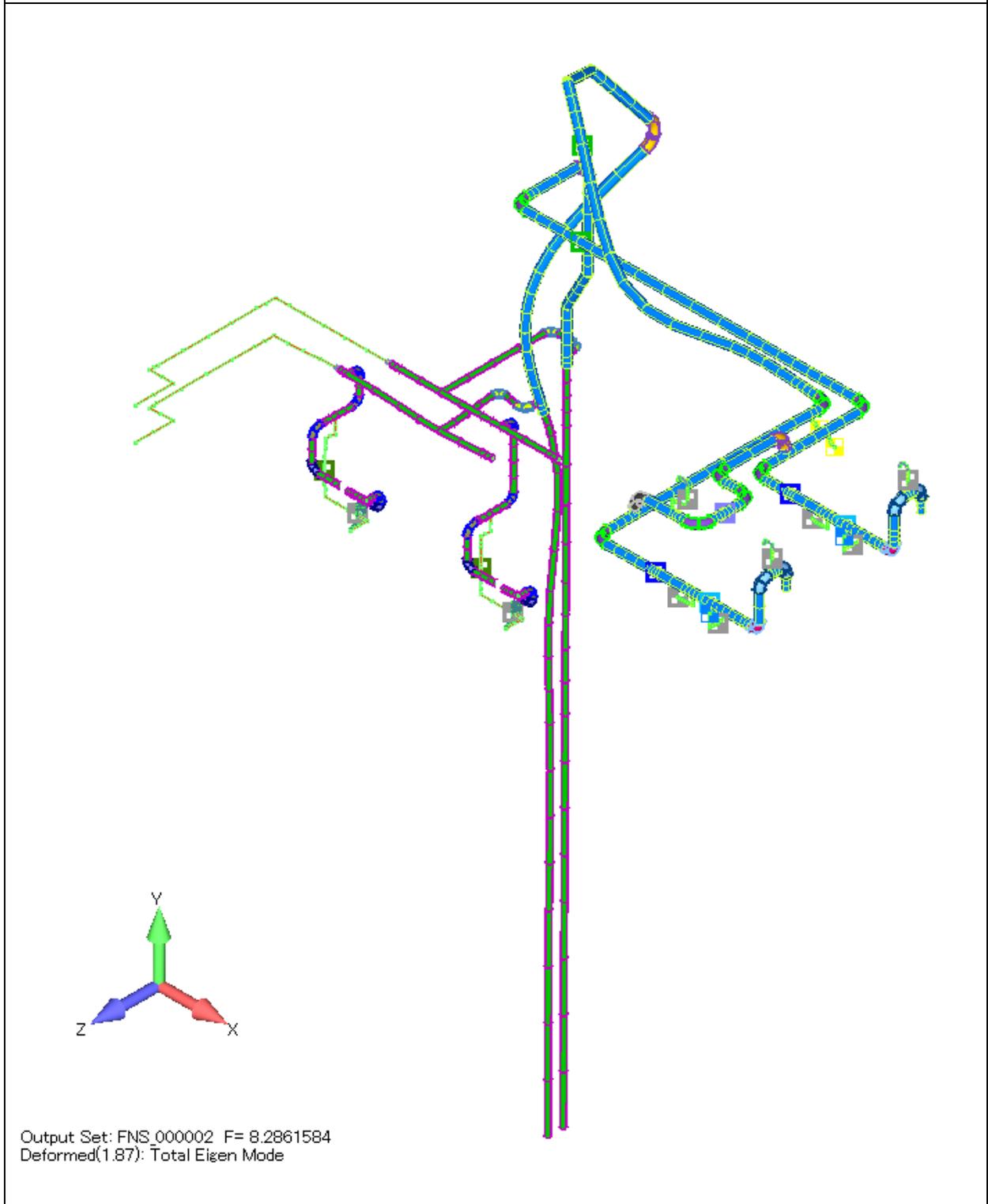


図 4-4 配管 (KG83-616) 固有モード図 (2/3)

3次モード図

固有周期：0.117（秒）

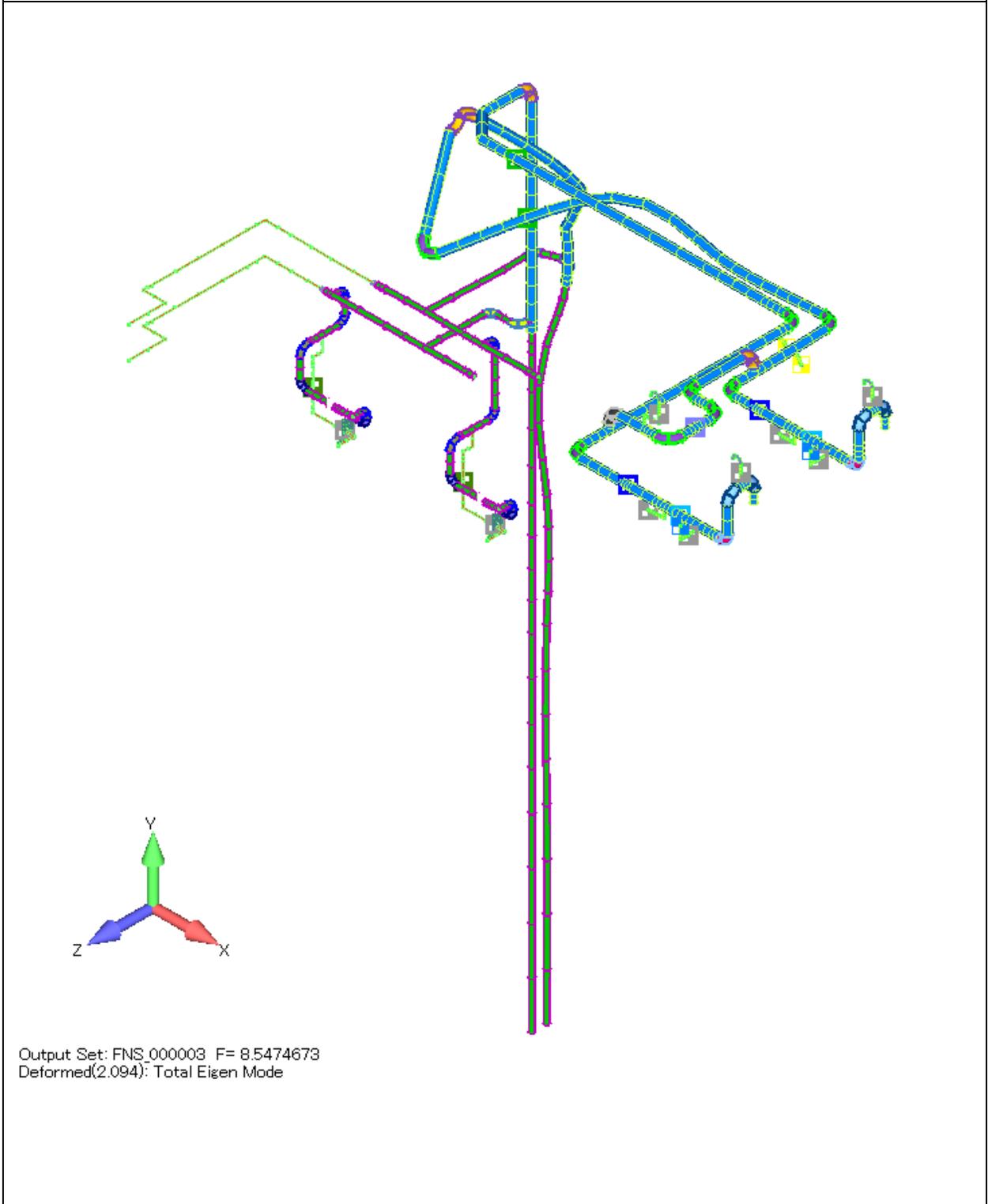
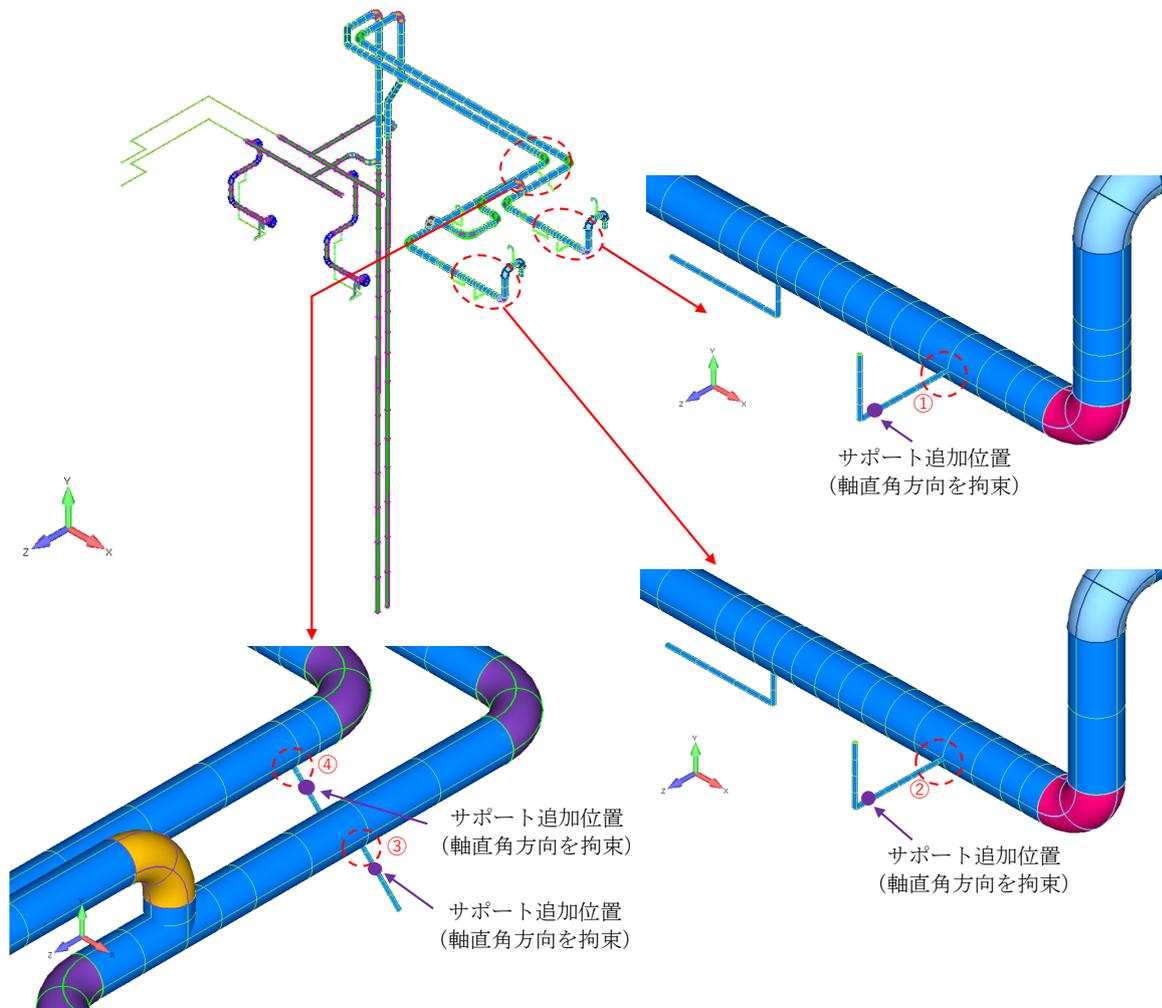


図 4-4 配管 (KG83-616) 固有モード図 (3/3)

5. 評価結果

サポート追加補強工事前後における構造強度評価結果を図 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の配管 (KG83-616) について、サポート追加補強工事後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。



No.	サポート追加前			サポート追加後		
	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
①	721	326	2.22	208	326	0.64
②	420	326	1.29	59	326	0.19
③	426	326	1.31	145	326	0.45
④	334	326	1.03	158	326	0.49

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

図 5-1 配管 (KG83-616) の構造強度評価結果