

蒸気発生器伝熱管の耐震計算書

工事計画認可申請 資料13-17-3-2-2

伊 方 発 電 所 第 3 号 機

目 次

	頁
1. 概要	資13-17-3-2-2-1
2. 基本方針	資13-17-3-2-2-2
2.1 構造の説明	資13-17-3-2-2-2
2.2 評価方針	資13-17-3-2-2-4
3. 耐震評価箇所	資13-17-3-2-2-6
4. 地震応答解析	資13-17-3-2-2-7
4.1 基本方針	資13-17-3-2-2-7
4.2 設計用地震力	資13-17-3-2-2-8
4.3 解析モデル及び諸元	資13-17-3-2-2-9
4.4 応答解析結果	資13-17-3-2-2-22
5. 応力評価	資13-17-3-2-2-35
5.1 基本方針	資13-17-3-2-2-35
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	資13-17-3-2-2-35
5.3 応力評価方法	資13-17-3-2-2-43
5.4 応力解析結果	資13-17-3-2-2-45
6. 評価結果	資13-17-3-2-2-54
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	資13-17-3-2-2-54
6.2 重大事故等対処施設としての評価結果	資13-17-3-2-2-57

※本資料における については、商業機密又は防護上の機密を含むため公開できません。

1. 概要

本資料は、資料13-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、蒸気発生器伝熱管が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は蒸気発生器伝熱管の地震応答解析、応力評価により行う。

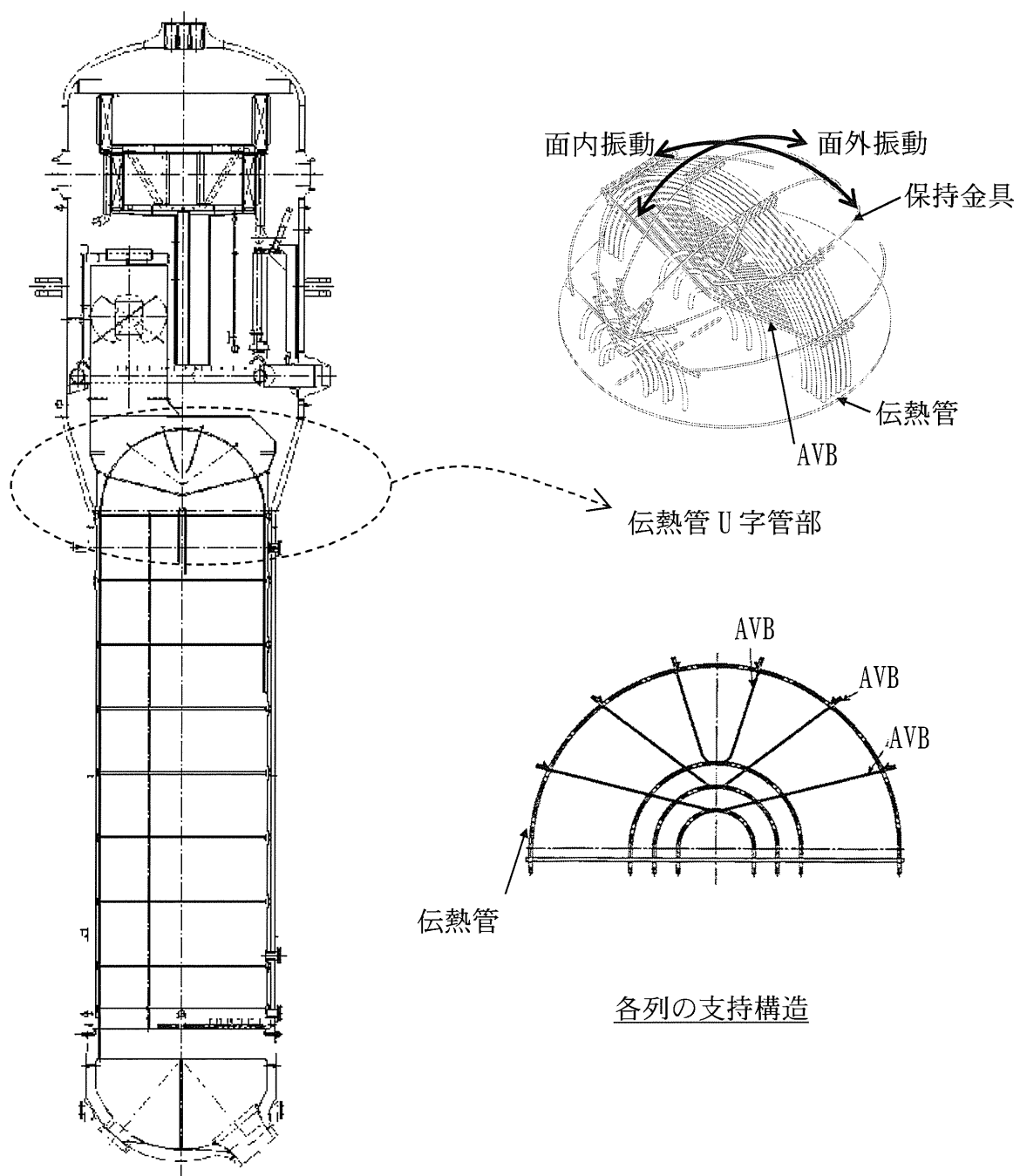
蒸気発生器伝熱管は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設であり、重大事故等対処施設においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

蒸気発生器伝熱管の構造計画及び構造図は資料13-17-3-2-1「蒸気発生器（伝熱管を除く）の耐震計算書」によるものとする。

蒸気発生器は、多数の伝熱管を有する縦型Uバンド管式の大型熱交換器であり、そのU字管部は振止め金具（以下「AVB」という。）で支持された構造である。蒸気発生器伝熱管の詳細な構造を第2-1図に示す。



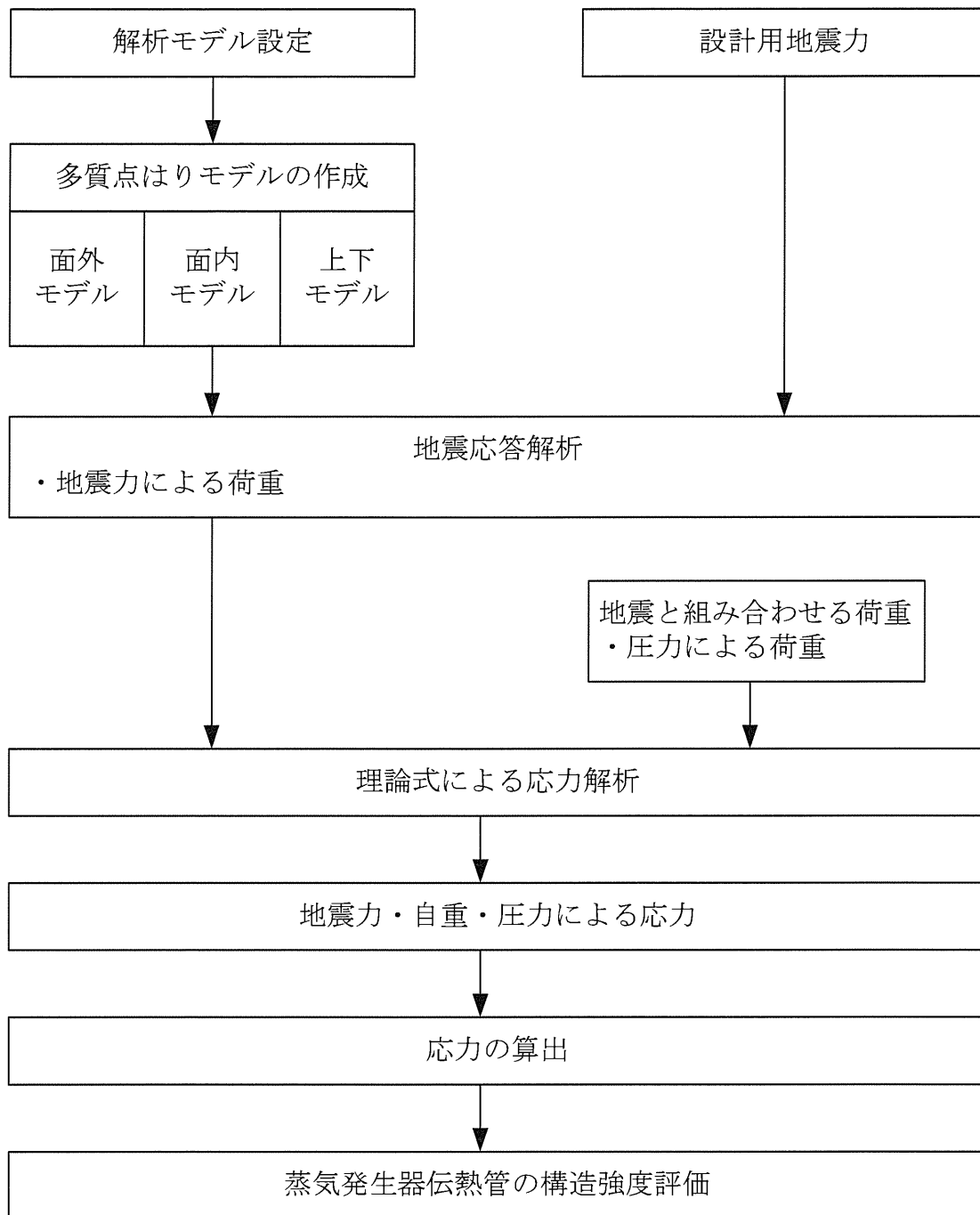
蒸気発生器全体図

第 2-1 図 蒸気発生器伝熱管の構造

2.2 評価方針

蒸気発生器伝熱管の応力評価は、資料13-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 地震応答解析」で算定した荷重による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

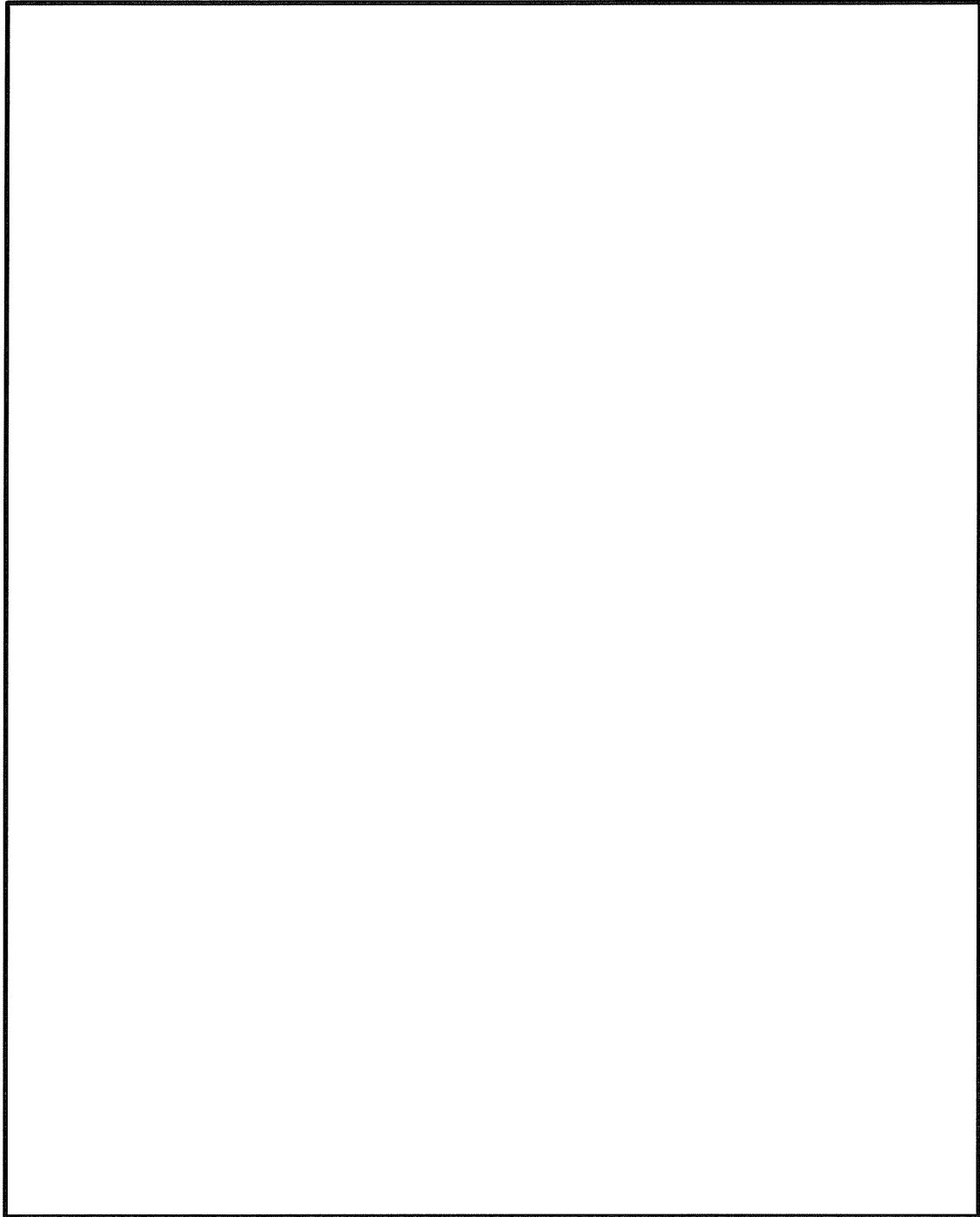
蒸気発生器伝熱管の耐震評価フローを第2-2図に示す。



第2-2図 蒸気発生器伝熱管の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

蒸気発生器伝熱管の耐震評価について第3-1図に示す。評価は外力が最も大きく応力が最大となる最上段管支持板部を評価箇所を選定して行う。



第3-1図 蒸気発生器伝熱管の耐震評価箇所

4. 地震応答解析

4.1 基本方針

- (1) 蒸気発生器伝熱管の固有振動数及び応力解析に用いる地震荷重を算定するための地震応答解析には、今回新たに適用する多質点はりモデルによるスペクトルモーダル解析を適用する。解析モデルは、水平面外方向、水平面内方向及び上下方向モデルを作成する。
- (2) 解析コードは□□□□を使用する。なお、評価に用いる解析コード□□□□の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 計算に用いる寸法は、公称値とする。

4.2 設計用地震力

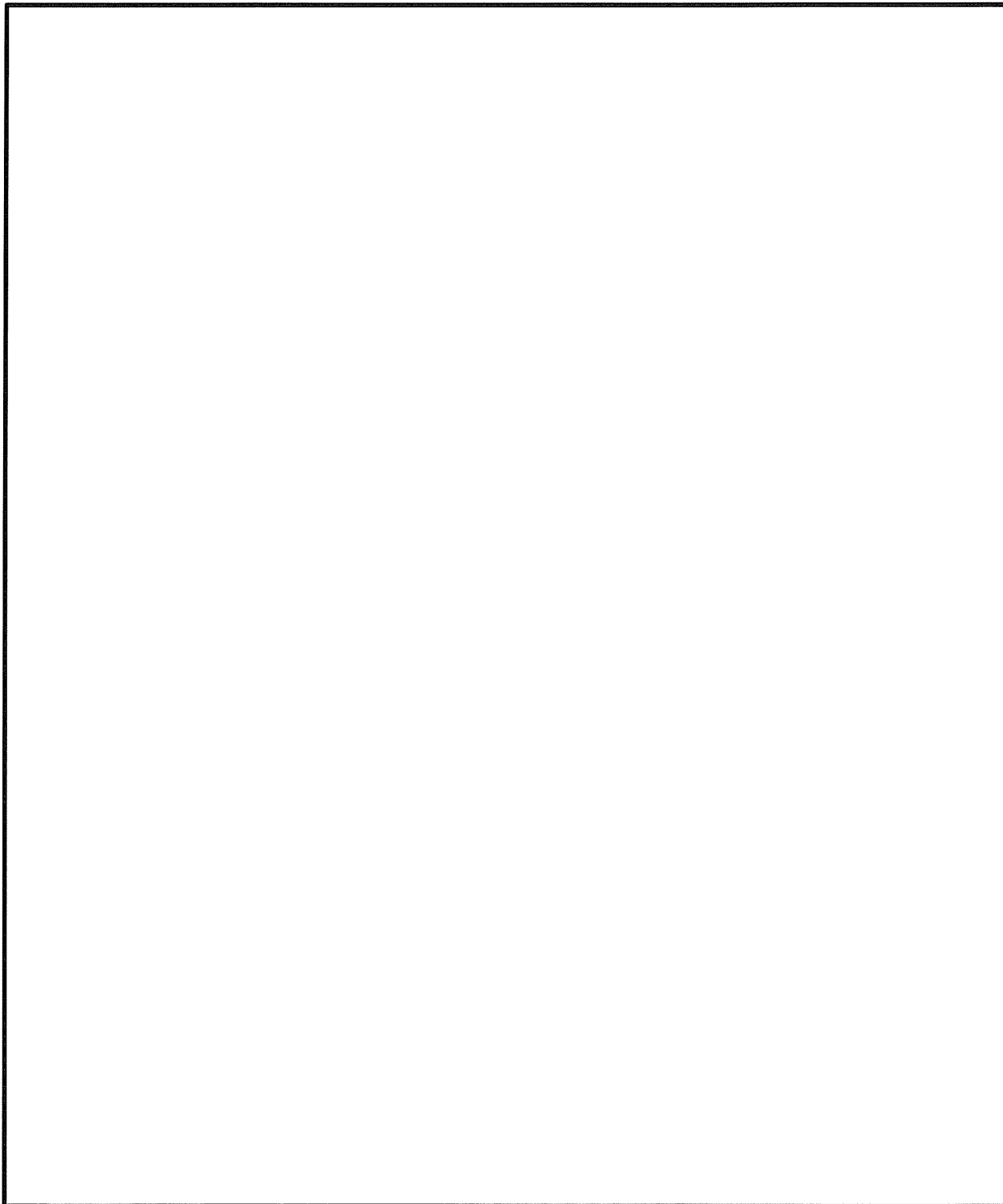
蒸気発生器伝熱管の耐震計算における入力地震力には、資料13-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-1表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。なお、減衰定数は資料13-6「地震応答解析の基本方針」第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

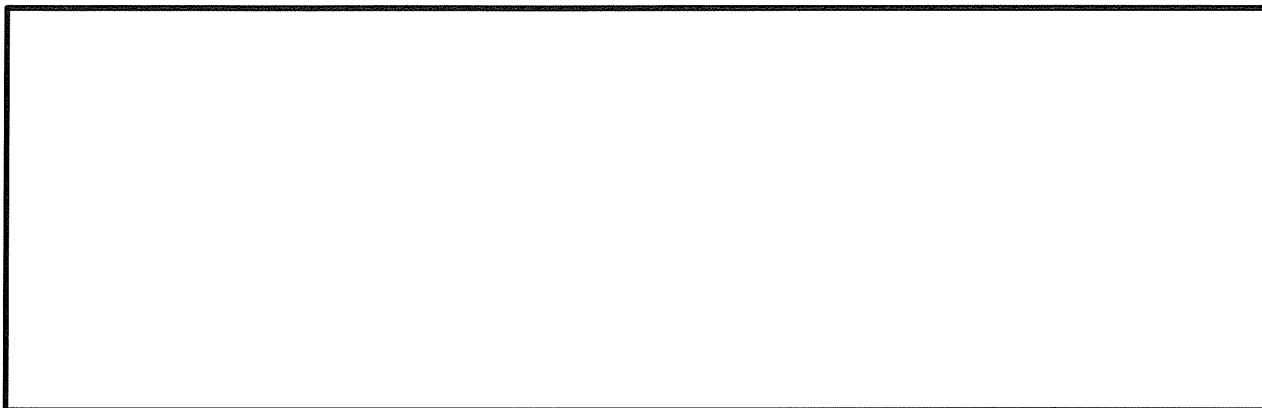
第4-1表 設計用地震力

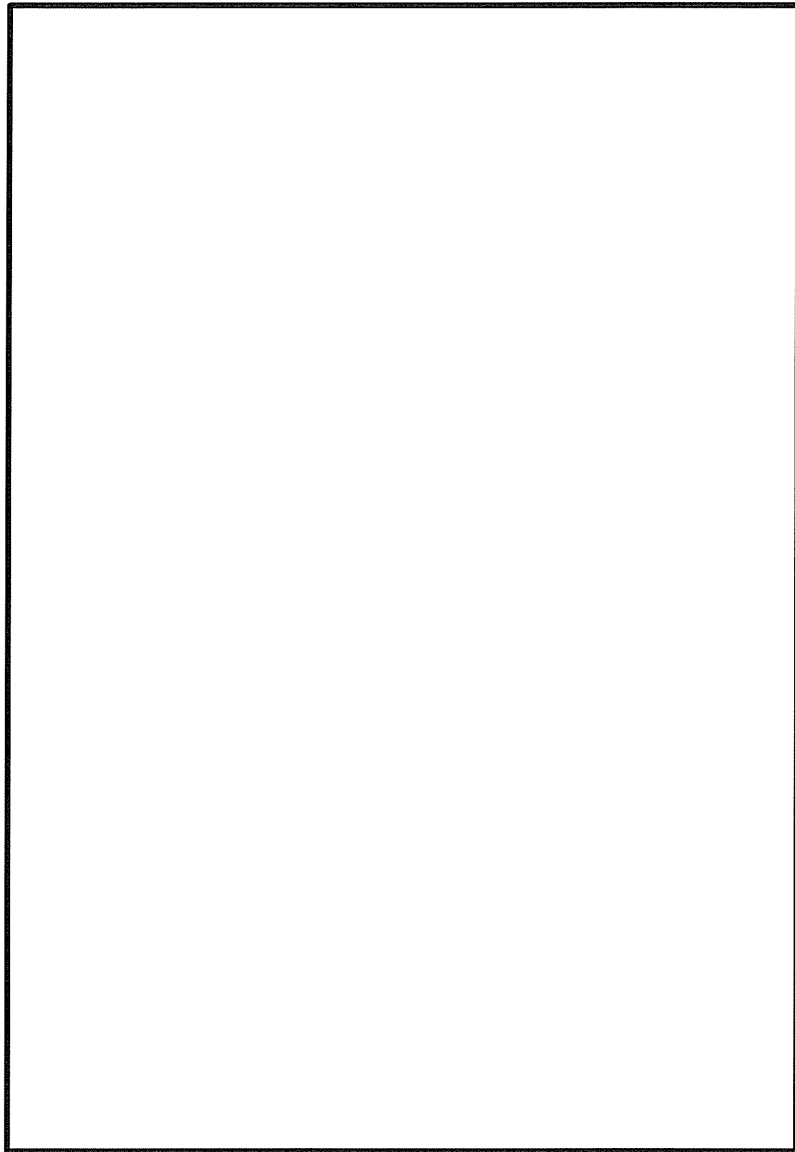
地震動	設置場所	設計用床応答曲線			備考
		建屋 及び高さ (m)	方向	減衰 定数 (%)	
基準地震動 Ss	蒸気発生器	蒸気発生器 (S/G) EL. 	水平 (面外)	8.0	水平方向はSs-1～3 のX方向及びY方向 の包絡曲線を用い る。 鉛直方向はSs-1～3 の包絡曲線を用い る。
			水平 (面内)	15.0	
			鉛直	1.0	

4.3 解析モデル及び諸元

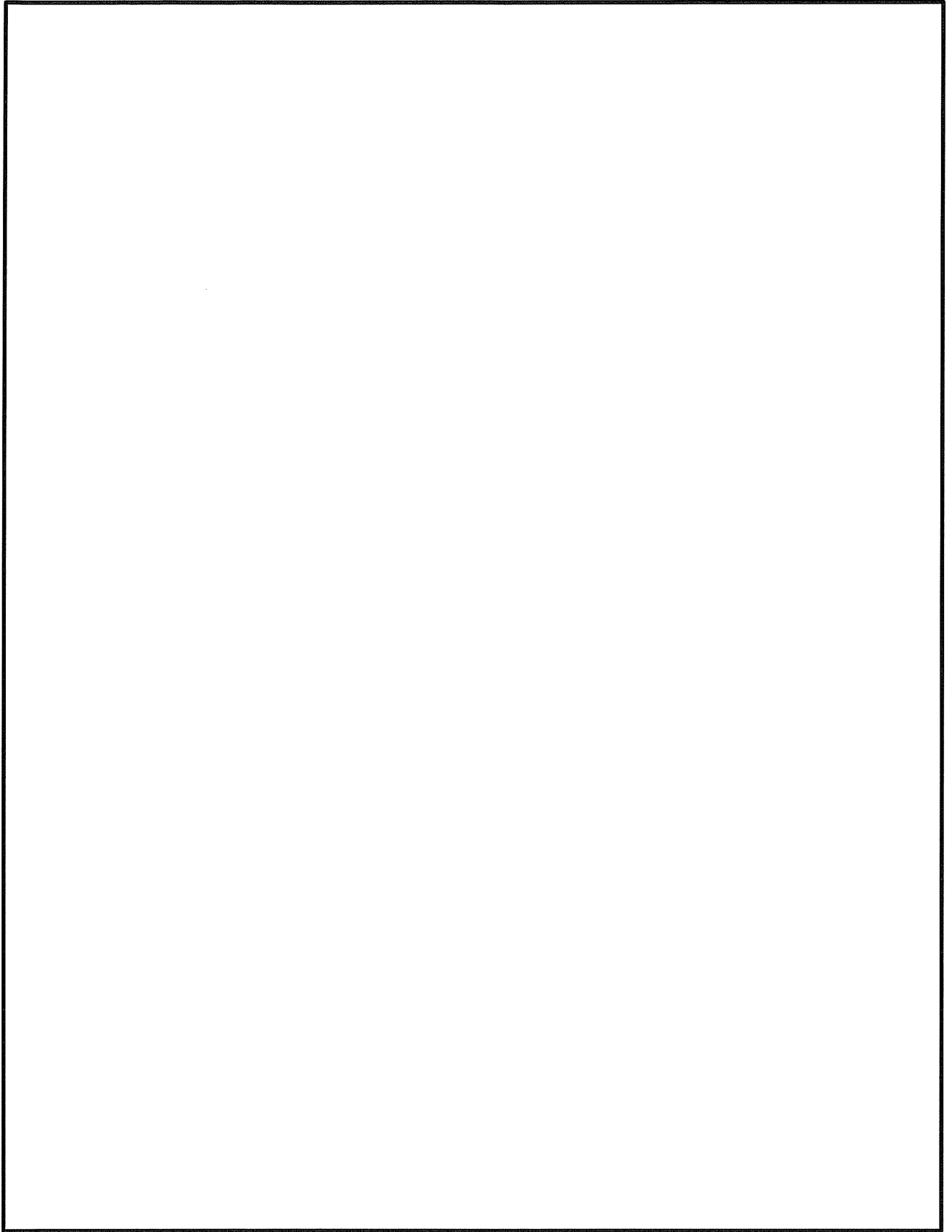
4.3.1 解析モデル



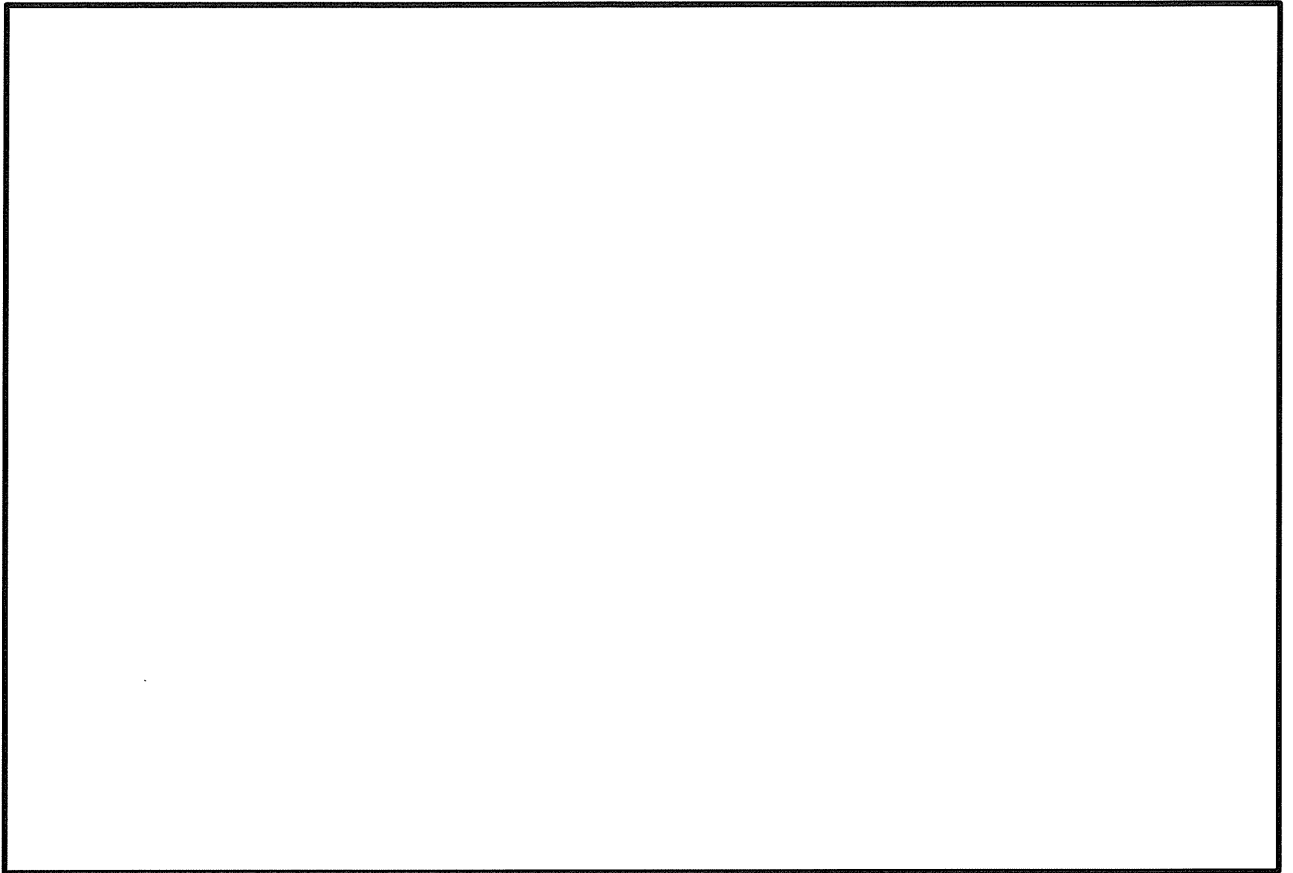




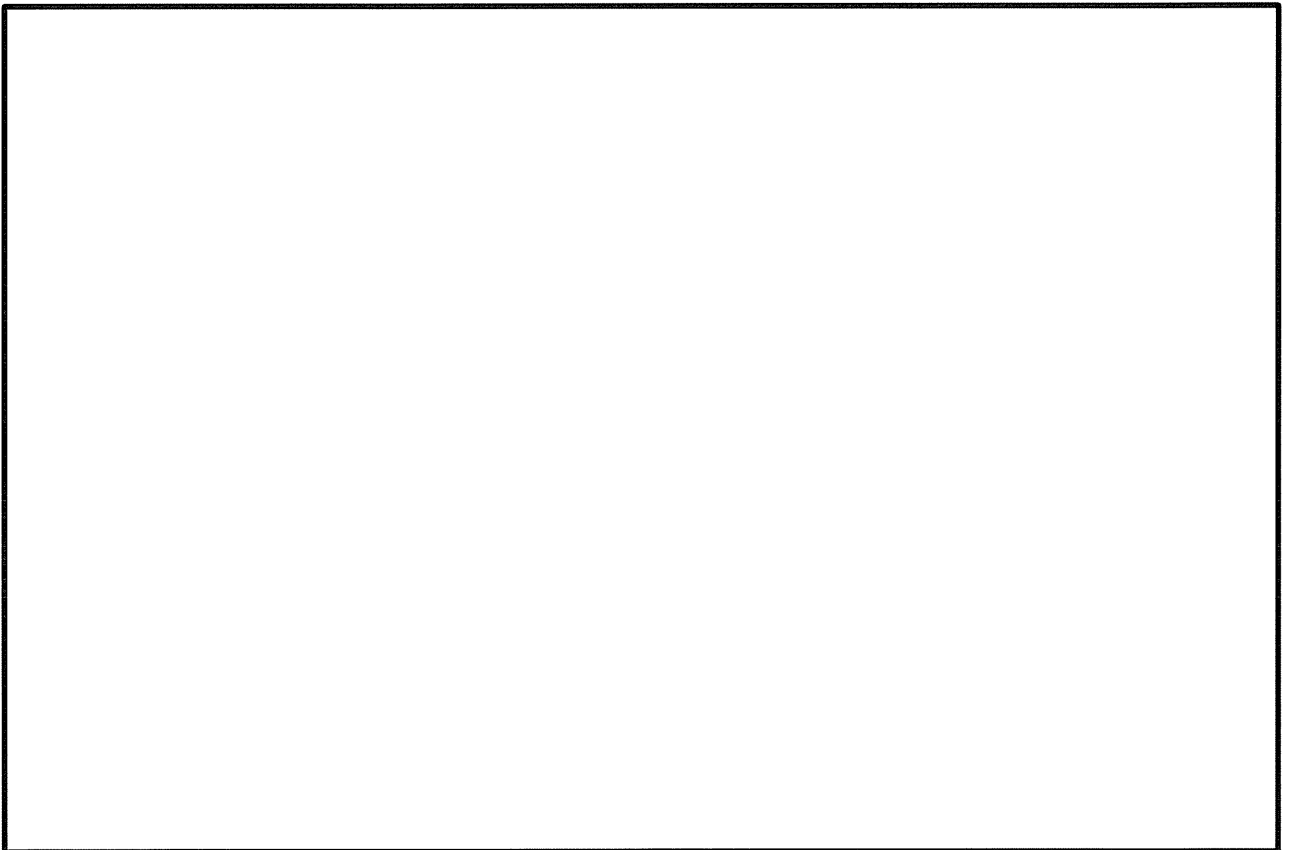
第4-1図 U字管部モデル化の範囲



第4-2図 水平面外モデル

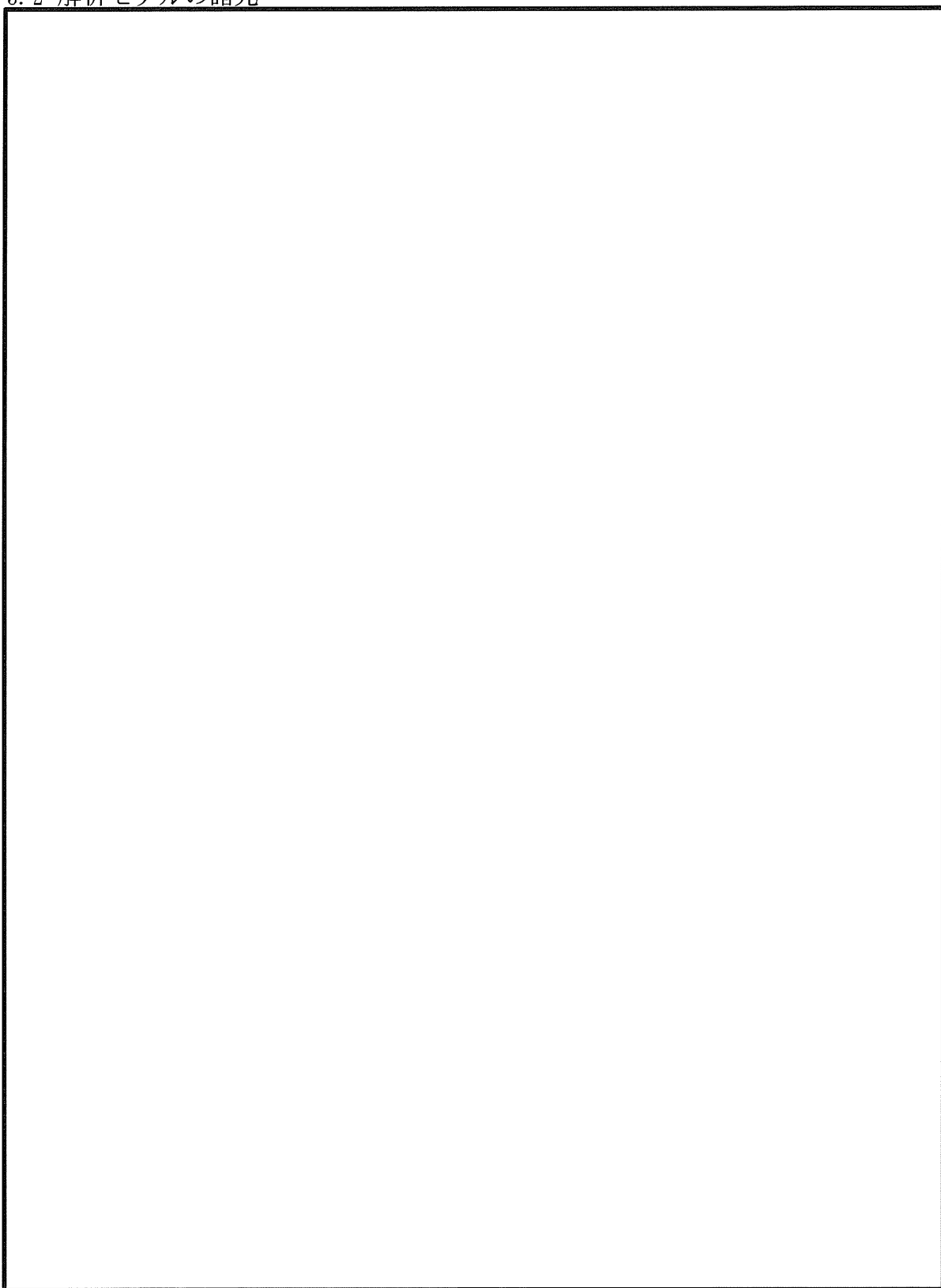


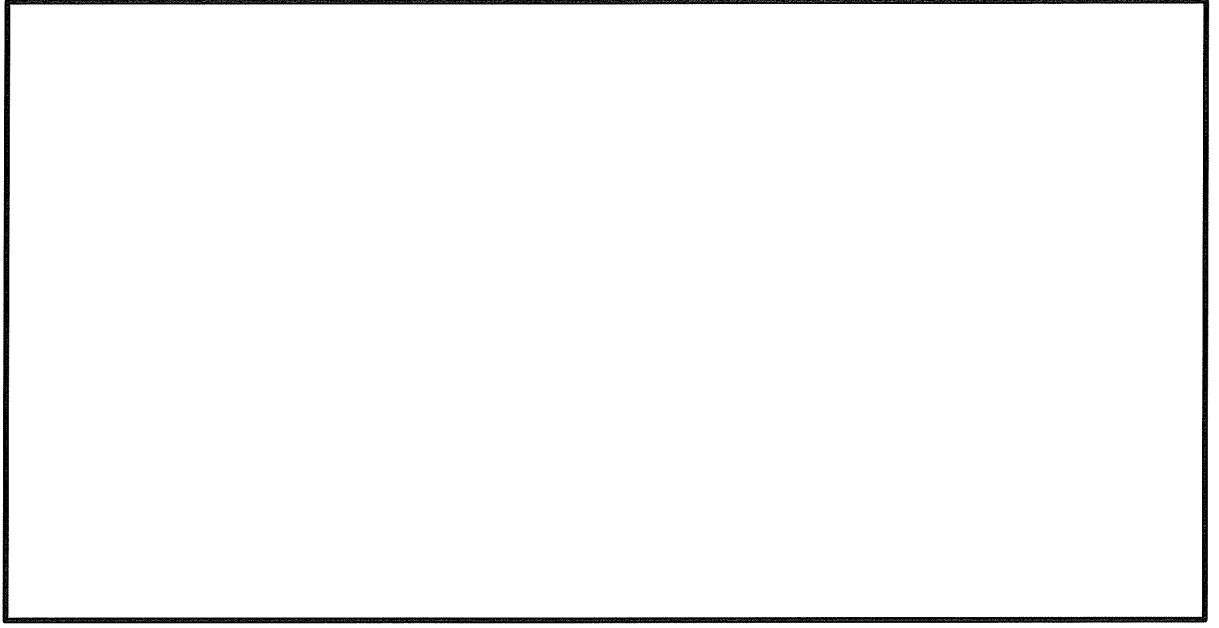
第4-3図 水平面内モデル



第4-4図 上下モデル

4. 3. 2 解析モデルの諸元





第 4-2 表 部材の諸元 (水平面外モデル) (1/2)

部位	材料	縦弾性係数 (MPa) (注)	はり要素			
			断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)		
				I _x	I _y	I _z
伝熱管	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				

(注) 縦弾性係数は、RCS 平均温度と蒸気発生器 2 次側蒸気温度の平均温度 の値であり、JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表より比例法を用いて計算した。

第 4-2 表 部材の諸元 (水平面外モデル) (2/2)

部位	材料	縦弾性係数 (注) (MPa)	はり要素			
			断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)		
				I _x	I _y	I _z
AVB	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				
	SUS405-HP	177, 000				

(注) 縦弾性係数は、RCS 平均温度と蒸気発生器 2 次側蒸気温度の平均温度 の値であり、JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表より比例法を用いて計算した。

第 4-3 表 部材の諸元 (水平面内モデル)

部位	材料	縦弾性係数 (注) (MPa)	はり要素			
			断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)		
				I _x	I _y	I _z
伝熱管	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				
	TT690 合金	192, 000				

(注) 縦弾性係数は、RCS 平均温度と蒸気発生器 2 次側蒸気温度の平均温度 の値であり、JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表より比例法を用いて計算した。

第 4-4 表 部材の諸元 (上下モデル) (1/2)

部位	材料	縦弾性係数 (MPa) (注)	はり要素			
			断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)		
				I _x	I _y	I _z
伝熱管	TT690 合金	192,000				
	TT690 合金	192,000				
	TT690 合金	192,000				
	TT690 合金	192,000				
	TT690 合金	192,000				
	TT690 合金	192,000				

(注) 縦弾性係数は、RCS 平均温度と蒸気発生器 2 次側蒸気温度の平均温度 の値であり、JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表より比例法を用いて計算した。

第 4-4 表 部材の諸元 (上下モデル) (2/2)

部位	材料	縦弾性係数 (注) (MPa)	はり要素		
			断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)	
				I _x	I _y
AVB	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			
	SUS405-HP	177, 000			

(注) 縦弾性係数は、RCS 平均温度と蒸気発生器 2 次側蒸気温度の平均温度 の値であり、JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表より比例法を用いて計算した。

第4-5表 Uバンド部の曲げ半径及びモデル化本数
(水平面外モデル)

--

第4-6表 Uバンド部の曲げ半径及びモデル化本数
(水平面内モデル及び上下モデル)

--

4.4 応答解析結果

4.4.1 固有値

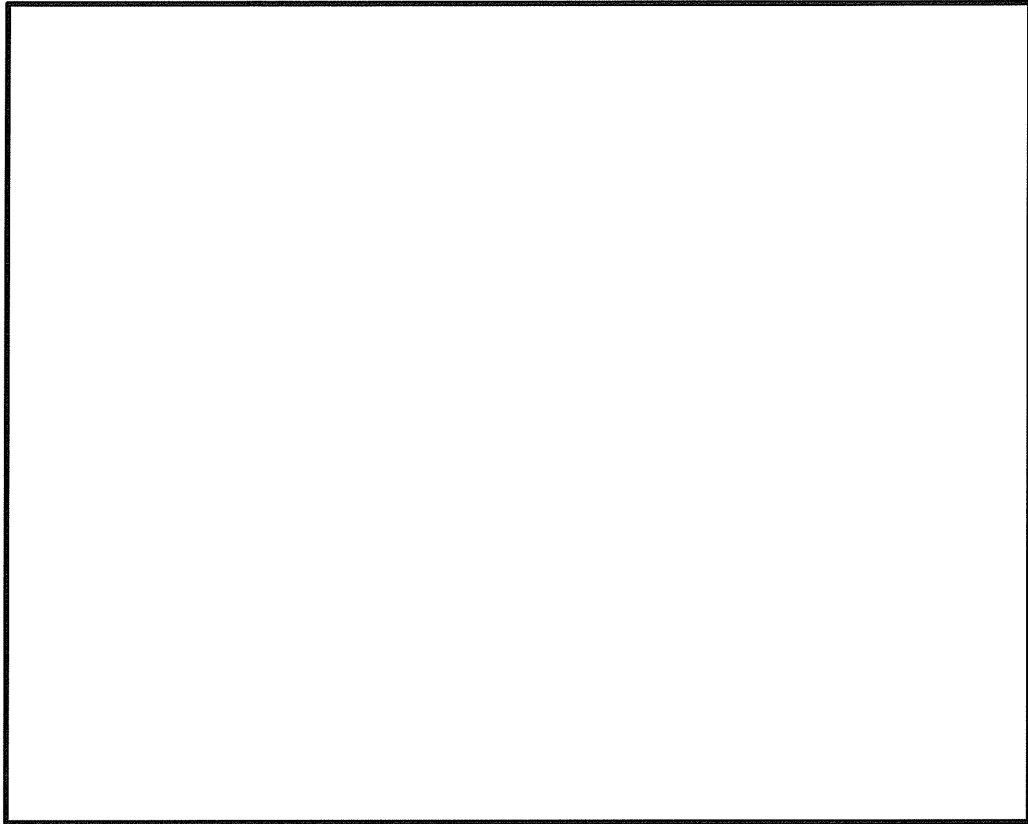
蒸気発生器伝熱管の固有値解析結果を以下に示す。

(1) 水平面外方向

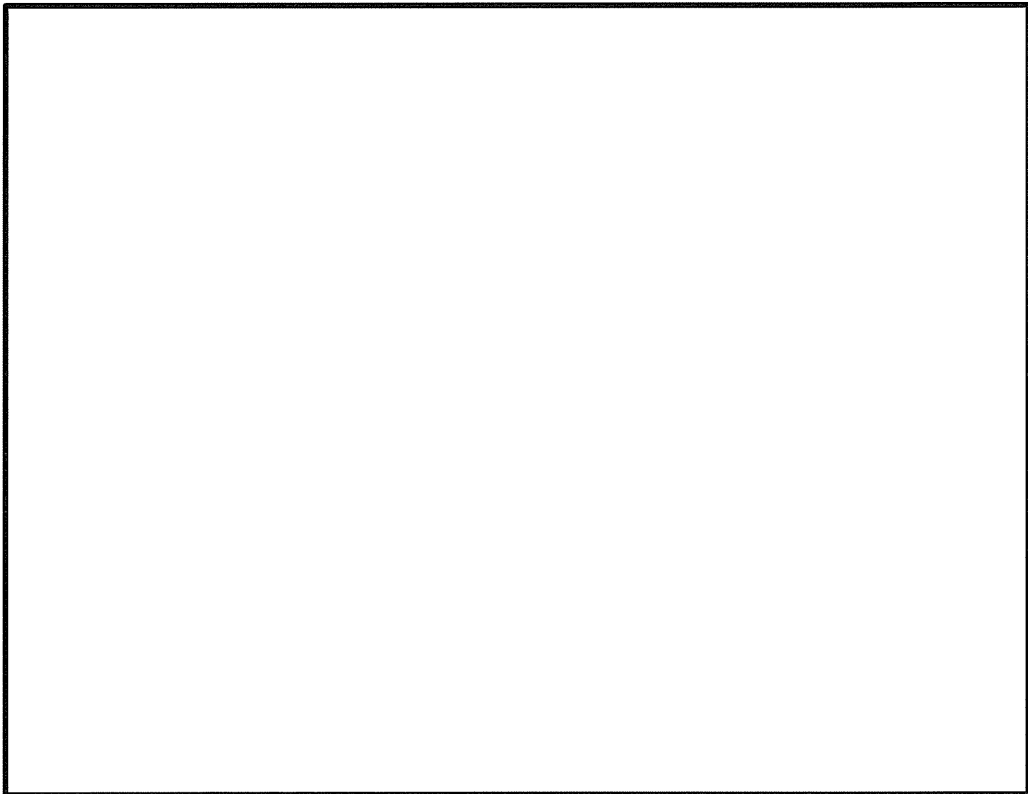
水平面外モデルの固有値解析結果を第 4-7 表に示す。また、モード図を第 4-5 図に示す。

第 4-7 表 固有振動数（水平面外方向）

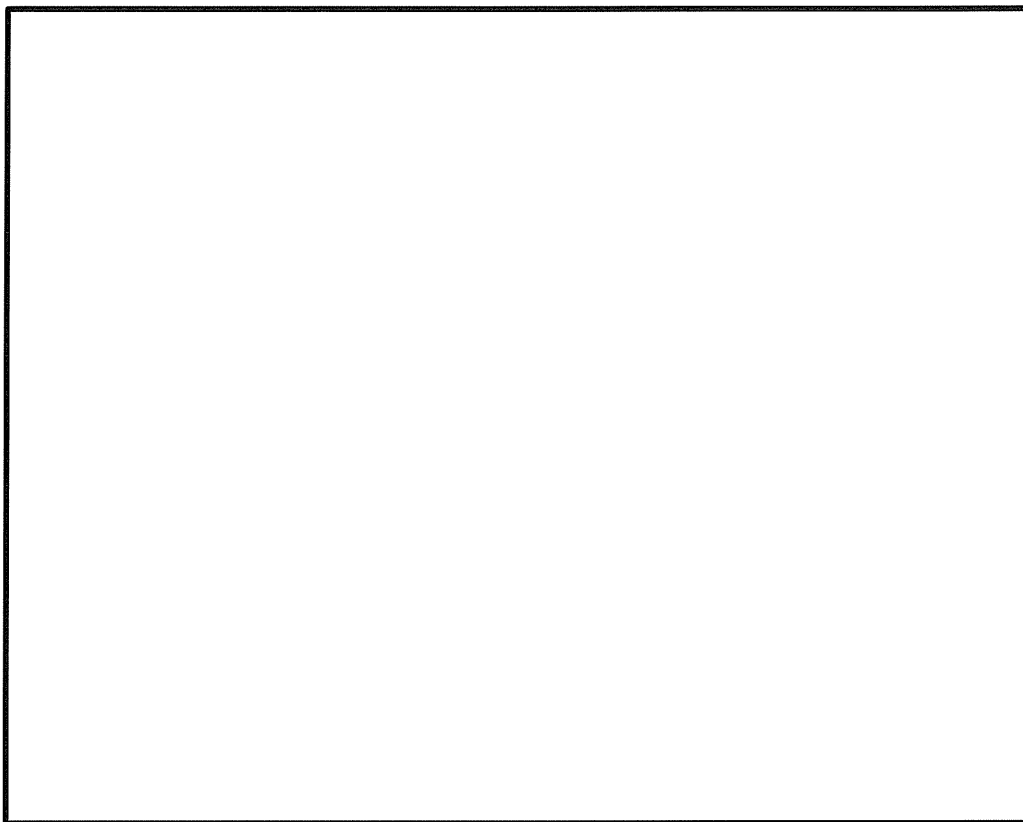
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数		
		X	Y	Z
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				



第 4-5 図 (1/4) 1 次モード（水平面外方向)



第 4-5 図 (2/4) 2 次モード（水平面外方向：)



第 4-5 図 (3/4) 3 次モード（水平面外方向)



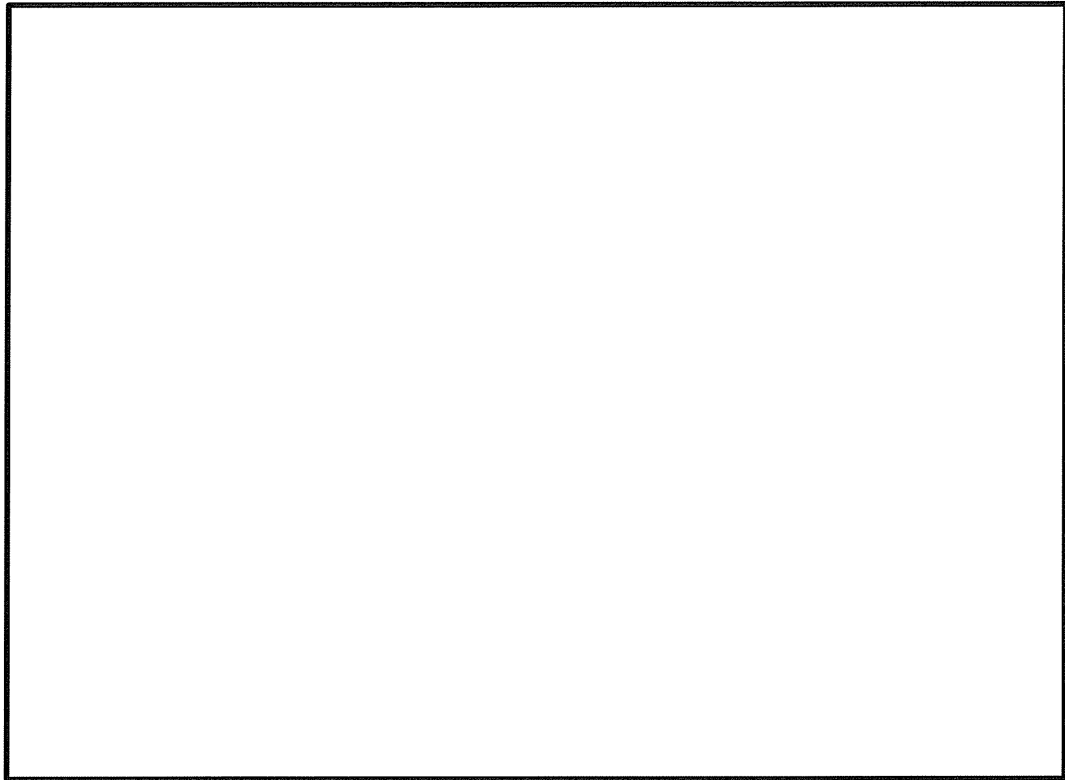
第 4-5 図 (4/4) 4 次モード（水平面外方向：)

(2) 水平面内方向

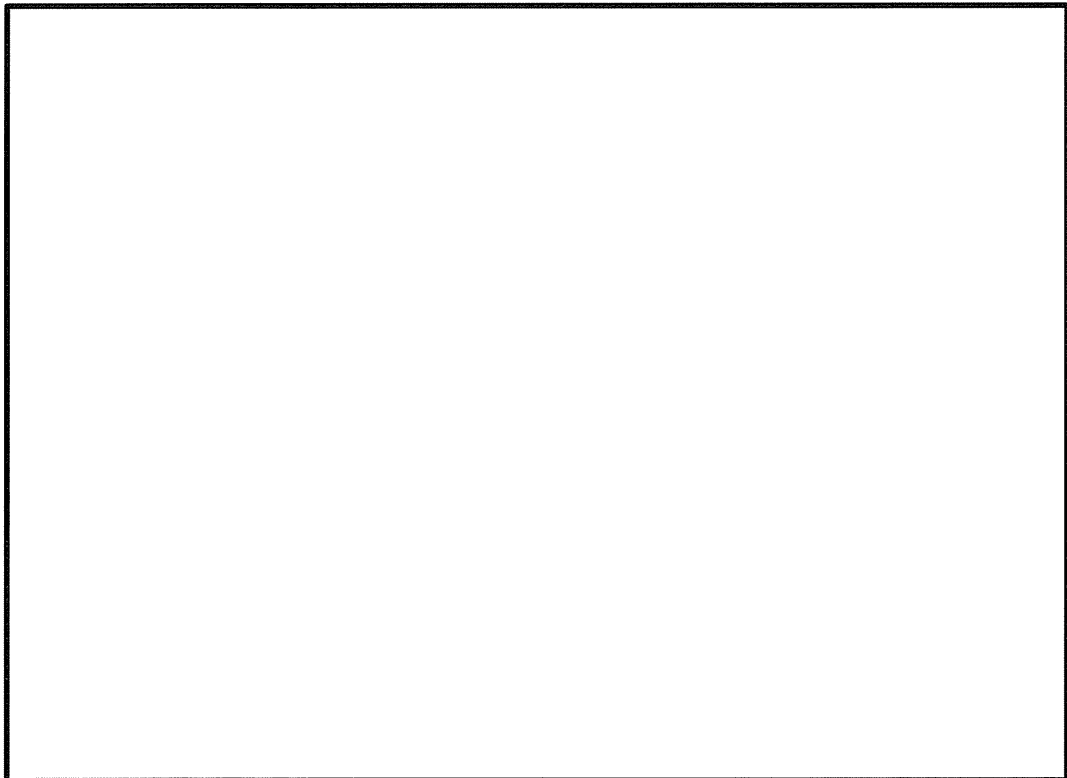
水平面内モデルの固有値解析結果を第 4-8 表に示す。また、モード図を第 4-6 図に示す。

第 4-8 表 固有振動数（水平面内方向）

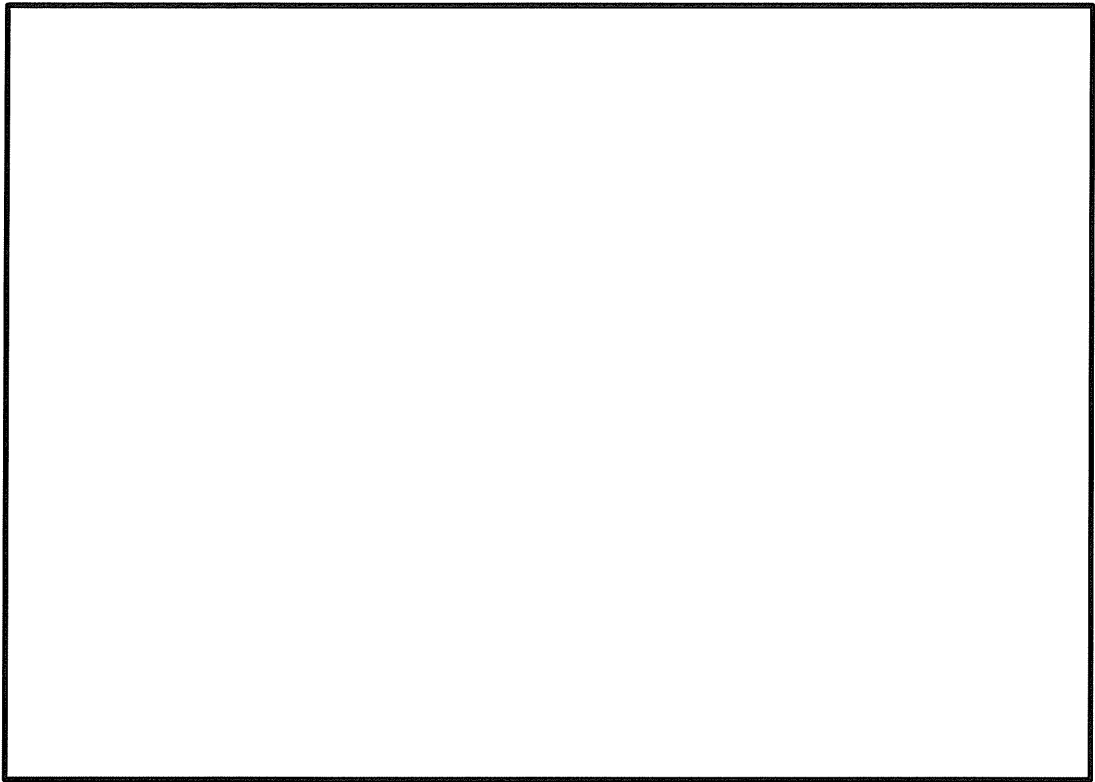
次数	固有振動数 (H z)	刺激係数		
		X	Y	Z
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				



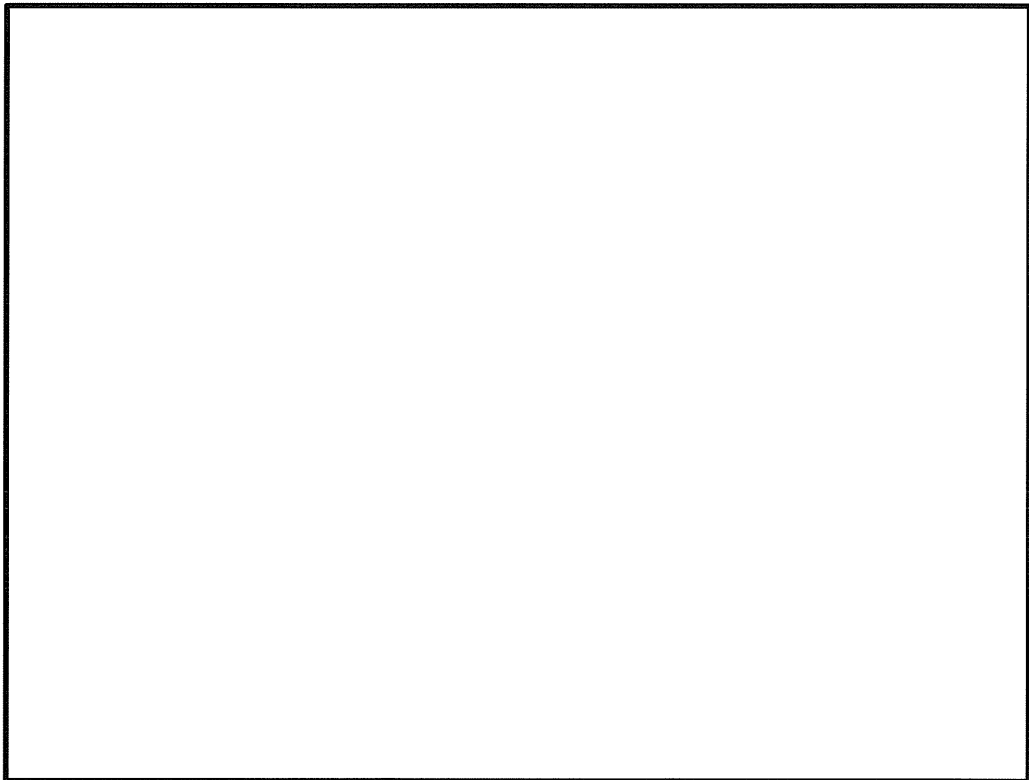
第 4-6 図 (1/4) 1 次モード（水平面内方向 :)



第 4-6 図 (2/4) 2 次モード（水平面内方向 :)



第 4-6 図 (3/4) 3 次モード（水平面内方向：)



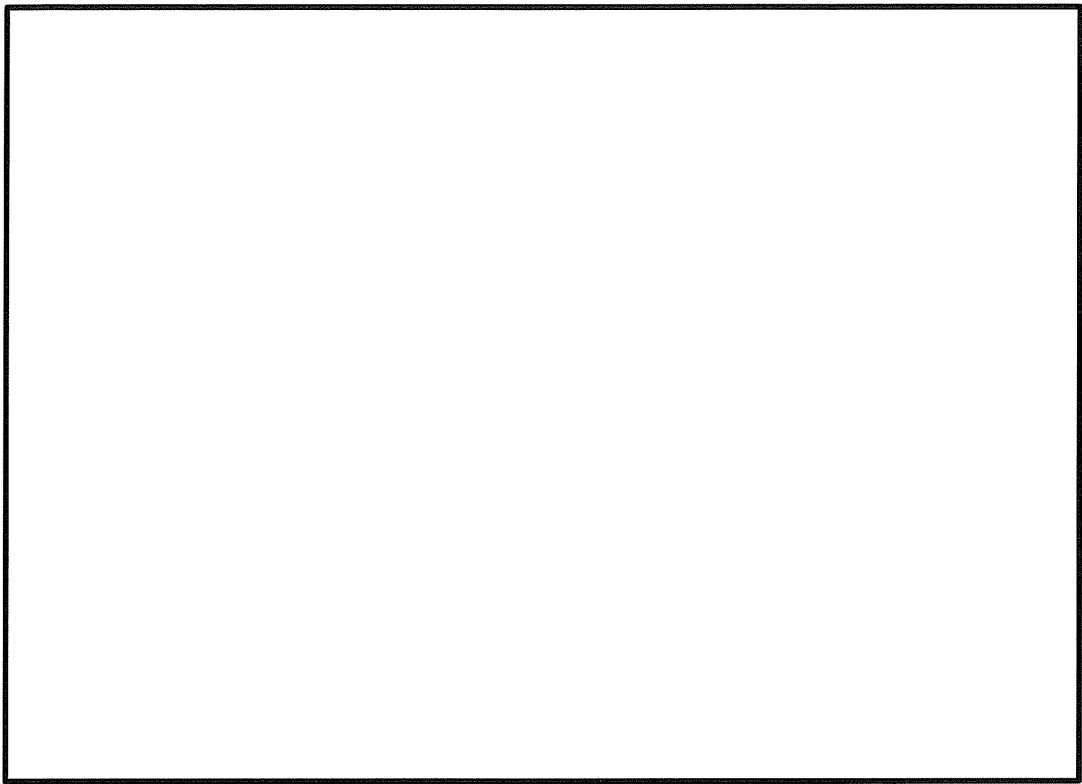
第 4-6 図 (4/4) 4 次モード（水平面内方向：)

(3) 上下方向

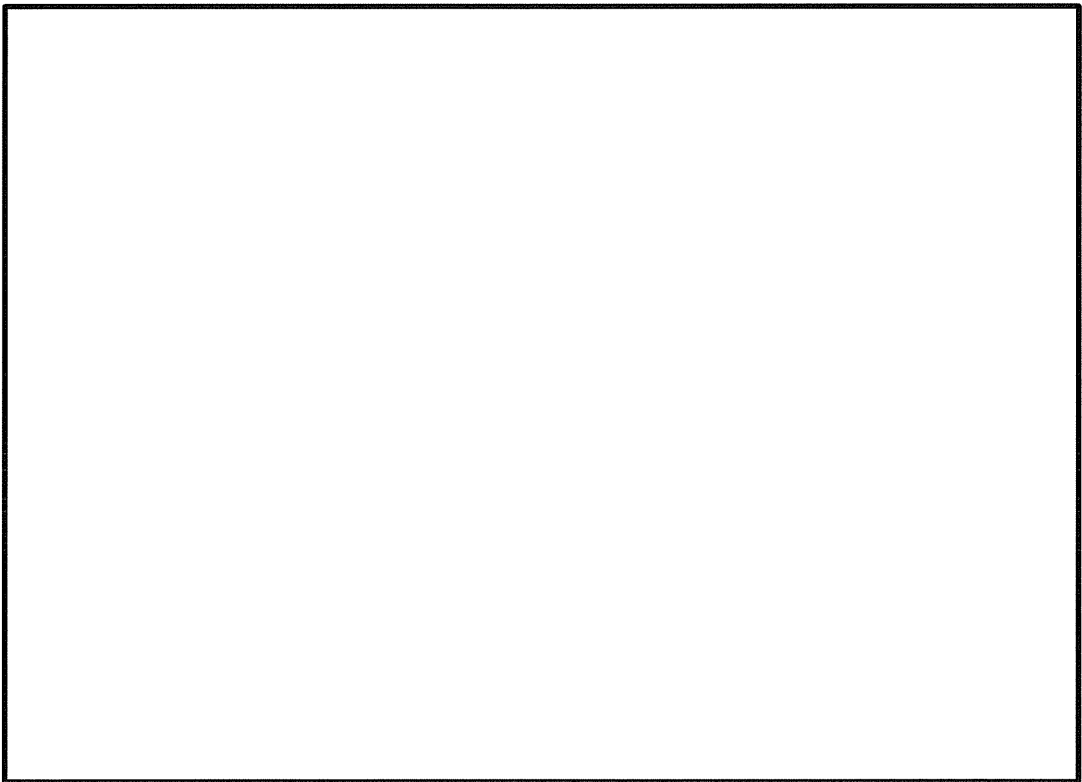
上下モデルの固有値解析結果を第 4-9 表に示す。また、モード図を第 4-7 図に示す。

第 4-9 表 固有振動数（上下方向）

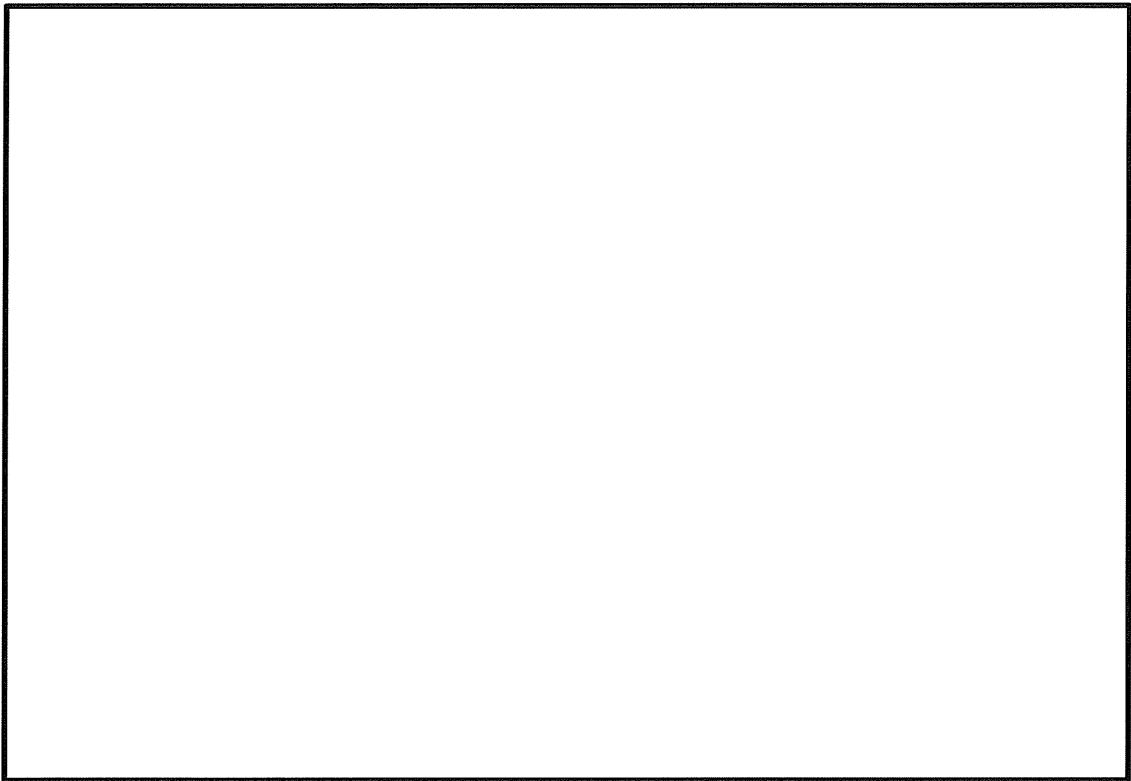
次数	固有振動数 (H z)	刺激係数		
		X	Y	Z
1				
2				
3				
4				
5				



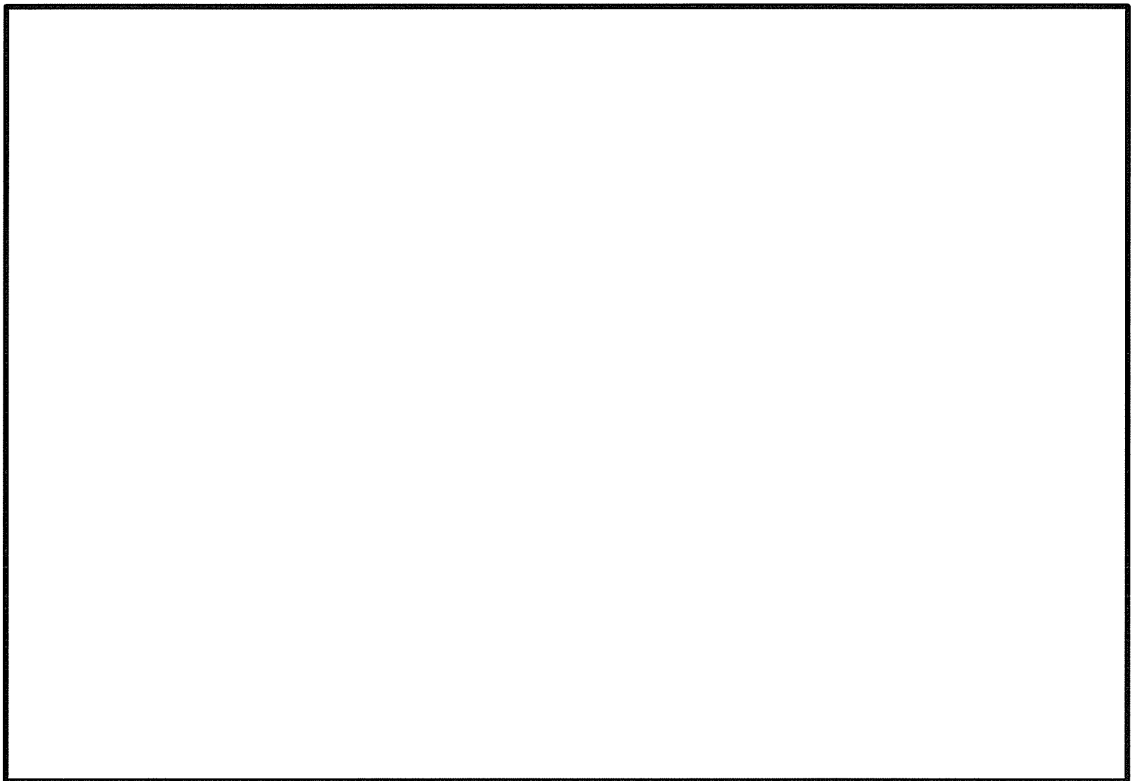
第4-7図(1/4) 1次モード（上下方向：)



第4-7図(2/4) 2次モード（上下方向：)



第4-7図(3/4) 3次モード（上下方向：)



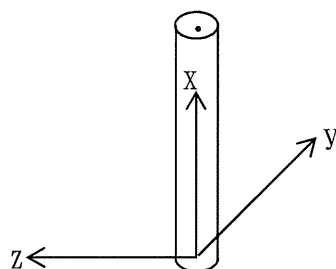
第4-7図(4/4) 4次モード（上下方向：)

4.4.2 応答荷重

モデル化した伝熱管 全ての部材力を算出し、最終的には伝熱管1本あたりに負荷される最大荷重を求める。部材力の解析結果を第4-10表及び第4-11表に示す。伝熱管の部材力は、面外振動部材力は面外振動と上下振動の部材力の二乗和平方根（以下「SRSS」という。）の値、面内振動部材力は面内振動と上下振動の部材力のSRSSを記載している。

また、応力評価に用いる地震荷重は、モーメント (M_x 、 M_y 、 M_z) をSRSSした値が最大となる部材の部材力を用いる。伝熱管の応力評価に用いるSs地震時の地震荷重を第4-12表に示す。

部材力の座標系は第4-8図に示している部材の軸方向をX方向、面内正方向をY方向とする右手座標系である。



第 4-8 図 伝熱管部材力の座標系

第 4-10 表 伝熱管の部材力（面外動的荷重 Ss 地震）

部位	軸力 (N)			モーメント (N・mm)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z

第 4-11 表 伝熱管の部材力（面内動的荷重 Ss 地震）

部位	軸力 (N)			モーメント (N・mm)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z

第 4-12 表 伝熱管の地震荷重

作用箇所	荷重の種類		軸力 (N)			曲げモーメント (N・mm)		
			F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
伝熱管	Ss 地震時	部材力						

5. 応力評価

5.1 基本方針

- (1) 応力評価は、公式等による評価手法を適用する。
- (2) 許容応力について、JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

伝熱管の設計基準対象施設の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を第 5-1 表に、重大事故等対処施設の評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を第 5-2 表に示す。

第 5-1 表 蒸気発生器伝熱管の荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉冷却 系統施設	一次冷却材の 循環設備	蒸気発生器	S	(注 1) クラス 1 容器	D + P + M + Sd	Ⅲ _A S
					D + P _L + M _L + Sd (注 2)	Ⅳ _A S
					D + P + M + Ss	

(注 1) クラス 1 容器の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

(注 2) 冷却材喪失事故後の状態における圧力荷重 P_L は、負荷の喪失時の圧力 P に比べて十分小さい。また、冷却材喪失事故後の状態で設備に作用する機械的荷重 M_L はない。このことから、D + P_L + M_L + Sd の組合せによる評価は他の組合せで代表できる。

第 5-2 表 蒸気発生器伝熱管の荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注 1)	機器クラス	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉冷却 系統施設	一次冷却材の 循環設備	蒸気発生器	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 ^(注 2) クラス 2 容器	$D + P + M + Ss$	$IV_A S$
	ほう酸注入 機能を有する 設備				$D + P_L + M_L + Sd$ ^(注 3)	
計測制御系 統施設					$D + P_{SAL} + M_{SAL} + Sd$ ^(注 4)	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界を用い る。)

(注 1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故等防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注 2) 重大事故等クラス 2 容器（クラス 1 容器）の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

(注 3) 冷却材喪失事故後の状態における圧力荷重 P_L は、負荷の喪失時の圧力 P に比べて十分小さい。また、冷却材喪失事故後の状態では設備に作用する機械的荷重 M_L はない。このことから、 $D + P_L + M_L + Sd$ の組合せによる評価は他の組合せで代表できる。

(注 4) 重大事故後の状態における圧力荷重 P_{SAL} は、負荷の喪失時の圧力 P に比べて小さい。また、重大事故後の状態では設備に作用する機械的荷重 M_{SAL} はない。このことから、 $D + P_{SAL} + M_{SAL} + Sd$ の組合せによる評価は他の組合せで代表できる。

5.2.2 許容応力

蒸気発生器伝熱管の設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の許容応力を第 5-3 表に示す。

第 5-3 表 蒸気発生器伝熱管の許容応力状態（クラス 1 容器及び重大事故等クラス 2 容器）

許容限界 (注 5)				
許容応力 状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	1 次＋二次＋ ピーク応力
Ⅲ _A S	S _y と 2/3S _u の小さい方。 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼 及び高ニッケル合金については 1.2S _m と する。	(注 1) 左欄の α 倍の値	$3S_m$ (注 2) $\left(\begin{array}{l} \text{Sd 又は Ss 地震動の} \\ \text{みによる応力振幅} \\ \text{について評価する。} \end{array} \right)$	(注 3) (注 4) Sd 又は Ss 地震動のみに よる疲労解析を行い、 運転状態Ⅰ、Ⅱにおけ る疲労累積係数との和 を 1.0 以下とする。
Ⅳ _A S	2/3S _u ただし、オーステナイト系ステンレス鋼 及び高ニッケル合金については 2/3S _u と 2.4S _m の小さい方。	(注 1) 左欄の α 倍の値		
V _A S (V _A S として Ⅳ _A S の許容限界 を用いる。)				

(注 1) α は純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は 1.5 のいずれか小さいほうの値とする。

(注 2) 3S_m を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2005/2007 PVB-3300 (同 PVB-3313 を除く) の簡易弾塑性解析を用いる。

(注 3) JSME S NC1-2005/2007 PVB-3140 (6) を満たすときは、疲労解析を行うことを要しない。ただし、「応力の全振幅」は「Sd 又は Ss 地震動による応力の全振幅」と読み替える。

(注 4) 運転状態Ⅰ、Ⅱにおいて疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が 1.0 以下とする。

(注 5) 各評価箇所は、純せん断応力及び支圧応力が発生しないことから特別な応力限界については評価しない。

5. 2. 3 圧力及び使用材料の許容応力

蒸気発生器伝熱管の設計基準対象施設の評価に用いる各評価部材の圧力及び使用材料の許容応力を第 5-4 表に、重大事故等対処施設の評価に用いる各評価部材の圧力及び使用材料の許容応力を第 5-5 表に示す。

第 5-4 表 各部材の材料、温度及び圧力一覧表（設計基準対象施設）

材料	温度条件 (°C)	圧力条件 (MPa)	S_m (MPa)	S_u (MPa)	S_u (MPa)	評価部位
TT690 合金	負荷の喪失		最高使用圧力 (1 次側から 2 次側)			伝熱管

第 5-5 表 各部材の材料、温度及び圧力一覧表（重大事故等対処施設）

材料	温度条件 (°C)	圧力条件 (MPa)	S_m (MPa)	S_u (MPa)	S_u (MPa)	評価部位
TT690 合金	負荷の喪失		最高使用圧力 (1 次側から 2 次側)			伝熱管

5. 2. 4 自重及び荷重

伝熱管の応力評価に用いる自重を第5-6表に示し、荷重については本資料「4. 4 応答解析結果」に示す。また、疲労評価に用いる地震荷重の繰返し回数は200回とする。

第 5-6 表 伝熱管の自重

項目	荷重値
伝熱管の重量 (N)	

5.3 応力評価方法

伝熱管に発生する応力を、伝熱管地震応答解析により得られる部材力を用いて以下のとおり求める。第 5-7 表に記号の説明、第 5-8 表に伝熱管の諸元を示す。

第 5-7 表 記号の説明

記号	単位	定義
MIN (A, B)	MPa	A 又は B の 2 つの値のうち小さい方の値
P_b	MPa	一次曲げ応力
P_L	MPa	一次局部膜応力
P_m	MPa	一次一般膜応力
Q	MPa	二次応力
S1、S2、S3	MPa	主応力
S12	MPa	主応力差 (S1-S2)
S23	MPa	主応力差 (S2-S3)
S31	MPa	主応力差 (S3-S1)
S_m	MPa	設計応力強さ JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 1 に規定される値
S_u	MPa	設計引張強さ JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値
U I	—	供用状態 A、B の疲労累積係数
U (Ss)	—	Ss 地震時の疲労累積係数
σ_r	MPa	半径 (r) 方向応力
σ_t	MPa	周 (θ) 方向応力
σ_x	MPa	軸 (x) 方向応力
τ_{rx}	MPa	軸径 (rx) 方向せん断応力
τ_{xt}	MPa	軸周 (x θ) 方向せん断応力
τ_{tr}	MPa	周径 (θ r) 方向せん断応力

第 5-8 表 伝熱管の諸元

記号	説明	諸元
W	重量	
I	断面二次モーメント	
A	断面積	
C	外径の 1/2	
M	曲げモーメント	
F	軸力	
P	最高使用圧力差	
a	内半径	
R	平均半径	
t	板厚	

(1) 自重及び地震による応力計算式

a. 一次応力

b. 一次＋二次応力、一次＋二次＋ピーク応力

(2) 圧力による応力計算式

5.4 応力解析結果

Ss地震時における応力解析結果を第5-9表から第5-22表に示す。なお、第5-9表から第5-15表までは設計基準対象施設としての解析結果であり、第5-16表から第5-22表までは重大事故等時の状態を考慮した場合の解析結果である。

第5-9表 S_s 地震時における一次一般膜応力強さ ($D+P+M+S_s$)

--

第5-10表 S_s 地震時における一次膜＋一次曲げ応力強さ ($D+P+M+S_s$)

--

第5-11表 Ss地震時における一次＋二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅 (D+P+M+Ss)

--

第5-12表 Ss地震時における一次＋二次応力 (D+P+M+Ss)

--

第5-13表 Ss地震時における疲労累積係数 ($D+P+M+Ss$)

--

第5-14表 Ss地震時における一次+二次+ピーク応力強さの最大値と最小値 ($D+P+M+Ss$)

--

第5-15表 Ss地震時における一次＋二次＋ピーク応力 (D+P+M+Ss)

--

第5-16表 Ss地震時における一次一般膜応力強さ (D+P+M+Ss)

--

第5-17表 Ss地震時における一次膜＋一次曲げ応力強さ (D+P+M+Ss)

--

第5-18表 Ss地震時における一次＋二次応力強さの最大値と最小値及び変動幅 (D+P+M+Ss)

--

第5-19表 Ss地震時における一次＋二次応力 (D+P+M+Ss)

--

第5-20表 S_s地震時における疲労累積係数 ($D+P+M+S_s$)

--

第5-21表 S_s地震時における一次+二次+ピーク応力強さの最大値と最小値 ($D+P+M+S_s$)

--

第5-22表 Ss地震時における一次＋二次＋ピーク応力 (D+P+M+SS)

--

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

蒸気発生器伝熱管の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動 S_s に対する評価

基準地震動 S_s に対する構造強度評価結果を第6-1表に示す。

(2) 弾性設計用地震動 S_d に対する評価

弾性設計用地震動 S_d に対する評価結果を第6-2表及び第6-3表に示す。なお、基準地震動 S_s に対する評価結果が資料13-9「機能維持の基本方針」に示す弾性設計用地震動 S_d の許容限界を満足する場合は、資料13-17-3-1「原子炉冷却系統施設の耐震計算結果」にて設定した評価方針に基づき、詳細評価を省略した。

第6-1表 基準地震動Ssによる評価結果 (D+P+M+Ss)

評価対象設備		評価部位	応力分類	発生値 MPa	評価基準値 MPa	備考
原子炉冷却 系統施設	一次冷却材 の循環設備	蒸気発生器 内部構造物	一次一般 膜応力	113	359	
			膜応力+ 曲げ応力	440	481	
			一次+ 二次応力	779	492	簡易弾塑性解 析を実施 ^(注)
			疲労評価	0.124	1.0	単位なし

(注) 一次+二次応力強さの評価において許容値を超えるため、疲労評価においてJSME S NC1-2005/2007 PVB-3300 (同 PVB-3313を除く) の簡易弾塑性解析を行う。

第6-2表 弾性設計用地震動Sdによる評価結果 (D+P+M+Sd) (簡易)

評価対象設備		評価部位	応力分類	発生値 ^(注)	評価基準値	判定	備考
				MPa	MPa		
原子炉冷却 系統施設	一次冷却材 の循環設備	伝熱管	一次一般 膜応力	113	196	○	
			膜応力+ 曲げ応力	440	263	×	第6-3表 参照

(注) 基準地震動Ssに対する発生値。

第6-3表 弾性設計用地震動Sdによる評価結果 (D+P+M+Sd) (詳細)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値	評価基準値	備考
					(MPa)	(MPa)	
原子炉冷却 系統施設	一次冷却材 の循環設備	蒸気発生器 内部構造物	伝熱管	膜応力+ 曲げ応力	189	263	

6.2 重大事故等対処施設としての評価結果

伝熱管の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。評価用地震動に対する応力評価結果を第6-4表に示す。

第6-4表 評価用地震動による評価結果

評価対象設備		評価部位	応力分類	発生値 (注1) MPa	評価基準値 MPa	備考
原子炉冷却 系統施設	一次冷却材 の循環設備	蒸気発生器 内部構造物	一次一般 膜応力	113	359	
			膜応力＋ 曲げ応力	440	481	
計測制御系 統施設	ほう酸注入 機能を有す る設備		一次＋ 二次応力	779	492	簡易弾塑性解 析を実施 (注2)
			疲労評価	0.124	1.0	単位なし

(注1) $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ より評価条件が厳しい $D + P + M + S_s$ に対する発生値を示す。

(注2) 一次＋二次応力強さの評価において許容値を超えるため、疲労評価において設計・建設規格PVB-3300（同PVB-3313を除く）の簡易弾塑性解析を行う。