

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-78 改 02
提出年月日	2023年4月4日

主排気ダクト及び支持構造物の解析モデルについて

2023年4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. はじめに	1
2. 解析モデルについて	1
2.1 モデル化範囲	1
2.2 主排気ダクト本体のモデル化方法について	3
2.3 主排気ダクトー支持装置のモデル化方法について	4
2.4 支持装置ー支持構造物部材のモデル化方法について	4
2.5 支持構造物部材のモデル化方法について	5

別紙 えび状部の剛性低下について

1. はじめに

主排気ダクト及び支持構造物は、図1-1に示すように、主排気ダクト、支持構造物部材、支持装置から構成されており、それらを連成したモデルにより解析を実施している。

本資料はこのうち、主排気ダクト及び支持構造物の解析モデル化方法について、補足説明するものである。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・VI-2-11-2-7-13「主排気ダクトの耐震性についての計算書」

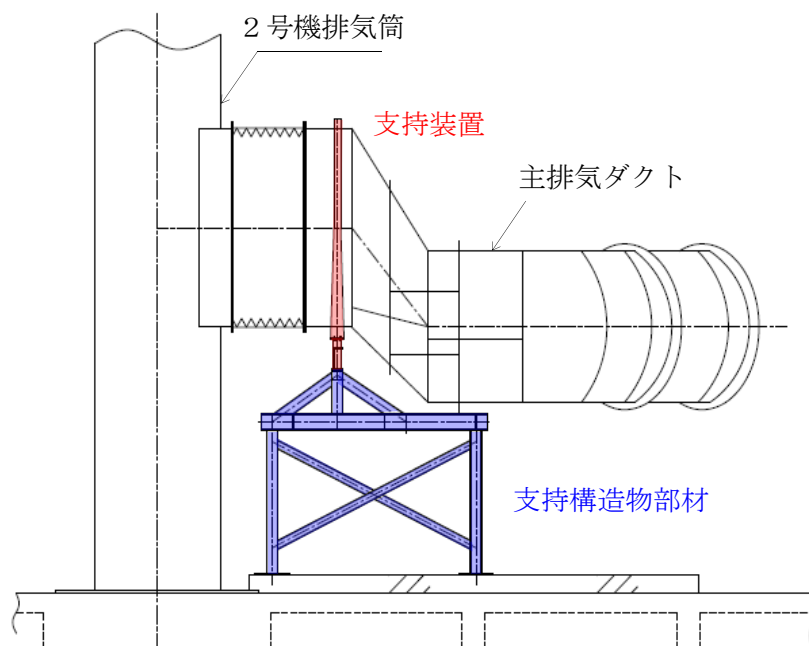


図1-1 概略構造図

2. 解析モデルについて

2.1 モデル化範囲

主排気ダクト及び支持構造物のモデル化範囲は、図2-1に示すように、上位クラス施設である2号機排気筒に対して波及的影響を及ぼさないよう、2号機排気筒及びタービン建物取合いの伸縮継手までとする。図2-2に解析モデル全体図を示す。

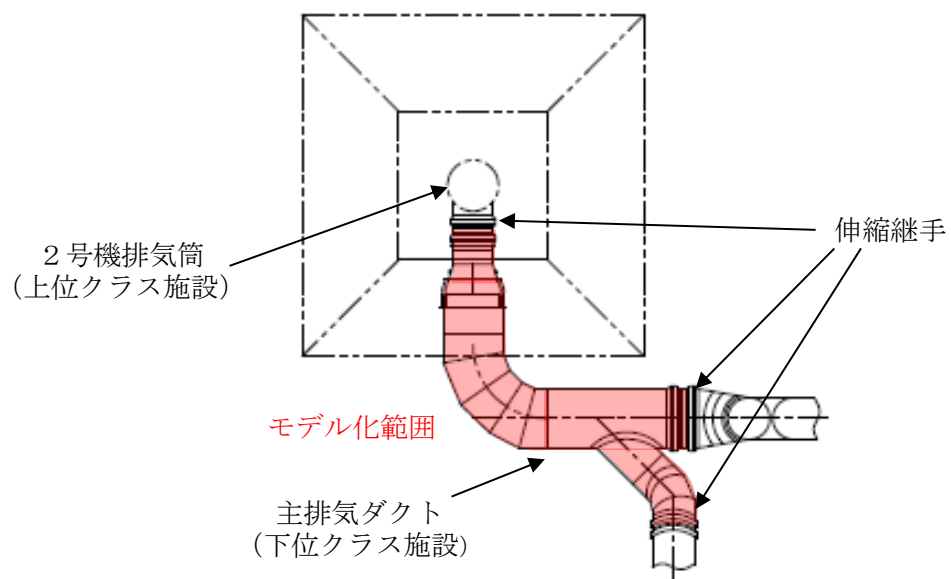


図2-1 主排気ダクトの位置関係図



図 2-2 解析モデル全体図

2.2 主排気ダクト本体のモデル化方法について

主排気ダクト本体は、以下のとおり、はり要素でモデル化する。

- ・曲管部でえび状の管の部分は、図 2-3 に示すとおり、複数の直管でモデル化し、分岐部は母管中心から母管外表面までを含めた範囲を、分岐側のダクト仕様でモデル化する。なお、えび状の管の部分については、剛性低下が想定されるが、解析結果に有意な影響を与えないことを確認した（別紙参照）。
- ・質点はモーメントが大きくなると考えられる点に設定するとともに、代表的な振動モードを十分に表現できるように適切な間隔で設ける。
- ・伸縮継手は片持ち形状でモデル化し、先端に伸縮継手の集中質量を付加することで、当該箇所の地震応答が大きくなるように保守的な解析モデルとする。
- ・断面二次モーメントについては、矩形ダクトの場合、ダクト長辺に対して平行軸回り及び直交軸回りの両方をそれぞれ設定する。

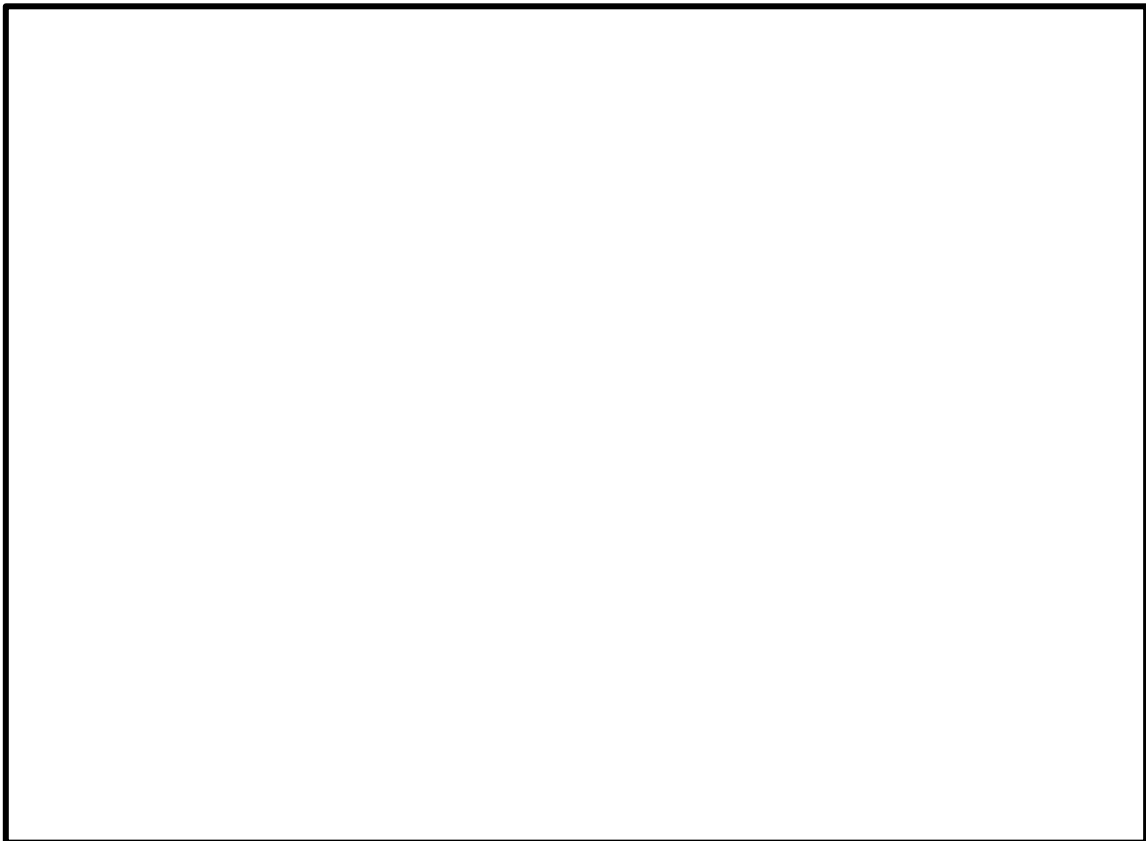


図 2-3 主排気ダクト： $\phi 3818 \times 9.0$ t 曲管部

2.3 主排気ダクトー支持装置のモデル化方法について

主排気ダクト及び支持装置は、図 2-4 に示すとおり、全周溶接されている構造のため、剛接合とする。このため、主排気ダクトの中心で発生する荷重が、支持装置及び支持構造物部材のボルト接合部に直接伝わるため、ダクト中心と支持構造物部材のボルト接合部を剛で接続したモデルとする。

2.4 支持装置ー支持構造物部材のモデル化方法について

支持装置及び支持構造物部材は、図 2-4 に示すとおり、ボルトで接合されている。ボルト接合部はピン結合としてモデル化する。



図 2-4 主排気ダクト、支持装置及び支持構造物部材
(例 支持構造物：S-22)

2.5 支持構造物部材のモデル化方法について

支持構造物部材は、図 2-5 に示すとおり、鋼材同士を溶接で接合しているため、剛結合とする。また、コンクリート床への取付部は固定とする。図 2-6 に支持構造物：S-22 の解析モデル図を、図 2-7 に支持構造物：S-24 の解析モデル図を示す。

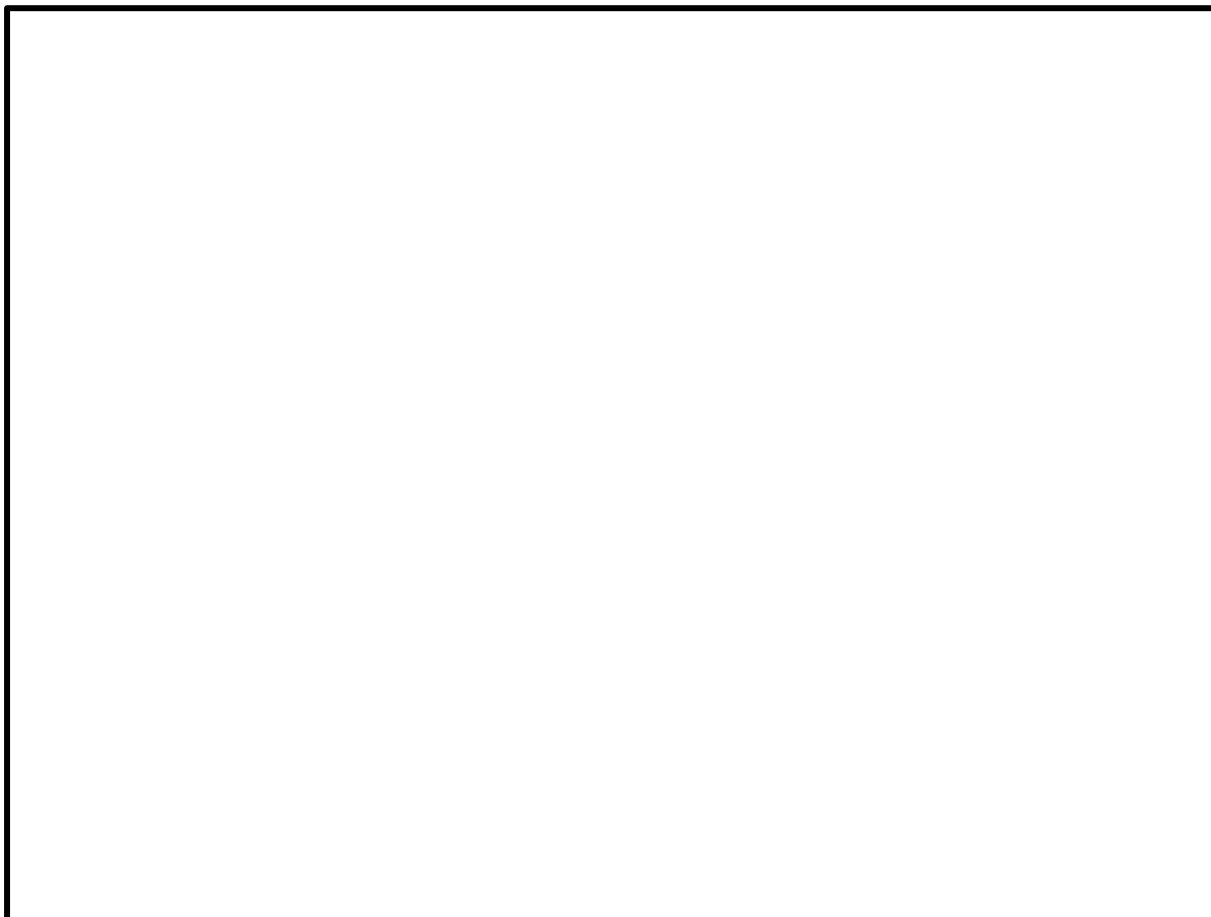


図 2-5 支持構造物部材

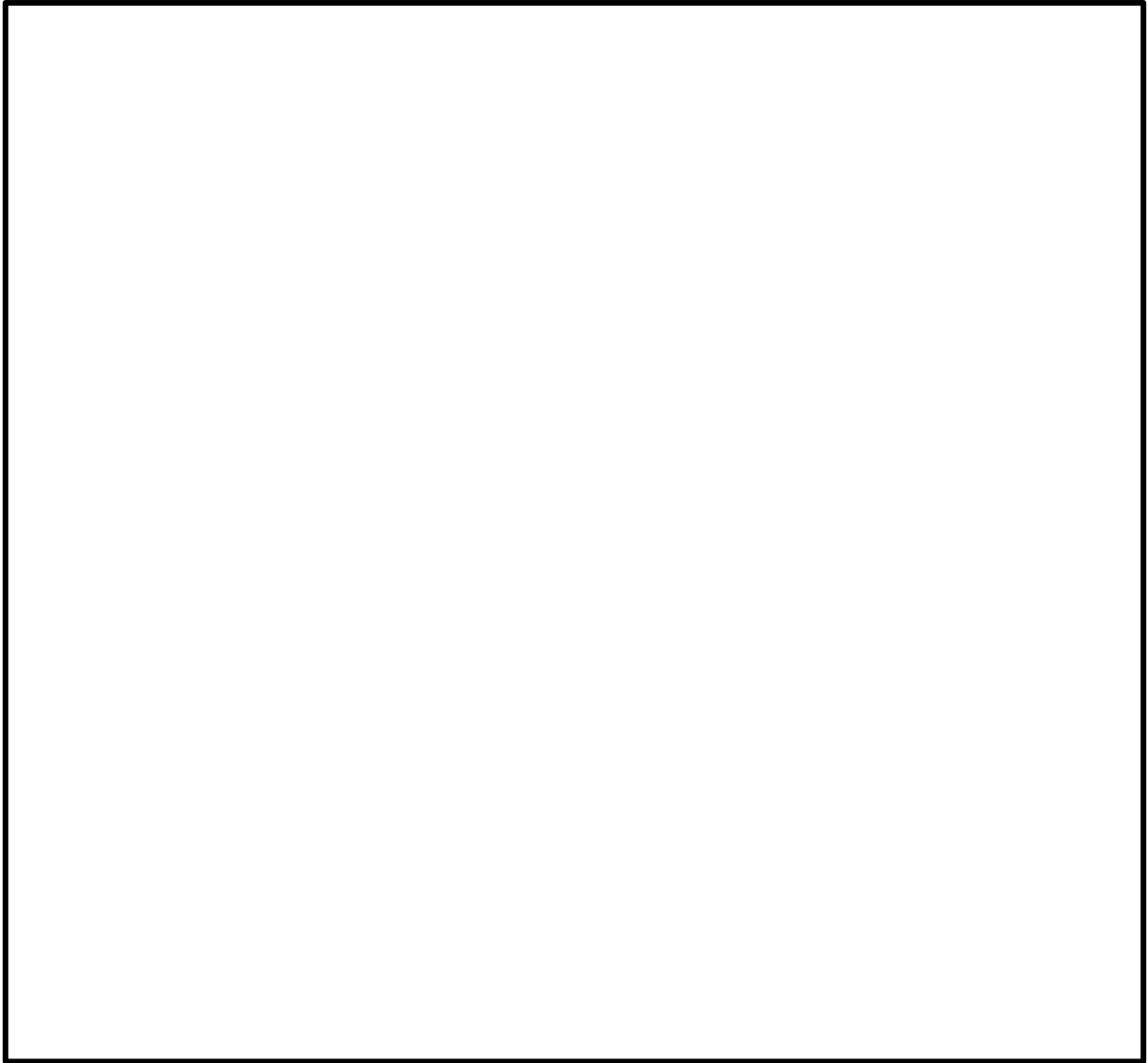


図 2-6 支持構造物：S-22 解析モデル詳細

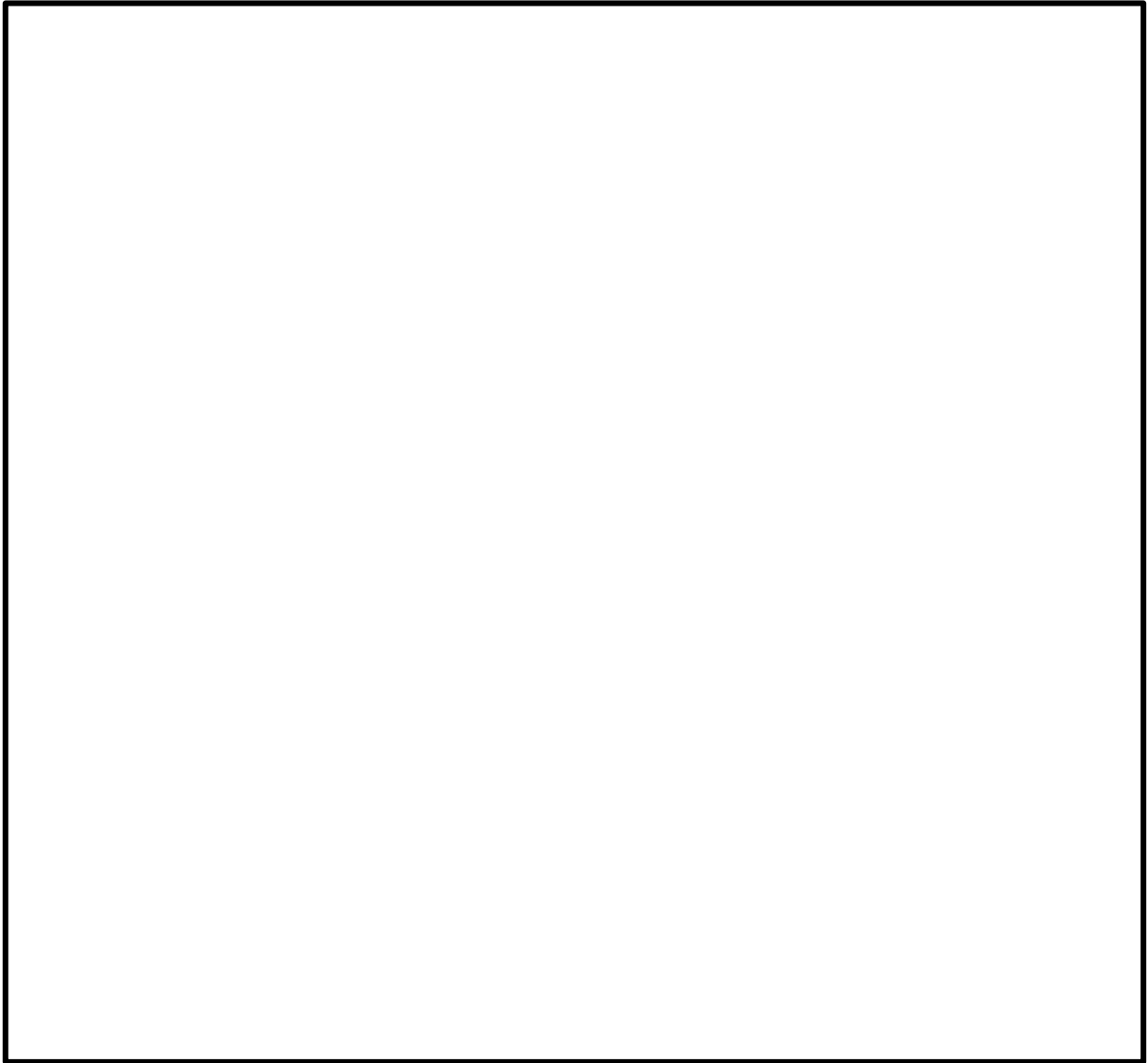


図 2-7 支持構造物 : S-24 解析モデル詳細

えび状部の剛性低下について

1. 固有値解析

えび状部については、直管部と比較して剛性低下が想定されるが、フレキシビリティファクター⁽¹⁾などの剛性低下を表す係数を考慮していない。別紙では、剛性低下を考慮しないことの妥当性を確認するため、3次元シェルモデルによる固有値解析を行った。なお、えび状部による剛性低下の影響を確認するため、えび状部のみを3次元シェルモデル化し、えび状部以外は工認における評価と同じ3次元はりモデルにてモデル化した。固有値解析結果を表1に、5次までの振動モード図を図1から図5に示す。

表1 固有値解析結果

① 3次元はりモデル (解析コード：SAP2000)					
モード	固有周期(s)	水平方向刺激係数*		鉛直方向刺激係数*	
		EW 方向	NS 方向		
1次	0.383	-3.541	0.517	-0.106	
2次	0.199	1.328	-1.189	-0.237	
3次	0.160	4.419	1.043	-0.031	
4次	0.090	-0.209	5.496	0.125	
5次	0.060	0.094	-0.616	2.227	

② 3次元シェルモデル (解析コード：NASTRAN)					
モード	固有周期(s)	水平方向刺激係数*		鉛直方向刺激係数*	固有周期比較 (②/①)
		EW 方向	NS 方向		
1次	0.406	3.531	-0.566	0.285	1.060
2次	0.226	-1.202	1.255	0.517	1.139
3次	0.173	4.501	0.979	-0.131	1.084
4次	0.091	-0.081	5.522	0.135	1.009
5次	0.072	0.509	-1.082	1.402	1.193

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

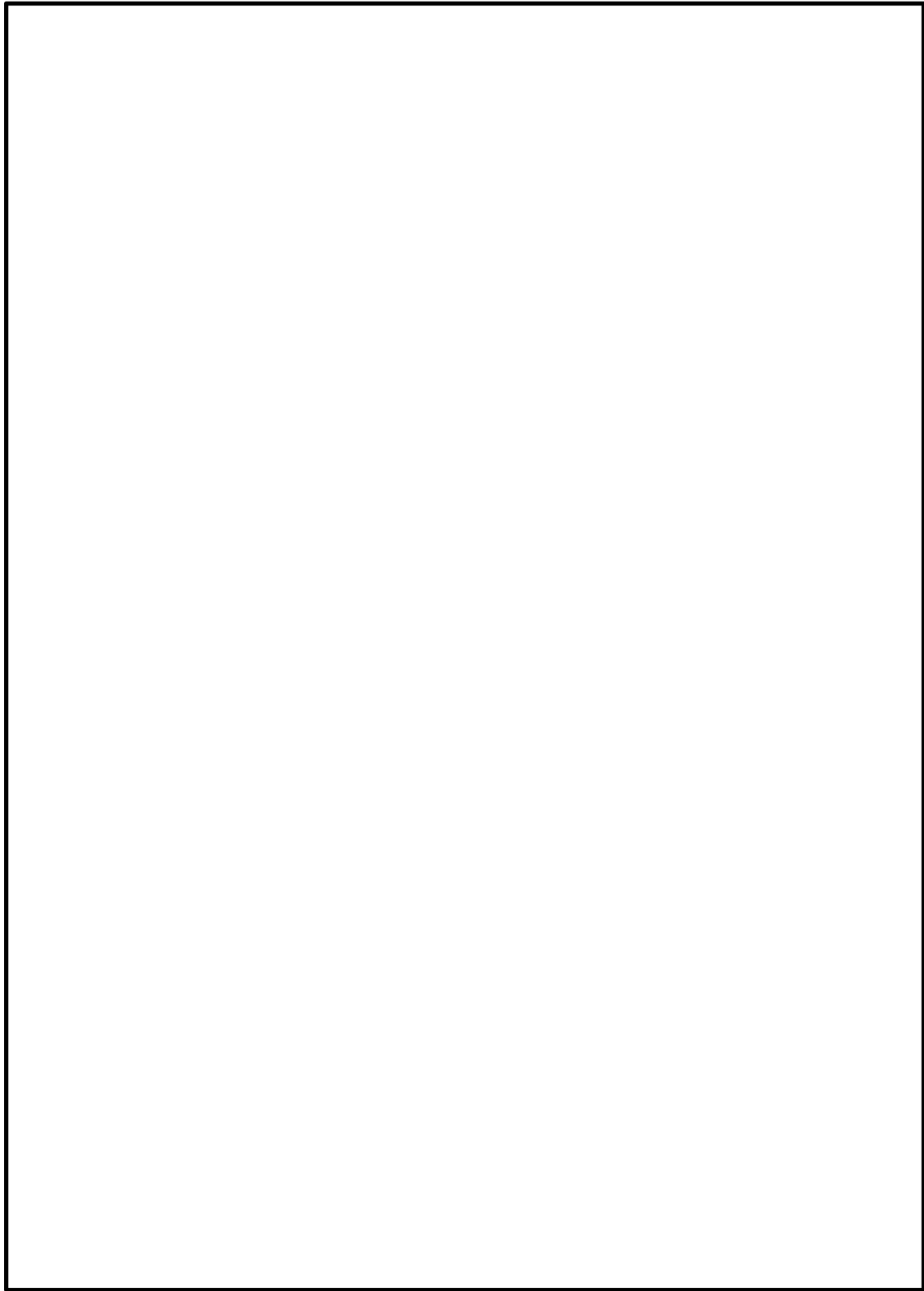


図1 代表振動モード図 (1次モード)

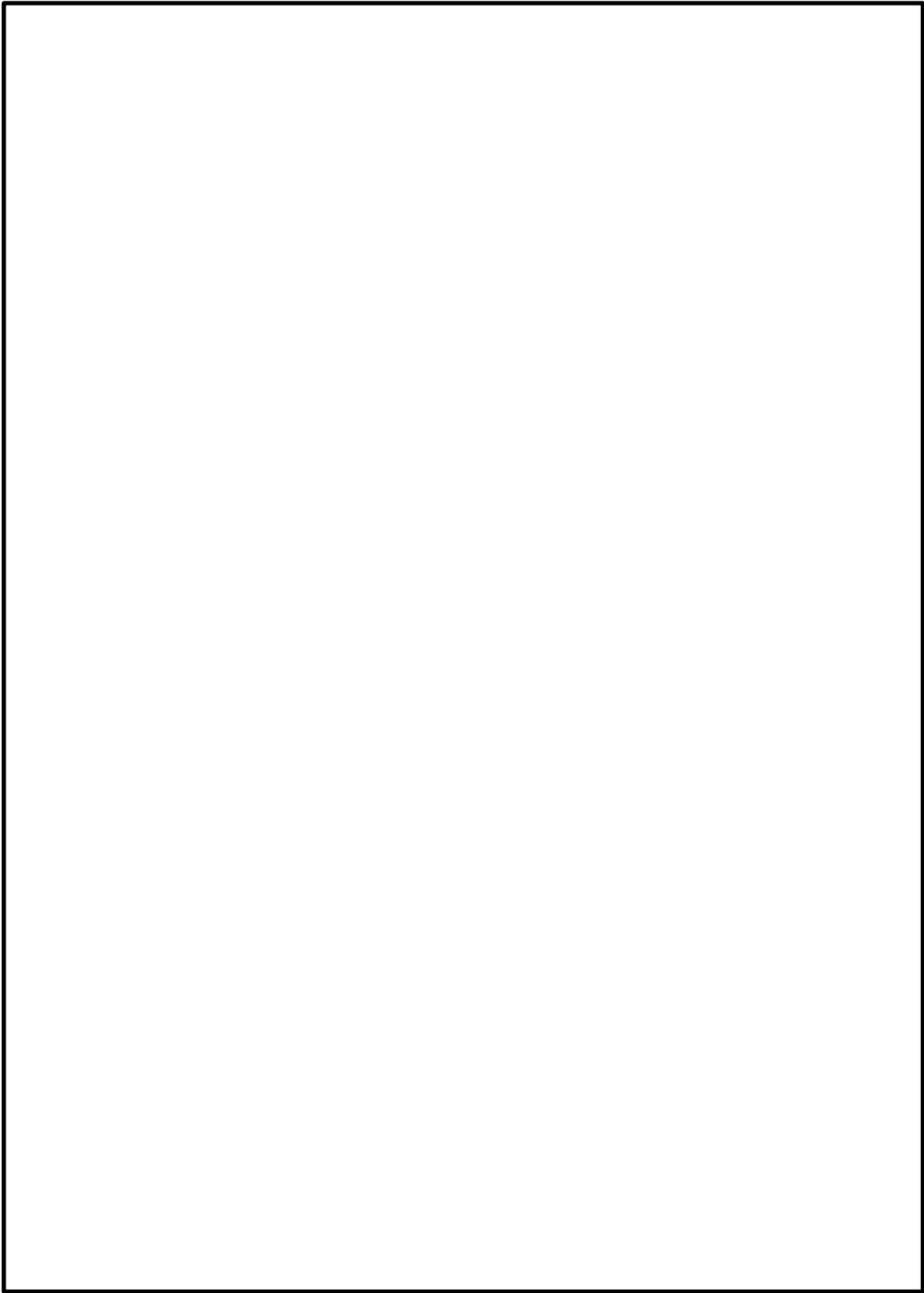


図2 代表振動モード図 (2次モード)

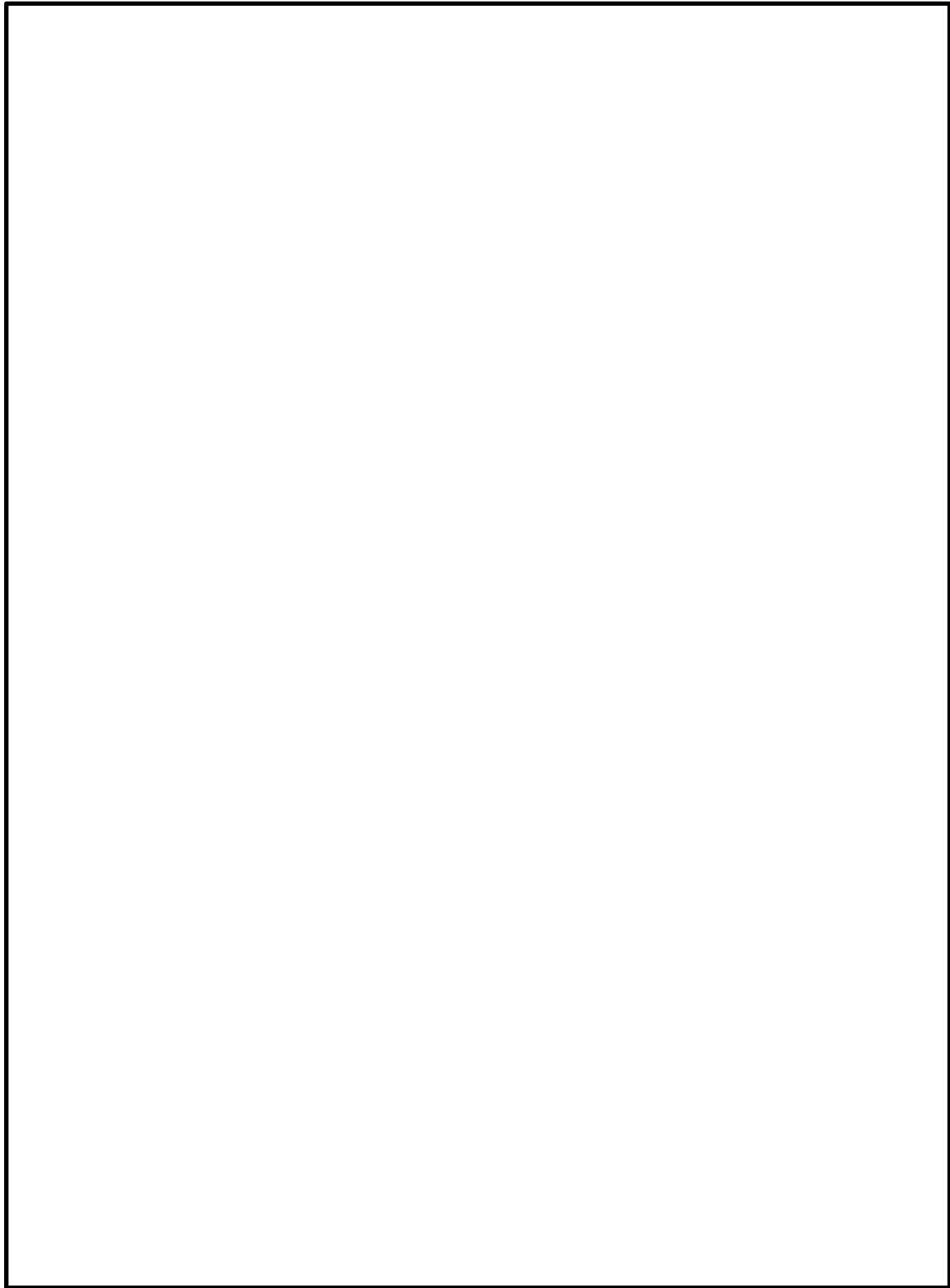


図3 代表振動モード図 (3次モード)

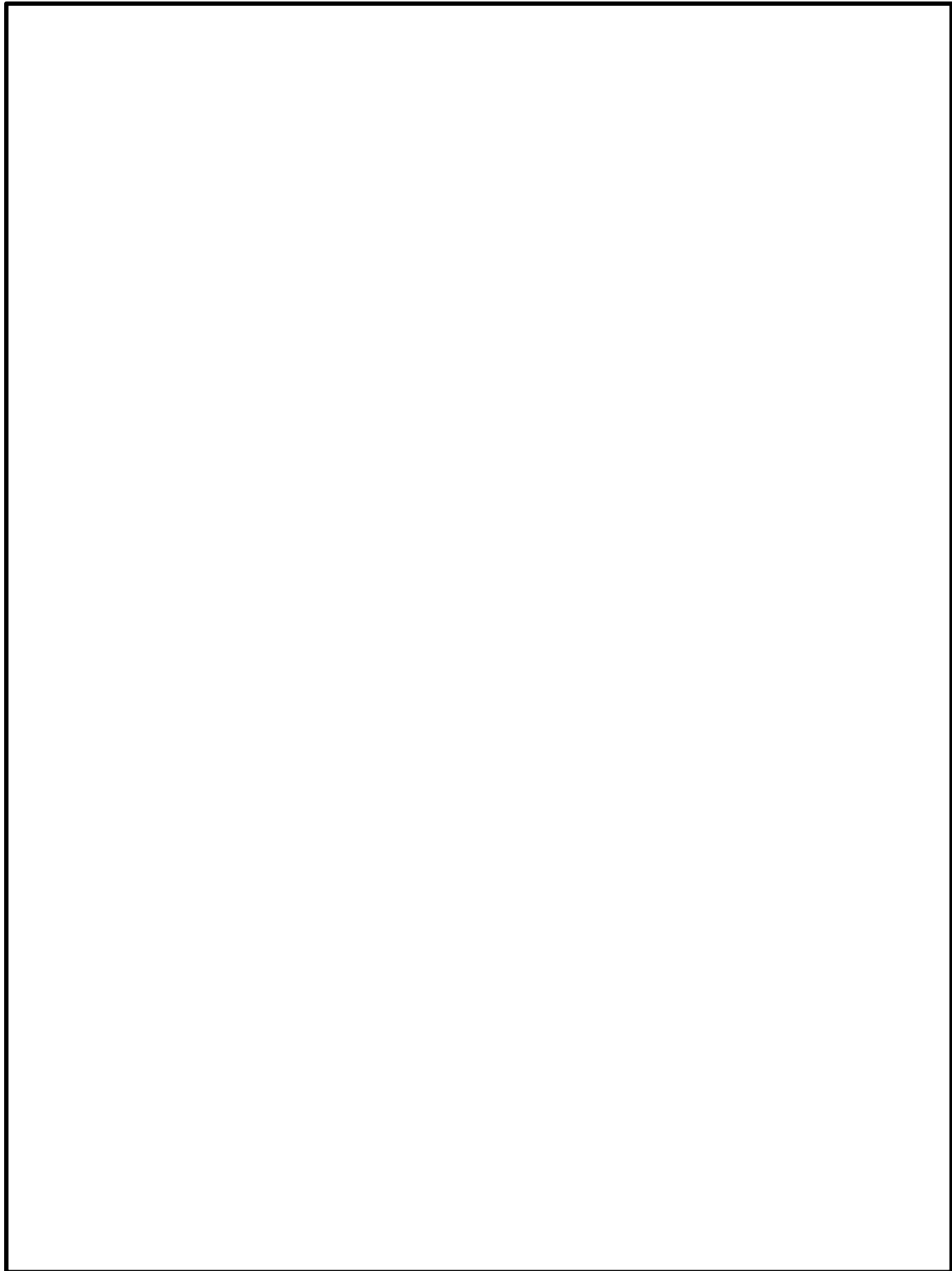


図4 代表振動モード図 (4次モード)

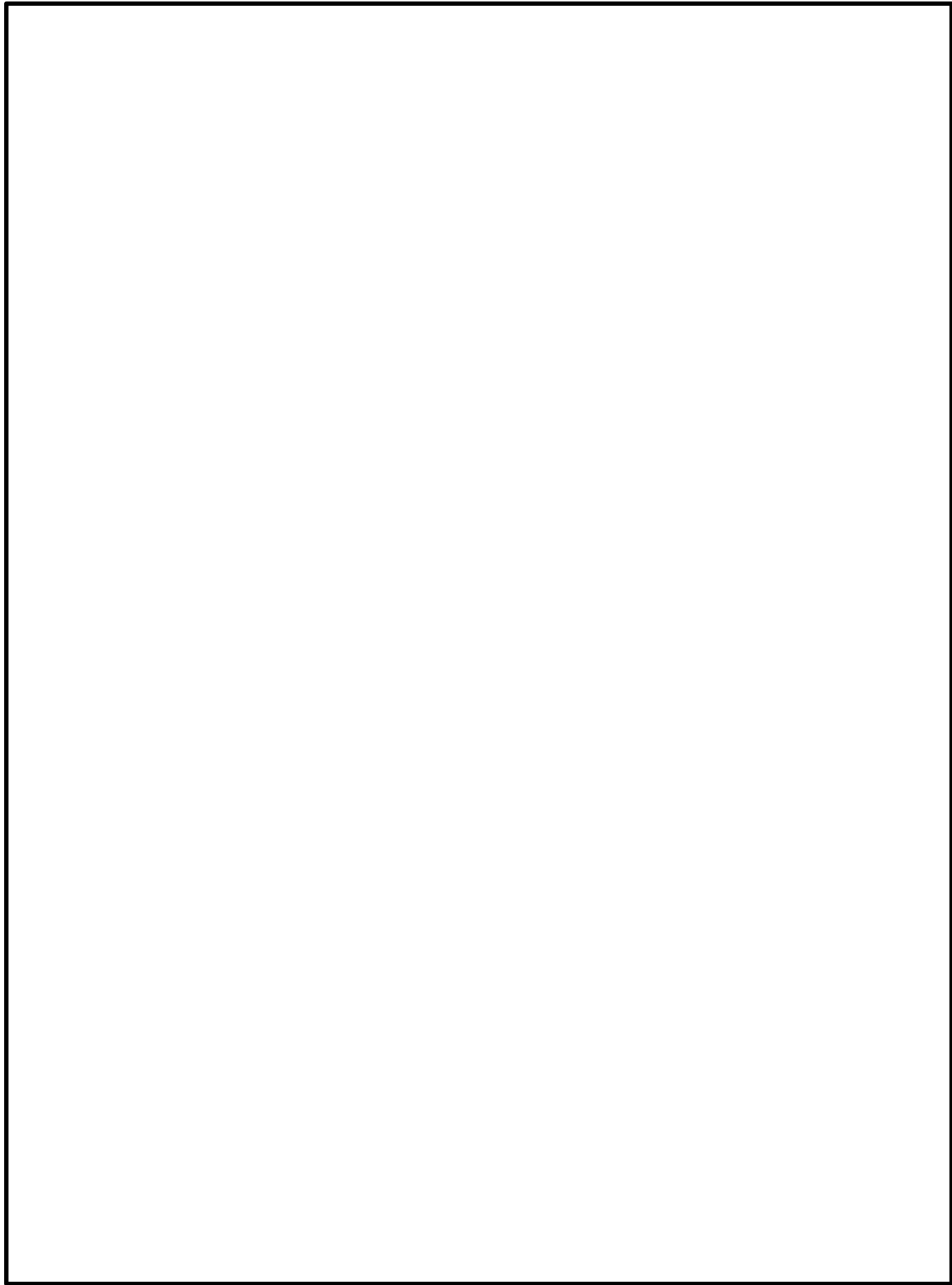


図5 代表振動モード図 (5次モード)

2. 影響評価

表 2 に最大発生曲げモーメント評価点における発生曲げモーメントのモード合成値に対する各モードの比率を示す。また、図 6 に最大発生曲げモーメント評価点を示す。

表 2 より、最大発生曲げモーメント評価点において、発生曲げモーメントは 1 次モードが支配的であることがわかる。また、表 1 より、えび状部の剛性低下を考慮していない 3 次元はりモデルと比較して、3 次元シェルモデルの 1 次モードの固有周期は 6% 程度の差である。これは設計床応答スペクトルの拡幅 10% の範囲内である。したがって、解析結果に有意な影響を与えないことを確認した。

表 2 発生曲げモーメントのモード合成値に対する各モードの比率

評価点	モード	曲げモーメント [kN・m]				モード合成値に対する比率	固有周期比較 (シェル／はり)
		Mx	My	Mz	SRSS		
38	モード合成	7.36×10^2	1.31×10^2	1.04×10^3	1.28×10^3	—	—
	1 次	6.08×10^2	6.98×10	9.65×10^2	1.15×10^3	0.90	1.060
	2 次	1.50×10^2	1.01×10	2.15	1.50×10^2	0.12	1.139
	3 次	3.87×10^2	9.95×10	2.98×10^2	4.98×10^2	0.39	1.084
	4 次	1.04	4.37×10	2.17×10^2	2.21×10^2	0.17	1.009
	5 次	8.23	1.50×10	1.81	1.72×10	0.01	1.193

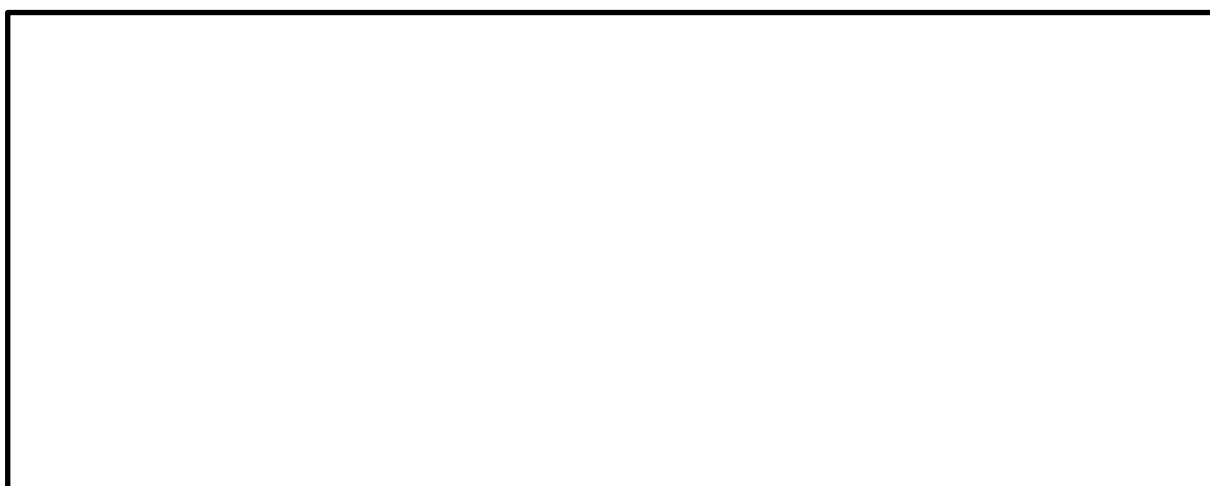


図 6 最大発生曲げモーメント評価点

3. 引用文献

- (1) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））J SME S N C 1-2005/2007) PPB-3860