

島根原子力発電所 2号炉 審査資料	
資料番号	EP-050 改 68
提出年月日	令和3年8月11日

# 島根原子力発電所 2号炉

## 地震による損傷の防止

令和3年8月  
中国電力株式会社

## 第4条：地震による損傷の防止

### <目次>

#### 第1部

1. 基本方針
  - 1.1 要求事項の整理
  - 1.2 追加要求事項に対する適合性
    - (1) 位置，構造及び設備
    - (2) 安全設計方針
    - (3) 適合性説明
  - 1.3 気象等
  - 1.4 設備等
  - 1.5 手順等

#### 第2部

1. 耐震設計の基本方針
  - 1.1 基本方針
  - 1.2 適用規格
2. 耐震設計上の重要度分類
  - 2.1 重要度分類の基本方針
  - 2.2 耐震重要度分類
3. 設計用地震力
  - 3.1 地震力の算定法
  - 3.2 設計用地震力
4. 荷重の組合せと許容限界
  - 4.1 基本方針
5. 地震応答解析の方針
  - 5.1 建物・構築物
  - 5.2 機器・配管系
  - 5.3 屋外重要土木構造物
  - 5.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びにこれらが設置された建物・構築物
6. 設計用減衰定数
7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響
8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針
9. 構造計画と配置計画

(別添)

- 別添－1 設計用地震力
- 別添－2 動的機能維持の評価
- 別添－3 弾性設計用地震動  $S_d$  ・静的地震力による評価
- 別添－4 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別添－5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針
- 別添－6 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定の考え方
- 別添－7 主要建物の構造概要について
- 別添－8 地震応答解析に用いる地質断面図の作成例及び地盤の速度構造

(別紙)

- 別紙－1 設置変更許可申請における既許可からの変更点及び既工認との手法の相違点の整理について
- 別紙－2 建物の地震応答解析モデルについて（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）
- 別紙－3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用について
- 別紙－4 原子炉建物屋根トラスの解析モデルへの弾塑性解析の適用について
- 別紙－5 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について
- 別紙－6 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定について
- 別紙－7 機器・配管系における手法の変更点について
- 別紙－8 サプレッション・チェンバ内部水質量の考え方の変更について
- 別紙－9 下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別紙－10 水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討について
- 別紙－11 液状化影響の検討方針について
- 別紙－12 既設設備に対する耐震補強等について
- 別紙－13 後施工せん断補強筋による耐震補強
- 別紙－14 地震時における燃料被覆管の閉じ込め機能の維持について
- 別紙－15 動的機能維持評価の検討方針について

- 別紙－１６ 建物・構築物の地震応答解析における入力地震動の評価について
- 別紙－１７ 地下水位低下設備について
- 別紙－１８ 機器・配管系への制震装置の適用について
- 別紙－１９ 弾性設計用地震動  $S_d$  の設定について
- 別紙－２０ 基礎地盤傾斜が  $1/2,000$  を超えることに対する耐震設計方針について

下線は、今回の提出資料を示す。

## 島根原子力発電所 2 号炉

### 機器・配管系における手法の変更点 について

## 目 次

1. はじめに
2. 手法の相違点
3. 手法の変更項目に対する島根 2 号炉への適用性

添付資料-1 原子炉建物天井クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について

添付資料-2 取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について

添付資料-3 ポンプ等の応答解析モデルの精緻化について

添付資料-4 容器等の応力解析への F E Mモデルの適用について

添付資料-5 原子炉建物-大型機器連成解析モデルの変更について

添付資料-6 最新知見として得られた減衰定数の採用について

添付資料-7 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せについて

添付資料-8 等価繰返し回数の評価方針について

添付資料-9 多入力の時刻歴応答解析の適用について

下線は、今回の提出資料を示す。

## 原子炉建物－大型機器連成解析モデルの変更について

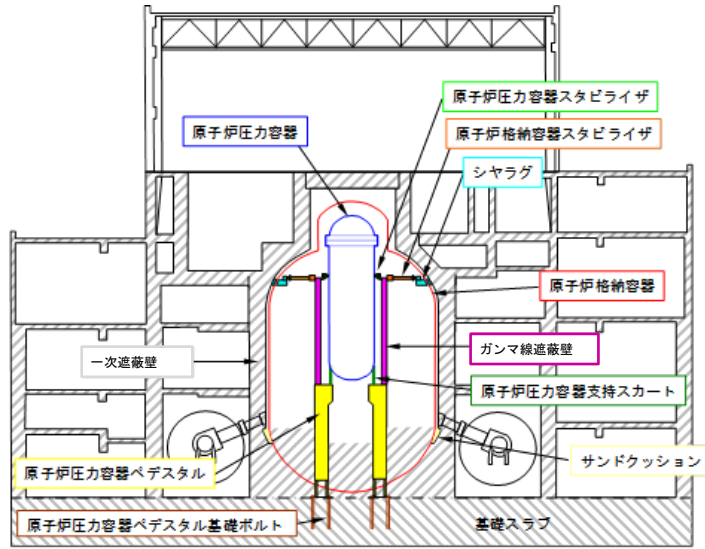
## 1. はじめに

原子炉建物内の原子炉格納容器（以下「PCV」という。）、原子炉压力容器（以下「RPV」という。）及びガンマ線遮蔽壁等の大型機器は、建物質量に対しその質量が比較的大きく、また、支持構造上からも建物との連成が無視できないため、原子炉建物との連成系で解析するためのモデル（以下「大型機器連成解析モデル」という。）を設定し、地震応答解析を行う。

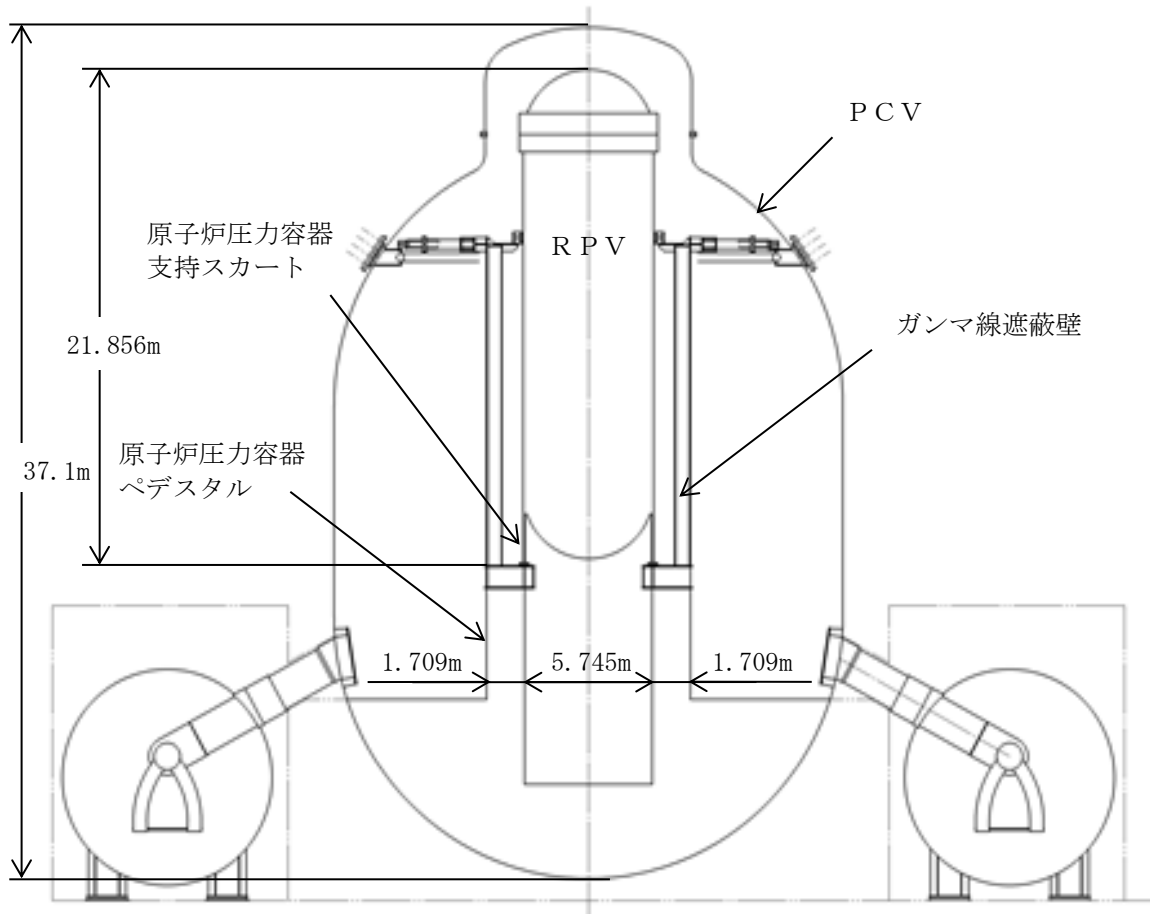
原子炉建物、PCV、RPV及びRPVペデスタルの概略断面図を第1-1図に、RPV内部構造物の構造図を第1-2図に示す。また、原子炉建物－大型機器連成解析に係る手順を第1-3図に示す。

原子炉本体及び炉内構造物の水平方向の地震応答解析モデルについて、既工認では建設工程の関係上、原子炉格納容器－原子炉压力容器モデル（以下「PCV－RPVモデル」という。）と原子炉压力容器－炉内構造物モデル（以下「RPV－Rinモデル」という。）の2種類のモデルを用いていたが、今回工認では、原子炉格納容器－原子炉压力容器－炉内構造物モデル（以下「PCV－RPV－Rinモデル」という。）を用いる。これに合わせて、原子炉压力容器スタビライザ（以下「RPVスタビライザ」という。）及び原子炉格納容器スタビライザ（以下「PCVスタビライザ」という。）のばね定数算出方法について、最新の工認実績を踏まえた算出方法に変更する。本手法は、他プラントを含む既工認あるいは新規制工認において適用実績がある手法である。

また、鉛直方向に動的地震力が導入されたことから、原子炉本体及び炉内構造物について、鉛直方向の応答を適切に評価する観点で、水平方向応答解析モデルとは別に鉛直方向の地震応答解析モデル（PCV－RPV－Rinモデル）を新たに採用し、鉛直地震動に対する評価を実施する。鉛直方向応答解析モデルは、他プラントを含む既工認あるいは新規制工認において適用実績がある手法である。

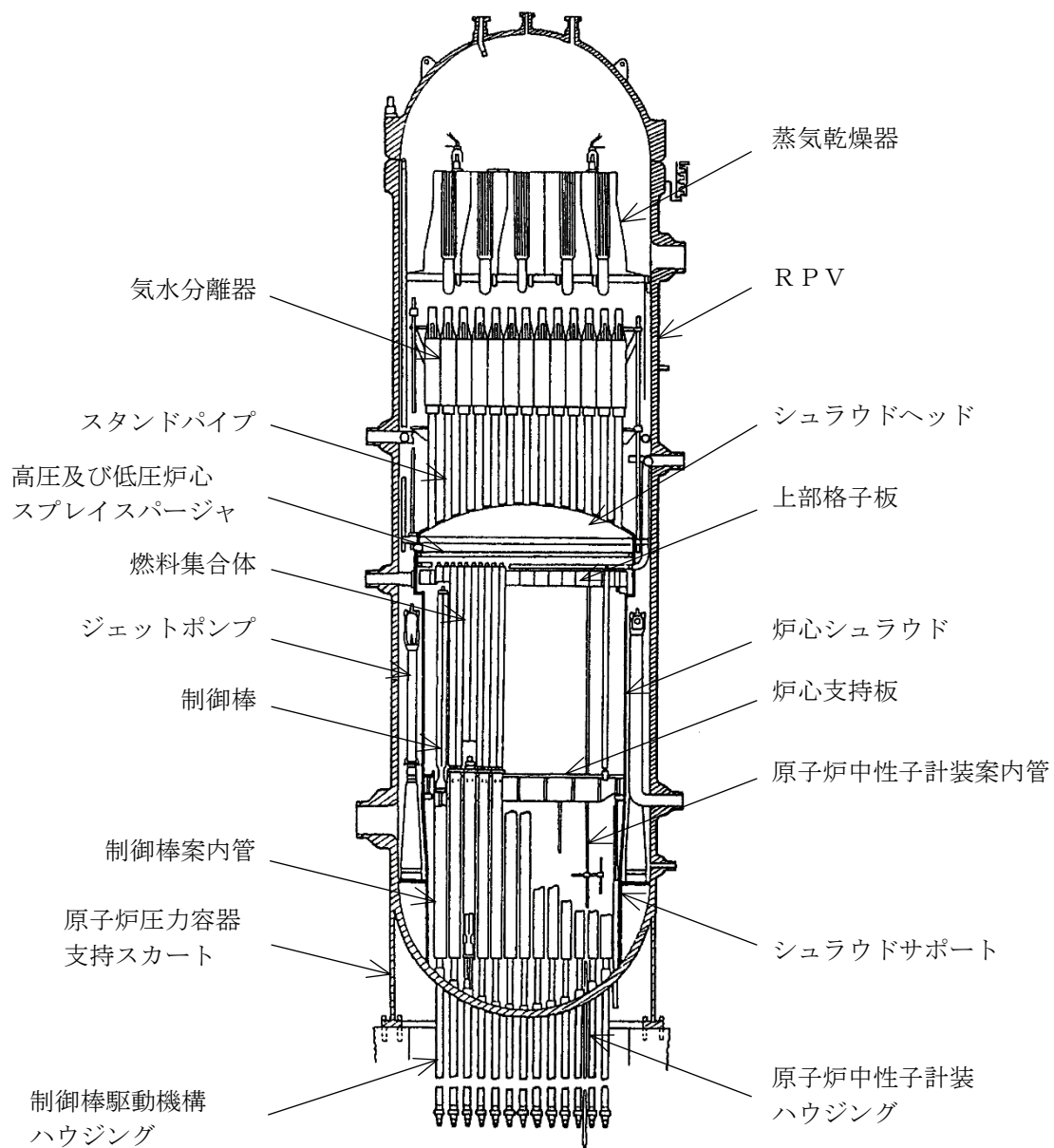


原子炉建物概略断面図

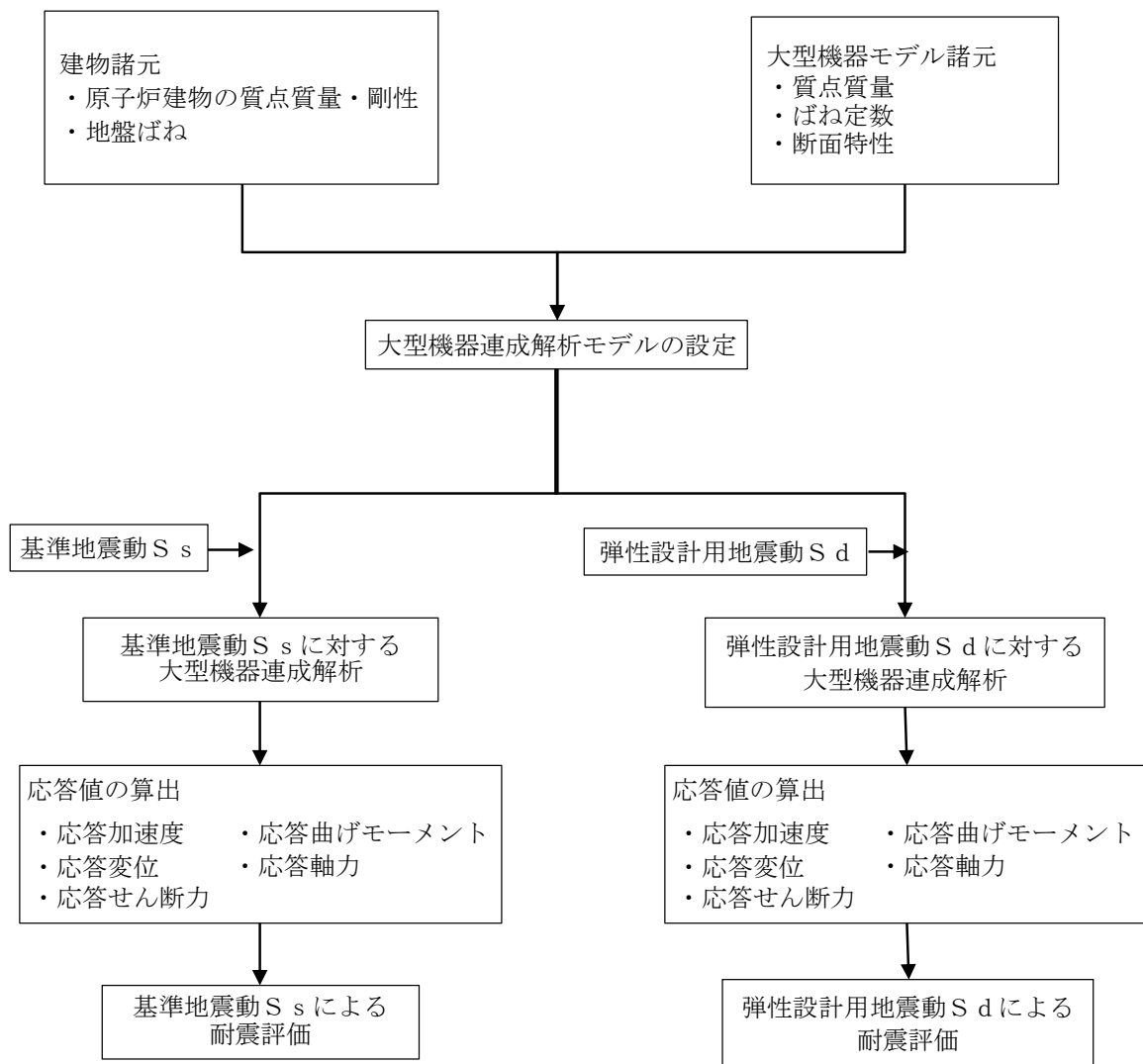


第1-1図 PCV, RPV及びRPVペDESTAL概略断面図





第1-2図 RPV内部構造物構造図



第 1-3 図 原子炉建物—大型機器連成解析の手順

## 2. 水平及び鉛直方向における大型機器連成解析モデル

### 2.1 水平方向の大型機器連成解析モデルの概要及び既工認からの変更

水平方向の大型機器連成解析モデルを第 2.1-1 図及び第 2.1-2 図に示す。水平方向の大型機器連成解析モデルは、PCV、RPV、ガンマ線遮蔽壁、RPV ペDESTAL をモデル化し、RPV 内の燃料集合体、制御棒案内管、制御棒駆動機構ハウジング、気水分離器、スタンドパイプ及び炉心シュラウドについてもモデル化する。これらをシュラウドサポートと等価な回転ばねを介して RPV と結合する。PCV はシヤラグ及びウェルシールベローズと等価なばねにより原子炉建物と結合され、下端は原子炉建物と剛に結合される。RPV は、RPV スタビライザと等価なばねによりガンマ線遮蔽壁上端と結合され、ガンマ線遮蔽壁は PCV スタビライザと等価なばねにより PCV に結合される。また、RPV は燃料交換ベローズと等価なばねにより PCV に直接結合される。RPV の下端は、RPV ペDESTAL 上端に剛に結合されており、RPV ペDESTAL は、その下端にお

いて原子炉建物と剛に結合される。また、制御棒駆動機構ハウジングは制御棒駆動機構ハウジングレストレントビームによりRPVペデスタルと結合される。

建設工認において、原子炉建物－大型機器連成解析モデルを用いた水平方向の地震応答解析は、工認申請の進捗に合わせて、PCV－RPVモデル、RPV－Rinモデルの2種類の応答解析モデルを用いて実施していた。しかし、今回工認では建設工認のように設計進捗に応じたモデルの使い分けの必要がないこと及び実機に合わせて構造体をモデル化できることから、RPV－RinモデルにPCVを追加したPCV－RPV－Rinモデルを水平方向の大型機器連成解析モデルとする。建設工認及び今回工認の原子炉建物－大型機器連成解析モデルを第2.1-1表に示す。今回工認で用いるPCV－RPV－Rinモデルの質点位置、質量、断面特性は、既工認のPCV－RPVモデル（炉内構造物はRPVの付加質量として考慮）及びRPV－Rinモデル（PCVは原子炉建物の付加質量として考慮）と同等であるため、PCV－RPV－Rinモデルを採用することによる地震応答への影響は十分小さい。なお、水平方向の大型機器連成解析モデルとしてのPCV－RPV－Rinモデルの適用は、東海第二の新規制工認において適用実績がある。

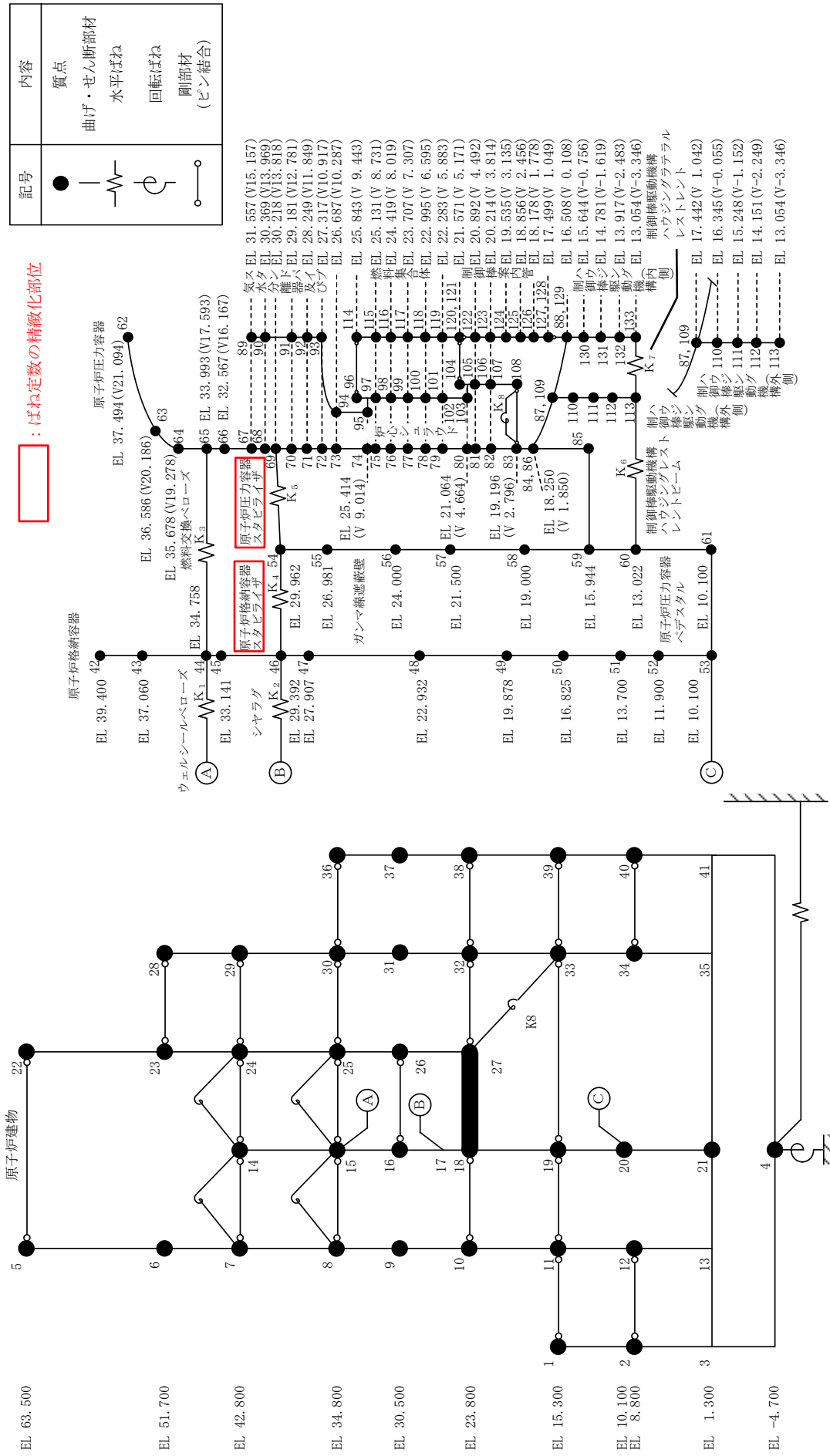
大型機器連成解析モデルを設定する場合には、既工認のモデル諸元を適用することを基本とするが、解析モデルを最新化するため先行プラントにおいて適用実績のあるモデル化手法を参照し、今回工認では、RPVスタビライザ及びPCVスタビライザのばね定数を精緻化する。

なお、今回工認においてPCV－RPV－Rinモデル（スタビライザのばね定数変更を含む）を適用するにあたり、機器・配管系への影響を検討し、地震応答への影響が十分小さいことを確認した。（参考資料5-1）

第 2.1-1 表 建設工認及び今回工認における原子炉建物－大型機器連成解析モデル

モデル化範囲	建設工認		今回工認																																																																																																																																																																																																											
	PCV-RPVモデル	RPV-Rinモデル		PCV-RPV-Rinモデル																																																																																																																																																																																																										
モデル化範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建物</li> <li>PCV</li> <li>ガンマ線遮蔽壁</li> <li>RPVペデスタル</li> <li>RPV (炉内構造物を付加質量として考慮)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建物 (PCVを付加質量として考慮)</li> <li>ガンマ線遮蔽壁</li> <li>RPVペデスタル</li> <li>RPV</li> <li>炉内構造物 (気水分離器及びスタンドパイプ, 炉心シユラウド, 燃料集合体, 制御棒案内管)</li> <li>制御棒駆動機構ハウジング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建物</li> <li>PCV</li> <li>ガンマ線遮蔽壁</li> <li>RPVペデスタル</li> <li>RPV</li> <li>炉内構造物 (気水分離器及びスタンドパイプ, 炉心シユラウド, 燃料集合体, 制御棒案内管)</li> <li>制御棒駆動機構ハウジング</li> </ul>																																																																																																																																																																																																											
	解析モデル図 (NS方向)																																																																																																																																																																																																													
		<p>質量</p> <table border="1"> <tr><td>N<sub>1</sub></td><td>1.2 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>2</sub></td><td>3.4 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>3</sub></td><td>9.8 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>4</sub></td><td>3.4 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>5</sub></td><td>2.2 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>6</sub></td><td>1.8 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>7</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>8</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>9</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>10</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>11</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>12</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>13</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>14</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>15</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>16</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>17</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>18</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>19</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>20</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>21</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>22</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>23</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>24</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>25</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>26</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>27</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>28</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>29</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>30</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>31</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>32</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>33</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>34</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> </table>	N <sub>1</sub>	1.2 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>2</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>3</sub>	9.8 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>4</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>5</sub>	2.2 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>6</sub>	1.8 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>7</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>8</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>9</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>10</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>11</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>12</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>13</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>14</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>15</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>16</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>17</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>18</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>19</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>20</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>21</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>22</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>23</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>24</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>25</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>26</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>27</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>28</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>29</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>30</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>31</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>32</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>33</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>34</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	<p>質量</p> <table border="1"> <tr><td>N<sub>1</sub></td><td>1.2 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>2</sub></td><td>3.4 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>3</sub></td><td>9.8 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>4</sub></td><td>3.4 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>5</sub></td><td>2.2 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>6</sub></td><td>1.8 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>7</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>8</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>9</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>10</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>11</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>12</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>13</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>14</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>15</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>16</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>17</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>18</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>19</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>20</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>21</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>22</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>23</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>24</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>25</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>26</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>27</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>28</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>29</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>30</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>31</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>32</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>33</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>34</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> </table>	N <sub>1</sub>	1.2 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>2</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>3</sub>	9.8 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>4</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>5</sub>	2.2 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>6</sub>	1.8 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>7</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>8</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>9</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>10</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>11</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>12</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>13</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>14</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>15</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>16</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>17</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>18</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>19</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>20</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>21</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>22</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>23</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>24</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>25</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>26</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>27</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>28</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>29</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>30</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>31</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>32</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>33</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>34</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	<p>質量</p> <table border="1"> <tr><td>N<sub>1</sub></td><td>1.2 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>2</sub></td><td>3.4 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>3</sub></td><td>9.8 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>4</sub></td><td>3.4 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>5</sub></td><td>2.2 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>6</sub></td><td>1.8 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>7</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>8</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>9</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>10</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>11</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>12</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>13</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>14</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>15</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>16</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>17</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>18</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>19</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>20</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>21</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>22</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>23</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>24</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>25</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>26</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>27</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>28</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>29</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>30</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>31</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>32</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>33</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> <tr><td>N<sub>34</sub></td><td>1.9 × 10<sup>4</sup> t</td></tr> </table>	N <sub>1</sub>	1.2 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>2</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>3</sub>	9.8 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>4</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>5</sub>	2.2 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>6</sub>	1.8 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>7</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>8</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>9</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>10</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>11</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>12</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>13</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>14</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>15</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>16</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>17</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>18</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>19</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>20</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>21</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>22</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>23</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>24</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>25</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>26</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>27</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>28</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>29</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>30</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>31</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>32</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t	N <sub>33</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t
N <sub>1</sub>	1.2 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>2</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>3</sub>	9.8 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>4</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>5</sub>	2.2 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>6</sub>	1.8 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>7</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>8</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>9</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>10</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>11</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>12</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>13</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>14</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>15</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>16</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>17</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>18</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>19</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>20</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>21</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>22</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>23</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>24</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>25</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>26</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>27</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>28</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>29</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>30</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>31</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>32</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>33</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>34</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>1</sub>	1.2 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>2</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>3</sub>	9.8 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>4</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>5</sub>	2.2 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>6</sub>	1.8 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>7</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>8</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>9</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>10</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>11</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>12</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>13</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>14</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>15</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>16</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>17</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>18</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>19</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>20</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>21</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>22</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>23</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>24</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>25</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>26</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>27</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>28</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>29</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>30</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>31</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>32</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>33</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>34</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>1</sub>	1.2 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>2</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>3</sub>	9.8 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>4</sub>	3.4 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>5</sub>	2.2 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>6</sub>	1.8 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>7</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>8</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>9</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>10</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>11</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>12</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>13</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>14</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>15</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>16</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>17</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>18</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>19</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>20</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>21</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>22</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>23</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>24</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>25</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>26</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>27</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>28</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>29</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>30</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>31</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>32</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>33</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													
N <sub>34</sub>	1.9 × 10 <sup>4</sup> t																																																																																																																																																																																																													





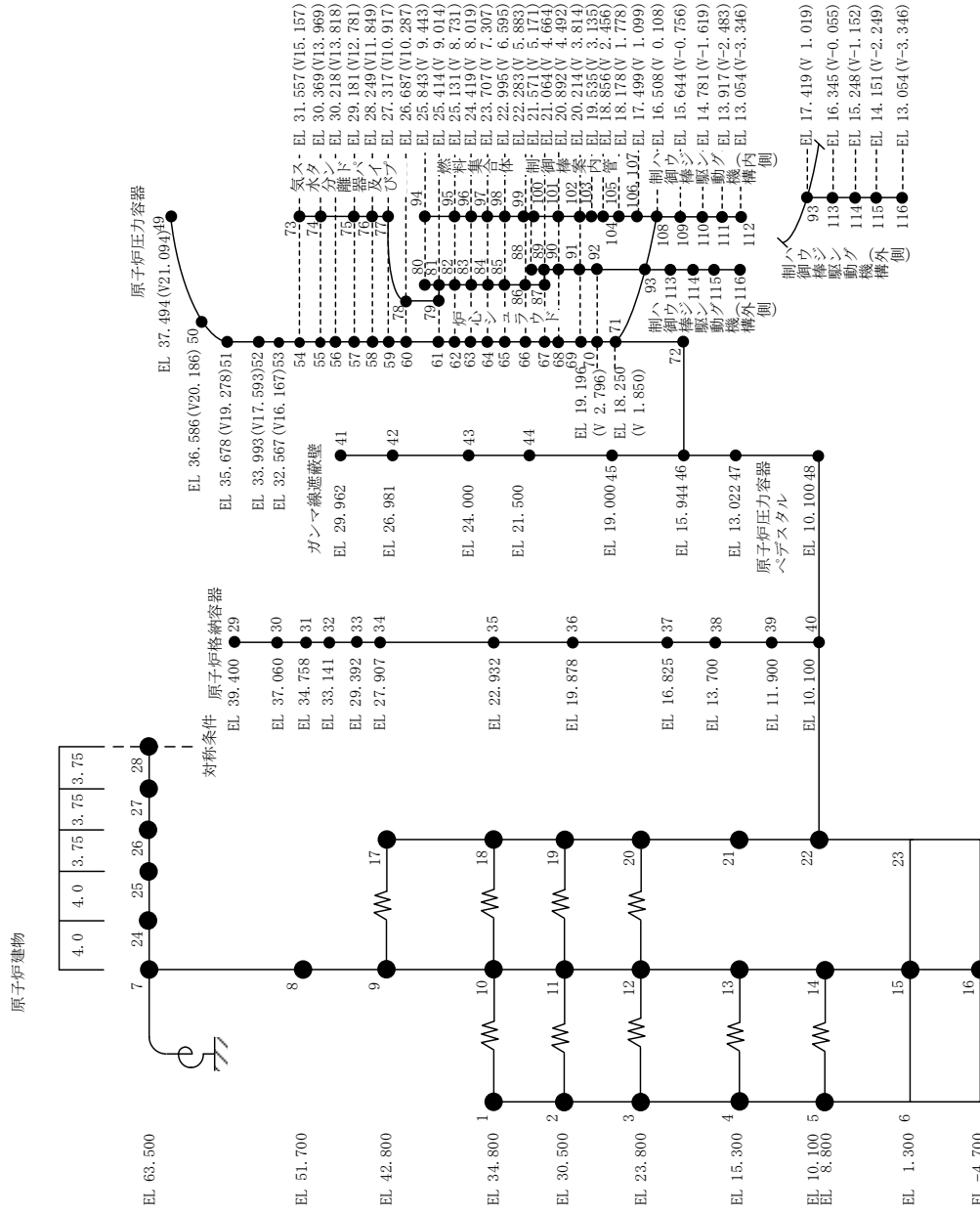
第 2.1-2 図 大型機器連成系応答解析モデル (E-W方向)

## 2.2 鉛直方向の大型機器連成解析モデルの概要

既工認では、鉛直方向については静的震度による地震荷重を算定していたが、今回工認においては、新たに鉛直方向の動的地震力に対する考慮が必要となったことから、鉛直方向についても水平方向と同様に動的地震力の算定を行う。鉛直方向の大型機器連成解析モデルを第2.2-1図に示す。鉛直方向の大型機器連成解析モデルについては、鉛直方向の各応力評価点における軸力を算定するため、水平方向モデルをベースに新たに多質点モデルを作成し、水平方向と同様のPCV-RPV-Rinモデルとする。PCVの下端は、原子炉建物と剛に結合される。RPV支持スカートの下端は、RPVペデスタルの上端に剛に結合されており、RPVペデスタルの下端は、原子炉建物と剛に結合される。

なお、鉛直方向の大型機器連成解析モデルは、大間1号炉の建設工認及び東海第二の新規制工認において適用実績がある。

記号	内容
●	質点
— —	軸ばね
— — —	せん断ばね
— — — —	回転ばね
— — — — —	鉛直ばね
—	はり (屋根トラス部)

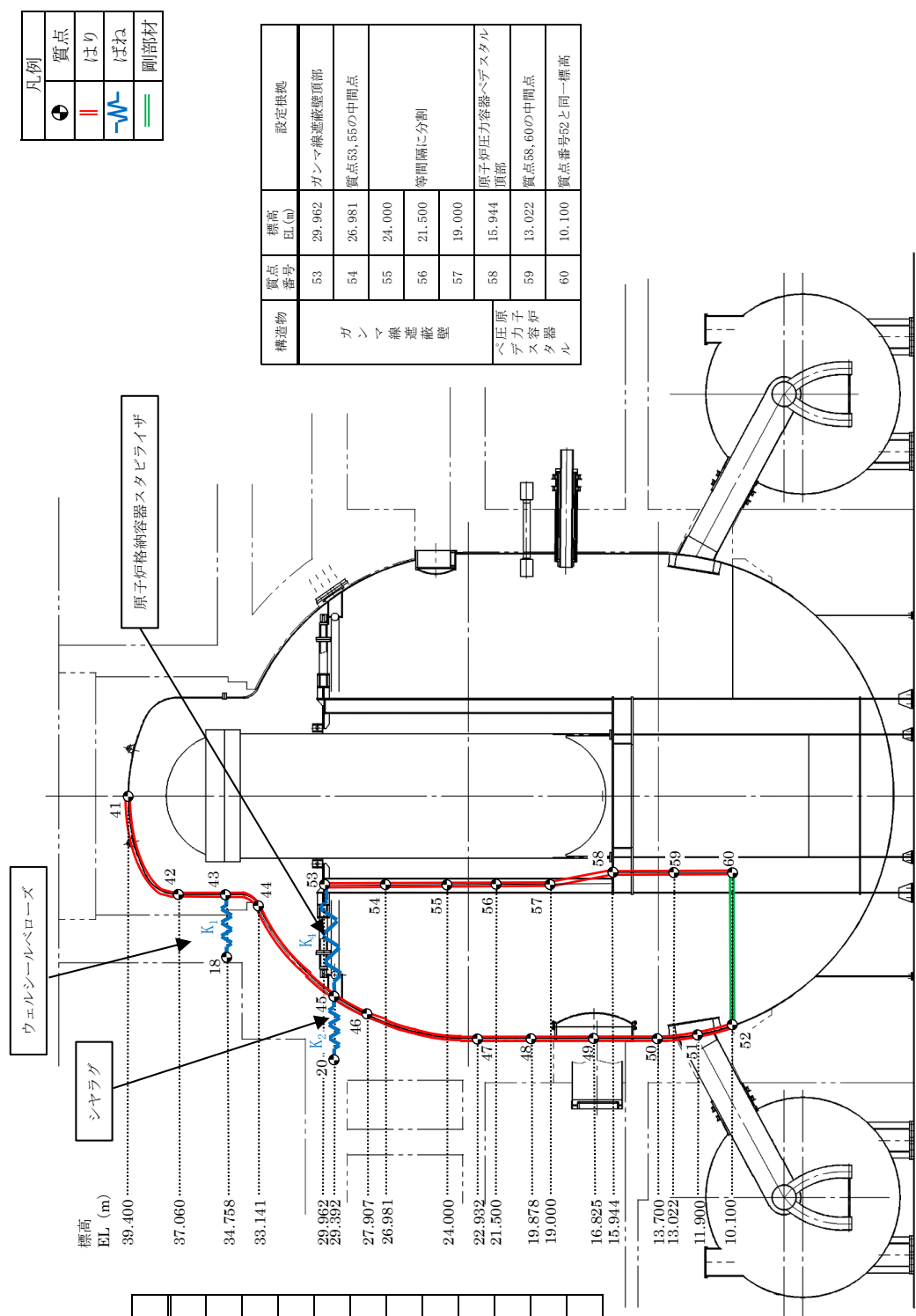


第2.2-1 図 大型機器連成系地震応答解析モデル (鉛直方向)



### 3. 質点位置の設定

大型機器連成解析モデルの質点位置は、各構造物の地震応答を把握できるように、モデル化する各構造物の形状を踏まえて設定する。PCV、ガンマ線遮蔽壁及びRPVペDESTALの質点位置を第3-1図(1)及び第3-2図(1)に、RPV、炉心シュラウド、燃料集合体、制御棒案内管及び制御棒駆動機構ハウジング等の質点位置を第3-1図(2)及び第3-2図(2)に示す。炉内構造物の質点位置は、その振動性状を適切に評価出来るように配慮する他、部材の剛性の変化する点、構造的に不連続な点、応力評価点等を考慮して定める。



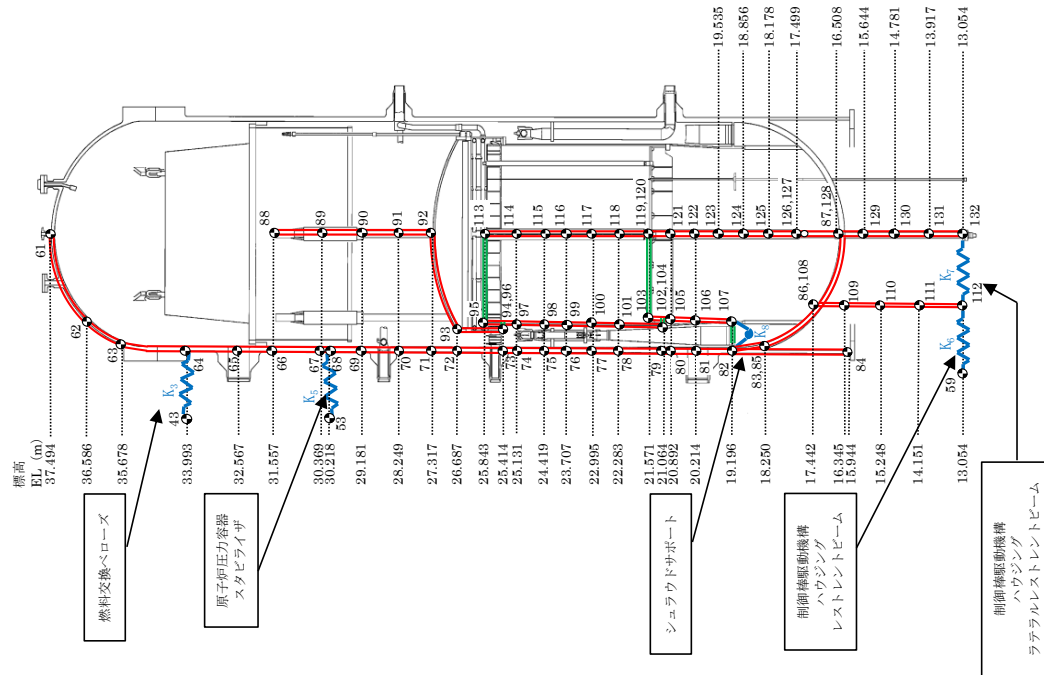
凡例	
●	質点
	はり
~	ばね
—	副部材

構造物	質点番号	標高 EL (m)	設定根拠
原子炉格納容器	41	39.400	原子炉格納容器頂部
	42	37.060	板厚変更点
	43	34.758	フランジ部
	44	33.141	板厚変更点
	45	29.992	シヤラグ位置
	46	27.907	板厚変更点
	47	22.932	材質変更点
	48	19.878	質点47.49の二等分点
	49	16.825	機器搬出入口中央
	50	13.700	材質変更点
ベント管と原子炉格納容器の接続点	51	11.900	トライウエル基礎部コネクタート上端
	52	10.100	

構造物	質点番号	標高 EL (m)	設定根拠
ガンマ線遮蔽壁	53	29.962	ガンマ線遮蔽壁頂部
	54	26.981	質点53.55の中間点
	55	24.000	等間隔に分割
	56	21.500	
	57	19.000	
ベント管と原子炉格納容器の接続点	58	15.944	原子炉圧力容器ベント管頂部
	59	13.022	質点58.60の中間点
	60	10.100	質点番号52と同一標高

第3-1 図 水平方向の大型機器連成解析モデルにおける質点位置の設定  
(1) PCV, ガンマ線遮蔽壁及びRPVベント管

構造物	質点番号	標高 EL(m)	設定根拠
原子炉圧力容器	61	37.494	原子炉圧力容器頂部
	62	36.586	等間隔に分割
	63	35.678	フランジと上銅板の取合い部
	64	33.993	フランジと胴板の取合い部
	65	32.567	主蒸気用ノズル位置
	66	31.557	質点番号88位置と合わせている
	67	30.369	質点番号89位置と合わせている
	68	30.218	スタビライザブラケット位置
	69	29.181	質点番号90と同一標高
	70	28.249	質点番号91と同一標高
	71	27.317	質点番号92と同一標高
	72	26.687	質点番号93と同一標高
	73	25.414	質点番号94と同一標高
	74	25.131	
	75	24.419	
燃料集合体	76	23.707	燃料集合体と同一標高
	77	22.995	
	78	22.283	
	79	21.064	質点番号104と同一標高
	80	20.892	質点番号121と同一標高
	81	20.214	再循環水出口用ノズル位置
	82	19.196	シュワウドサポートとの接続位置
	83	18.250	支持スカート頂部
	84	15.944	支持スカート基部
	85	14.151	支持スカート頂部
圧力容器	86	17.442	制御棒駆動機構スタブチューブ位置
	87	16.508	原子炉圧力容器底部



構造物	質点番号	標高 EL(m)	設定根拠
気水分離器	88	31.557	気水分離器頂部
	89	30.369	気水分離器中央
	90	29.181	スタントドバイブ頂部
	91	28.249	スタントドバイブ中央
	92	27.317	シュワウドヘッド胴板頂部
	93	26.687	炉心シュワウド上部胴上端
	94	25.414	炉心シュワウド上部胴下端
	95	25.843	
	96	25.414	
	97	25.131	
炉心シュワウド	98	24.419	燃料集合体と同一標高
	99	23.707	
	100	22.995	
	101	22.283	
	102	21.064	炉心シュワウド中間胴下端
	103	21.571	炉心支持板位置
	104	21.064	炉心シュワウド下部胴上端
	105	20.892	質点番号121と同一標高
	106	20.214	質点番号81と同一標高
	107	19.196	炉心シュワウド下部胴下端

構造物	質点番号	標高 EL(m)	設定根拠
制御棒案内管	108	17.442	制御棒貫通孔スタブチューブ位置
	109	16.345	
	110	15.248	等間隔に分割
	111	14.151	
	112	13.054	
	112	13.054	ハウジング下端

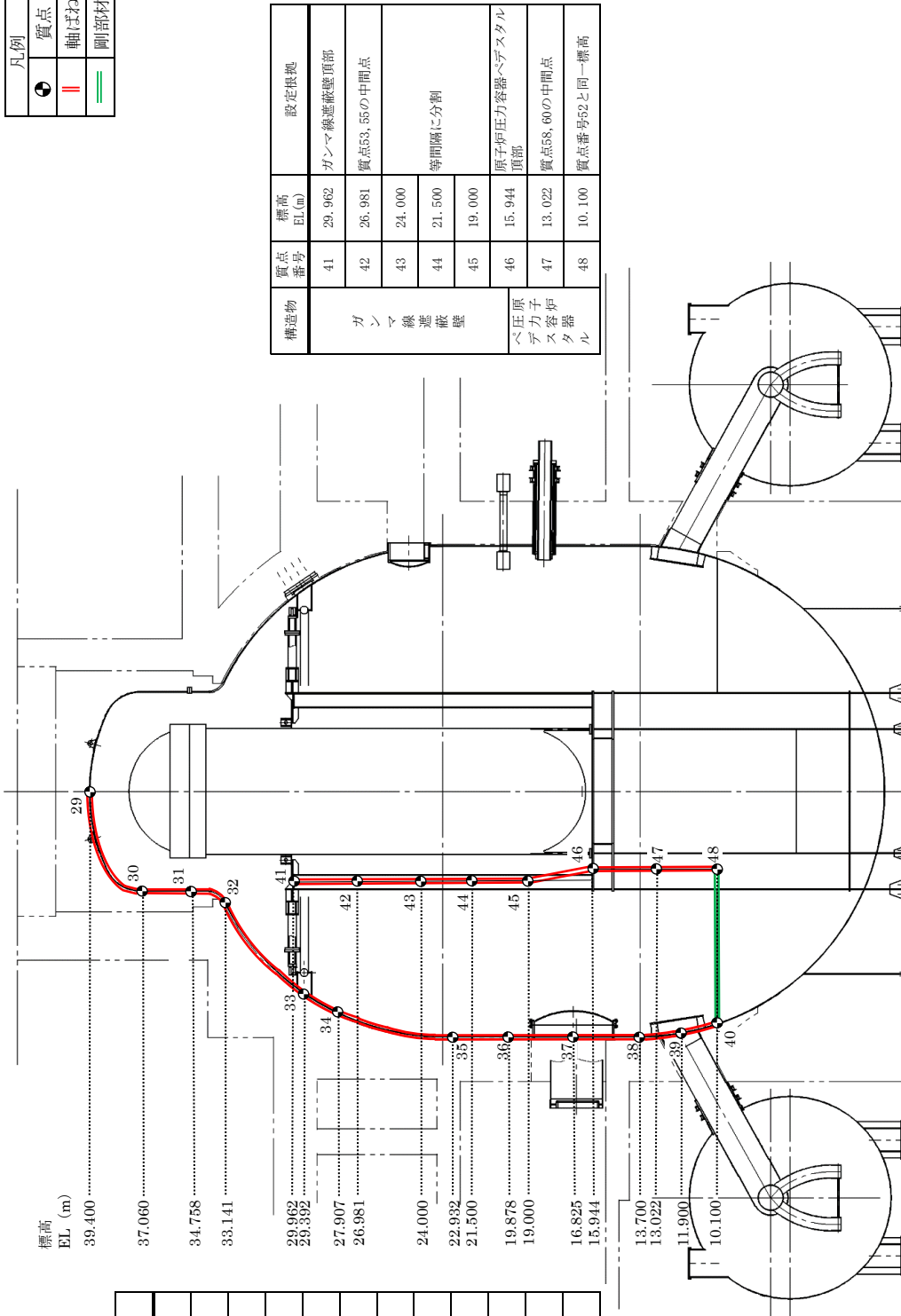
構造物	質点番号	標高 EL(m)	設定根拠
燃料集合体	113	25.843	上部格子板位置
	114	25.131	
	115	24.419	
	116	23.707	等間隔に分割
	117	22.995	
	118	22.283	
	119	21.571	炉心支持板位置
	120	21.571	炉心支持板位置
	121	20.892	
	122	20.214	
制御棒案内管	123	19.535	等間隔に分割
	124	18.856	
	125	18.178	
	126	17.499	制御棒案内管下端
	127	17.499	ハウジング上端
	128	16.508	原子炉圧力容器底部
ハウジング	129	15.644	
	130	14.781	等間隔に分割
	131	13.917	
	132	13.054	ハウジング下端

凡例	
●	質点
	はり
~	ばね
—	副部材

第3-1 図 水平方向の大型機器連成解析モデルにおける質点位置の設定

(2) RPV, 炉心シュワウド, 燃料集合体, 制御棒案内管及び制御棒駆動機構ハウジング等

凡例	
●	質点
	軸ばね
—	剛部材



標高  
EL (m)

39.400

37.060

34.758

33.141

29.962

29.392

27.907

26.981

24.000

22.932

21.500

19.878

19.000

16.825

15.944

13.700

13.022

11.900

10.100

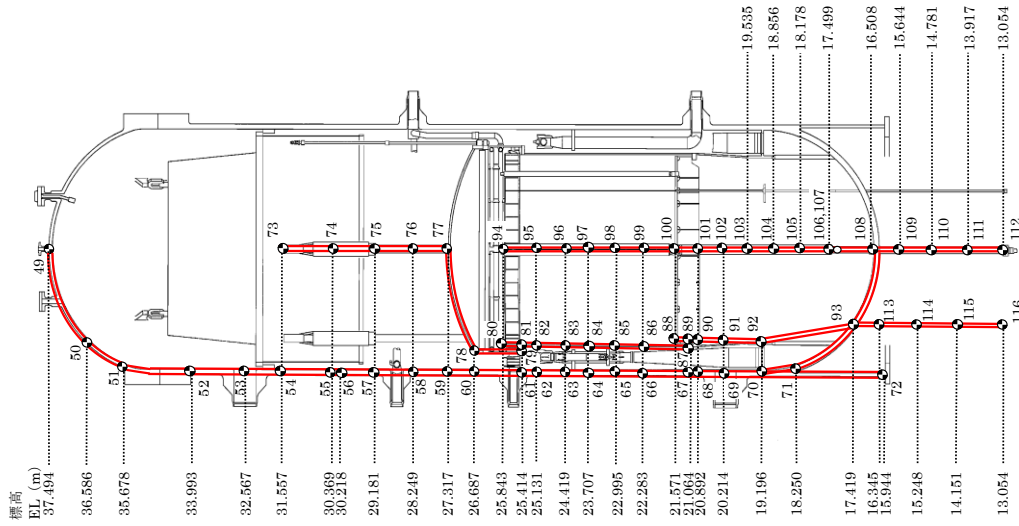
構造物	質点番号	標高 EL(m)	設定根拠	
原子炉格納容器	29	39.400	設定根拠	
	30	37.060	原子炉格納容器頂部	
	31	34.758	板厚変更点	
	32	33.141	フランジ部	
	33	29.392	板厚変更点	
	34	27.907	シヤラグ位置	
	35	22.932	板厚変更点	
	36	19.878	材質変更点	
	37	16.825	質点47, 49の二等分点	
	38	13.700	機器搬出入口中央	
	39	11.900	材質変更点	
	40	10.100	ベント管と原子炉格納容器の接続点	
				ドライレール基礎部コネクタ上端

構造物	質点番号	標高 EL(m)	設定根拠
ガンマ線遮蔽壁	41	29.962	ガンマ線遮蔽壁頂部
	42	26.981	質点53, 55の中間点
	43	24.000	
	44	21.500	等間隔に分割
	45	19.000	
ベント管と原子炉格納容器	46	15.944	原子炉圧力容器ベント管頂部
	47	13.022	質点58, 60の中間点
	48	10.100	質点番号52と同一標高

第3-2図 鉛直方向の大型機器連成解析モデルにおける質点位置の設定

(1) PCV, ガンマ線遮蔽壁及びRPVベント管

構造物	質点番号	標高 EL(m)	設定根拠	
原子炉压力容器	49	37.494	原子炉圧力容器頂部	
	50	36.586	等間隔に分割	
	51	35.678	フランジと上鏡板の取合い部	
	52	33.993	フランジと胴板の取合い部	
	53	32.567	主蒸気用ノズル位置	
	54	31.557	質点番号88位置と合わせている	
	55	30.369	質点番号89位置と合わせている	
	56	30.218	スタビライザブライケット位置	
	57	29.181	質点番号90と同一標高	
	58	28.249	質点番号91と同一標高	
	59	27.317	質点番号92と同一標高	
	60	26.687	質点番号93と同一標高	
	61	25.414	質点番号94と同一標高	
	62	25.131		
	63	24.419		
	64	23.707	燃料集合体と同一標高	
	65	22.995		
	66	22.283		
支持スカート	67	21.064	質点番号104と同一標高	
	68	20.892	質点番号121と同一標高	
	69	20.214	再循環水出口用ノズル位置	
	70	19.196	シュラウドサポートプレートとの後継位置	
	71	18.250	支持スカート頂部	
	72	15.944	支持スカート基部	
	原子炉压力容器底部	93	17.419	制御棒貫通孔スタブチューブ位置
		108	16.508	原子炉压力容器底部



構造物	質点番号	標高 EL(m)	設定根拠
原子炉压力容器	73	31.557	気水分離器頂部
	74	30.369	気水分離器中央
	75	29.181	スタンドパイプ頂部
	76	28.249	スタンドパイプ中央
	77	27.317	シュラウドヘッド
	78	26.687	炉心シュラウド上部胴上端
	79	25.414	炉心シュラウド上部胴下端
	80	25.843	
	81	25.414	
	82	25.131	
炉心シュラウド	83	24.419	燃料集合体と同一標高
	84	23.707	
	85	22.995	
	86	22.283	
	87	21.064	炉心シュラウド中間胴下端
	88	21.571	炉心支持板位置
	89	21.064	炉心シュラウド下部胴上端
	90	20.892	質点番号121と同一標高
	91	20.214	質点番号91と同一標高
	92	19.196	炉心シュラウド下部胴下端
制御棒貫通孔スタブ	93	17.419	制御棒貫通孔スタブチューブ位置
	113	16.345	
	114	15.248	等間隔に分割
	115	14.151	
	116	13.054	ハウジング下端
	112	13.054	ハウジング下端

凡例	
●	質点
	軸ばね
—	剛部材

構造物	質点番号	標高 EL(m)	設定根拠
燃料集合体	94	25.843	上部格子板位置
	95	25.131	
	96	24.419	
	97	23.707	等間隔に分割
	98	22.995	
	99	22.283	
	100	21.571	炉心支持板位置
制御棒貫通孔スタブ	101	20.892	
	102	20.214	
	103	19.535	等間隔に分割
	104	18.856	
	105	18.178	
	106	17.499	制御棒案内管下端
ハウジング	107	17.499	ハウジング上端
	108	16.508	原子炉压力容器底部
	109	15.644	
	110	14.781	等間隔に分割
	111	13.917	
	112	13.054	ハウジング下端

第3-2図 鉛直方向の大型機器連成解析モデルにおける質点位置の設定

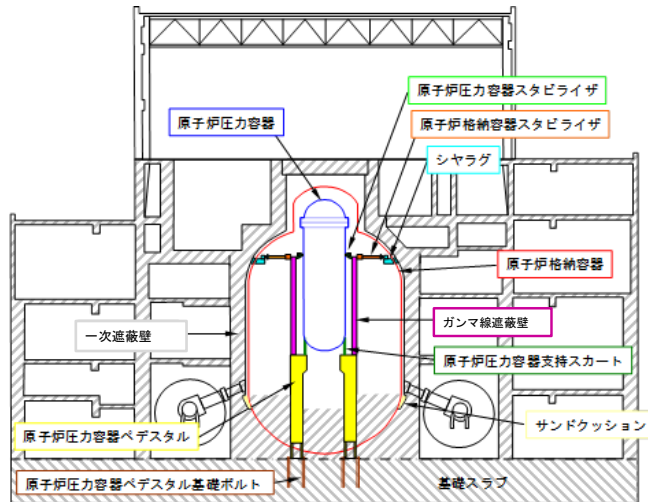
(2) RPV, 炉心シュラウド, 燃料集合体, 制御棒案内管及び制御棒駆動機構ハウジング等

#### 4. 構造物間ばね定数の設定（既工認から変更ある部位）

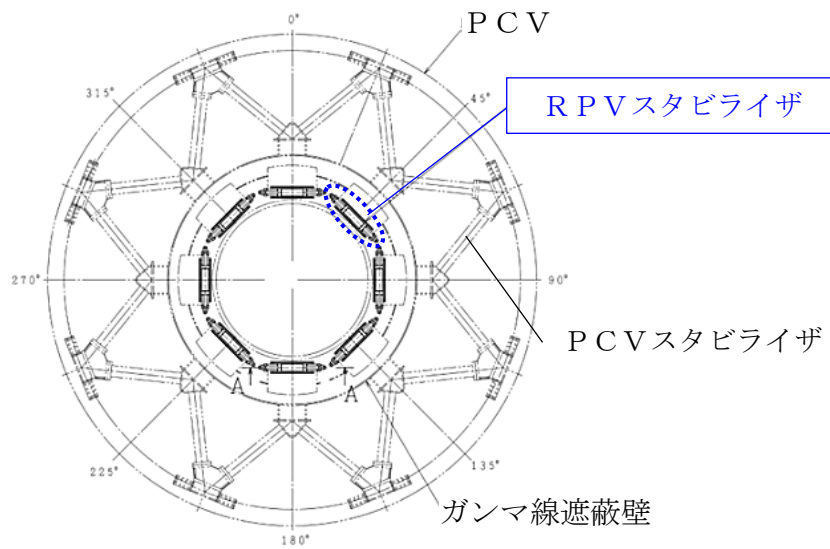
##### 4.1 R P Vスタビライザ

###### 4.1.1 R P Vスタビライザの構造

R P Vスタビライザは、ガンマ線遮蔽壁頂部に円周状に8箇所設置され、R P V付属構造物であるスタビライザブラケットをあらかじめ初期締付荷重を与えたサラバネを介して両側から挟み込む構造であり、サラバネを介して地震時の水平方向荷重をガンマ線遮蔽壁へ伝達させる機能を有する。R P Vスタビライザの概略図を第4.1.1-1図に、構造図を第4.1.1-2図に示す。

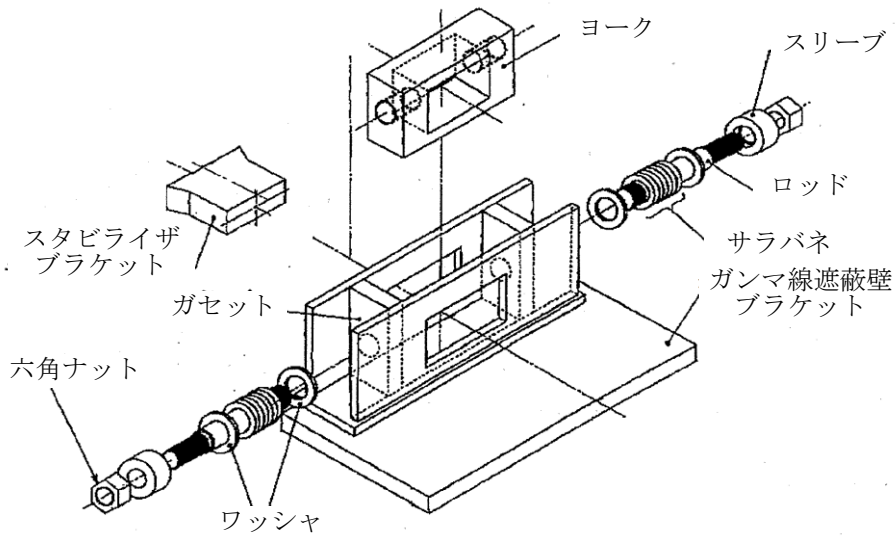


原子炉建物全体模式図

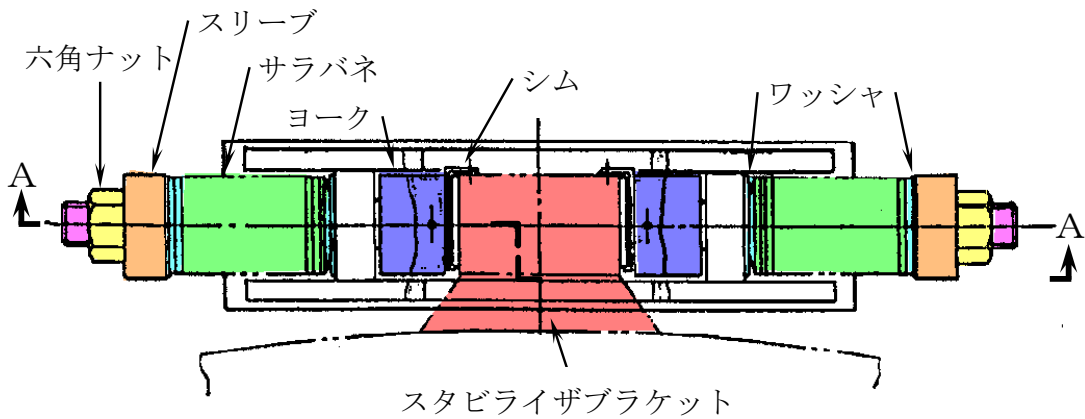


PCV平面図

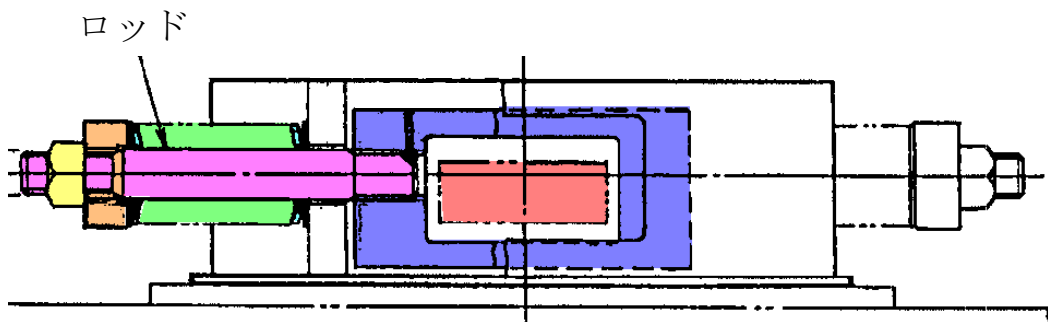
第 4.1.1-1 図 R P Vスタビライザ概略図



RPVスタビライザ分解図



RPVスタビライザ平面図



断面A-A

第 4.1.1-2 図 RPVスタビライザ構造図

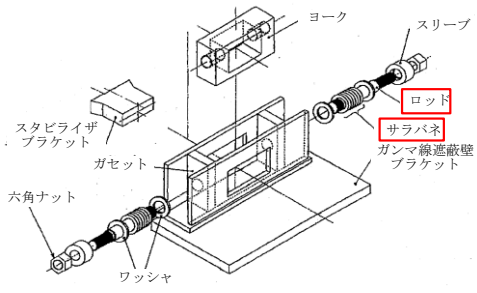
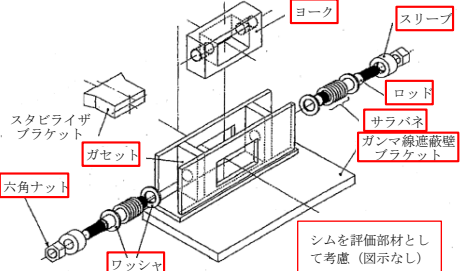


#### 4.1.2 既工認と今回工認での変更点

R P Vスタビライザのばね定数について、既工認からの変更点を第 4.1.2-1 表に示す。既工認では、R P Vスタビライザの剛性に大きく寄与するロッド、サラバネのみ剛性を考慮しているが、今回工認ではガンマ線遮蔽壁ブラケット、スリーブ等の剛性を追加で考慮する。

なお、上記ばね定数算出方法は大間 1 号炉建設工認、島根 3 号炉建設工認及び東海第二の新規制工認において適用実績がある。

第 4.1.2-1 表 R P Vスタビライザばね定数の変更点

	既工認	今回工認
計算方法	理論式による (各部材の剛性を直列ばねとして合成)	同左
評価部材 (赤枠部)		
ばね定数	$9.6 \times 10^6$ [kN/m]	$6.8 \times 10^6$ [kN/m]

#### 4.1.3 既工認におけるばね定数算出方法

既工認では、サラバネ及びロッドを主たる支持部材と考え、第4.1.3-1図に示すようなばね定数算出モデルを設定している。

サラバネ( $K_S$ )及びロッド( $K_R$ )について、R P Vスタビライザ 1 基の片側分のばね定数( $K_{1\text{half}}$ )を直列ばねで定義して以下となる。

$$K_{1\text{half}} = \frac{K_S \cdot K_R}{K_S + K_R}$$

R P Vスタビライザ 1 基の両側分のばね定数( $K_1$ )を片側分のばね定数( $K_{1\text{half}}$ )の並列ばねで定義して以下となる。

$$K_1 = K_{1\text{half}} + K_{1\text{half}} = \frac{2 \cdot K_S \cdot K_R}{K_S + K_R}$$

R P Vスタビライザ 8 基分の全体でのばね定数 ( $K$ ) を荷重-変位の関係から算出する。第4.1.3-2図のとおり R P Vスタビライザに強制変位  $x$  を負荷した場合に強制変位と同じ方向に生じる全体荷重  $W$  を算出する。

$90^\circ$  及び  $270^\circ$  の位置に設置された R P Vスタビライザに生じる荷重を  $W_1$ 、 $45^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $225^\circ$  及び  $315^\circ$  の位置に設置された R P Vスタビライザに生じる荷重を  $W_2'$  とし、荷重  $W_2'$  の強制変位  $x$  と同じ方向の分力を  $W_2$  とする。

強制変位  $x$  を負荷したときの  $45^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $225^\circ$  及び  $315^\circ$  の位置に設置され

たRPVスタビライザに生じる接線方向の変位は  $x \cdot \cos \alpha$  であることから、荷重  $W_2'$  は以下のとおりとなる。

$$W_2' = K_1 \cdot x \cdot \cos \alpha$$

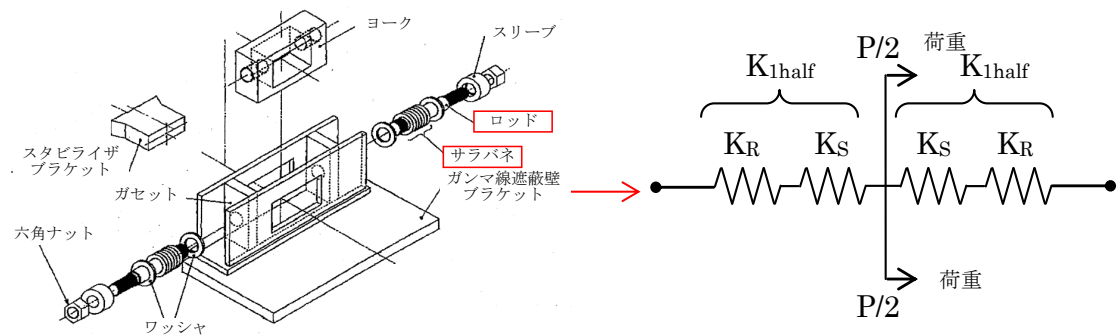
第4.1.3-2図内の拡大図の関係から強制変位  $x$  と同じ方向の分力  $W_2$  は以下のとおりとなる。

$$W_2 = W_2' \cos \alpha = K_1 \cdot x \cdot \cos^2 \alpha$$

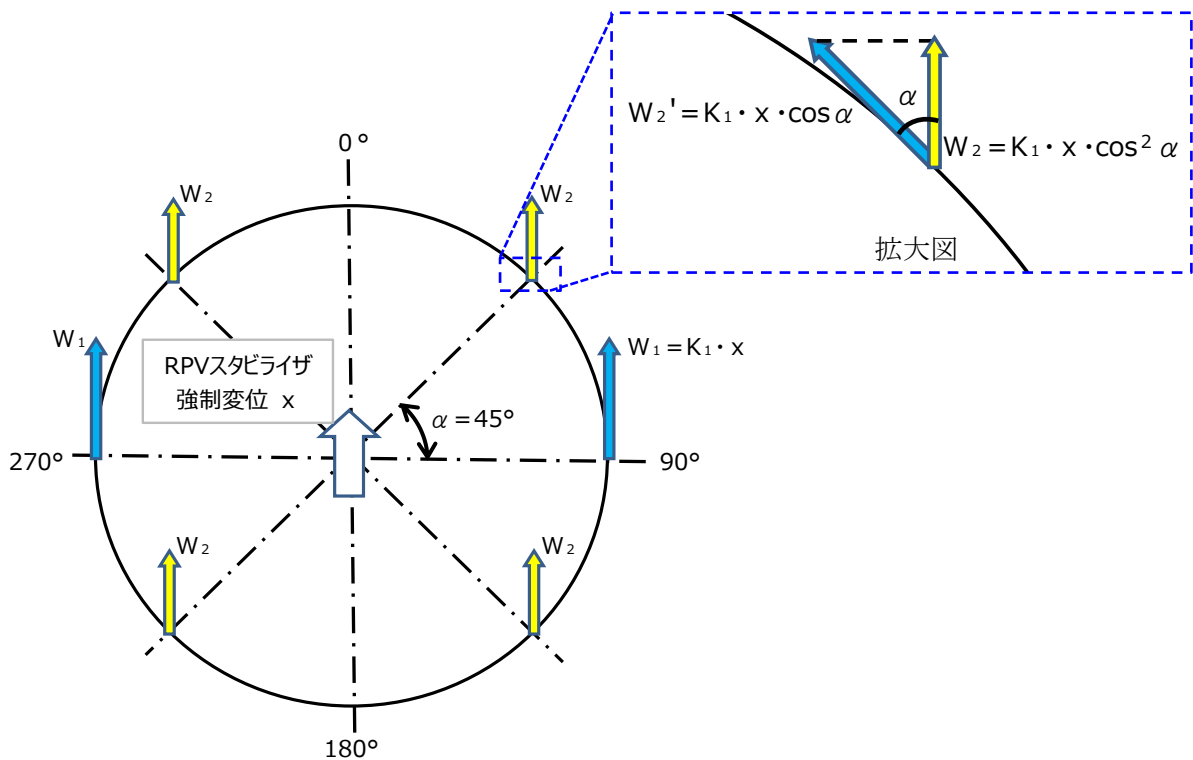
従って、RPVスタビライザ全体のばね定数 ( $K$ ) は以下のとおりとなる。

$$W = 2 \cdot W_1 + 4 \cdot W_2 = 2 \cdot (K_1 \cdot x) + 4 \cdot (K_1 \cdot x \cdot \cos^2 \alpha) = 4 \cdot K_1 \cdot x$$

$$K = \frac{W}{x} = 4 K_1 = 4 \cdot \frac{2 \cdot K_S \cdot K_R}{K_S + K_R} = \frac{8 \cdot K_S \cdot K_R}{K_S + K_R}$$



第 4.1.3-1 図 既工認におけるばね定数算出モデル



第 4.1.3-2 図 水平荷重の分配

#### 4.1.4 今回工認におけるばね定数算出方法

##### (1) R P Vスタビライザのばね定数算出方法

今回工認においては、サラバネ及びロッドの他にR P Vからの外力の支持に寄与する部材を評価対象範囲に追加する。今回工認におけるばね定数算出モデルを第 4.1.4-4 図に示す。サラバネ( $K_S$ )及びロッド ( $K_R$ )に加え、ガセット( $K_G$ )、ヨーク(引張方向 $K_{YT}$ 、圧縮方向 $K_{YC}$ )、スリーブ( $K_{SL}$ )、六角ナット( $K_H$ )、ワッシャ( $K_W$ )について、R P Vスタビライザ1基の片側分のばね定数( $K_{1half}$ )を直列ばねで定義して以下のように表す。(2)にて各評価部材のばね定数の算出方法を示し、算出結果を第 4.1.4-1 表に示す。なお、縦弾性係数は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版を含む)) (以下「JSME2005/2007年版」という。))の値を用いる。

$$K_{1half(T)} = \frac{1}{\frac{1}{K_H} + \frac{1}{K_{SL}} + \frac{1}{K_W} + \frac{1}{K_S} + \frac{1}{K_R} + \frac{1}{K_G} + \frac{1}{K_{YT}}} \quad (\text{引張側})$$

$$K_{1half(C)} = \frac{1}{\frac{1}{K_H} + \frac{1}{K_{SL}} + \frac{1}{K_W} + \frac{1}{K_S} + \frac{1}{K_R} + \frac{1}{K_G} + \frac{1}{K_{YC}}} \quad (\text{圧縮側})$$

また、R P Vスタビライザ1基の両側分のばね定数 ( $K_1$ ) を片側分のばね定数の並列ばね及びガンマ線遮蔽壁ブラケット ( $K_B$ )、シム ( $K_{SM}$ ) の直列ばねで定義して以下のように表す。

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{K_{1half(T)} + K_{1half(C)}} + \frac{1}{K_B} + \frac{1}{K_{SM}}}$$

8基分全体でのばね定数は次式のように表される。

$$K = 4K_1 = \frac{4}{\frac{1}{K_{1half(T)} + K_{1half(C)}} + \frac{1}{K_B} + \frac{1}{K_{SM}}}$$

ここで、

- $K$  : R P Vスタビライザ8基分のばね定数
- $K_1$  : R P Vスタビライザ1基分のばね定数
- $K_{1half}$  : R P Vスタビライザ1基分(片側分)のばね定数
- $K_S$  : サラバネのばね定数
- $K_R$  : ロッドのばね定数
- $K_G$  : ガセットのばね定数
- $K_{YT}$  : ヨークのばね定数(引張方向)
- $K_{YC}$  : ヨークのばね定数(圧縮方向)
- $K_{SL}$  : スリーブのばね定数

- $K_H$  : 六角ナットのばね定数
- $K_W$  : ワッシャのばね定数
- $K_B$  : ガンマ線遮蔽壁ブラケットのばね定数
- $K_{SM}$  : シムのばね定数

である。

(2) 評価部材のばね定数算出方法

a. サラバネ

メーカ試験結果よりサラバネ一枚あたりのばね定数は  [kgf/mm] である。

R P Vスタビライザの片側にサラバネは並列ばねになるように  枚重ねているので、片側全体のばね定数はこれらの積で算出する。

b. ロッド

ロッドの軸方向ばね定数は、以下の式に基づき算出する。

$$K_R = \frac{E}{\frac{L_{R1}}{A_{R1}} + \frac{L_{R2}}{A_{R2}}}$$

ここで、

$A_{R1}$  : 丸棒部断面積

$A_{R2}$  : ねじ部断面積

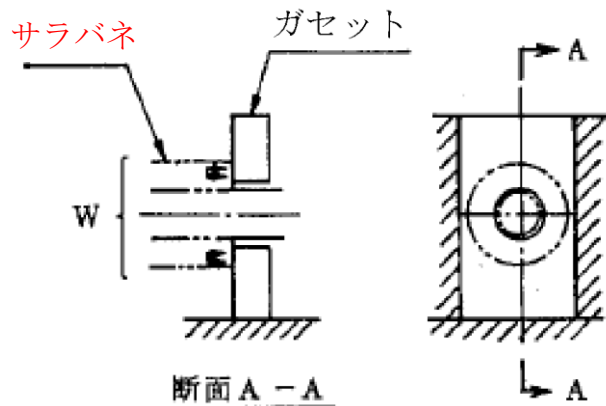
$L_{R1}$  : 丸棒部長さ

$L_{R2}$  : 丸棒部先端～スリーブの六角ナット側端面の距離

$E$  : 縦弾性係数

c. ガセット

ガセットは、第 4.1.4-1 図に示す計算モデルを用いて F E M解析による荷重-変位関係から算出する。

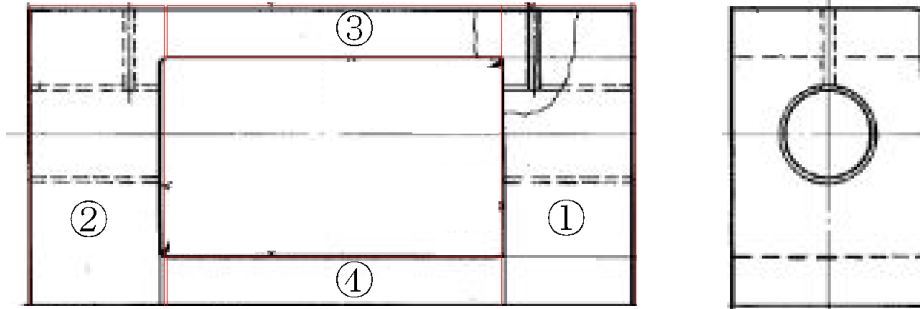


第 4.1.4-1 図 ガセットの構造

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。

d. ヨーク

ヨークのばね定数は、第 4. 1. 4-2 図のとおり分割した①～④のそれぞれのばね定数を計算し、直列ばねとして引張ばね定数 ( $K_{YT}$ ) と圧縮ばね定数 ( $K_{YC}$ ) を算出する。



第 4. 1. 4-2 図 ヨークのばね定数算出のための計算モデル分割

i) 引張

ヨークの引張によるばね定数は、以下の式に基づき算出する。

$$K_{YT} = \frac{1}{\frac{1}{K_{YS1}} + \frac{1}{K_{YTE}} + \frac{2}{K_{YB}} + \frac{2}{K_{YS2}}}$$

ここで、

$K_{YS1}$  : ①及び②のねじ部のせん断によるばね定数 ( $= \frac{A_{YS1} \cdot G_Y}{R_Y}$ )

$A_{YS1}$  : ①及び②のねじ穴側面積

$R_Y$  : ねじ穴半径

$G_Y$  : せん断弾性係数

$K_{YTE}$  : ③及び④の引張りによるばね定数 ( $= \frac{A_{YTE} \cdot E}{L_{YTE}}$ )

$A_{YTE}$  : ③及び④の断面積

$L_{YTE}$  : ③及び④の長さ

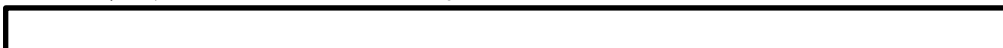
$K_{YB}$  : ①及び②の曲げによるばね定数



$I$  : 断面二次モーメント

$E$  : 縦弾性係数

以下は、第 4. 1. 4-3 図を参照。



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。



$K_{YS2}$  : ①及び②の板部のせん断によるばね定数



$t_Y$  : ①及び②の板部の長さ

$G_Y$  : せん断弾性係数

$I$  : 断面二次モーメント



第 4.1.4-3 図 ①及び②の曲げによるばね定数計算モデル

ii) 圧縮

ヨークの圧縮によるばね定数は、以下の式に基づき算出する。

$$K_{YC} = K_{YS1}$$

e. スリーブ

スリーブの軸方向ばね定数は、以下の式に基づき算出する。

$$K_{SL} = \frac{E}{\frac{L_{SL1}}{A_{SL1}} + \frac{L_{SL2}}{A_{SL2}}}$$

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。

ここで、

- $A_{SL1}$  : 座繰り穴側断面積
- $A_{SL2}$  : 貫通穴側断面積
- $L_{SL1}$  : 座繰り穴深さ
- $L_{SL2}$  : 貫通穴深さ
- $E$  : 縦弾性係数

f. 六角ナット

六角ナットのせん断によるばね定数は、以下の式に基づき算出する。

$$K_H = \frac{A_H \cdot G_H}{R_H}$$

ここで、

- $A_H$  : ねじ穴側面積
- $R_H$  : 穴の半径
- $G_H$  : せん断弾性係数

g. ワッシャ

ワッシャの軸方向ばね定数は、以下の式に基づき算出する。

$$K_W = \frac{A_W \cdot E}{L_W}$$

ここで、

- $A_W$  : 断面積
- $L_W$  : 板厚
- $E$  : 縦弾性係数

h. ガンマ線遮蔽壁ブラケット

ガンマ線遮蔽壁ブラケットによるばね定数は、以下の式に基づき算出する。

$$K_B = \frac{A_B \cdot G_B}{L_B}$$

ここで、

- $A_B$  : 断面積
- $L_B$  : ガンマ線遮蔽壁～RPVスタビライザ端部の距離
- $G_B$  : せん断弾性係数

i. シム

シムの軸方向ばね定数は、以下の式に基づき算出する。

$$K_{SM} = \frac{A_{SM} \cdot E}{t_{SM}}$$

ここで、

$A_{SM}$  : 断面積

$t_{SM}$  : 厚さ

$E$  : 縦弾性係数

(3) R P Vスタビライザのばね定数算出結果

(2)で算出した各部材のばね定数並びに(1)で算出したR P Vスタビライザ1基及び全体のばね定数の算出結果を下表に示す。

第 4.1.4-1 表 各部材のばね定数

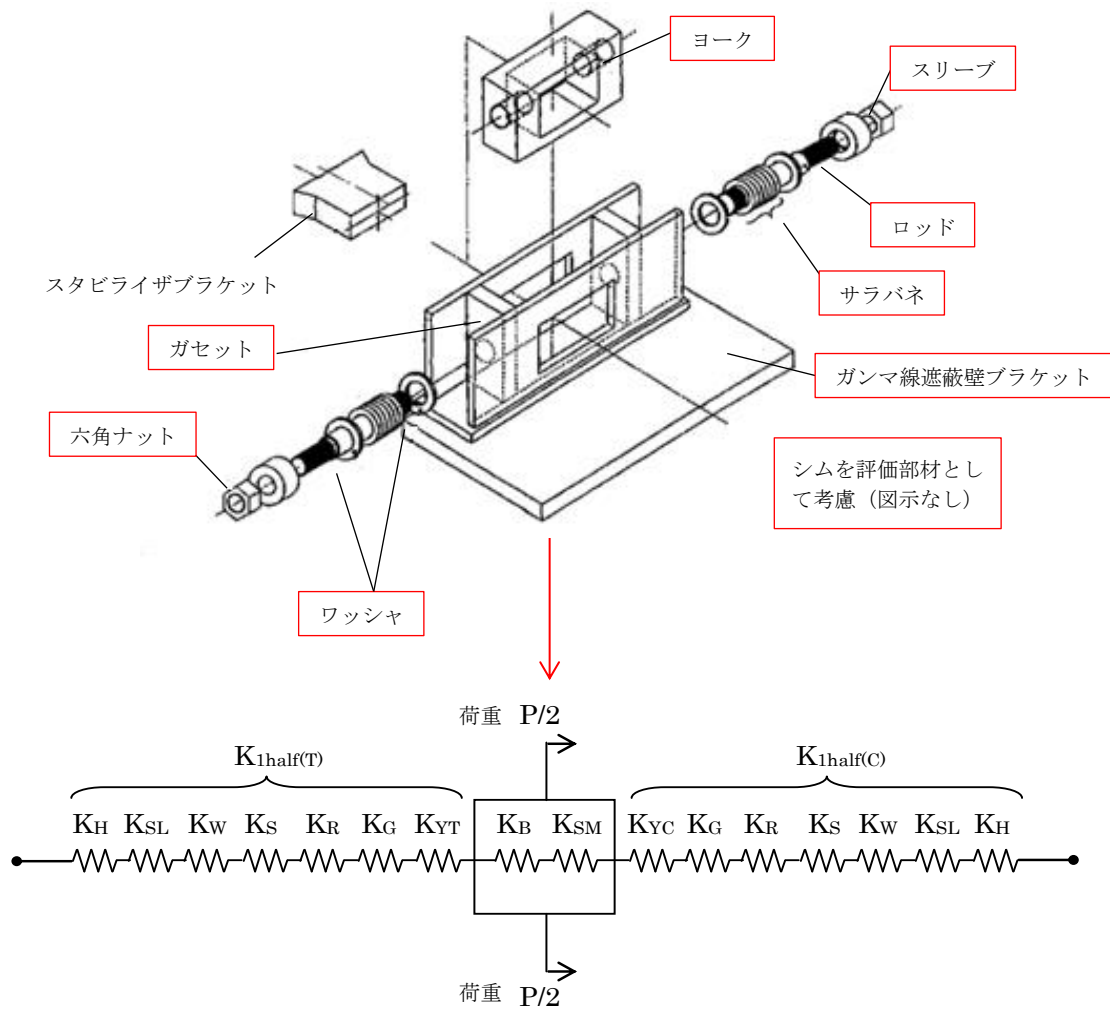
[単位：kN/m]

R P Vスタビライザの部材	既工認	今回工認
サラバネ ( $K_S$ )	$1.8 \times 10^6$ ※	$2.3 \times 10^6$
ロッド ( $K_R$ )	$3.7 \times 10^6$	$3.3 \times 10^6$
ガセット ( $K_G$ )	—	$3.3 \times 10^7$
ヨークのばね定数 (引張方向) ( $K_{YT}$ )	—	$4.3 \times 10^6$
ヨークのばね定数 (圧縮方向) ( $K_{YC}$ )	—	$6.7 \times 10^7$
スリーブのばね定数 ( $K_{SL}$ )	—	$7.1 \times 10^7$
六角ナットのばね定数 ( $K_H$ )	—	$4.0 \times 10^7$
ワッシャのばね定数 ( $K_W$ )	—	$5.8 \times 10^8$
ガンマ線遮蔽壁ブラケット ( $K_B$ )	—	$8.8 \times 10^6$
シムのばね定数 ( $K_{SM}$ )	—	$2.8 \times 10^8$
R P Vスタビライザ1基分のばね定数	$2.4 \times 10^6$	$1.7 \times 10^6$
R P Vスタビライザ全体のばね定数	$9.6 \times 10^6$	$6.8 \times 10^6$

※ 計画時の枚数 (片側  枚) から算出している。

前述の計算結果に基づき、R P Vスタビライザのばね定数を  $6.8 \times 10^6$  [kN/m]と設定する。なお、既工認と比べて今回工認のばね定数が小さくなっているが、今回工認ではガセット、ヨーク、スリーブ、六角ナット、ワッシャ、ガンマ線遮蔽壁ブラケット、シムの剛性を考慮して、直列ばね成分が増えたことにより全体のばね定数が低下した。



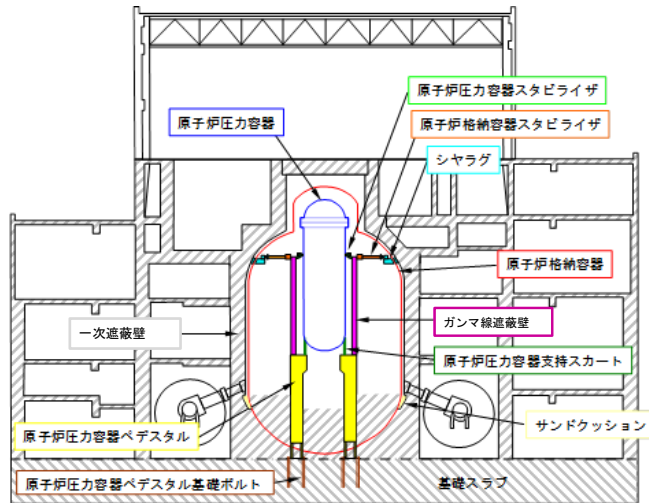


第 4.1.4-4 図 今回工認におけるばね定数算出モデル

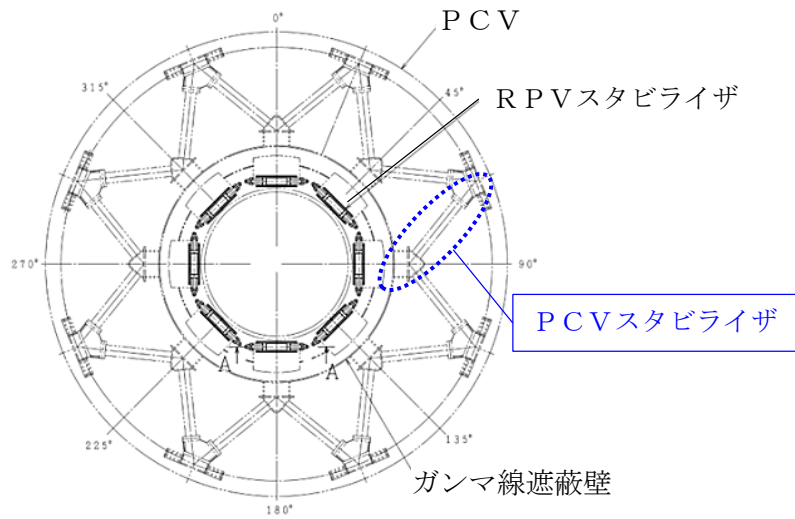
## 4.2 PCVスタビライザ

### 4.2.1 PCVスタビライザの構造

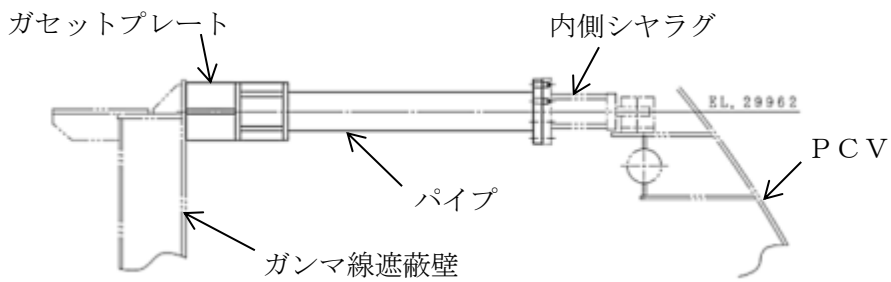
PCVスタビライザはガンマ線遮蔽壁外側上部に溶接で固定されたトラス状の構造物であり、多角形配置のシャラグを介してガンマ線遮蔽壁に作用する水平地震荷重をPCVに伝達する機能を有する。PCVスタビライザの概略図を第4.2.1-1 図に示す。PCVスタビライザの構成部材としては、円筒形状のパイプ、ガンマ線遮蔽壁との取り付け部であるガセットプレート、PCVとの取り付け部である内側シャラグからなる。ガセットプレートとガンマ線遮蔽壁の取付け部及び内側シャラグの構造を第4.2.1-2 図に示す。



原子炉建物全体模式図

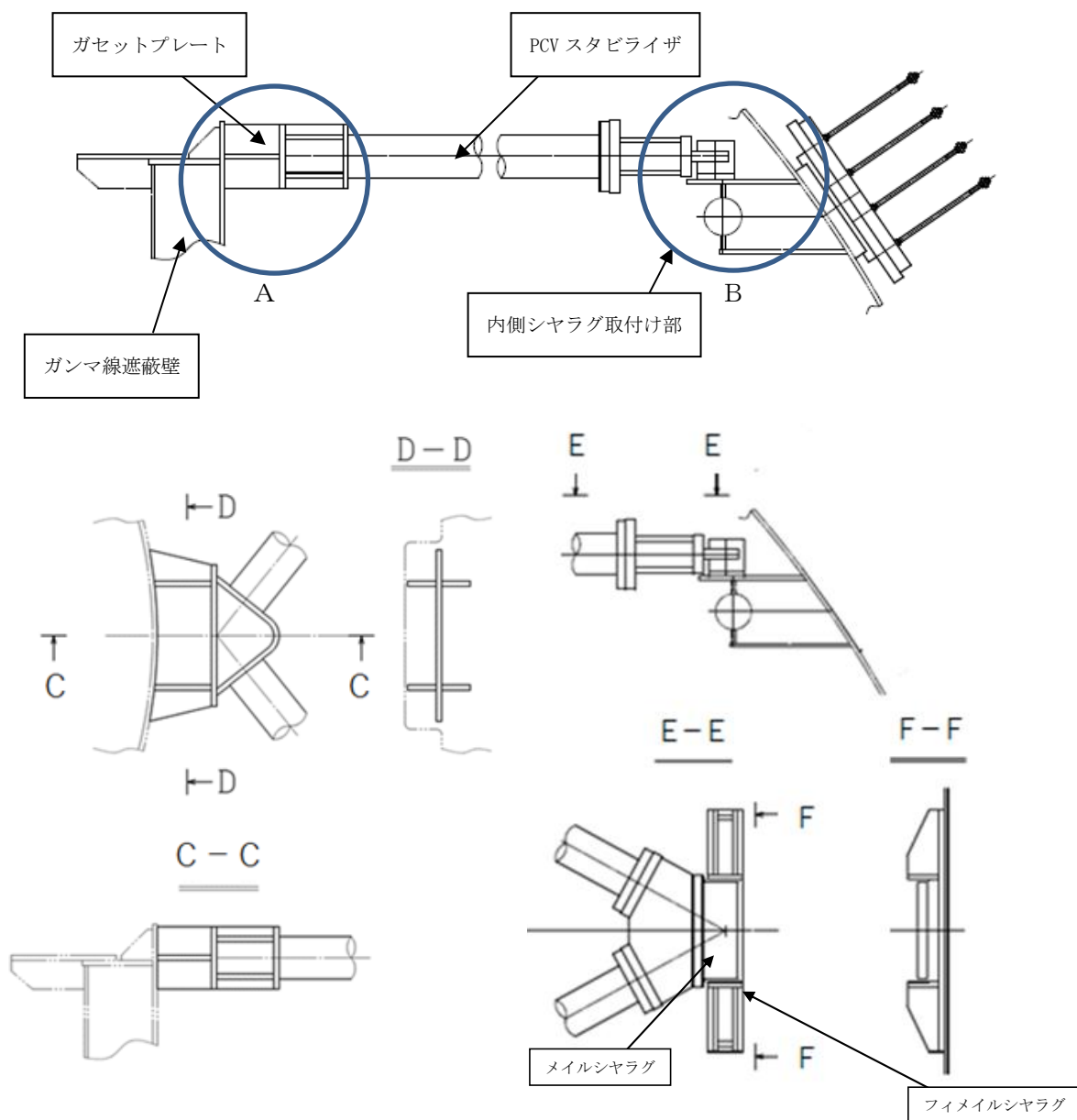


PCV平面図



PCVスタビライザ構造図

第 4.2.1-1 図 PCVスタビライザ概略図



ガセットプレート拡大図 (A部)

内側シヤラグ取付け部拡大図 (B部)

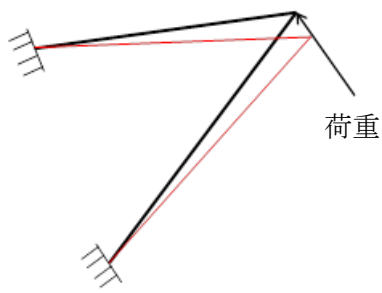
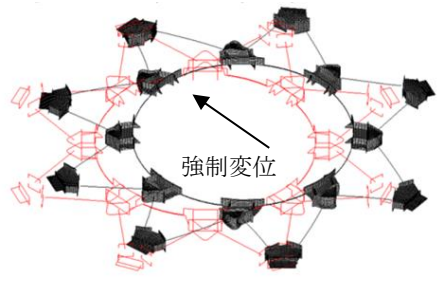
第 4.2.1-2 図 ガセットプレートとガンマ線遮蔽壁の取付け部及び内側シヤラグ構造

#### 4.2.2 既工認と今回工認での変更点

PCVスタビライザばね定数について、既工認からの変更点を第4.2.2-1表に示す。既工認では、PCVスタビライザの剛性に最も大きく寄与するパイプをモデル化対象として、1対のトラス(パイプ2本)の荷重-変位関係によりばね定数を算定している。今回工認では、取り合い部であるガセットプレート及び内側シヤラグについてもモデル化対象に含め、最新の許認可手法に合わせて全体系モデルによるFEM解析を適用し、より実現象に即したばね定数を算定する。

全体系モデルによるFEM解析手法は、東海第二の新規制工認にてPCVスタビライザのばね定数算出にて適用実績があり、また、大間1号炉建設工認にて同様な多角形配置の構造物である制御棒駆動機構ハウジングレストレントビームのばね定数算出にて適用実績がある。

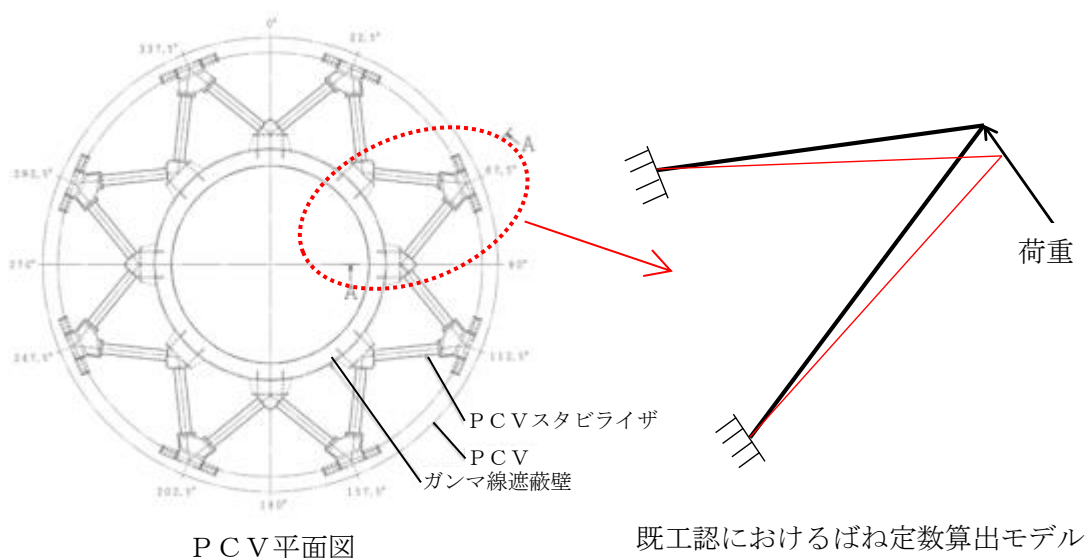
第4.2.2-1表 PCVスタビライザの変更点

	既工認	今回工認
計算方法	手計算 (1対のトラス(パイプ2本)の荷重-変位関係により算出)	FEM解析 (固定部のガセットプレート及び内側シヤラグをモデル化した全体モデルの荷重-変位関係により算出)
評価モデル		
ばね定数	$5.3 \times 10^6$ (kN/m)	$3.5 \times 10^6$ (kN/m)

#### 4.2.3 既工認におけるばね定数算出方法

##### 4.2.3.1 計算モデルの範囲

既工認におけるばね定数算出のモデル化範囲を第4.2.3.1-1図に示す。PCVスタビライザのうち、1対のトラス(パイプ2本)についてモデル化し、パイプの断面剛性を設定したトラスでの荷重-変位関係からばね定数を算出する。



第4.2.3.1-1図 既工認におけるばね定数算出のモデル化範囲

#### 4.2.3.2 算出方法

既工認におけるばね定数算出モデルを第4.2.3.2-1図に示す。1対のトラス（パイプ2本）において、水平方向荷重による変位量 $\delta$ が生じた際の荷重及び変位の算出式は以下となる。

$$\delta 1 = \delta \sin \theta$$

$$F = \sigma \cdot A = E \cdot \frac{\delta 1}{L} \cdot A$$

$$W = 2 \cdot F \cdot \sin \theta$$

ここで、

$\delta$  : トラスの荷重方向の変位

$\delta 1$  : トラスの長さ方向の変位

$\theta$  : パイプ角度

$W$  : 1対のトラスに生じる荷重

$F$  : パイプに生じる荷重

$E$  : 縦弾性係数

$L$  : パイプの長さ

$A$  : パイプの断面積

上記の式より、1対のトラス（パイプ2本）における荷重－変位関係の式は以下となる。

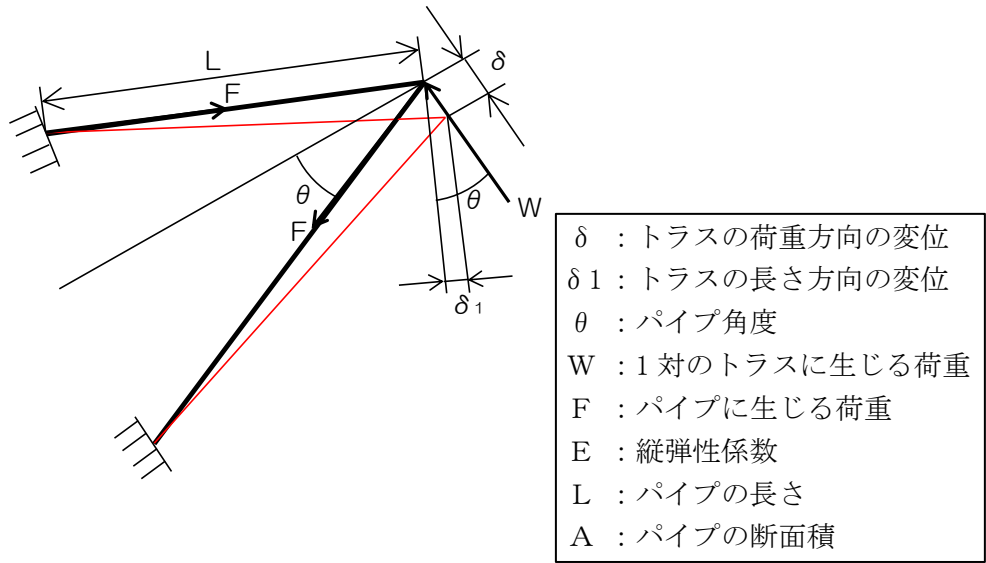
$$W = 2 \cdot E \cdot \frac{\delta 1}{L} \cdot A \cdot \sin \theta = 2 \cdot \frac{EA}{L} \cdot \sin^2 \theta \cdot \delta$$

よって、1対のトラス（パイプ2本）におけるばね定数( $K_1$ )は以下となる。

$$K_1 = \frac{W}{\delta} = 2 \cdot \frac{EA}{L} \cdot \sin^2 \theta$$

以上より、PCVスタビライザ全体でのばね定数( $K$ )は以下となる。

$$K = 4K_1 = 4 \cdot 2 \cdot \frac{EA}{L} \cdot \sin^2 \theta = 8 \cdot \frac{EA}{L} \cdot \sin^2 \theta$$



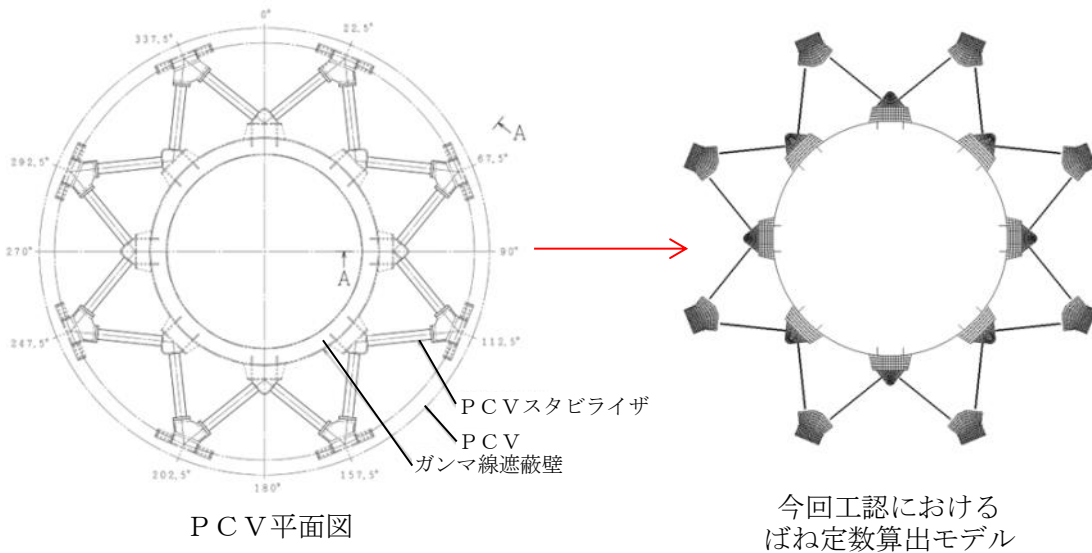
第 4.2.3.2-1 図 既工認におけるばね定数算出モデル

#### 4.2.4 今回工認におけるばね定数算出方法

##### 4.2.4.1 解析モデルの範囲

今回工認におけるばね定数算出モデルを第 4.2.4.1-1 図に示す。PCV スタビライザの構成部材であるパイプ、ガセットプレート及び内側シヤラグを 360° 全体でモデル化する。

なお、今回評価に用いる FEM 解析には「NASTRAN Ver. 2005」を使用する。



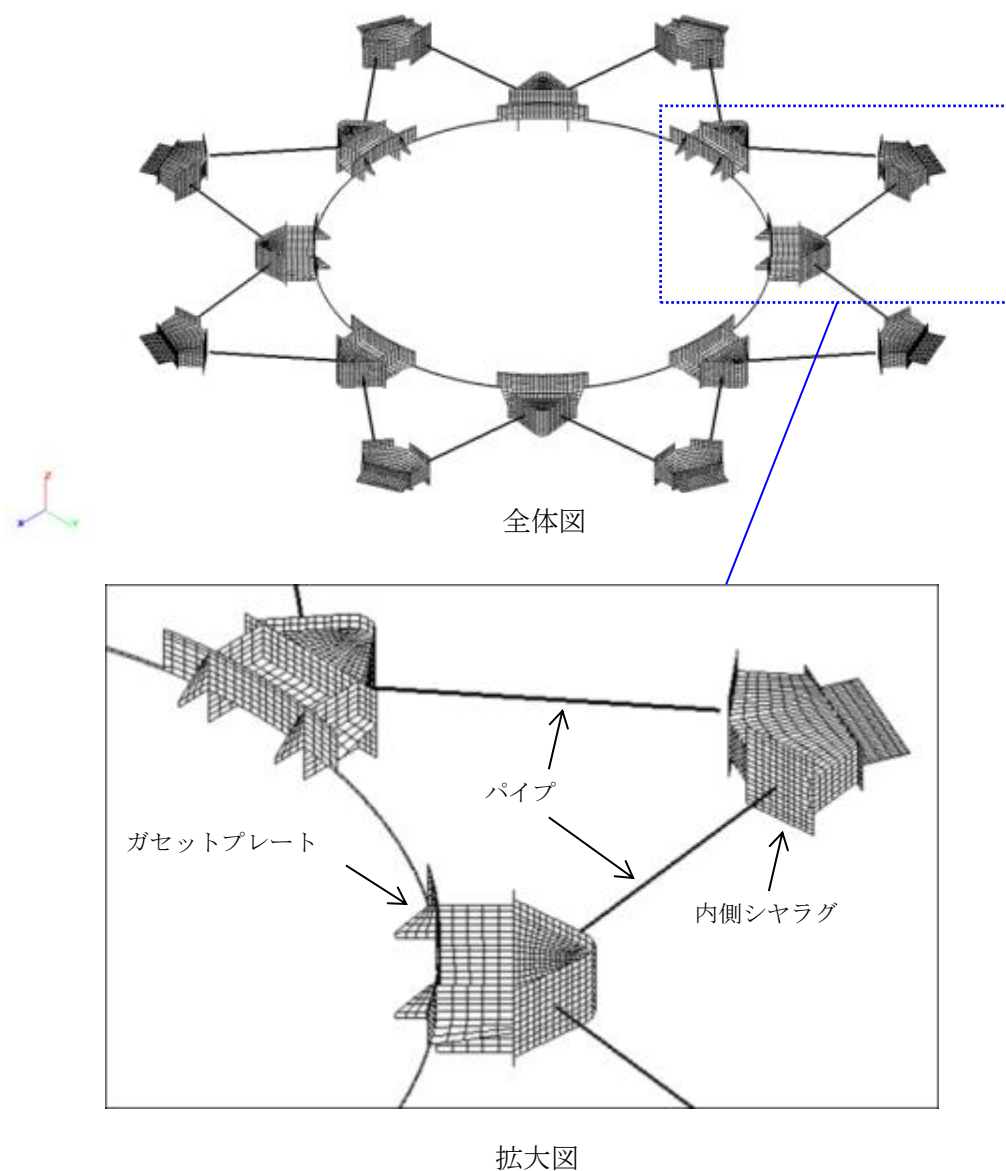
第 4.2.4.1-1 図 今回工認におけるばね定数算出のモデル化範囲

#### 4.2.4.2 解析モデル

解析モデルの諸元を第4.2.4.2-1表に、解析モデル図を第4.2.4.2-1図に示す。パイプは断面特性を考慮したビーム要素、ガセットプレート及び内側シヤラグはシェル要素によりモデル化する。

第4.2.4.2-1表 FEM解析モデルの諸元

節点数	要素数	使用要素タイプ	
		パイプ	ビーム要素
19,336	18,768	ガセットプレート	シェル要素
		内側シヤラグ	



第4.2.4.2-1図 PCVスタビライザ解析モデル



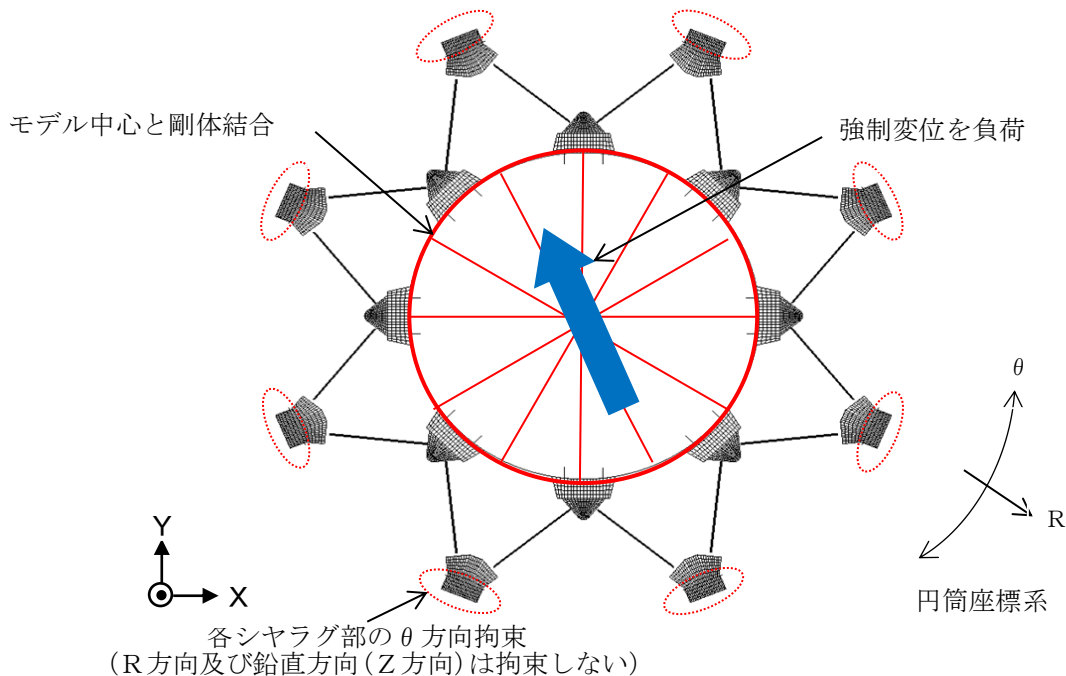
#### 4.2.4.3 解析条件

解析モデルの境界条件及び負荷条件を第 4.2.4.3-1 図に示す。ガンマ線遮蔽壁とガセットプレート境界条件はモデル中心と剛体結合として定義し、剛体結合されたモデル中心に強制変位を対角の位置にある内側シヤラグを結んだ線上に負荷する。なお、周方向に等間隔で設置された P C V スタビライザ 8 基で荷重を負担するため、ばね定数は強制変位を負荷する方向によらず一定の値となる。内側シヤラグと P C V との境界条件は、メイルシヤラグがフィメールシヤラグと嵌め合い構造となっていることから、円筒座標系の R 方向及び鉛直方向 (Z 方向) は拘束せず、 $\theta$  方向を拘束する。

P C V スタビライザの各構成部材の材質及び材料物性を第 4.2.4.3-1 表に示す。縦弾性係数は、JSME2005/2007 年版の値を用いる。

第 4.2.4.3-1 表 各構成部材の材質及び材料物性

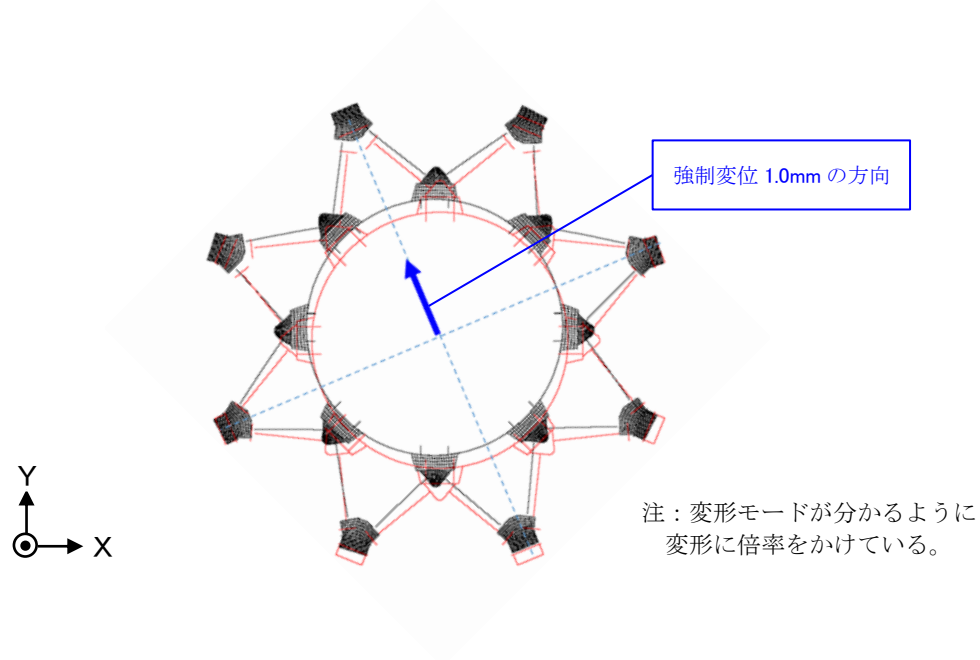
構成部材	材質	縦弾性係数 E (MPa)	ポアソン比 $\nu$
パイプ	STS410(STS42)	$2.01 \times 10^5$	0.3
ガセットプレート	SM400B(SM41B)	$2.01 \times 10^5$	0.3
内側シヤラグ	SGV480(SGV49)	$2.01 \times 10^5$	0.3



第 4.2.4.3-1 図 境界条件及び負荷条件

#### 4.2.4.4 解析結果

強制変位を負荷させた際の変形図を第4.2.4.4-1図に示す。この図では変形前の形状を赤線、変形後の形状を黒線で示す。荷重は、剛体結合されたモデル中心の反力として算出する。この解析結果から得た荷重-変位関係から、P C Vスタビライザのばね定数を  $3.5 \times 10^6$  [kN/m] と設定する。



第4.2.4.4-1図 変形図

#### 4.2.4.5 ばね定数低下に係る要因の考察

##### 4.2.4.5.1 要因考察

既工認と比べて今回工認（FEM解析）のばね定数が低下した要因を考察するため、部材の剛性の考慮有無や結合方法等を変更した参考モデル（I-1、2及びII）を用いてばね定数を算出した。

要因の考察に用いた解析モデルの概要を第4.2.4.5.1-1表に示す。また、各解析モデルにより算出されたばね定数を第4.2.4.5.1-1図に示す。

第4.2.4.5.1-1表 ばね定数低下の要因  
解析モデルの概要

モデル名称	参考モデルI-1	参考モデルI-2	参考モデルII	今回工認モデル
モデル概要	既工認のトラス1対モデルをFEMモデルで再現したモデル	トラス1対について、ガセットプレート及び内側シヤラグを剛体として考慮し、パイプの曲げ及びせん断剛性を考慮したモデル	トラス1対について、パイプの曲げ及びせん断剛性に加え、ガセットプレート及び内側シヤラグの剛性を考慮したモデル	全トラスについて、パイプの曲げ及びせん断剛性と、ガセットプレート及び内側シヤラグの剛性を考慮したモデル
ガセットプレート／内側シヤラグ	—	剛体	剛性考慮	剛性考慮
パイプとの取り付け部	ピン結合	剛結合	剛結合	剛結合
パイプ	軸変形を考慮 (長さ L=3749mm)	軸変形、曲げ、せん断を考慮 (長さ L=2574.1mm)	軸変形、曲げ、せん断を考慮 (長さ L=2574.1mm)	軸変形、曲げ、せん断を考慮 (長さ L=2574.1mm)
解析モデル図				

#### 《解析結果の考察》

##### ① 既工認と参考モデルI-1の比較・考察

参考モデルI-1により算出されたばね定数は既工認と同値であるため、FEM解析モデルは既工認の計算モデルと同等である。

##### ② 参考モデルI-1と参考モデルI-2の比較・考察

参考モデルI-2では、ガセットプレート及び内側シヤラグを剛体としてモデル化したことによりパイプ長が短くなったため、ばね定数の値が参考モデルI-1より大きくなる。

##### ③ 参考モデルI-2と参考モデルIIの比較・考察

参考モデルIIでは、ガセットプレート及び内側シヤラグに剛性を考慮することにより、ばね定数の値が参考モデルI-2より小さくなる。

##### ④ 参考モデルIIと今回工認モデルの比較・考察

本来ガセットプレートは隣り合うパイプの荷重を受け持つこととなるが

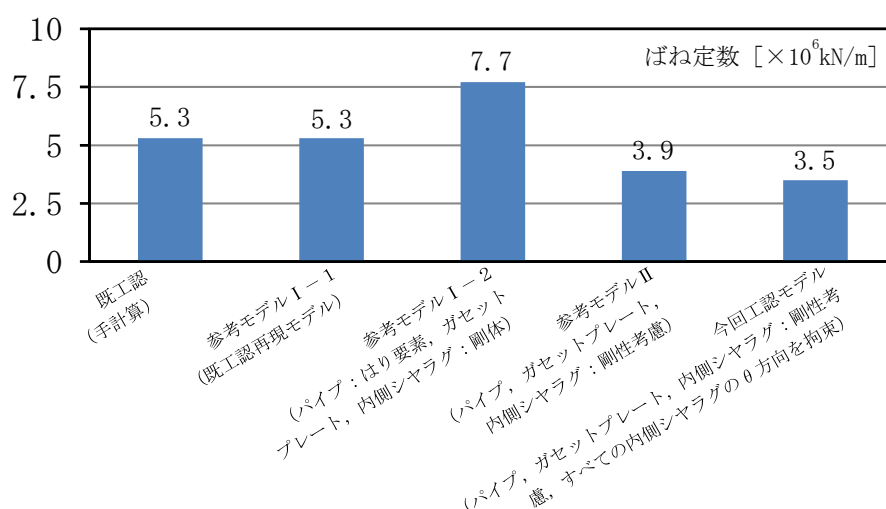
(第 4.2.4.5.1-2 図 (b) 参照), 参考モデルⅡでは, 1 対のトラスのみの荷重を受け持つモデル化を行っており(第 4.2.4.5.1-2 図(a)参照), 隣り合うパイプからの荷重を考慮していない。このためガセットプレートの変形が小さくなり,ばね定数の値が今回工認モデルより大きくなる。

PCVスタビライザを構成する各部材の剛性を考慮することにより, 現実的なばね定数を算出した。その中でも, ガセットプレート及び内側シヤラグの剛性を考慮したことが, ばね定数低下に大きく寄与している。

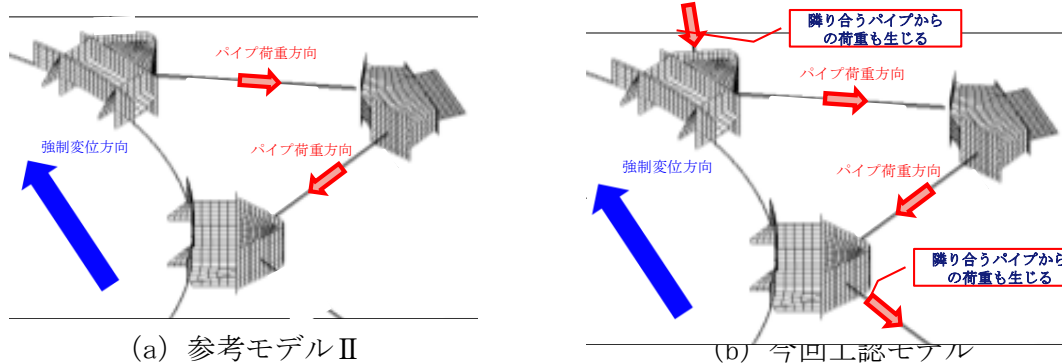
以上の考察より, 今回工認のばね定数は妥当なものであることを確認した。

[単位:  $\times 10^6 \text{kN/m}$ ]

項目	既工認	参考モデルⅠ-1	参考モデルⅠ-2	参考モデルⅡ	今回工認モデル
トラス 1 対	1.3	1.3	1.9	1.0	—
全体 (トラス 8 対)	5.3	5.3	7.7	3.9	3.5



第 4.2.4.5.1-1 図 各解析モデルのばね定数



第 4.2.4.5.1-2 図 参考モデルⅡと今回工認モデルの荷重伝達

5. 構造物間ばね定数の設定（既工認から変更ない部位）

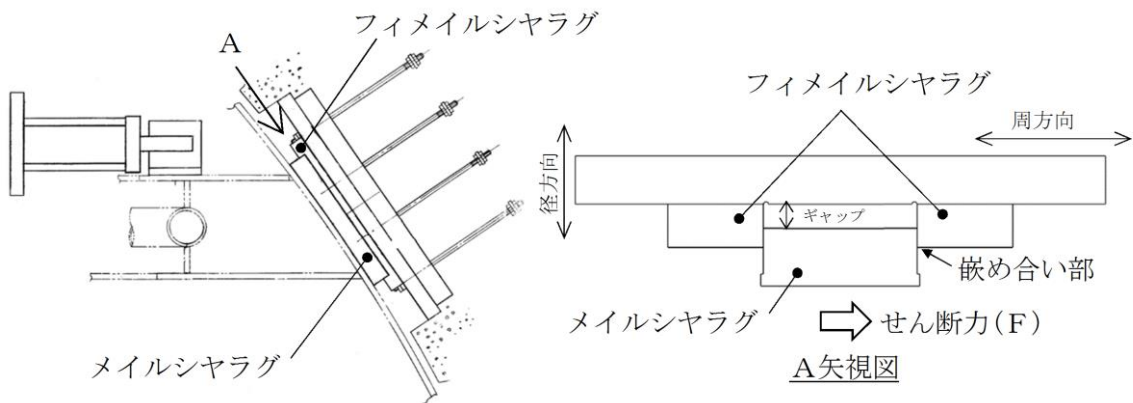
既工認からばね定数の算出方法に変更がない部位のうち、主要部位であるシヤラグ及び制御棒駆動機構ハウジングレストレントビームを代表としてばね定数の算出方法を説明する。

なお、縦弾性係数は建設時の適用基準（昭和 55 年通商産業省告示第 501 号）の値を用いる。

5.1 シヤラグ

5.1.1 シヤラグの構造

シヤラグは、ドライウエル上部に周方向に 8 箇所設置され、PCV 外側のメイルシヤラグが原子炉建物側のフィメイルシヤラグと嵌め合い構造となっており、水平方向のうち PCV 周方向の変位を拘束し、径方向変位は拘束されない構造である。（第 5.1.1-1 図参照）



第 5.1.1-1 図 シヤラグ概要図

5.1.2 ばね定数の算出方法

シヤラグのばね定数は、せん断荷重から求めた荷重－変位の関係により算出する。なお、シヤラグのばね定数算出方法について、既工認から変更はない。

せん断力(F)を受ける際のせん断変形の式から求める荷重－変位関係より、第 5.1.2-1 図に示すメイルシヤラグ及びフィメイルシヤラグの各部に対するシヤラグ 1 基分のばね定数 (k) を算出する。

$$v = \frac{1}{G} \int_0^x \left( \frac{\kappa \cdot F}{A} \right) dx = \frac{\kappa \cdot F}{G} \left( \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{l_3}{A_3} \right)$$

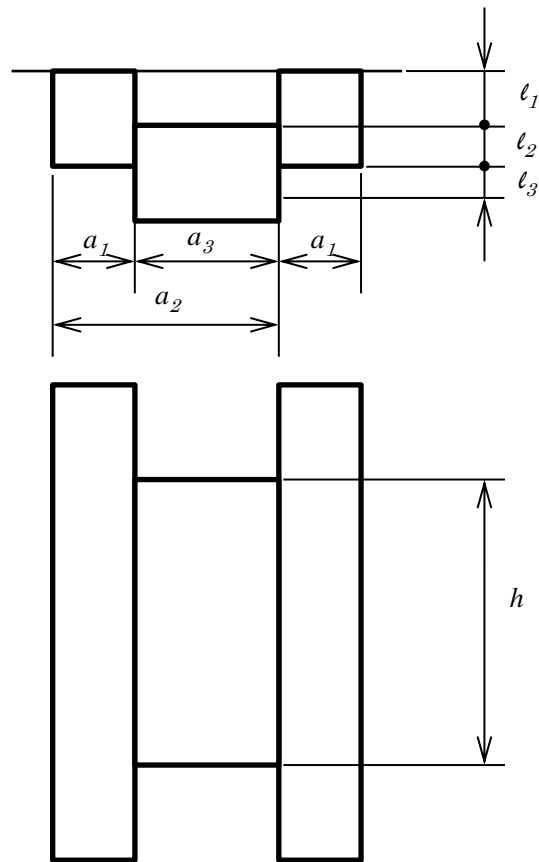
$$k = \frac{F}{v} = \frac{G}{\kappa} \left( \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{l_3}{A_3} \right)^{-1}$$

よって、シヤラグ 8 基全体のばね定数 (K) は円周状にシヤラグが配置されていることから、次のとおりとなる。

$$K = 4 \cdot k$$

ここで,

- $v$  : せん断ひずみ
- $G$  : せん断弾性係数
- $\kappa$  : 断面の形状係数
- $a_1$  : フィメイルシヤラグの幅
- $a_2$  :  $a_1 + a_3$
- $a_3$  : メールシヤラグの幅
- $l_1$  : フィメイルシヤラグの長さ
- $l_2$  : シヤラグ接触面の長さ
- $l_3$  : メールシヤラグの長さ
- $h$  : シヤラグ接触面の長さ
- $A_1$  : フィメイルシヤラグの断面積 ( $= a_1 h$ )
- $A_2$  :  $A_1 + A_3$  ( $= a_2 h$ )
- $A_3$  : メールシヤラグの断面積 ( $= a_3 h$ )



第 5.1.2-1 図 シヤラグばね定数算出概念図

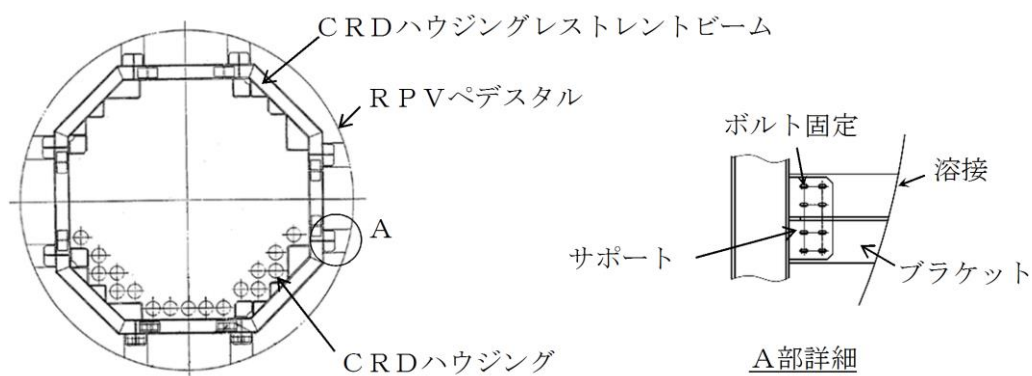
## 5.2 制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム

### 5.2.1 制御棒駆動機構ハウジングレストレントビームの構造

制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム（以下「CRDハウジングレストレントビーム」という。）は、8箇所ブラケットでRPVペデスタルと溶接により固定された構造物であり、構成部材としてはCRDハウジングレストレントビーム、サポート、ブラケットからなる。

CRDハウジングレストレントビームは、CRDハウジングの水平方向地震荷重を受けるが、CRDハウジングレストレントビームはCRDハウジングを接触のみで支持しているため、圧縮方向の荷重は伝達するが引張方向の荷重は伝達しない構造である。

CRDハウジングレストレントビームの構造を第5.2.1-1図に示す。



第5.2.1-1図 CRDハウジングレストレントビームの構造

### 5.2.2 CRDハウジングレストレントビームのばね定数算出方法

CRDハウジングレストレントビームのばね定数は、FEM解析により算出する。なお、CRDハウジングレストレントビームのばね定数算出方法について、既工認から変更はない。

### 5.2.3 計算方法

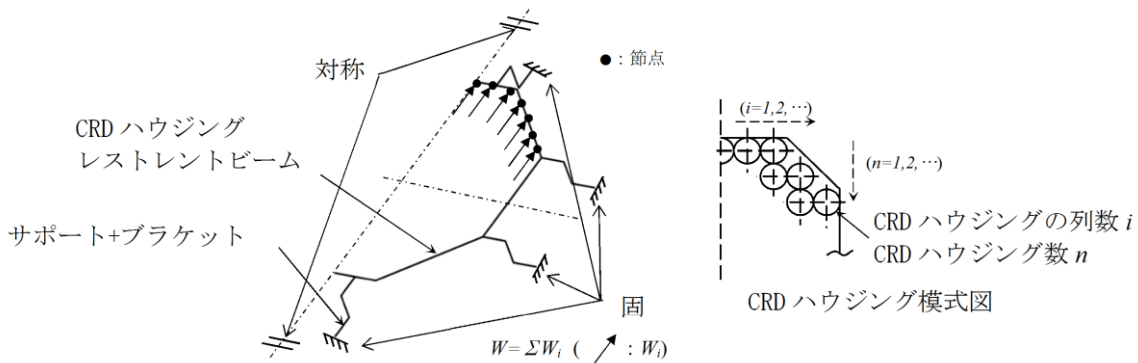
計算機コード「SAP-IV」により、各部材ごとに断面積、断面二次モーメント、重量等を与えるビーム要素モデルで解析する。

### 5.2.4 計算条件

#### 5.2.4.1 解析モデル

解析モデルの概要を第5.2.4.1-1図に示す。

解析モデルはCRDハウジングレストレントビームの対称性を考慮し、 $180^\circ$ の範囲をモデル化する。



第 5.2.4.1-1 図 解析モデルの概要

#### 5.2.4.2 各構成部材の材質及び材料物性

解析に用いる各構成部材の材質及び材料定数を第 5.2.4.2-1 表に示す。

第 5.2.4.2-1 表 各構成部材の材質及び材料定数

構成部材	材質	縦弾性係数 E (MPa)	ポアソン比 $\nu$
CRDハウジング レストレイントビーム	SS400	$1.92 \times 10^5$	0.3
サポート	SM400A	$1.92 \times 10^5$	0.3
ブラケット	SM400A	$1.92 \times 10^5$	0.3

#### 5.2.4.3 荷重条件

CRDハウジング全水平荷重Wを分配して、CRDハウジングの列ごとの荷重 $W_i$ を設定し、それらの荷重 $W_i$ をCRDハウジングレストレイントビーム列上の最も近い接点に負荷する。

荷重 $W_i$ は列ごとのCRDハウジング本数に応じた比例配分により、次のとおり算出する。

$$W_i = \frac{W \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (n: \text{本数}, i: \text{列数})$$

#### 5.2.4.4 境界条件

CRDハウジングレストレイントビームとRPVペDESTALは溶接にて固定されていることから境界条件は固定する。また、 $180^\circ$ の範囲をモデル化していることから、対称性を考慮した拘束条件とする。

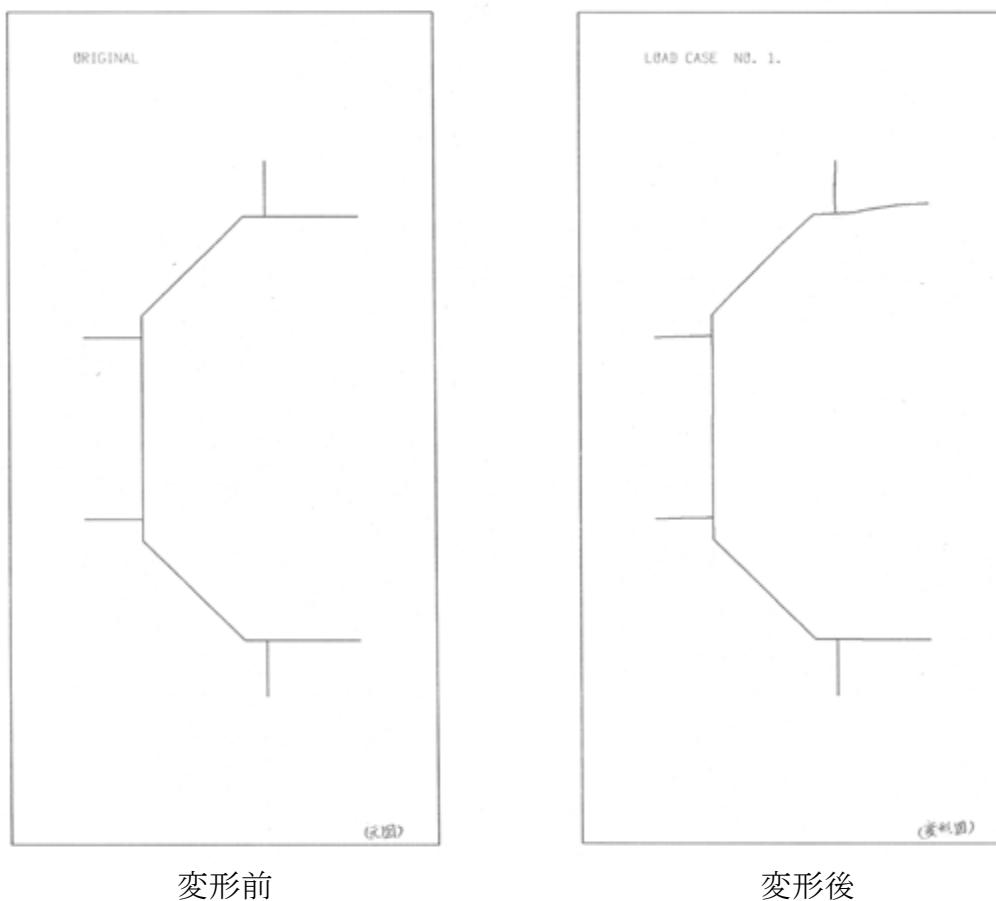


### 5.2.5 解析結果

ばね定数は、全水平荷重 $W$ を最大変位量 $\delta$ で割ることにより求める。ばね定数を以下に示す。

また、変形前(荷重付与前)及び変形後のモデル形状を第5.2.5-1図に示す。

$$\text{ばね定数} : K = \frac{W}{\delta} = 7.16 \times 10^5 [\text{kN/m}]$$



第5.2.5-1図 変形前後のモデル形状

原子炉建物—大型機器連成解析モデルの変更に伴う地震応答への影響について

1. はじめに

原子炉建物—大型機器連成解析モデルを既工認から変更することに伴い、地震応答への影響を確認する。

2. 入力地震動

基準地震動  $S_s$  のうち、応答加速度が全周期帯において概ね支配的である  $S_{s-D}$  を代表波として選定する。

3. 影響検討方法

原子炉建物—大型機器連成解析モデルを既工認から変更することに伴う地震応答の影響を確認するため、表1に示す影響検討モデル1及び2を用いた固有値解析及び地震応答解析を行い、表2に示す影響検討ケースで各影響検討モデルの解析結果を今回工認モデルと比較することにより、地震応答への影響について検討した。

影響検討ケース1は、PCV-RPVモデルをPCV-RPV-Rinモデルに変更したことによる地震応答への影響を検討することを目的として、表1に示す影響検討モデル1と今回工認モデルを比較する。ばね定数は、どちらのモデルも精緻化した値を適用する。

影響検討ケース2は、PCV及びRPVスタビライザのばね定数を変更したことによる地震応答への影響を検討することを目的として、表1に示す影響検討モデル2と今回工認モデルを比較する。解析モデルは、どちらもPCV-RPV-Rinモデルとし、影響検討モデル2では、スタビライザのばね定数として既工認の値を適用し、今回工認モデルでは、スタビライザのばね定数として精緻化した値を適用する。

表1の解析モデルのモデル図については、第1-1-1~2図にてPCV-RPVモデルを示し、第1-2-1~2図にてPCV-RPV-Rinモデルを示す。

表1 影響検討モデル

影響検討 モデル	解析モデル	モデル緒元		備考
		スタビライザ ばね定数	その他	
1	PCV-RPVモデル	精緻化値	既工認と同じ	
2	PCV-RPV-Rinモデル	既工認と同じ	既工認と同じ	
—	PCV-RPV-Rinモデル	精緻化値	既工認と同じ	今回工認モデル

表2 影響検討ケース

影響検討 ケース	比較対象モデル	比較目的	検討結果	
			固有値解析	地震応答解析
1	影響検討モデル1と 今回工認モデル	PCV-RPVモデルを PCV-RPV-Rin モデルに変更にしたこと による地震応答への影響 を検討	第1-1-1～ 第1-1-2表 第2-1-1～ 第2-1-12図	第2-1-1～ 第2-1-2表
2	影響検討モデル2と 今回工認モデル	PCV及びRPVスタビ ライザのばね定数を変更 したことによる地震応答 への影響を検討	第1-2-1～ 第1-2-2表 第2-2-1～ 第2-2-20図	第2-2-1～ 第2-2-2表

#### 4. 検討結果

##### (1) 影響検討ケース1

第1-1-1～第1-1-2表並びに第2-1-1～第2-1-12図に示す固有値解析結果から、影響検討モデル1と今回工認モデルにおける各振動モードの変形状態は一致しており、固有周期の変動も小さい(最大4%変動)ことがわかる。

また、第2-1-1～第2-1-2表に示す地震応答解析結果から、各部位の荷重が概ね一致している(最大10%変動)ことがわかる。したがって、PCV-RPVモデルをPCV-RPV-Rinモデルに変更したことによる地震応答への影響は軽微である。

##### (2) 影響検討ケース2

第1-2-1～第1-2-2表並びに第2-2-1～第2-2-20図に示す固有値解析結果から、PCV及びRPVスタビライザのばね定数を変更した結果、各振動モードの変形状態は一致することがわかる。また、各振動モードのうち原子炉圧力容器の応答が卓越する振動モードで固有周期が長くなる(最大9%)が、その他の振動モードの固有周期の変動は小さいことがわかる。

また、第2-2-1～第2-2-2表に示す地震応答解析結果から、PCV及びRPVスタビライザのばね定数を変更したことにより、PCV、RPV及びシヤラグの荷重等が変動するが、最大でも36%(PCVスタビライザ)であることがわかる。

地震応答解析結果に示す荷重のうち、RPV支持スカート基部、ガンマ線遮蔽壁基部、RPVペデスタル基部、シヤラグでは、影響検討モデル2(①)と今回工認モデル(②)の荷重の比率(②/①)がNS方向とEW方向で異なり、NS方向の荷重は大きくなる(比率(②/①)が1より大きい)のに対し、EW方向の荷重は小さくなる(比率(②/①)が1より小さい)。

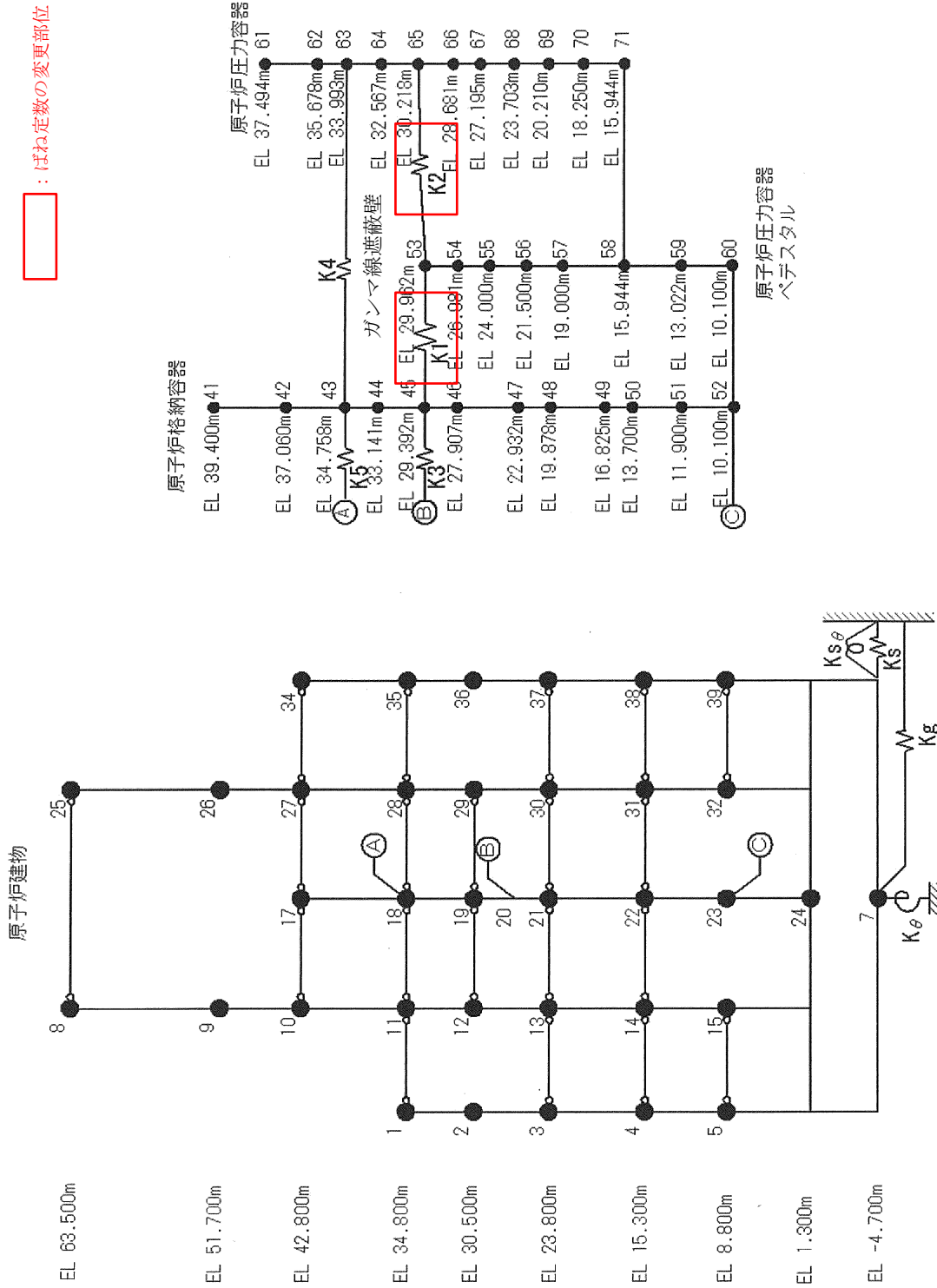
また、今回工認モデルにおけるRPVスタビライザとPCVスタビライザで

は、NS方向とEW方向のいずれでも荷重が小さくなり（比率（②／①）が1より小さい）、NS方向よりEW方向の荷重が小さい（比率（②／①）がNS方向よりEW方向のほうが小さい）。

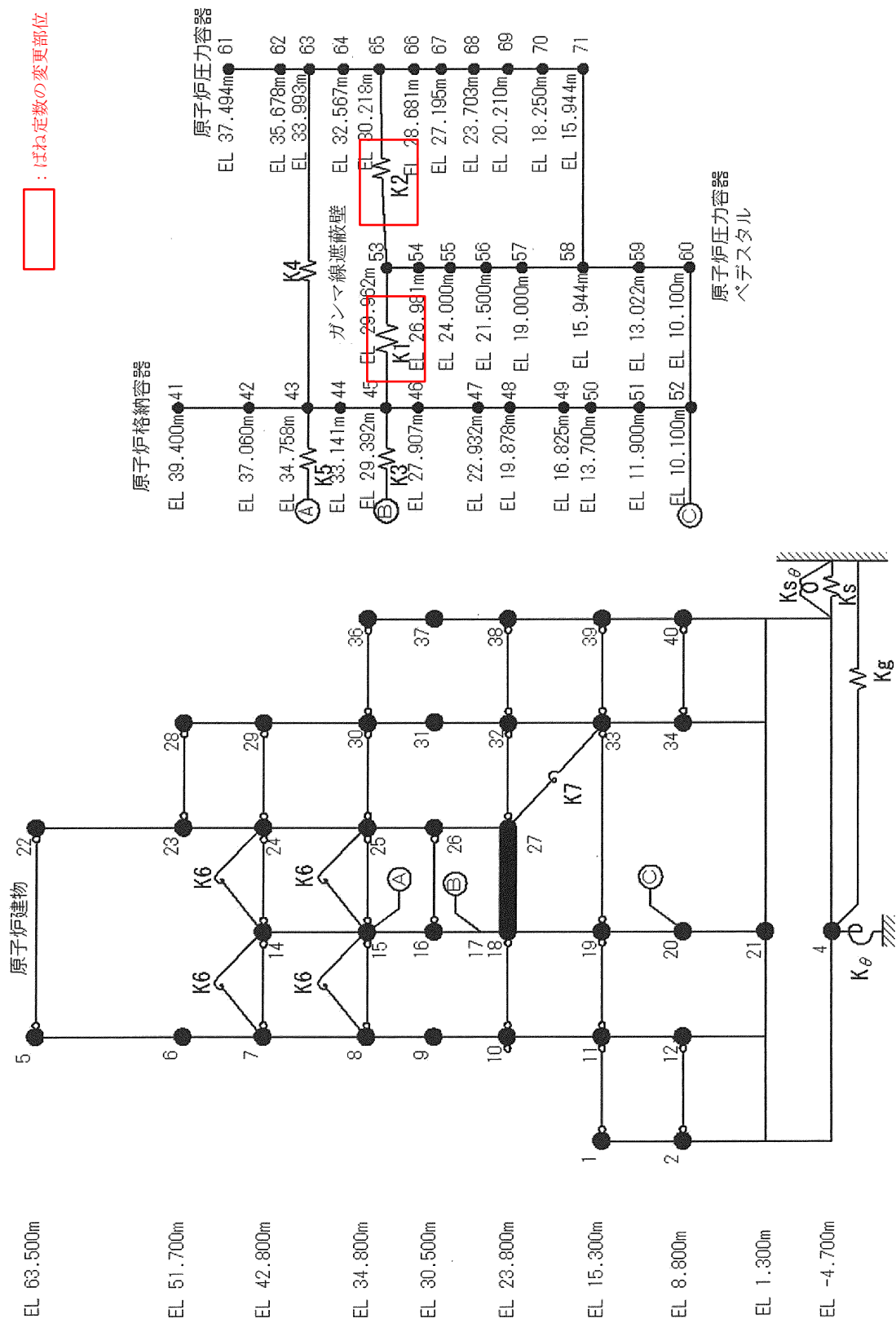
これらの要因として、ばね定数変更により固有周期と床応答スペクトルが変化し、固有周期と床応答スペクトルとの関係により、NS方向とEW方向で荷重の変化の傾向に違いが生じていることや、RPV及びPCVスタビライザのばね定数が低下したことにより、これらが分担する荷重が小さくなることが考えられる。

第2-3-1図にRPVスタビライザとPCVスタビライザが接続するガンマ線遮蔽壁頂部（質点番号53）における影響検討モデル2及び今回工認モデルの基準地震動 $S_s-D$ の床応答スペクトルを示す。また、第2-3-1表に、影響検討モデル2（①）と今回工認モデル（②）における、RPVの振動が卓越する最も低い振動数の第4次モードの固有周期と床応答加速度及びその比率（②／①）を示す。NS方向はスタビライザばね定数の変更に伴い応答加速度が大きくなるが、EW方向は小さくなっており、このような違いが荷重の変化の傾向に影響したものと考えられる。

以上の考察のとおり、ばね定数の変更に対して妥当な結果が得られている。



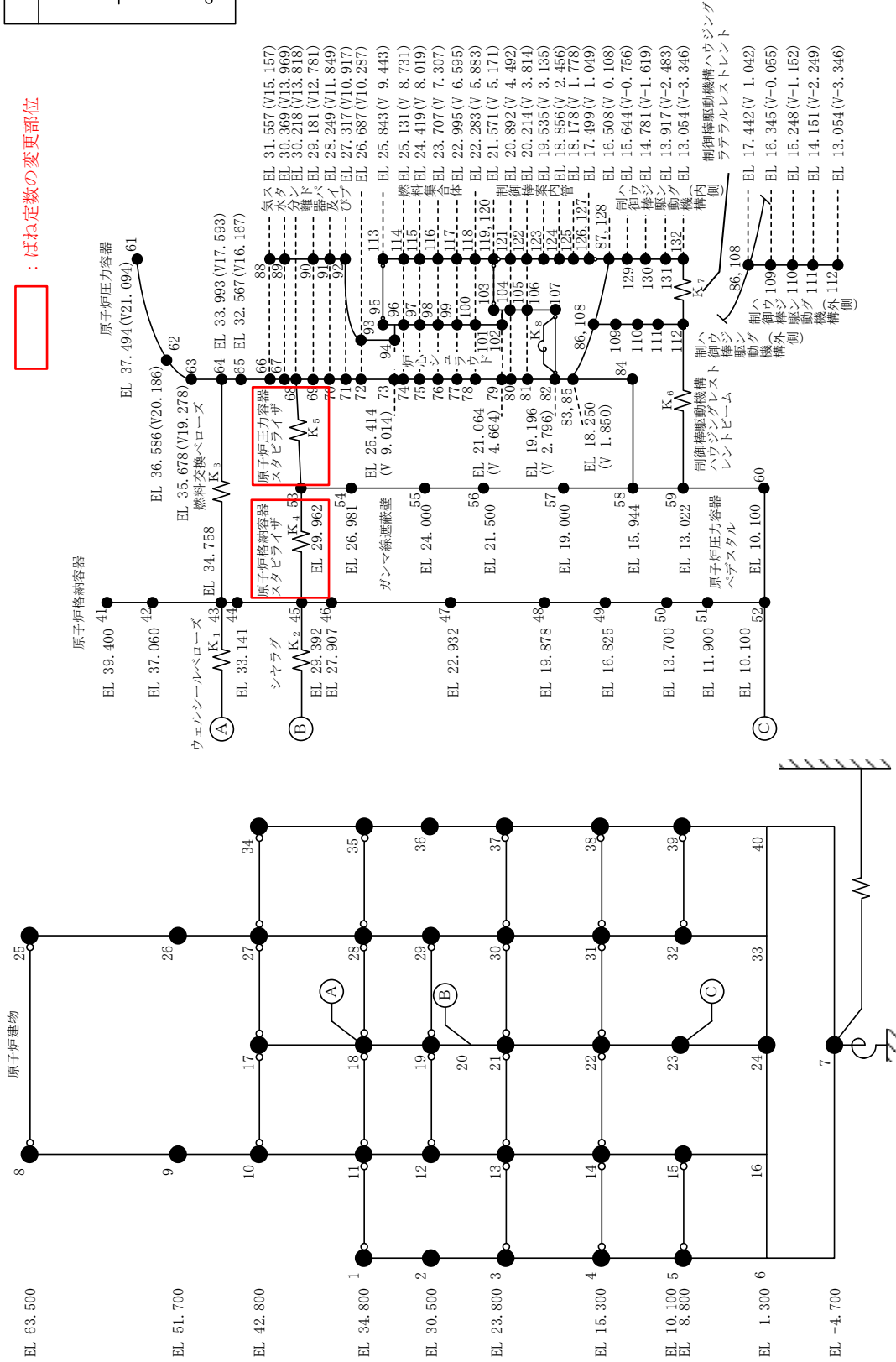
第1-1-1 図 PCV-RPVモデル (NS方向)



第1-1-2 図 PCV-RPVモデル (EW方向)

記号	内容
●	質点
— —	曲げ・せん断部材
—W—	水平ばね
⊕	回転ばね
○—○	剛部材 (ピン結合)

：ばね定数の変更部位



第1-2-1図 PCV-RPV-Rinモデル (NS方向)





第1-1-1表 固有値解析結果（影響検討ケース1，NS方向）

次数		①影響検討モデル1	②今回工認モデル	固有周期 の比率 (②/①)	卓越部位
①	②	固有周期[秒]	固有周期[秒]		
1	1	0.219	0.219	1.00	原子炉建物
—	2	—	0.202	—	燃料集合体
—	3	—	0.135	—	炉心シュラウド
2	4	0.113	0.110	0.97	R P V
3	5	0.098	0.098	1.00	原子炉建物
4	6	0.069	0.069	1.00	原子炉建物
—	7	—	0.066	—	制御棒案内管
5	8	0.058	0.057	0.98	R P V
6	9	0.052	0.052	1.00	原子炉建物
—	10	—	0.050	—	燃料集合体

第1-1-2表 固有値解析結果（影響検討ケース1，EW方向）

次数		①影響検討モデル1	②今回工認モデル	固有周期 の比率 (②/①)	卓越部位
①	②	固有周期[秒]	固有周期[秒]		
—	1	—	0.204	—	燃料集合体
1	2	0.202	0.200	0.99	原子炉建物
—	3	—	0.135	—	炉心シュラウド
2	4	0.113	0.109	0.96	R P V
3	5	0.093	0.093	1.00	原子炉建物
4	6	0.067	0.067	1.00	原子炉建物
—	7	—	0.066	—	制御棒案内管
5	8	0.058	0.057	0.98	R P V
6	9	0.051	0.051	1.00	原子炉建物
—	10	—	0.050	—	燃料集合体

第1-2-1表 固有値解析結果（影響検討ケース2，NS方向）

次数	①影響検討モデル2	②今回工認モデル	固有周期 の比率 (②/①)	卓越部位
	固有周期[秒]	固有周期[秒]		
1	0.219	0.219	1.00	原子炉建物
2	0.202	0.202	1.00	燃料集合体
3	0.135	0.135	1.00	炉心シュラウド
4	0.102	0.110	1.08	R P V
5	0.095	0.098	1.03	原子炉建物
6	0.069	0.069	1.00	原子炉建物
7	0.066	0.066	1.00	制御棒案内管
8	0.056	0.057	1.02	R P V
9	0.052	0.052	1.00	原子炉建物
10	0.050	0.050	1.00	燃料集合体

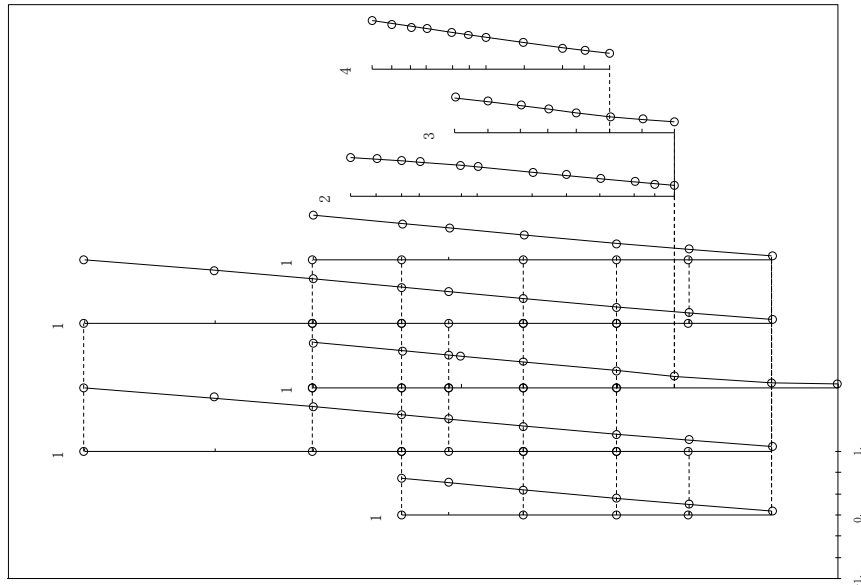
第1-2-2表 固有値解析結果（影響検討ケース2，EW方向）

次数	①影響検討モデル2	②今回工認モデル	固有周期 の比率 (②/①)	卓越部位
	固有周期[秒]	固有周期[秒]		
1	0.204	0.204	1.00	燃料集合体
2	0.200	0.200	1.00	原子炉建物
3	0.135	0.135	1.00	炉心シュラウド
4	0.100	0.109	1.09	R P V
5	0.091	0.093	1.02	原子炉建物
6	0.067	0.067	1.00	原子炉建物
7	0.066	0.066	1.00	制御棒案内管
8	0.055	0.057	1.04	R P V
9	0.051	0.051	1.00	原子炉建物
10	0.050	0.050	1.00	燃料集合体

プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へガスタル
- 4 原子炉圧力容器

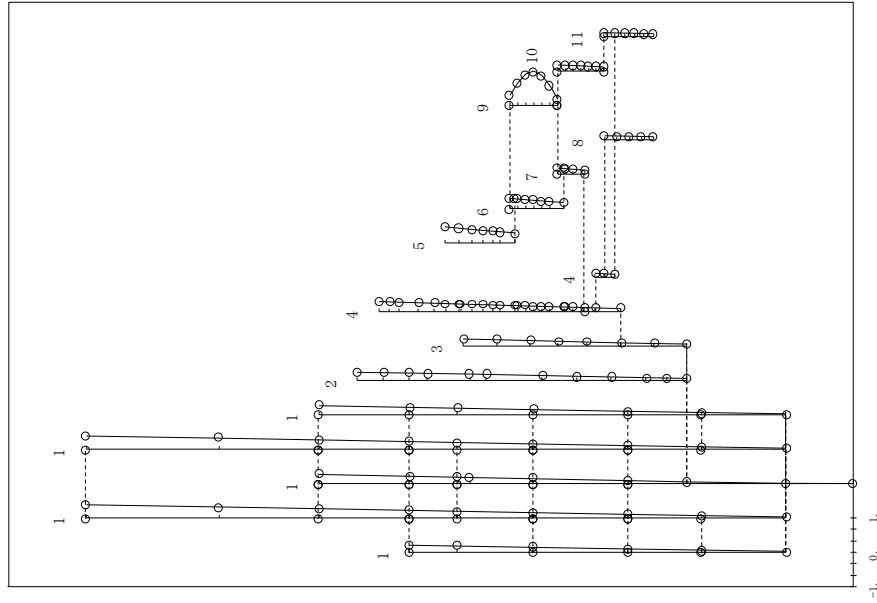
固有周期 (s) ; 0.219



第2-1-1-1 図 (a) 影響検討モデル1 第1次振動モード図 (NS方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へガスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部間
- 6 炉心シュラウド中間間
- 7 炉心シュラウド下部間
- 8 炉脚格納機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 炉脚格納機構ハウジング(内側)
- 11 炉脚格納機構ハウジング(内側)

固有周期 (s) ; 0.219

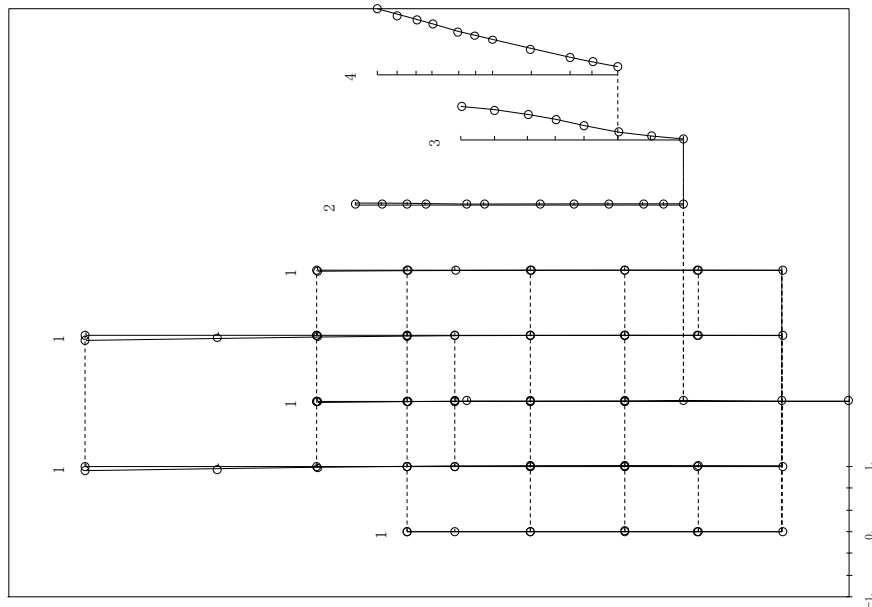


第2-1-1-1 図 (b) 今回工認モデル 第1次振動モード図 (NS方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建屋
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベデスタル
- 4 原子炉圧力容器

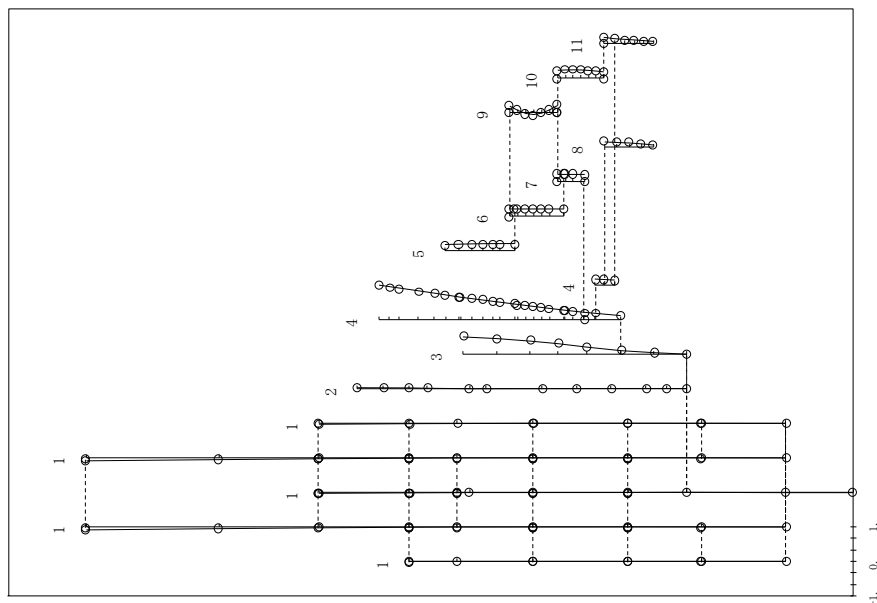
固有周期 (s) ; 0.113



第2-1-2図 (a) 影響検討モデル1 第2次振動モード図 (NS方向)

- 1 原子炉建屋
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベデスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンドパイプ、シュワウヘッド及び炉心シュワウヘッド上部開
- 6 炉心シュワウヘッド中間開
- 7 炉心シュワウヘッド下部開
- 8 制御機駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御機案内管
- 11 制御機駆動機構ハウジング(内側)

固有周期 (s) ; 0.110

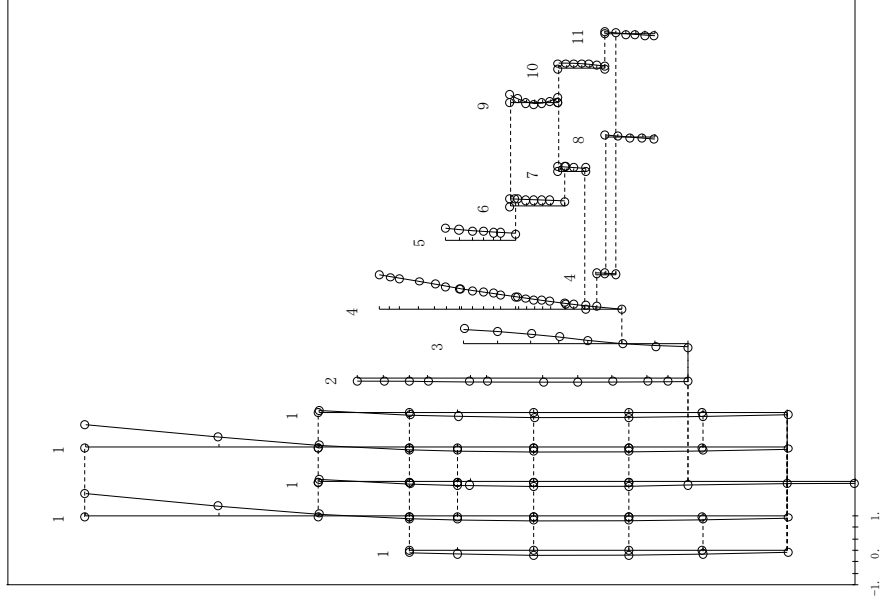


第2-1-2図 (b) 今回工認モデル 第4次振動モード図 (NS方向)

プラント名：高根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベズスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタントパイプ、シュウラウトヘッド及び炉心シュウラウト上室側
- 6 炉心シュウラウト中間
- 7 炉心シュウラウト下部側
- 8 制御機動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御機動機構内管
- 11 制御機動機構ハウジング(内側)

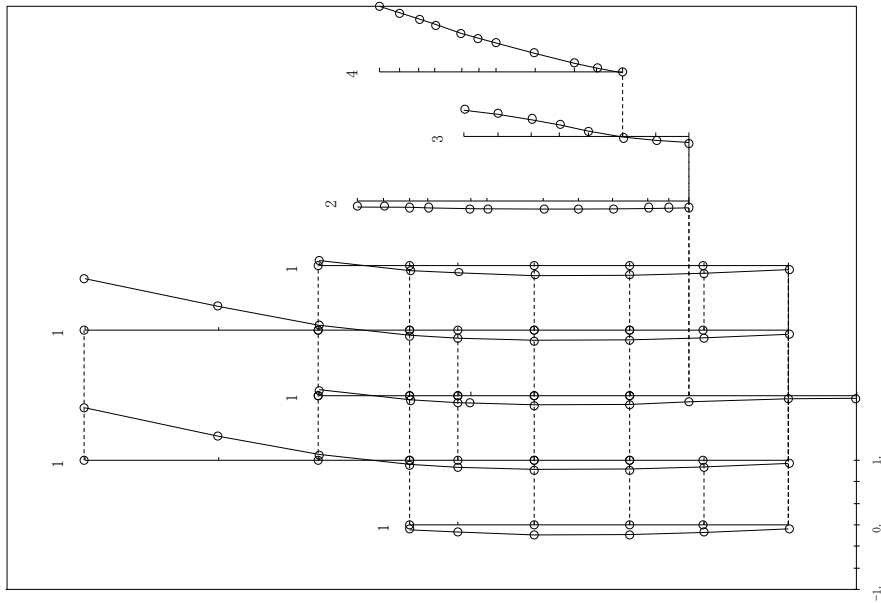
固有周期 (s) ; 0.098



第2-1-3 図 (b) 今回工認モデル 第5次振動モード図  
(NS方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベズスタル
- 4 原子炉圧力容器

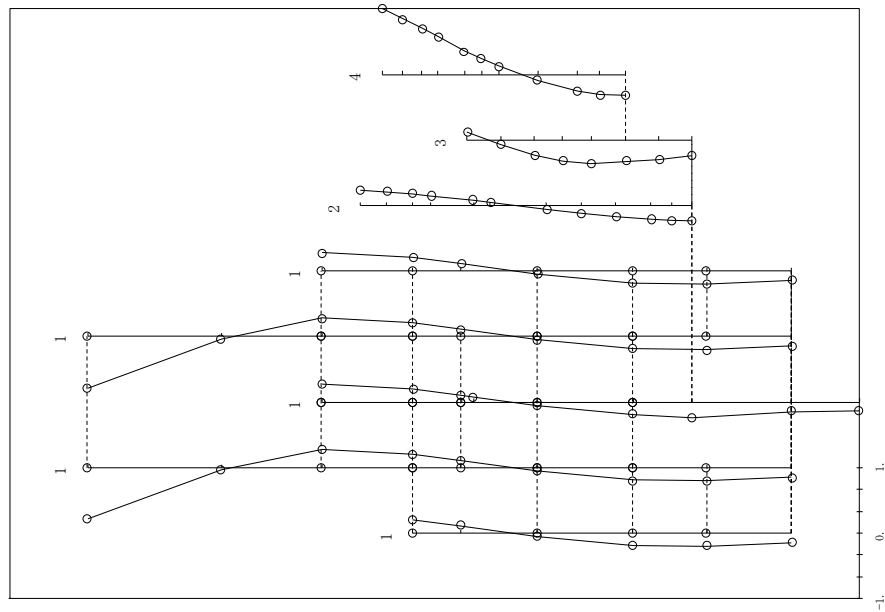
固有周期 (s) ; 0.098



第2-1-3 図 (a) 影響検討モデル1 第3次振動モード図  
(NS方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へデスタル
- 4 原子炉圧力容器

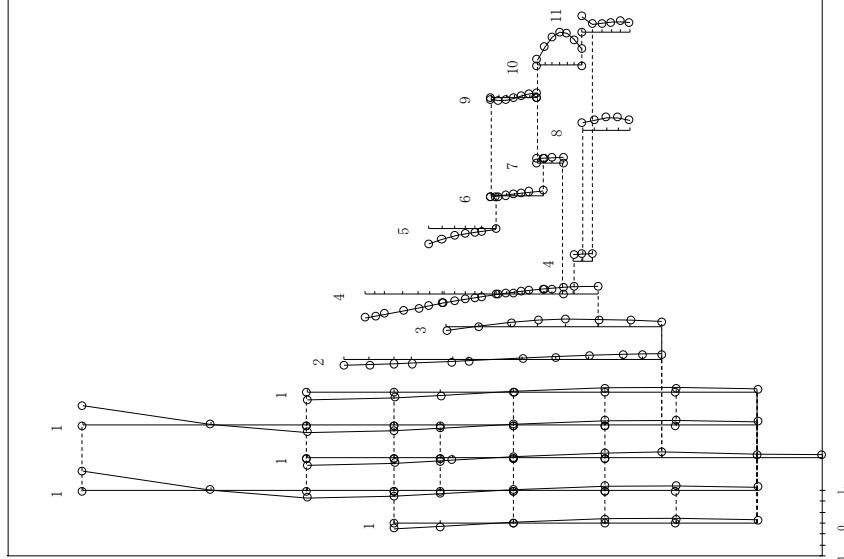
固有周期 (s) ; 0.069



第2-1-4図 (a) 影響検討モデル1 第4次振動モード図 (NS方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へデスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 収束分離器、スタンドパイプ、シエラフトヘッド及び原子炉圧力容器上部脚

固有周期 (s) ; 0.069

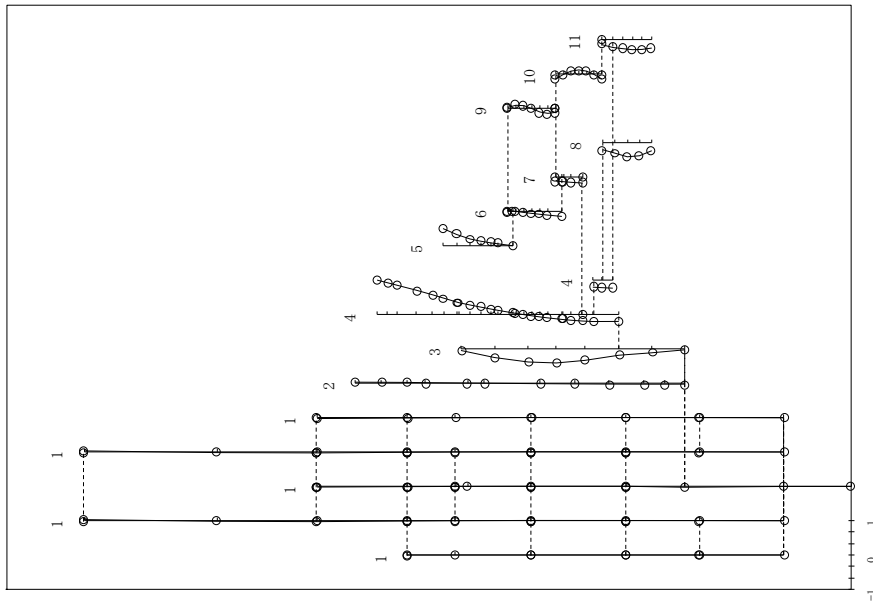


第2-1-4図 (b) 今回工認モデル 第6次振動モード図 (NS方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベースタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンドパイプ、シュワウドヘッド及び炉心シュワウド上細間
- 6 炉心シュワウド中間間
- 7 炉心シュワウド下部間
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)

固有周期 (s) ; 0.057

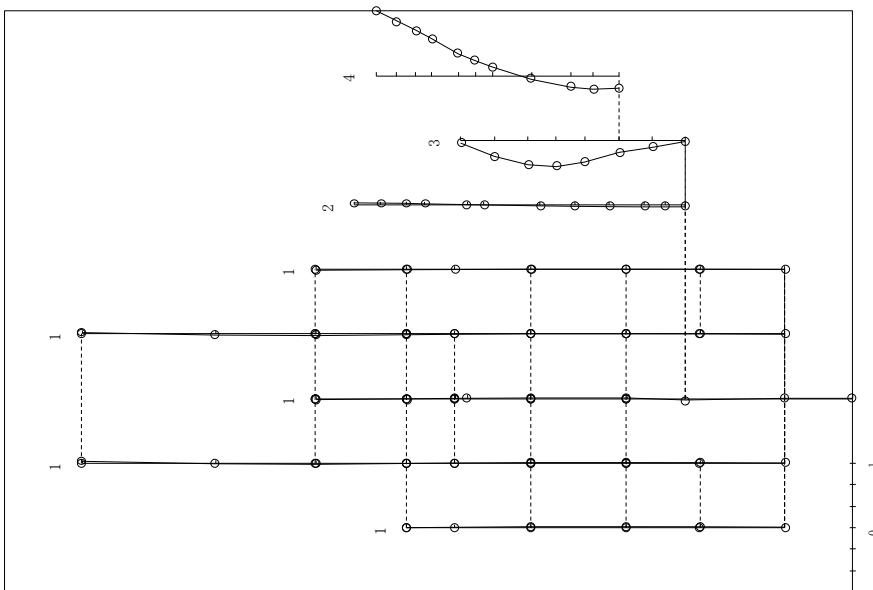


-1. 0. 1.

第2-1-5図 (b) 今回工認モデル 第8次振動モード図 (NS方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベースタル
- 4 原子炉圧力容器

固有周期 (s) ; 0.058



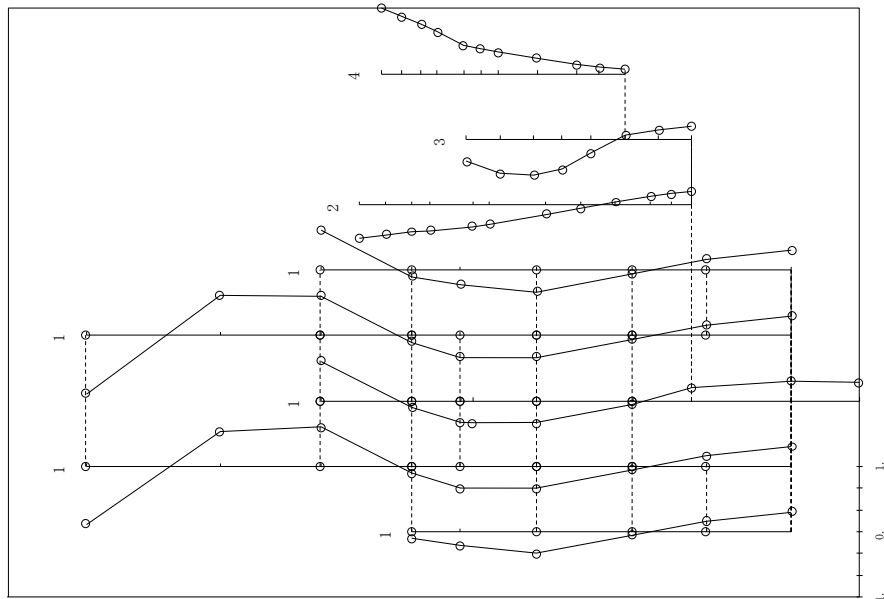
-1. 0. 1.

第2-1-5図 (a) 影響検討モデル1 第5次振動モード図 (NS方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建屋
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベダスタル
- 4 原子炉圧力容器

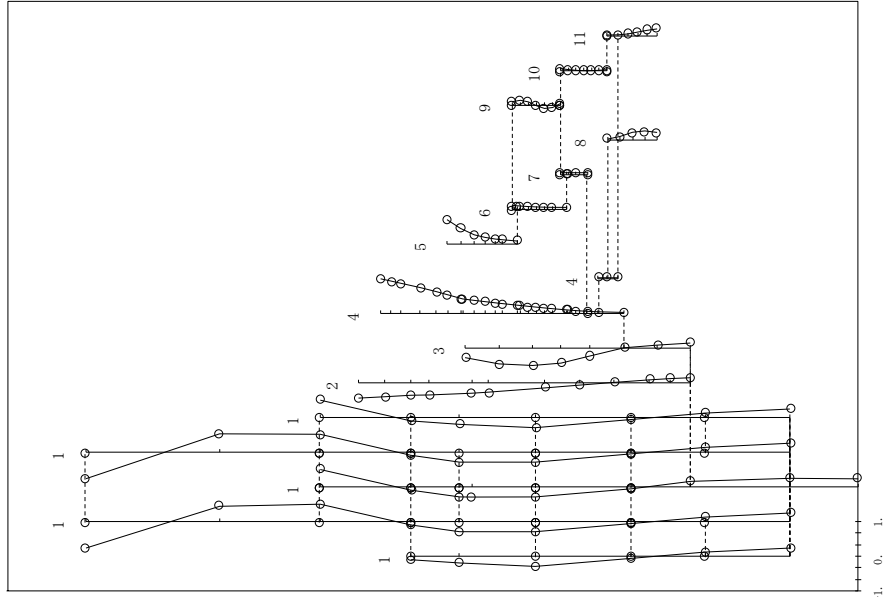
固有周期 (s) ; 0.052



第2-1-6図 (a) 影響検討モデル1 第6次振動モード図 (NS方向)

- 1 原子炉建屋
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベダスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンドハイブ、シェラウドヘッド及び炉心シェラウド上部
- 6 炉心シェラウド中間層
- 7 炉心シェラウド下部層
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)

固有周期 (s) ; 0.052



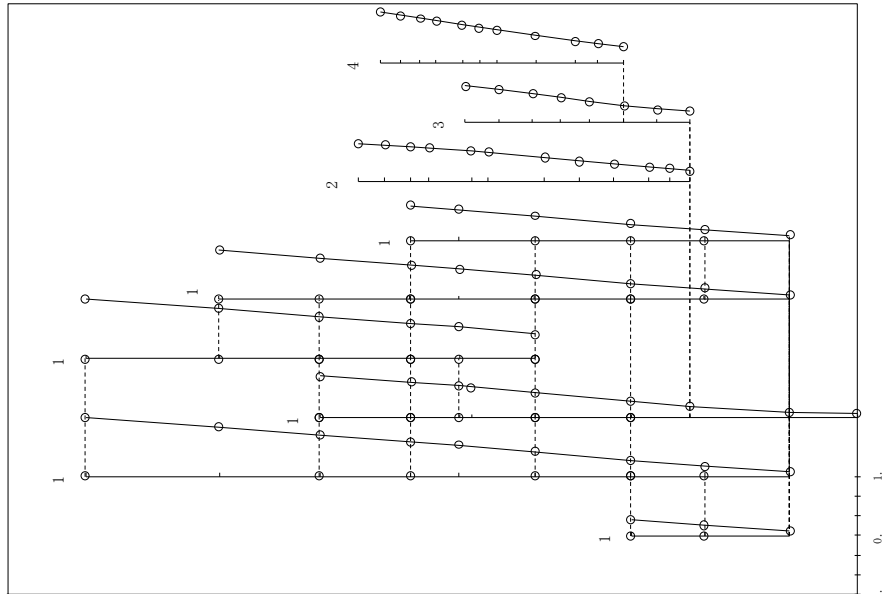
第2-1-6図 (b) 今回工認モデル 第9次振動モード図 (NS方向)



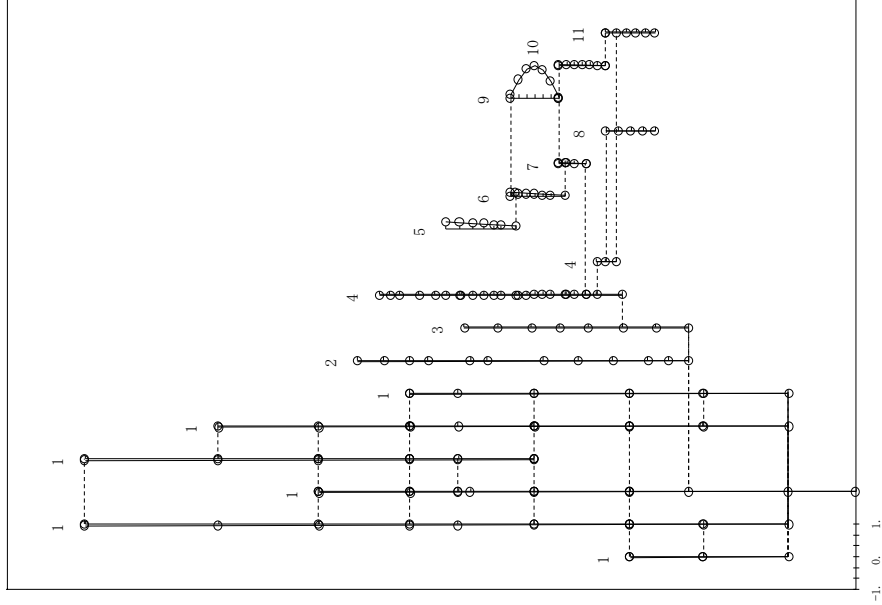
プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建屋
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ヘラスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンバイ、シュワウドヘッド及び炉心シュワウド上部
- 6 炉心シュワウド中間
- 7 炉心シュワウド下部
- 8 前部駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 前部棒案内管
- 11 前部棒駆動機構ハウジング(内側)

固有周期 (s) ; 0.202



第2-1-7図 (a) 影響検討モデル1 第1次振動モード図 (EW方向)

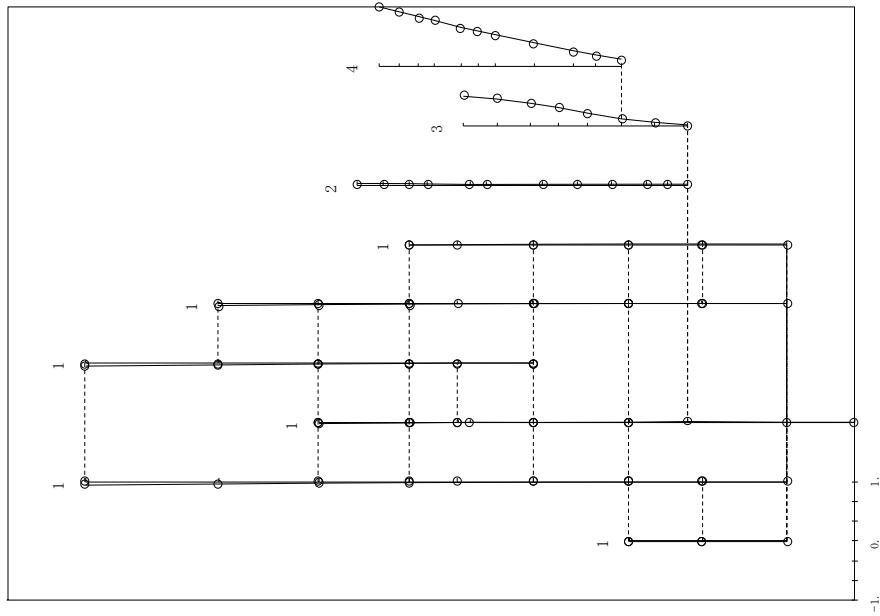


第2-1-7図 (b) 今回工認モデル 第2次振動モード図 (EW方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベテスタル
- 4 原子炉圧力容器

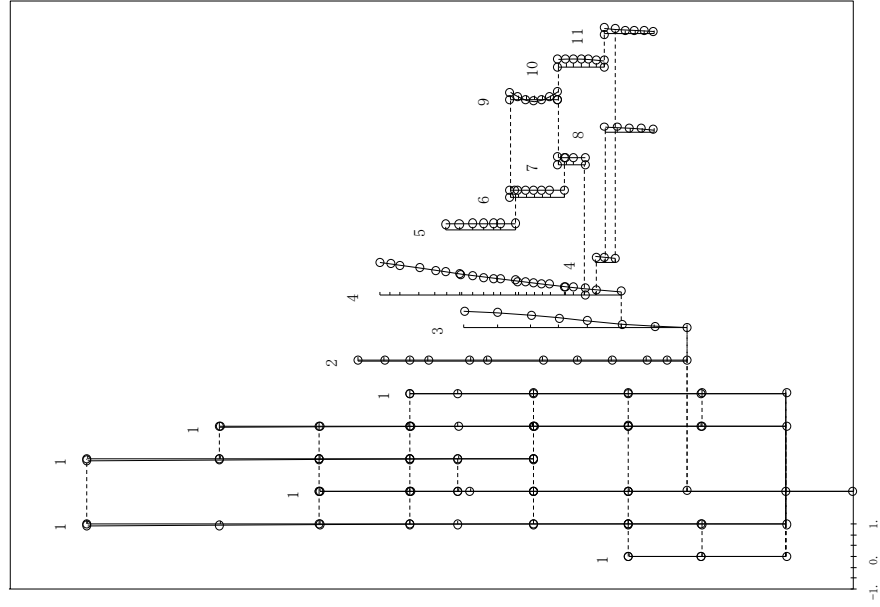
固有周期 (s) ; 0.113



第2-1-8図 (a) 影響検討モデル1 第2次振動モード図 (EW方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベテスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタントパイプ、シュウアウトヘッド及び炉心シュウアウト上部圓
- 6 炉心シュウアウト中間圓
- 7 炉心シュウアウト下部圓
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)

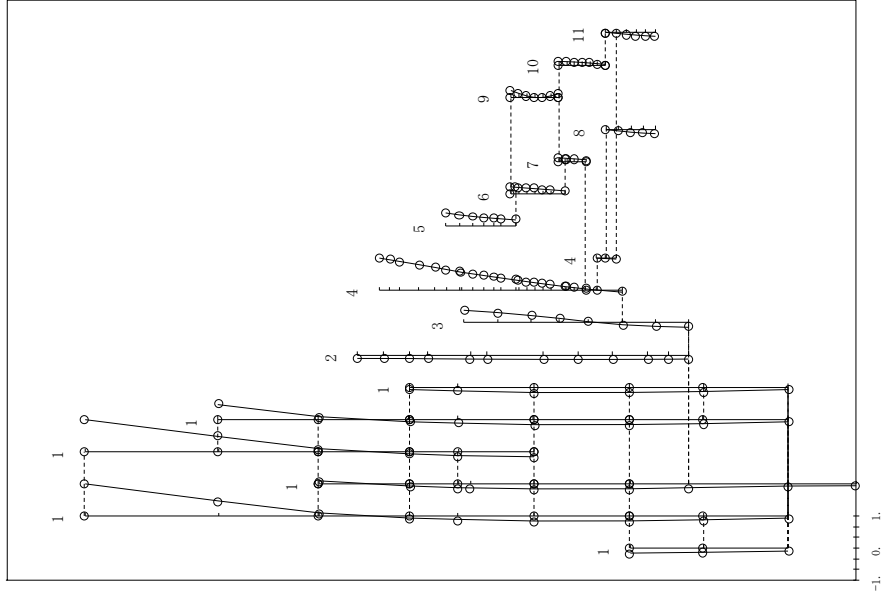
固有周期 (s) ; 0.109



第2-1-8図 (b) 今回工認モデル 第4次振動モード図 (EW方向)

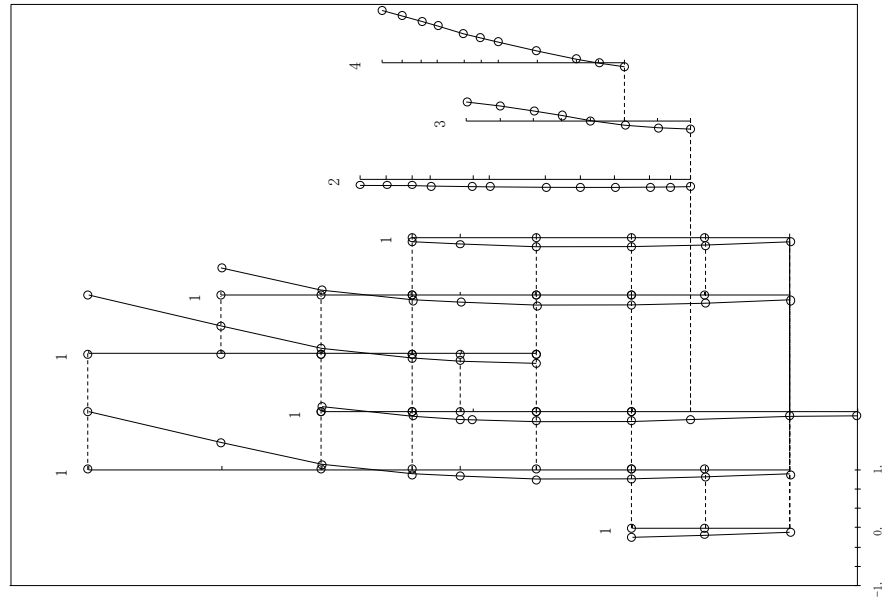
プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮断壁及び原子炉圧力容器ベアスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタントスライプ、  
シュワウドヘッド及び炉心シュワウド上部胴
  - 6 炉心シュワウド中間胴
  - 7 炉心シュワウド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.083



第2-1-9図 (a) 影響検討モデル1 第3次振動モード図  
(EW方向)

- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮断壁及び原子炉圧力容器ベアスタル
  - 4 原子炉圧力容器
- 固有周期 (s) ; 0.083

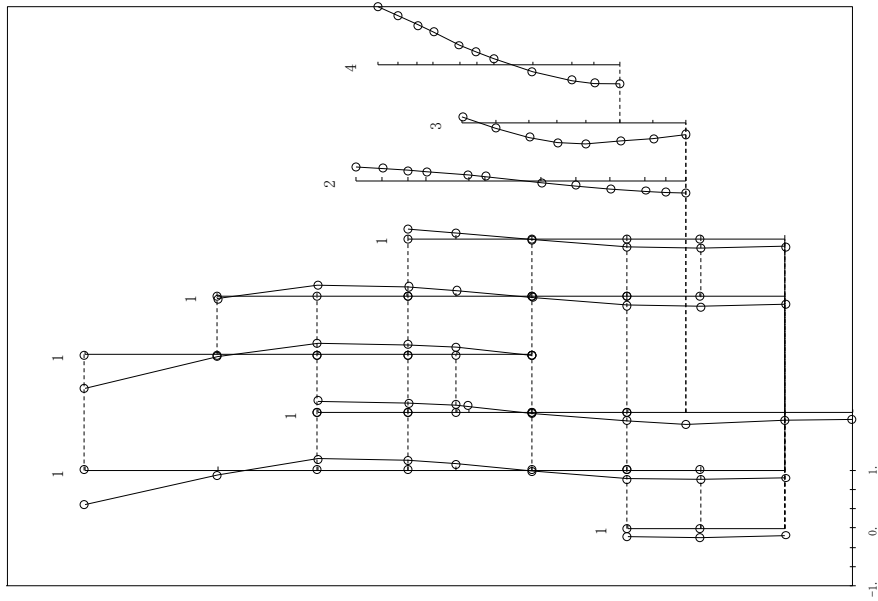


第2-1-9図 (b) 今回工認モデル 第5次振動モード図  
(EW方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽及び原子炉圧力容器ベースタル
- 4 原子炉圧力容器

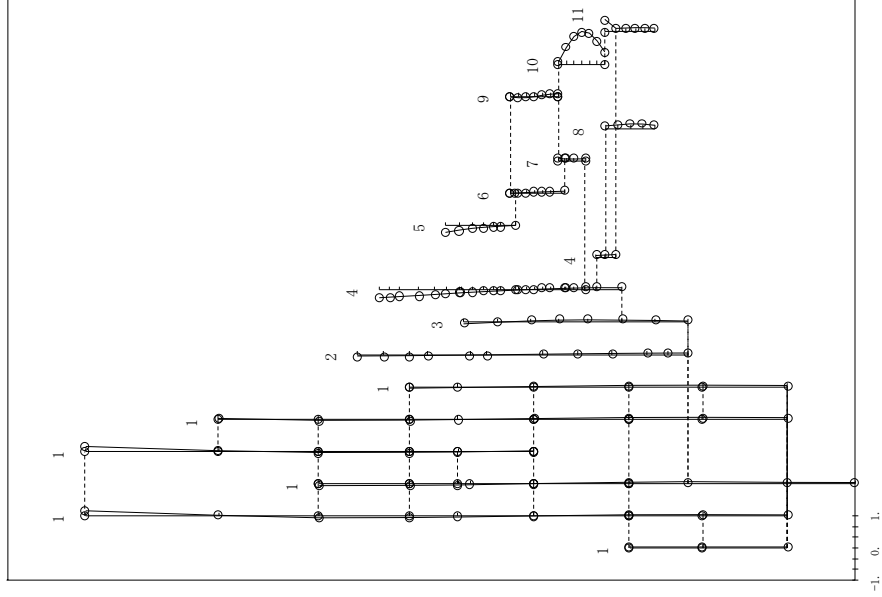
固有周期 (s) ; 0.067



第2-1-10図 (a) 影響検討モデル1 第4次振動モード図 (EW方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽及び原子炉圧力容器ベースタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドハイブ, シェアラウドヘッド及び炉心シユアラウド上部屋
- 6 炉心シユアラウド中間胴
- 7 炉心シユアラウド下部胴
- 8 炉内駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 炉内格納内管
- 11 炉内駆動機構ハウジング(内側)

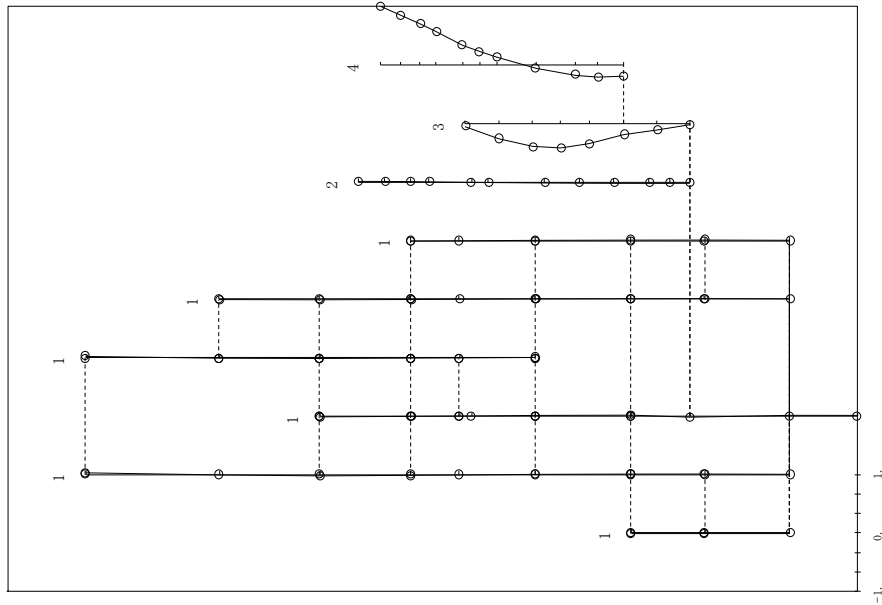
固有周期 (s) ; 0.067



第2-1-10図 (b) 今回工認モデル 第6次振動モード図 (EW方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽及び原子炉圧力容器ベアスタル
- 4 原子炉圧力容器

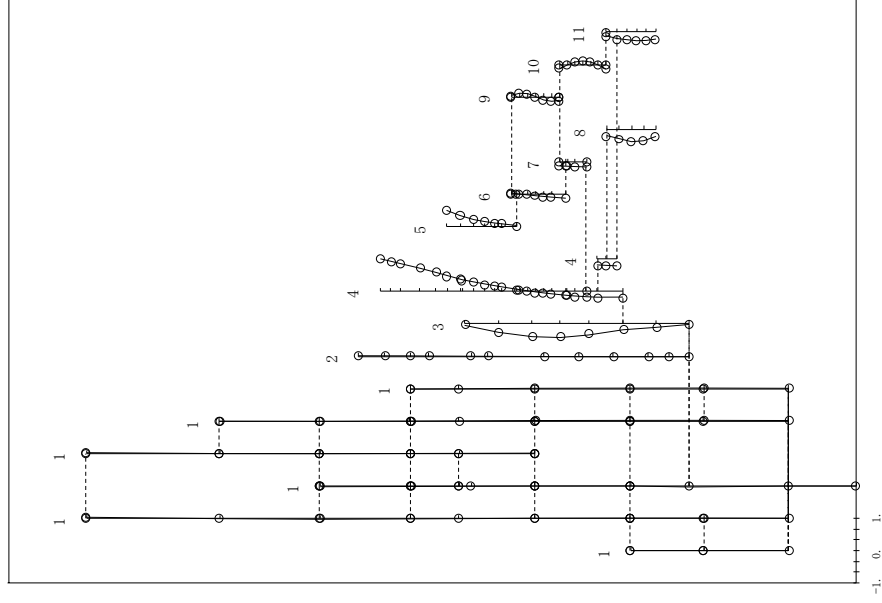
固有周期 (s) ; 0.058



第2-1-11 図 (a) 影響検討モデル1 第5次振動モード図 (EW方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽及び原子炉圧力容器ベアスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドパイプ, シェアラウドヘッド及び炉心シェアラウド上部剛

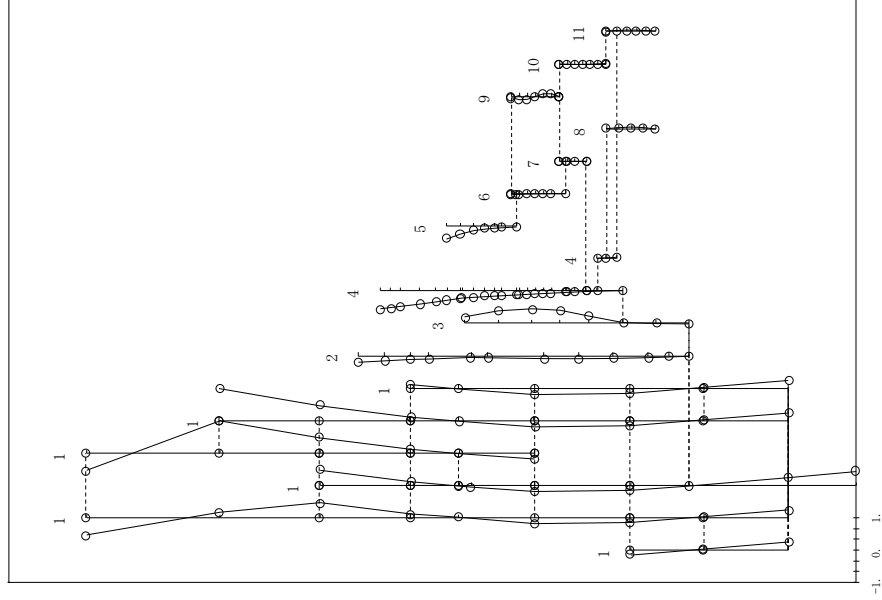
固有周期 (s) ; 0.057



第2-1-11 図 (b) 今回工認モデル 第8次振動モード図 (EW方向)

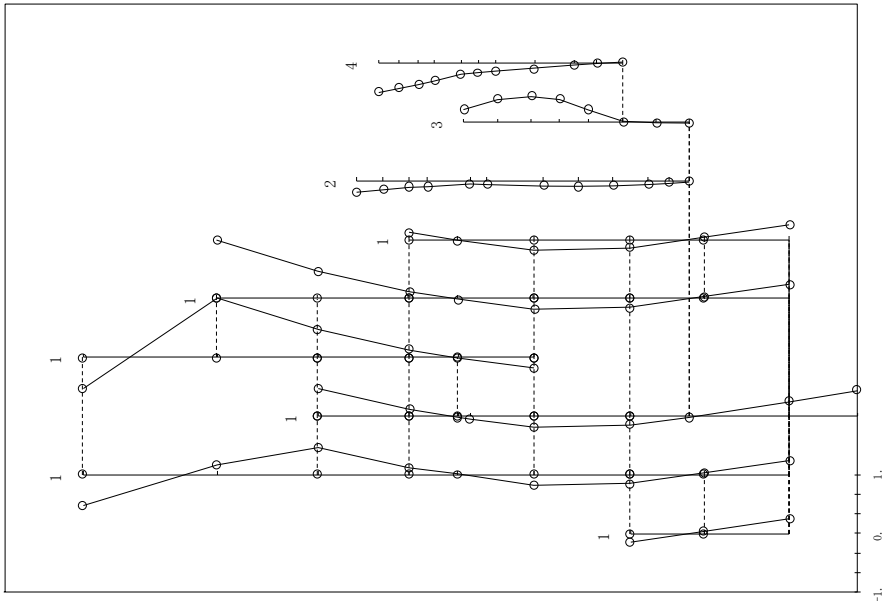
プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へズスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタンドパイプ、シュエラウドヘッド及び炉心シュエラウド上部屋
  - 6 炉心シュエラウド中間胴
  - 7 炉心シュエラウド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.051

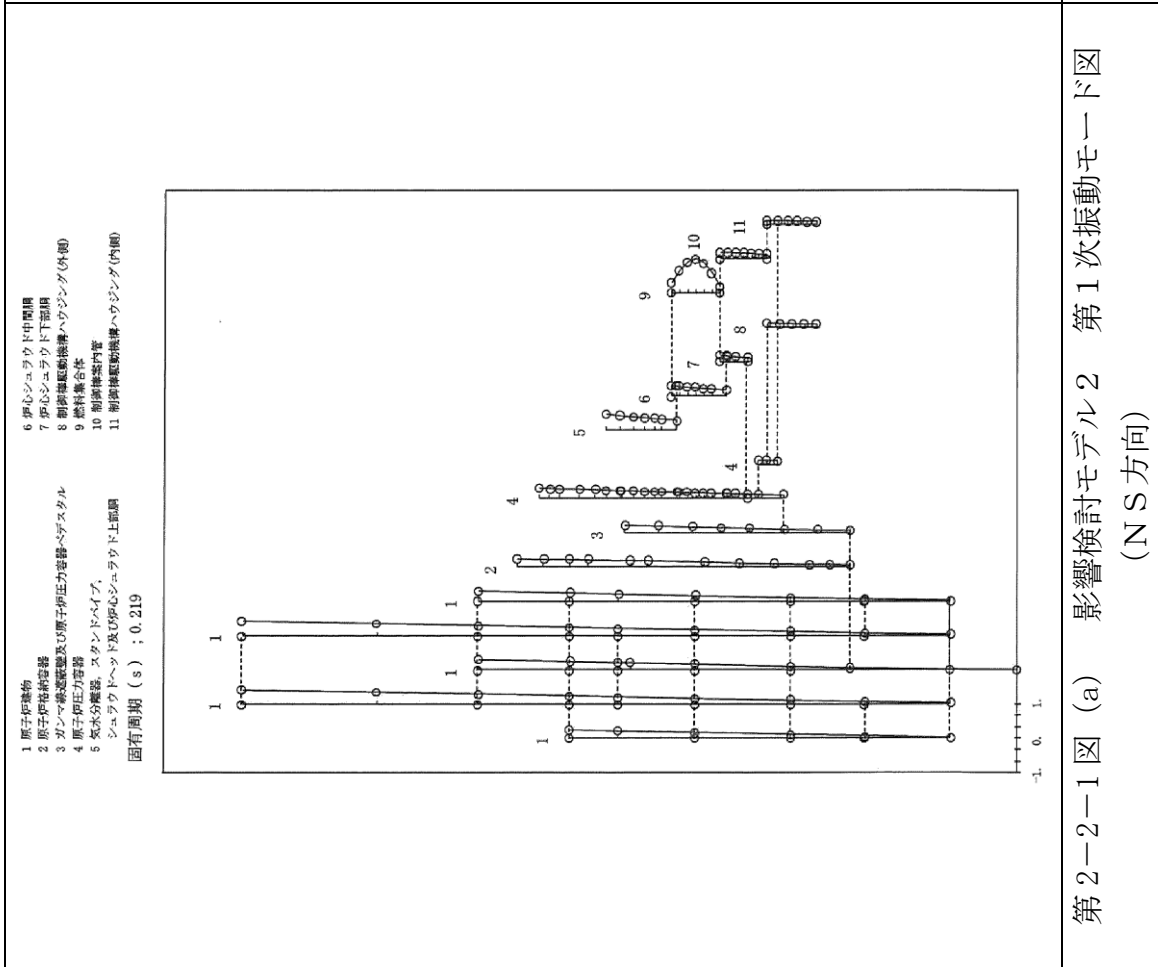


第2-1-12図 (b) 今回工認モデル 第9次振動モード図 (EW方向)

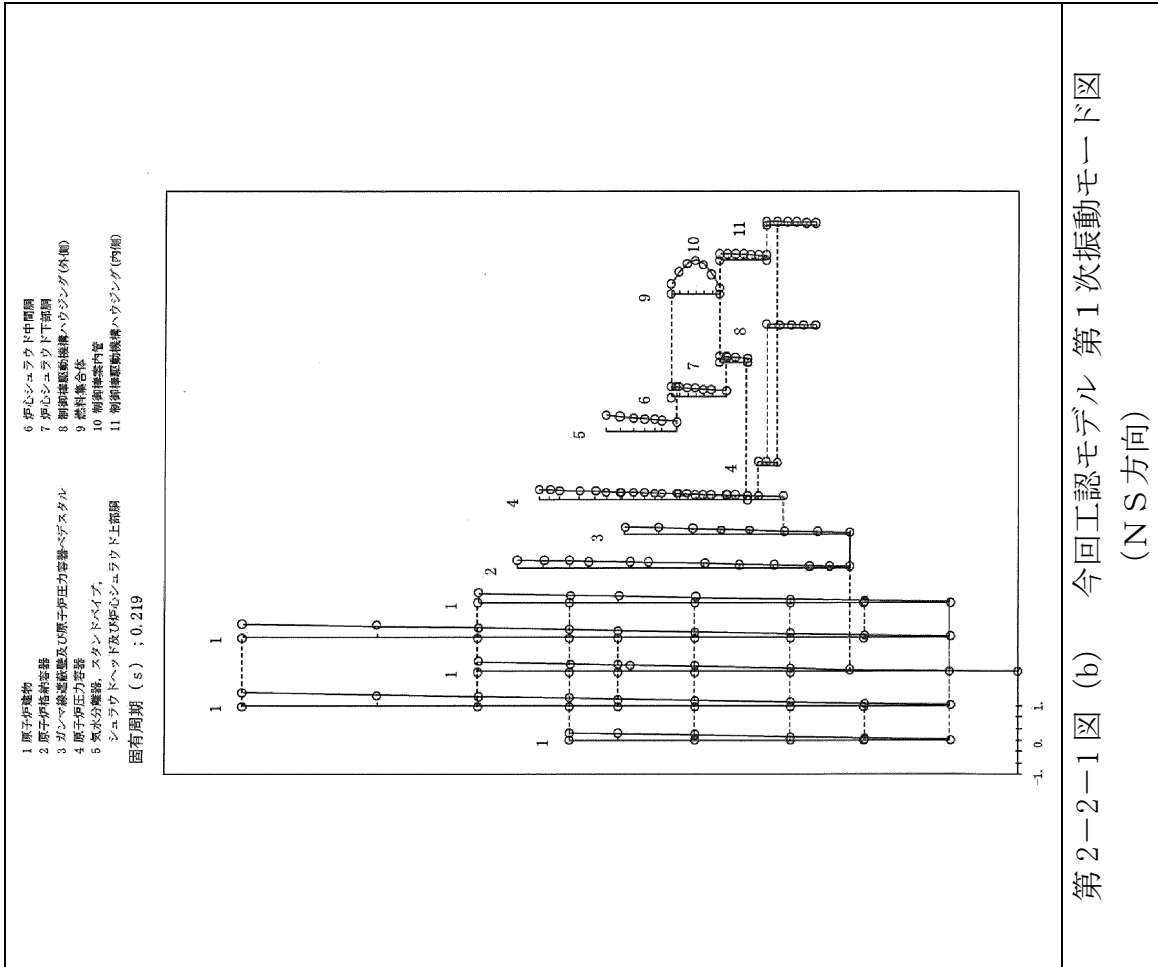
- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へズスタル
  - 4 原子炉圧力容器
- 固有周期 (s) ; 0.051



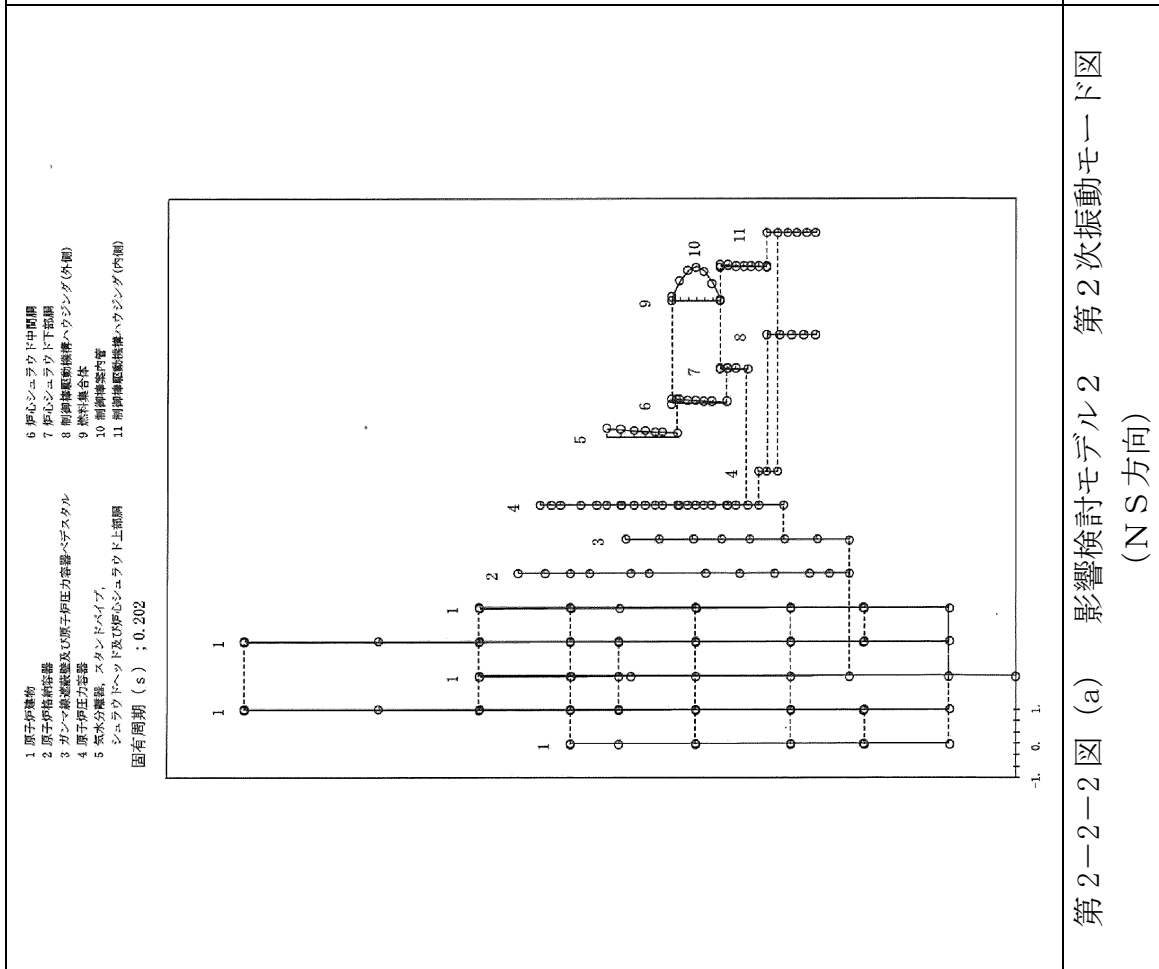
第2-1-12図 (a) 影響検討モデル1 第6次振動モード図 (EW方向)



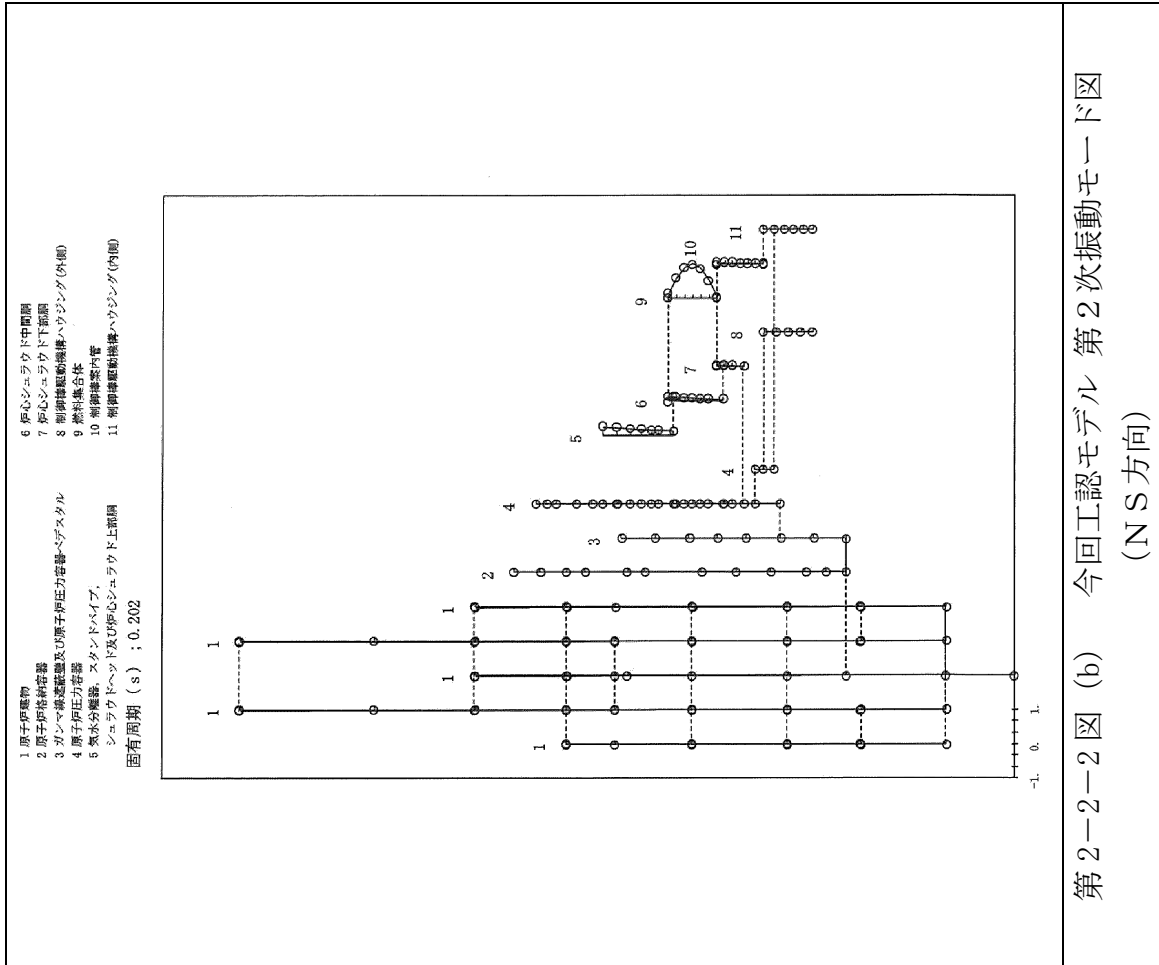
第2-2-1図 (a) 影響検討モデル2 第1次振動モード図 (NS方向)



第2-2-1図 (b) 今回工認モデル 第1次振動モード図 (NS方向)

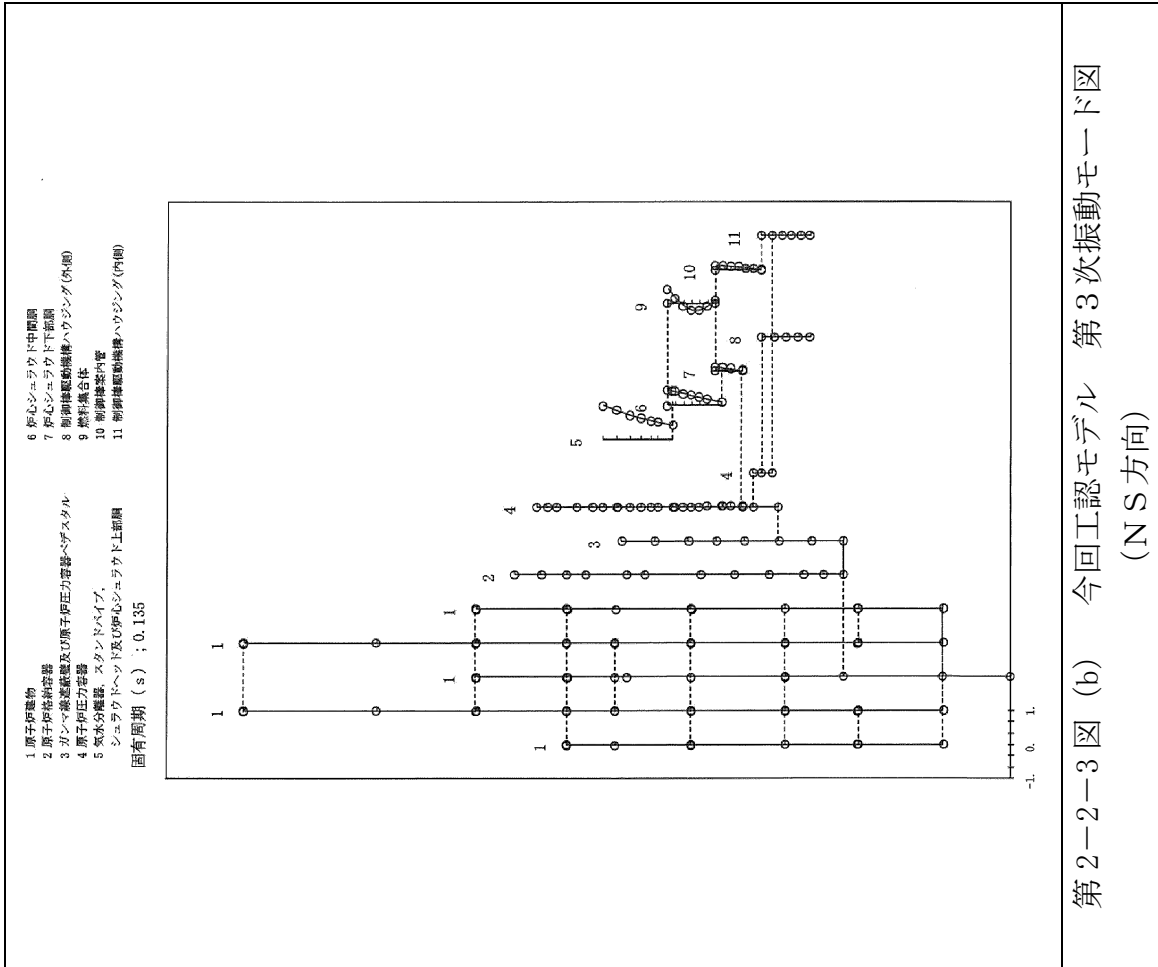
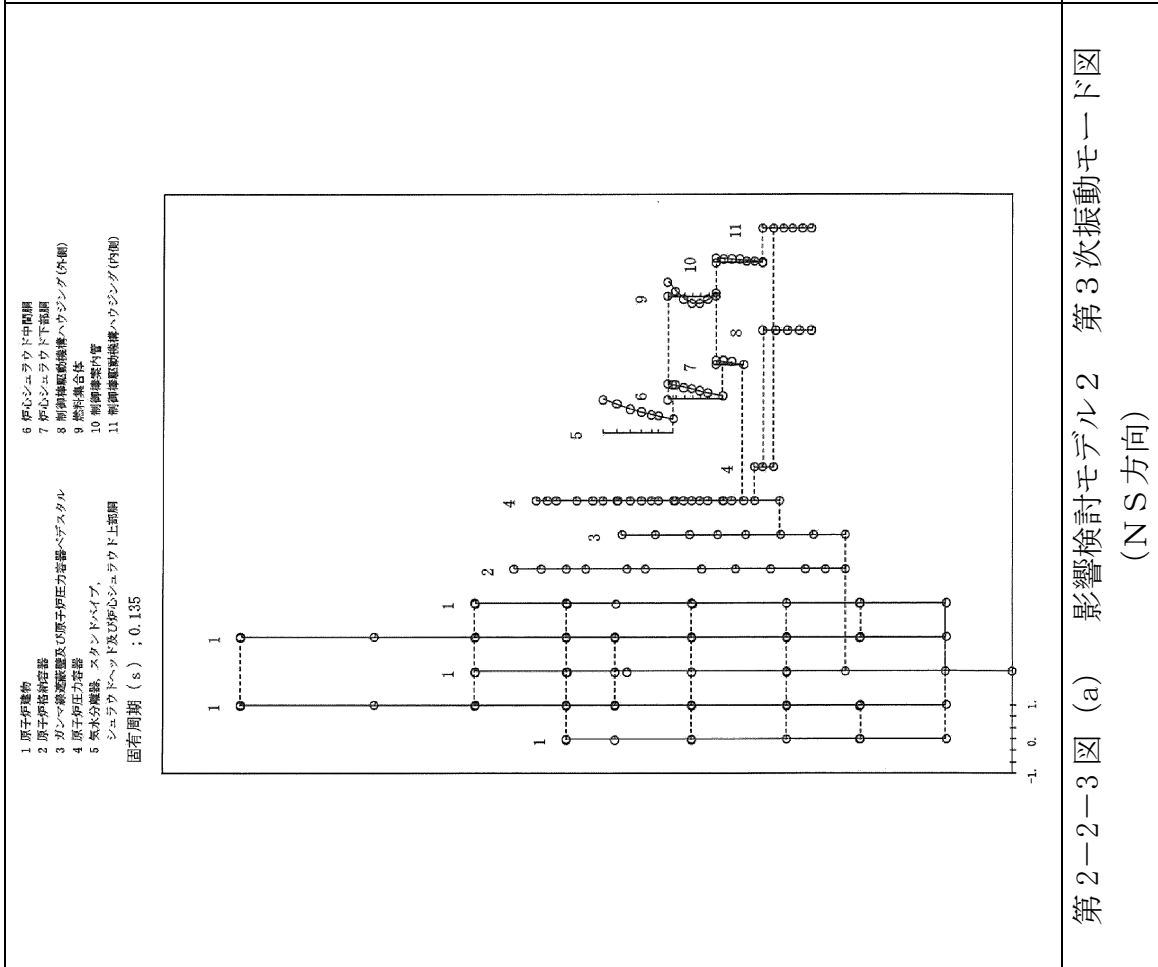


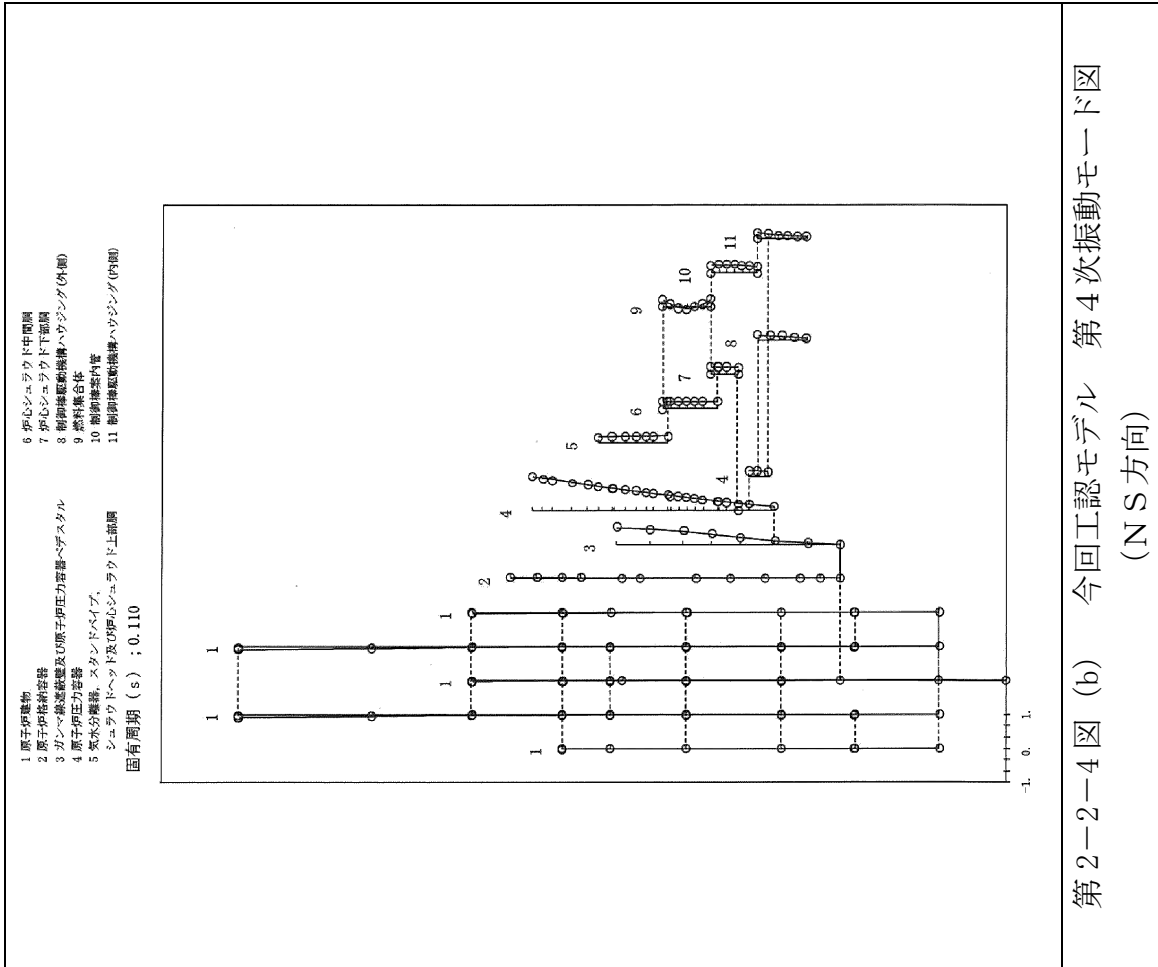
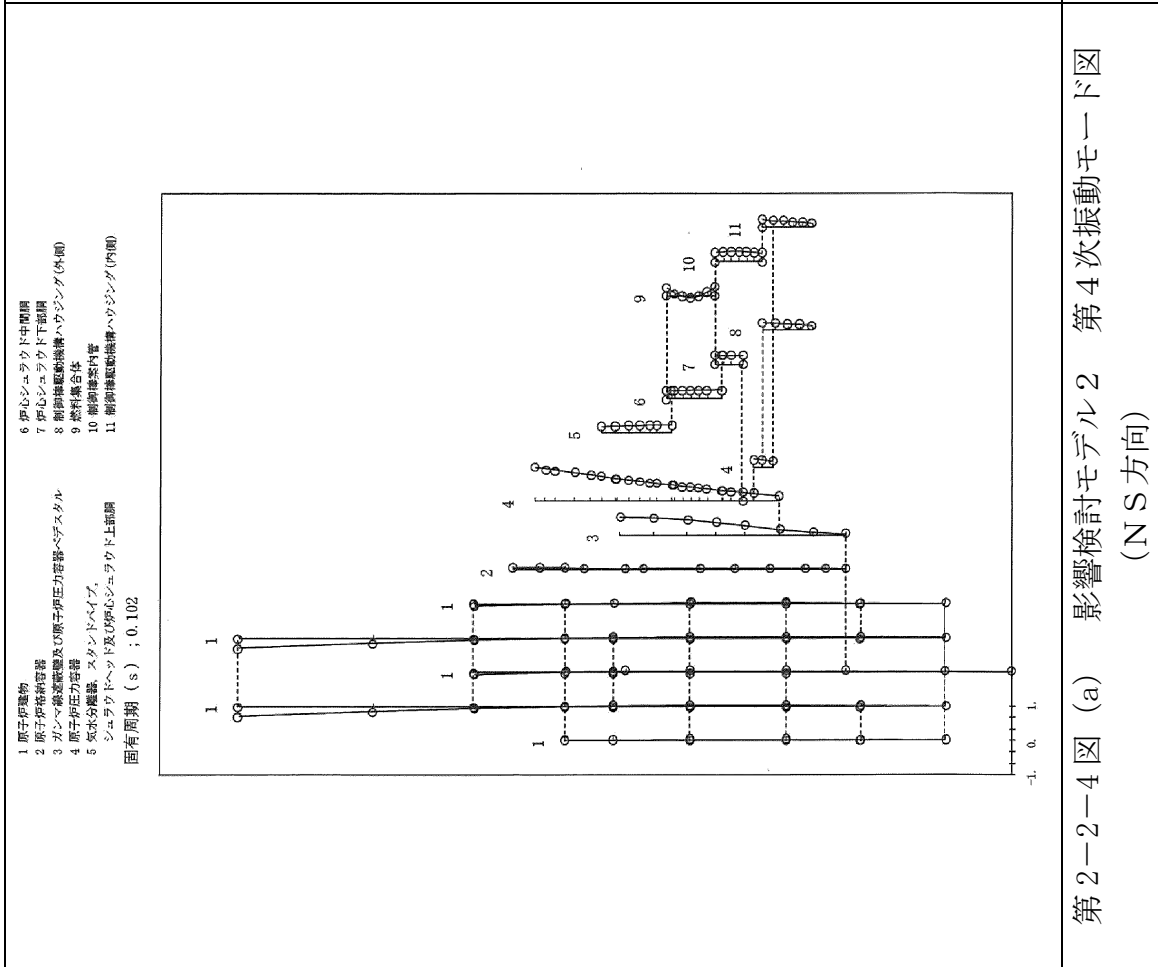
第2-2-2図 (a) 影響検討モデル2 第2次振動モード図 (NS方向)

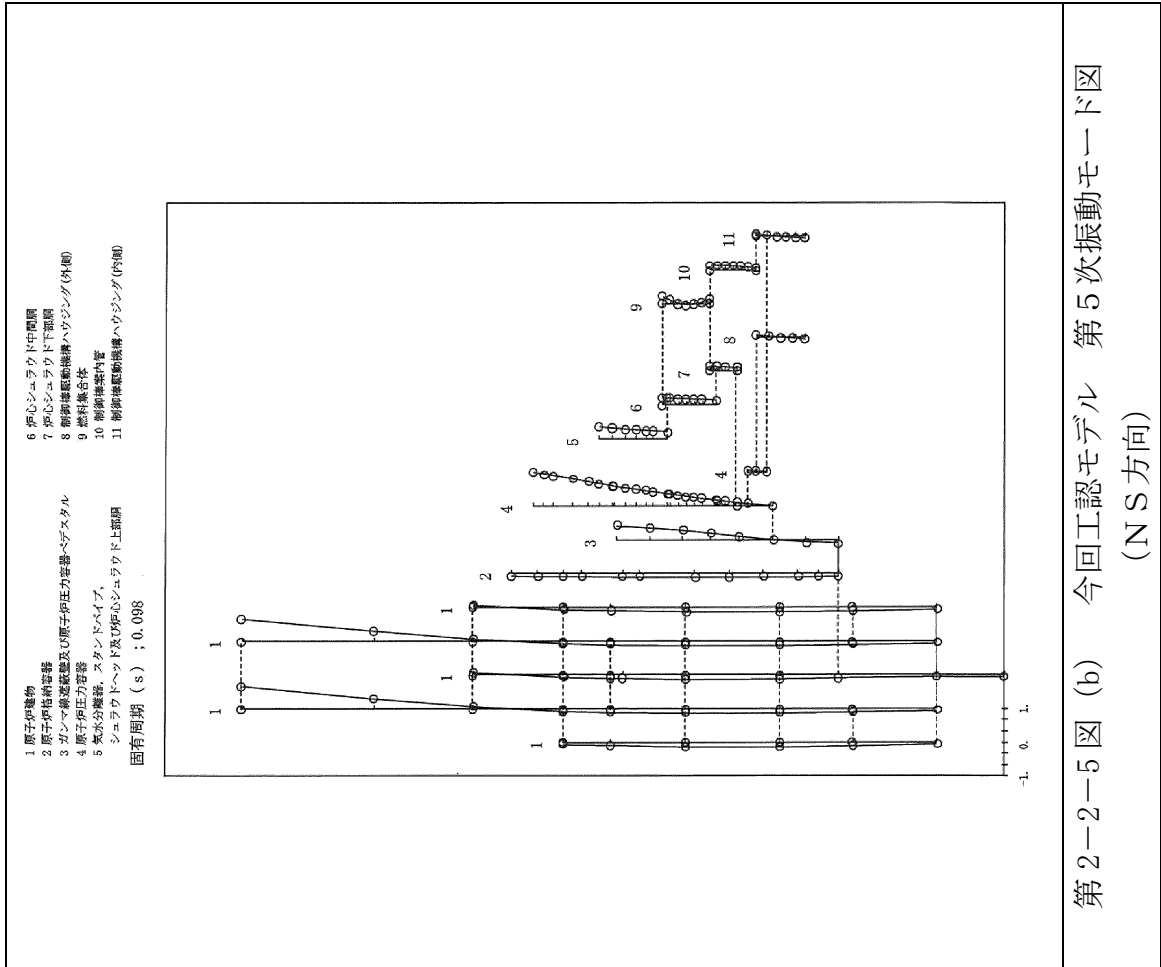
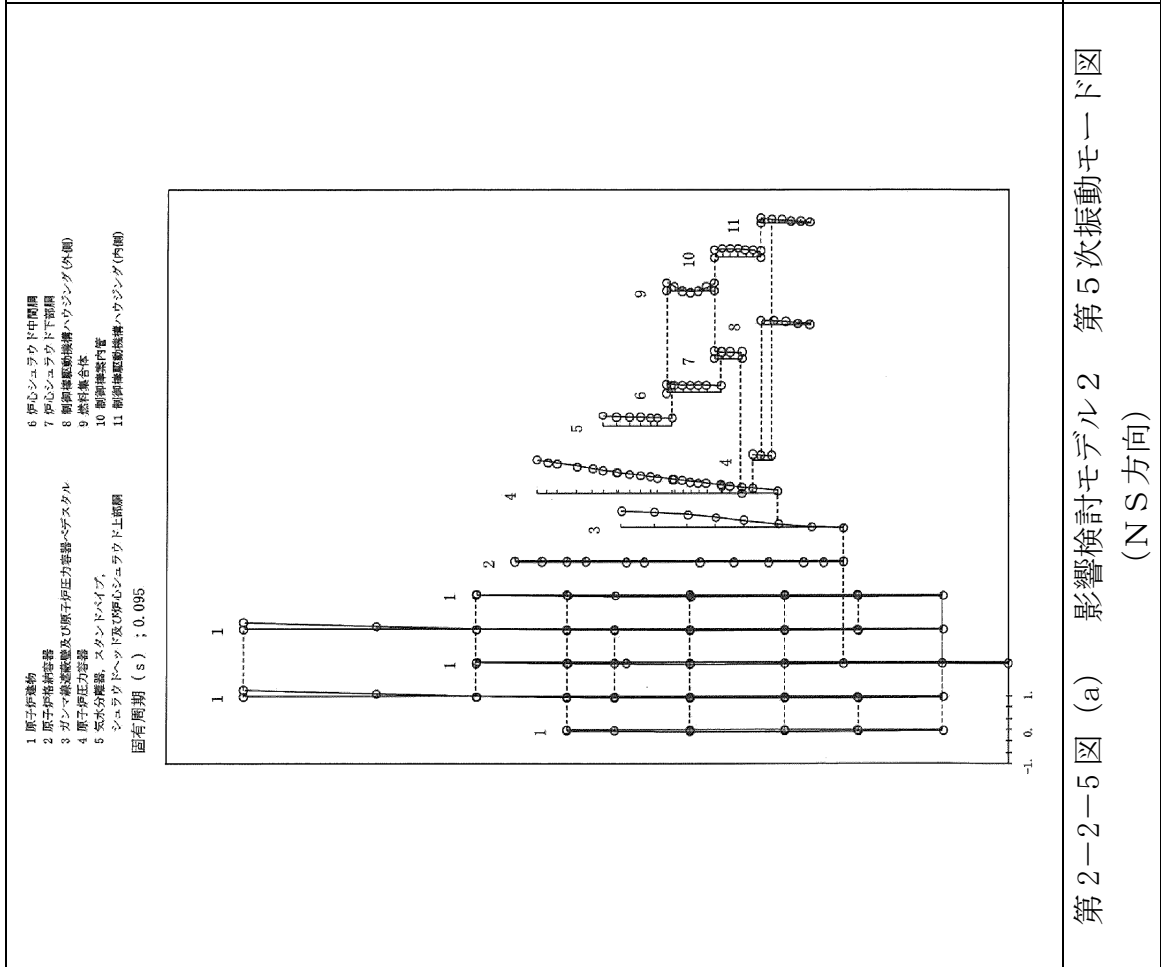


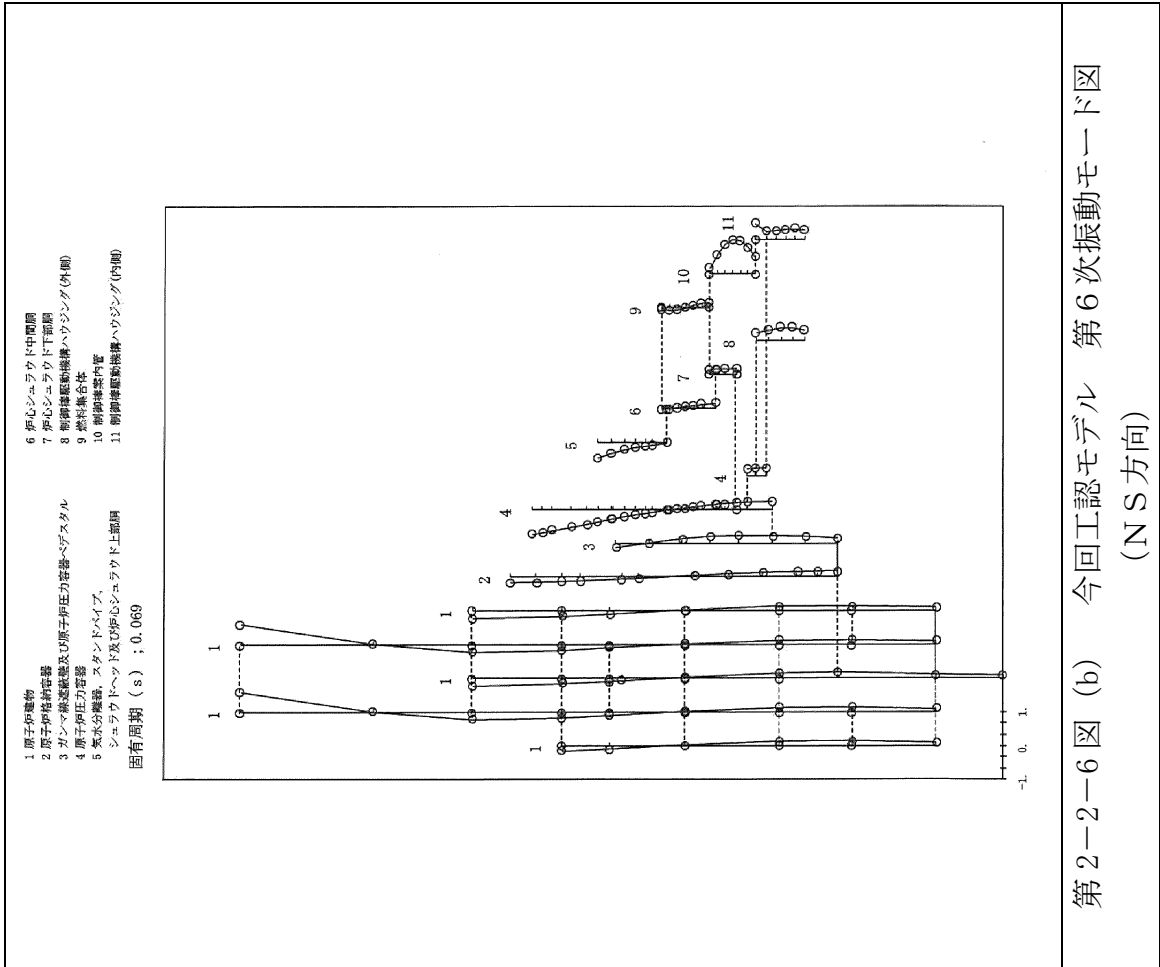
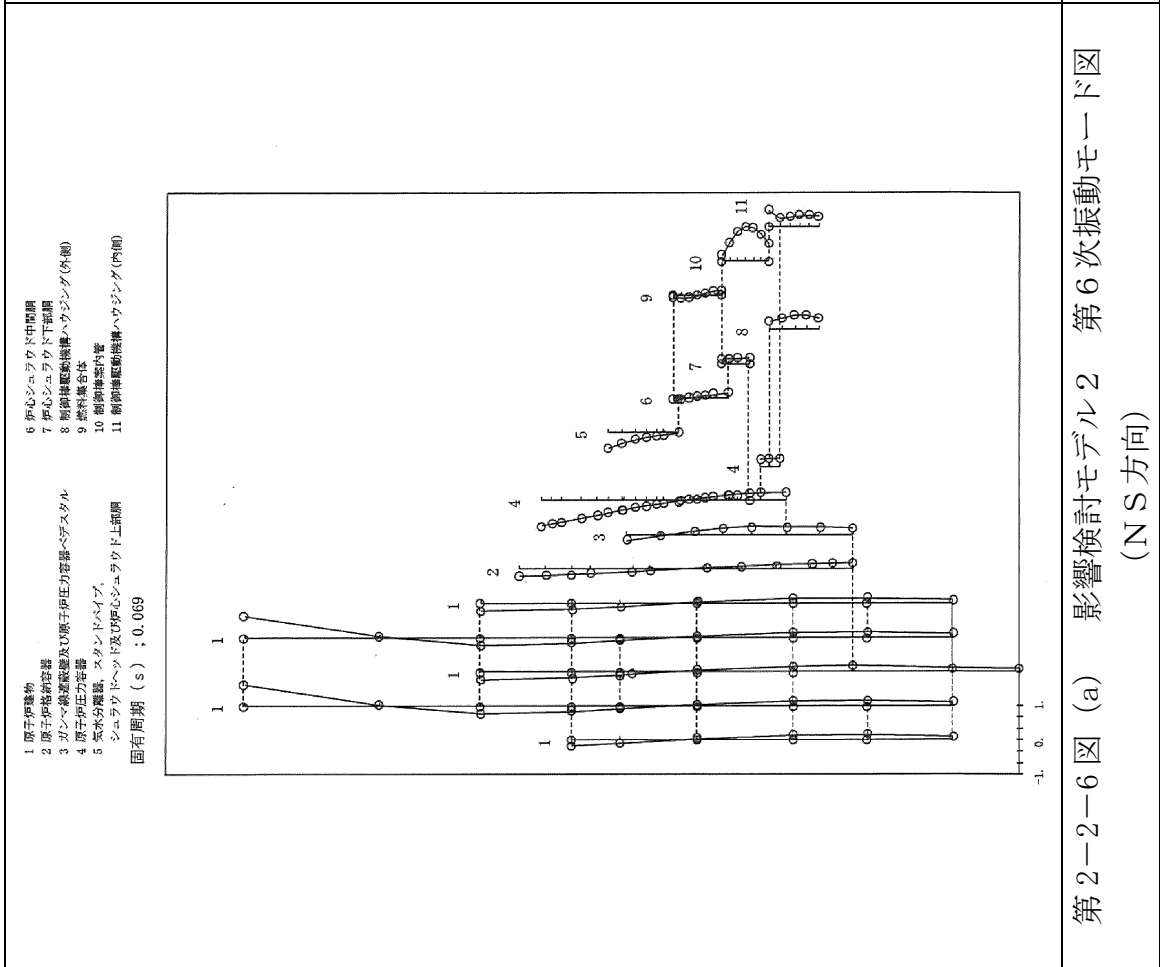
第2-2-2図 (b) 今回工認モデル 第2次振動モード図 (NS方向)

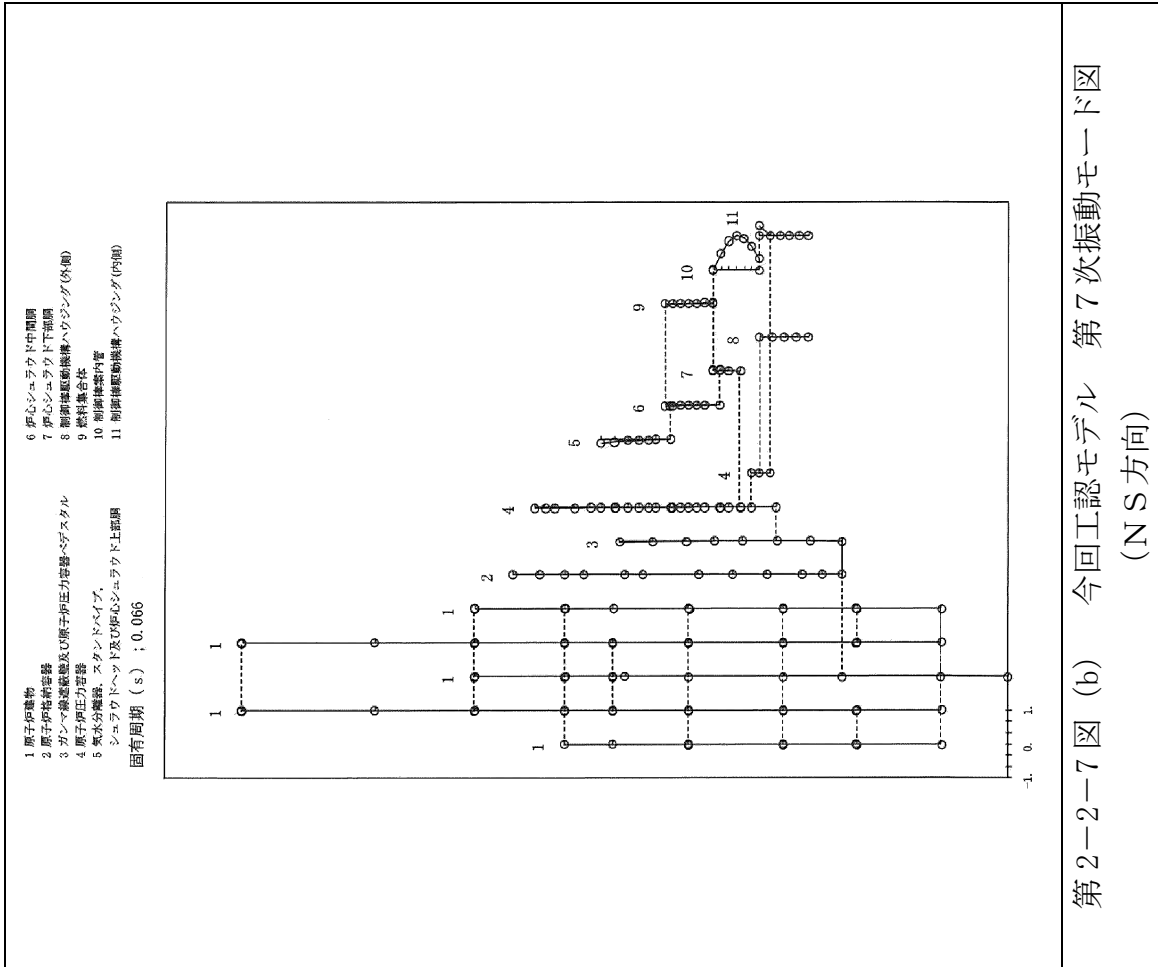
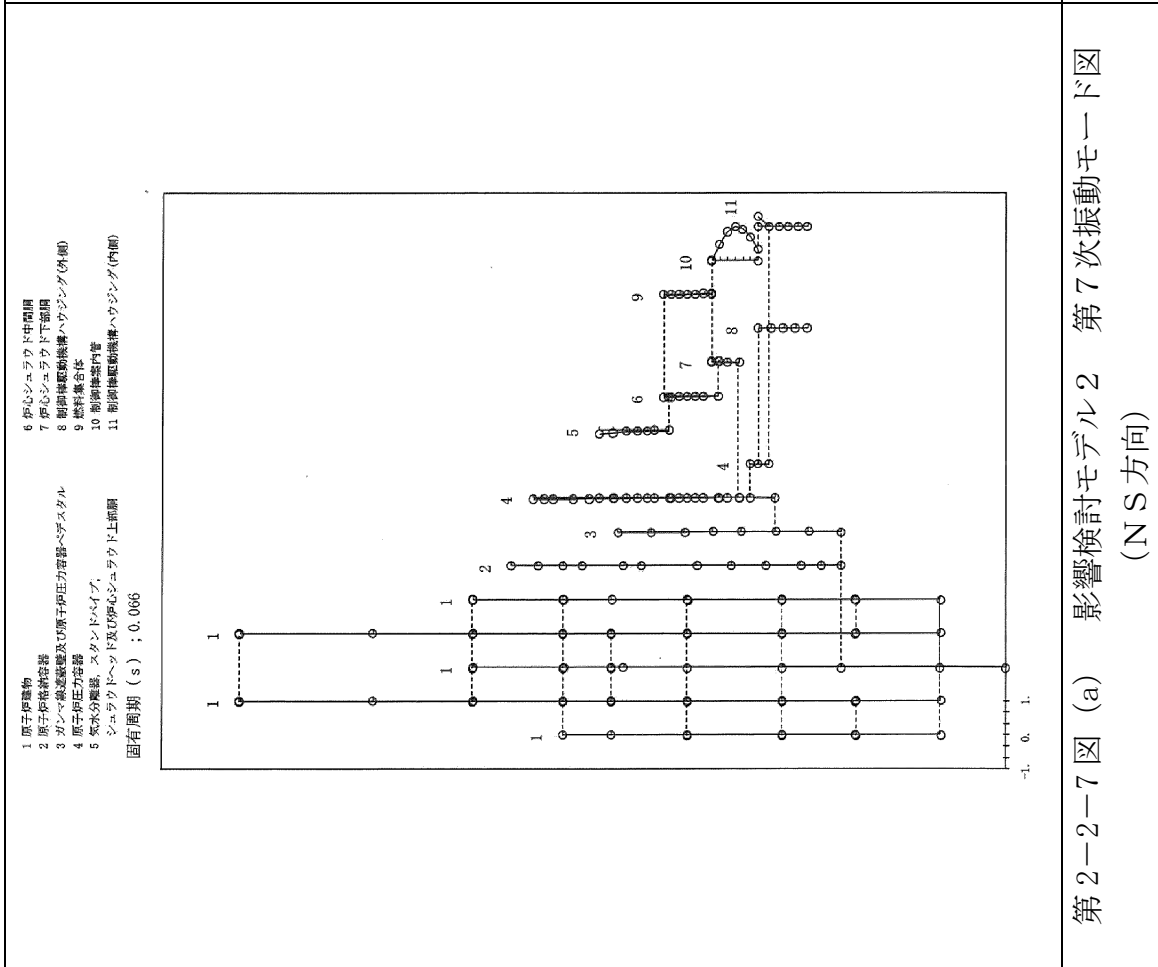


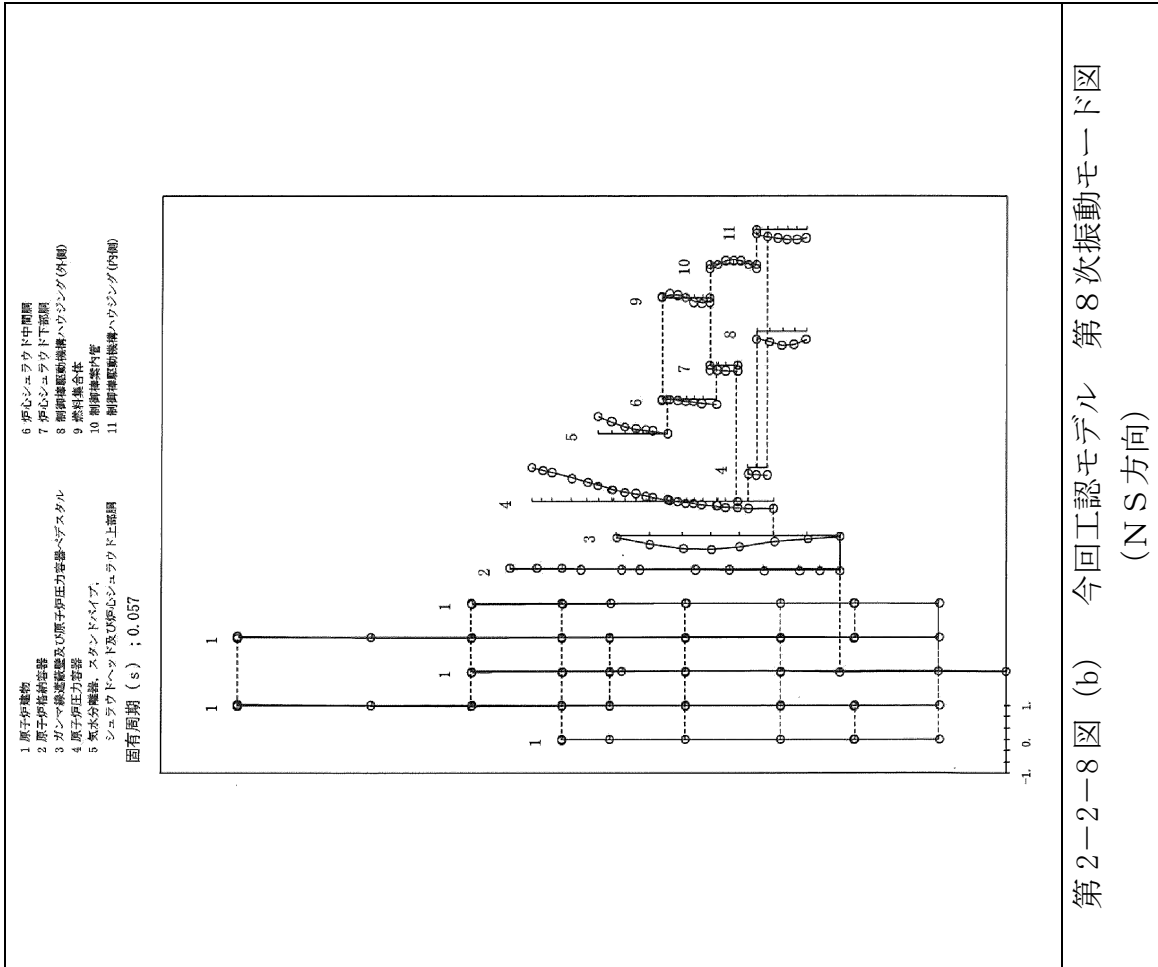
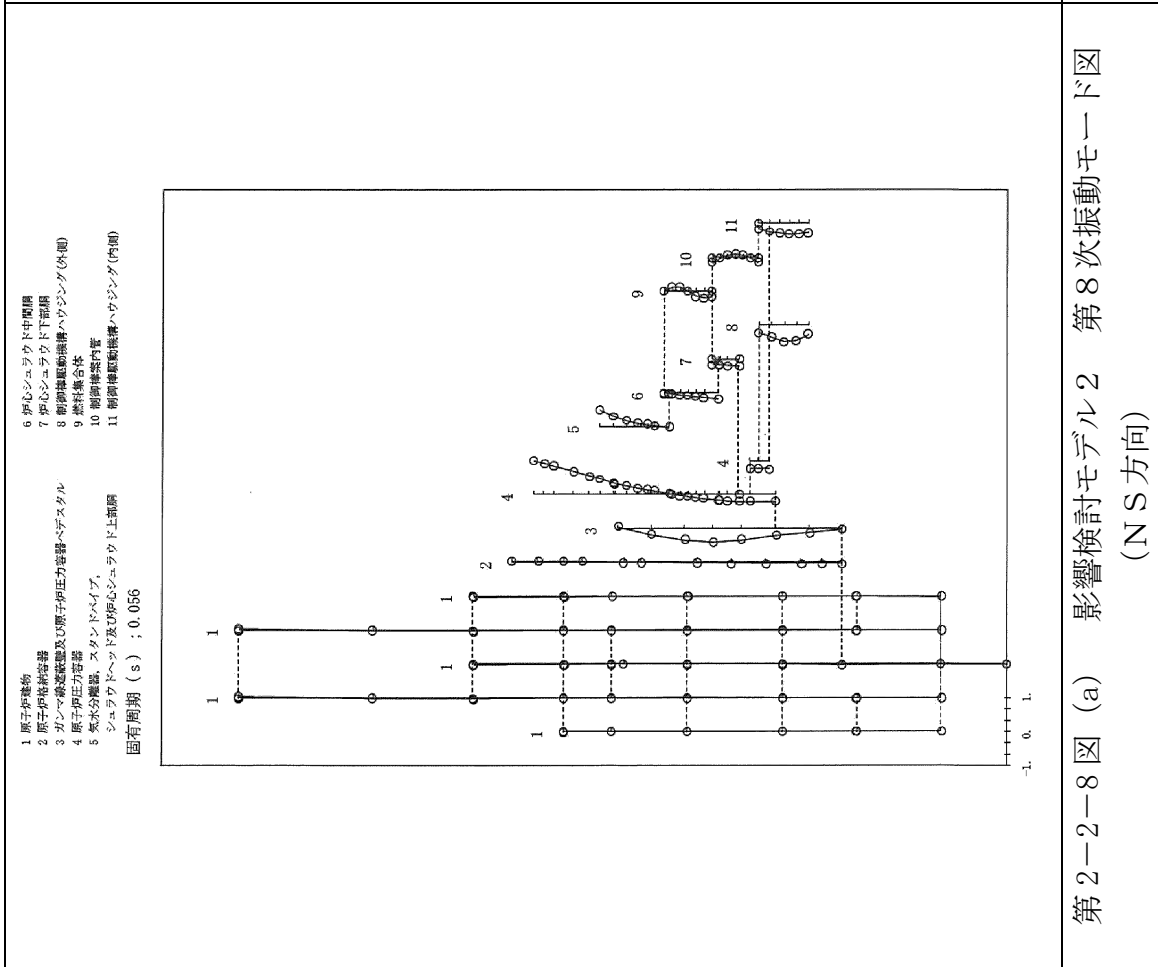


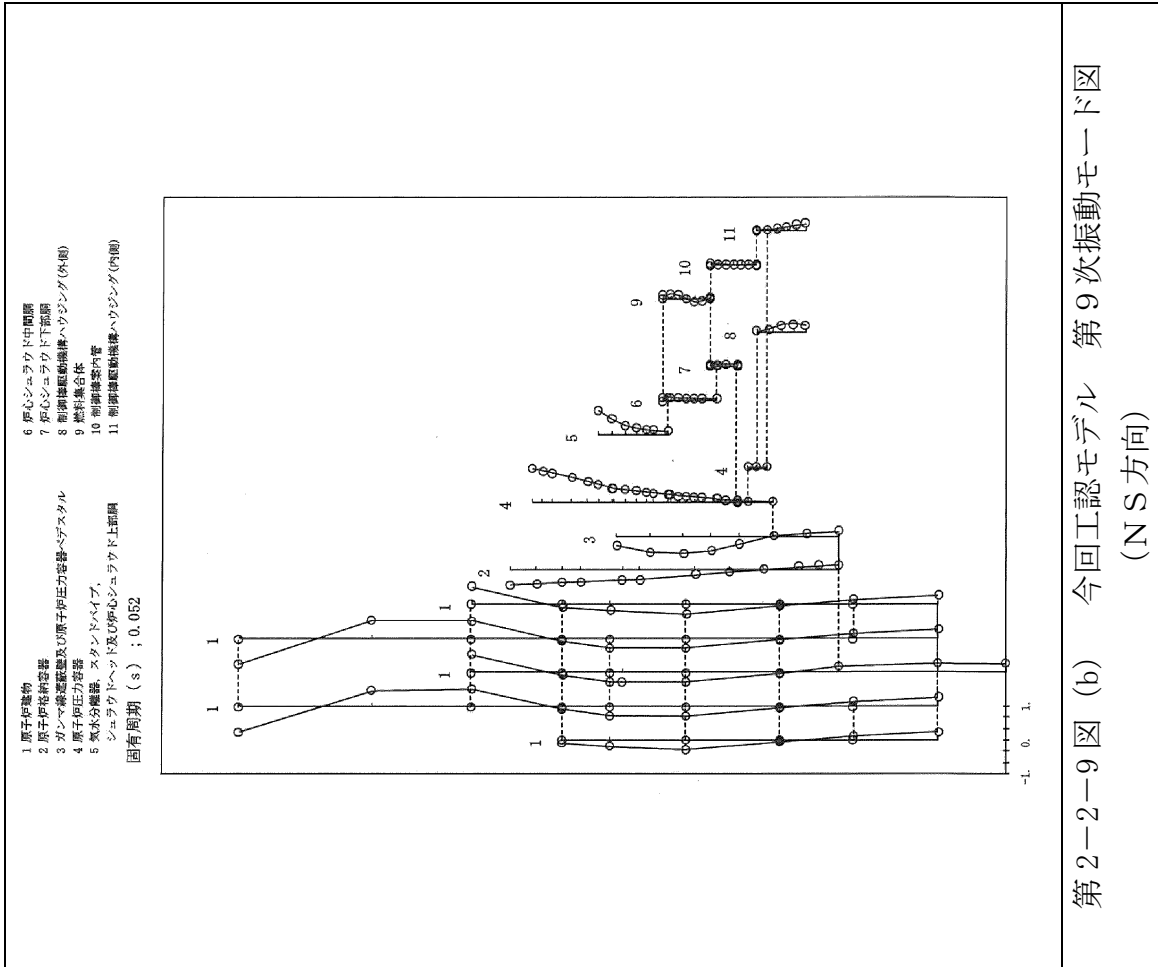
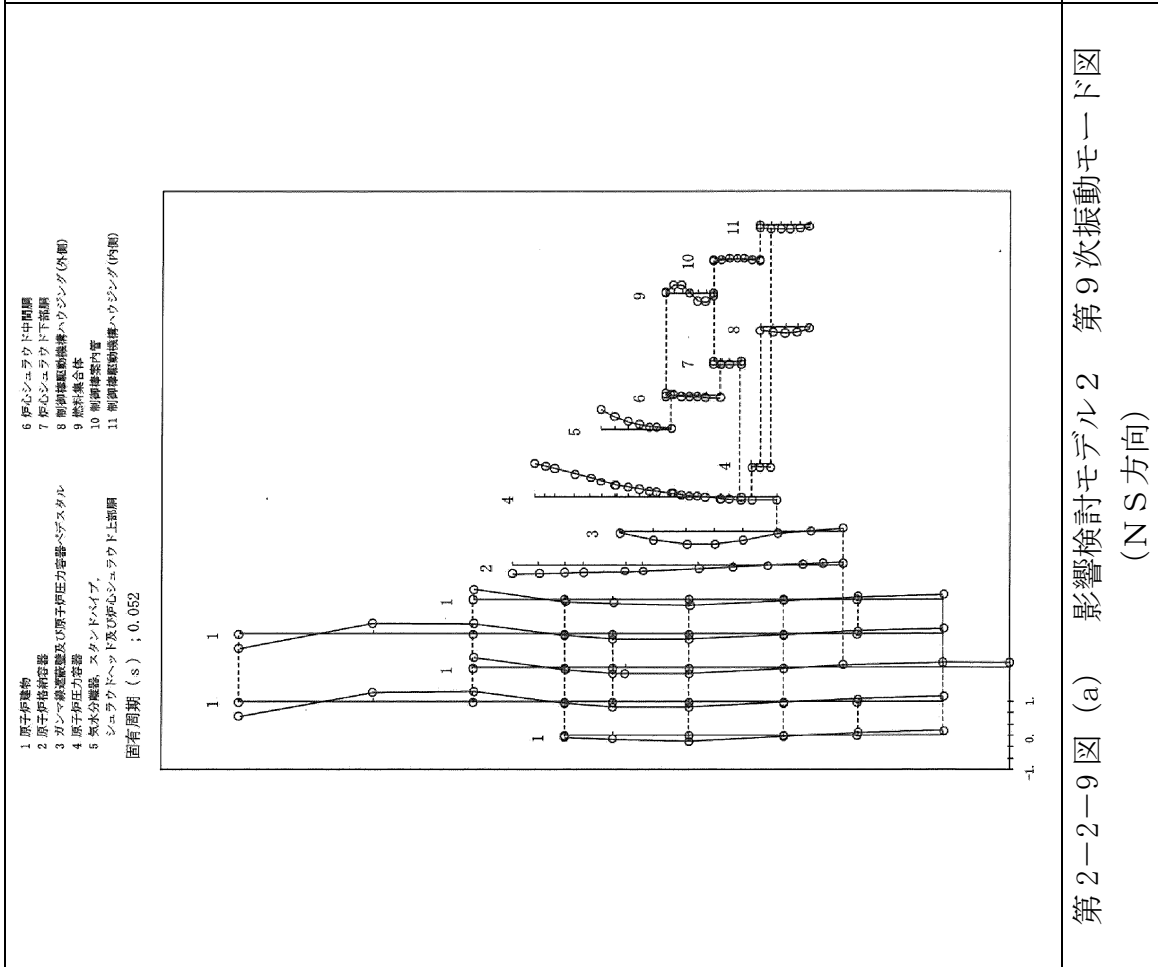


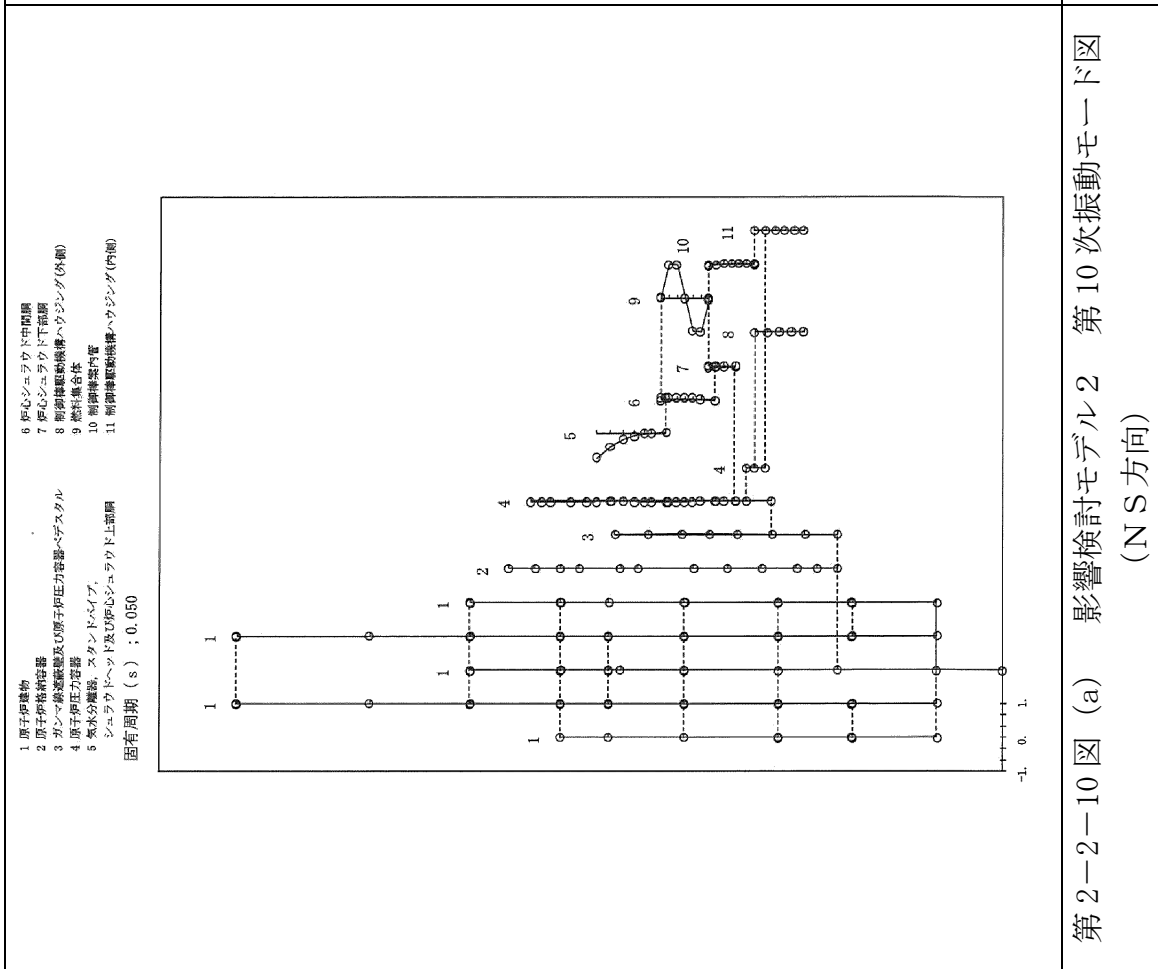




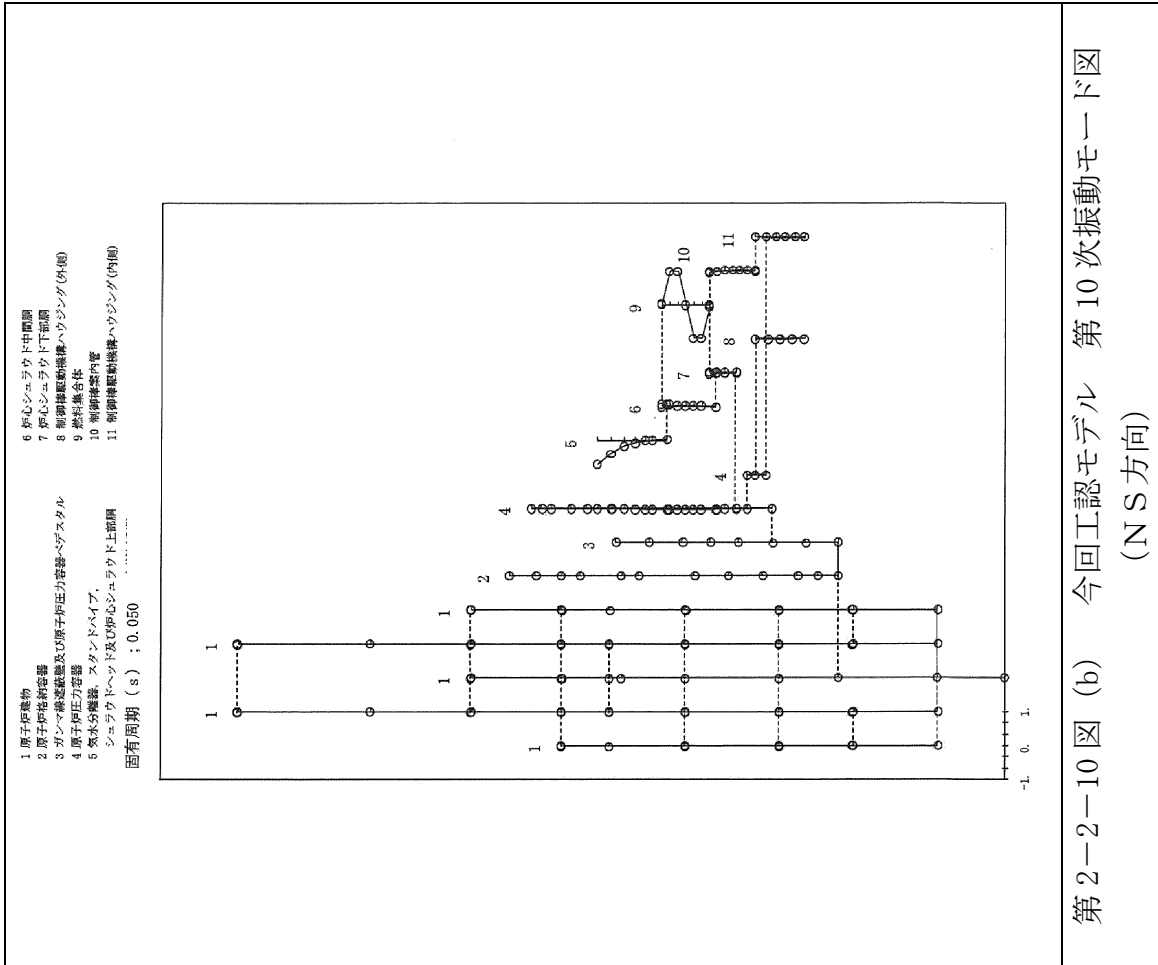








第2-2-10 図 (a) 影響検討モデル2 第10次振動モード図 (NS方向)

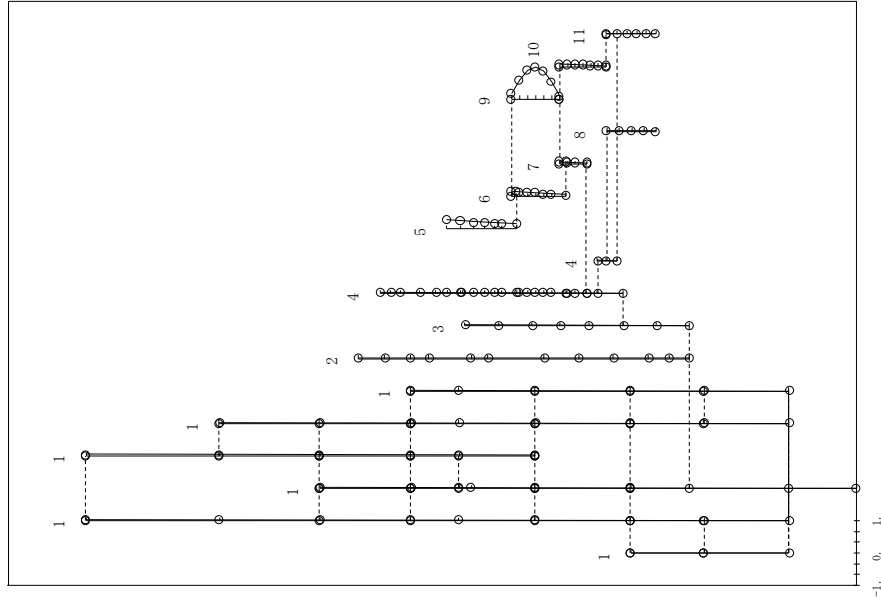


第2-2-10 図 (b) 今回工認モデル 第10次振動モード図 (NS方向)



プラント名：島根原子力発電所第2号機

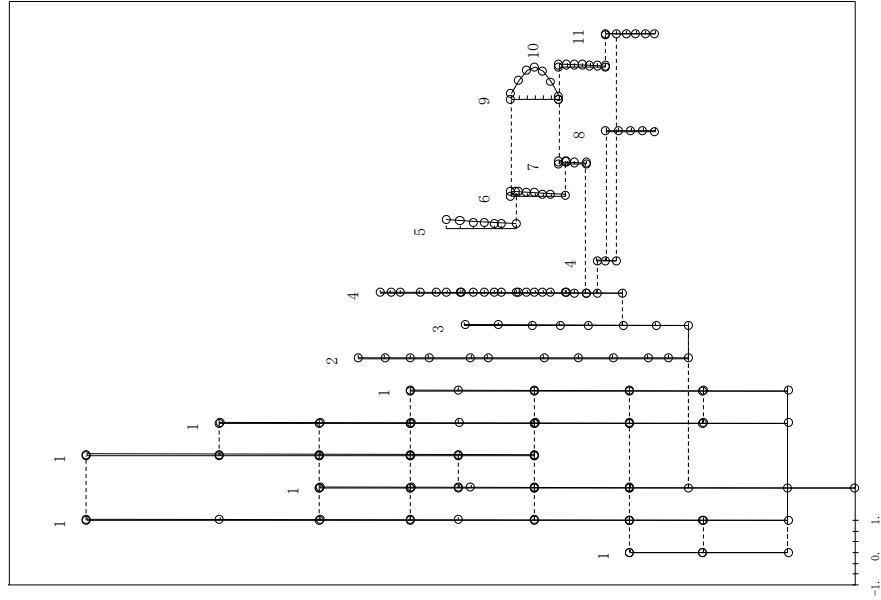
- 1 原子炉建屋
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器-ベデスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタンドパイプ、シュウワウドヘッド及び炉心シュウワウド上部胴
  - 6 炉心シュウワウド中間胴
  - 7 炉心シュウワウド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.204



第2-2-11 図 (a) 影響検討モデル2 第1次振動モード図 (EW方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

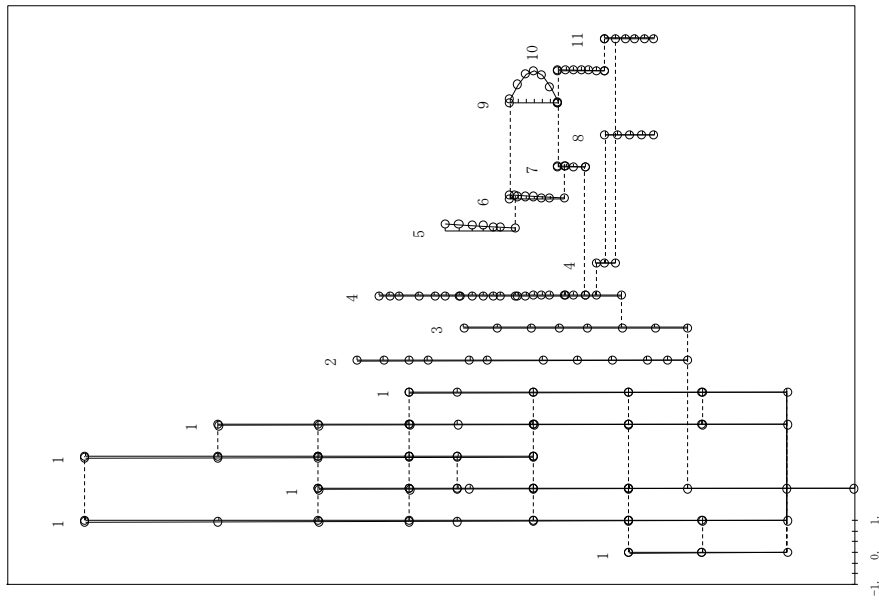
- 1 原子炉建屋
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器-ベデスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタンドパイプ、シュウワウドヘッド及び炉心シュウワウド上部胴
  - 6 炉心シュウワウド中間胴
  - 7 炉心シュウワウド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.204



第2-2-11 図 (b) 今回工認モデル 第1次振動モード図 (EW方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

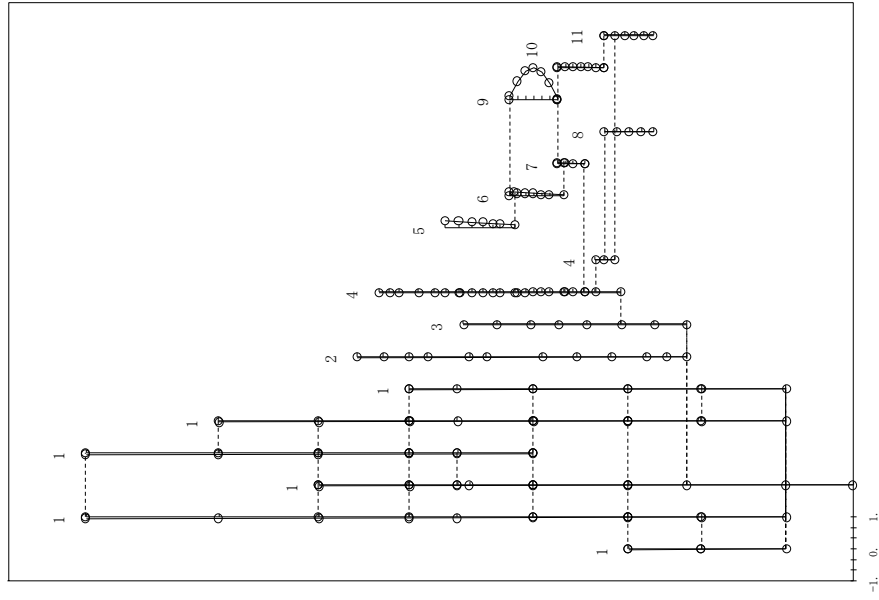
- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベアスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタントハイブ、シュウワウドヘッド及び炉心シュウワウド上部屋
  - 6 炉心シュウワウド中間
  - 7 炉心シュウワウド下部屋
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.200



第2-2-12図 (a) 影響検討モデル2 第2次振動モード図 (EW方向)

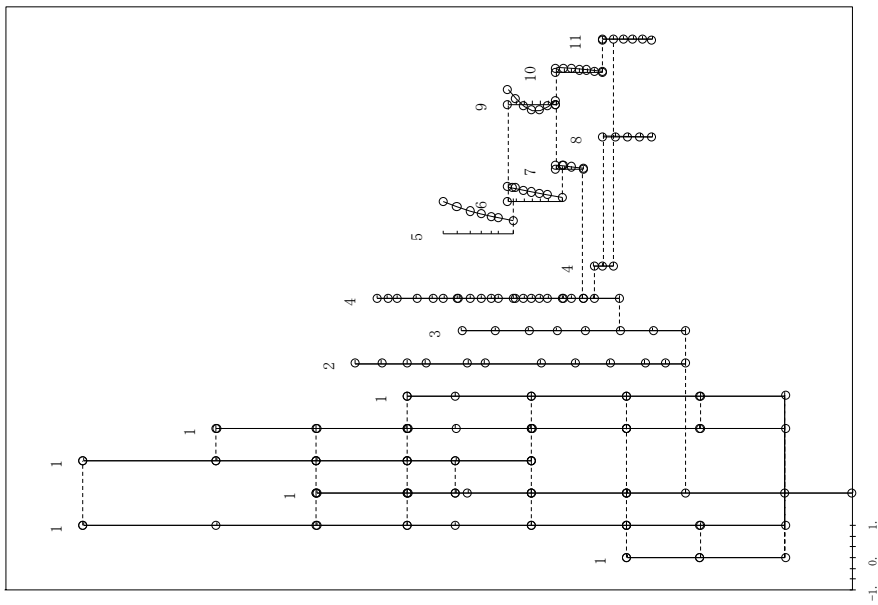
プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベアスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタントハイブ、シュウワウドヘッド及び炉心シュウワウド上部屋
  - 6 炉心シュウワウド中間
  - 7 炉心シュウワウド下部屋
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.200



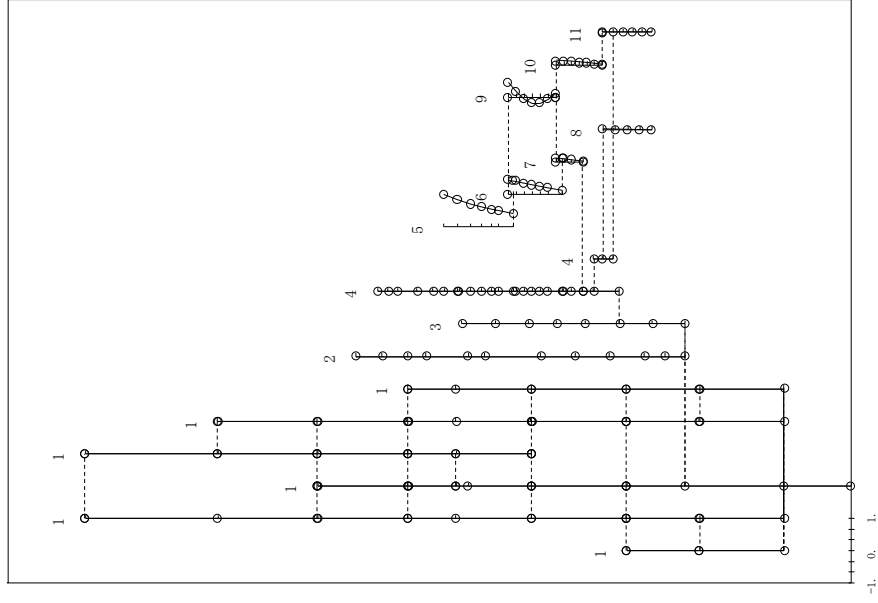
第2-2-12図 (b) 今回工認モデル 第2次振動モード図 (EW方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ヘジスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンドバイ、シュウワウドヘッド及び炉心シュウワウド上部屋
- 固有周期 (s) ; 0.135



第2-2-13 図 (a) 影響検討モデル2 第3次振動モード図 (EW方向)

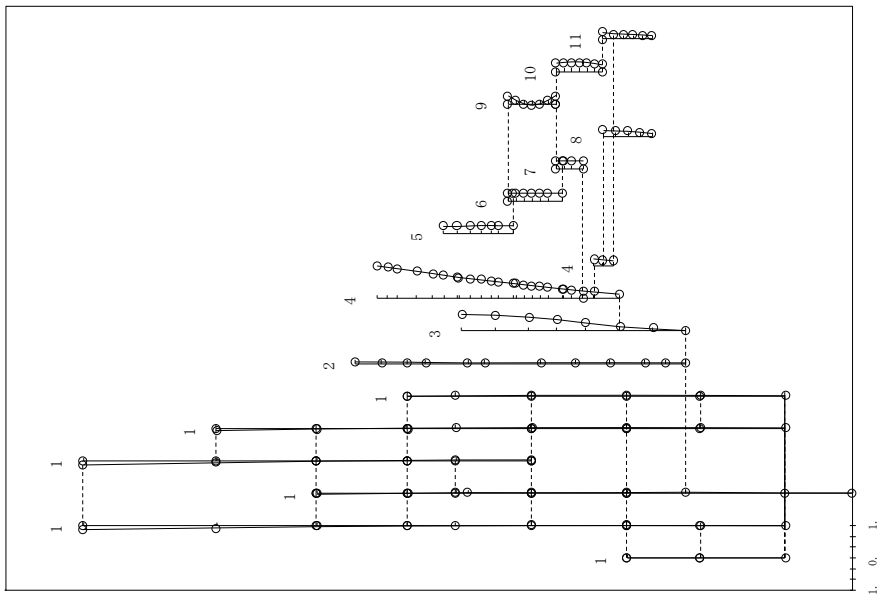
- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ヘジスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンドバイ、シュウワウドヘッド及び炉心シュウワウド上部屋
- 固有周期 (s) ; 0.135



第2-2-13 図 (b) 今回工認モデル 第3次振動モード図 (EW方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へダスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンドバイ、シュウワウドヘッド及び炉心シュウワウド上部間
- 6 炉心シュウワウド中間間
- 7 炉心シュウワウド下部間
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)

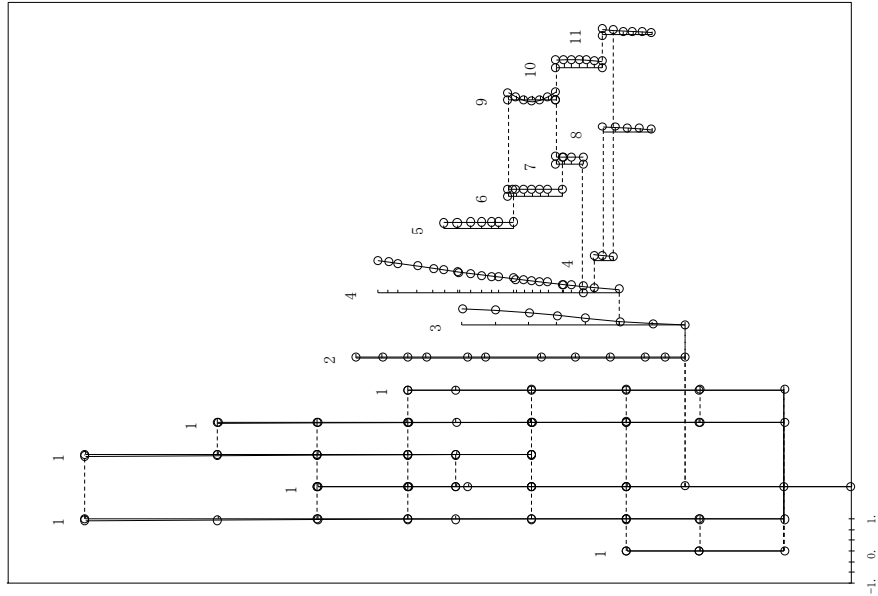
固有周期 (s) ; 0.100



第2-2-14図 (a) 影響検討モデル2 第4次振動モード図 (EW方向)

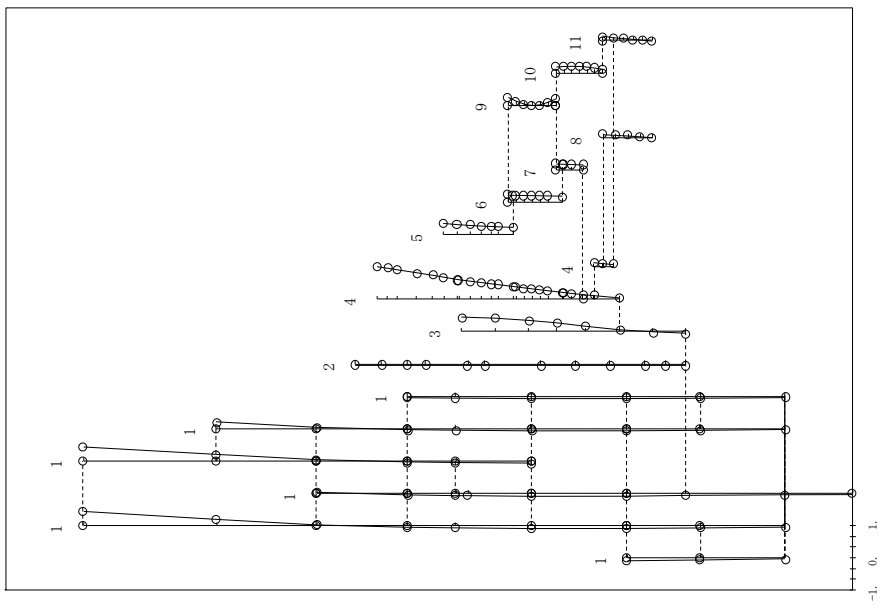
- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へダスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンドバイ、シュウワウドヘッド及び炉心シュウワウド上部間
- 6 炉心シュウワウド中間間
- 7 炉心シュウワウド下部間
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)

固有周期 (s) ; 0.109



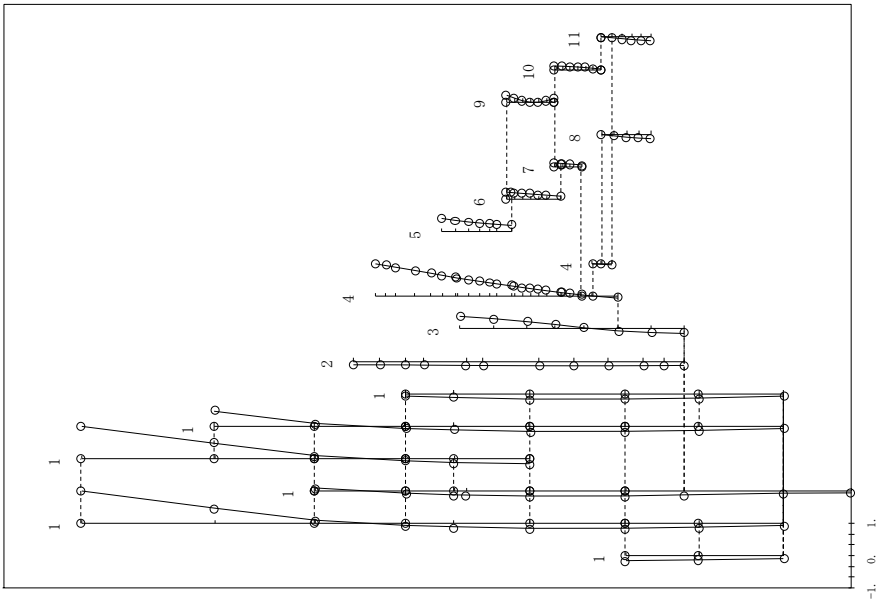
第2-2-14図 (b) 今回工認モデル 第4次振動モード図 (EW方向)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベダスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンバイ、シュワウドヘッド及び炉心シュワウド上部胴
- 固有周期 (s) ; 0.091
- 6 炉心シュワウド中間胴
- 7 炉心シュワウド下部胴
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)

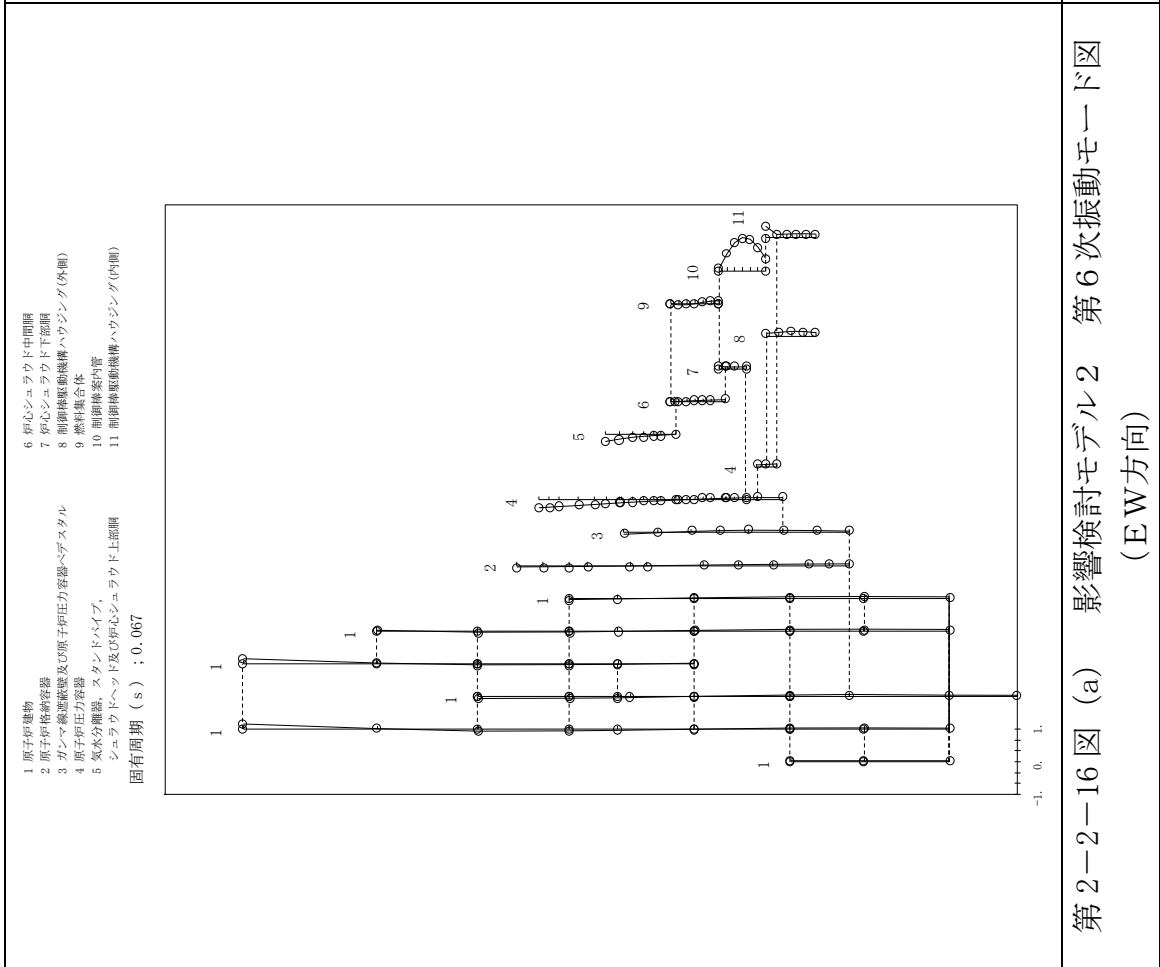


第2-2-15 図 (a) 影響検討モデル2 第5次振動モード図 (EW方向)

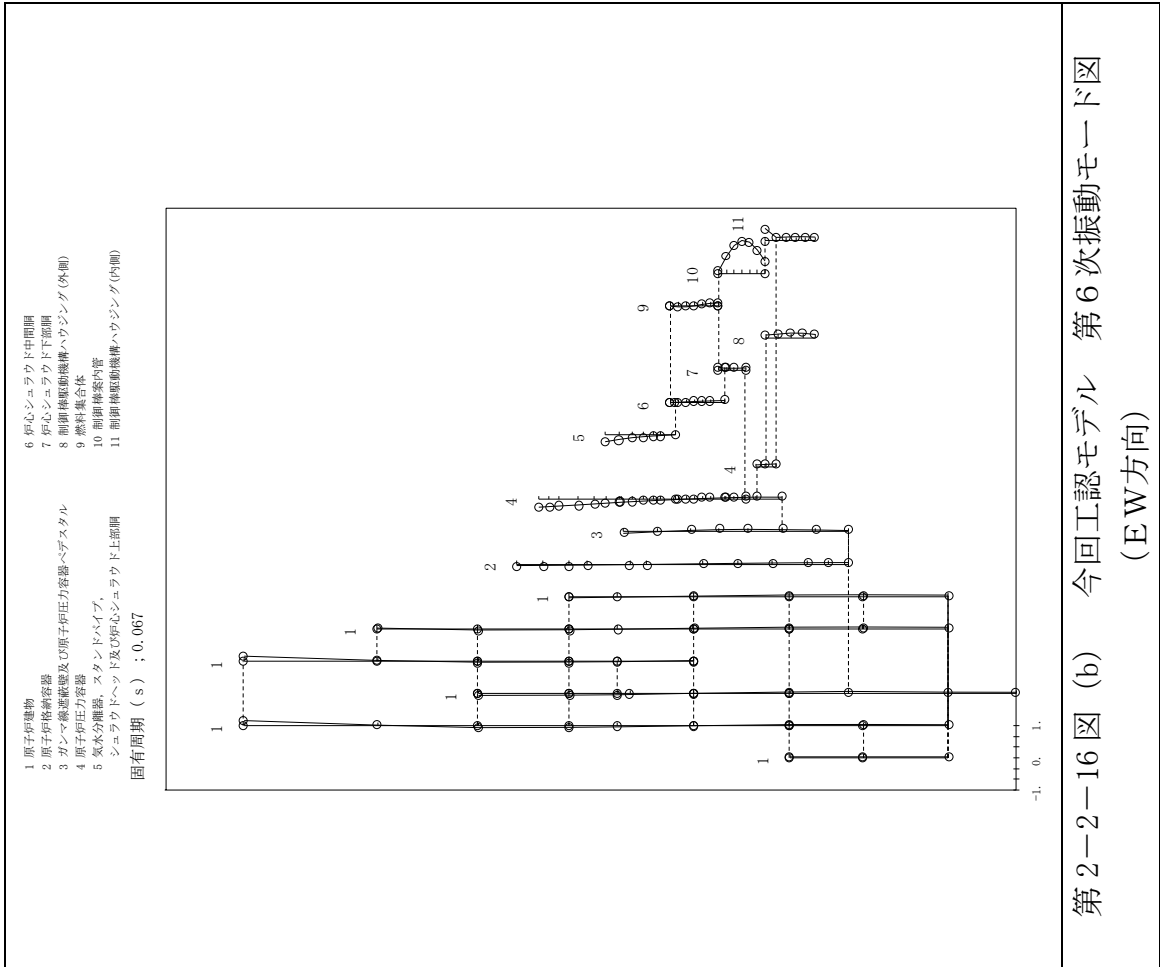
- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベダスタル
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器、スタンバイ、シュワウドヘッド及び炉心シュワウド上部胴
- 固有周期 (s) ; 0.093
- 6 炉心シュワウド中間胴
- 7 炉心シュワウド下部胴
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)



第2-2-15 図 (b) 今回工認モデル 第5次振動モード図 (EW方向)



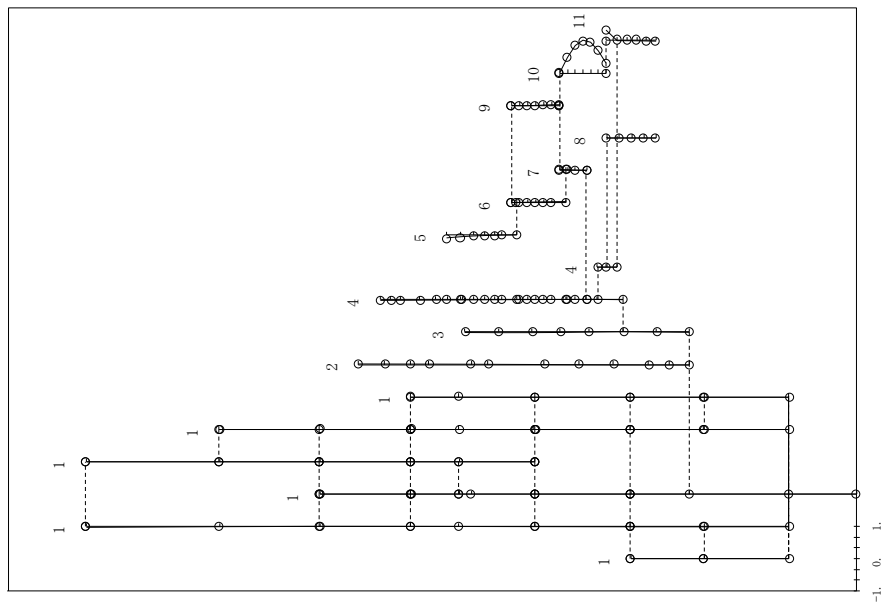
第2-2-16図 (a) 影響検討モデル2 第6次振動モード図 (EW方向)



第2-2-16図 (b) 今回工認モデル 第6次振動モード図 (EW方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

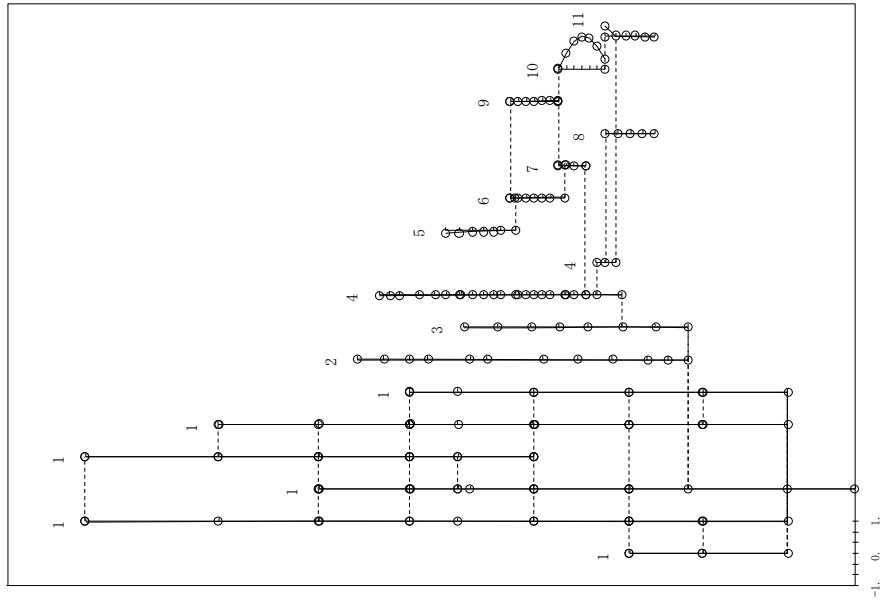
- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へデスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタンドバイプ、  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴
  - 6 炉心シュラウド中間胴
  - 7 炉心シュラウド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.066



第2-2-17図 (a) 影響検討モデル2 第7次振動モード図 (EW方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

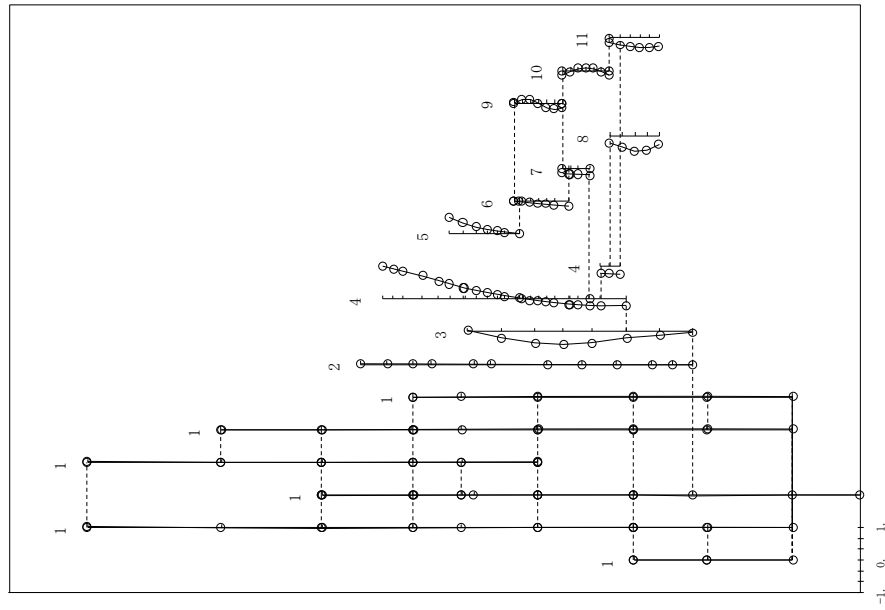
- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器へデスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタンドバイプ、  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴
  - 6 炉心シュラウド中間胴
  - 7 炉心シュラウド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.066



第2-2-17図 (b) 今回工認モデル 第7次振動モード図 (EW方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

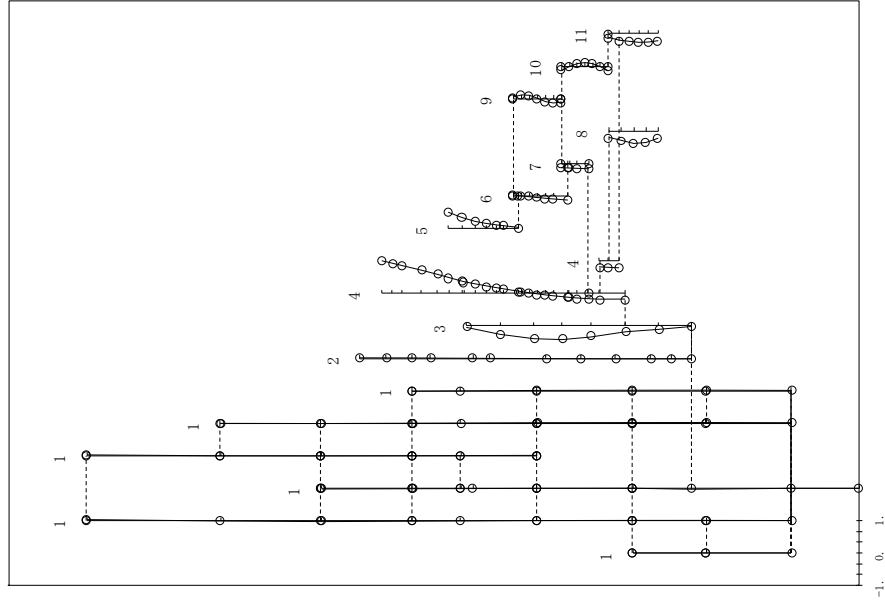
- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽型及び原子炉圧力容器ヘドスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタンバイ、シュエラドヘッド及び炉心シュエラド上部胴
  - 6 炉心シュエラド中間胴
  - 7 炉心シュエラド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.055



第2-2-18図 (a) 影響検討モデル2 第8次振動モード図 (EW方向)

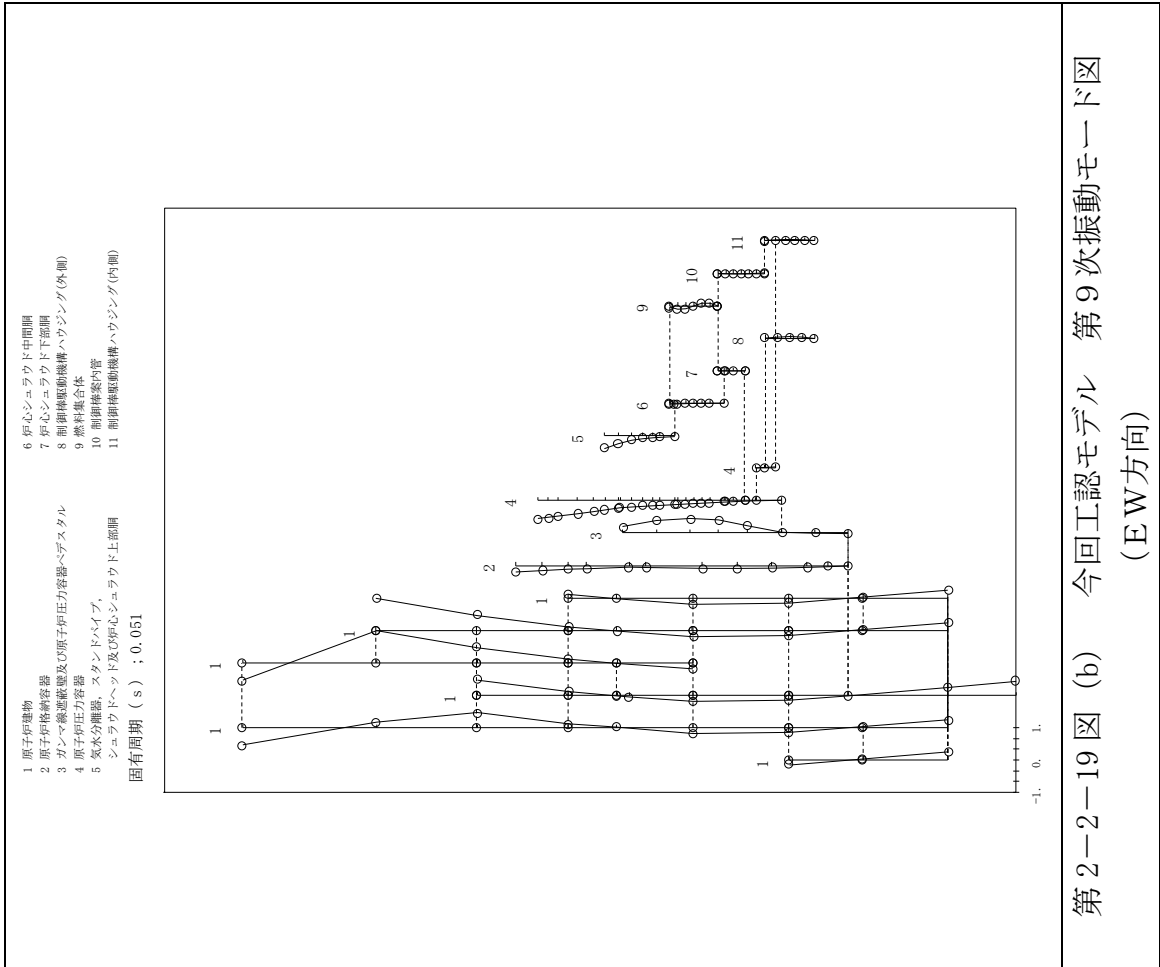
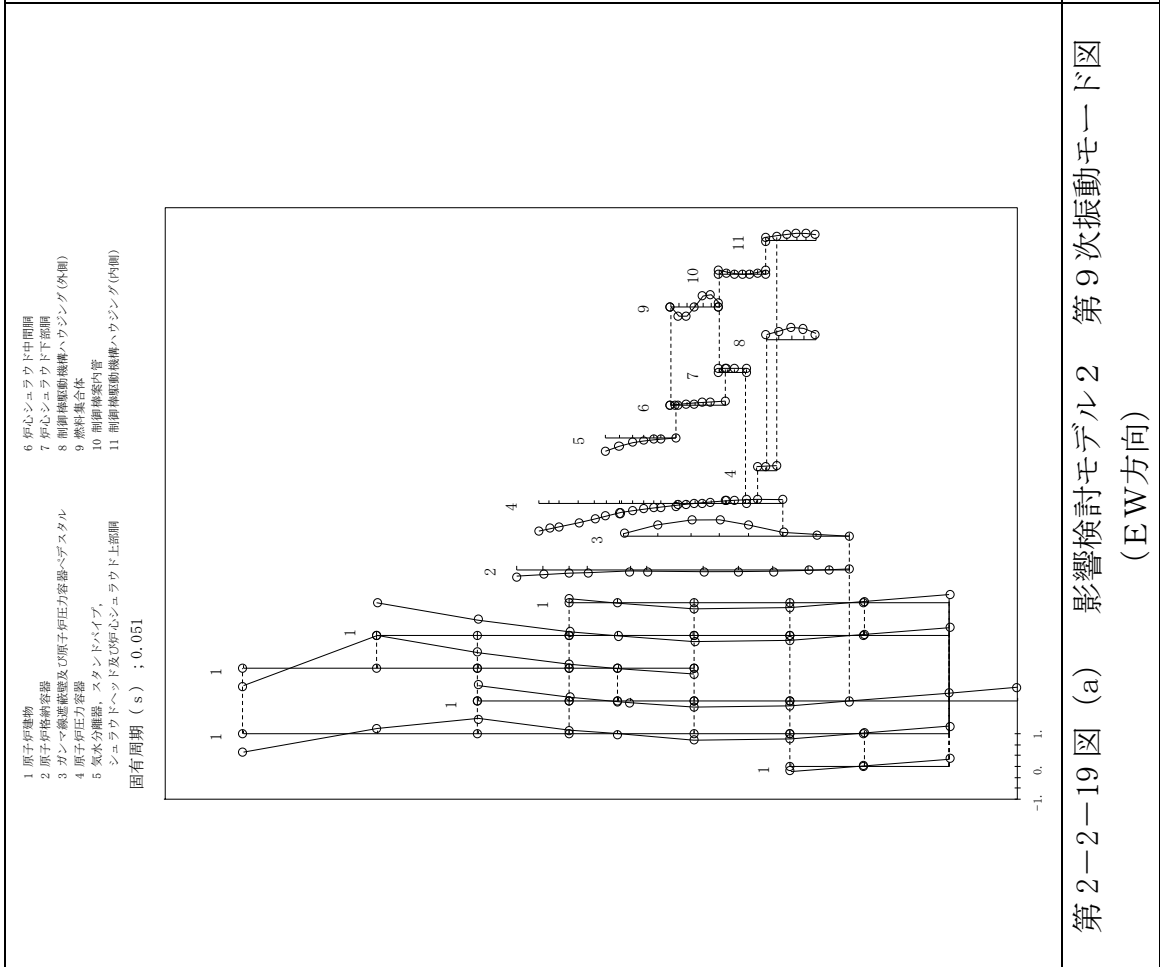
プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建物
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽型及び原子炉圧力容器ヘドスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタンバイ、シュエラドヘッド及び炉心シュエラド上部胴
  - 6 炉心シュエラド中間胴
  - 7 炉心シュエラド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.057



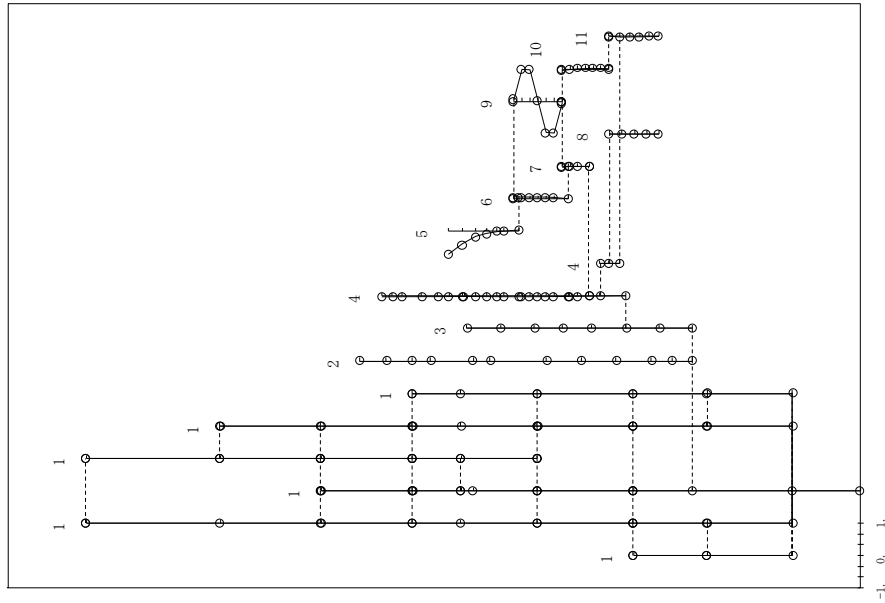
第2-2-18図 (b) 今回工認モデル 第8次振動モード図 (EW方向)





プラント名：島根原子力発電所第2号機

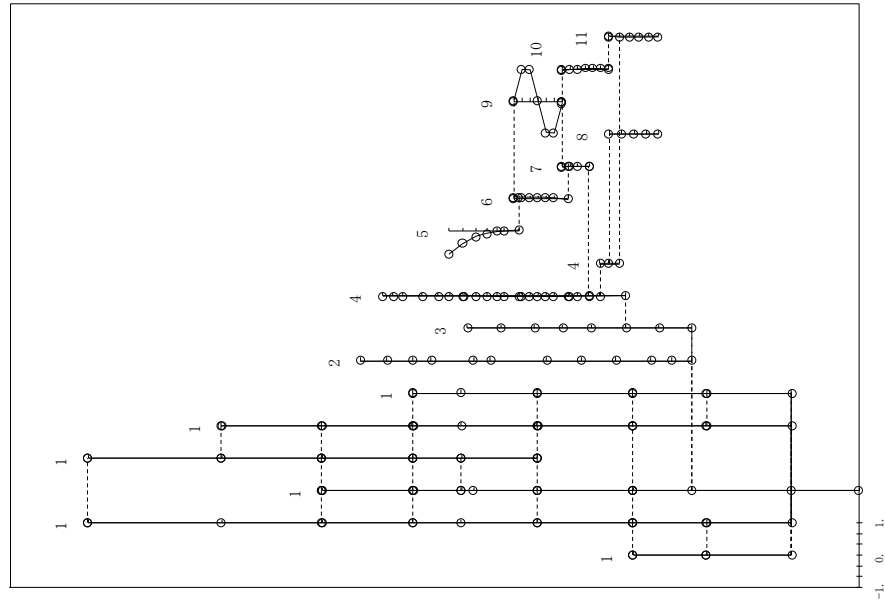
- 1 原子炉建屋
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベアスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタンバイ、シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴
  - 6 炉心シュラウド中間胴
  - 7 炉心シュラウド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.050



第2-2-20図 (a) 影響検討モデル2 第10次振動モード図 (EW方向)

プラント名：島根原子力発電所第2号機

- 1 原子炉建屋
  - 2 原子炉格納容器
  - 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベアスタル
  - 4 原子炉圧力容器
  - 5 気水分離器、スタンバイ、シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴
  - 6 炉心シュラウド中間胴
  - 7 炉心シュラウド下部胴
  - 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
  - 9 燃料集合体
  - 10 制御棒案内管
  - 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 固有周期 (s) ; 0.050



第2-2-20図 (b) 今回工認モデル 第10次振動モード図 (EW方向)

第2-1-1表 主要設備の地震応答解析結果（影響検討ケース1，NS方向）

主要設備・部位	荷重	①影響検討モデル1	②今回工認モデル	比率 (②/①)
R P V支持スカート 基部	せん断力 (kN)	12200	11500	0.94
	モーメント (kN・m)	120000	112000	0.93
P C V基部	せん断力 (kN)	23400	23200	0.99
	モーメント (kN・m)	428000	426000	1.00
ガンマ線遮蔽壁基部	せん断力 (kN)	35300	33600	0.95
	モーメント (kN・m)	140000	134000	0.96
R P VペDESTAL 基部	せん断力 (kN)	40400	38600	0.96
	モーメント (kN・m)	459000	435000	0.95
R P Vスタビライザ	反力 (kN)	12000	10800	0.90
P C Vスタビライザ	反力 (kN)	19300	18100	0.94
シヤラグ	反力 (kN)	28900	28400	0.98

応答値は有効数字4桁目を四捨五入

第2-1-2表 主要設備の地震応答解析結果（影響検討ケース1，EW方向）

主要設備・部位	荷重	①影響検討モデル1	②今回工認モデル	比率 (②/①)
R P V支持スカート 基部	せん断力 (kN)	11800	11100	0.94
	モーメント (kN・m)	112000	102000	0.91
P C V基部	せん断力 (kN)	26700	24900	0.93
	モーメント (kN・m)	465000	428000	0.92
ガンマ線遮蔽壁基部	せん断力 (kN)	36300	33600	0.93
	モーメント (kN・m)	143000	133000	0.93
R P VペDESTAL 基部	せん断力 (kN)	39500	37100	0.94
	モーメント (kN・m)	464000	439000	0.95
R P Vスタビライザ	反力 (kN)	11200	10900	0.97
P C Vスタビライザ	反力 (kN)	17300	18100	1.05
シヤラグ	反力 (kN)	24800	25300	1.02

応答値は有効数字4桁目を四捨五入

第2-2-1表 主要設備の地震応答解析結果（影響検討ケース2，NS方向）

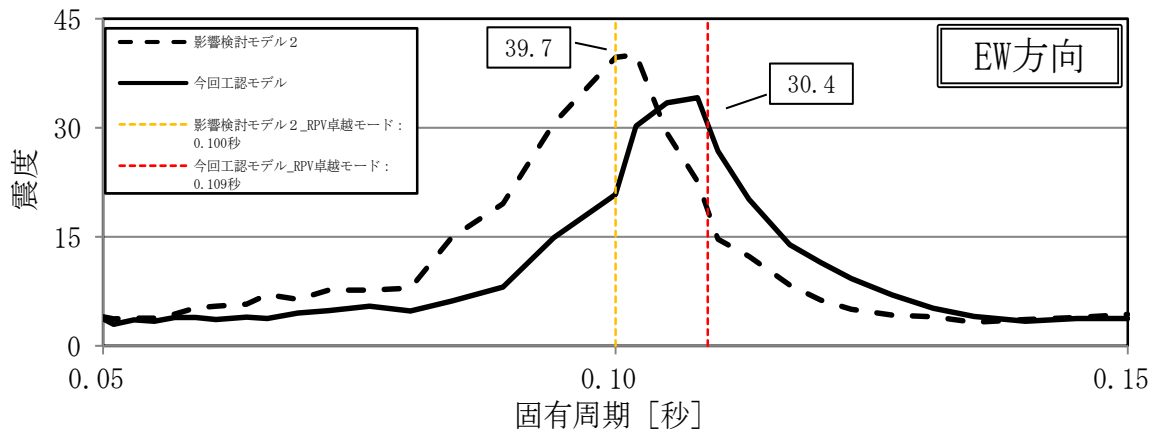
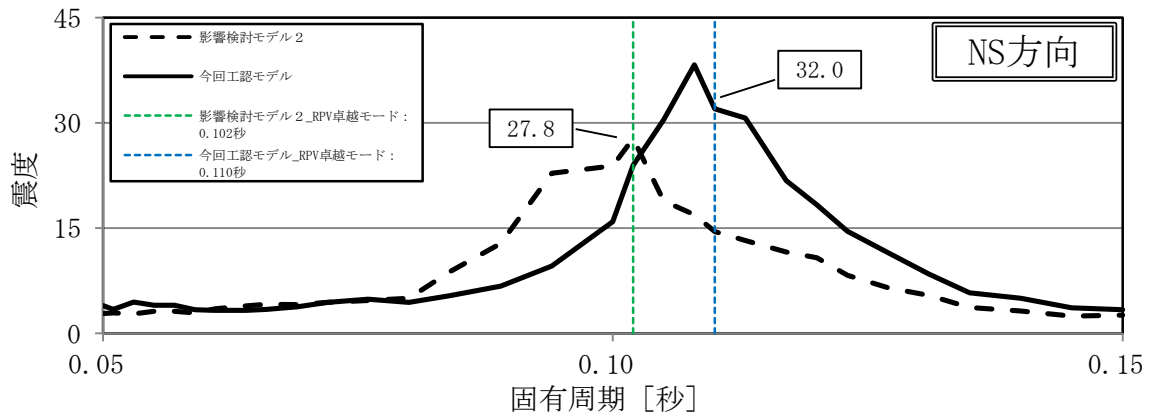
主要設備・部位	荷重	①影響検討モデル2	②今回工認モデル	比率 (②/①)
炉心シュラウド 下部胴下端	せん断力 (kN)	5500	5780	1.05
	モーメント (kN・m)	31300	33700	1.08
RPV支持スカート 基部	せん断力 (kN)	9610	11500	1.20
	モーメント (kN・m)	93800	112000	1.19
PCV基部	せん断力 (kN)	23500	23200	0.99
	モーメント (kN・m)	426000	426000	1.00
ガンマ線遮蔽壁基部	せん断力 (kN)	28200	33600	1.19
	モーメント (kN・m)	106000	134000	1.26
RPVペDESTAL 基部	せん断力 (kN)	32600	38600	1.18
	モーメント (kN・m)	369000	435000	1.18
RPVスタビライザ	反力 (kN)	11900	10800	0.91
PCVスタビライザ	反力 (kN)	19200	18100	0.94
シヤラグ	反力 (kN)	21600	28400	1.31
燃料集合体	変位 (mm)	21.9	22.6	1.03

応答値は有効数字4桁目を四捨五入

第2-2-2表 主要設備の地震応答解析結果（影響検討ケース2，EW方向）

主要設備・部位	荷重	①影響検討モデル2	②今回工認モデル	比率 (②/①)
炉心シュラウド 下部胴下端	せん断力 (kN)	5270	5700	1.08
	モーメント (kN・m)	31900	30400	0.95
RPV支持スカート 基部	せん断力 (kN)	11600	11100	0.96
	モーメント (kN・m)	107000	102000	0.95
PCV基部	せん断力 (kN)	24800	24900	1.00
	モーメント (kN・m)	431000	428000	0.99
ガンマ線遮蔽壁基部	せん断力 (kN)	39400	33600	0.85
	モーメント (kN・m)	137000	133000	0.97
RPVペDESTAL 基部	せん断力 (kN)	42900	37100	0.86
	モーメント (kN・m)	462000	439000	0.95
RPVスタビライザ	反力 (kN)	16000	10900	0.68
PCVスタビライザ	反力 (kN)	28100	18100	0.64
シヤラグ	反力 (kN)	33700	25300	0.75
燃料集合体	変位 (mm)	25.1	26.9	1.07

応答値は有効数字4桁目を四捨五入



第 2-3-1 図 ガンマ線遮蔽壁頂部（質点番号 53）における床応答スペクトル（減衰 1 %）

第 2-3-1 表 ガンマ線遮蔽壁頂部（質点番号 53）における R P V が卓越する第 4 次振動モードの固有周期と床応答加速度

	N S 方向		E W 方向	
	影響検討モデル 2 (①)	今回工認モデル (②)	影響検討モデル 2 (①)	今回工認モデル (②)
固有周期 (秒)	0.102	0.110	0.100	0.109
加速度 (G)	27.8	32.0	39.7	30.4
加速度の 比率 (②/①)	1.15		0.77	