

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料 |                   |
| 資料番号                    | KK7 添-2-037-67 改0 |
| 提出年月日                   | 2020年6月11日        |

V-2-6-7-26 静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算書

2020年6月

東京電力ホールディングス株式会社

V-2-6-7-26 静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性  
についての計算書

## 目 次

|  |    |
|--|----|
| 1. 静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001A, 001B) | 1  |
| 1.1 概要                                   | 1  |
| 1.2 一般事項                                 | 1  |
| 1.2.1 構造計画                               | 1  |
| 1.2.2 評価方針                               | 3  |
| 1.2.3 適用基準                               | 4  |
| 1.2.4 記号の説明                              | 5  |
| 1.2.5 計算精度と数値の丸め方                        | 6  |
| 1.3 評価部位                                 | 7  |
| 1.4 固有周期                                 | 8  |
| 1.4.1 固有値解析方法                            | 8  |
| 1.4.2 解析モデル及び諸元                          | 8  |
| 1.4.3 固有値解析結果                            | 9  |
| 1.5 構造強度評価                               | 10 |
| 1.5.1 構造強度評価方法                           | 10 |
| 1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力                       | 10 |
| 1.5.3 設計用地震力                             | 14 |
| 1.5.4 計算方法                               | 15 |
| 1.5.5 計算条件                               | 18 |
| 1.5.6 応力の評価                              | 18 |
| 1.6 機能維持評価                               | 19 |
| 1.6.1 電気的機能維持評価方法                        | 19 |
| 1.7 評価結果                                 | 20 |
| 1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果                  | 20 |
| 2. 静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002A, 002B) | 27 |
| 2.1 概要                                   | 27 |
| 2.2 一般事項                                 | 27 |
| 2.2.1 構造計画                               | 27 |
| 2.2.2 評価方針                               | 29 |
| 2.2.3 適用基準                               | 30 |
| 2.2.4 記号の説明                              | 31 |
| 2.2.5 計算精度と数値の丸め方                        | 32 |
| 2.3 評価部位                                 | 33 |
| 2.4 固有周期                                 | 34 |
| 2.4.1 固有値解析方法                            | 34 |
| 2.4.2 解析モデル及び諸元                          | 34 |

|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 2.4.3 | 固有値解析結果           | 35 |
| 2.5   | 構造強度評価            | 36 |
| 2.5.1 | 構造強度評価方法          | 36 |
| 2.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力      | 36 |
| 2.5.3 | 設計用地震力            | 40 |
| 2.5.4 | 計算方法              | 41 |
| 2.5.5 | 計算条件              | 44 |
| 2.5.6 | 応力の評価             | 44 |
| 2.6   | 機能維持評価            | 45 |
| 2.6.1 | 電氣的機能維持評価方法       | 45 |
| 2.7   | 評価結果              | 46 |
| 2.7.1 | 重大事故等対処設備としての評価結果 | 46 |

## 1. 静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001A, 001B)

### 1.1 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、静的触媒式水素再結合器動作監視装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

### 1.2 一般事項

#### 1.2.1 構造計画

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

| 計画の概要   |  | 概略構造図  |      |  |  |    |     |     |   |    |    |    |     |     |
|---|--|--|------|--|--|----|-----|-----|---|----|----|----|-----|-----|
| 基礎・支持構造   | 主体構造                                   |  |      |  |  |    |     |     |   |    |    |    |     |     |
| <p>検出器は、サポート鋼材に固定し、サポート鋼材は、基礎ボルトにより壁面に設置する。</p> | <p>熱電対</p>                             | <p>【静的触媒式水素再結合器動作監視装置】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>静的触媒式水素再結合器<br/>動作監視装置<br/>(T71-TE-001A)</th> <th>静的触媒式水素再結合器<br/>動作監視装置<br/>(T71-TE-001B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>150</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>90</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>200</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p> | 機器名称 | 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001A) | 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001B) | たて | 150 | 150 | 横 | 90 | 90 | 高さ | 200 | 200 |
| 機器名称  | 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001A) | 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001B)   |      |  |  |    |     |     |   |    |    |    |     |     |
| たて  | 150                                    | 150  |      |  |  |    |     |     |   |    |    |    |     |     |
| 横   | 90                                     | 90   |      |  |  |    |     |     |   |    |    |    |     |     |
| 高さ  | 200                                    | 200  |      |  |  |    |     |     |   |    |    |    |     |     |

### 1.2.2 評価方針

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」にて示す静的触媒式水素再結合器動作監視装置の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、静的触媒式水素再結合器動作監視装置の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「1.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価フローを図1-1に示す。

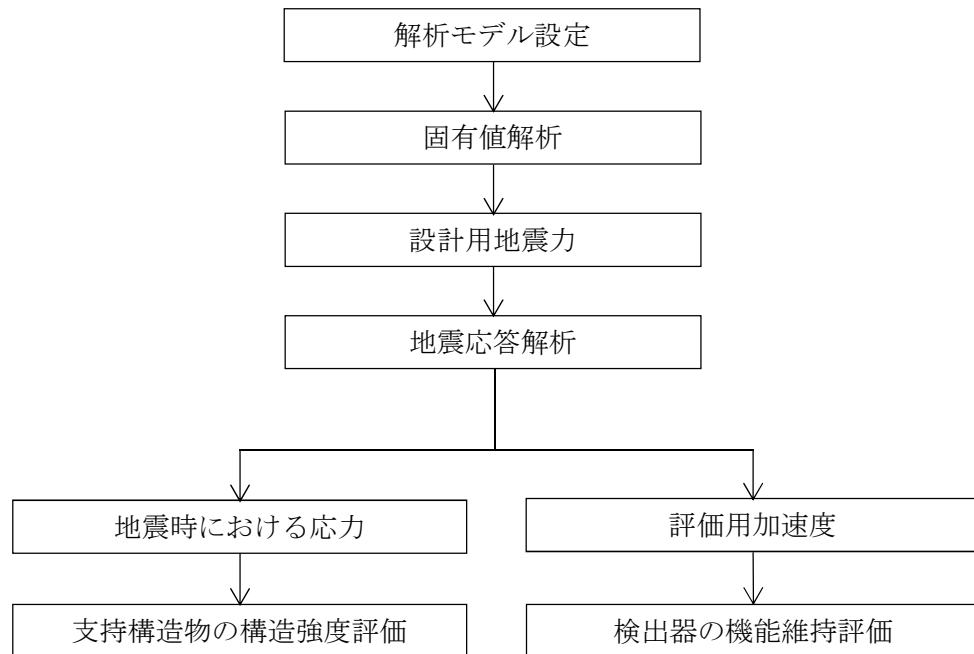


図1-1 静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価フロー

### 1.2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984, JEAG 4601-1987 及び JEAG 4601-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） J S M E S N C 1 -2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。



1.2.4 記号の説明

| 記号         | 記号の説明                                       | 単位                      |
|------------|---|-------------------------|
| $A_b$      | 基礎ボルトの軸断面積                                  | $\text{mm}^2$           |
| $C_H$      | 水平方向設計震度                                    | —                       |
| $C_V$      | 鉛直方向設計震度                                    | —                       |
| $d$        | 基礎ボルトの呼び径                                   | mm                      |
| $F^*$      | 設計・建設規格 SSB-3131又はSSB-3133に定める値             | MPa                     |
| $F_b$      | 基礎ボルトに作用する引張力                               | N                       |
| $F_x$      | サポート基礎部に作用する力 (x 方向)                        | N                       |
| $F_y$      | サポート基礎部に作用する力 (y 方向)                        | N                       |
| $F_z$      | サポート基礎部に作用する力 (z 方向)                        | N                       |
| $f_{sb}$   | せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力                     | MPa                     |
| $f_{to}$   | 引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力                       | MPa                     |
| $f_{ts}$   | 引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力                 | MPa                     |
| $g$        | 重力加速度 (=9.80665)                            | $\text{m/s}^2$          |
| $l_1$      | ボルトの応力計算に用いる距離 (水平方向)                       | mm                      |
| $l_2$      | ボルトの応力計算に用いる距離 (鉛直方向)                       | mm                      |
| $l_3$      | ボルトの応力計算に用いる距離 (水平方向と鉛直方向の小さい方)             | mm                      |
| $M_x$      | サポート基礎部に作用するモーメント (x 軸周り)                   | $\text{N}\cdot\text{m}$ |
| $M_y$      | サポート基礎部に作用するモーメント (y 軸周り)                   | $\text{N}\cdot\text{m}$ |
| $M_z$      | サポート基礎部に作用するモーメント (z 軸周り)                   | $\text{N}\cdot\text{m}$ |
| $n$        | 基礎ボルトの本数                                    | —                       |
| $n_y$      | $M_y$ の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数                     | —                       |
| $n_z$      | $M_z$ の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数                     | —                       |
| $Q_b$      | 基礎ボルトに作用するせん断力                              | MPa                     |
| $S_u$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値                | MPa                     |
| $S_y$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値                | MPa                     |
| $S_y(RT)$  | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の<br>40°Cにおける値 | MPa                     |
| $W$        | 検出器の荷重                                      | N                       |
| $\pi$      | 円周率   | —                       |
| $\sigma_b$ | 基礎ボルトに生じる引張応力                               | MPa                     |
| $\tau_b$   | 基礎ボルトに生じるせん断応力                              | MPa                     |

### 1.2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 1-2 に示すとおりとする。

表 1-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類              | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|--------------------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期               | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度                 | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度                 | °C              | —          | —    | 整数位                    |
| 質量                 | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ                 | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積                 | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント              | N・m             | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力                  | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力               | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力 <sup>*3</sup> | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位                    |

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 1.3 評価部位

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価は、「1.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト部について実施する。静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価部位については、表 1-1 の概略構造図に示す。

## 1.4 固有周期

### 1.4.1 固有値解析方法

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 静的触媒式水素再結合器動作監視装置は、「1.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

### 1.4.2 解析モデル及び諸元

静的触媒式水素再結合器動作監視装置モデルを図1-2に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算結果 (T71-TE-001A)】、【静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算結果 (T71-TE-001B)】のその他の機器要目に示す。

- (1) 静的触媒式水素再結合器動作監視装置の検出器の質量は、それぞれの重心に集中するものとする。
- (2) 静的触媒式水素再結合器動作監視装置の検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) 拘束条件は、サポート基礎部の並進方向と、ボルト軸直角2方向の回転方向を固定する。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 計算機コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

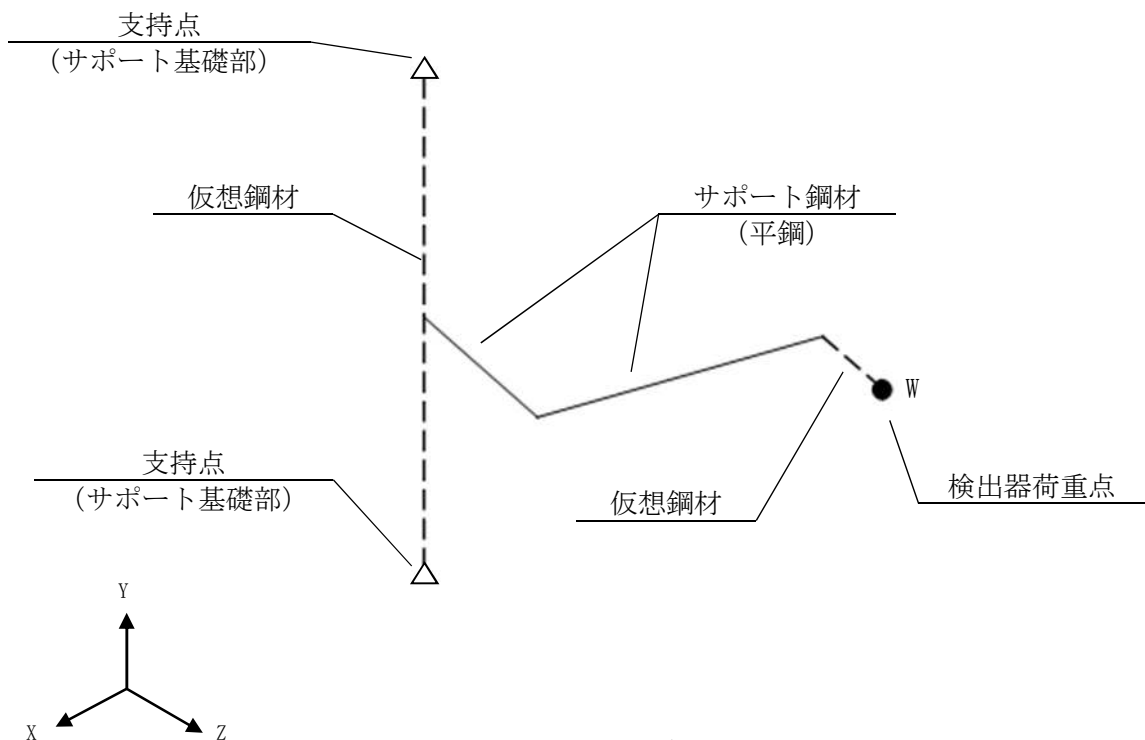


図1-2 解析モデル

### 1.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 1-3 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 1-3 固有値解析結果

| 計器番号        | モード | 卓越方向 | 固有周期<br>(s) | 水平方向刺激係数 |      | 鉛直方向<br>刺激係数 |
|-------------|-----|------|-------------|----------|------|--------------|
|             |     |      |             | X 方向     | Z 方向 |              |
| T71-TE-001A | 1 次 | 水平   |             | —        | —    | —            |
| T71-TE-001B | 1 次 | 水平   |             | —        | —    | —            |

## 1.5 構造強度評価

### 1.5.1 構造強度評価方法

1.4.2項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、静的触媒式水素再結合器動作監視装置に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 計算機コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、荷重を求める。

### 1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1-4に示す。

#### 1.5.2.2 許容応力

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表1-5のとおりとする。

#### 1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の使用材料の許容応力評価条件のうちの評価に用いるものを表1-6に示す。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分         |                  | 機器名称                  | 設備分類*1 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                        | 許容応力状態                                |
|--------------|------------------|-----------------------|--------|--------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 計測制御<br>系統施設 | その他の計測<br>制御系統施設 | 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置 | 常設／緩和  | —*2    | $D + P_D + M_D + S_s$ *3      | IVAS                                  |
|              |                  |                       |        |        | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | VAS<br>(VASとして<br>IVASの許容限<br>界を用いる。) |

注記\*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

\*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 1-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態                            | 許容限界*1, *2<br>(ボルト等) |                      |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
|                                   | 一次応力                 |                      |
|                                   | 引張り                  | せん断                  |
| IVAS                              | 1.5・f <sub>t</sub> * | 1.5・f <sub>s</sub> * |
| VAS<br>(VASとしてIVASの<br>許容限界を用いる。) |                      |                      |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。



表 1-6 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

| 評価部材  | 材料                | 温度条件<br>(°C) |    | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|-------|-------------------|--------------|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|       |                   | 周囲環境温度       |    |                         |                         |                               |
| 基礎ボルト | SS400<br>(40mm<径) | 周囲環境温度       | 77 | 202                     | 380                     | —                             |

### 1.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-7 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 1-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称                                       | 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)                            | 固有周期 (s) |            | 弾性設計用地震動<br>$S_d$ 又は静的震度 |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|--|--|----------|------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|  |  | 水平<br>方向 | 鉛直<br>方向   | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 静的触媒式<br>水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001A) | 原子炉建屋<br>T. M. S. L. 31.700<br>(T. M. S. L. 38.200*) | □        | 0.05<br>以下 | —                        | —            | $C_H=2.03$   | $C_V=1.45$   |
| 静的触媒式<br>水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001B) | 原子炉建屋<br>T. M. S. L. 31.700<br>(T. M. S. L. 38.200*) | □        | 0.05<br>以下 | —                        | —            | $C_H=2.03$   | $C_V=1.45$   |

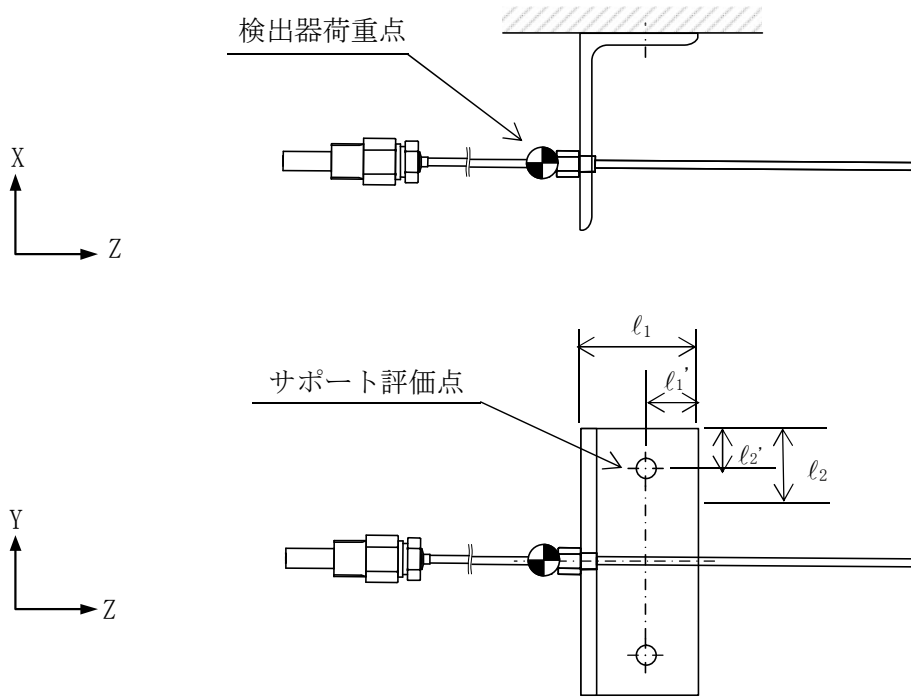
注記\*：基準床レベルを示す。

## 1.5.4 計算方法

### 1.5.4.1 応力の計算方法

#### 1.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、三次元はりモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。



$l_1$  : Z方向における基礎ボルトから端部までの距離 ( $l_1'$ ) の2倍とする。

$l_2$  : Y方向における基礎ボルトから端部までの距離 ( $l_2'$ ) の2倍とする。

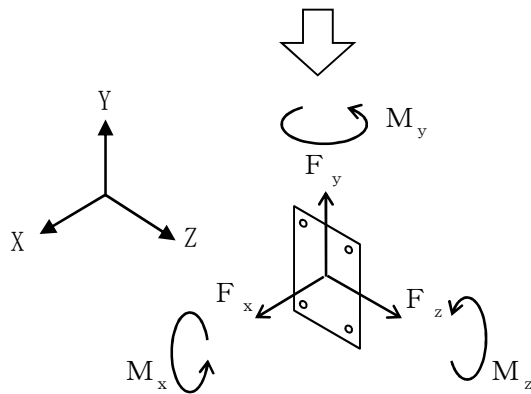


図1-3 計算モデル (サポート基礎部, 基礎ボルト)

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表1-8に示す。

表1-8 サポート発生反力，モーメント

| 機器名称                                       | 反力(N)          |                |                | モーメント(N・m)     |                |                |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
| 静的触媒式<br>水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001A) |                |                |                |                |                |                |
| 静的触媒式<br>水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001B) |                |                |                |                |                |                |

注記\*：ボルト軸直角2方向のみを拘束しているため，軸周りのモーメントは発生しない。

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{l_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{l_2 \cdot n_z} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (1.5.4.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A<sub>b</sub>は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (1.5.4.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本あたり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n} + \frac{M_x}{l_3 \cdot n} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルトの応力計算に用いる距離 $l_3$ は次式により求める。

$$l_3 = \text{Min}(l_1, l_2) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.6)$$

1.5.5 計算条件

1.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001A) の耐震性についての計算結果】、【静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6 応力の評価

1.5.6.1 基礎ボルトの応力評価

1.5.4.1項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_b$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。ただし、 $f_{to}$  は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_b$  は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、 $f_{sb}$  は下表による。

|                     |  |
|---------------------|--|
|                     | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合              |
| 許容引張応力<br>$f_{to}$  | $\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{sb}$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

## 1.6 機能維持評価

### 1.6.1 電氣的機能維持評価方法

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の機能確認済加速度は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表1-9に示す。

表1-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

| 評価部位                               | 方向 | 機能確認済加速度             |
|------------------------------------|----|----------------------|
| 静的触媒式水素再結合器動作監視装置<br>(T71-TE-001A) | 水平 | <input type="text"/> |
|                                    | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 静的触媒式水素再結合器動作監視装置<br>(T71-TE-001B) | 水平 | <input type="text"/> |
|                                    | 鉛直 | <input type="text"/> |

## 1.7 評価結果

### 1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。



【静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称                                   | 設備分類  | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                                      | 固有周期(s) |         | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub> |                      | 周囲環境温度<br>(°C) |
|--|-------|--|---------|---------|--------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------|
|  |       |  | 水平方向    | 鉛直方向    | 水平方向<br>設計震度                   | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |                |
| 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001A) | 常設/緩和 | 原子炉建屋<br>T. M. S. L. 31. 700<br>(T. M. S. L. 38. 200*) | □       | 0.05 以下 | —                              | —            | C <sub>H</sub> =2.03 | C <sub>V</sub> =1.45 | 77             |

注記\* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材    | W<br>(N) | ℓ <sub>1</sub><br>(mm) | ℓ <sub>2</sub><br>(mm) | d<br>(mm)   | A <sub>b</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n | n <sub>y</sub> | n <sub>z</sub> | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | F*<br>(MPa) |
|-------|----------|------------------------|------------------------|-------------|--------------------------------------|---|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| 基礎ボルト | □        | 80                     | 60                     | 12<br>(M12) | 113.1                                | 1 | 1              | 1              | 202<br>(40 mm < 径)      | 380<br>(40 mm < 径)      | 242         |

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

| 部材      | F <sub>x</sub>                    |                      | F <sub>y</sub>                    |                      | F <sub>z</sub>                    |                      |
|---------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|         | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| サポート基礎部 | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> |

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N・m)

| 部材      | M <sub>x</sub>                    |                      | M <sub>y</sub>                    |                      | M <sub>z</sub>                    |                      |
|---------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|         | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| サポート基礎部 | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> |

注記\*：ボルト軸直角2方向のみを拘束しているため、軸周りのモーメントは発生しない。

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部材    | F <sub>b</sub>                    |                      | Q <sub>b</sub>                    |                      |
|-------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|       | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> |

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部材    | 材料    | 応力  | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度 |      | 基準地震動 S <sub>s</sub> |                |
|-------|-------|-----|--------------------------------|------|----------------------|----------------|
|       |       |     | 算出応力                           | 許容応力 | 算出応力                 | 許容応力           |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張り | —                              | —    | $\sigma_b=3$         | $f_{ts}=145^*$ |
|       |       | せん断 | —                              | —    | $\tau_b=2$           | $f_{sb}=111$   |

すべて許容応力以下である。

注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果

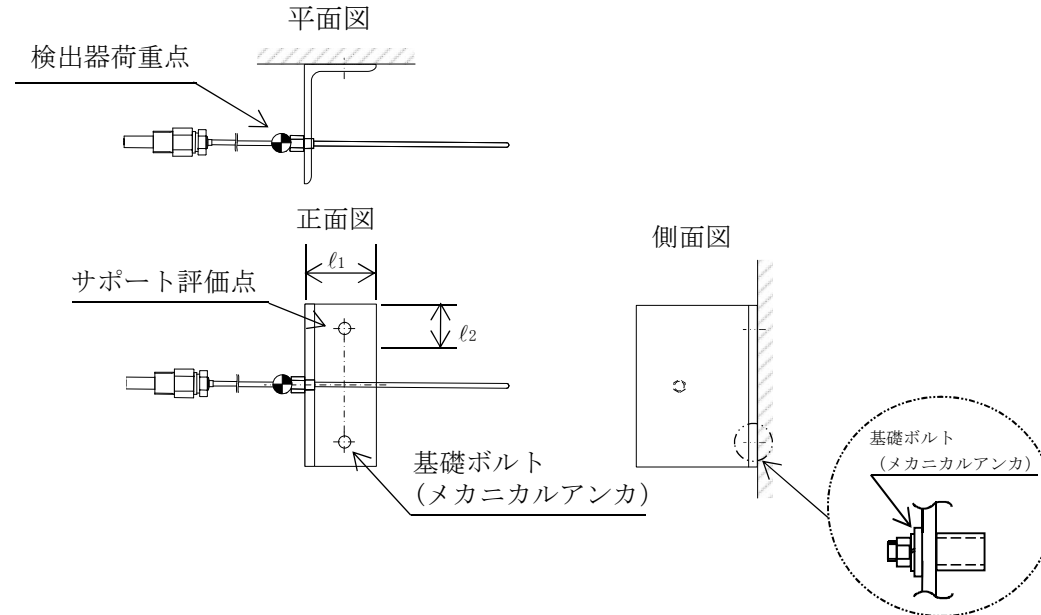
( $\times 9.8 \text{m/s}^2$ )

|  |      | 評価用加速度 | 機能確認済加速度             |
|--|------|--------|----------------------|
| 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001A) | 水平方向 | 1.69   | <input type="text"/> |
|  | 鉛直方向 | 1.21   | <input type="text"/> |

評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

| 項目    | 記号    | 単位  | 入力値                |
|-------|-------|-----|--------------------|
| 材質    | —     | —   | SS400              |
| 縦弾性係数 | E     | MPa | $2.00 \times 10^5$ |
| ポアソン比 | $\nu$ | —   | 0.3                |



【静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001B) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称                                   | 設備分類  | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                                      | 固有周期 (s) |         | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub> |                      | 周囲環境温度<br>(°C) |
|--|-------|--|----------|---------|--------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------|
|  |       |  | 水平方向     | 鉛直方向    | 水平方向<br>設計震度                   | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |                |
| 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001B) | 常設/緩和 | 原子炉建屋<br>T. M. S. L. 31. 700<br>(T. M. S. L. 38. 200*) | □        | 0.05 以下 | —                              | —            | C <sub>H</sub> =2.03 | C <sub>V</sub> =1.45 | 77             |

注記\* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材    | W<br>(N) | ℓ <sub>1</sub><br>(mm) | ℓ <sub>2</sub><br>(mm) | d<br>(mm)   | A <sub>b</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n | n <sub>y</sub> | n <sub>z</sub> | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | F*<br>(MPa) |
|-------|----------|------------------------|------------------------|-------------|--------------------------------------|---|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| 基礎ボルト | □        | 80                     | 60                     | 12<br>(M12) | 113.1                                | 1 | 1              | 1              | 202<br>(40 mm < 径)      | 380<br>(40 mm < 径)      | 242         |

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

| 部材      | F <sub>x</sub>                    |                      | F <sub>y</sub>                    |                      | F <sub>z</sub>                    |                      |
|---------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|         | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| サポート基礎部 | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> |

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N・m)

| 部材      | M <sub>x</sub>                    |                      | M <sub>y</sub>                    |                      | M <sub>z</sub>                    |                      |
|---------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|         | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| サポート基礎部 | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> |

注記\*：ボルト軸直角 2 方向のみを拘束しているため、軸周りのモーメントは発生しない。

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部材    | F <sub>b</sub>                    |                      | Q <sub>b</sub>                    |                      |
|-------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|       | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> |

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部材    | 材料    | 応力  | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 |      | 基準地震動 S s    |                |
|-------|-------|-----|---------------------|------|--------------|----------------|
|       |       |     | 算出応力                | 許容応力 | 算出応力         | 許容応力           |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張り | —                   | —    | $\sigma_b=3$ | $f_{ts}=145^*$ |
|       |       | せん断 | —                   | —    | $\tau_b=2$   | $f_{sb}=111$   |

すべて許容応力以下である。

注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果

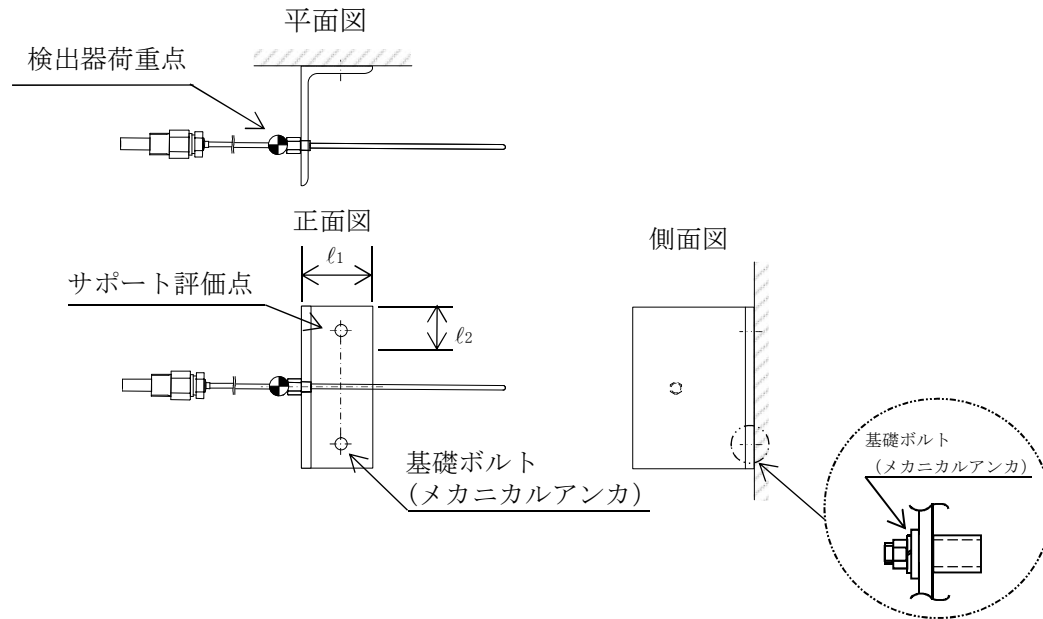
( $\times 9.8 \text{m/s}^2$ )

|  |      | 評価用加速度 | 機能確認済加速度             |
|--|------|--------|----------------------|
| 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-001B) | 水平方向 | 1.69   | <input type="text"/> |
|  | 鉛直方向 | 1.21   | <input type="text"/> |

評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

| 項目    | 記号    | 単位  | 入力値                |
|-------|-------|-----|--------------------|
| 材質    | —     | —   | SS400              |
| 縦弾性係数 | E     | MPa | $2.00 \times 10^5$ |
| ポアソン比 | $\nu$ | —   | 0.3                |



## 2. 静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002A, 002B)

### 2.1 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、静的触媒式水素再結合器動作監視装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

| 計画の概要                                    |  | 概略構造図  |      |  |  |    |     |     |   |     |     |    |     |     |
|--|--|--|------|--|--|----|-----|-----|---|-----|-----|----|-----|-----|
| 基礎・支持構造                                  | 主体構造                                   |  |      |  |  |    |     |     |   |     |     |    |     |     |
| 検出器は、サポート鋼材に固定し、サポート鋼材は、基礎ボルトにより壁面に設置する。 | 熱電対                                    | <p><b>【静的触媒式水素再結合器動作監視装置】</b></p> <p>平面図</p> <p>横</p> <p>壁</p> <p>サポート鋼材 (角型鋼管)</p> <p>サポート鋼材 (L字鋼)</p> <p>サポート鋼材 (角型鋼管)</p> <p>検出器</p> <p>正面図</p> <p>基礎ボルト (メカニカルアンカ)</p> <p>側面図</p> <p>たて</p> <p>壁</p> <p>高さ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>静的触媒式水素再結合器<br/>動作監視装置<br/>(T71-TE-002A)</th> <th>静的触媒式水素再結合器<br/>動作監視装置<br/>(T71-TE-002B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>735</td> <td>735</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>668</td> <td>668</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>220</td> <td>220</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p> | 機器名称 | 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002A) | 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002B) | たて | 735 | 735 | 横 | 668 | 668 | 高さ | 220 | 220 |
| 機器名称                                     | 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002A) | 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002B)   |      |  |  |    |     |     |   |     |     |    |     |     |
| たて                                       | 735                                    | 735  |      |  |  |    |     |     |   |     |     |    |     |     |
| 横  | 668                                    | 668  |      |  |  |    |     |     |   |     |     |    |     |     |
| 高さ                                       | 220                                    | 220  |      |  |  |    |     |     |   |     |     |    |     |     |



## 2.2.2 評価方針

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す静的触媒式水素再結合器動作監視装置の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、静的触媒式水素再結合器動作監視装置の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価フローを図2-1に示す。

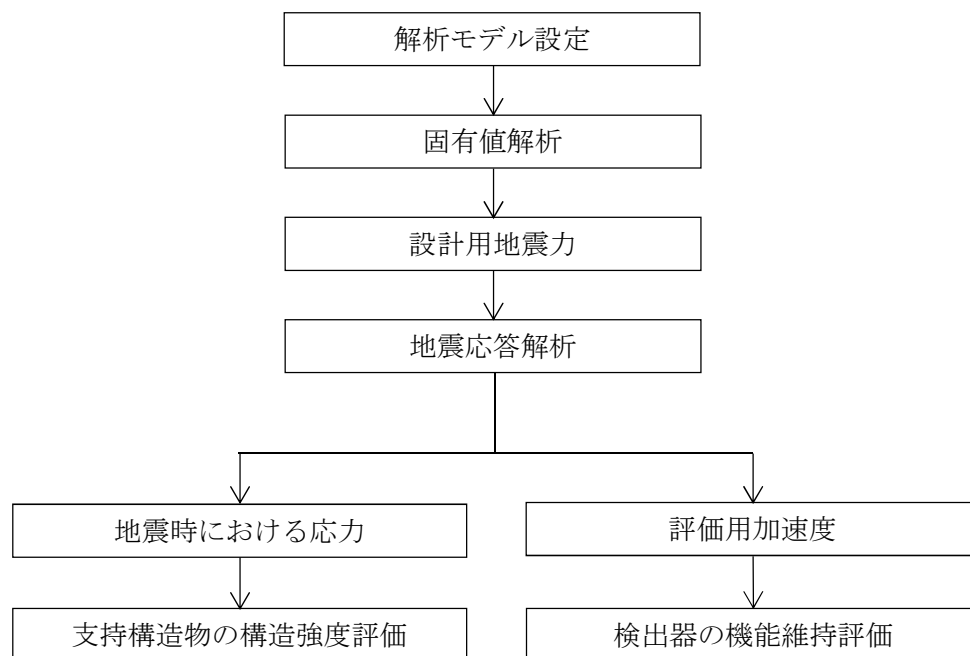


図2-1 静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価フロー

### 2.2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984, JEAG 4601-1987 及び JEAG 4601-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） JSME S NC 1-2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。

2.2.4 記号の説明

| 記号         | 記号の説明                                       | 単位                      |
|------------|---|-------------------------|
| $A_b$      | 基礎ボルトの軸断面積                                  | $\text{mm}^2$           |
| $C_H$      | 水平方向設計震度                                    | —                       |
| $C_V$      | 鉛直方向設計震度                                    | —                       |
| $d$        | 基礎ボルトの呼び径                                   | mm                      |
| $F^*$      | 設計・建設規格 SSB-3131又はSSB-3133に定める値             | MPa                     |
| $F_b$      | 基礎ボルトに作用する引張力                               | N                       |
| $F_x$      | サポート基礎部に作用する力 (x 方向)                        | N                       |
| $F_y$      | サポート基礎部に作用する力 (y 方向)                        | N                       |
| $F_z$      | サポート基礎部に作用する力 (z 方向)                        | N                       |
| $f_{sb}$   | せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力                     | MPa                     |
| $f_{to}$   | 引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力                       | MPa                     |
| $f_{ts}$   | 引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力                 | MPa                     |
| $g$        | 重力加速度 (=9.80665)                            | $\text{m/s}^2$          |
| $l_1$      | ボルト間距離 (水平方向)                               | mm                      |
| $l_2$      | ボルト間距離 (鉛直方向)                               | mm                      |
| $l_3$      | ボルト間距離 (水平方向と鉛直方向の小さい方)                     | mm                      |
| $M_x$      | サポート基礎部に作用するモーメント (x 軸周り)                   | $\text{N}\cdot\text{m}$ |
| $M_y$      | サポート基礎部に作用するモーメント (y 軸周り)                   | $\text{N}\cdot\text{m}$ |
| $M_z$      | サポート基礎部に作用するモーメント (z 軸周り)                   | $\text{N}\cdot\text{m}$ |
| $n$        | 基礎ボルトの本数                                    | —                       |
| $n_y$      | $M_y$ の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数                     | —                       |
| $n_z$      | $M_z$ の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数                     | —                       |
| $Q_b$      | 基礎ボルトに作用するせん断力                              | MPa                     |
| $S_u$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値                | MPa                     |
| $S_y$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値                | MPa                     |
| $S_y(RT)$  | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の<br>40°Cにおける値 | MPa                     |
| $W$        | 検出器の荷重                                      | N                       |
| $\pi$      | 円周率   | —                       |
| $\sigma_b$ | 基礎ボルトに生じる引張応力                               | MPa                     |
| $\tau_b$   | 基礎ボルトに生じるせん断応力                              | MPa                     |

### 2.2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類              | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|--------------------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期               | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度                 | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度                 | °C              | —          | —    | 整数位                    |
| 質量                 | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ                 | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積                 | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント              | N・m             | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力                  | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力               | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力 <sup>*3</sup> | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位                    |

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 2.3 評価部位

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト部について実施する。静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

## 2.4 固有周期

### 2.4.1 固有値解析方法

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 静的触媒式水素再結合器動作監視装置は、「2.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

### 2.4.2 解析モデル及び諸元

静的触媒式水素再結合器 動作監視装置モデルを図 2-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算結果 (T71-TE-002A)】、【静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算結果 (T71-TE-002B)】のその他の機器要目に示す。

- (1) 静的触媒式水素再結合器動作監視装置の検出器の質量は、それぞれの重心に集中するものとする。
- (2) 静的触媒式水素再結合器動作監視装置の検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) 拘束条件は、サポート基礎部を完全拘束とする。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 計算機コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

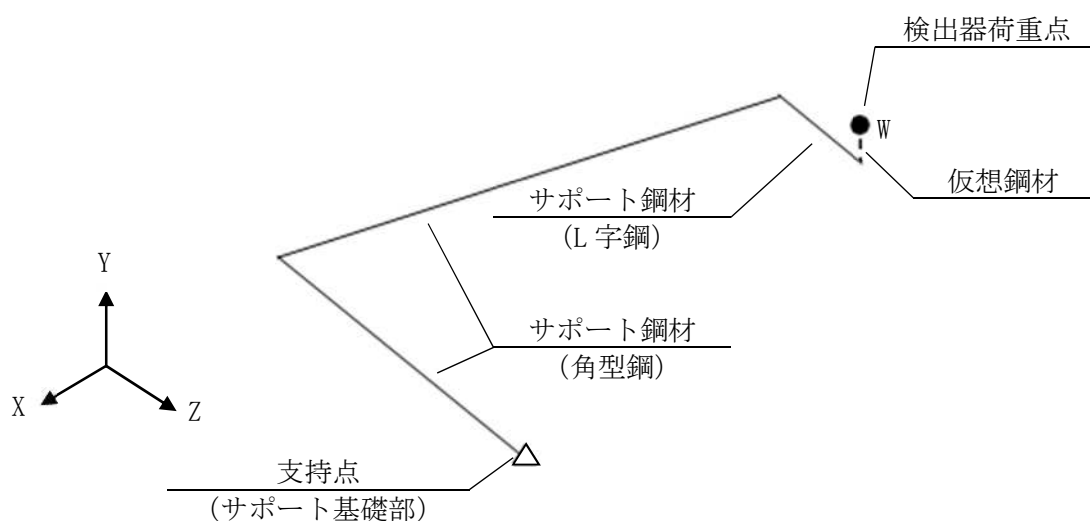


図 2-2 解析モデル

### 2.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 2-3 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 2-3 固有値解析結果

| 計器番号        | モード | 卓越方向 | 固有周期<br>(s) | 水平方向刺激係数 |      | 鉛直方向<br>刺激係数 |
|-------------|-----|------|-------------|----------|------|--------------|
|             |     |      |             | X 方向     | Z 方向 |              |
| T71-TE-002A | 1 次 | 鉛直   |             | —        | —    | —            |
| T71-TE-002B | 1 次 | 鉛直   |             | —        | —    | —            |

## 2.5 構造強度評価

### 2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、静的触媒式水素再結合器動作監視装置に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 計算機コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、荷重を求める。

### 2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

#### 2.5.2.2 許容応力

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 のとおりとする。

#### 2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の使用材料の許容応力評価条件のうちの評価に用いるものを表 2-6 に示す。



表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分         |                  | 機器名称                  | 設備分類* <sup>1</sup> | 機器等の区分          | 荷重の組合せ                               | 許容応力状態                                |
|--------------|------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 計測制御<br>系統施設 | その他の計測<br>制御系統施設 | 静的触媒式水素<br>再結合器動作監視装置 | 常設／緩和              | —* <sup>2</sup> | $D + P_D + M_D + S_s$ * <sup>3</sup> | IVAS                                  |
|              |                  |                       |                    |                 | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$        | VAS<br>(VASとして<br>IVASの許容限<br>界を用いる。) |

注記\*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

\*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 2-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態                            | 許容限界*1, *2<br>(ボルト等) |                      |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
|                                   | 一次応力                 |                      |
|                                   | 引張り                  | せん断                  |
| IVAS                              | 1.5・f <sub>t</sub> * | 1.5・f <sub>s</sub> * |
| VAS<br>(VASとしてIVASの<br>許容限界を用いる。) |                      |                      |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)



| 評価部材  | 材料                | 温度条件<br>(°C) |    | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|-------|-------------------|--------------|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|       |                   | 周囲環境温度       |    |                         |                         |                               |
| 基礎ボルト | SS400<br>(40mm<径) | 周囲環境温度       | 77 | 202                     | 380                     | —                             |

### 2.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-7 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 2-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 機器名称                                       | 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)                            | 固有周期(s)    |  | 弾性設計用地震動<br>$S_d$ 又は静的震度 |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|--|--|------------|--|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|  |  | 水平<br>方向   | 鉛直<br>方向   | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 静的触媒式<br>水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002A) | 原子炉建屋<br>T. M. S. L. 31.700<br>(T. M. S. L. 38.200*) | 0.05<br>以下 |   | —                        | —            | $C_H=2.03$   | $C_V=1.45$   |
| 静的触媒式<br>水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002B) | 原子炉建屋<br>T. M. S. L. 31.700<br>(T. M. S. L. 38.200*) | 0.05<br>以下 |  | —                        | —            | $C_H=2.03$   | $C_V=1.45$   |

注記\*：基準床レベルを示す。

## 2.5.4 計算方法

### 2.5.4.1 応力の計算方法

#### 2.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、三次元はりモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

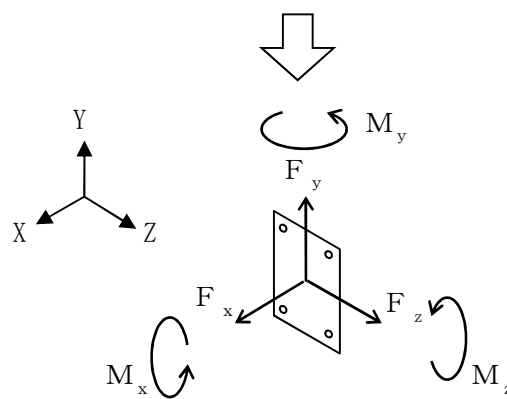
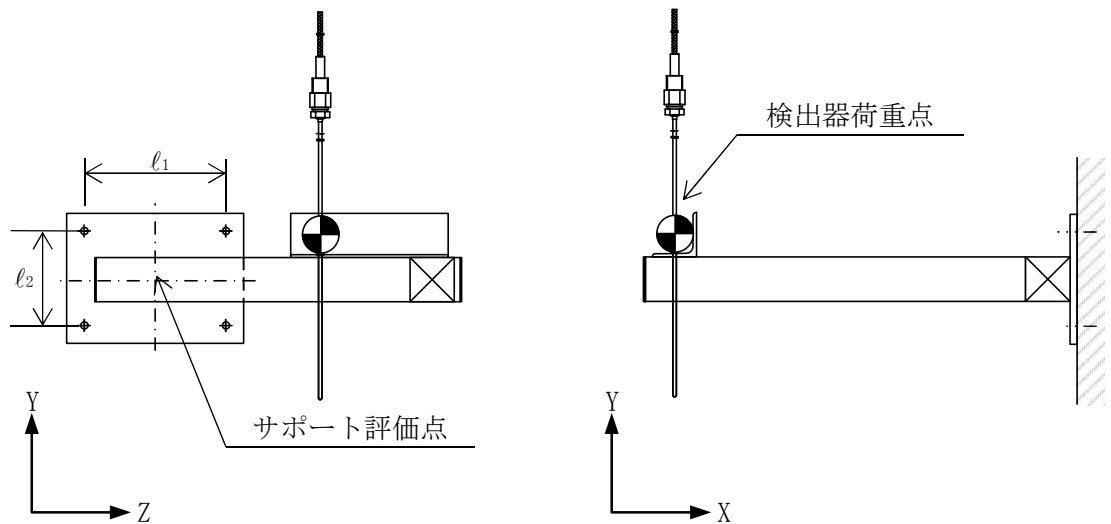


図 2-3 計算モデル (サポート基礎部, 基礎ボルト)

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表2-8に示す。

表2-8 サポート発生反力, モーメント

| 機器名称                                       | 反力(N)          |                |                | モーメント(N・m)     |                |                |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
| 静的触媒式<br>水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002A) |                |                |                |                |                |                |
| 静的触媒式<br>水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002B) |                |                |                |                |                |                |

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当たり）に対する引張応力は、下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{l_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{l_2 \cdot n_z} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積A<sub>b</sub>は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本あたり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n} + \frac{M_x}{l_3 \cdot n} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルト間距離 $l_3$ は次式により求める。

$$l_3 = \text{Min}(l_1, l_2) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.6)$$

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002A) の耐震性についての計算結果】、【静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 基礎ボルトの応力評価

2.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

|                     |  |
|---------------------|--|
|                     | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合              |
| 許容引張応力<br>$f_{to}$  | $\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{sb}$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |



## 2.6 機能維持評価

### 2.6.1 電氣的機能維持評価方法

静的触媒式水素再結合器 動作監視装置の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

静的触媒式水素再結合器 動作監視装置の機能確認済加速度は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-9 に示す。

表 2-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

| 評価部位                               | 方向 | 機能確認済加速度             |
|------------------------------------|----|----------------------|
| 静的触媒式水素再結合器動作監視装置<br>(T71-TE-002A) | 水平 | <input type="text"/> |
|                                    | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 静的触媒式水素再結合器動作監視装置<br>(T71-TE-002B) | 水平 | <input type="text"/> |
|                                    | 鉛直 | <input type="text"/> |

## 2.7 評価結果

### 2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

| 機器名称                                   | 設備分類  | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                                      | 固有周期(s)  |      | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub>  |                       | 周囲環境温度<br>(°C) |
|--|-------|--|----------|------|--------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
|  |       |  | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度                   | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度          | 鉛直方向<br>設計震度          |                |
| 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002A) | 常設/緩和 | 原子炉建屋<br>T. M. S. L. 31. 700<br>(T. M. S. L. 38. 200*) | 0. 05 以下 |      | —                              | —            | C <sub>H</sub> =2. 03 | C <sub>V</sub> =1. 45 | 77             |

注記\* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材    | W<br>(N) | ℓ <sub>1</sub><br>(mm) | ℓ <sub>2</sub><br>(mm) | d<br>(mm)   | A <sub>b</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n | n <sub>y</sub> | n <sub>z</sub> | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | F*<br>(MPa) |
|-------|----------|------------------------|------------------------|-------------|--------------------------------------|---|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| 基礎ボルト |          | 240                    | 160                    | 12<br>(M12) | 113. 1                               | 4 | 2              | 2              | 202<br>(40 mm < 径)      | 380<br>(40 mm < 径)      | 242         |

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

| 部材      | $F_x$                    |                      | $F_y$                    |                      | $F_z$                    |                      |
|---------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
|         | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 | 基準地震動 $S_s$          | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 | 基準地震動 $S_s$          | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 | 基準地震動 $S_s$          |
| サポート基礎部 | —                        | <input type="text"/> | —                        | <input type="text"/> | —                        | <input type="text"/> |

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N・m)

| 部材      | $M_x$                    |                      | $M_y$                    |                      | $M_z$                    |                      |
|---------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
|         | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 | 基準地震動 $S_s$          | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 | 基準地震動 $S_s$          | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 | 基準地震動 $S_s$          |
| サポート基礎部 | —                        | <input type="text"/> | —                        | <input type="text"/> | —                        | <input type="text"/> |

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部材    | $F_b$                    |                      | $Q_b$                    |                      |
|-------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
|       | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 | 基準地震動 $S_s$          | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 | 基準地震動 $S_s$          |
| 基礎ボルト | —                        | <input type="text"/> | —                        | <input type="text"/> |

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部材    | 材料    | 応力  | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 |      | 基準地震動 S s    |                |
|-------|-------|-----|---------------------|------|--------------|----------------|
|       |       |     | 算出応力                | 許容応力 | 算出応力         | 許容応力           |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張り | —                   | —    | $\sigma_b=8$ | $f_{ts}=145^*$ |
|       |       | せん断 | —                   | —    | $\tau_b=3$   | $f_{sb}=111$   |

すべて許容応力以下である。

注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果

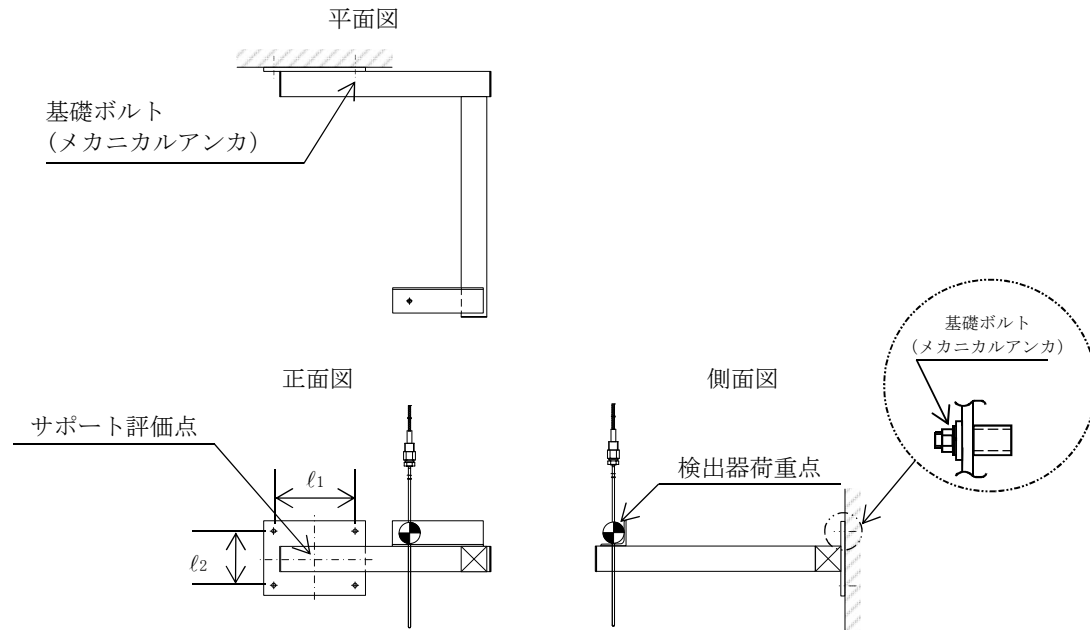
( $\times 9.8 \text{m/s}^2$ )

|  |      | 評価用加速度 | 機能確認済加速度             |
|--|------|--------|----------------------|
| 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002A) | 水平方向 | 1.69   | <input type="text"/> |
|  | 鉛直方向 | 1.21   | <input type="text"/> |

評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

| 項目    | 記号    | 単位  | 入力値                |
|-------|-------|-----|--------------------|
| 材質    | —     | —   | SUS304             |
| 縦弾性係数 | E     | MPa | $1.91 \times 10^5$ |
| ポアソン比 | $\nu$ | —   | 0.3                |



## 【静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002B) の耐震性についての計算結果】

## 1. 重大事故等対処設備

## 1.1 設計条件

| 機器名称                                   | 設備分類  | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                                      | 固有周期 (s) |                      | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub>  |                       | 周囲環境温度<br>(°C) |
|--|-------|--|----------|----------------------|--------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
|  |       |  | 水平方向     | 鉛直方向                 | 水平方向<br>設計震度                   | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度          | 鉛直方向<br>設計震度          |                |
| 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002B) | 常設/緩和 | 原子炉建屋<br>T. M. S. L. 31. 700<br>(T. M. S. L. 38. 200*) | 0. 05 以下 | <input type="text"/> | —                              | —            | C <sub>H</sub> =2. 03 | C <sub>V</sub> =1. 45 | 77             |

注記\* : 基準床レベルを示す。

## 1.2 機器要目

| 部材    | W<br>(N)             | ℓ <sub>1</sub><br>(mm) | ℓ <sub>2</sub><br>(mm) | d<br>(mm)   | A <sub>b</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n | n <sub>y</sub> | n <sub>z</sub> | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | F*<br>(MPa) |
|-------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|--------------------------------------|---|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| 基礎ボルト | <input type="text"/> | 240                    | 160                    | 12<br>(M12) | 113. 1                               | 4 | 2              | 2              | 202<br>(40 mm < 径)      | 380<br>(40 mm < 径)      | 242         |

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

| 部材      | F <sub>x</sub>                    |                      | F <sub>y</sub>                    |                      | F <sub>z</sub>                    |                      |
|---------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|         | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| サポート基礎部 | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> |

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N・m)

| 部材      | M <sub>x</sub>                    |                      | M <sub>y</sub>                    |                      | M <sub>z</sub>                    |                      |
|---------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|         | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| サポート基礎部 | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> |

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部材    | F <sub>b</sub>                    |                      | Q <sub>b</sub>                    |                      |
|-------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|       | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト | —                                 | <input type="text"/> | —                                 | <input type="text"/> |

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部材    | 材料    | 応力  | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 |      | 基準地震動 S s    |                |
|-------|-------|-----|---------------------|------|--------------|----------------|
|       |       |     | 算出応力                | 許容応力 | 算出応力         | 許容応力           |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張り | —                   | —    | $\sigma_b=8$ | $f_{ts}=145^*$ |
|       |       | せん断 | —                   | —    | $\tau_b=3$   | $f_{sb}=111$   |

すべて許容応力以下である。

注記\*： $f_{ts}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{to}-1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

|  |      | 評価用加速度 | 機能確認済加速度             |
|--|------|--------|----------------------|
| 静的触媒式水素再結合器<br>動作監視装置<br>(T71-TE-002B) | 水平方向 | 1.69   | <input type="text"/> |
|  | 鉛直方向 | 1.21   | <input type="text"/> |

評価用加速度 ( $1.0 \cdot \text{ZPA}$ ) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

| 項目    | 記号    | 単位  | 入力値                |
|-------|-------|-----|--------------------|
| 材質    | —     | —   | SUS304             |
| 縦弾性係数 | E     | MPa | $1.91 \times 10^5$ |
| ポアソン比 | $\nu$ | —   | 0.3                |

