

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-100 改 01
提出年月日	2023年3月20日

静的触媒式水素処理装置の耐震性についての計算書に係る  
補足説明資料

2023年3月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 目 次

1. 概要	1
2. 静的触媒式水素処理装置の取付ボルト部の構造及び解析モデル上の取扱いについて	1
2.1 取付ボルト部の構造	1
2.2 取付ボルト部の解析モデル上の取扱いについて	2
3. 静的触媒式水素処理装置の触媒カートリッジの固定方法について	3

参考資料（1） 静的触媒式水素処理装置の加振試験について

## 1. 概要

本資料は、「VI-2-9-4-5-3-1 静的触媒式水素処理装置の耐震性についての計算書」の補足説明資料として、静的触媒式水素処理装置の取付ボルト部の構造及び解析モデル上の取扱い並びに静的触媒式水素処理装置の触媒カートリッジの固定方法について示すものである。

## 2. 静的触媒式水素処理装置の取付ボルト部の構造及び解析モデル上の取扱いについて

### 2.1 取付ボルト部の構造

静的触媒式水素処理装置は取付ボルト4本で架台に固定されている。図1に取付ボルト部の構造を示す。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted] 静的触媒

式水素処理装置の触媒反応時の熱膨張を考慮した設計としている。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

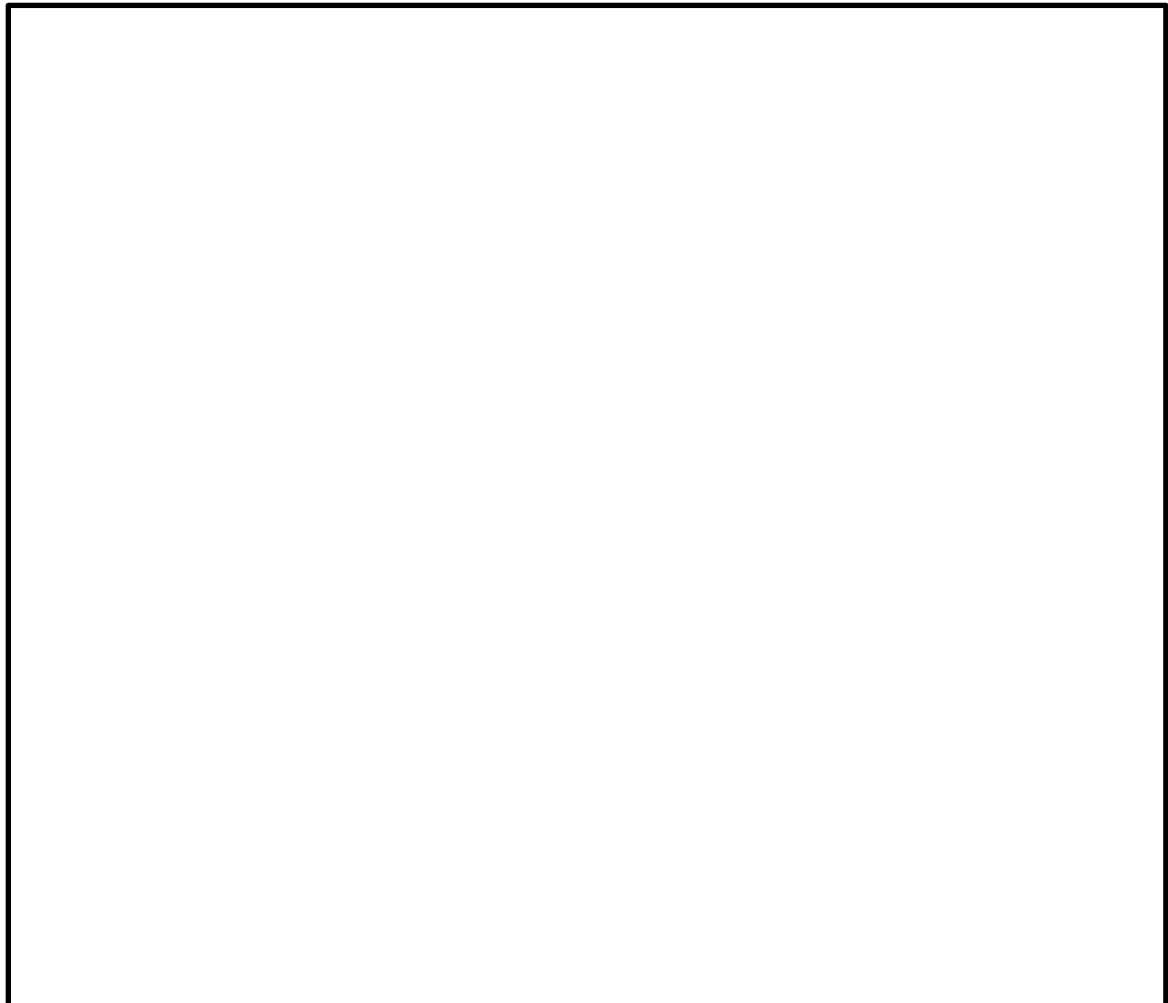


図1 取付ボルト部の構造

## 2.2 取付ボルト部の解析モデル上の取扱いについて

静的触媒式水素処理装置は、「2.1 取付ボルト部の構造」に記載のとおり、静的触媒式水素処理装置に取り付けている [redacted] [redacted] また、静的触媒式水素処理装置は解析での評価に先立ち実機と同等の試験体での加振試験を行っており、試験に当たっては島根原子力発電所への静的触媒式水素処理装置の取付状態と同様に、 [redacted] を設置して試験を実施している。試験の結果、 [redacted] による移動は生じていないことを確認した。（参考資料（1）参照）

以上より、 [redacted] と加振試験結果を踏まえ、解析モデル化に当たっては、 [redacted] 4箇所全てを図2のとおり同じようにモデル化して評価している。取付ボルト部の解析モデルを図2に示す。

応力評価に当たっては、上記より引張力及びせん断力は各々の取付ボルトに作用するため、応力についても各々の取付ボルトに発生するが、耐震計算書の応力算出に当たっては保守性を考慮し、4箇所の引張力及びせん断力の合計を保守的に1本で受けるものとして応力を算出している。

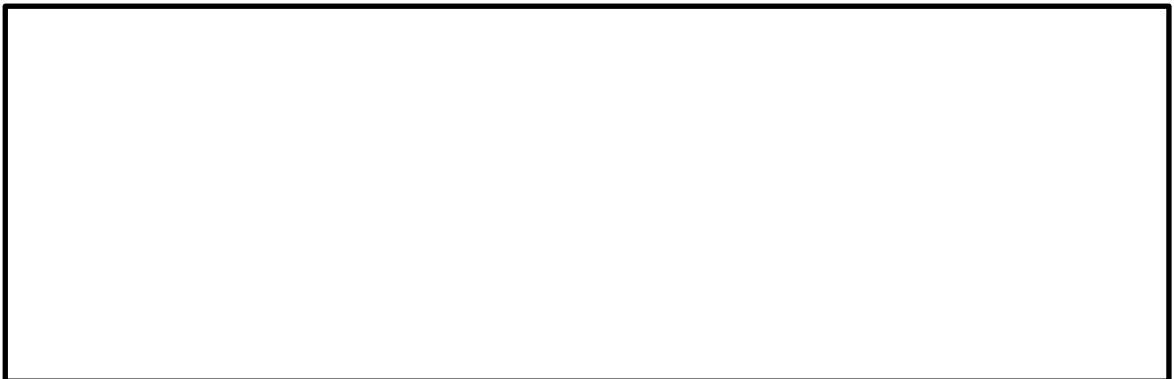


図2 取付ボルト部の解析モデル

3. 静的触媒式水素処理装置の触媒カートリッジの固定方法について

静的触媒式水素処理装置本体の構造図を図3に示す。触媒カートリッジは、ハウジング内部の対面に取り付けられている触媒カートリッジガイドの溝に沿って全22枚を縦に等間隔に収納し、ブラケットにて触媒カートリッジの両端を支持する構造となっている。

なお、静的触媒式水素処理装置については実機を用いた加振試験を実施しており、加振試験後の外観確認において、静的触媒式水素処理装置のハウジング、ブラケット及び触媒カートリッジに損傷はないこと並びに触媒カートリッジは所定の位置より外れていないことから、基準地震動S<sub>s</sub>により静的触媒式水素処理装置は機能喪失しないことを確認している。(参考資料(1)参照)

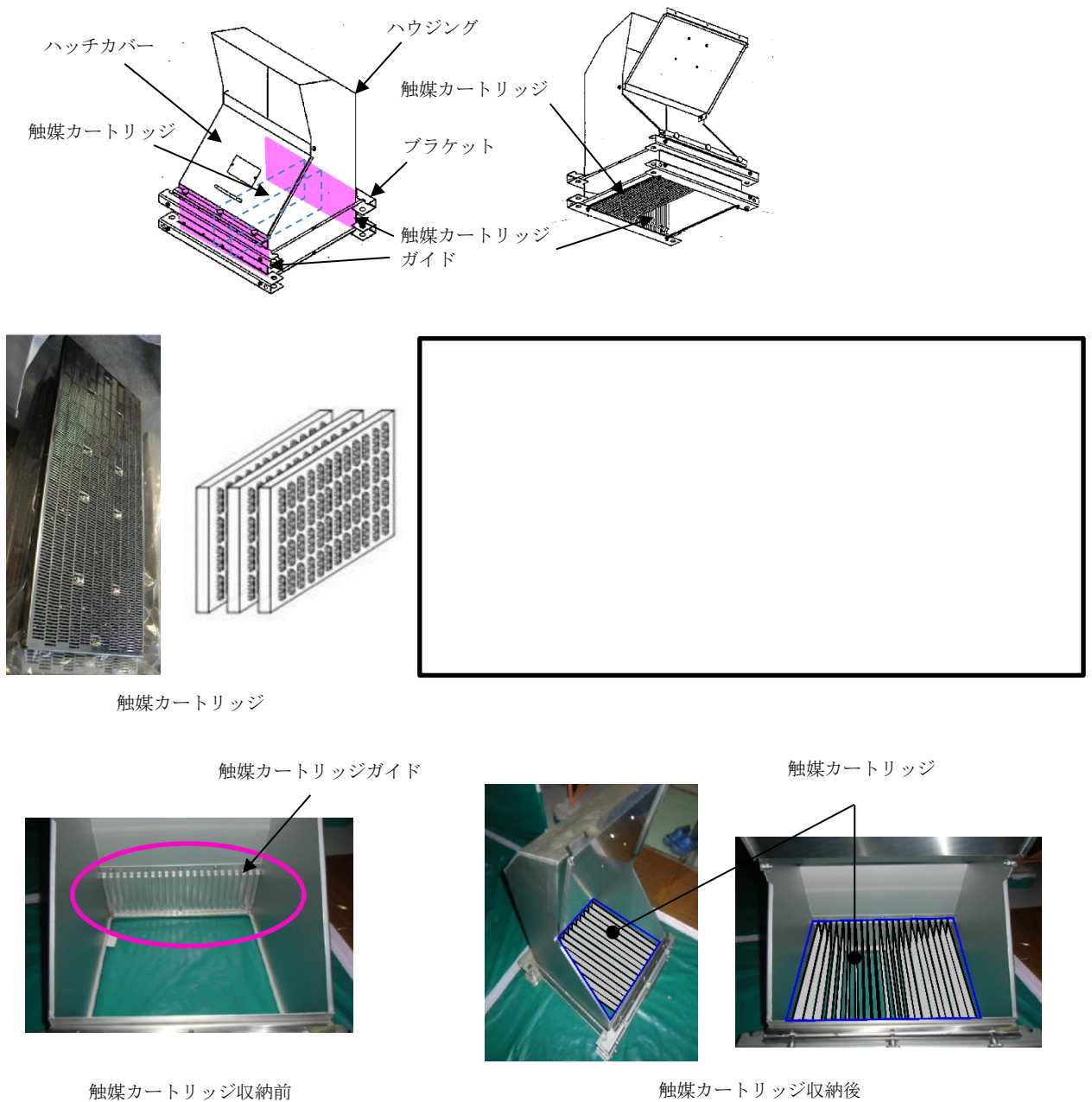


図3 静的触媒式水素処理装置本体構造図

静的触媒式水素処理装置の加振試験について

1. はじめに

静的触媒式水素処理装置のハウジング，取付ボルト等については，「VI-2-9-4-5-3-1 静的触媒式水素処理装置の耐震性についての計算書」で示しているとおり，解析により耐震性の確認を行っている。

一方で静的触媒式水素処理装置の設置に際しては，解析での確認に先立ち，島根原子力発電所2号機に設置する静的触媒式水素処理装置と同等の試験体を加振台に設置し試験を行うことで，基準地震動 $S_s$ により静的触媒式水素処理装置が機能喪失しないことも確認している。試験体と島根原子力発電所2号機に設置する静的触媒式水素処理装置の仕様を表1に示す。静的触媒式水素処理装置の加振試験に関する試験項目等を次項に示す。

表1 静的触媒式水素処理装置の仕様

	試験体	島根2号機
高さ[mm]		
幅[mm]		
質量 $m_0$ [kg]		
質量 $m_{01}$ [kg]		
カートリッジ枚数[枚]		
組立方法		

2. 試験概要

試験に使用した静的触媒式水素処理装置の外観図を図4に示す。試験は2014年7月にIMV株式会社名古屋テストラボの加振台を用いて実施した。試験方法としては振動特性把握試験を実施し，固有周期を求め，剛構造であることを確認した後，島根原子力発電所2号機の静的触媒式水素処理装置設置場所の基準地震動 $S_s$ による地震応答を包絡する試験波を用いて加振試験を実施した。試験波の最大入力加速度と静的触媒式水素処理装置設置場所の基準地震動 $S_s$ による最大応答加速度の比較を表2に示す。試験波の床応答スペクトルと静的触媒式水素処理装置設置場所の床応答スペクトルの比較を図5に示す。3.で後述する静的触媒式水素処理装置の固有周期以下の固有周期帯において，試験波の床応答スペクトルは静的触媒式水素処理装置設置場所の床応答スペクトルを上回っている。

また，加振試験に加え，加振試験後に外観検査を実施することで健全性を確認している。試験装置の外観を図6に，加振台仕様を表3に示す。

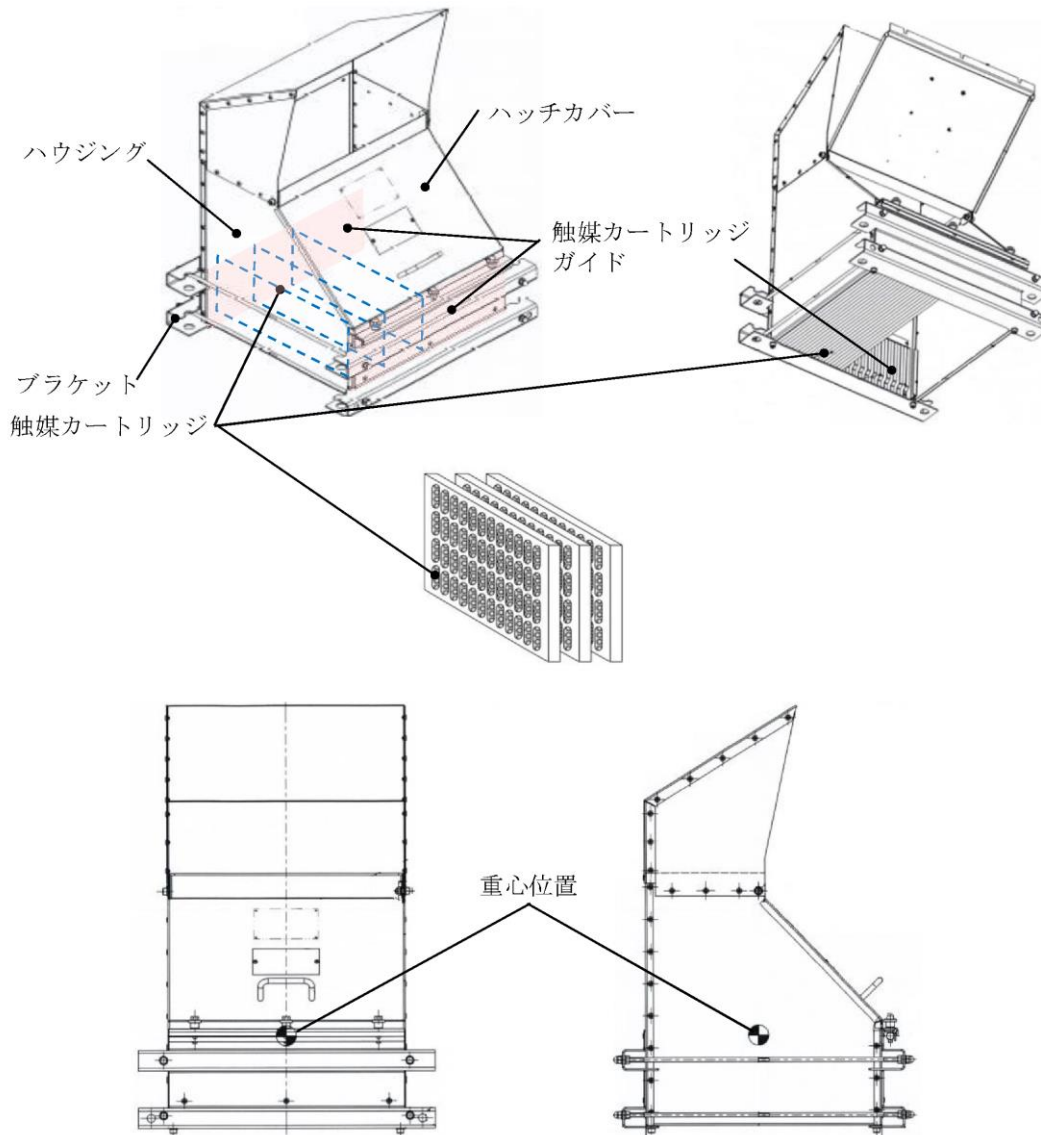


図4 静的触媒式水素処理装置の外観図

表2 試験波の最大入力加速度と静的触媒式水素処理装置設置場所の基準地震動 $S_s$ による最大応答加速度の比較

	試験波の最大入力加速度	静的触媒式水素処理装置設置場所の基準地震動 $S_s$ による最大応答加速度*
水平方向	100[m/s <sup>2</sup> ]	35[m/s <sup>2</sup> ] (3.51[G])
鉛直方向	40[m/s <sup>2</sup> ]	25[m/s <sup>2</sup> ] (2.46[G])

注記\*：原子炉建物 EL51.7[m]の設計用震度II（基準地震動 $S_s$ ）による加速度



a. 水平方向加振波 (NS 波)



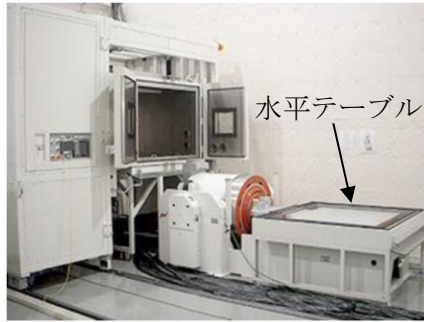
b. 水平方向加振波 (EW 波)



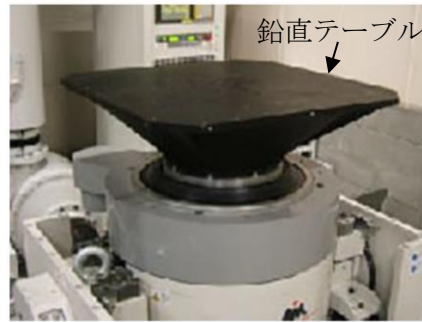
c. 鉛直方向加振波 (UD 波)

図 5 床応答スペクトルの比較





(水平加振の場合)



(鉛直加振の場合)

図 6 試験装置外観図

表 3 加振台仕様

寸法	水平テーブル : 1000 [mm] × 1000 [mm] 鉛直テーブル : 950 [mm] × 950 [mm]
最大積載質量	600 [kg]
最大振動数	2200 [Hz]
最大加速度	744 [m/s <sup>2</sup> ]

### 3. 振動特性把握試験

#### 3.1 試験方法

静的触媒式水素処理装置に加速度センサーを取り付け、最大加速度 $0.5[m/s^2]$ となる正弦波で $5\sim 100[Hz]$ の範囲を対数掃引\*し、各方向の共振点を求める。なお、加振加速度に対する応答倍率が2倍以上となる加振振動数を共振点（固有振動数）と定義する。加速度センサーの取付位置を図7に示す。静的触媒式水素処理装置の加振台据付後の状態を図8に示す。

注記\*：1分間で振動数が2倍になる速度で実施



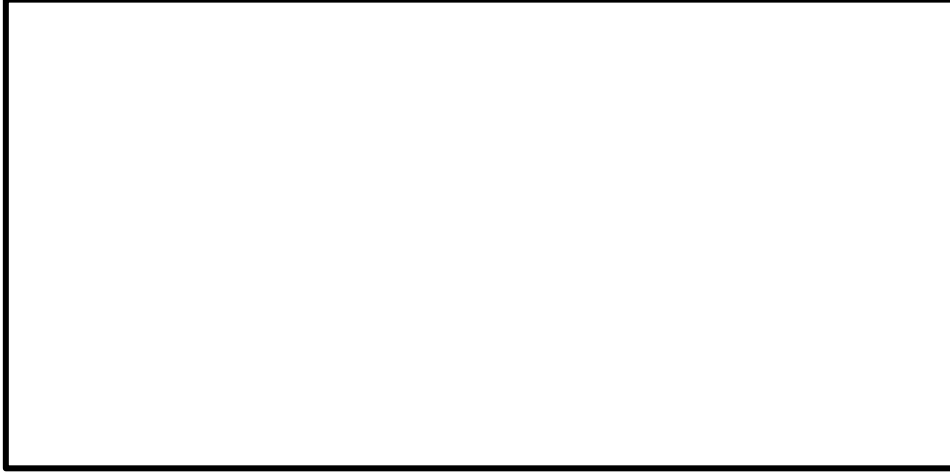
図7 加速度センサー取付位置



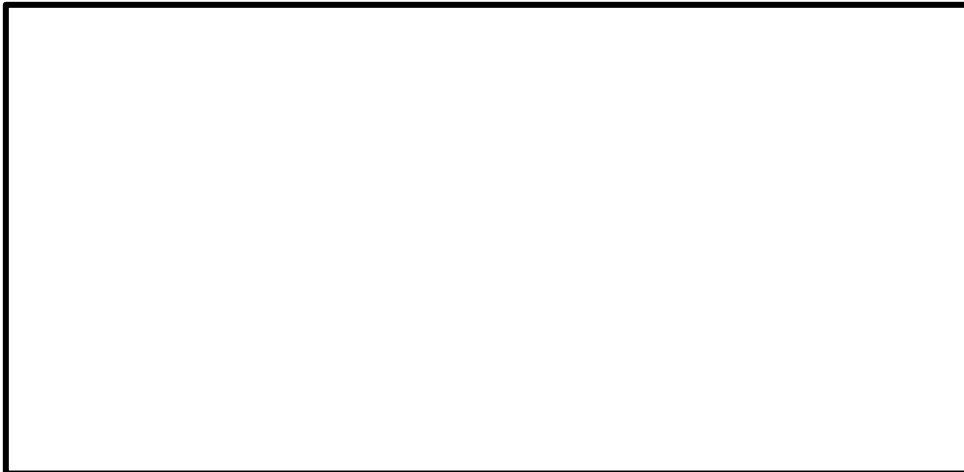
図8 静的触媒式水素処理装置の加振台据付後の状態

### 3.2 試験結果

試験により得られた周波数応答関数を図 9 に、各方向の固有周期を表 4 に示す。各方向について剛構造と見なせる固有周期 0.05 秒を十分に下回る結果が得られた。



a. 水平 X 方向



b. 水平 Y 方向



c. 鉛直 Z 方向

図 9 周波数応答関数

表 4 各方向の固有周期

方向	固有周期[s]	固有振動数[Hz]
X		
Y		
Z		

#### 4. 加振試験

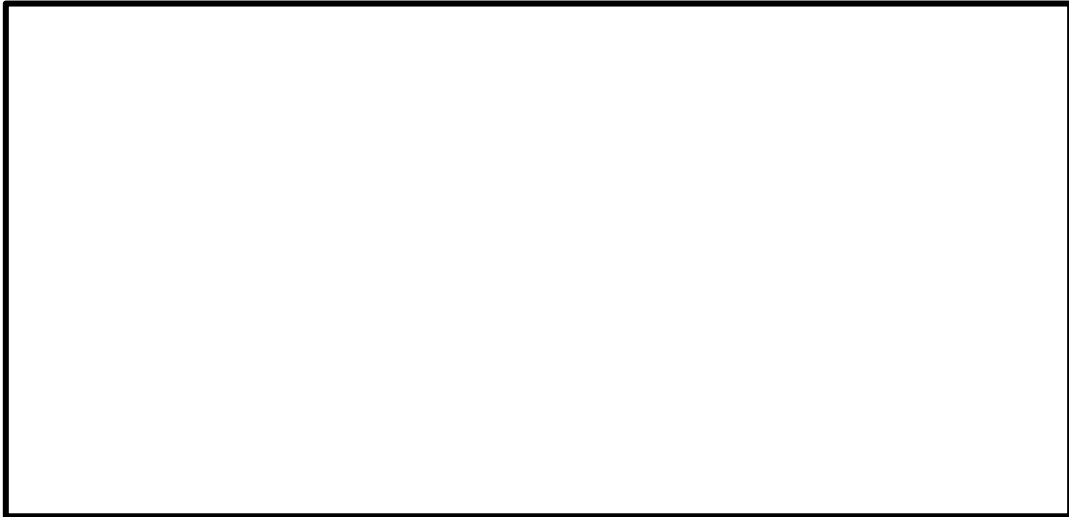
##### 4.1 試験方法

加振試験における試験条件を表 5 に、加振波を図 10 に示す。

また、加振時に静的触媒式水素処理装置に発生する最大主応力を計測するために 3 軸ひずみゲージを取り付ける。取付位置を図 11 に示す。なお、加振時の最大応答加速度を計測する加速度センサーの取付位置については図 7 と同じである。

表 5 加振試験条件

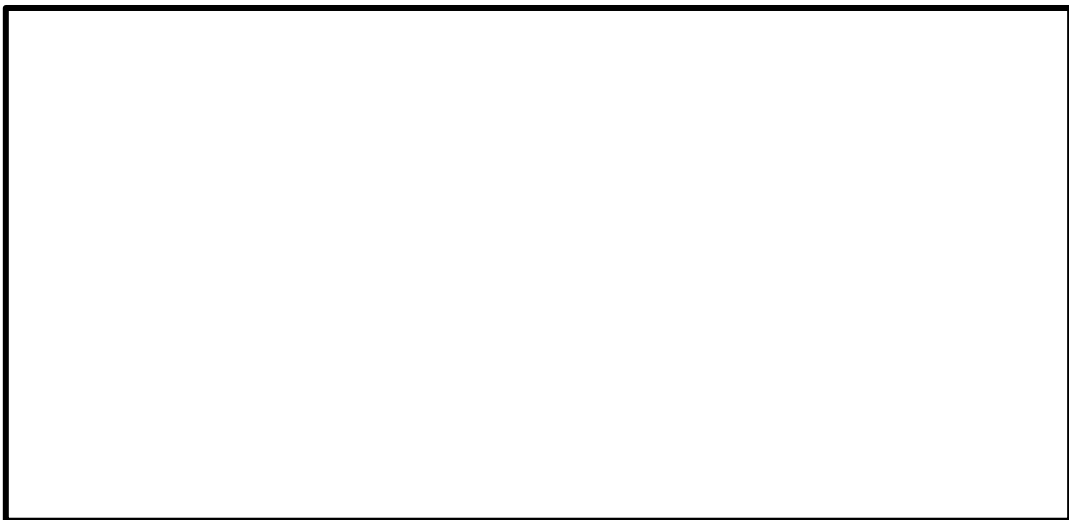
項目	試験条件
加振地震波	ランダム波
加振方向	X 方向, Y 方向及び Z 方向の単独加振試験
取付状態	島根原子力発電所 2 号機の静的触媒式水素処理装置の取付状態と同様に、 <div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div> を設置した上で、取付ボルトにてワッシャ、ブラケット及び加振テーブルを固定
試験回数	X 方向 (NS 波) ・ 加速度 30 [m/s <sup>2</sup> ], 40 [m/s <sup>2</sup> ], 60 [m/s <sup>2</sup> ], 80 [m/s <sup>2</sup> ] 及び 100 [m/s <sup>2</sup> ] の計 5 回 X 方向 (EW 波) ・ 加速度 30 [m/s <sup>2</sup> ], 40 [m/s <sup>2</sup> ], 60 [m/s <sup>2</sup> ], 80 [m/s <sup>2</sup> ] 及び 100 [m/s <sup>2</sup> ] の計 5 回 Y 方向 (NS 波) ・ 加速度 30 [m/s <sup>2</sup> ], 40 [m/s <sup>2</sup> ], 60 [m/s <sup>2</sup> ], 80 [m/s <sup>2</sup> ] 及び 100 [m/s <sup>2</sup> ] の計 5 回 Y 方向 (EW 波) ・ 加速度 30 [m/s <sup>2</sup> ], 40 [m/s <sup>2</sup> ], 60 [m/s <sup>2</sup> ], 80 [m/s <sup>2</sup> ] 及び 100 [m/s <sup>2</sup> ] の計 5 回 Z 方向 (UD 波) ・ 加速度 30 [m/s <sup>2</sup> ] 及び 40 [m/s <sup>2</sup> ] の計 2 回



a. 水平方向加振波 (NS 波)



b. 水平方向加振波 (EW 波)



c. 鉛直方向加振波 (UD 波)

図 10 加振試験に用いた加振波

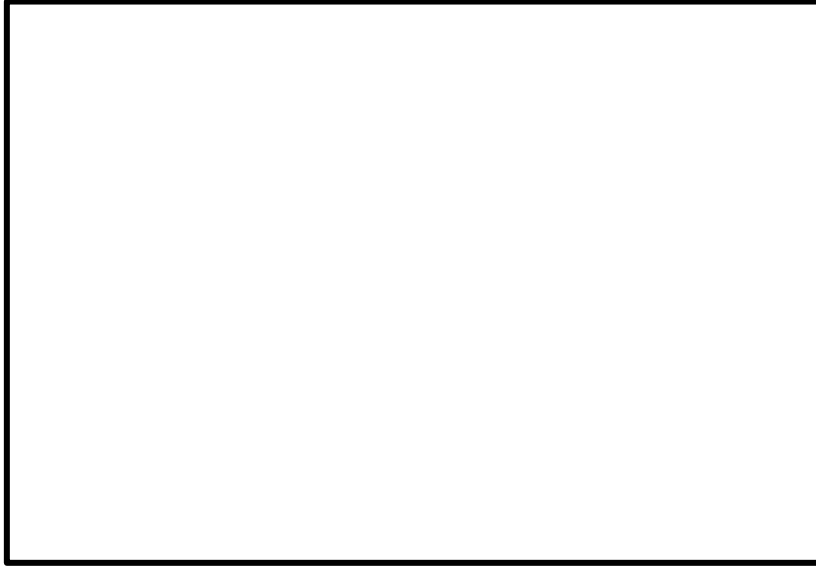


図 11 3 軸ひずみゲージ取付位置

## 4.2 試験結果

加振試験では水平方向は最大  $100[\text{m}/\text{s}^2]$ 、鉛直方向は最大  $40[\text{m}/\text{s}^2]$  までの加速度で試験を実施した。試験結果として、図 12 から図 14 に各方向の入力加速度に対する最大応答加速度を、図 15 から図 17 に各方向の入力加速度に対する最大主応力を示す。

加振試験の結果、一部ばらつきはあるが、おおむね入力加速度に比例して応答加速度は大きくなる傾向となっている。

計測した最大主応力は図 15 に示す X 方向 NS 波  $100[\text{m}/\text{s}^2]$  時の  [MPa] が最大値となったが、静的触媒式水素処理装置運転時の最高温度  $300[^\circ\text{C}]$  におけるステンレス鋼板 (SUS304) の設計降伏点  $127[\text{MPa}]$  より十分に小さい値であることを確認した。

加振試験後の外観確認において、静的触媒式水素処理装置のハウジング、ブラケット及び触媒カートリッジに損傷はなく、触媒カートリッジも所定の位置から外れていないことを確認した。また、島根原子力発電所 2 号機への静的触媒式水素処理装置の取付状態と同様に試験台へ固定して加振試験を行った結果から、取り付けている  に係らず、取付ボルト部の移動及び損傷はないことを確認した。





图 12 地震波加振試驗結果 (最大応答加速度 (X方向))



图 13 地震波加振試驗結果 (最大応答加速度 (Y方向))

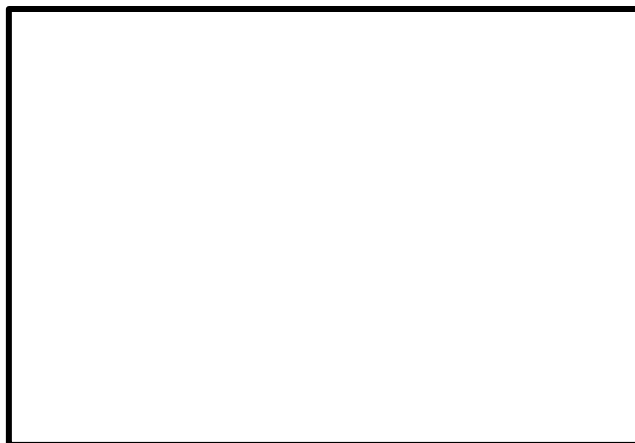


图 14 地震波加振試驗結果 (最大応答加速度 (Z方向))

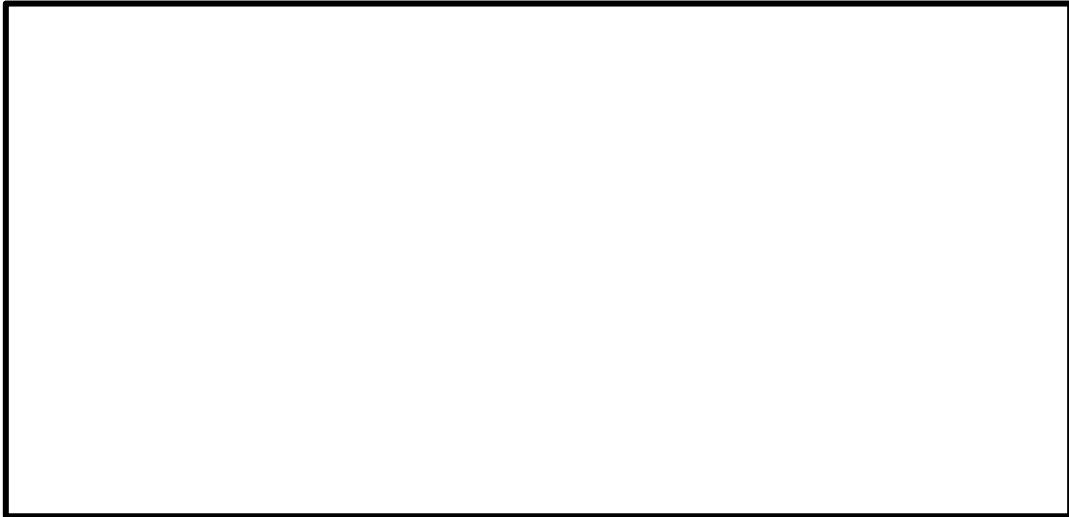


図 15 地震波加振試験結果（最大主応力（X方向））

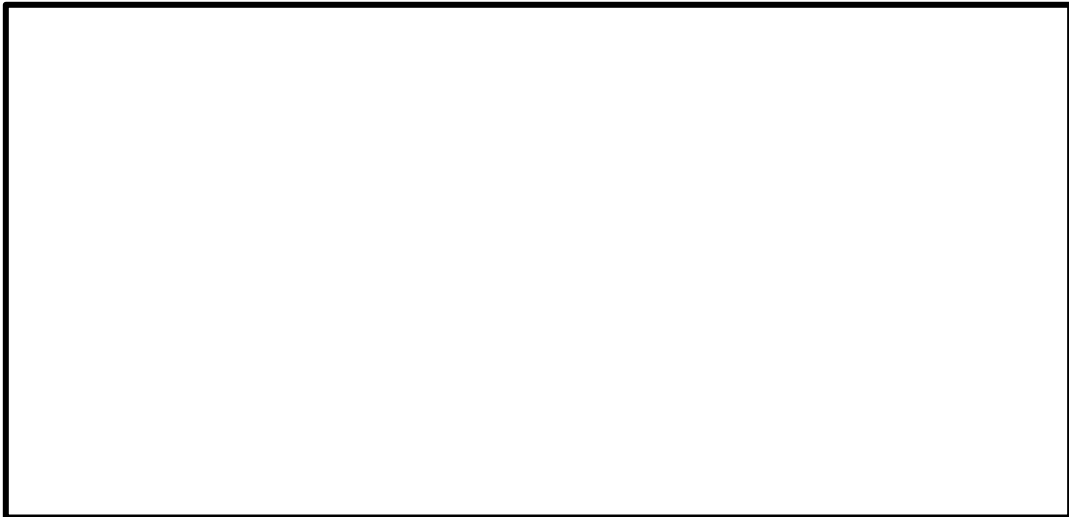


図 16 地震波加振試験結果（最大主応力（Y方向））

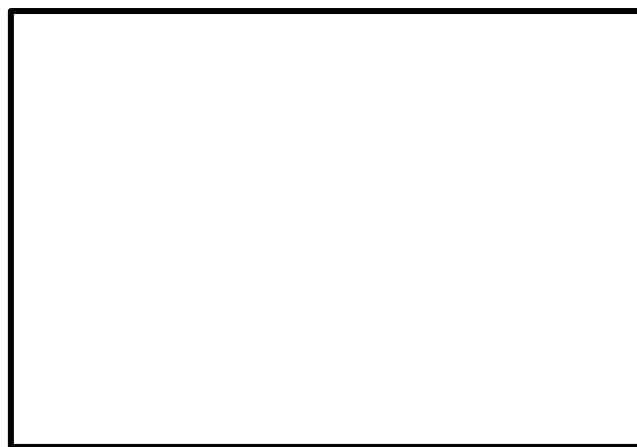


図 17 地震波加振試験結果（最大主応力（Z方向））

## 5. まとめ

振動特性把握試験の結果、固有周期は0.05秒を十分に下回っており、剛構造であることを確認した。

加振試験では最大主応力が静的触媒式水素処理装置運転時の最高温度の設計降伏点より十分に小さい値であることを確認した。

加振試験後の外観確認においては、静的触媒式水素処理装置に損傷はなく、触媒カートリッジも所定の位置から外れていないことを確認した。

以上の結果から、基準地震動  $S_s$  により静的触媒式水素処理装置は機能喪失しないことを確認した。