

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-40-33_改3
提出年月日	2021年11月9日

補足-600-40-33 静的触媒式水素再結合装置の耐震性についての計算書に係る補足説明資料

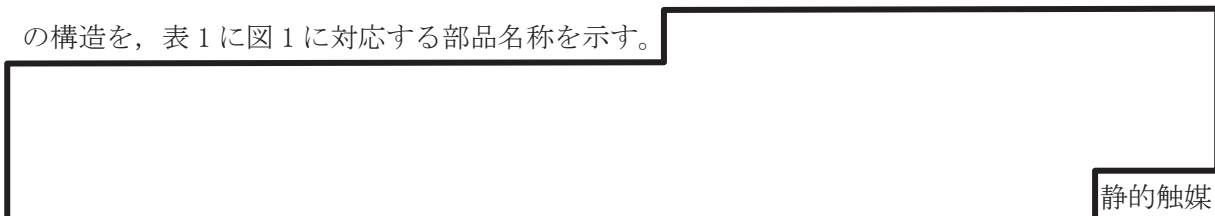
目次

補足 1 静的触媒式水素再結合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	補足 1-1
補足 2 静的触媒式水素再結合装置の触媒カートリッジの固定方法について	補足 2-1
参考資料 1 静的触媒式水素再結合装置の加振試験について	参考 1-1

静的触媒式水素再結合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. 取付ボルト部の構造

静的触媒式水素再結合装置は取付ボルト 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、表 1 に図 1 に対応する部品名称を示す。



静的触媒

式水素再結合装置の触媒反応時の熱膨張を考慮した設計としている。

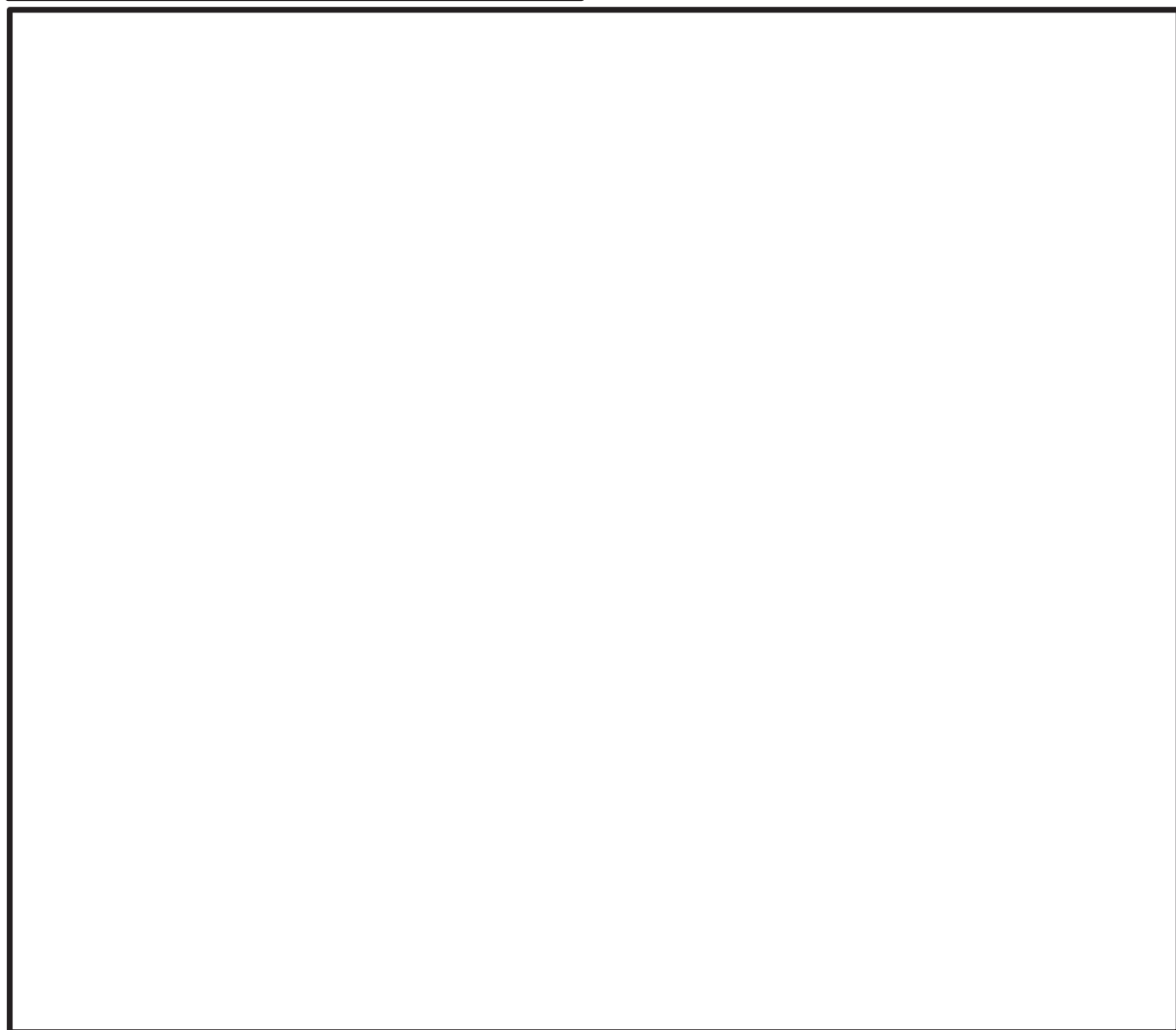


図 1 取付ボルト部の構造

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 1 部品表

No.	部品名称
①	
②	
③	
④	
⑤	
⑥	
⑦	

2. 取付ボルト部の解析モデル上の取扱いについて

静的触媒式水素再結合装置は、「1. 取付ボルト部の構造」に記載のとおり、静的触媒式水素再結合装置に取付けている

また、静的触媒式水素再結合装置は解析での評価に先立ち実機での加振試験を行っており、試験に当たっては女川原子力発電所への静的触媒式水素再結合装置の取付け状態と同様に、

を設置して試験を実施している。試験の結果、

による移動は生じていないことを確認した。
以上より、と加振試験結果を踏まえ、解析モデル化にあたっては、4箇所

所全てを剛体要素として評価している。取付ボルト部の解析モデル図を図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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

静的触媒式水素再結合装置の触媒カートリッジの固定方法について

静的触媒式水素再結合装置本体の構造図を図1に示す。触媒カートリッジは、ハウジング内部の対面に取付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、静的触媒式水素再結合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、静的触媒式水素再結合装置のハウジング、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_s により静的触媒式水素再結合装置は機能喪失しないことを確認している。

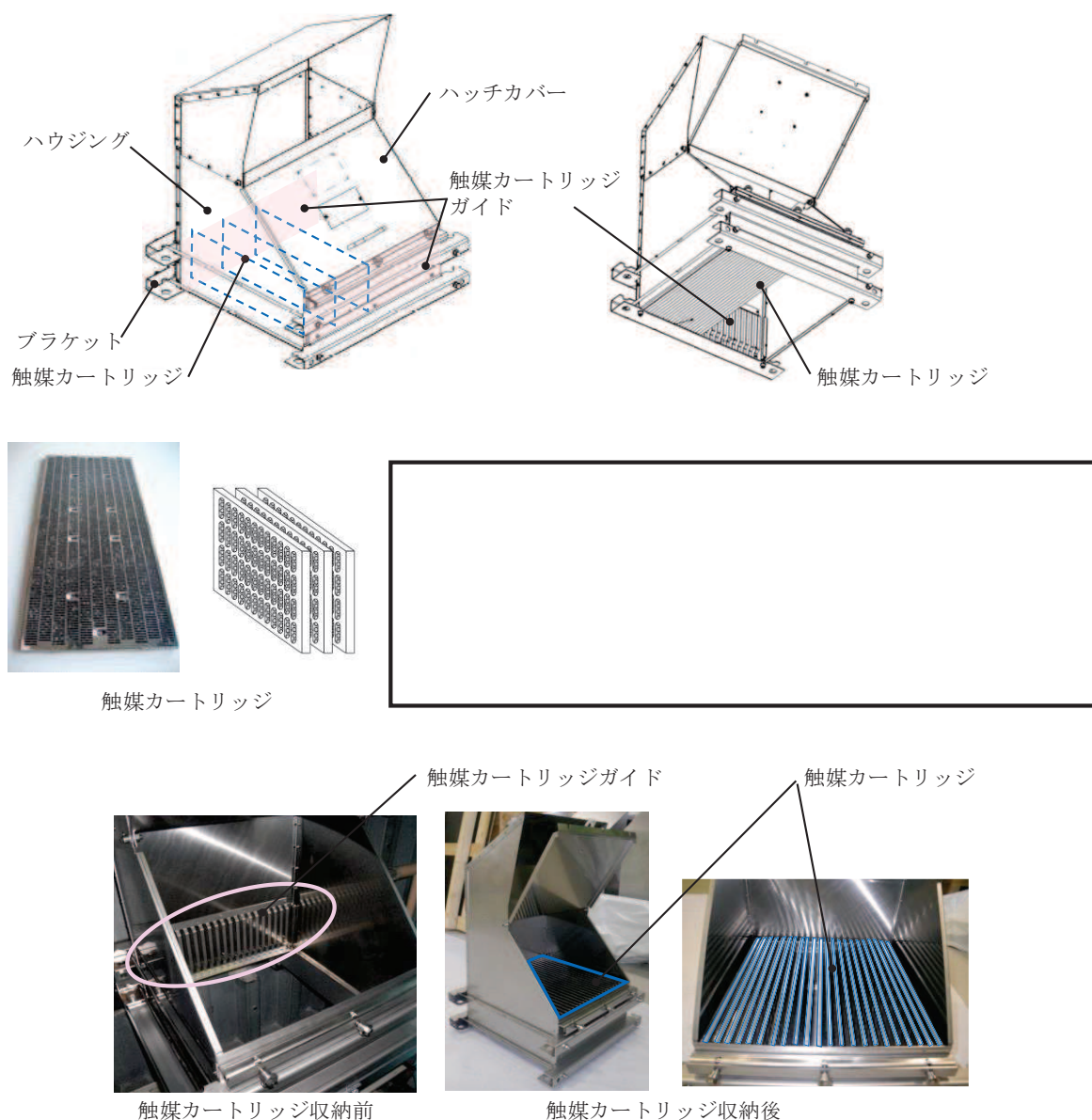


図 1 静的触媒式水素再結合装置本体構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

静的触媒式水素再結合装置の加振試験について

1. はじめに

静的触媒式水素再結合装置のハウジング，取付ボルト等については，添付資料「VI-2-9-4-4-3-1 静的触媒式水素再結合装置の耐震性についての計算書」で示しているとおおり，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再結合装置の設置に際しては，解析での確認に先立ち，女川原子力発電所に設置する同型の静的触媒式水素再結合装置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再結合装置が機能喪失しないことも確認している。

静的触媒式水素再結合装置の加振試験に関する試験項目等を事項に示す。

2. 試験概要

静的触媒式水素再結合装置の外観図を図 2-1 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，平成 25 年 12 月 27 日申請時の基準地震動 S_s-2 による原子炉建屋屋上階の地震応答波を用いて加振試験を実施した。なお，基準地震動 S_s の上振れを考慮して水平方向については，最大 10G までの加振試験を実施した。

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 2-2 に，加振台仕様を表 2-1 に示す。

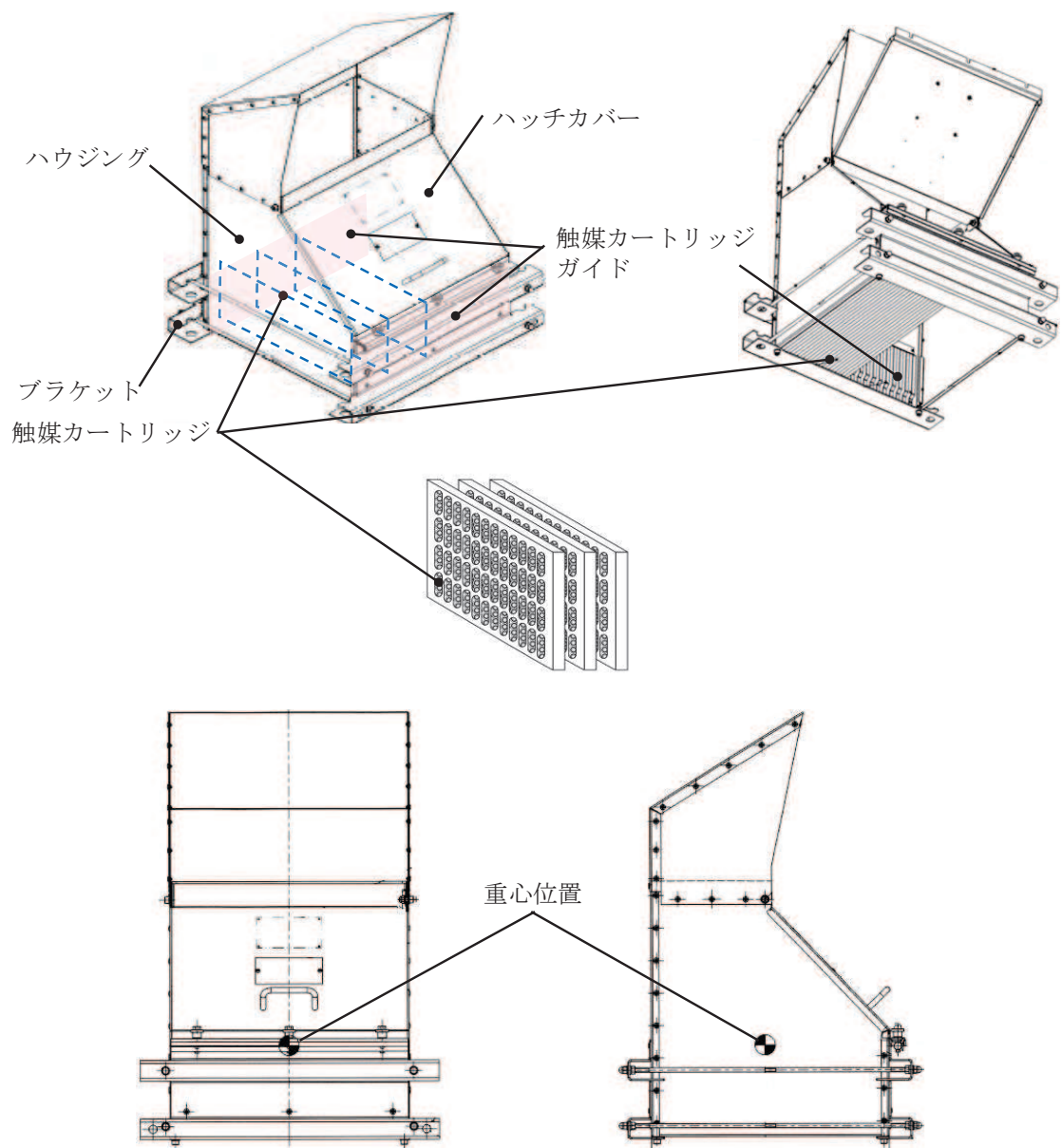


図 2-1 静的触媒式水素再結合装置の外観図

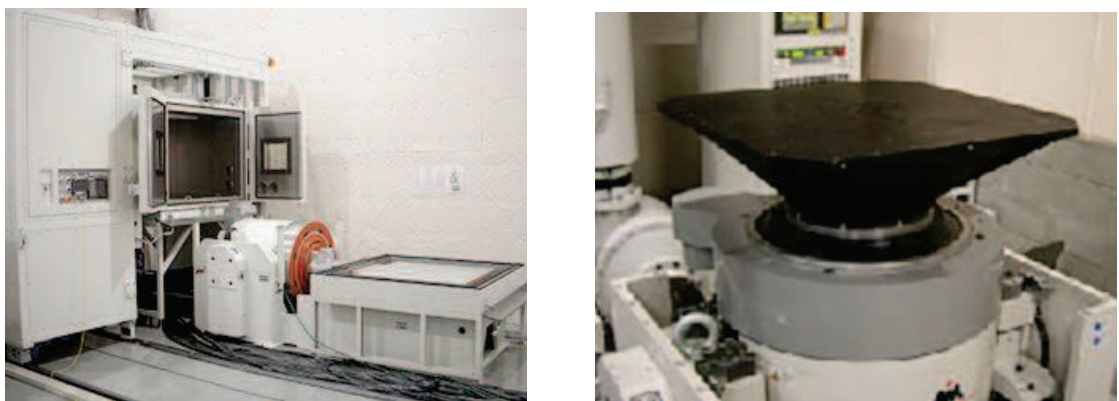


図 2-2 試験装置外観図

表 2-1 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 ²]

3. 振動特性把握試験

3.1 試験方法

静的触媒式水素再結合装置に加速度センサーを取付け、加振波として 0.5m/s² の加速度で 5～100Hz の範囲を 1oct/min* の速度で対数掃引し、各軸の共振点を求める。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 3-1 に示す。

注記*：1 分間で振動数が 2 倍になる速度を示す。

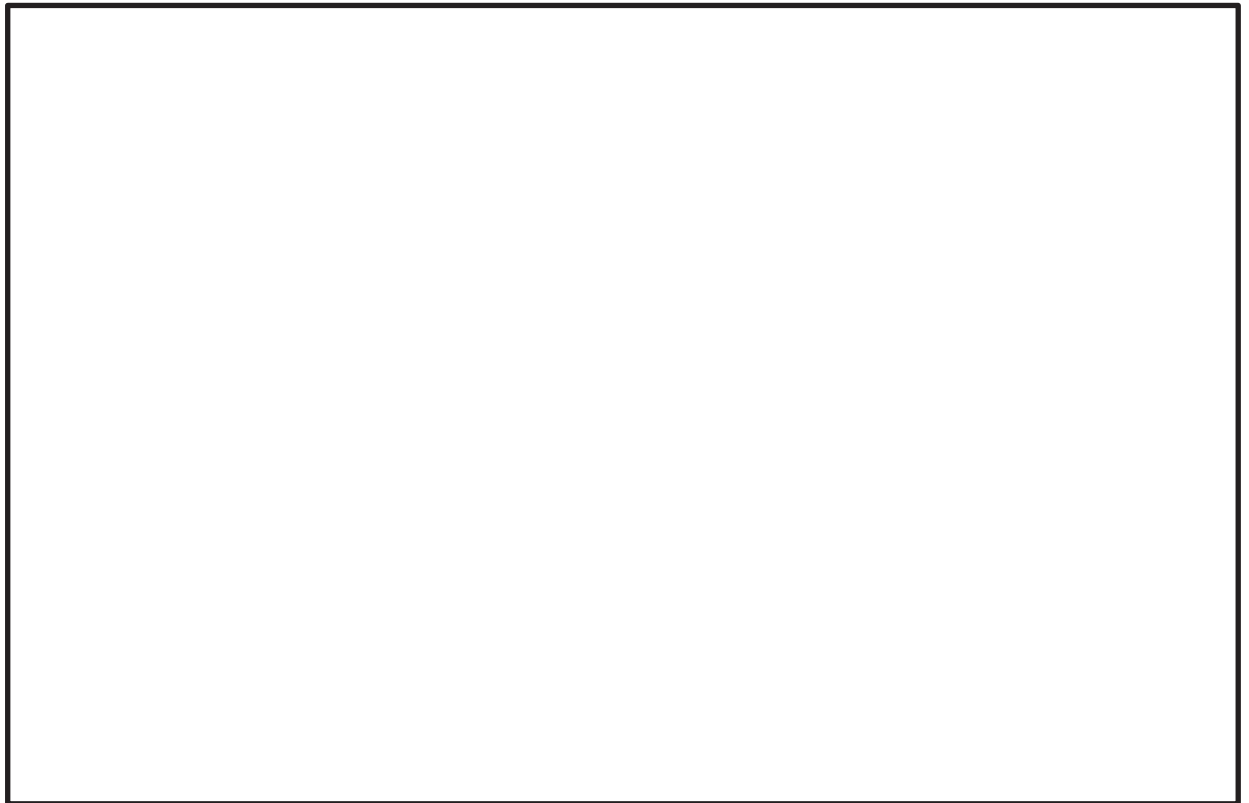


図 3-1 加速度センサー取付位置

3.2 試験結果

試験により得られた周波数応答関数を図 3-2 に、各軸方向の固有周期を表 3-1 に示す。各軸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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



a. 水平 X 方向



b. 水平 Y 方向



c. 鉛直 Z 方向

図 3-2 周波数応答関数

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-1 各軸方向での固有周期

方向	固有周期[s]	固有振動数[Hz]
X		
Y		
Z		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


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4-1に、加振波を図4-1、静的触媒式水素再結合装置の加振台据付後の状態を図4-2に示す。

また、加振時に静的触媒式水素再結合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付ける。取付位置を図4-3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3-1と同じである。

表4-1 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	水平（NS）、水平（EW）及び鉛直の単独加振試験
取付状態	女川原子力発電所への静的触媒式水素再結合装置の取付け状態と同じになるように、  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軸方向（NS波） ・ 加速度30m/s ² 、40m/s ² 、60m/s ² 、80m/s ² 及び100m/s ² の計5回 X軸方向（EW波） ・ 加速度30m/s ² 、40m/s ² 、60m/s ² 、80m/s ² 及び100m/s ² の計5回 Y軸方向（NS波） ・ 加速度30m/s ² 、40m/s ² 、60m/s ² 、80m/s ² 及び100m/s ² の計5回 Y軸方向（EW波） ・ 加速度30m/s ² 、40m/s ² 、60m/s ² 、80m/s ² 及び100m/s ² の計5回 Z軸方向 ・ 加速度30m/s ² 及び40m/s ² の計2回

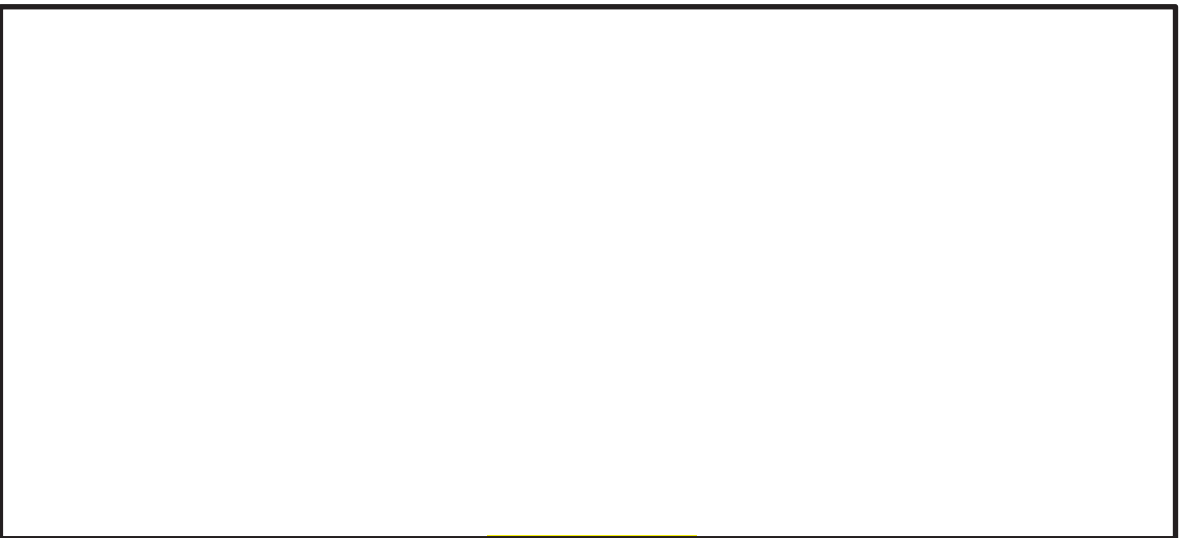
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



a. 水平 X 方向



b. 水平 Y 方向



c. 鉛直 Z 方向

図 4-1 加振試験に用いた加振波（原子炉建屋屋上階の地震応答波）の加速度時刻歴波形

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 4-2 静的触媒式水素再結合装置の加振台据付後の状態



図 4-3 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 100m/s^2 、鉛直方向は最大 40m/s^2 までの加速度で試験を実施した。図 4-4 から図 4-6 に各方向の入力加速度に対する最大応答加速度の試験結果を、図 4-7 から図 4-9 に各方向の入力加速度に対する最大主応力の結果を示す。

加振試験の結果、一部ばらつきはあるが、概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。

最大主応力については、全体としてブラケットの切欠き部（S1 及び S2）が静的触媒式水素再結合装置のフード近傍（S3 及び S4）に比べて大きい傾向となった。これは重心位置が中心位置より若干後方にあることや前方に開口部があることが影響していると考えられる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

計測した最大主応力は図 4-7 に示す X 方向 NS 波 100m/s²時の [] MPa が最大値となったが、静的触媒式水素再結合装置運転時の最高温度 300℃におけるステンレス鋼板 (SUS304) の設計降伏点 127MPa 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、静的触媒式水素再結合装置のハウジング、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、女川原子力発電所への静的触媒式水素再結合装置の取付け状態と同じになるように試験台へ固定して加振試験を行ったが、取付けている [] 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。

[] 枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

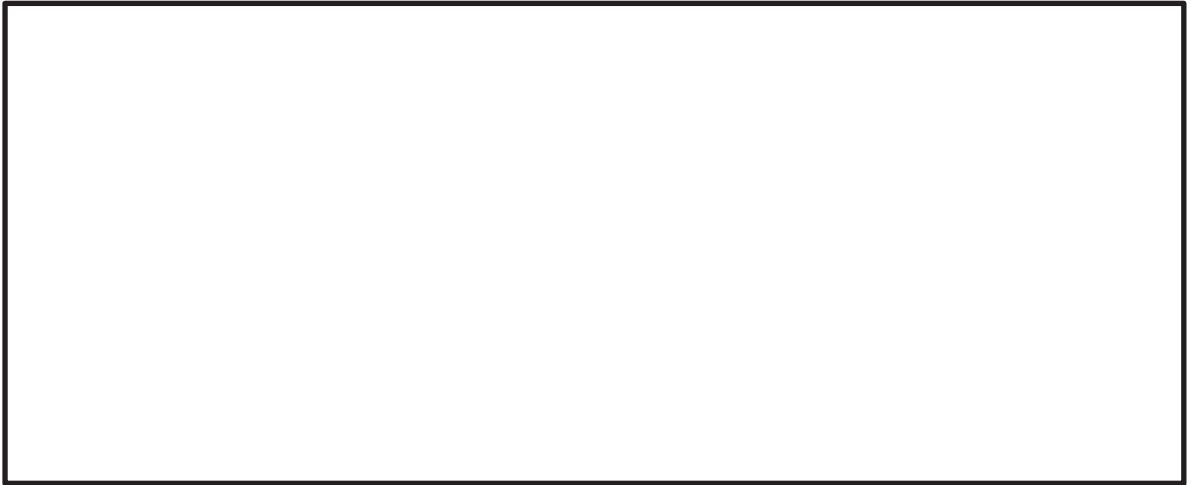


図 4-4 地震波加振試験結果（最大応答加速度（X 方向））



図 4-5 地震波加振試験結果（最大応答加速度（Y 方向））



図 4-6 地震波加振試験結果（最大応答加速度（Z 方向））

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 4-7 地震波加振試験結果（最大主応力（X 方向））



図 4-8 地震波加振試験結果（最大主応力（Y 方向））

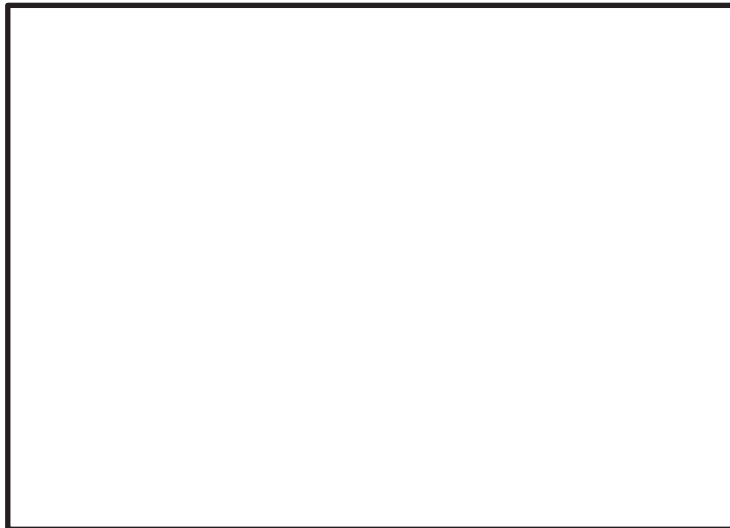


図 4-9 地震波加振試験結果（最大主応力（Z 方向））

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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再結合装置運転時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、静的触媒式水素再結合装置に損傷はなく、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再結合装置は機能喪失しないことを確認した。