

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-10 改 01
提出年月日	2022年6月23日

高圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての
計算書に関する補足説明資料

2022年6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. 試験概要	1
2. 振動特性把握試験	3
2.1 試験方法	3
2.2 試験結果	5
3. 加振試験	6
3.1 試験方法	6
3.2 試験結果	8
3.3 まとめ	8

1. 試験概要

高圧原子炉代替注水ポンプは横形のポンプであるが、原動機であるタービンと一体構造となっており、J E A G 4 6 0 1における適用形式とは異なることから、機能確認済加速度を用いた評価とすることができない。そのため、機能確認済加速度を設定することを目的とし、を用い、島根原子力発電所第2号機向けのポンプと同型式のポンプの加振試験を実施した。本ポンプはタービンと一体構造であるため、ガバナ等の付属品を含む形で試験を実施した。ポンプ断面イメージ図を図1-1に示す。試験方法としては振動特性把握試験を実施し固有振動数を求め、剛構造であることを確認した後、機器の据付位置における評価用加速度を包絡する加振波で加振試験を実施した。また、加振試験に加え、試験前後の性能比較及び試験後の部品目視検査を実施することで健全性を確認している。振動試験装置外観を図1-2に、加振台仕様を表1-1に示す。また、試験体と実機の主な仕様の比較を表1-2に示す。試験体は実機よりも外形寸法及び質量が大きく、耐震評価上厳しい条件において加振試験を実施している。



図1-1 ポンプ断面イメージ図



図1-2 振動試験装置外観

表 1-1 加振台仕様

寸法		
最大積載質量		
運転周波数帯域		
最大加速度 (10t 搭載時)	水平	$1.6 \times 9.8 \text{ m/s}^2$
	鉛直	$1.2 \times 9.8 \text{ m/s}^2$

表 1-2 高圧原子炉代替注水ポンプの主な仕様の比較

仕様		試験体	実機
外形寸法		1430 mm (長さ) 940 mm (幅) 1285 mm (高さ)	1394 mm (長さ) 850 mm (幅) 1251.5 mm (高さ)
質量		3740 kg (公称値)	3280 kg (公称値)
ポンプ	種類	ターボ形	同左
	容量	136 m ³ /h	93 m ³ /h
原動機	種類	背圧式蒸気タービン	同左
	出力	553 kW	567 kW

2. 振動特性把握試験

2.1 試験方法

ポンプに3軸加速度計を取り付け、加振波として までの範囲でランダム波を使用した各軸単独加振を実施し、3軸それぞれについて応答加速度から周波数応答関数を得て、固有周期を求める。計測センサー取付位置を図2-1に示す。

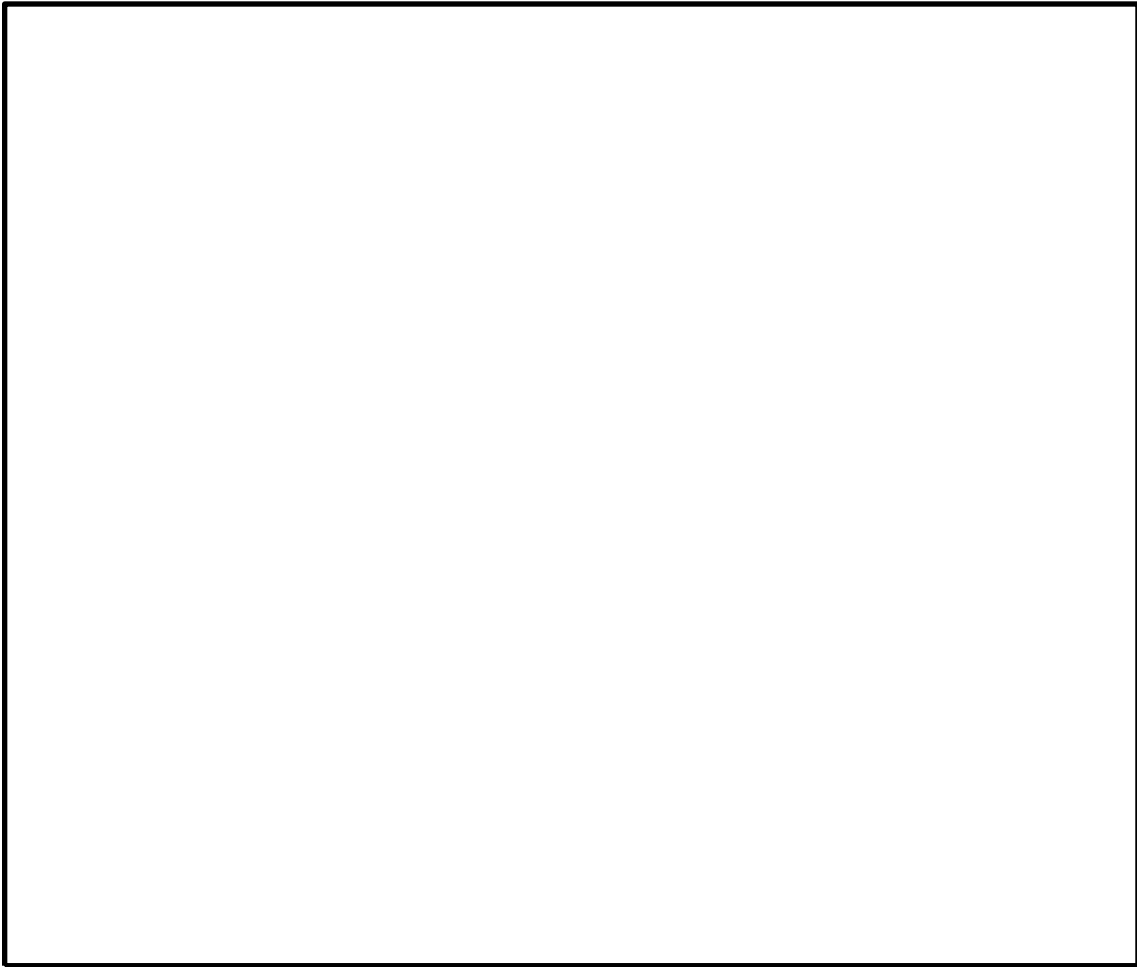


図2-1(1) 計測センサー取付位置

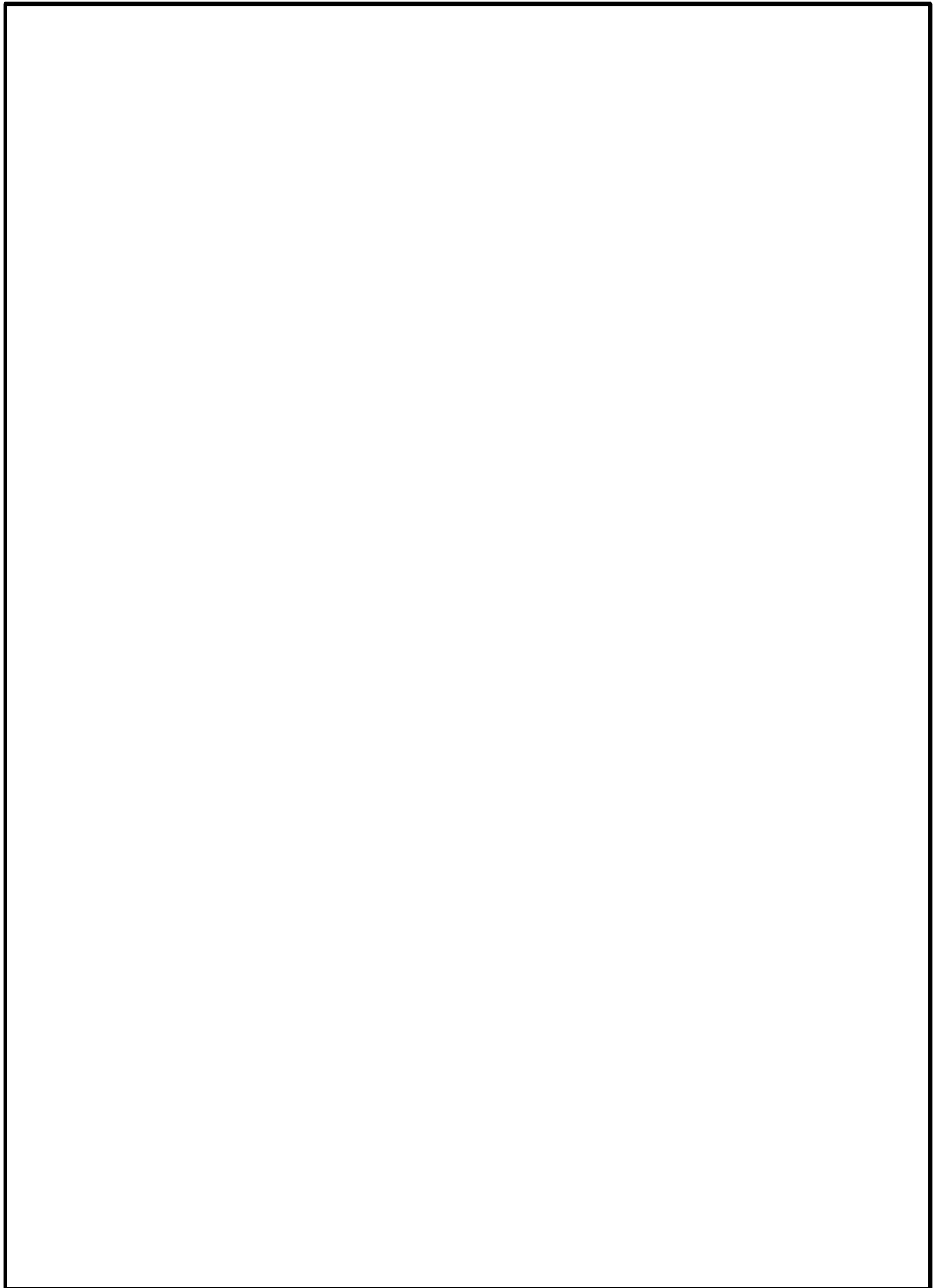
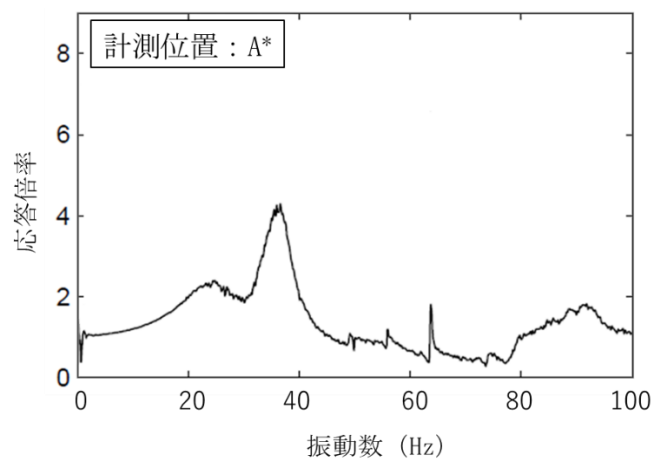


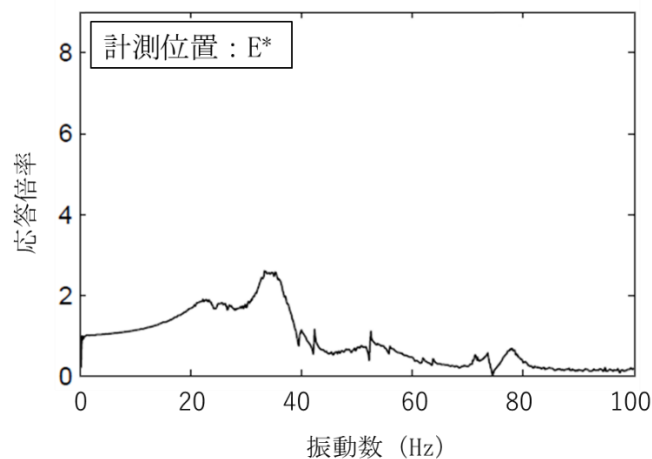
図 2-1(2) 計測センサー取付位置

2.2 試験結果

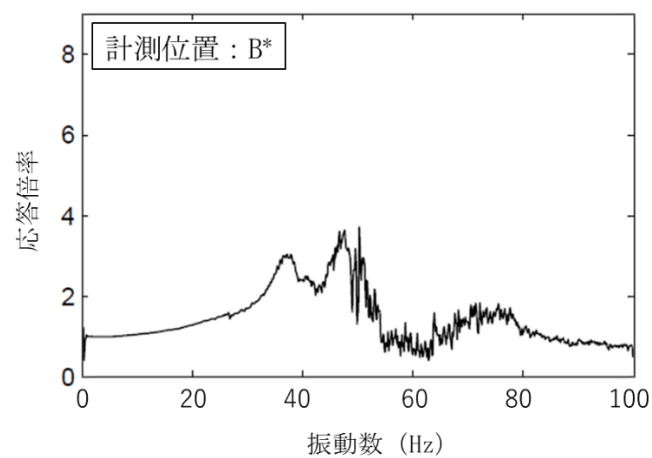
試験により得られた周波数応答関数を図 2-2 に、各軸方向の固有周期を表 2-1 に示す。固有振動数は、周波数応答関数の応答倍率を参照のうえ、位相も参考にして選定している。各軸方向について剛構造と見なせる固有周期 0.05 秒を十分に下回る結果が得られた。



a. 水平 X 方向



b. 水平 Y 方向



c. 鉛直 Z 方向

注記* : 各計測位置のうち、応答が卓越しているものを代表で記載。

図 2-2 周波数応答関数

表 2-1 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		

3. 加振試験

3.1 試験方法

「2.2 試験結果」で示しているように、機器の固有周期は 0.05 秒を下回っており、剛構造と見なせることから、機器据付位置における床応答加速度 (1.0ZPA) を上回るような加振波を生成し、加振試験を実施する。加振波は水平 (前後) + 水平 (左右) + 鉛直方向を加振方向として、次のように生成される。

- ・機器据付位置における設計用床応答スペクトルを上回る試験用床応答スペクトルを設定し、ランダム波を作成する。
- ・作成されたランダム波を入力とした加振台の加速度時刻歴波形から床応答スペクトルに変換し、試験用床応答スペクトルと比較する。
- ・ここで加振台での床応答スペクトルが試験用床応答スペクトルを満足する場合、これを最終的な入力加振波とする。満足していない場合、ランダム波を補正し、再度確認するプロセスを繰り返して試験用床応答スペクトルを満足する入力加振波を作成する。

加振試験における試験条件を表 3-1 に、加振波を図 3-1 に示す。

表 3-1 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 2 方向 + 鉛直方向の 3 軸同時加振試験
運転状態	停止中加振* (満水状態)
取付状態	振動台上に設置された台板にボルトにて取り付け
試験回数	1 回

注記*：重大事故等は「地震の独立事象」として扱っており、高圧原子炉代替注水ポンプの運転を想定する時間は、事象発生後約 8.3 時間であることから、地震荷重との組合せが不要な期間 (10⁻²年) より短時間であるため、加振試験条件として停止時を考慮する。

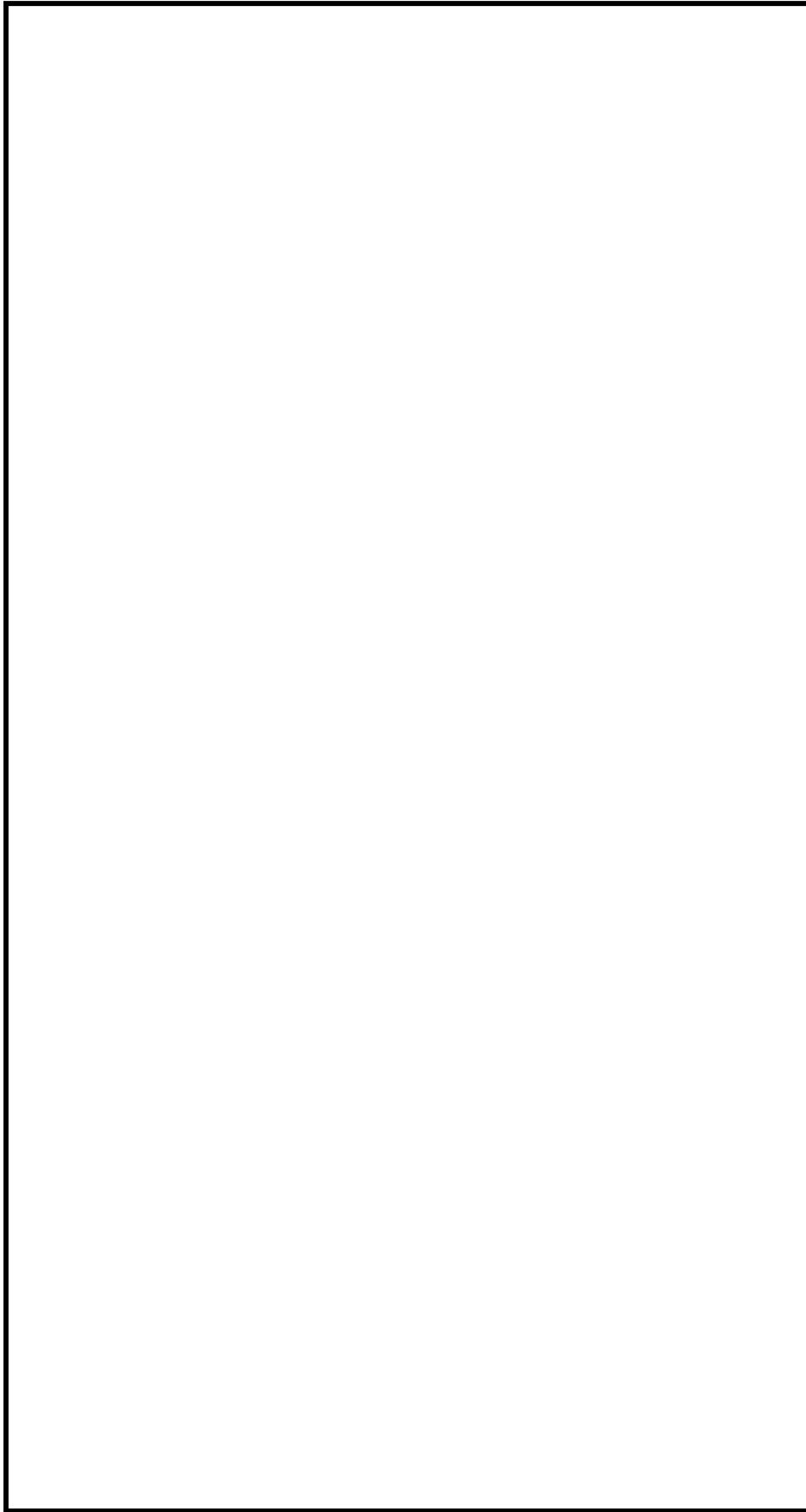


図 3-1 加振試験に用いた加振波（振動台上での計測データ）の加速度時刻歴波形

3.2 試験結果

加振中及び加振後に、以下の項目について確認し、異常のないことをもって、本試験における加振台での最大加速度を小数点以下第 2 位で切り捨てた値を機能確認済加速度とした。

図 3-2 に設計用床応答スペクトル及び加振台床応答スペクトルを示す。なお、振動台の影響により 50Hz 近傍にピークが生じている。

また、加振試験前後の性能試験結果を図 3-3 に示す。

- (1) 加振台の加速度時刻歴の最大加速度が機器据付位置における機能維持評価用加速度以上であること。(表 3-2 参照)
- (2) 漏えいのないこと。
- (3) 構造上損傷のないこと。
- (4) 加振中にガバナが 以上変位しないこと。
- (5) トリップ装置が誤作動しないこと。
- (6) 加振試験前後に性能試験を実施し、機器の健全性及び動作に異常のないこと。
 - a. 高圧及び低圧時における設計揚程の の範囲にあること。
 - b. 高圧時の性能試験で、定格流量点における必要揚程を下回らないこと。
 - c. 高圧時の性能試験で、設定締切揚程を上回らないこと。
 - d. 正常にトリップ機能が動作すること。
 - e. 漏えいのないこと。
- (7) 加振試験後に機器毎の部品に分解し、外観の目視点検により損傷のないこと。

表 3-2 機能維持評価用加速度と加振台の最大加速度との比較
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	機能維持 評価用加速度	機能確認済 加速度	加振台の 最大加速度
X	1.17	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Y	1.17	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Z	0.87	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3.3 まとめ

加振試験で水平方向は $\times 9.8\text{m/s}^2$ 、鉛直方向は $\times 9.8\text{m/s}^2$ まで問題ないことを確認した。また、加振試験後の点検で損傷がないこと及び性能試験において機器の健全性並びに動作性に異常がないこと(図 3-3 参照)を確認し、高圧原子炉代替注水ポンプの動的機能が維持されることを確認した。

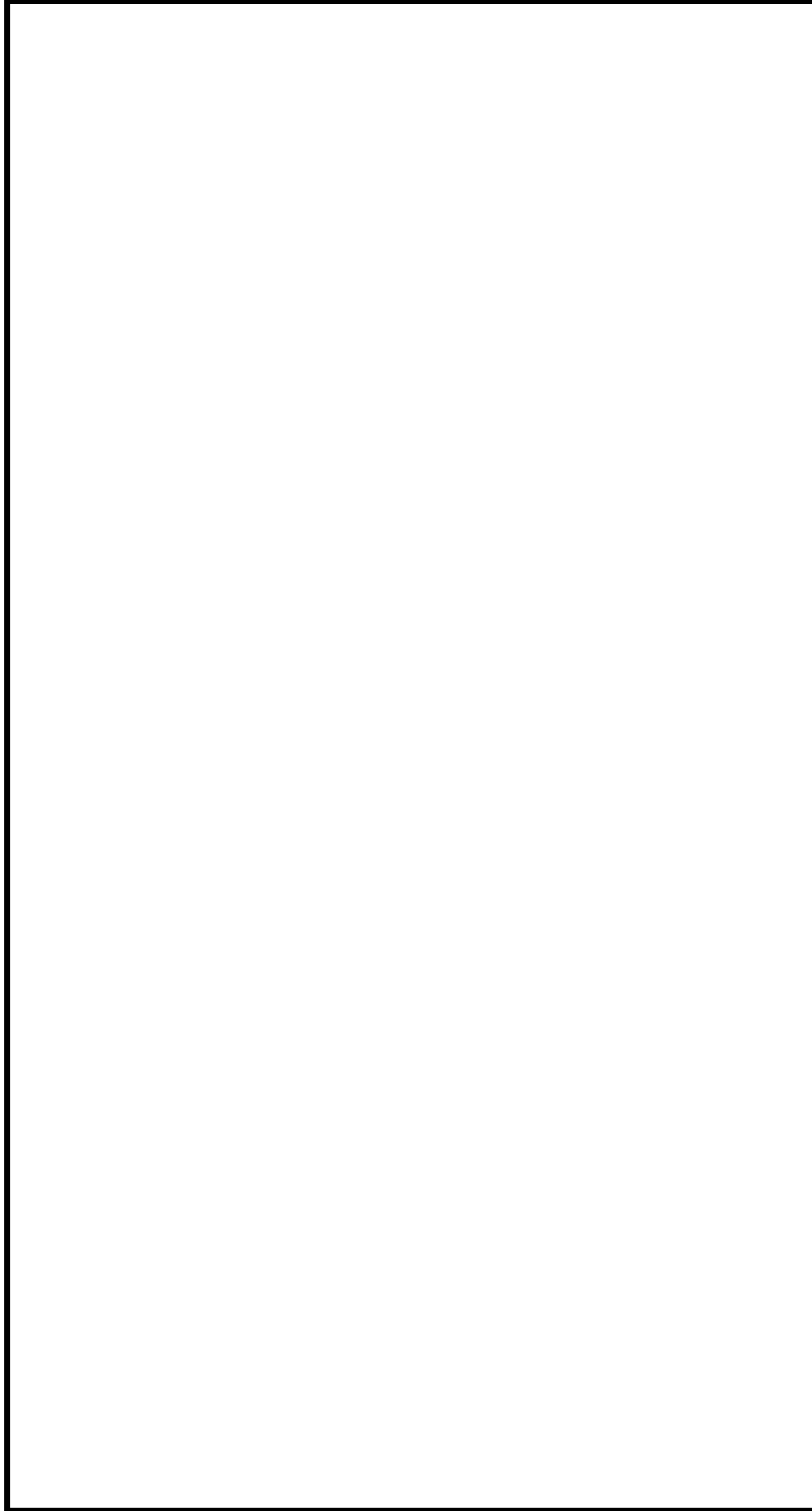


図 3-2 設計用床応答スペクトルと加振台床応答スペクトルとの比較

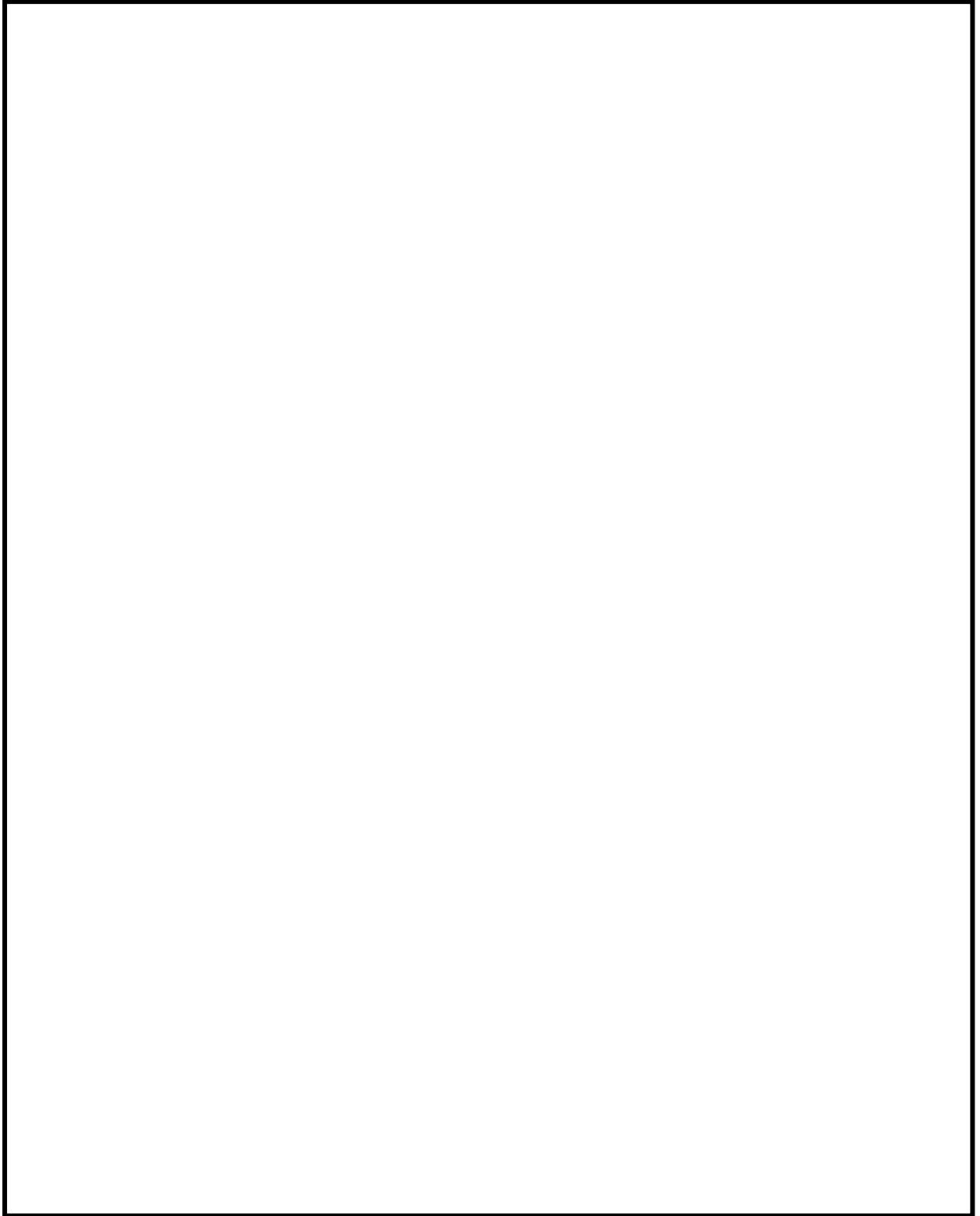


図 3-3(1) 加振試験前の性能試験結果

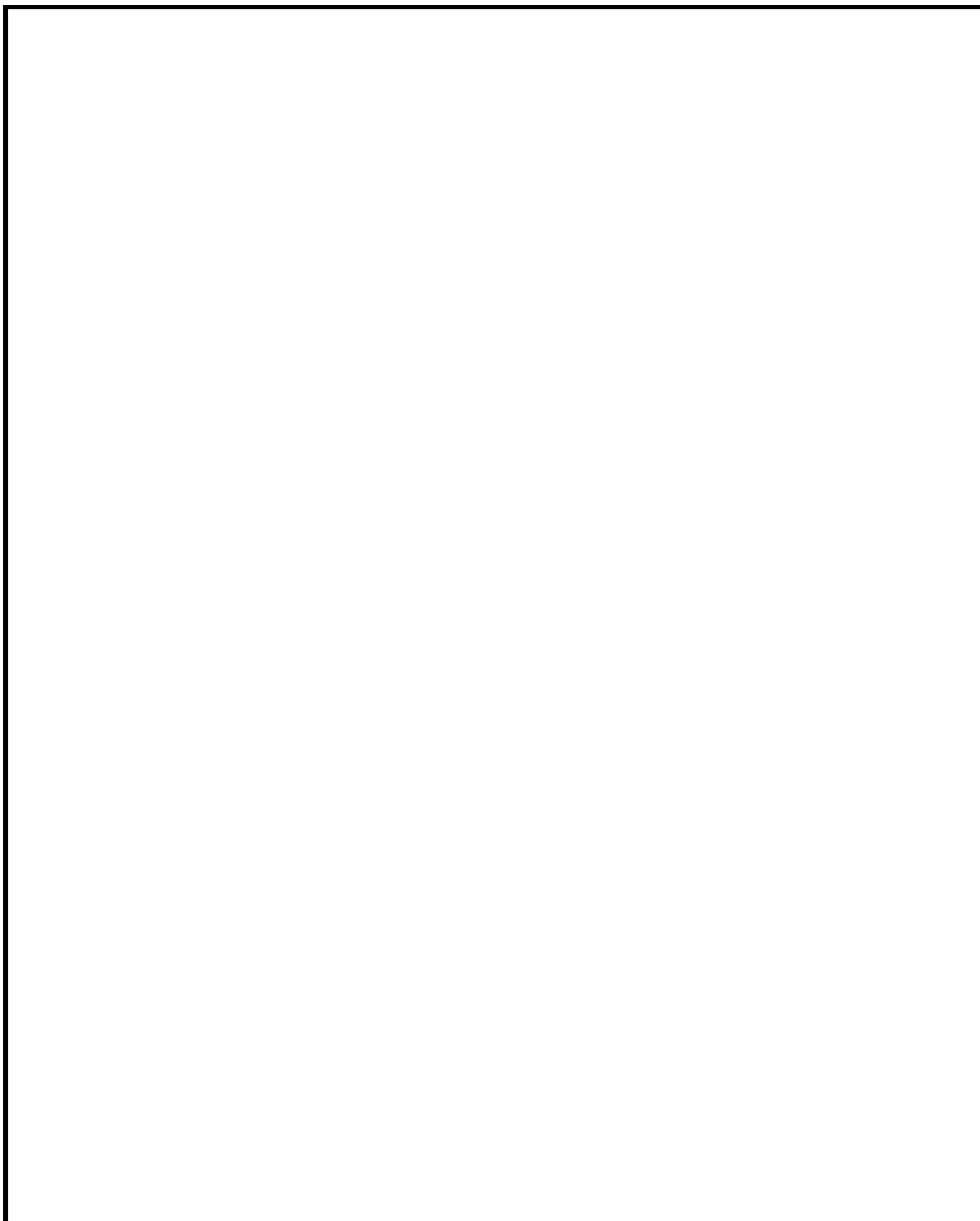


図 3-3(2) 加振試験後の性能試験結果