

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補足-028-08 改25
提出年月日	2020年7月22日

資料8

浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料

2020年 7月

東京電力ホールディングス株式会社

は、今回提出資料を示す。

## 補足説明資料目次

### I. はじめに

1. 浸水防護施設の設計における考慮事項
  - 1.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について
  - 1.2 海水貯留堰における津波波力の設定方針について
  - 1.3 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について
  - 1.4 津波防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について
  - 1.5 津波防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて
  - 1.6 津波に対する止水性能を有する施設の評価について
  - 1.7 強度計算に用いた規格・基準について
  - 1.8 アンカー設計に用いる規格・基準類の適用について
  - 1.9 浸水防護施設の評価における風荷重・積雪荷重の設定について
  
2. 浸水防護施設の耐震、強度計算に関する補足説明
  - 2.1 海水貯留堰の耐震計算書に関する補足説明
  - 2.2 海水貯留堰（6号機設備）の耐震計算書に関する補足説明
  - 2.3 海水貯留堰の強度計算書に関する補足説明
  - 2.4 海水貯留堰（6号機設備）の強度計算書に関する補足説明
  - 2.5 取水護岸の耐震計算書に関する補足説明
  - 2.6 取水護岸（6号機設備）の耐震計算書に関する補足説明
  - 2.7 津波荷重（突き上げ）の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について
  - 2.8 止水堰の設計に関する補足説明
  - 2.9 床ドレンライン浸水防止治具を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について
  - 2.10 津波監視カメラに関する補足説明
  - 2.11 取水槽水位計に関する補足説明
  - 2.12 加振試験の条件について
  - 2.13 水密扉の設計に関する補足説明
  - 2.14 浸水防護施設の耐震計算における「土木構築物、建物・構築物、機器・配管系」の分類について
  - 2.15 地下水排水設備 サブドレンポンプの加振試験に関する補足説明
  - 2.16 フラップゲートの加振試験に関する補足説明

1. 試験概要

地下水排水設備 サブドレンポンプは、ポンプと電動機が一体構造となった没水式ポンプのため、J E A G 4 6 0 1における適用形式と異なることから、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、株式会社MTI 所有の加振設備を用いて柏崎刈羽原子力発電所第5号機及び第7号機に設置する同型式のポンプを加振した。ポンプはポンプ架台により補強しており、加振試験ではポンプとポンプ架台を一体で評価した。ポンプおよび架台の外形図を図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、加振試験後の性能試験及び性能試験後の分解点検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、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。

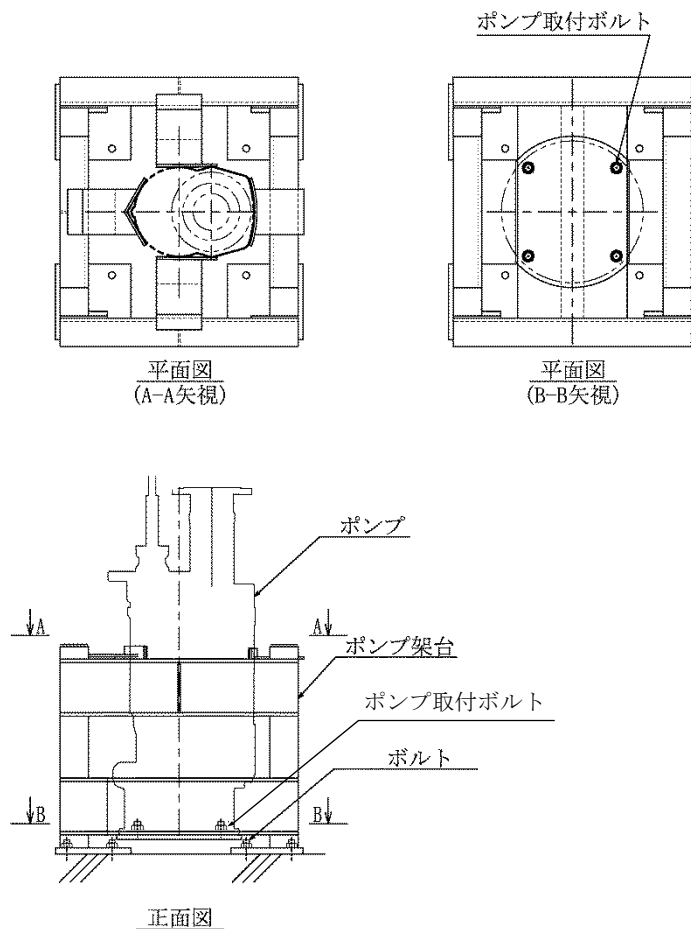


図1-1 サブドレンポンプおよび架台外形図



図 1-2 振動試験装置外観

表 1-1 加振台仕様

寸法	2600 [mm]×6200 [mm]
最大積載量	20 [t]
運転周波数帯域	0 - 100 [Hz]
最大加速度	水平 2 [G] 鉛直 3 [G]

表 1-2 サブドレンポンプの主な仕様の比較

仕様		試験体	実機
外形寸法		400 [mm] (縦) 425 [mm] (横) 916 [mm] (高さ)	同左
質量		167 [kg] ※	同左
ポンプ	種類	うず巻形	同左
	容量	0.75 [m <sup>3</sup> /min]	同左
電動機	種類	誘導電動機	同左
	出力	15 [kW]	同左

注記※： ケーブルを除くポンプ単体概算乾燥質量

## 2. 振動特性把握試験

2.1 ポンプに加速度計を取り付け、加振波として5Hz から 100Hz 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、応答加速度から周波数応答関数を得て、固有周期について求める。計測センサ取付位置を図 2-1 に示す。また、ポンプに取り付けた加速度計の設置箇所を表 2-1 に示す。

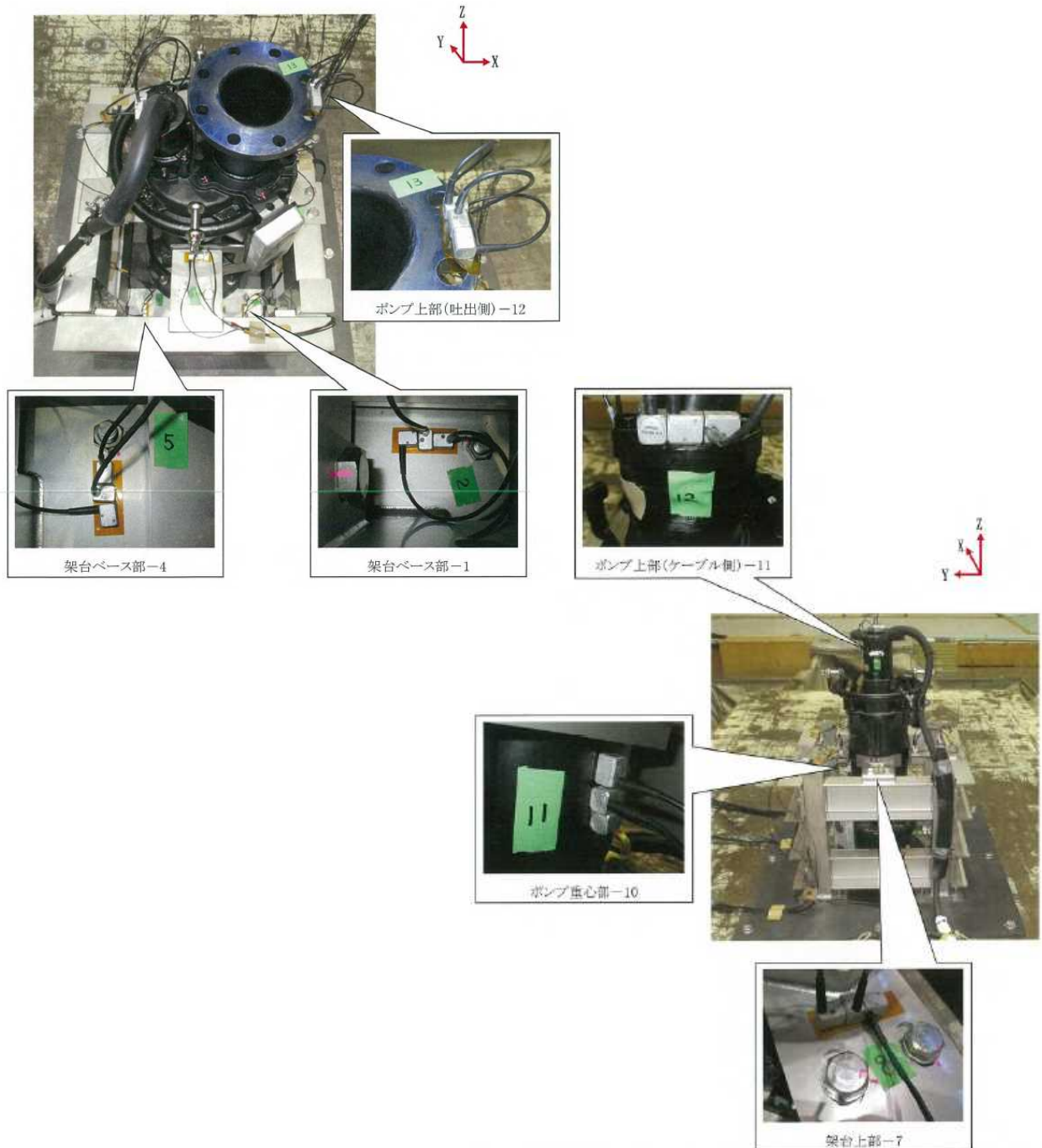


図 2-1(a) 加速度センサ取付位置

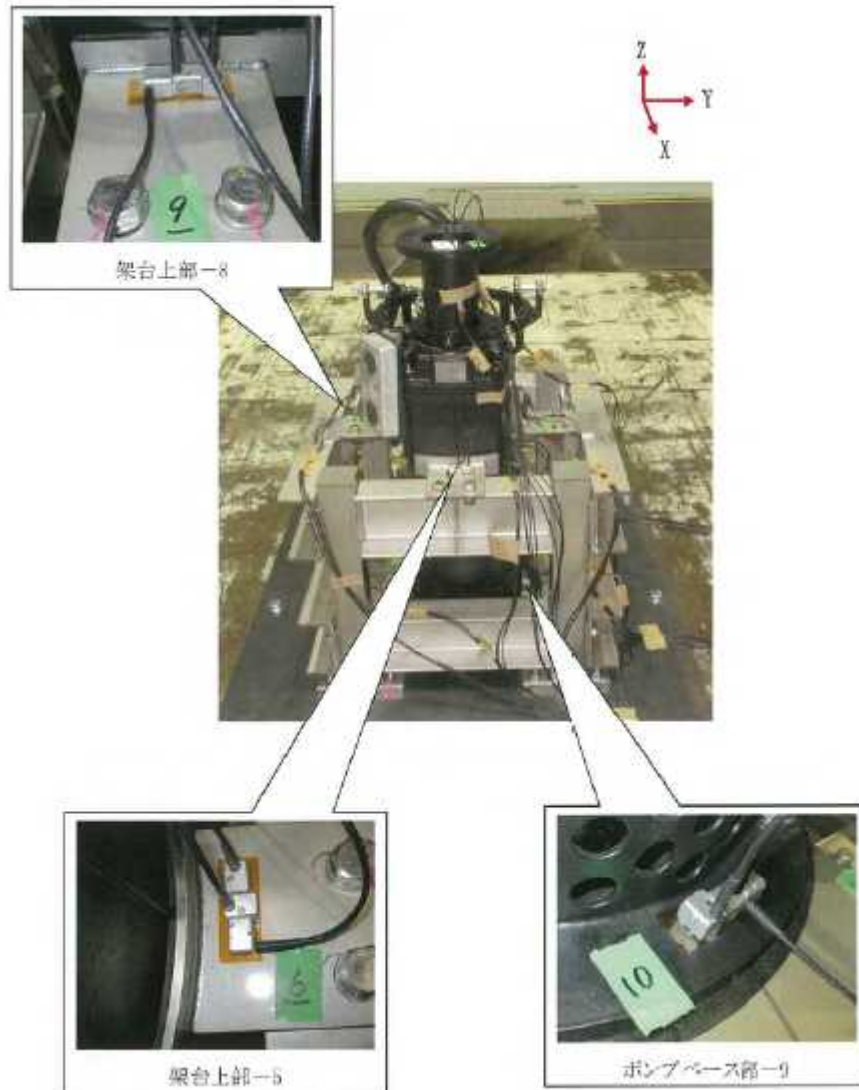


図 2-1(b) 加速度センサ取付位置

表 2-1 加速度設置箇所

部位	X 方向	Y 方向	Z 方向
架台ベース	1X, 2X, 3X, 4X	1Y, 2Y, 3Y, 4Y	1Z, 2Z, 3Z, 4Z
架台上部	5X, 6X, 7X, 8X	5Y, 6Y, 7Y, 8Y	5Z, 6Z, 7Z, 8Z
ポンプベース	9X	9Y	9Z
ポンプ重心	10X	10Y	10Z
ポンプ上部 (ケーブル側)	11X	11Y	11Z
ポンプ上部 (吐出側)	12X	12Y	12Z

## 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、各軸方向の最大応答共振点を表 2-2、各軸方向の固有周期を表 2-3 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。

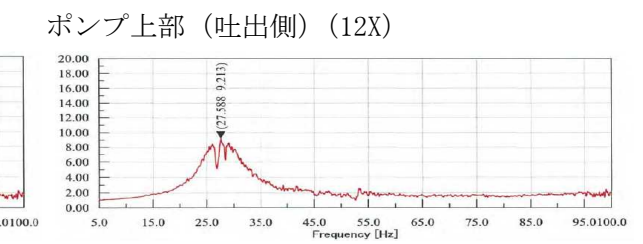
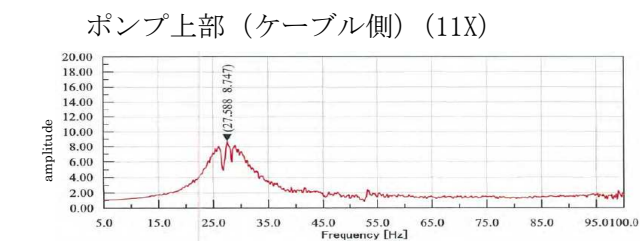
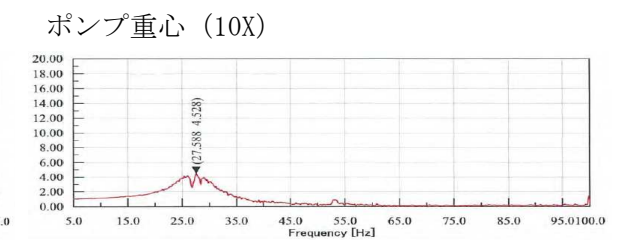
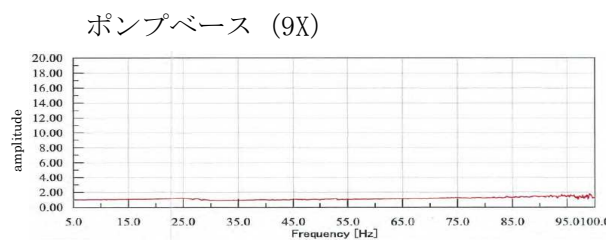
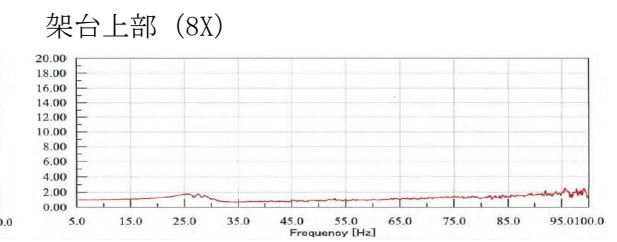
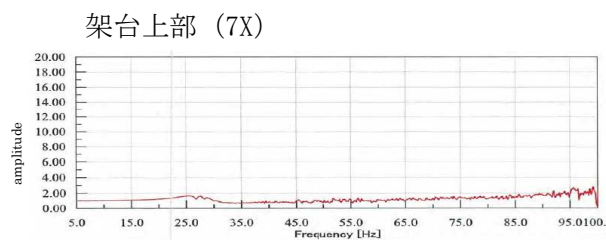
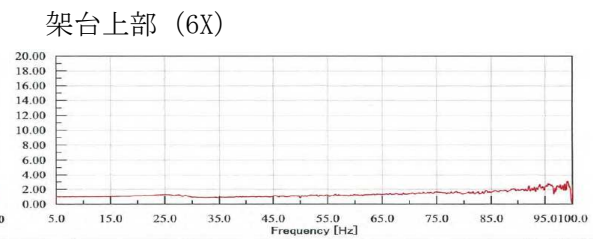
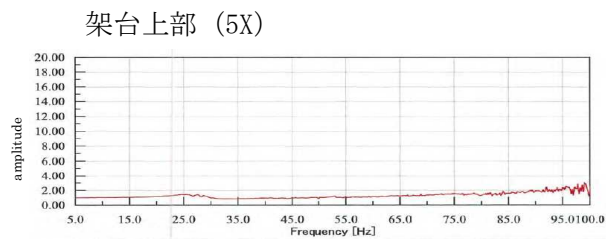
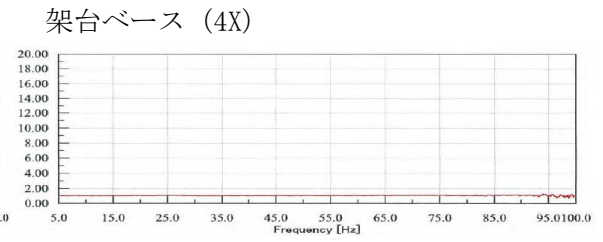
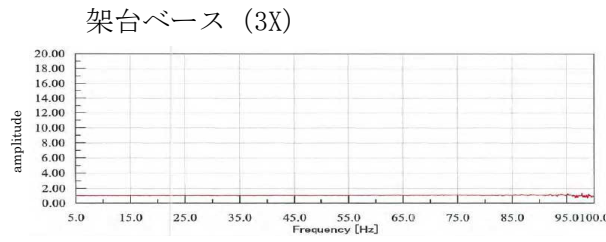
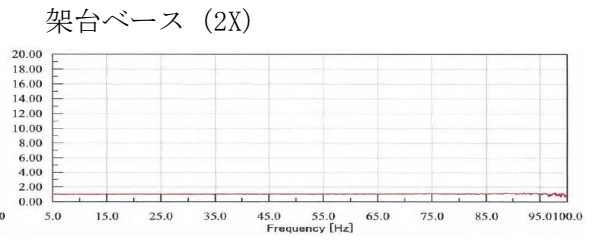
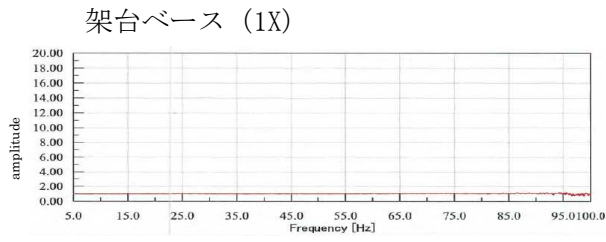
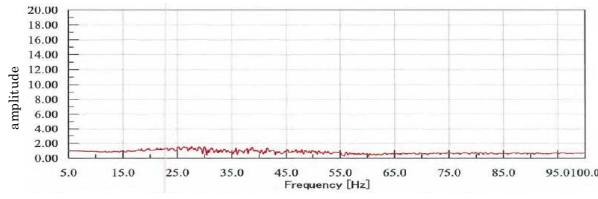


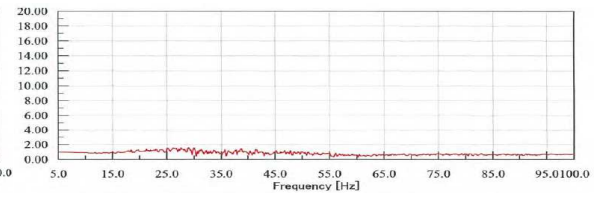
図 2-2(1) X 方向 周波数応答関数



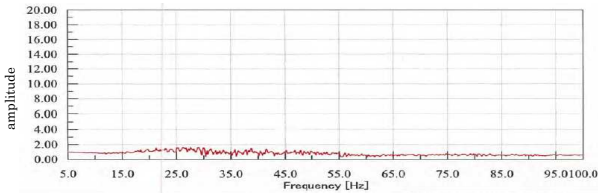
架台ベース (1Y)



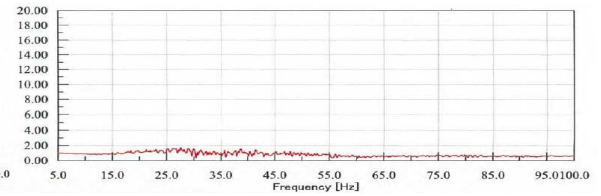
架台ベース (2Y)



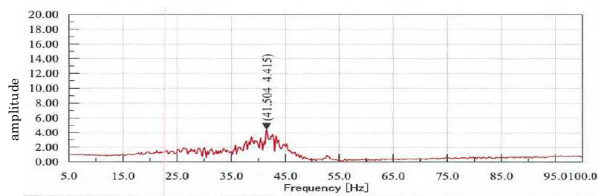
架台ベース (3Y)



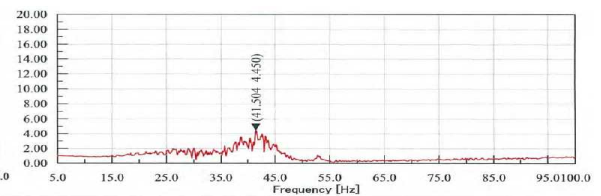
架台ベース (4Y)



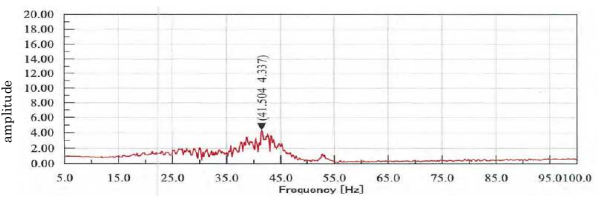
架台上部 (5Y)



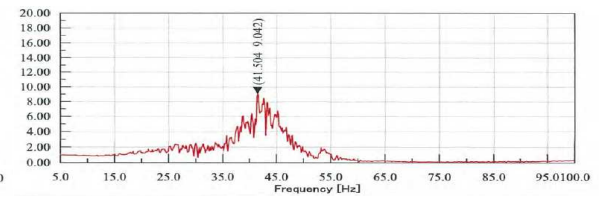
架台上部 (6Y)



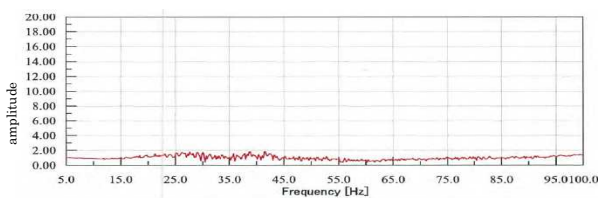
架台上部 (7Y)



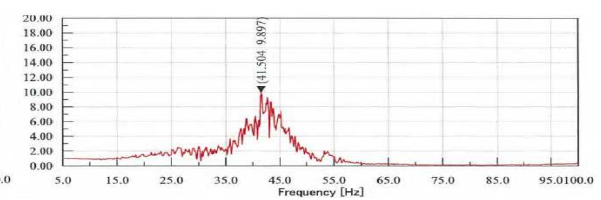
架台上部 (8Y)



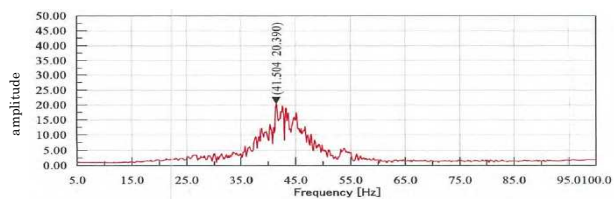
ポンプベース (9Y)



ポンプ重心 (10Y)



ポンプ上部 (ケーブル側) (11Y)



ポンプ上部 (吐出側) (12Y)

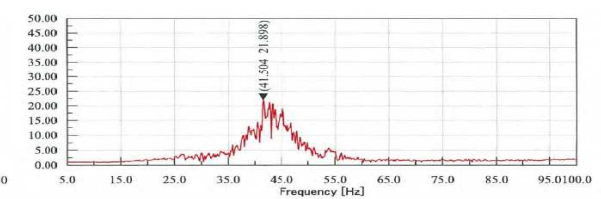
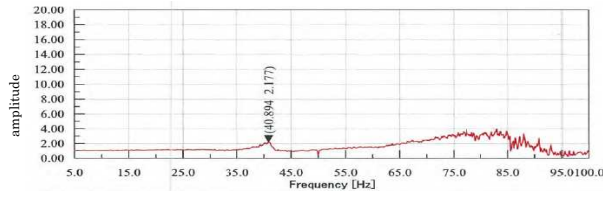
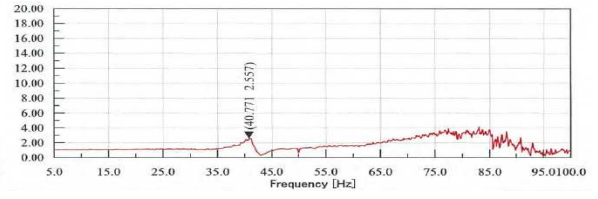


図 2-2 (2) Y 方向 周波数応答関数

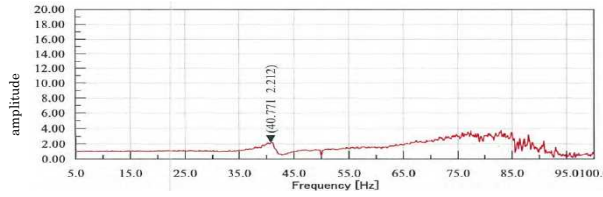
架台ベース (1Z)



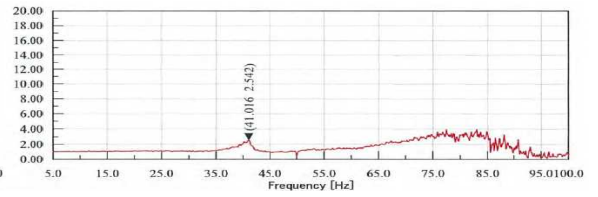
架台ベース (2Z)



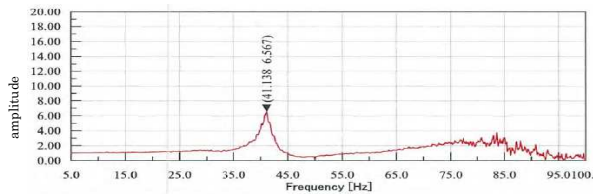
架台ベース (3Z)



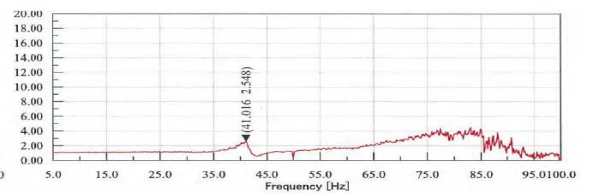
架台ベース (4Z)



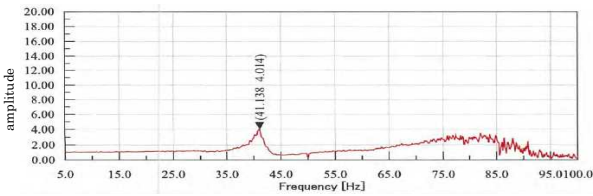
架台上部 (5Z)



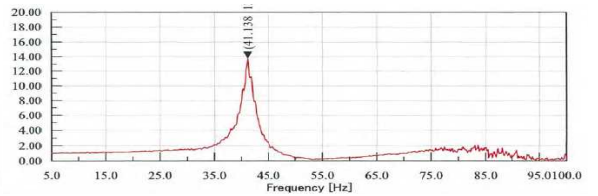
架台上部 (6Z)



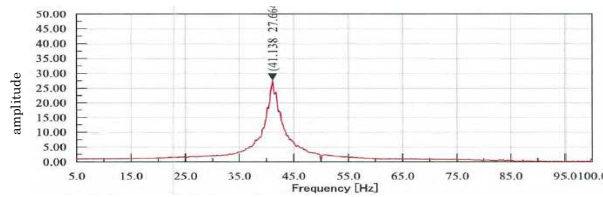
架台上部 (7Z)



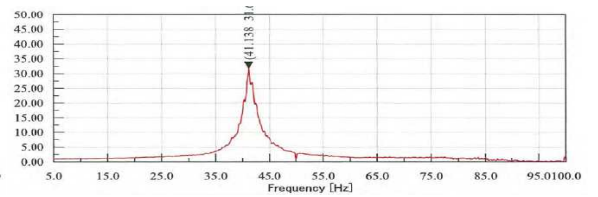
架台上部 (8Z)



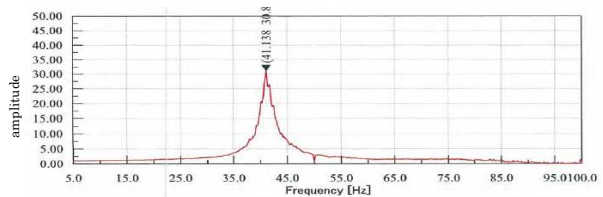
ポンプベース (9Z)



ポンプ重心 (10Z)



ポンプ上部 (ケーブル側) (11Z)



ポンプ上部 (吐出側) (12Z)

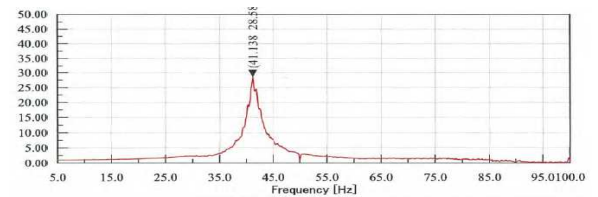


図 2-2 (3) Z 方向 周波数応答関数

表 2-2 各軸方向の最大応答共振点

方向	共振点(Hz)	応答倍率
X 方向	27.588	9.213
Y 方向	41.504	21.898
Z 方向	41.138	31.608

表 2-3 各軸方向での固有周期

方向	固有周期(s)	固有振動数(Hz)
X 方向	0.036	27
Y 方向	0.024	41
Z 方向	0.024	41

### 3. 加振試験

#### 3.1 試験方法

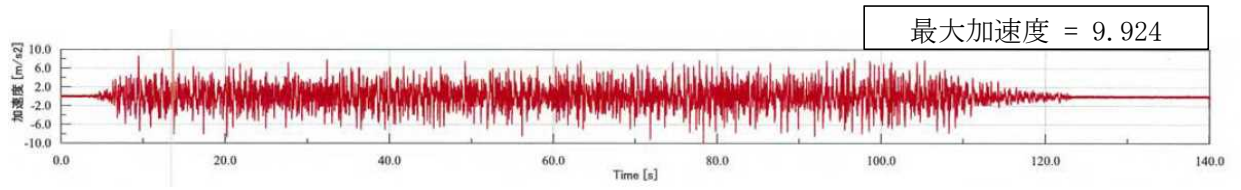
「2.2 試験結果」で示しているように、機器の固有周期は 0.05 秒を下回っており、剛構造と見なせることから、機器据付位置における評価用加速度を包絡するような加振波を生成し、加振試験を実施する。加振波は水平（前後）＋水平（左右）＋鉛直方向を加振方向として、次のように生成される。

- ・ 機器据付位置における設計用床応答曲線と等価な試験用床応答曲線を設定し、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時刻歴加速度波形から床応答曲線に変換し、試験用床応答曲線と比較する。
- ・ ここで加振台での床応答曲線が設計用床応答曲線を満足する場合、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曲線を満足する入力加振波を作成する。

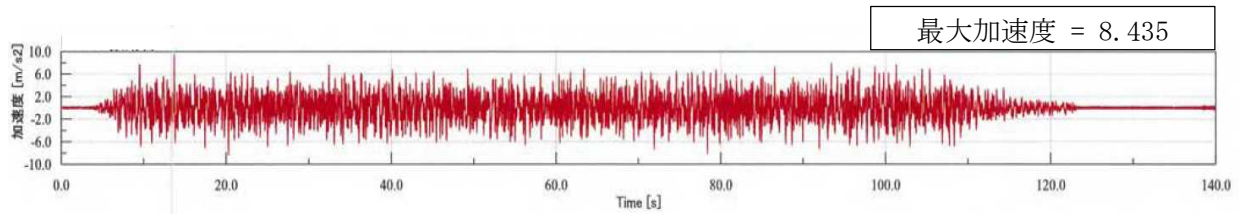
加振試験における試験条件を表 3-1 に、加振波を図 3-1 に示す。

表 3-1 加振試験条件

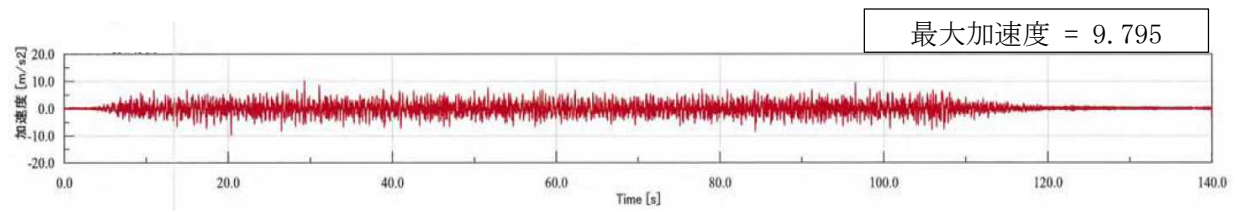
項目	試験条件
加振地震波	ランダム波
加振方向	水平 2 方向と鉛直方向の 3 軸同時加振
運転状態	停止中加振
取付状態	加振台にボルトにて取り付け



a. 水平 X 方向



b. 水平 Y 方向



c. 鉛直 Z 方向

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

### 3.2 試験結果

以下について機器に異常がないことを確認し、本試験において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 に設計用床応答曲線及び加振台床応答曲線を示す。また、加振試験後の性能試験結果を図3-3 に示す。

- (1) 加振台への時刻歴入力最大の加速度が機器据付位置における評価用加速度以上であること。  
(表3-2, 表3-3 参照)
- (2) 加振試験後にポンプ架台等のボルトに緩み・脱落が無いこと。
- (3) 加振試験後にポンプ取付ボルトの緩みが無いこと。
- (4) 加振試験後の性能試験において、ポンプの健全性及び動作性に異常のないこと。  
・性能試験時の吐出流量 0.75 m<sup>3</sup>/min で、全揚程が 44 m 以上であること。
- (5) 性能試験後の分解点検において、内部構造物に割れ等の異常がないこと。

表 3-2 機能確認済加速度

方向		[m/s <sup>2</sup> ]	[G]
水平	X	9.924	1.01
	Y	8.435	0.86
鉛直	Z	9.795	0.99

表 3-3 機能維持評価用加速度と試験時の機能確認済加速度との比較

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

	第5号機	第7号機	—
方向	機能維持評価用加速度	機能維持評価用加速度	機能確認済加速度 ※
水平	0.68	0.85	0.86
鉛直	0.63	0.62	0.99

注記※：機能確認済加速度は設計用床応答曲線を上回る加振波を作成し、それによる試験の結果、性能が維持されていることを確認できた加速度を示す。(ポンプの限界値を示したのではない)

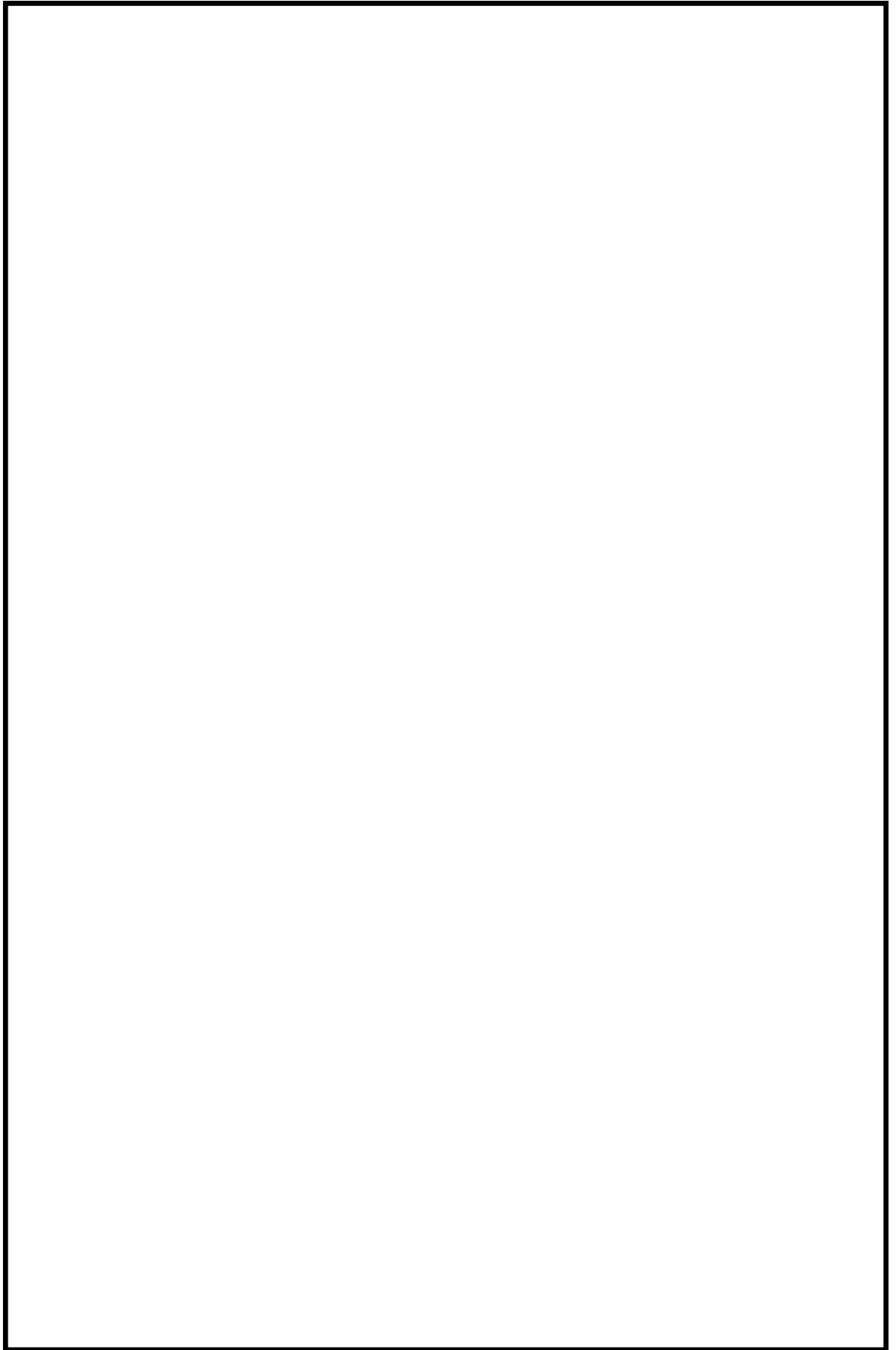


図 3-2 設計用床応答曲線と加振台床応答曲線との比較



図 3-3 加振試験後の性能試験結果