

『アブサーバー』振動台

試験報告書

平成 20 年 1 月

株式会社 金澤製作所

はじめに

弊社では、巨大地震対策としてコンピュータのサーバーラックなどを対象とした軽荷重用の免震装置を数年前より開発を開始いたしました。

開発に際し一軸の簡易振動台でランダム波を加振して装置の特性の把握などを行い、量産のための最終仕様が決定いたしましたので、1995年兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で実際に観測された地震波を3軸の振動台で再現し地震時の挙動を確認する。

## 1. 試験日時と場所

### 試験日時

2007年9月19日（火曜日） 8:00～18:00

### 試験場所

独立行政法人 都市再生機構  
都市住宅技術研究所

住所 東京都八王子市石川町 2683-3  
tel 042-644-3751



写真 1-1



写真 1-2

## 2. 振動台仕様

振動台の仕様を下記に示めす。

加振方向	水平 2 軸、垂直 1 軸、各軸周り回転
振動台寸法	4 m × 3 m
搭載荷重	4 tf
最大変位	X = ±250mm、 Y = ±200mm、 Z = ±100mm
最大速度	X = ±75cm/s、 Y = ±75cm/s、 Z = ±75cm/s
最大加速度	X = ±1.2G、 Y = ±1.2G、 Z = ±1.2G
計測装置	6 4 ch



写真 2 - 1

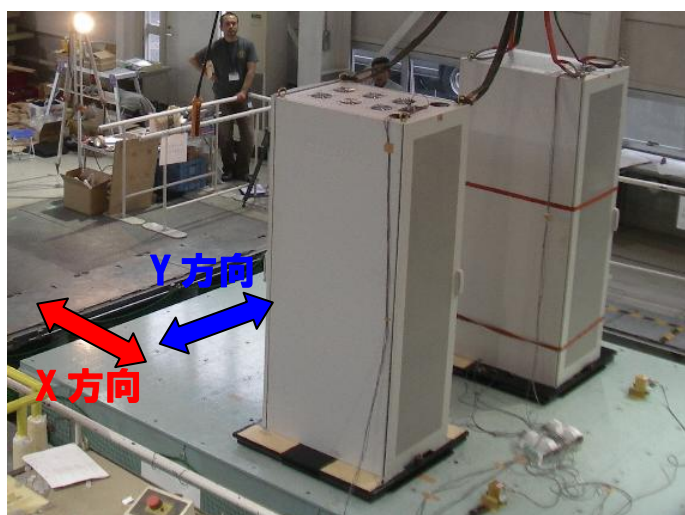


写真 2 - 2

### 3. 加振地震波

振動台に加振する地震波は 1995 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震（マグニチュード：7.3、震源の深さ：約 18km において神戸海洋気象台で計測された地震波の南北方向を振動台の X 方向に、東西方向を Y 方向に加振する。また図 3-1 に実際の加速度の時刻歴波形を示す。

#### 兵庫県南部地震 加速度時刻歴波形

観測地：神戸海洋気象台  
発生日時：1995年1月17日 午前5時46分  
マグニチュード：7.3  
震源の深さ：約18km  
計測震度：6.4

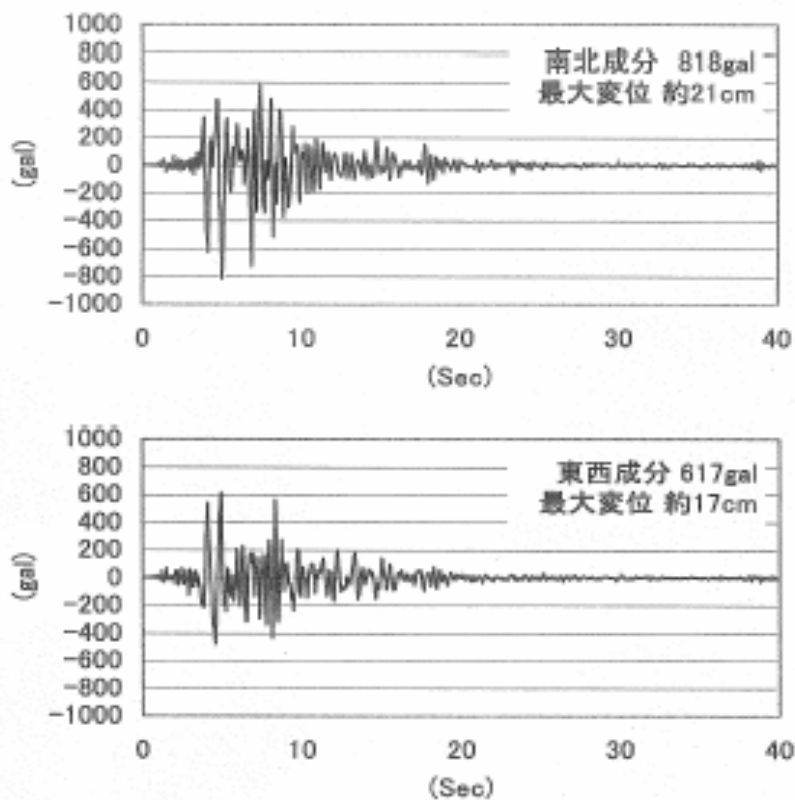


図 3 - 1

#### 4. 試験装置

試験装置は写真2-1に示すように振動台に『アブサーバー』を配置しその上にサーバーラックを設置し振動台、アブサーバー上面、サーバーラック最上部に3方向に加速度計をアブサーバーの変位量を計測するために振動台とアブサーバー間に変位計を設置した。(写真4-1、写真4-2、写真4-3)



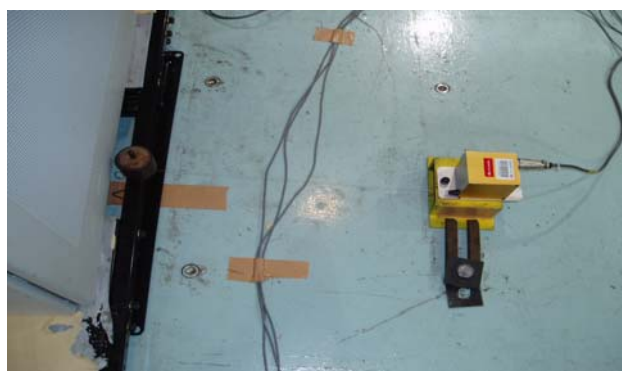
アブサーバー上の加速度計

写真4-1



サーバーラック上の加速度

写真4-2



アブサーバーの変位量計測用

写真4-3

### 5-1. 試験結果（加速度）

試験結果について、X、Y方向共に入力側のスペクトラムより10Hz以上の数値が極端に小さな数値を示しているのと加速度計および変位計アナログ値を $\Delta t$ を0.005sec（20Hz）でA-D変換しており、またアブサーバーに載荷したラックの固有周期の影響を考慮して10Hzから20Hzでゼロのとなるようなローパスフィルターを使用した。

加振加速度、アブサーバー上加速度、サーバーラック上加速度、アブサーバーの相対変位をX方向、Y方向それぞれを以下に示す。

表5-1 試験結果

	X方向 南北方向	Y方向 東西方向
振動台最大加速度	1100 (gal)	692 (gal)
アブサーバー上最大加速度 （「自由振動結果を反映」）	156 (gal) (1/7.1)	166 (gal) (1/4.2)
	140 (gal) (1/7.9)	149 (gal) (1/4.6)
サーバーラック上最大加速度	455 (gal) (1/2.4)	532 (gal) (1/1.3)
アブサーバー最大変位	13.6 (cm)	11.1 (cm)

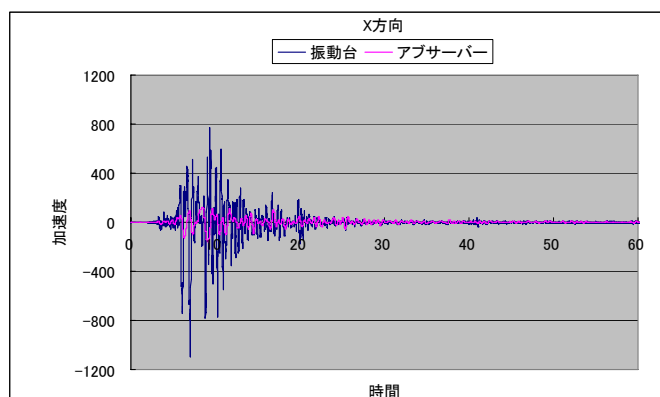


図5-1 X方向 加速度

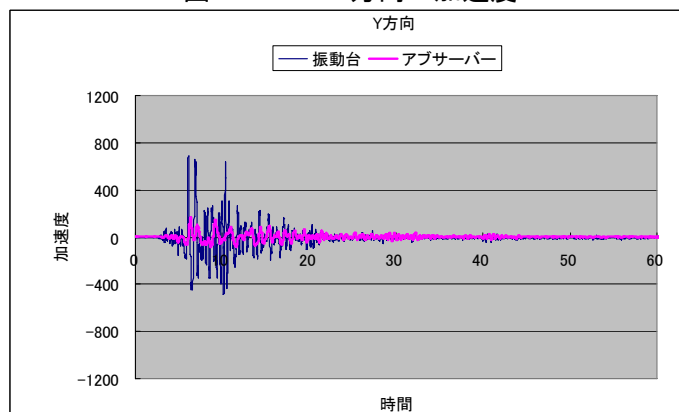
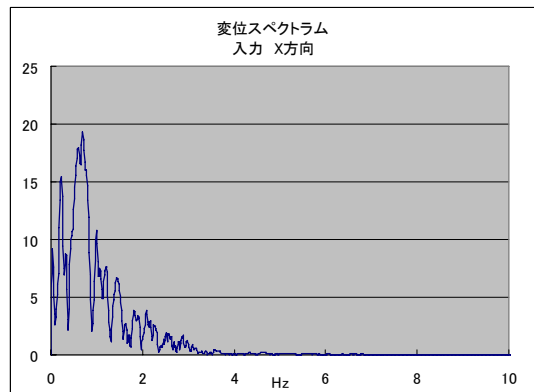
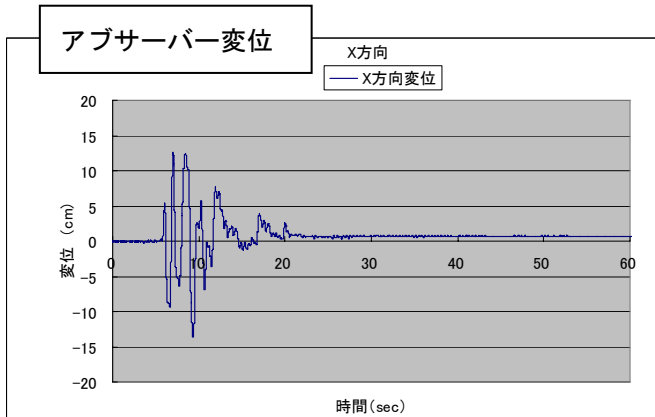
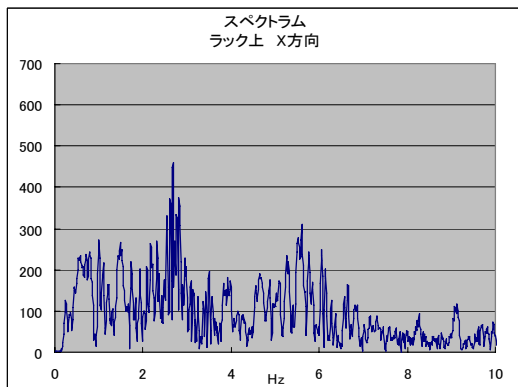
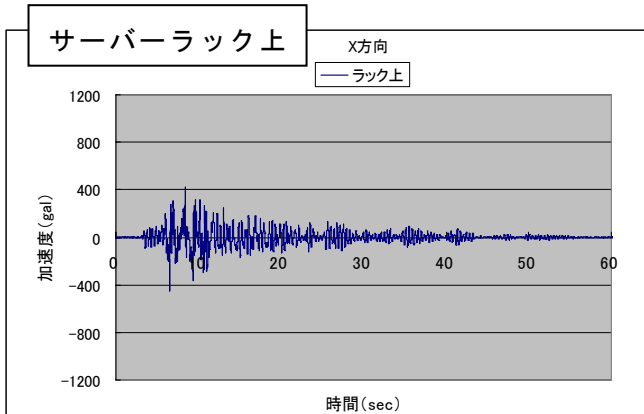
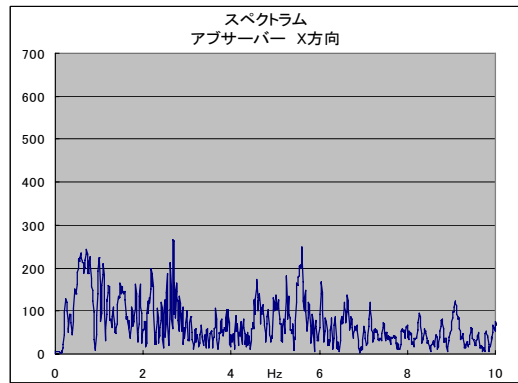
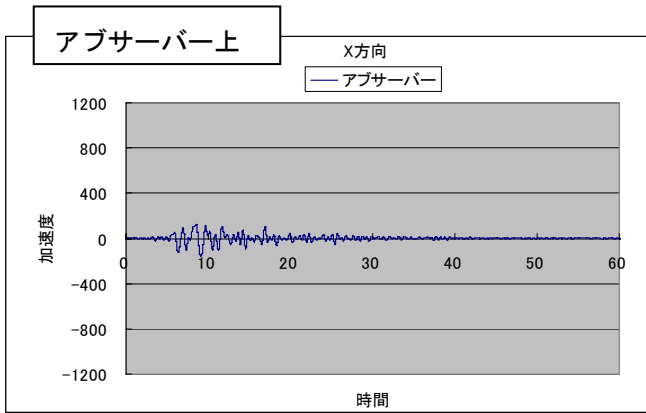
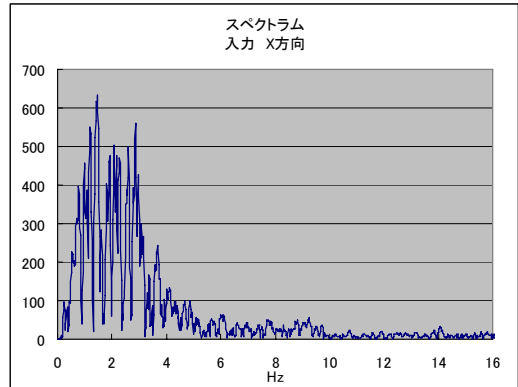
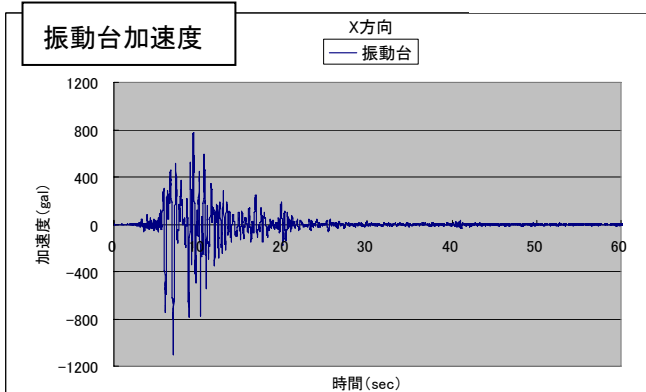
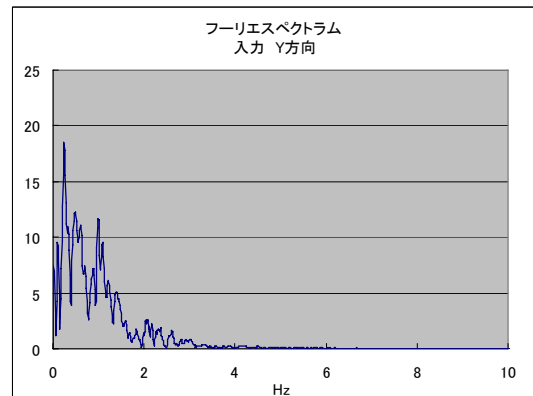
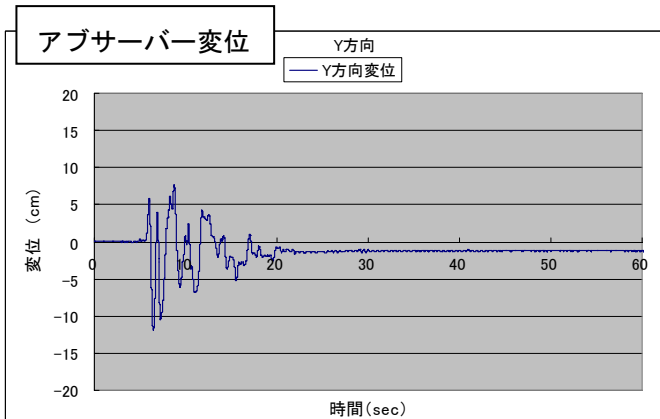
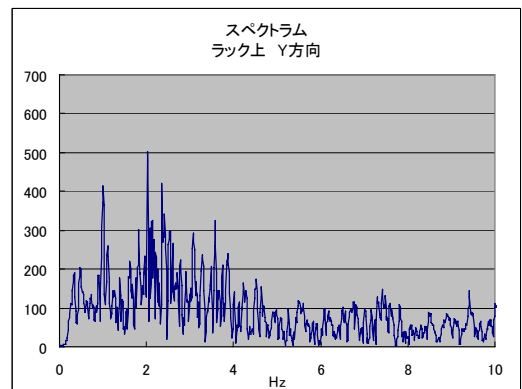
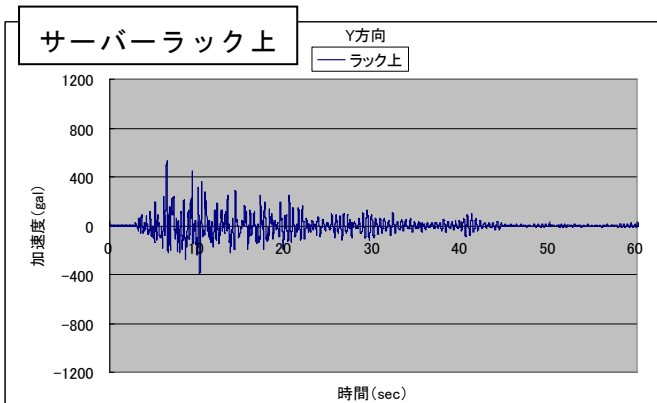
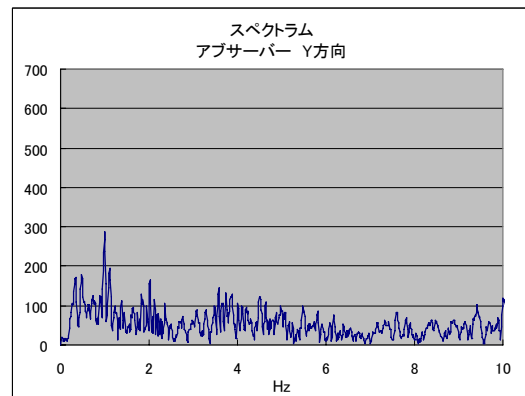
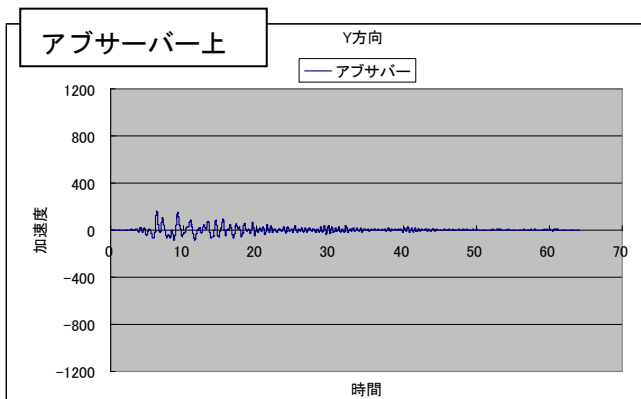
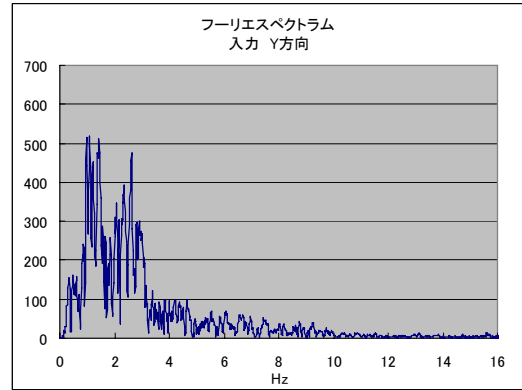
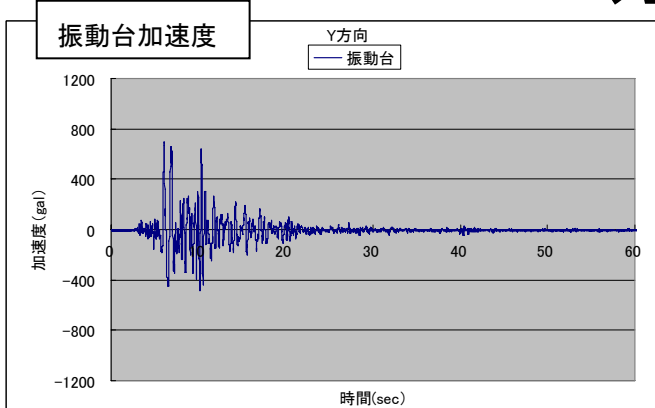


図5-2 Y方向 加速度

# X 方向

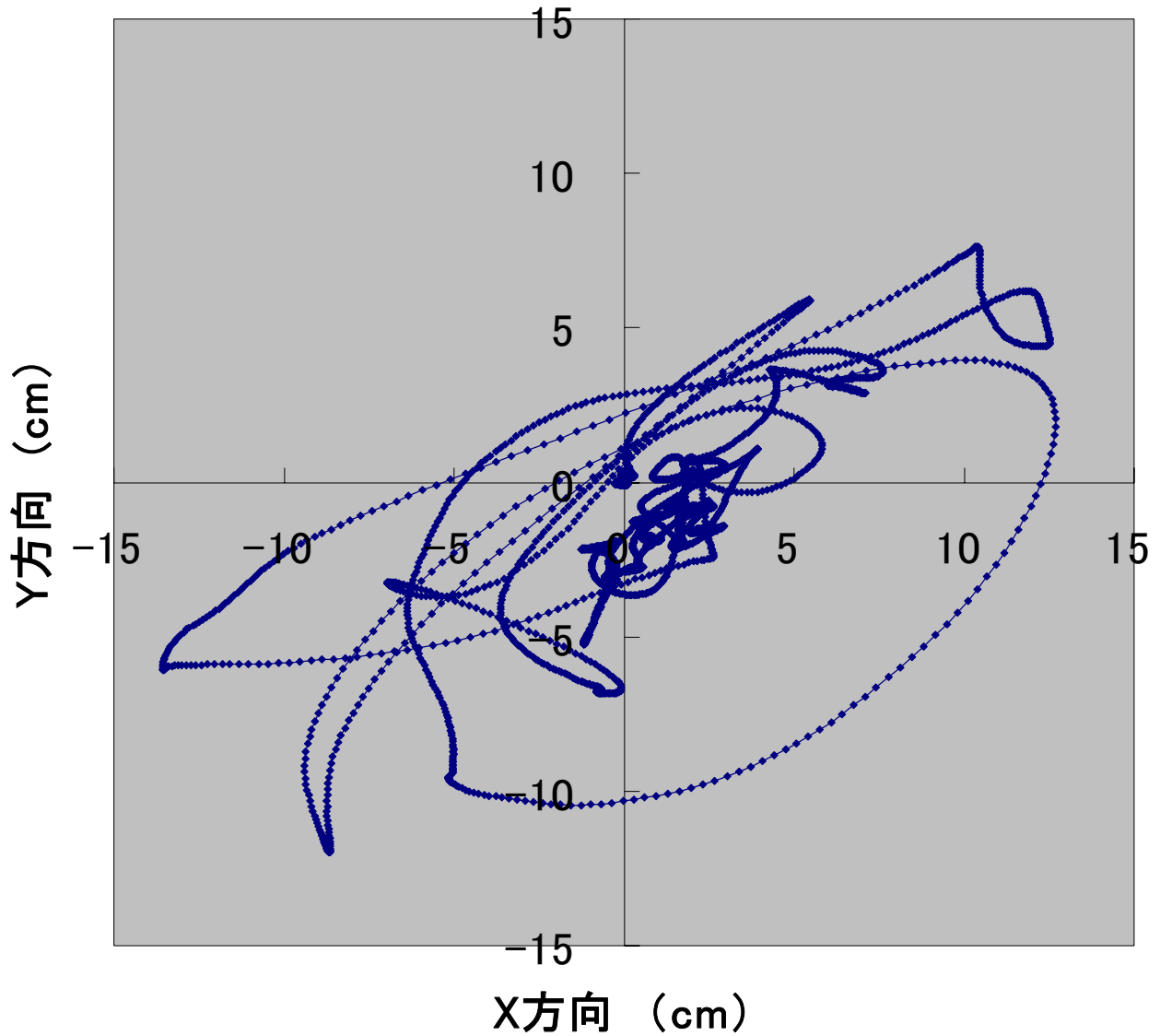


# Y方向





## 変位オービット



### 5-2. 考察

今回の振動台試験に使用したアブサーバー要部はマーブル2個とボールベアリング2個でしたが、標準は写真6-1に示すようにボールベアリング2個に減振パットを組み合わせて使用することにより、自由振動実験結果より応答加速度が低減することが確認できたので、その組み合わせを標準とすることにした。

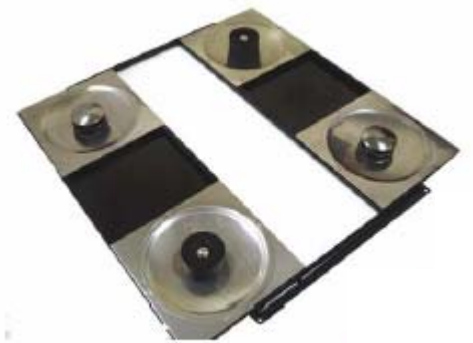


写真5-3

また、今回の振動台試験結果を自由振動試験結果から応答加速度を下記の方法で推測することにする。

図5-4は振動台試験と同じ仕様で行った自由振動結果で、図5-5は図5-4に減振パットを追加したものを示す。

自由振動において初期と二波目の加速度を比較すると図5-4では

1回目  $105/132=0.80$                       2回目  $165/218=0.76$     平均  $0.78$

図5-5では

1回目  $70/100=0.70$                       2回目  $88/126=0.70$     平均  $0.7$

自由振動において平均で約10%の低減率であったが、振動台試験にその結果を反映させた結果を表5-1に追記した。

マーブル2個、ボールベアリング2個

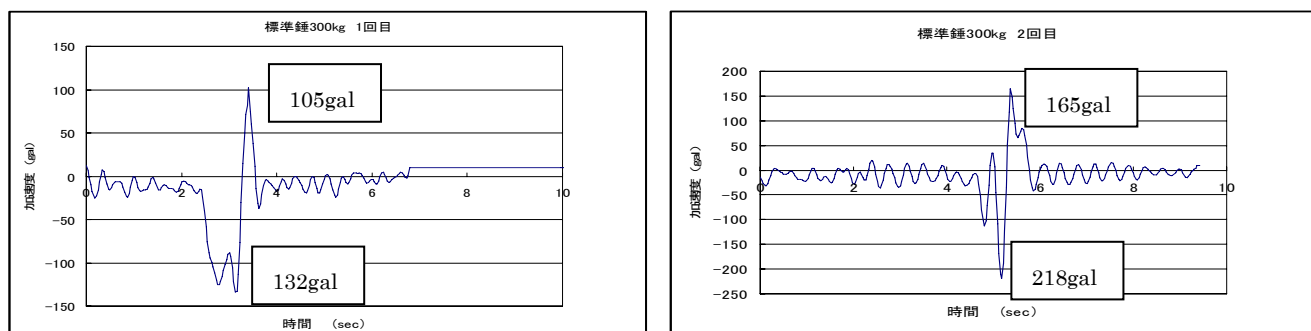


図5-4

マーブル2個、ボールベアリング2個+減振パット付

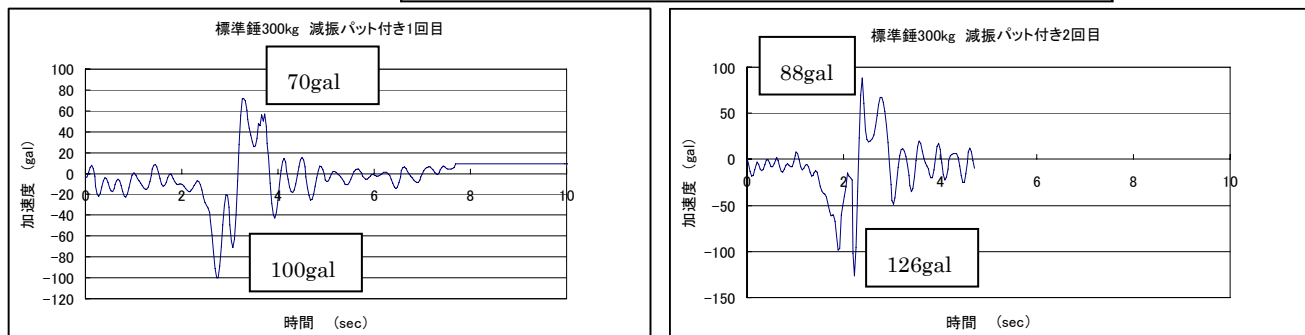


図5-5

## 6. 建物別変位解析

UR 都市機構の試験を元に、弊社オリジナル解析プログラムにより、建物及び免震装置の最大変位量を求めた。

### 6-1. 解析方法

建物を図6-1に示すように剛性と減衰要素による1質点の振動モデルとし、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で計測された地震波で地盤を強制加振させたときの応答加速度を計算し結果を入力波として再度計算する。

図1において、質点Mを建物の有効振動質量として、建物の高さから下式より算出される固有周期に合致するように剛性を決定する。

RC 造

$$T = 0.02 \times H$$

S 造

$$T = 0.03 \times H$$

H：建物の全高（m）

T：1次固有周期（sec）

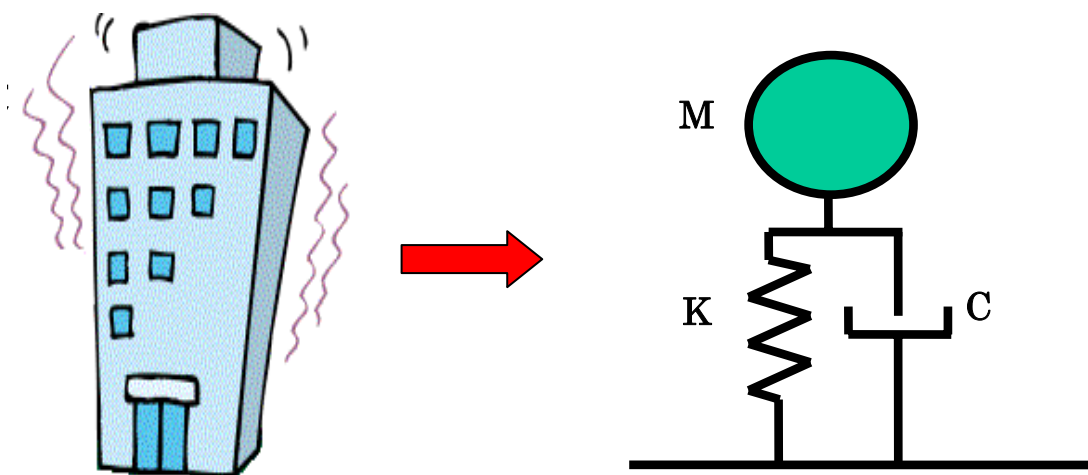


図6-1 1質点振動モデル

M：振動質量（錘）

K：剛性（復元力、バネ定数）

C：減衰係数（ブレーキ力）

## 6-2. 解析諸元

解析に使用する建物の諸元は以下のように決定し、S造を表6-1にRC造を表6-2にまとめた。

- ・建物高さは1階の高さを3.5mとして算出する。
- ・建物高さの2/3を有効高さとする。
- ・建物の平面寸法を50m×50mとし重量を1tonf/m<sup>2</sup>を階数倍で全体の重量を求めS造は0.6倍、RC造は0.7倍を全体重量に加算して振動重量とする。
- ・構造減衰は有効高さに対して応答変位がS造で1/100、RC造で0.7/100以内になるように設定する。

表6-1 S造モデルの解析諸言

	建物高さ(m)	有効高さ(m)	重量 (tonf)	1次固有周期(sec)	構造減衰(%)
10階	35	23.3	15000	1.05	19
15階	52.5	35	22500	1.575	9
20階	70	46.7	30000	2.1	2
30階	105	68	45000	3.15	2
40階	140	93.3	60000	4.2	2

表6-2 RC造モデルの解析諸言

	建物高さ(m)	有効高さ(m)	重量 (tonf)	1次固有周期(sec)	構造減衰(%)
10階	35	23.3	17500	0.7	12
15階	52.5	35	26250	1.05	18
20階	70	46.7	35000	1.4	1
30階	105	68	52500	2.1	1
40階	140	93.3	70000	2.8	1

### 解析用アブサーバーの仕様

解析に使用するアブサーバーは以下の3種類とする。

- ・標準タイプ  
マーブル2個、鋼球2個+減震パット
- ・減震パット変更タイプ  
標準タイプの減震パットの寸法変更
- ・マーブルタイプ  
マーブル4個

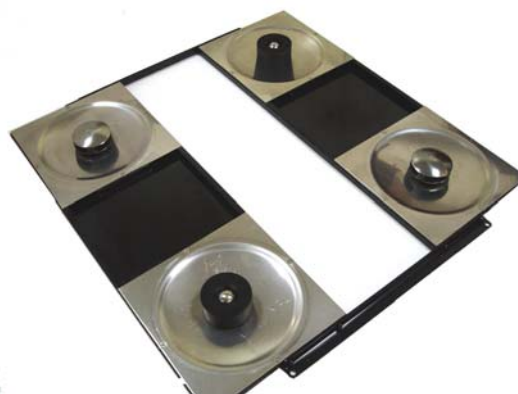


図6-2 標準アブサーバー

### 6-3. 解析結果

地震時の建物応答からアブサーバーの特性を変化させ相対変位からアブサーバーを選定する。

解析結果が下表に示す。

表6-3 S造 応答変位

		建物の最大変位 (cm)	アブサーバーの変位 (cm)
10 階	高層	23.2	26.3
	低層	16.6	13.1
15 階	高層	34.1	30.0
	低層	17.1	17.7
20 階	高層	41.0	30
	中層	27.3	23.8
	低層	13.7	10.9
30 階	高層	39.4	13.9
	中層	26.3	9.3
	低層	13.1	5.0
40 階	高層	53.3	14.0
	中層	35.5	9.3
	低層	17.6	4.8

表6-4 RC造 応答

		建物の最大変位 (cm)	アブサーバーの変位 (cm)
10 階	高層	16.1	27.2
	低層	8.1	13.6
15 階	高層	24.0	27.1
	低層	12.0	13.6
20 階	高層	21.5	30
	中層	11.7	30.0
	低層	10.8	12.9
30 階	高層	38.7	26.8
	中層	25.8	19.3
	低層	12.9	10.5
40 階	高層	41.3	18.6
	中層	27.5	12.4
	低層	13.8	6.6

#### 6-4. まとめ

建物構造種別や設置階によりアブサーバーの設定を行いましたが、建物を1質点の振動モデルに設定するのにいろいろな仮定を用いており、また地盤特性などを考慮した地震波を用いての解析を行ってないことなどがあるので、あくまでも解析結果は目安として、ご使用ください。

通常の建物は建物高さが60m以上となる物件は高層評定が必須となり必ず振動解析が行われるので、設置階の振動解析結果を用いてアブサーバーの振動解析を行うことが望ましい

別紙

