

## 三次元免震装置の自然地震による応答観測 (第1報)

Observation of a Three-Dimensional Earthquake Isolation Device to Natural Earthquake Excitation (1st Report)

藤 田 隆 史\*・服 部 忍\*

Takafumi FUJITA and Shinobu HATTORI

### 1. ま え が き

応答観測に用いている三次元免震装置は半導体製造設備など精密機器用免震装置として開発したものであり、その機器取付用テーブルが水平・鉛直の三方向に独立な直線運動を行い、水平面内の回転や搭載機器のロッキングを完全に防止する構造を有している。

本装置については、応答観測に先行して水平・鉛直二次元振動台による振動実験を行なった。そこでは、空気ばね支持された機器モデルを搭載した場合と比較的剛な機器モデルを搭載した場合の2ケースについて、正弦波加振および地震波加振実験を行い、いずれの場合にも良好な免震性能が得られた。<sup>1)</sup>しかしながら、振動実験によって得られた免震性能は実験という管理された条件のもとでのそれである。自然地震による応答観測は、実際の使用形態のもとで所定の免震性能が発揮されるかどうかを実証する目的を持っている。

### 2. 三次元免震装置の応答観測システム

#### 2.1 三次元免震装置の設置状況

図1に三次元免震装置が設置されている応答観測塔を示す。この応答観測塔は対辺間隔5mの八角形平面を持つ鉄筋コンクリート造(地上4階(10m)、地下1階(2.5m)、基礎杭なし)の建物である。固有周期は上部構造のみ(地表面位置で固定)の場合0.05秒、地盤との連成を考えた場合0.43秒となっている。<sup>2)</sup>

三次元免震装置は応答観測塔3階床の中央にボルトで固定されている。搭載されている機器モデルは振動実験で用いた比較的剛な機器モデルである。この機器モデルを用いた理由は空気ばね支持された機器モデルでは、空気ばねの空気漏れなどがあり、一定の観測状態を維持することが困難なためである。摩擦ダンパの押付力は比較的小さな地震入力でも作動するように、振動実験の場合よりかなり小さくしている。図3、4に昭和59年5月2日に測定した水平、鉛直復元力特性を示す。また、主要パラメータ値を表1に示す。

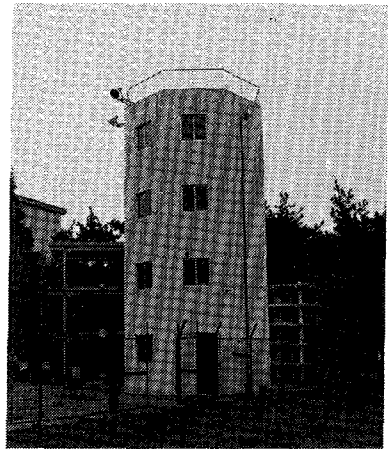


図1 応答観測塔

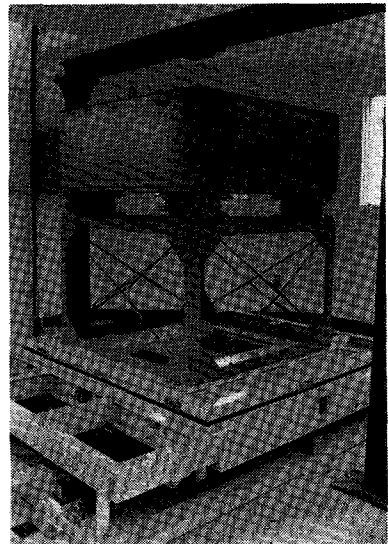


図2 機器モデルを搭載した三次元免震装置

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

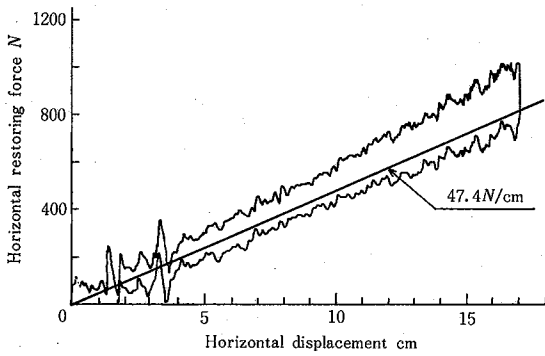


図3 水平復元力特性

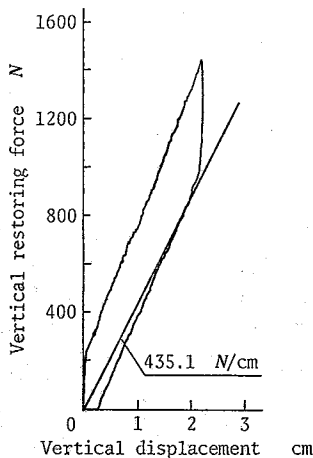


図4 鉛直復元力特性

表1 主要パラメータ値

|      | 可動部質量   | ばね定数       | 固有周期   |
|------|---------|------------|--------|
| 水平方向 | 1573 kg | 47.4 N/cm  | 3.62 s |
| 鉛直方向 | 1001 kg | 435.1 N/cm | 0.95 s |

2.2 測定点

測定は床面と機器モデルの加速度および免震装置と床面との相対変位について行なっている。測定点は図5, 6に示すように加速度計は床面に3か所(A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>), 機器モデル中央に1か所(A<sub>4</sub>)取り付け, 変位計は免震装置上に3か所(D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>)取り付けている(変位計は昭和59年4月に取付)。A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>の加速度計は, 応答観測塔が剛な建物のためロッキング応答が支配的であり, その影響を評価するためのものである。D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>は免震装置の水平2方向の相対変位, D<sub>3</sub>は鉛直方向の相対変位を測定する変位計である。

2.3 データ収録システム

観測されたデータは地震応答実験棟2階のデータ収録

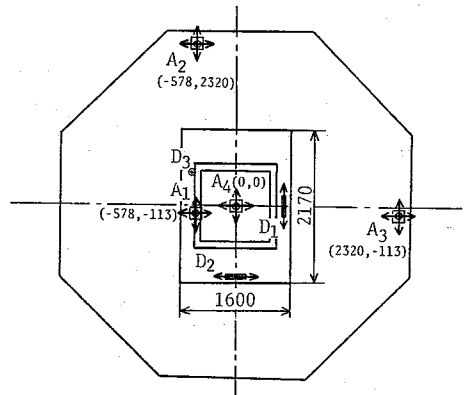


図5 免震装置の設置位置と測定点

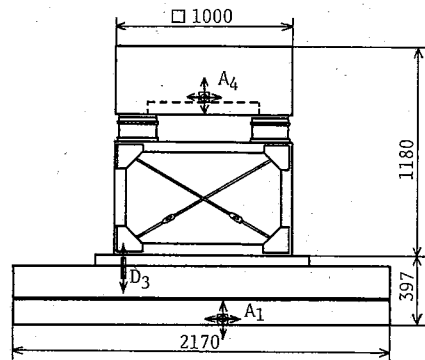


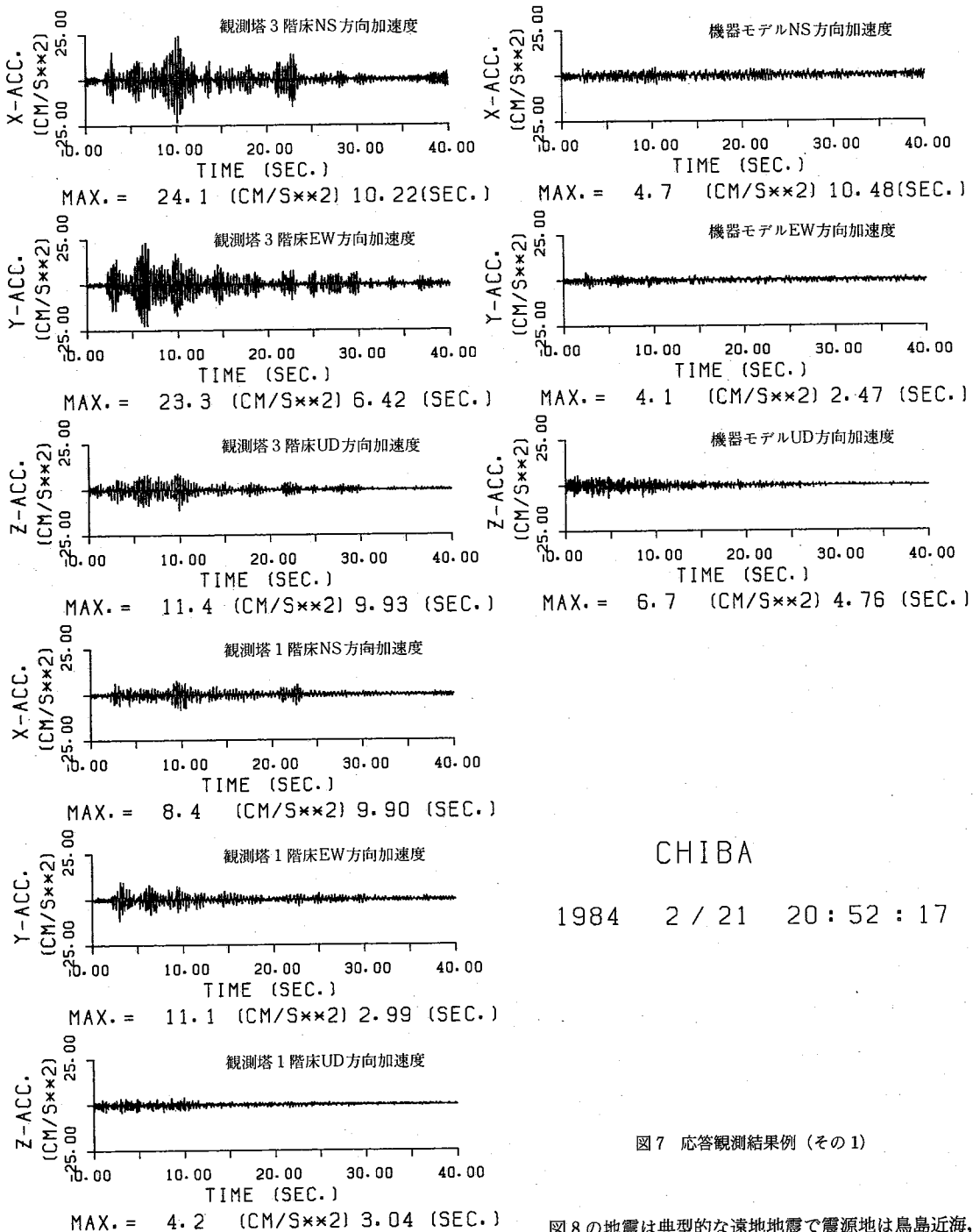
図6 免震装置上の測定点

装置によりA/D変換され, 磁気テープに記録される。A/D変換のサンプリング間隔は1/200秒である。分解能は加速度の場合0.48 cm/s<sup>2</sup>, 変位計の場合, 水平方向では0.1 mm, 鉛直方向では0.02 mmである。

3. 観測結果例

三次元免震装置の自然地震による応答観測を始めて以来, 数例の観測結果が得られている。その中から比較的強い地震時の観測例として昭和59年2月21日と昭和59年3月6日に観測された結果を図7, 8に示す。ただし, 図中の観測塔3階床加速度は図5.6に示したA<sub>1</sub>による加速度波形である。また, この時点では変位計の取付がなされていなかったため, 免震装置の相対変位は示されていない。

図7に示した地震は震源地が茨城県南西部, マグニチュード5.0, 震源の深さ70 kmの小区域の近地地震であり, 震度は千葉I, 東京IIIであった。この地震波の卓越振動数は比較的高く, その意味では免震装置にとって都合の良い入力であるが, 入力加速度が小さいため, 一般には免震効果を発揮しにくい入力でもある。にもかかわらず, 床面の水平加速度24.1 cm/s<sup>2</sup>, 23.3 cm/s<sup>2</sup>が機器



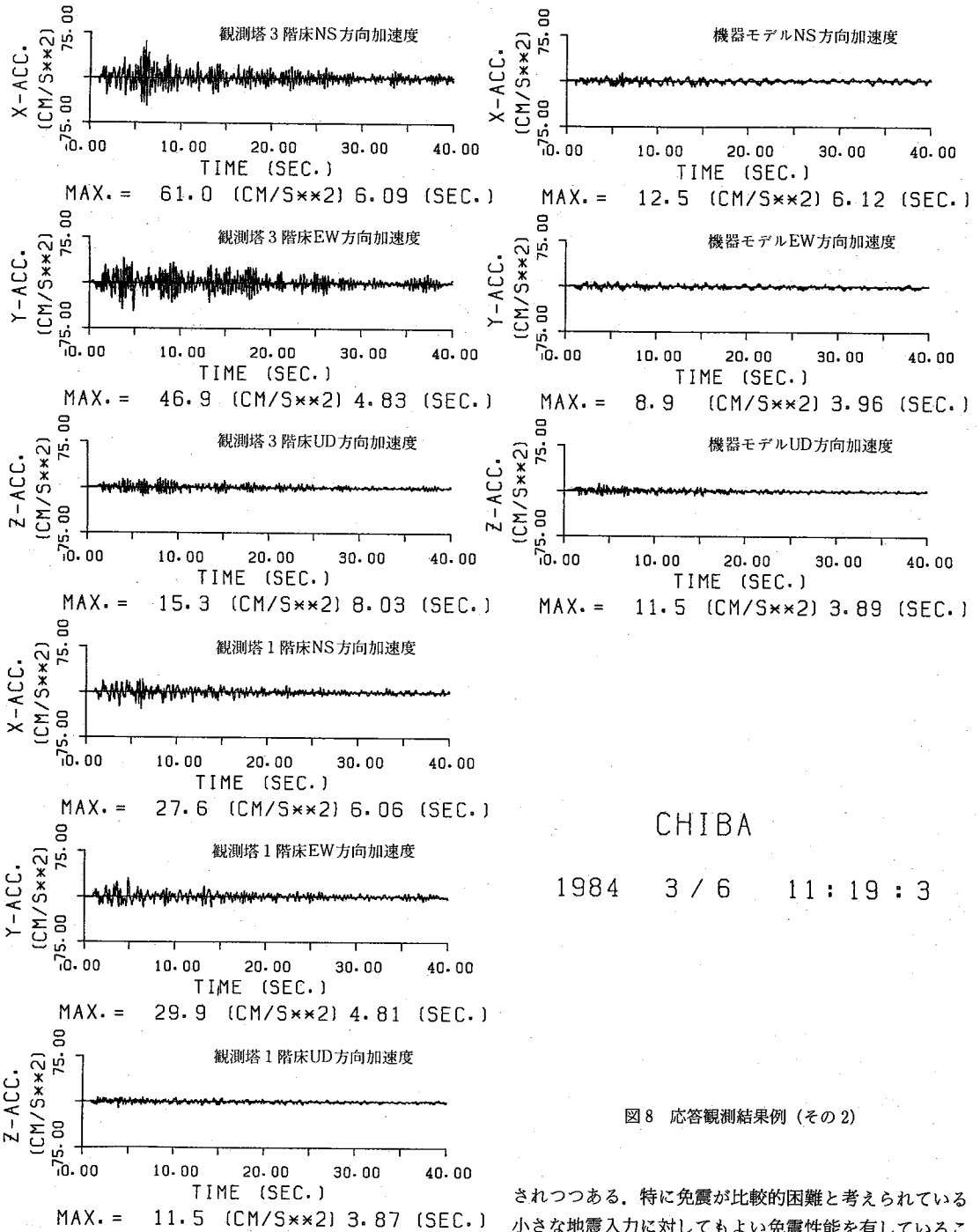
CHIBA

1984 2 / 21 20 : 52 : 17

図 7 応答観測結果例 (その 1)

モデルでは  $4.7 \text{ cm/s}^2$ ,  $4.1 \text{ cm/s}^2$  と約  $1/5$  に低減されており、十分な免震効果を得られている。鉛直加速度についても床面加速度  $11.4 \text{ cm/s}^2$  が機器モデルでは  $6.7 \text{ cm/s}^2$  と約  $6$  割に低減しており、こちらも良好な免震効果を得られている。

図 8 の地震は典型的な遠地地震で震源地は鳥島近海、マグニチュード 7.9、震源の深さ 470 km、震度は千葉、東京共に IV であった。遠地地震の特徴で、この地震波の卓越振動数はかなり低く、免震装置にとって条件はあまりよくない波であるが、同図に示したように水平方向には  $1/4 \sim 1/5$ 、鉛直方向も  $8$  割弱と低減しており、良好な免震効果を得られている。



CHIBA

1984 3 / 6 11 : 19 : 3

図8 応答観測結果例(その2)

されつつある。特に免震が比較的困難と考えられている小さな地震入力に対してもよい免震性能を有していることが実証された。  
(1984年7月14日受理)

4. あとがき

三次元免震装置の自然地震による応答観測によって、三次元免震装置が実際の使用形態で、突発的に発生する自然地震に対しても十分な免震性能を有することが実証

参考文献

- 1) 藤田, 鞍本, 小見, 三次元免震装置の研究, 機講論, 840-11 (1984-10)
- 2) 半谷, 龍岡, 佐藤, 塔状構造物による地盤・構造物の相互観測, 生産研究, 35巻, 9号 (1983-9)