

# 無機材質研究所 無振動特殊実験棟

織本匠構造設計研究所 山竹美尚



## 1. はじめに

無振動特殊実験棟は科学技術庁無機材質研究所により企画され、建設省の設計監理のもとで1988年3月に完成しました。

本実験棟は電子線、X線あるいはレーザー光などのビームを用いて現状より高度で、かつ、ミクロの世界で無機材質の研究および開発を行うためのハイテク研究・実験施設です。当地は交通振動が比較的小さく静かな環境の場所ですが、従来の建物では微振動のため電子顕微鏡などは昼間の使用ができない状況でした。そのため、精密振機器をこの実験棟に集めて、日常的な微動、中小地震においても微調整された使用状態が維持できること、また、機器設備が高価なため、大地震に対して損傷が低減できることを目標に免震構造が採用されました。

今回は、大林組技術研究所の寺村 彰氏に案内をお願いし、須賀川広報委員長、および広報委員の山竹、鳥居、荻野と織研の山口の6名で当施設を訪問しました。



写真-1 無振動特殊実験棟の全景

## 2. 建物概要

この施設はA棟(免震建物、写真-1：左側)と設備機器類を収納するB棟(従来構造、写真-1：右側)の2棟からなる。免震建物A棟の断面図、基礎伏図と免震部材の配置を図-1、図-2に示す。空調ダクトや設備配管は2棟間の地下ピットを経由して供給されている。

構造：鉄筋コンクリート造免震構造、平屋建  
 建物規模：16m×38.5m、建築面積616m<sup>2</sup>  
 高さ：軒高4.25m、最高高さ6.30m(地上高さ)  
 構造形式：耐力壁付ラーメン架構

免震部材は、「MENSIN、1995年No.10」で紹介したハイテクR&Dセンターと同様に、積層ゴム(写真-2)と鋼棒ダンパー(写真-3)により構成され、さらに、ここではミクロンレベルの振動に対する減衰機構として、粘弾性ダンパー(写真-4)を建物四隅に追加設置している。積層ゴムの諸元を表-1に示す。各柱下に65t用32個が使用されている。鋼棒ダンパーは直径32mm、長さ450mmの上下端を上部構造と基礎構造にそれぞれ弾性固定された構造で合計48本配置されている。

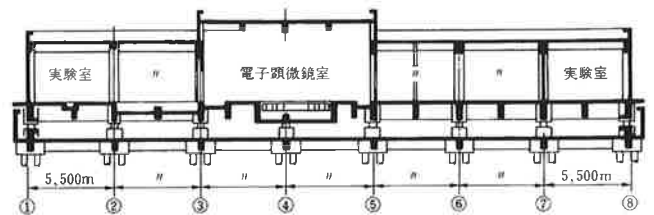


図-1 免震建物断面図

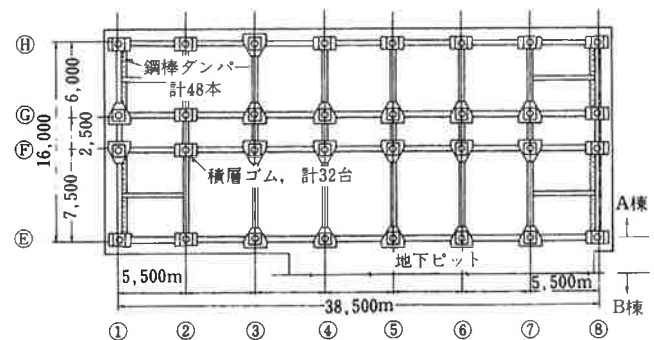


図-2 免震建物基礎伏図

表-1 積層ゴムの諸元

| 呼称  | 積層ゴム  |       |         | 薄鉄板     | 個数  |
|-----|-------|-------|---------|---------|-----|
|     | 直径    | 高さ    | 厚さ×層数   |         |     |
| 65t | 420mm | 290mm | 3.2×62枚 | 1.5×61枚 | 32個 |

### 3. 免震・除振設計条件

免震部材の設計条件を表-2に示す。

表-2 免震部材の設計条件

| 地動の最大速度  | 免震部材の最大せん断力係数 | 最大相対変位 |
|----------|---------------|--------|
| 25cm/sec | 0.15以下        | 15cm以下 |
| 50cm/sec | 0.30以下        | 30cm以下 |

常時微動に対する除振性能の設計条件は、地盤側の振動量に対する精密機器側の振動量を表-3を満たすように低減することから決められている。

表-3 除振性能の設計条件

| 振動方向 | 伝達関数(除振台/地盤側)    |
|------|------------------|
| 水平方向 | 振動数2.0Hz以上で1/3以下 |
| 鉛直方向 | 振動数3.5Hz以上で1/3以下 |

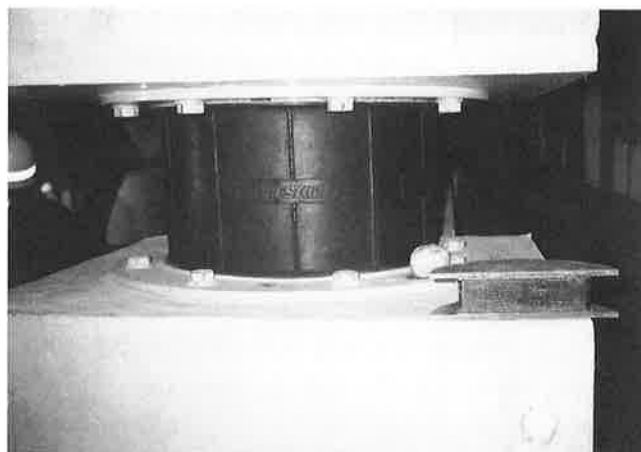


写真-2 積層ゴム支承

### 4. 除振設計方法

本建物は、積層ゴムにより水平方向の振動を除き、建物内に配置された精密機器ごとに設けられた空気ばね除振台により鉛直方向の振動を除く、という新しい方法で極微小振動環境を達成している。また、空調機械振動の遮断、実験室内の気流対策のために、空調方式、ダクト方式、配管などにも工夫がされている。

ここでは、地震振動の除振設計について紹介する。

免震部材、除振台を含めた振動解析モデルで、設計条件に対する検討が行われ、免震周期は微小振幅範囲で水平方向1.5秒以上、鉛直方向0.06秒以下、除振装置の周期は水平方向約0.14秒以下、同減衰定数約10%、鉛直方向約0.6秒という免震・除振装置に関する設計目標値を得ている。

サブダンパーは、せいぜい数mm程度までの振動に減衰性を発揮して、大地震には装置部のすべり機構により建物の応答に影響しない構造としている。

空気ばね方式の除振装置が水平方向に硬く、鉛直方向に軟らかい点は、通常の除振装置と比べて逆の考え方であるが、免震部材と除振装置との振動解析から得られる結論であり、本建物の除振装置製作上の新しい試みである。また、電子顕微鏡などの背の高い機器を据える除振装置は、重心位置が高くその回転慣性によってロッキング振動が生じるので、試料挿入高さなどの主要な位置の振動が最小になるように工夫されている(図-3)。



写真-3 鋼棒ダンパー

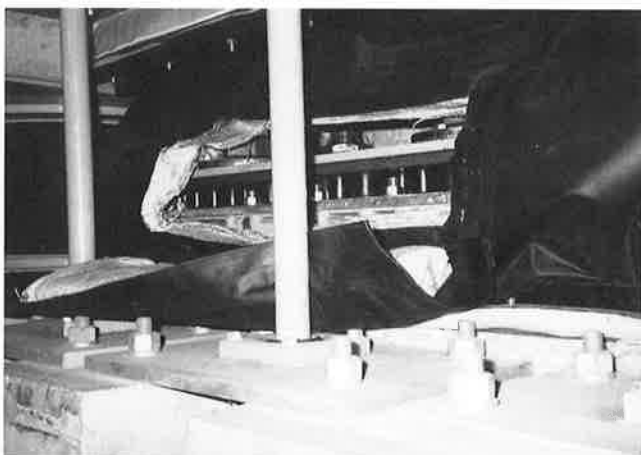


写真-4 粘弾性ダンパー(サブダンパー)

5. 電子顕微鏡使用時の測定結果

図-4と図-5に昼間の実使用時の地盤および電子顕微鏡の常時微動観測波から4秒間ずつ約5分間、ランニングスペクトルを計算して各周波数の最大加速度を求めた結果を示す。横軸に振動数、縦軸に振動速度を表し、右上がり軸が各振動数の変位量を、右下がり軸に加速度量を示す。

実験棟外の地盤振動量は、3Hz~70Hzの振動数で大きく、0.05~0.10cm/sec<sup>2</sup>(gal)程度であるが、電子顕微鏡除振台上の振動量は、0.001~0.005cm/sec<sup>2</sup>に低減され、地盤で卓越する振動が除かれてほぼ加速度計の感知限界となっている。従来、夜間には加速度が昼間の約半分であったが、除振装置によりそれ以下の振動量になっており、電子顕微鏡などの精密機器は昼間でも十分使用できる結果となっている。

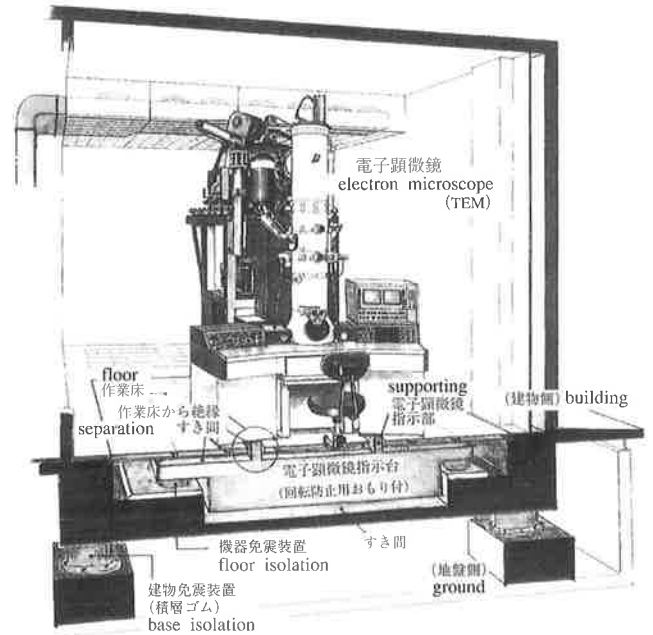


図-3 電子顕微鏡の機器免震

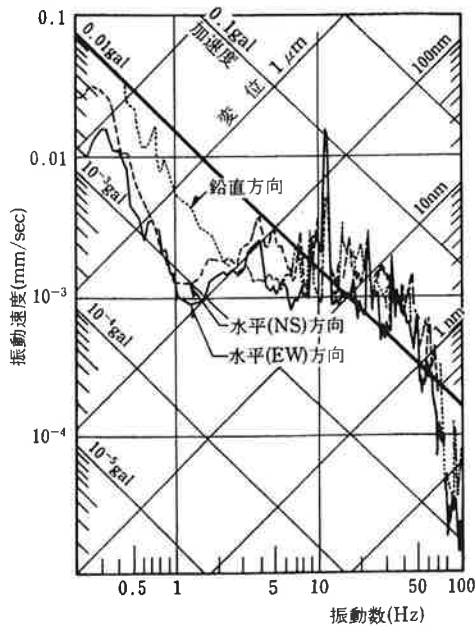


図-4 地盤の常時微動測定値

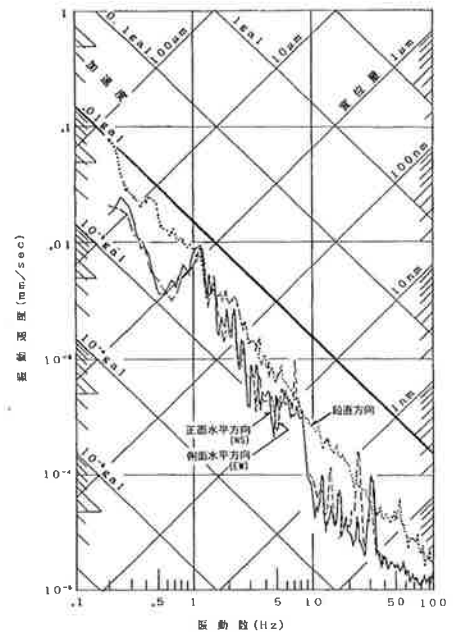


図-5 電子顕微鏡除振装置の常時微動測定値

6. 地震観測結果

建物完成直後の1988年3月末から地震観測が実施されている。1996年12月の茨城県南部を震源とするマグニチュード5.5の観測例を示す(図-6)。小地震ではあるが、電子顕微鏡の加速度は上下、水平でGL-1.8m地盤での観測値に対して1/4、1/6に低減されており、地震時の精密機器の保護に対しても効果的であることを示している。

7. あとがき

当研究所は振動が小さく静かな環境の場所ですが、昼間の敷地内の車両走行、他施設からの機械振動、約300m離れた国道の車両走行による振動、さらに、空調ダクトからの気流をも対象に、極端に振動を嫌う高性能精密機器を守るために、防振の概念を超え除振に立ち向かった研究開発者の努力は計り知れないものがあります。

現在も、80万倍高分解能電子顕微鏡が画像の揺らぎ、不鮮明さもなく終日使用され、2~3ヶ月間にわたり連続測定する高性能クリープ試験機など20数台が研究の用に供されているのは、建物免震と機器免震の特徴をよく理解して組み合わせた結果だと思われます。

最後に、快く見学を許可して下さいった無機材研究所管財課の方々にお礼申し上げます。

|         |                  |      |      |
|---------|------------------|------|------|
| 発生日月    | 平成8年12月21日10時28分 |      |      |
| 震源      | 茨城県南部            | 水戸震度 | IV   |
| マグニチュード | M= 5.5           | 深さ   | 40km |

免震効果(比率)

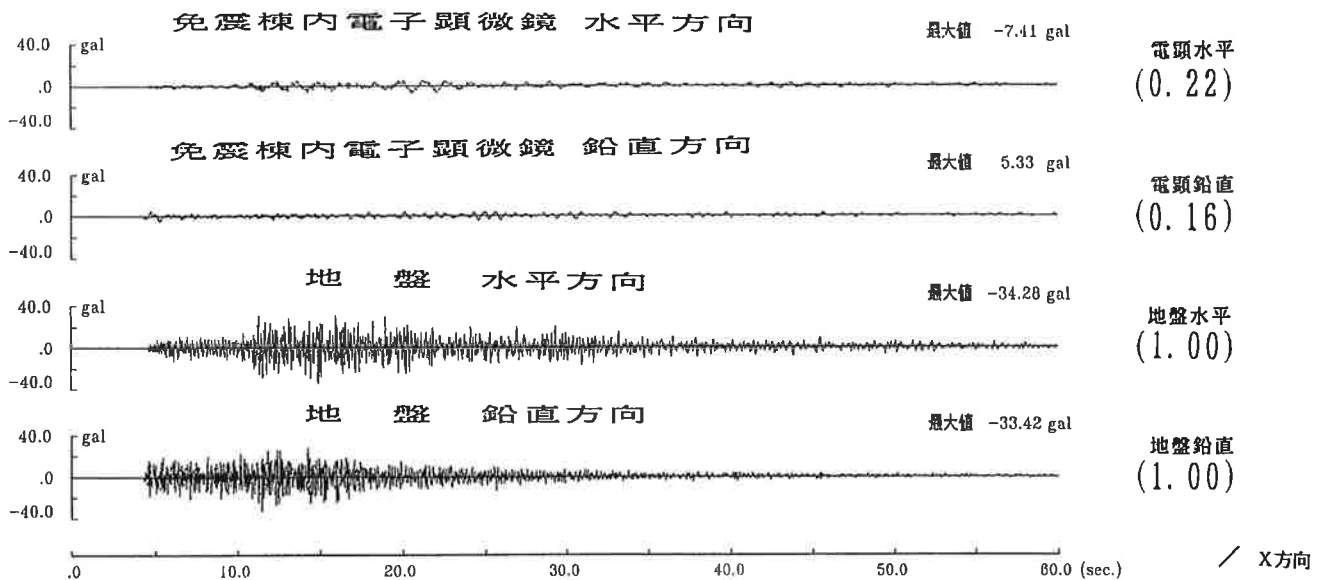


図-6 地震観測例