

防災科学技術研究所 E-ディフェンスでの 実大三次元震動破壊実験に参加して

坂 上 実*†

A Report of Participation in 3-D Full-Scale Earthquake Test of E-Defence, NIED

Minoru SAKAUE*†

はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震により、神戸市を中心とする都市基盤施設が大きな被害を受けた（阪神淡路大震災）。この地震を教訓として、既存構造物などの安全性の検証を目的として、防災科学技術研究所により実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）が、2005年度に兵庫県三木市に建設された（図1）。この実験施設の主な特徴は、最大搭載重量1200トン、搭載面積300m²という巨大なスケールに加えて3軸同時加振などが可能な世界最大の震動台であることである（図2）。また、施設全体の総面積は、約6万m²で、東京ドームの1.5倍ほどであり、その中に震動台の関連施設が建設されている。

この震動台を利用した鉄筋コンクリート建物の震動実験が、地震研究所壁谷澤寿海教授の下で、2006年の1月から11月にかけて、3回にわたり実施された。本報告では、E-ディフェンスにおける実験準備、試験加振、本加振（地震波入力）、加振後の試験体のひび割れ調査などへの実験参加を通じ、学んだことを報告する。また、この実験報告は2007年1月に開催された地震研究所職員研修会で発表したものである。

震動実験に使用した強震波形

実大震動実験の加振は、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台（JMA 神戸）で観測された加速度地震波形を用いて行われた。なお、最大加速度の大きさはNS成分818、EW成分617、UD成分332galである（図3）。この記録は地盤上の87型電磁式強震計により観測された。

2007年9月7日受付, 2007年10月23日受理.

† sakaue@eri.u-tokyo.ac.jp

*東京大学地震研究所技術部技術開発室.

* Technical Supporting Section for Observational Research, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

6層の試験体実験

2006年1月に6層の一般住宅マンションを想定した実大試験体の震動破壊実験が実施された（図4）。本試験体の内部には、2階と5階に広さ10畳ほどのリビングキッチンが設けられ、2階と5階での家具の転倒や移動、窓ガラスの割れなどが調査された（図5）。床はフローリング仕上げであり、天井および壁面には壁紙による、一般的なリビング仕上げが施されている。室内には食器が収納された大小の食器戸棚、テーブル、椅子および応接セットなどが設置され、天井には吊り状の照明器具が取付けられた。地震動による動きの様子を見るため、配置した什器類は、床・壁に固定はされていない。なお、窓枠のガラス固定には「はめごろし方式」と「ゴムパッキング方式」の、2種類の異なったガラス窓が設けられた。

3層の試験体実験

2006年10月には、耐震補強を施していない学校建築を想定した3層の試験体で（図6）、また11月には耐震補強を施した試験体で（図7）、それぞれ震動実験が実施された。

試験体の内部には、1階を事務室にみたくて、机・椅子など配置された。机上にはパソコンなどを置き、壁側には靴箱やロッカーが配置された（図8）。2階は一般教室にみたくて、教壇、学習机、椅子など、また壁側には2種類の書棚が配置され、壁上部には時計が取付けられた。また天井には吊り状タイプのテレビを設置した（図9）。3階は音楽教室で、学習机・椅子と書棚、時計と吊りタイプのテレビが設置され、室内にはグランドピアノとアップライトピアノの2種類が配置された（図10）。全ての什器は床や壁に固定していない。一方、ピアノについては、脚部のキャストのまま床に配置した。ここで、一般的に用いられている

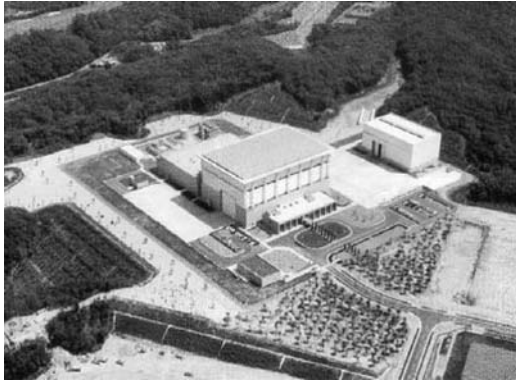


図 1. E-ディフェンス震動台施設の全景

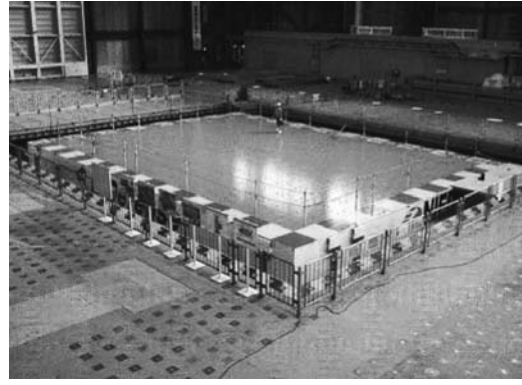


図 2. 震動台の台座部 (20m×15m)

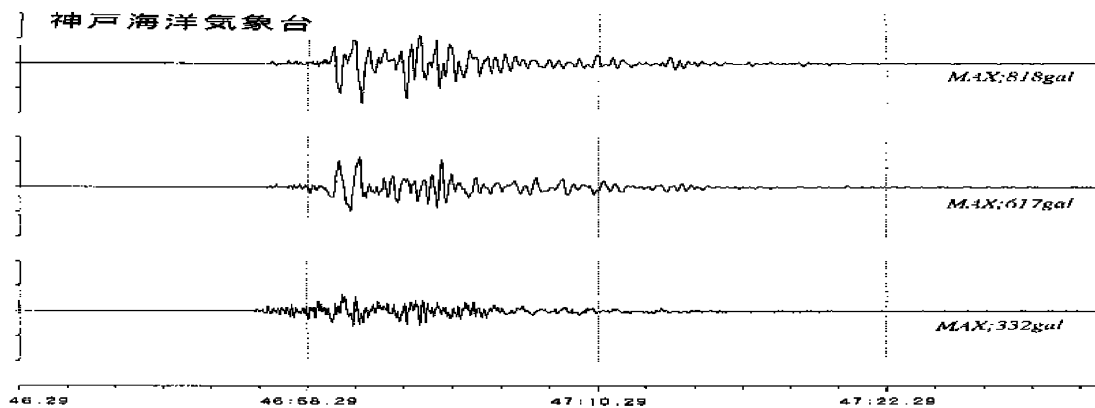


図 3. 気象庁神戸海洋気象台で観測された加速度波形

「ずれ防止策」を設けなかったことは、実験中のピアノの移動状況を確認するためである。

震動実験のための準備作業

試験体への各種観測器材の取付けは、取付け金具を現場で合せるための加工が必要になったため、金具製作を行い機材の取付け作業を行った。また、コンクリート壁への観測器材の取付けは、振動ドリルを用いアンカーボルトで確実に固定した。とくに試験体室内のカメラの設置では、取付け金具に角度調整などの機能が求められ難渋した。

E-ディフェンスの施設には、取付け材料や加工機材などの工具類の備品は殆ど存在せず、多くは地震研から送った材料や工具で行った。また、不足材料については全て現地で調達することが求められた。機材や材料の存在しない場所での金具製作は、試行錯誤の連続で状況判断が強く求められた。幸い、このような現場での作業は臨時強震観測点の設営などと似たところがあり、これまでの経験が生かされた。

3層での実大震動実験

加震実験により、室内に配置した什器類は転倒や大きな移動が生じ、1階の事務室では机上に配置したパソコンなどが投げ飛ばされるように落下した(図11)。また2階の教室では教壇、書棚、机及び椅子などが折り重なるように散乱した(図12)。一方、3階の音楽教室では、机や椅子が散乱しグランドピアノとアップライトピアノは回転しながら大きく移動した。また、アップライトピアノは、縦長なため転倒するものと予想していたが、実際は大きく移動しただけで転倒することはなかった。これは、脚部のキャスタが振動とともに自由に移動できたことが原因であろう(図13)。

なお、ピアノの移動の様子をペンで床のアルミ板に記録するため、簡易型変位計を作製し(図14)、これをグランドピアノのペダルに取付けた(図15、図16)。

おわりに

実大震動実験では、兵庫県南部地震の強震動で6層の大型建物の大試験体を揺するという貴重な得がたい体験をさ



図 4. 6層の実大試験体



図 5. 2階と5階のリビングキッチン



図 6. 耐震補強を施していない試験体



図 7. 耐震補強を施している試験体



図 8. 1階事務室の状況



図 9. 2階一般教室の状況



図 10. 3階音楽教室の状況



図 11. 加振後の1階事務室の状況



図 12. 加振後の2階教室の状況



図 13. 加振後の3階音楽教室の状況

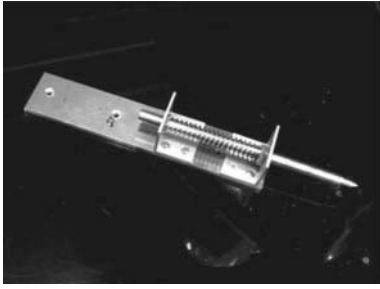


図 14. 手作りの簡易型変位計



図 15. ペダルに取付けた変位計

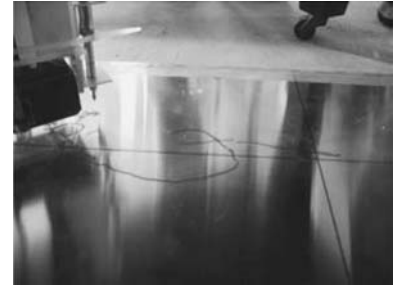


図 16. アルミ板の移動軌跡



図 17. 3層試験体での実験参加スタッフ



図 18. 2004年新潟県中越地震での小千谷市立東中学校4階の音楽室の状況

せていただきました。これらの実験に参加する機会を与えていただきました。実験統括責任者の壁谷澤寿海教授に感謝を申し上げます。また、実験中 E-ディフェンスの関係者および多くの実験スタッフの皆様にお世話になりました。また、実験中に事故もなく共同作業ができたことに対し、関係者の皆様方にお礼申し上げます(図 17)。また、実験終了直後の試験体内部の様子は、2004年に新潟県中越地震で余震観測を実施させて頂きました、小千谷市立東中学校の4階音楽教室の被害状況を思い出しました(図 18)。

謝 辞：本実験報告は、2007年1月に地震研究所で開催された職員研修会で発表したもので、実験報告を纏めるに当たっては、地震火山災害部門の壁谷澤寿海教授に適切な

ご助言と発表時の資料のご提供を頂きました。感謝とお礼申し上げます。また、金裕錫助教には有意義なアドバイスと実験写真などのご提供を頂きました。壁谷澤寿一氏(工学系 D3)も実験写真のご提供を頂きました。皆様にお礼申し上げます。また、豊橋科学技術大学の倉本洋准教授には、実験中はもとより宿泊地で適切な指導を頂きました。また、同大学の真田靖士准教授には、実験中に有意義なご助言を頂きました。両先生に感謝とお礼申し上げます。また、参考資料として、防災科学技術研究所の実大三次元震動破壊実験施設のパフレットのの一部を利用させて頂きました。