

## E-ディフェンスの活用に向けて

**梶原 浩一**  
(防災科学技術研究所)

### 1. はじめに

平成7年、当時の科学技術庁防災科学技術研究所(現 独立行政法人 防災科学技術研究所)は、実大構造物の破壊実験が可能な、過去に類を見ない規模となる、大型三次元振動台の建設を目指しその要素技術開発に着手した。平成9年9月、科学技術庁長官の諮問機関である「航空・電子等技術審議会」の地震防災研究基盤の効果的な整備についての審議にて、新たな地震防災研究基盤整備の方針が提案され、この研究基盤の中核的施設の1つとして本施設の計画検討が行われることとなった。平成10年より施設整備のための予算化が具体的に進み、兵庫県三木市震災記念公園に平成17年度の完成を目指し工事が進捗中である。完成を2年後に控えて、施設を構成する数多くの機器が実際に稼働するのはこれからであり、各種調整試験を慎重に実施する段階に入っている。なお、施設全体の愛称も公募によりE-ディフェンス(英語名 E-Defense)と決定された。実体は大型三次元振動台であるが、付帯施設を含め大地震の震動に起因するさまざまな被害全般に対し有効に活用される施設となることを期待したネーミングとして採用された。EはEarthのEである。本稿では、最近の施設建設状況と活用に向けた検討状況を、E-ディフェンスの概要を含め紹介させて頂く。

### 2. 震動台の仕様

震動台の基本スペックは表1に示すとおりである。図1に示すように震動テーブルは長方形であり、構造物の実際の形状を

考慮して台の面積を効率的に使用できるようにしている。加振性能は建設コストや使用目的も考慮し、加速度よりも速度、変位に主眼をおいた仕様としている。一般に剛性の高い構造物では加速度が破壊の起因となるが、その後の破壊の進行には速度などの影響も大きいとされている。また、比較的柔性の構造物では、変形が十分に出ることが破壊の条件となり加速度のピーク値が大きいだけでは被害の再現が難しい。本施設では、地上にある通常の、剛性が低くまた経年劣化などもある構造物などの被害の再現と補強手法の開発などを考慮して、加速度仕様をやや控えめに設定し、一方免震技術などそもそも破壊を起こさせないための新技術の検証、開発などを考慮して大きい速度、変位性能を持たせている。

表1 実大三次元震動破壊実験装置の基本スペック

実大三次元震動破壊実験施設		
最大搭載重量	12MN (1200tonf)	
震動台の搭載面積	20m × 15m	
駆動方式	アキュムレータ蓄圧/電気油圧制御	
加振方向	X・Y - 水平	Z-垂直
最大加速度 (最大重量搭載時)	900cm/s <sup>2</sup> 以上	1,500cm/s <sup>2</sup> 以上
最大速度	200cm/s	70cm/s
最大変位	±100cm	±50cm
許容モーメント	水平軸周り	鉛直軸周り
	150MN・m以上 (鉛直軸980cm/s <sup>2</sup> 加振時)	40MN・m以上 (水平1軸最大加速度時)

制御器（震動台加振コントローラ）については、従来の実績ある手法と実装・運用の経験に基づくものを選定した。この制御器は、基本制御器と応用制御器と名付けた2投構成となっている。基本制御器はその名の通り、テーブル加振時の基本的な性能を確保するためのものであり、震動台の変位、速度、加速度と加振目標波形の変位、速度、加速度を用いた演算動作を行う、フィードバック・フィードフォワード兼用制御器である。また、応用制御器は、3種類実装するが、その主たる目的を負荷試験体の動特性が震動台に与える影響の低減とするフィードフォワード制御器である。それぞれ試験体の特性により使い分けるものであり、それについては、震動台応答を確認する事前シミュレーションと、科学技術振興調整費（文部科学省）総合研究成果の1つである制御器選定に関わるガイドラインを活用する予定である。

負荷試験体を用いた性能確認については、平成17年度予定する実験を鑑み、許される期間・予算の範囲を考慮して計画である。主たる目的は、実験時の震動台性能の把握であり、特に大型試験体を搭載した場合の震動台性能を掴むことにある。これについては、振動台実験に卓越した実績、経験を持つ民間企業の研究者諸氏と、多くの実験研究に携わられた学識経験者より貴重な意見を賜り計画に至っている。また、基本的な震動台装置性能を確認する目的で、平成16年度に行う総合調整運転についても計画が進行中であり、それに関わる具体的な実験項目、目標値はほぼ決定している。

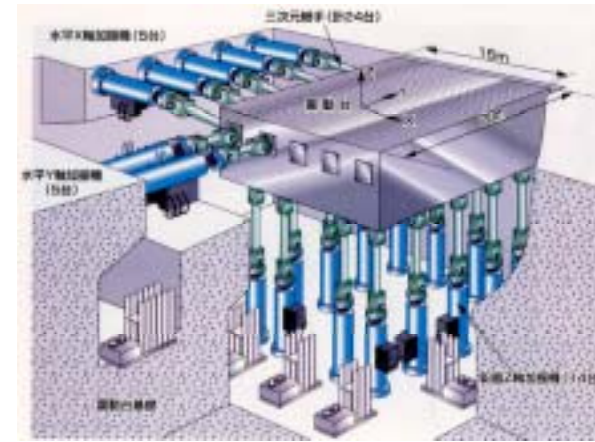


図1 装置の主要部



図2 施設の完成イメージ

施設の完成イメージを図2に示すが、実験準備棟、屋外重舗装エリアなどが試験体製作、保管のために用意されているのが特徴である。建設の全体スケジュール及び関連する事項を表2に示す。

表2 建設スケジュール

	10	11	12	13	14	15	16	17	18
施設整備									
震動台基礎工事									
実験機他建設工事									
装置の製作									
加振機、配管等の組立・据付									
フラッシング									
加振性能試験・調整運転									
実験研究計画									
準備研究									
E・ディフェンスによる実験									
運営体制整備									運用開始
運営協議会									設立
利用委員会									設立
兵庫支所(仮称)									開所
E・ディフェンス支援機構									業務開始

### 3. 建設の現況

表2にも示したように、現在、土木建築関連工事はほぼ終了し、油圧配管のフラッシングが進行中であり、秋には加振機の単体加振性能試験に入る予定である。図3に建設中の建屋、図4に実験棟内基礎に加振機が据付けられている状況を示す。また、これらとあわせ、32個に分割して製作された震動台テーブルブロックが実験棟内に順次搬入され、図5のように現地溶接が進行中である。平成16年初頭にはテーブルが完成し、ピット内への設置、リンク継手、加振機との結合を経て、総合調整運転に続く予定である。



図3 実験棟(左)及び油圧源棟(中央)、(平成15年1月)



図4 加振機の据付完了状況 (平成15年1月)



図5 震動テーブル(一部)の現地溶接開始(平成15年6月)

#### 4. 活用に向けての取り組み

E-ディフェンスの運営と利用については、他機関、学識経験者の協力を得つつさまざまな検討作業が実施されている。運用の基本方針としては、防災科研が支所を設置し運営を行う計画であり、この運営の透明性を確保するため、運営や利用(実験)に関する事項を協議、審議するため、外部有職者の意見を取入れる2委員会を組織している。その1つである運営協議会では、外部有職者の助言、指導を得ることを目的として、(1) E-ディフェンス運営に関する事項、(2) E-ディフェンス活用促進及び中長期の活用計画に関する事項等の協議を、もう1つの利用委員会では、実験計画の策定及び関係機関間の調整等を目約として(1) E-ディフェンスを利用した実験計画に関する事項、

(2) 実大破壊実験の準備研究に関する事項等の審議を行う。また、業務の遂行を円滑に行うために、E-ディフェンス支援機構(仮称)を設置する計画であり、基本的には図6のような体制をとることが決められている。

利用研究課題については、これまでもいくつかの委員会、検討会が設けられ各種の提案が審議されてきているが、現在は、「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」(通称「大大特」、文部科学省)において、RC建築、地盤、木造の3課題が具体的に検討されている。関連して三次元震動破壊実験シミュレーションシステムの開発が防災科学技術研究所において実施されており、また準備研究関連では科学技術振興調整費(文部科学省)による総合研究「建造物の破壊過程解明に基づく生活基盤の地震防災性向上に関する研究」が進められている。

図7に大大特における取り組みの概要を示す。このようないわば国主導型の研究に加え、試験課題の公募や受託研究、また国際協力による実験の実施など幅広い利用をはかる必要があり、そのために必要な受け入れ体制や使用条件などについて検討を進めているところである。

施設利用での、「実験の申し込み」と「利用料金」についてであるが、前者については、防災科研のホームページで募集を行い、利用委員会での審議を経て採択を決定する予定である。募集開始は2004年秋～2005年春を予定している。「利用料金」については、データ公開を原則として、イニシャルで設定した料金の大幅な割引を考える方向であるが、具体的な内訳については「実験の申し込み」を含め、現在、大大特のテーマの中で検

討中である。

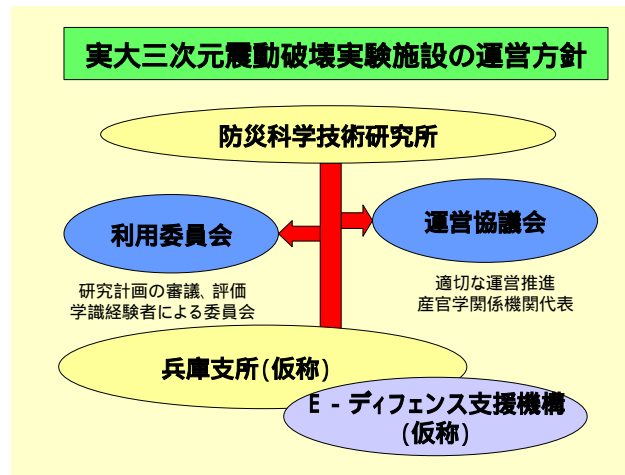


図6 E-ディフェンス運営体制概要



図7 「大大特」におけるE-ディフェンス関連課題

5. あとがき

本施設は関西地区に位置するが、是非、遠方となる東北、北海道地区の地震防災に携わる方々にも本施設活用に積極的にご参加、推進いただきたい。また、小中学校を含む教育関係に携わる方々には、地震防災への関心をお持ちいただくためにも、是非ご見学賜りたく庶幾するものである。

最後に、本施設の計画、建設においては地震工学と関連分野の多くの専門家のご指導、ご支援を頂いている。この場を借りて、深謝申し上げる次第である。