

E - ディフェンスの概要

大谷 圭一¹

¹防災科学技術研究所 実大三次元震動破壊実験施設整備 プロジェクトディレクター
(〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1)
E-mail: ohtani@bosai.go.jp

阪神・淡路大震災では構造物に大きな被害が発生した。防災科学技術研究所では、構造物が非常に強い地震動を受けた時に、その破壊機構を実験的に研究するための施設「E - ディフェンス」の建設を進めている。この施設は世界最大・最強の震動実験施設であり、震動台寸法20m×15m、最大搭載重量1,200トン、最大加速度、最大速度、最大変位(最大重量搭載時、水平方向)0.9G、2m/s、±1mを設定している。E - ディフェンスは、兵庫県三木市の三木震災記念公園(仮称)に平成12年から建設を開始し、平成17年当初完成を目指している。完成後は、国際共同利用施設として運用する予定である。

Key Words : Largest shake table, Failure Mechanism of structures, International Common Use

1. 阪神・淡路大震災の教訓

平成7年1月17日未明に発生した阪神・淡路大震災(兵庫県南部地震)は、6千4百余名の尊い犠牲者の発生、何万という構造物の崩壊や損壊、約10兆円の経済的損失を引き起こした。この地震が発生するまで、地震防災や地震工学に携わる者は、日本の都市は地震に対して十分強くなっており、このように大規模の地震災害が起こるとは想定していなかった。もし、万一起こることがあったとしても、それは関西地域ではなく、首都圏であろうと思っていた。1970年前後から日本の構造物の耐震性は大いに向上してきた。しかし、ほぼ同じ頃に、日本の各都市はその中に古い構造物を抱えたまま、急激に膨張していった。今、冷静になって考えてみると、これら都市化していった地域は、破壊的な地震の揺れを経験していなかったのに、新しい構造物の耐震性を高める努力を続けることで、日本の都市は地震に対して強くなったと考えていた。

阪神・淡路大震災は、いつもは立派に見える構造物のなかにも大きな被害を受ける可能性を秘めているものがあるということ、我々に強烈な事実として教えてくれた。何千人という尊い人命を直接奪うのは、「もの(構造物)」の崩壊であり、地震後に多くの被災者に苦しい生活をしいるのも、「もの」の被害であった。地震に強く安心な社会を築いていくには、住宅やビルや工場や橋などの「もの」を地震に対して強くすることがもっとも大事なことでありと改めて知らされた。それまで我々が押し進めていた「関東大震災型地震防災」

では不十分だったことが明確になった。より強い地震動に対して都市を安全にしていくためには、阪神・淡路大震災の教訓に立脚した「阪神・淡路大震災型地震防災」を強力に開発・推進して行くことが望まれている。

2. E - ディフェンス建設計画

阪神・淡路大震災クラスの強い地震が起こったとしても、「ひびも入らない」構造物を造ることは可能かも知れませんが、大変なお金がかかるし、また、どんなに強く造ったつもりでも、予想を上回る地震がやってこないとは限らない。そこで、「構造物のあちこちにひびが入り、大きな変形が残るかもしれないが、崩壊はしない」という設計を目指すことが現実的かつ効果のある方策と考えられるようになった。このような設計の目標は、構造物の完全な倒壊を避けることにより、最終的には人命の確保を厳密に保証することにより、地震に安全な都市造りに寄与しようとするものです。

この様な設計を行うためには、強い地震動を受けた構造物が、「どのように壊れるのか」、「どこまで壊れるのか」、「なぜ壊れるのか」をはっきりさせねばならない。阪神・淡路大震災の際に、何百、何千というビルや橋が大被害を受けましたが、その壊れる過程をきちんと観察した人はいません。本物に近い強い地震動のもとで、実物大と見なせる構造物の試験体を破壊に至らしめるまで震動させ、壊れる過程をはっきりと記録し、その結果に基づいて新しい設計法を開発することが必

要です

このような実験研究を行う新しい実験施設の建設を、当時の科学技術庁と当所にて計画しました。「E - ディフェンス (実大三次元震動破壊実験施設) (図 - 1 に本施設の完成予想図を示す。)」です。



図 - 1 E - ディフェンス完成予想図

震動台の大きさは 20 m × 15 m で、その重量は 750 トン、最大搭載重量は 1,200 トンです。この最大搭載重量により、4 階建ての鉄筋コンクリート造ビルをほぼ実大で実験することが可能となります。最大搭載重量の試験体を載せた時の最大加速度、最大速度、最大振幅は、水平方向に対して、0.9 G、2 m / s、± 1 m、鉛直方向に対して、1.5 G、70 cm / s、± 50 cm である。表 - 1 に E - ディフェンスの主要性能を、図 - 2 に震動台の限界性能を示す。この性能は、過去に記録された強い揺れを再現できるのみならず、より強い地震波形で震動台を揺ることが可能のように設定した。すなわち、「世界最大・最強の震動台」を造って、色々な構造物の実験を行い、構造物の耐震性能を革新的に高めることを目指している。

表 - 1 E - ディフェンスの主要性能

3-D Full-Scale Earthquake Testing Facility		
Payload	12MN(1200tonf)	
Size	20m × 15m	
Driving Type	Accumulator Charge Electro-Hydraulic Servo Control	
Shaking Direction	X・Y - Horizontal	Z-Vertical
Maximum Acceleration (at Maximum Loading)	>900cm/s ²	>1,500cm/s ²
Maximum Velocity	200cm/s	70cm/s
Maximum Displacement	± 100cm	± 50cm
Maximum Allowable Moment	Overturning Moment 150MN・m	Yawing Moment 40MN・m

3 . E - ディフェンスの建設

この施設は、神戸市の北隣の三木市に兵庫県が開発を進めている「三木震災記念公園 (仮称)」

の一施設として建設されている。建設は平成 12

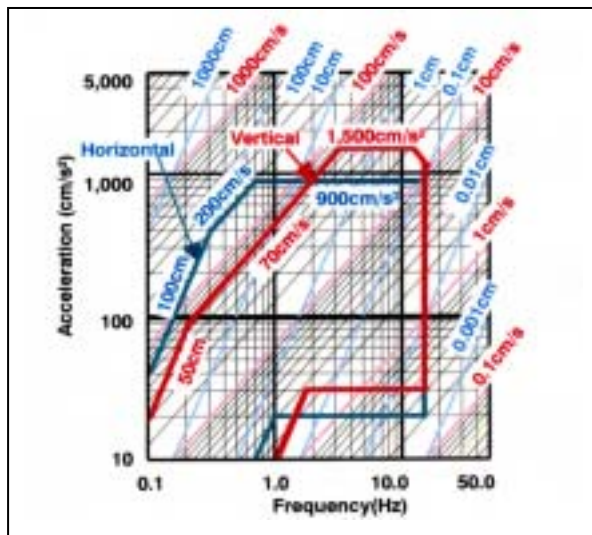


図 - 2 限界性能

年 1 月から開始し、野球場がスッポリ入る位の建設現場で、約 20 万トンのコンクリートを打設し、約 40 万立方メートルの土砂を埋め戻すという大規模な土木工事を行いました。写真 - 1 は建設敷地の全景、写真 - 2 は震動台基礎が完成した状況です。20 万トンのコンクリートを高品質かつ均一な品質で打設するために、現地にコンクリートプラントを構築し、骨材を真空冷却させる等の工法を採用しつつ、夏期には 40 度を超える打設現場で最長 36 時間の連続打設を達成し、平成 13 年夏に震動台基礎を完成させました。



写真 - 1 建設敷地全景



写真 - 2 完成した震動台基礎

震動台基礎建設の完成を待って、実験棟（震動台が設置される幅60m、奥行80m、高さ43.5mの無柱空間の建物）、計測制御棟（実験のコントロール、データの収集解析を行う「計測制御室」、研究室等の建物）、油圧源棟（震動台を動かす動力である210kg/cm³の油圧を作り出す「主ポンプユニット」、一時貯留する「主アキュムレータユニット」が設置される建物）等の建設を順次進めました。これらの建設工事は本年6月末に完成し、外構工事を残すのみとなりました。写真-3に、完成した建物群、写真-4に、実験棟の内部に設置された400トン・クレーン（この施設には2台の400トン・クレーンが設置されている。）の設置状況を示す。



写真 - 3 完成した建物群



写真 - 4 実験棟内に設置された400トンクレーン

E - ディフェンスは現在順調に建設・整備が進められているが、完成までには後1年半を要する。実験棟等の建物の建設は完成、加振機や油圧配管等の実験装置の設置はほぼ終了に近づいているが、今後、油圧配管の中をきれいにするフラッシング作業、加振機（全部で24台）個々の性能試験、工場で32に分けて製作した震動台ブロックを溶接でつなぎ合わせ一つの震動台に組み上げる作業、実験装置としての性能を確認する試験等を行うことが必要であり、完成は平成17年1月の阪神・淡路大震災10周年を目指しています。写真-5に、水平加振機の設置状況、写真-6に震動台ブ

ロックを溶接接合している状況を示す。

4 . E - ディフェンスの挑戦

E - ディフェンスの完成は、建設・整備というプロジェクトとしては終了点であるが、同時にこ



写真 - 5 水平加振機の設置状況



写真 - 6 震動台ブロックの溶接接合状況

の震動台を使って構造物の破壊メカニズムの解明に向けての実験研究のスタート点でもあります。

図-3に、E - ディフェンスを行って我々が目指す挑戦のイメージを示します。

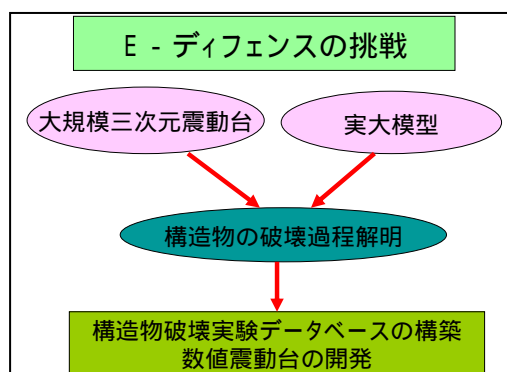


図 - 3 E - ディフェンスの挑戦イメージ

即ち、E - ディフェンスによる実験で各種構造物の破壊過程を解明し、それらのデータ、解析結果を集約して、構造物破壊実験データベースの構築、「数値震動台の開発」がゴールと考えていま

す。ここで我々が考えている「数値震動台」とは、E - ディフェンスで実験的に破壊過程を確かめ得る試験体はそんなに数多くは不可能ですので、実験を積み重ねることにより、将来はいちいち実験を行わなくても、コンピュータ上で構造物の破壊現象をシミュレート出来るものを開発したいと考えています。もちろん、新しい構造物が出現したり、解明しなければいけない多くの問題が将来も発生すると思いませんので、実験による解明が不要になる時代はなかなか来ないであろうとも考えています。

E - ディフェンスは世界最大、最高性能の震動実験施設ですが、完成まで後1年半を要します。完成の暁には日本のみならず世界の研究者と協力して、地震災害の恐怖に見まわられている多くの世界各国の人々が安心して暮らせる都市造りのために、構造物の耐震性能を高め、「もの」を安全にする実験研究を行い、社会に貢献していく覚悟です。その為には、国内外の研究者と強い連携の元に共同研究を実施していくことが重要と考えています。この施設は「国際共同利用施設」として運用するとともに、国際的な共同研究を実現するために、E-Defense Network (ED-Net) の整備を併せ

て実施しています。図 - 4 に E D - N e t の模式図を示す。

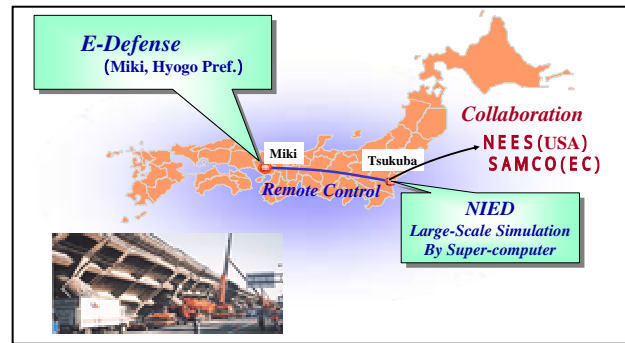


図 - 4 E D - N e t

我々は内外の研究者と共同して実験研究を行い、より安全性の高い構造物の設計法、既存構造物の適切な補強方法等の成果を世界中に発信していくことを目指しています。この成果発信こそが「E - ディフェンスの挑戦」そのものと考えています。ぜひ、期待をして待っててください。

(2003.10.15 受付)

OUTLINE OF E-DEFENSE

Keiichi OHTANI

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

Considering the lessons learnt from Hanshin-Awaji Earthquake, NIED plan to construct "E-Defense", which will simulate the processes of destruction of structures under the condition of real strong earthquake motions. The basic performance of E-Defense are max. lording capacity 1,200 tons, max. velocity 200 cm/s and max. displacement +/- 1 m for horizontal excitation and max. velocity 70 cm/s, max. displacement +/- 70 cm for vertical excitation to realize destructive ground motion. The construction work of E-Defense has been began at early 2000, and will be completed at the beginning of 2005. E-Defense should be operated the international common use, and will be situated to one of the cooperative research organization for the earthquake disaster mitigation in the world.