

文部科学省

Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

独立行政法人 防災科学技術研究所  
兵庫耐震工学研究センター

文部科学省

## E-ディフェンスを用いた地震災害時における 医療施設の機能保持評価のための震動台実験

### 1. 背景

文部科学省では、「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」を平成19年度から5年計画で主導しています。本プロジェクトの1つのテーマとして、「②都市施設の耐震性評価・機能保持に関する研究 (1) 震災時における建物の機能保持に関する研究開発」を独立行政法人 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センターが推進しています。

都市部に大地震が発生した場合、建物の倒壊を防ぐことは重要です。一方、被災後の政治、経済、医療、情報発信等社会活動の停止は、被害の拡大やその後の復興にも多大な影響を与えるため、これら都市機能を災害後も継続させることも不可欠な課題です。そこで本テーマでは、大地震時の重要施設（医療施設・通信施設等）の機能保持の研究を進めることとし、特に大地震時における救急救命、被災後の生命維持の拠点となる医療施設の機能を震災時にも保持するための研究を行います。

### 2. 重要施設(医療等)の機能保持評価のための震動台実験

#### 2.1 試験体

平成20年12月から平成21年の1月にかけて“重要施設”の震動台実験を行いました。重要施設



図1 試験体全景

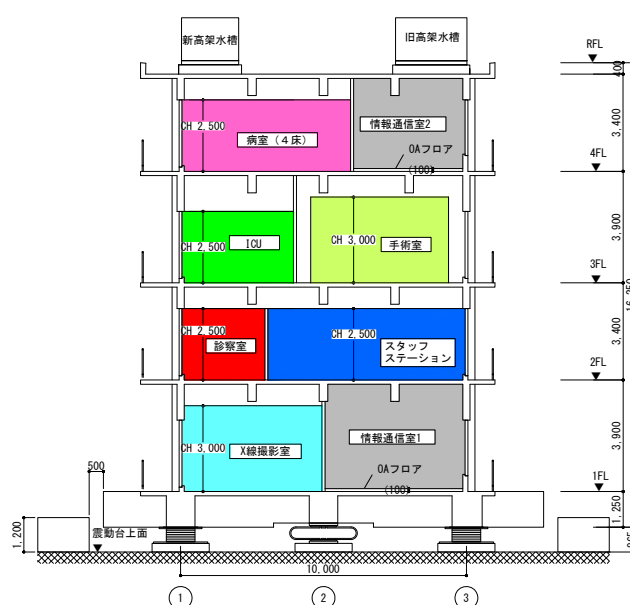


図2 断面図（免震構造の場合）

として、震災時に救急・救命、生命維持の拠点となる医療施設を選びました。同時に情報通信施設も組み入れています。

試験体は通常の医療施設を模擬した鉄筋コンクリート造4階建ての建物（高さ約18m、各階床面積80㎡（8m×10m））とし、1階に撮影室、情報通信機室、2階に診察室、人工透析室、スタッフステーション、2階に手術室、ICU室、4階に病室、情報通信機室を配置しています。室内にはX線撮影装置、人工透析装置、手術室内精密機器、医療棚、情報通信機器など実際に用いられている様々な医療機器等を、床固定、床置き、キャスター付き（ロック又はフリー）などそれぞれの一般的な方法で設置し、通信機器については1階と4階を光ケーブルにより接続しています。また、機能保持性能の比較を意図し、屋上に新旧2つの高架水槽を配置し、複数材質の給排水管、形式の異なるスプリンクラーを設置しました。

建物の構造形式として、試験体を震動台に直接固定する従来の“耐震構造”に加え、建物の揺れを抑えることを意図して積層ゴムを介して建物を支持する“免震構造”の2つの形式を採用しています。



図3 撮影室（1階）



図4 情報通信機室（1、4階）



図5 人工透析室（2階）



図6 スタッフステーション（2階）



図7 手術室（3階）



図8 ICU室（3階）



図9 病室（4階）



図10 高架水槽（屋上）

## 2.2 実験で用いる入力地震動

入力地震動として、建物設計用に広く用いられるエルセントロ波（震度5強）、兵庫県南部地震で観測された JMA 神戸波（80%レベル）（震度6強）、南関東地震において想定される横浜波（震度5強）、東海・東南海地震で想定される名古屋三の丸波（震度5強）を採用しています。

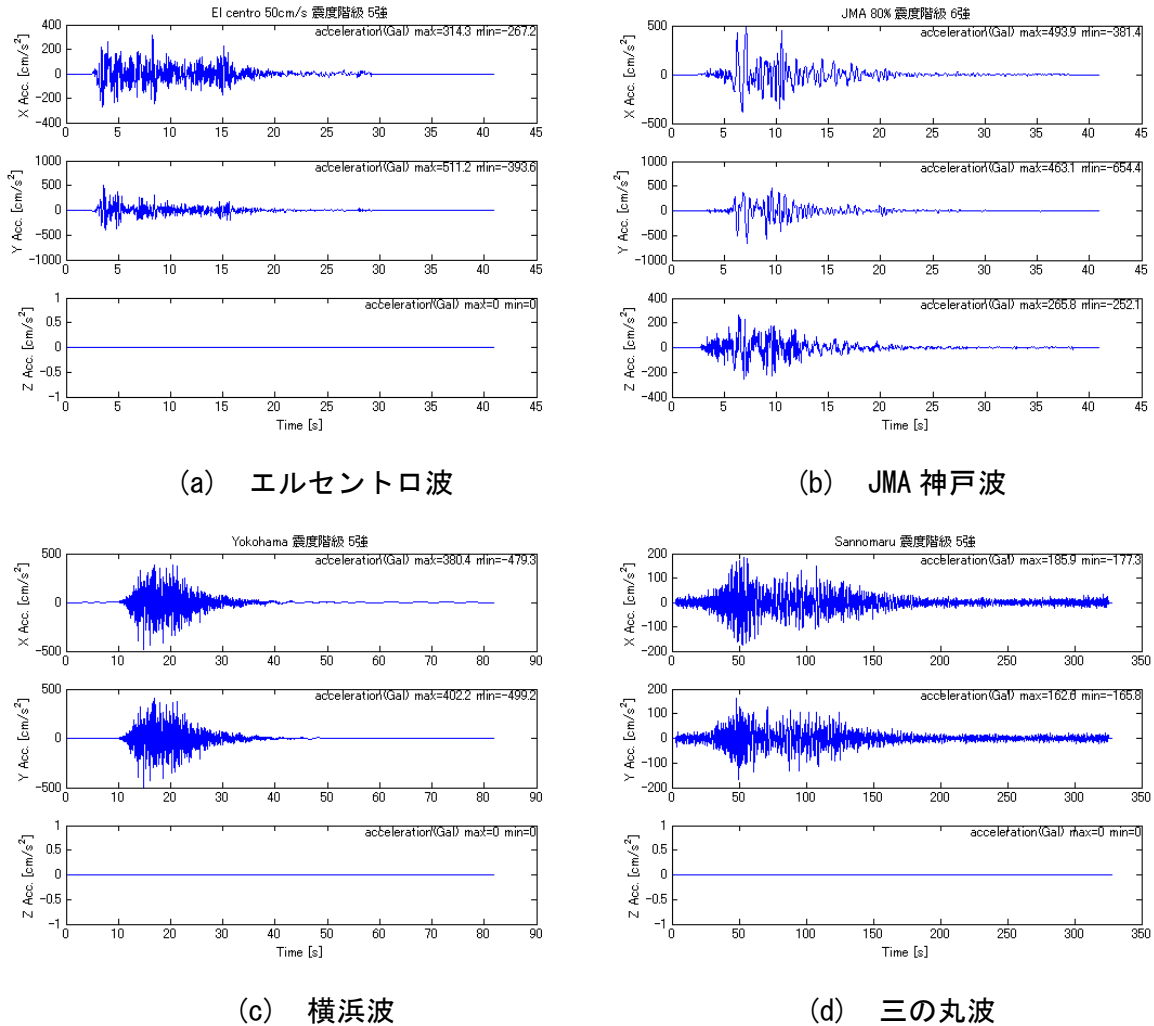


図 1 1 目標入力地震動

## 2.3 加震実験

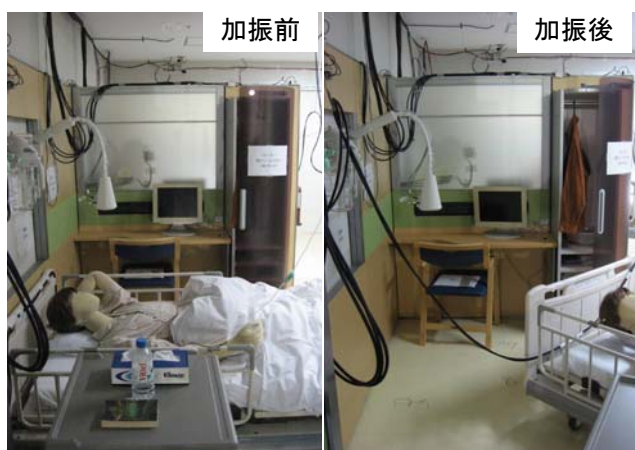
加振は12月22日、近年重要施設において採用が急速に進んでいる免震構造から始めました。エルセントロ波（入力最大加速度  $520\text{cm/s}^2$ 、震度6弱（目標より大きめに入力された））、JMA 神戸波（同  $680\text{cm/s}^2$ 、震度6強）の加振では床の応答加速度が  $200\text{cm/s}^2$  程度で、足元キャスターをフリーにした機器が多少動きましたが、概ね想定される免震効果が確認されました。しかし、長周期成分に大きなパワーを持つ名古屋三の丸波（入力最大加速度  $210\text{cm/s}^2$ 、震度5強）では床応答加速度が  $250\text{gal}$  程度となり、床に直接設置された機器やキャスターをロックした機器には異常が無かったものの、キャスターをフリーにした機器は建物の揺れ幅約  $40\text{cm}$  を大きく超えて  $2\text{m}$  ほど走り回り、周辺の機器や壁に激しく衝突する様子が観察されました。特にキャスター付きの機器を移動させながら使用する手術室での混乱は激しく、免震構造といえども使用上の留意が重要であることが強く印象づけられました。また、屋上水槽として設計震度  $0.6\text{G}$  の古いものと設計震度  $2.0\text{G}$  の新しいものを対比して設置していましたが、貯蔵水（約

9 t) のスロッシングにより、古い水槽は蓋の留金が破損し、新しい水槽では蓋の蝶番が折れ曲がるなど、ともに大量の水が噴き出して機能保持の観点から再考の余地があると感じられました。

1月15日からは、試験体を組み替えて耐震構造としての実験を行いました。名古屋三の丸波の加振では、室内の機器移動がほとんど見られなかったものの、屋上水槽に免震構造と同様のスロッシングが発生し、新旧両方の水槽から水が噴出し古いタイプの水槽では蓋が破損しました。これは、通常地震にはない長周期地震動に特有の危険性を示すものです。

横浜波、エルセントロ波、JMA 神戸波の加振では、床置き型で重心の高い機器はいくつか転倒し、その他の機器もほとんど全て横移動しました。特に入力最大加速度が水平方向  $1130\text{cm/s}^2$ 、上下方向  $400\text{cm/s}^2$  となった JMA 神戸波では、機器の移動距離が、床に直接設置した機器及びキャスターをロックした機器において 50 cm 以上、キャスターをフリーにした機器では 1m 以上のものがありました。手術台のマネキン人形(重さ 45kg)が台上で回転してずり落ちそうになり人体に感じる振動の激しさを物語っていたのは、免震構造の実験では無かった現象です。また、病院で多く用いられる吊下げスライド式扉にはレールから外れたものが複数あり、情報設備では加振中にデータの転送速度が 60% 程度に低下しました。

今回の実験は設置予定の機器が高価であり、かつ観察の対象が多種多様で結果の確認に専門性を要す



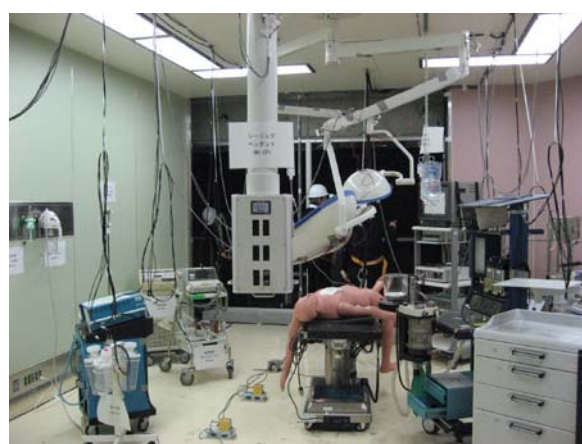
病室  
(キャスターフリーのベッドが大きく移動)



人工透析室  
(キャスターをロックした人工透析機が転倒)



手術室  
(キャスター付き機器が大きく移動)



手術室  
(機器が移動し手術台の患者がずり落ちそうに)

図 12 免震構造の被害

図 13 耐震構造の被害

ることなどから多くの機関、民間企業の協力を仰ぎましたが、結果的には実験成果をフィードバックすべき医療機関、医療機器メーカー、関連する協会などの大きな関心を呼び、6日間の加振日を通じ多くの関係者の見学を得ました。今後は、実験データをもとに医療施設の地震による被害の様相を明らかにするとともに、地震における医療機能の継続性確保に有用な情報の提供を図っていく予定です。

### 3. 研究体制

#### 【研究主体】

独立行政法人防災科学技術研究所 (<http://www.bosai.go.jp/index.html>)

兵庫耐震工学研究センター

〒673-0515 兵庫県三木市志染町三津田西亀屋 1501-21

TEL 0794-85-8211 (代表)

#### 【研究参加機関】

東京農工大学

#### 【研究協力機関】

株式会社アルダック、株式会社イトーキ、エア・ウォーター防災株式会社、大阪大学、株式会社岡村製作所、川崎エンジニアリング株式会社、京都大学、国立保健医療科学院、国立天文台、摂津金属工業株式会社、攝陽工業株式会社、株式会社セントラルユニ、株式会社竹中工務店、東レ・メディカル株式会社、ニプロ株式会社、株式会社日本シューター、パラマウントベッド株式会社、株式会社ブリヂストン、文化シャッター株式会社、美和医療電機株式会社、有限責任中間法人 JISART