

災害時重要施設を想定した S 造病院施設の E-ディフェンス震動台実験 E-Defense Shake Table Test for Critical Steel Hospital Building

○倉田真宏・河又洋介・金尾伊織・大鶴繁・藤田皓平・小島紘太郎・相田慎二・松尾真太郎・趙晃齊・堤貴彦・赤澤資貴・佐分利和宏・Liangjie QI

○Masahiro KURATA・Yohsuke KAWAMATA・Iori KANAO・Shigeru OHTSURU・Kohei FUJITA・Kotaro KOJIMA・Shinji AIDA・Shintaro MATSUO・Kosai CHO・Takahiko TSUTSUMI・Motoki AKAZAWA・Kazuhiro SABURI・Liangjie QI

To establish a method for quickly evaluating the medical operation continuity of hospitals after an earthquake, a shaking table experiment of a hospital building was conducted at the E-Defense facility. A specimen consisted of fixed-based and base-isolated structures, connected by a walkway with an expansion joint, were shaken together for the first time in the world. The specimen was equipped with nonstructural components and medical equipment to reproduce the actual conditions of hospitals. This paper reports on the test plan and the preliminary results.

1. はじめに

「災害時重要施設の高機能設備性能評価と機能損失判定」を研究テーマとし、地震発生後に、災害拠点病院など地域医療の拠点となる施設が事業継続を継続できるかを迅速に判定する手法を確立するため、防災科学技術研究所が所管する世界最大の「実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）」を活用して2020年12月に震動台実験を実施した。

病院施設は免震化が進みつつあり、施設内に既存の耐震構造と新設の免震構造の建物が並び、さらに機器や患者の行き来のために渡り廊下で繋がれている事例が多く見られる。そこで本実験では、耐震構造を強化した鉄骨造建物に、天井・間仕切り壁・高架水槽・設備配管を取り付け、免震構造の鉄骨建物と渡り廊下で繋がれた状態で実験した。両建物内には医療機器を含めた診療科の室内を再現し、病院建物の地震時における機能継続性向上に資するデータを収集・整備した。ここでは、実験計画と第1日目の実験結果について速報する。

2. 実験計画の概要

災害拠点となる病院施設を想定した4階建ての実物大の耐震建物試験体と3階建てのほぼ実物大免震建物である（図1）。耐震建物の各居室は、2F（スタッフステーション、検査部、薬剤部、診察室、処置室）、3F（手術室、透析室）、4F（NICU、コロナ重症患者用病室）、免震建物の各居室は、1F（検査部、薬剤部）、2F（NICU）、3F（透析

室）とした。建物の構造は建築基準法に従って設計しており、耐震建物試験体については、重要建物として、基準法で要求されている必要耐力の1.5倍の耐力を保有しており、試験体のランダム波応答から同定された固有周期は長辺方向で0.67秒、短辺方向で0.71秒である。免震建物試験体には免震装置として球面滑り支承（NS-SSB）を採用し、支承が滑動したときに上部構造の固有周期が4.5秒程度になるように調整した。また支承の摩擦係数が安定する面圧を確保するために屋上階の床スラブを増す打ちした。図2に試験体の立面図を示す。階高は、一般的な病院建物を参考に、耐震建物の1階部分は3.6m、2階以上は3.4m、免震建物は3.5mとした。平面の大きさは、耐震建物を7m×10m、免震建物を5m×6mとしており、今回の実験では短辺方向ならびに長辺方向に加振した。実測した試験体の総重量は耐震試験体が約3,200kN、免震試験体は約2,000kNであった。

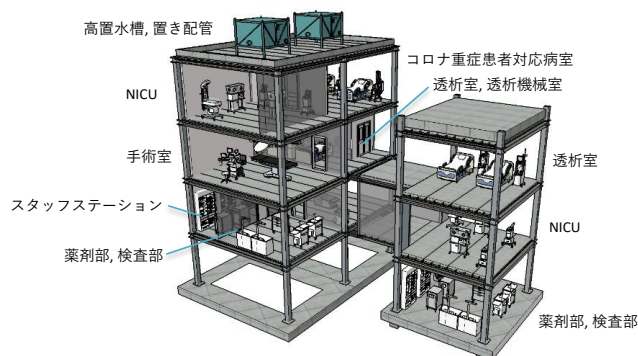


図1 試験体のイメージと診療科の配置

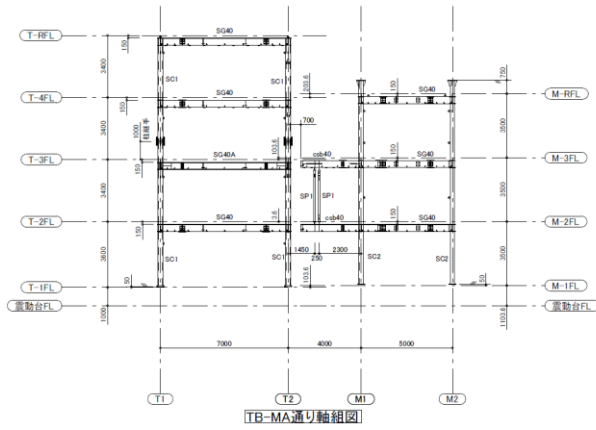


図2 試験体の立面図

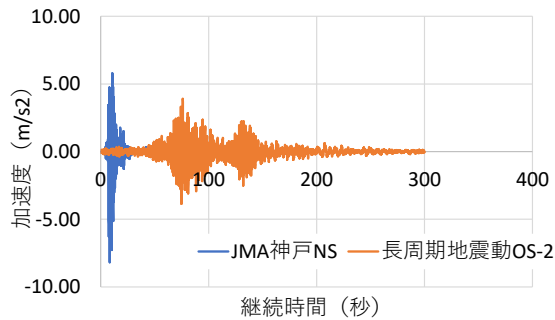


図3 入力地震動（振幅100%）

3日間（12月1日、4日、8日）の加振では、首都直下地震を想定した直下型地震動として、阪神淡路大震災において気象庁の神戸海洋気象台で観測されたJMA神戸波NS方向を、南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策用として、大阪地域で建設時の想定を上回る可能性が高いとされた地域（OS2）を対象に、国土交通省により示された地震動を使用した。図3に入力動を示す。

3. 速報

加振1日目では、設計要件に対する試験体の性能を評価した。入力動の振幅レベルを試験体の弾性限界（JMA神戸16%およびOS220%）、保有水平耐力限界（JMA神戸50%）、に設定し、水平1軸方向に加振した。免震棟建物では、免震装置が正常に動作し、建物内の医療機器や什器は無被害であった。耐震棟建物は保有水平耐力限界レベルの入力で構造部材の一部（2階梁端部と柱脚）に損傷は見られたが、応急危険度判定の結果は調査済み（調査済み、注意、危険のうち）と判定された。非構造部材では、間仕切壁のコーナー部（石こうボードの割れ・ひび割れ）とドア（空いていたドアが閉まらない）に大きな損傷が生じた。

耐震棟建物内では、3階および4階に設した重心の高い医療機器（人工心肺装置、除細動器、点

滴台など）が転倒するとともに、医療機器の多くが大きく移動として、互いに衝突する、壁に激突する、などした（図4）。ベッドに設置したマネキンには挿管チューブや回路を設置するなどしたが、実験後の様子を観察した医師や看護師、臨床工学技士から医療行為に支障をきたす可能性が指摘された。

謝辞

本稿は、令和2年度「首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト サブ(c)非構造部材を含む構造物の崩壊余裕度に関するデータ収集・整備」の一部である。試験体の製作においては、日本製鉄、日鉄建材、日鉄エンジニアリング、センクシア、新高製作所、セントラルユニ、日機装、田島ルーフィング、森松工業、内藤設計事務所、OKUJU、にご協力をいただいた。また医療機器について、京都大学医学部附属病院、宇治徳洲会病院、西陣病院、佼成病院、大垣市民病院の医療関係者に監修をいただいた。本実験の実施にあたり、京都大学ならびに京都工芸繊維大学の技術職員・学部生・大学院生の皆さんには協力を得ました。ここに感謝して御礼申し上げます。



図4 試験体内部の様子（JMA神戸50%加振後）