



E-Defense

E-Defense Today

(Published by E-Defense, NIED, April 21, 2022, Vol. 18 No. 1)

「第4期中長期計画」の最終年度を迎えて

防災科学技術研究所（以下、防災科研）の第4期中長期計は最終年度を迎えました。地震減災実験研究部門では、各方面の関係者のご尽力により、利用計画に沿って無事故の運用と予定した実験研究を実施してきました。

中長期計画の最終年度となる令和4年度は、年度に掲げた目標の達成のみならず、次期中長期計画に向けた準備、計画立案と新たな体制への移行があると考えます。関係各位には、引き続きEーディフェンス運用へのご理解とご支援をお願い申し上げます。

さて、令和3年度の施設運用では、厚生労働省が設けた無災害記録に記録証を交付する制度に基づく無事故無災害時間を242万時間（令和3年度末時点）とし、昨年度に引き続き更新しました。また、6課題の実験を実施したことで、施設の運用開始から17年間の実験実績は119件に至りました。データの公開件数は75件となりました。施設運用では、関係各位の新型コロナウイルス感染症予防対策へのご協力に重ねて御礼申し上げます。

令和3年度の実験について記載します。共同研究では、地方自治体、大学、民間企業と、水道管路の耐震補強接手の性能を調べる実験を実施しました。実験結果は、地震に対して有効な接手の補強方法の提案に繋がられます。文部科学省の補助事業である「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」では、「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 室内空間における機能維持」を題材とした実験を実施しました。居室を再現できる試験体ユニットを3基製作し、Eーディフェンスの加振性能を活かして低層階から高層階の室内の揺れを再現しました。室内空間の各種非構造部材、屋内設備、家具、什器等の応答データは、参画企業の関係者と共に、被害評価、対策手法の検討に活用されます。施設貸与実験では、2課題のエネルギー施設の設備に係る実験と大型構造物の制振ダンパーの評価実験を実施しました。これらは社会実装による国民への貢献が期待されます。加えて、つくばの大型耐震実験施設で予定していた受託研究をEーディフェンスで実施したことで、令和3年度は合計で6課題の実験を実施しました。

国際連携では、10層オフィス実験を含む今後の共同研究を見据えて、昨年5月20日に台湾のNCREEと韓国の釜山大学とのオンライン会議を、8月10日には、台湾、韓国、中国、スイス、トルコ、米国の研究者によるオンライン会議を開催しました。また、**第17回世界地震工学会（2021年9月27日～10月2日、会場：仙台国際センター）**においては、シミュレーションと実験の連携を題材として[ミニシンポジウム](#)を開催しました。昨年度に引き続き、コロナ禍の影響で海外の研究者が来日することができない中、動画配信システムを介して実験の様子をライブ配信し、防災科研の国際課の協力も得て効果的に会合を実施できました。

令和4年度のEーディフェンス等研究基盤を活用した地震減災研究では、「地震対応力向上のためのダメージ評価手法の研究開発」にて、10層のオフィス建物試験体を用いた実験に向けて準備を進めています。既存建物を含むインフラ構造物の地震によるダメージ評価や災害時の継続利用の判定を可能にするため、構造物の動特性を情報化するシステムの開発を産官学の体制で実施します。年度内の実験実施を目指しています。

本中長期では、未来を築く地震対応研究の推進と技術の先導を見据えました。

1. 点から面への展開（個々の構造物とライフライン・地盤を結び付けたエリアへ）
2. 質の高い空間構築（構造・居室・ライフラインの機能維持）
3. センシングとアラート（予防と対応に向けた評価と表示）

これらを踏まえた具体的な到達課題を進めて、将来の南海トラフ地震、首都直下地震に備え、僅かでも被害を軽減するべきと考えています。街区免震や高度センシング・表示システム等も今後の研究として考えています。

昨年度も述べましたが、これらの研究推進では、Eーディフェンスの「実大」、「三次元」、「破壊」のユニークさを活かし取り組んでいます。

実験データを援用して、大規模地震での長大構造物の損傷と被害の様相から対策技術の効果までを評価できるシミュレーションシステム（数値震動台）こそ、Eーディフェンスの装置限界を凌駕する目標です。実際の都市を仮想空間で再現してセンシングシステムで繋ぐ、都市CPS（Cyber Physical System）の研究を有識者の方々と共に進めています。

これらの研究と業務の推進では、人と人の繋がり大切さと有難さを痛感しています。省庁、機関、企業の多くの防災関係者の方々、研究者と有識者の方々、防災科研の事務・研究部署の方々、当方のスタッフの方々の支援に御礼申し上げますと共に、引き続きのご高配とご尽力を重ねてお願い申し上げます。

最後に、Eーディフェンスの近隣の話題となります。これまでEーディフェンスは三木防災総合公園の中に、1つだけの実験施設として存在してきました。現在、国の研究プロジェクトにより、実大の免震部材を評価できる実験施設がEーディフェンスの隣に建設中です。この施設は、実際に建物に使用される積層ゴムなどの免震部材を加振でき、その性能を精緻に評価できます。また、他の実験やシミュレーションと連動して、実大の建物評価を行えるハイブリットシミュレーションシステムも具備します。

是非とも連携関係を構築し、双方施設が協調して国内外で連携研究が行えるようになりたいと願っています。

地震減災実験研究部門 部門長
兵庫耐震工学研究センター センター長
梶原 浩一

Eーディフェンス公開実験報告 ー地震時、室内被害から人を守るー

✚ まえがき

こんにちは。Eーディフェンスの研究者（師弟コンビ 佐藤栄児・福井弘久）です。今回は我々が2021年12月から2022年1月にかけて実施致しました「室内空間・機能を対象とした地震災害軽減および被害判定のためのEーディフェンス実験」についてご報告させていただきます。

まず初めに、今回の振動台実験は、文部科学省地球観測システム研究開発費補助事業の「[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](#)」の工学分野での課題：[【サブプロ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】](#)として行っております。

✚ 概要・目的

過去の地震被害を振り返った場合、建物の倒壊などが注目されていますが、人的被害は、室内における非構造部材、家具、什器によるものがその半数以上を占めていることがこれまでの調査結果より分かっています。

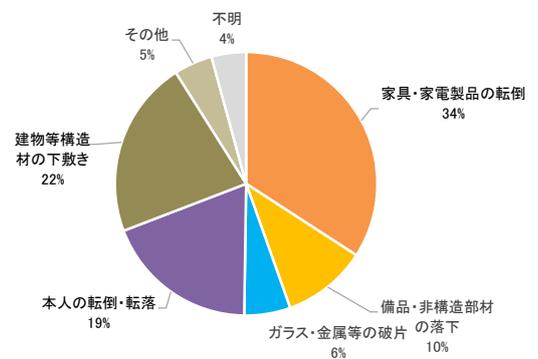
（例：図1）さらに、構造物が地震時に倒壊しなかったとしても、室内が雑然とした状況であった場合、建物用途として機能は維持できない可能性があり、構造物の耐震性についてだけでなく、室内空間の機能維持性能に対しても十分な検証・対策を行っていく必要があると考えています。そこで、今回の実験は、『室内空間における機能維持』をテーマに、試験体内部に様々な用途の室内空間を再現したうえで加振実験を行い、非構造部材、屋内設備、家具、什器等に関して、地震時の損傷挙動データを収集するとともに、損傷被害検証手法のガイドライン、被害対策法、地震被害センシング手法を提案する事を目的として実施致しました。

✚ 試験体

実験に用いた試験体は、柱スパンで8×5m、基準高さは約4m、質量は約60ton（床スラブを含む）の鉄骨造建物です。（写真1）通常、構造体を対象とした実験では、加振時のダメージが残っているために試験体は再利用しないのですが、今回は室内を対象とした実験であり、今後繰り返しの使用を可能とするため、主要構造部材を無損傷に留める様な強固な設計で製作されています。これらの試験体を3基製作し振動台上へ搭載いたしました。



平成28年熊本地震における室内での受傷の原因



調査対象：211件

負傷者死亡数 7名

熊本県下消防本部救急出動記録より独自集計

図1 平成28年熊本地震での負傷原因別負傷・死亡者数



写真1 試験体外観（左：屋外製作時 右：振動台上搭載時）

実験概要

加振実験は2021年12月と2022年1月の2回のシリーズに分けて行いました。2021年12月（以下、「1シリーズ」）では、連結した3基の試験体の内部を1つの大空間とし、博物館等の展示施設を再現（写真2）、また、2022年1月（以下、「2シリーズ」）では、3基の試験体の内部それぞれに、オフィス空間、住居空間、サーバーフロア空間を再現しました。（写真3）

室内空間を再現する壁、天井、家具、什器等に関しては、産業界や防災関連機関（家具什器・非構造部材メーカー、公的機関等、約40機関）で構成されている、室内空間を中心とした機能維持のための研究会（注1）と技術協力のもと施工しております。

地震動に関しては、1995年兵庫県南部地震（1月17日）や、2016年の熊本地震本震（4月16日）など、過去の観測波に加え、近い将来に発生が危惧されている東京湾直下マグニチュード7クラスの地震をシミュレーションした想定地震動（本実験では「想定首都圏地震波」と名称）を利用しました。

さらに、上記の地震動が建物に入力されたと仮定し、数値解析によって算出した上層階の揺れを振動台で入力するといった加振ケースも行いました。一般的には地面の揺れに対して上層階ほど揺れが増幅される傾向にあるため、1階建ての試験体で高層階の住居やオフィスの室内被害についても再現し、評価できる実験手法となっています。



写真2 試験体外観・内観（1シリーズ） 博物館再現



写真3 試験体外観・内観（2シリーズ）
オフィス・サーバールーム・住居再現

実験結果

1シリーズ目の加振は、主に熊本本震波*1、想定首都圏地震波、JMA 神戸波*2などの地震波に対して、入力レベルを様々に変化させ加振しました。

試験体の構造体自体は、非常に強固な設計で製作されていたこともあり、無損傷に留まっていました。

入力レベルが小さい場合では、展示ケースの移動量や展示物の転倒・転落等はありませんでしたが、展示物が破損する、または壁や上部に設置している機器等が外れることで人への深刻な影響を与えるような被害は確認されませんでした。

実際に観測された地震動源波のような高い入力レベルでの場合では、展示ケースの転倒、展示ガラスの破壊・飛散や天井照明の落下、展示物の落下・損壊などの被害が確認されました。展示ケースの転倒や照明の落下などは、人命へ深刻な被害を与える可能性が考えられます。また、博物館のような施設の場合、展示物が壊れてしまうことでその価値が損なわれてしまう事にも十分対策が必要です。

（写真4）



展示ケースの転倒・破損



天井照明の落下



展示ケースの破損



展示物の転倒・破損

写真4 加振後の室内被害（1シリーズ）

2シリーズ目の加振では、1シリーズ目で入力した地震動に加えて、それらがRC造約30階建ての建物や、鉄骨造約10階建ての建物に入力された場合の最上階の揺れを振動台で再現し、加振実験を行いました。

入力レベルが小さい場合では、家具の破損、落下、転倒などを確認いたしました。耐震対策を施した書棚（転倒防止効果のある突っ張り棒で支持）や、食器棚（壁面とチェーン固定）などは、一部収納物が落下していたものの、それ自体が転倒するといったことはなく、一定の効果を確認できました。オフィス空間、サーバールームに関しても、若干の移動等が確認できた程度で目立った被害はありませんでした。

実際に観測された地震動源波や建物上部階の応答のような高い入力レベルでの場合では、耐震対策を施した家具であっても激しく転倒し、本棚の破壊、収納物（本・食器等）やガラスの落下・飛散だけでなく、積載した棚（約200キロ以上）が倒れ込むことの危険性が明らかになりました。（写真5）



食器棚の破壊・食器類の落下



本棚の転倒



キャビネットの転倒



収納棚の転倒

写真5 加振後の室内被害（2シリーズ）

実験結果については現在も検証中ですが、室内空間を中心とした機能維持のための研究会での活動は継続して行い、各メーカー様が自社の製品の性能検証を行うと同時に、更なる耐震性能の向上につなげて頂き、再度、新たに実験を行うことで室内空間の安全性の評価などを同一条件で実施する手法を提案し、実験手法の標準化などをめざします。また、様々な状況下で設置された家具、什器を含んだ各種非構造部材の地震被害を、より簡易で効果的に低減できる対策方法や、室内被害に対してカメラ映像や音感（五感センサ）のデバイスを用いた被害評価システムへの発展を目指します。

*1：2016年の熊本地震本震（4月16日）の際、防災科学技術研究所の基盤強震観測網 KiK-net 益城観測点で観測された地震波

*2：1995年の兵庫県南部地震の際、神戸海洋気象台で観測された地震波

✚ あとがき

本実験実施に当たり、安全管理室、研究推進室をはじめ所内外の皆様、震動実験総合エンジニアリング株式会社様（略称サイテック）、室内空間を中心とした機能維持のための研究会の皆様（写真6）、本実験業務を請け負っていただきました作業関係者の皆様から多くのサポートをいただき、なにより一つ大きなトラブルなく終了いたしました。（天井高・・・校正值・・・発注数・・・小さなトラブルはありましたが、今となっては笑い話です。）

また、コロナ禍ではありましたが、最後まで感染者を出すことなく無事に実験を終了することができたのも、関わっていただいた皆様の徹底した感染拡大防止対応のおかげです。実験実施・成功には多くの人の支えや協力の上で成り立っているのだと再確認いたしました。

実験期間は、たとえ1週間程度であったとしても、実験が無事成功することや様々な対応にせまられ、心身ともに疲労するものです。それが、今回は約2か月間と長期に渡る実験期間でありました。自分たちで言うのもなんですが、このようなハードなスケジュールにも拘らず、日々前向きに活動できたのもEーディフェンス内でのチームワークがうまく機能していたことも要因の一つだったのかなと。。。

最後になりましたが、まだまだ配属されてきて間もない私を本実験計画へ参画させていただきました佐藤主任研究員、梶原部門長、井上副部門長、田端副部門長に感謝の意を表して終わらせていただきます。お読みいただきありがとうございました。



写真6 室内空間を中心とした機能維持のための研究会参加メンバー

（左：1シリーズ目 右：2シリーズ目）

注1 室内空間を中心とした機能維持のための研究会参加メンバー

IMV（株）、NPO 安心安全のまちづくり機構、（株）イトーキ、FKK（株）、セイコーエプソン（株）、（株）オカムラ、カリモク皆栄（株）、（株）桐井製作所、（一財）建材試験センター、（株）構造計画研究所、（独）国民生活センター、コクヨ（株）、NPO 小杉駅周辺エリアマネジメント、コマニー（株）、セコム（株）、センクシア（株）、大成建設（株）、タカラスタANDARD（株）、千葉大学、帝京大学、TOA（株）、東京国立博物館、京都国立博物館、文化財防災センター、東京消防庁、東京消防庁消防技術安全所、日東工業（株）、日本オフィス家具協会、NHK 技研、パナソニック（株）、ビジネス機械・情報システム産業協会、藤澤建機（株）、フリーアクセスフロア工業会、プラス（株）、（一社）防災事業経済協議会、（株）ホタルクス、明治大学、（株）山小電機製作所、防災機器検査協会（順不同、仮メンバーも含む）

（文責：特別研究員 福井 弘久）