

防災科研ニュース

特集

- ・ 橋梁耐震実験研究
- ・ 鉄骨造建物実験研究
- ・ 超高層建物の被害様相と防災対策
- ・ 震災時における医療施設の機能保持実験

行事開催報告

- ・ 伊勢湾台風50周年企画「台風災害を見る・聞く・学ぶ」

- ・ 火山災害軽減のための方策に関する国際WS2009
- ・ 2009年度雪氷防災研究講演会
- ・ 第2回災害リスク情報プラットフォーム研究プロジェクトシンポジウム

研究最前線

- ・ ASEBIによるEーディフェンスの実験データ公開



特集

Eーディフェンスによる地震防災への挑戦

今から15年前の1995年1月17日の早朝、兵庫県南部地震が発生し、木造建物、RC造建物、鉄骨造建物、橋梁、港湾施設、鉄道施設、ガス、水道、下水道、地下鉄などの地中ライフライン施設などが多大な被害を受けました。また、木造建物等の倒壊などにより、6400名以上の方々が尊い命を失い、阪神・淡路大震災と呼ばれる大災害となりました。この地震から学ばべき教訓はたくさんありますが、「大地震では構造物が壊れて人命が失われる」ということが、最も大きな教訓だったのではないのでしょうか？

防災科研の実大三次元震動破壊実験施設（愛称：Eーディフェンス）は、この教訓を基に、各種構造物の耐震設計法や耐震補強工法の妥当性の検証を、「(模型実験ではなく)実大規模で」「(実際の地震と同じ)三次元震動下で」「(塑性限界のみならず)破壊に至るまで」行うことを目的に、計画・整備されました（詳細は、「防災科学技術研究所45年のあゆみ(研究資料第327号、2009年3月)」をご覧ください）。

Eーディフェンスは、阪神・淡路大震災から10周年となる2005年4月に稼働を開始し、様々な構造物やシステムの震動破壊実験に活用されてきました。本特集では、2005年度から日米共同研究として実施している「橋梁構造物」「鉄骨造建物」について、また2007年度より文部科学省「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」の一環として実施している「超高層建物(室内安全に関する部分は兵庫県との共同研究)」「医療施設」についてご紹介します。特に「超高層建物」に関する実験では、全く新しい実験手法により、超高層ビルの震動を、Eーディフェンスの限られた空間内に再現するという大胆な挑戦も行っています。

なお、文部科学省「大都市大震災軽減特別プロジェクト」の一環として実施した「木造建物」「RC建物」「地盤基礎構造」に関する研究については、「防災科研ニュース, No.163、特集：Eーディフェンスによる地震防災への貢献」をご覧ください。

橋梁耐震実験研究

過去から現在 そして未来へ繋ぐために

兵庫耐震工学研究センター 招へい研究員 中山 学



はじめに

1995年1月17日早朝発生した兵庫県南部地震では、橋梁でも多くの被害が発生しました。特に、神戸と大阪を結ぶ大動脈の阪神高速3号神戸線では、高架橋の倒壊もあり、完全開通には623日を要しました。日頃、走り慣れている橋梁に一度被害が発生すると我々を取り巻く社会への影響、特に経済損失が大きいことは言うまでもありません。

防災科研は、「どのようにして被害が発生したか」を検証するために、2005年度から研究を開始し、今までに2007年度から3回の加振実験を実施しました。

その結果と2009年度の実験（予定）について紹介します（写真1 加振実験全景）。



写真1 加振実験全景

過去から現在

防災科研の橋梁耐震実験研究では、

- ①実大三次元破壊実験施設（E-ディフェンス）を活用して、「兵庫県南部地震で被災した橋梁の破壊メカニズムの解明」と「現在実施されている耐震補強技術や耐震設計法の有効性」の実証
- ②耐震性向上を図るための「次世代型耐震技術の開発」

などを目標としています。

今までの実験では、まず1970年代に建設された橋脚（阪神・淡路大震災で多くの被害が発生した橋脚）を対象に、橋が杭によって支持されていると仮定して、兵庫県南部地震の際にJR鷹取駅で記録された観測波を震動台に作用させて揺らす実験をしました（実験終了後の写真2参照）。



写真2 1970年代建設の橋脚（兵庫県南部地震程度の揺れの後）。橋脚最下部で大きな破壊が発生している。

次に、兵庫県南部地震による被害を教訓として改訂された現行の基準で設計された橋脚を同じように揺らせてみました。その結果が**写真3**です。



写真3 現行基準の橋脚（兵庫県南部地震程度の揺れの後）。大きな被害は見られず、軽微な補修をすれば使用可能。

写真2と比べると、ひび割れが見られる程度の被害で収まっていることがわかります。

さらに、耐震性でどの程度の余裕があるかを検証するために、**写真1**の「^{おもり}錘」を1.2倍とし、震動台の揺れを1.25倍として揺らせた結果が**写真4**です。



写真4 現行基準の橋脚（余裕度検証後）。現行基準では、以前の基準よりも多くの鉄筋が使用されているので耐力の向上がみられる。錘を1.2倍とし震動台の揺れを1.25倍として2回揺らせた結果、内側のコンクリートが鉄筋より外へ割れ出た。

写真2～**4**より、現行基準で設計された橋脚では、

- ①兵庫県南部地震と同程度の地震に対しては、ひび割れが発生する程度の損傷で済む
- ②さらに、1.25倍の揺れの大きさの地震では、1970年代に建設された橋脚が兵庫県南部地震と同じくらいの揺れで受ける被害と機能低下は同程度であろうということがわかりました。

すなわち、現行基準で設計された橋脚は高い耐震性を持っていると言えるでしょう。

そして未来へ

2009年度の実験（2月～3月加振予定）では、研究の目的である、「現行の設計基準による橋脚の耐震性を更に上回る、次世代型のコンクリート橋脚の開発」を目指しています。

被害が発生しやすい橋脚の付根部分での粘り強さを増すために、通常のコンクリートに代えてモルタルの中にポリプロピレン繊維を入れた「高じん性繊維補強モルタル」を使用予定です。

コンクリートの表面が剥落しないので、兵庫県南部地震より強いであろう今後の直下型地震に対しても余裕を持った耐久性のある橋梁の実現が可能となります。巨大地震が襲来しても、大きな被害の発生による長期間車両通行不能という事態を回避できると考えています。

おわりに

兵庫県南部地震が発生して、早や15年が経過しようとしています。

実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を活用し、「なぜ倒壊したか」を検証するとともに、2009年度実験が次世代型橋脚実現への序章となり、より安全で安心な都市空間がつくられるように研究を進めています。

鉄骨造建物実験研究

鉄骨造建物の耐震性向上を目指して

兵庫耐震工学研究センター 特別研究員 引野 剛



はじめに

1995年兵庫県南部地震では、鉄骨造建物も鉄筋コンクリート造や木造などと同様に大きな被害を受け、倒壊や大破に至ったものもありました。鉄骨造建物は、一般的な建築構造物の30%強を占め、安心・安全な国づくりを実現するためには、鉄骨造建物の耐震性向上は必要不可欠です。防災科研は、鉄骨造建物のさらなる耐震性向上を目的として、「E-ディフェンスを活用した構造物の耐震性に関する国内外共同モデル研究」というテーマの下、2005年度より5年間にわたり鉄骨造建物の実験研究を行っています。現行の耐震設計基準に基づいた「既存鉄骨造建物」を対象とした研究では、「完全崩壊再現実験」を実施し、その破壊過程の解明と耐震性に関する余裕度の評価を行っています。また、最新の技術を取り入れた「高付加価値鉄骨造建物」については、「制振構造物実験」および「ロッキングフレーム実験」を実施し、大地震の経験のない制振装置付き鉄骨造建物の耐震性を検証するとともに、実際の建物で実現が少ないロッキングを有する構造体について、今後の実現に向けた基礎的な研究を行っています。本報では、これら3つの実験についてご紹介します。

完全崩壊再現実験

建物の完全な崩壊に対する安全性を明らかにするためには、構造材だけでなく非構造材も含

め、実際の建物の完全な崩壊に至る挙動を把握することが必要です。E-ディフェンスは、これまで行うことができなかったこのような実験を可能とする施設であり、本実験では4層の鉄骨造建物を製作し、実際に崩壊させています。試験体は、現行の耐震設計基準に従って設計・施工され、写真1のように鉄骨部材である柱・梁とコンクリート床スラブといった構造体に加え、石膏ボードの間仕切り壁と天井、ALCと呼ばれる外壁材、およびサッシといった非構造部材から構成されており、総重量は約2050kNです。

加振には、JR 鷹取駅付近で観測された波形（以下、鷹取波）が用いられました。現行基準の大地震レベルに相当する鷹取波の40%の加振

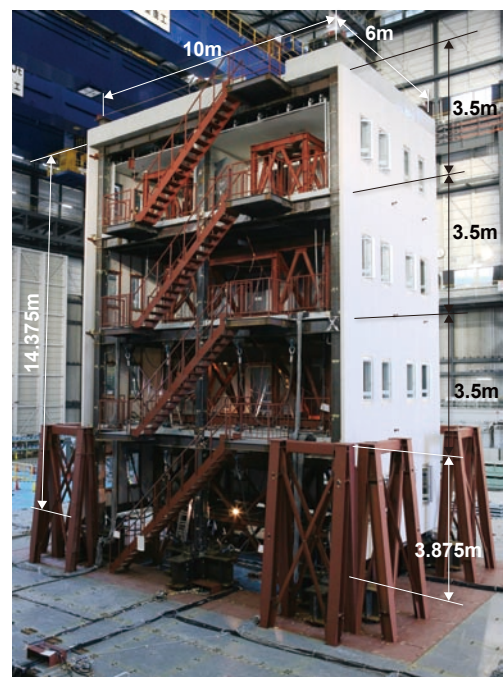


写真1 完全崩壊再現実験試験体全景

では、試験体は一部塑性化するものの倒壊には至らず、さらに基準を超える60%の加振においても、やはり倒壊には至らないことを確認しました。最後に100%の加振を行った結果、試験体は柱の局部座屈に起因する1階の層崩壊により崩壊しました。実験結果からは、崩壊時の試験体全体の挙動、各部材の力の時間的変化、および非構造部材に関する損傷の程度などについて貴重なデータを得ることができました。

制振構造建物実験

近年、地震時の建物の応答を効率的に抑制するために、制振装置を用いた鉄骨造建物が急速に普及していますが、実は大地震の経験がなく、建物レベルでの真の効果が実証されていません。本実験の目的は、代表的なブレース型の制振装置について、実際に鉄骨造建物に組み込み、建物レベルでの性能を検証することです。試験体は、写真2のように、鉄骨部材である柱・梁とコンクリート床スラブおよび制振装置であるダンパーといった構造体に加え、鉄骨階段、間仕切り壁および外壁材といった非構造部材から構成されており、総重量は5800kNです。

加振実験は、制振装置を、鋼材・粘性・オイル・粘弾性・なしの順に交換しながら実施しました。加振波には鷹取波が用いられ、制振装置ありの場合は、最大100%加振、なしの場合は安全性の制約で最大70%加振まで行いました。実験結果は、70%加振における非制振時との比較で、最大変形について0.45～0.55倍、最大加速度について0.7倍～0.8倍と、制振装置の効果を確認することができました。

試験体は、いずれの制振装置の装着時においても、鷹取100%加振に対して、最大層間変形角が1/100以下となるように設計されていました。実際に、100%加振を行った結果、最大

層間変形角は、鋼材1/120、粘性1/130、オイル1/140、粘弾性1/110と予想よりやや小さい結果となりました。これは、試験体の固有周期が、解析値よりも若干短かく、試験体の剛性が高かったため、鷹取波のスペクトル上応答が小さくなる傾向にあったためです。制振装置単体の力-変形関係は、解析モデルにほぼ近い性状を示していたことから、フレーム側の予測精度の難しさが表れていると言えます。逆に言えば、性質の明らかな制振装置を用いることは、解析精度の向上にもつながり、それだけ確実な耐震性能の確保にも繋がっていくと言えます。

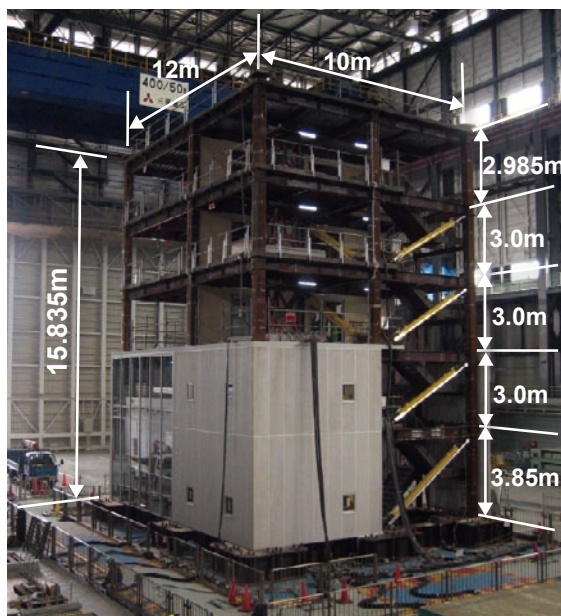


写真2 制振構造建物実験試験体全景

ロッキングフレーム実験

防災科研は、NSF(米国科学財団)の下に設立されたNEES(The George E. Brown, Jr. Network for Earthquake Engineering Simulation)と協同し、2005年より国際共同研究を推進しており、本実験はその一環として行われました。「ロッキング」とは「回転」のことであり、ロッキングフレームは、従来と異なり柱脚を基礎に固定せ

ず浮き上がらせることによって、地震時応答の低減を図るものです。さらに本実験では、小さくなった建物への入力エネルギーを集中的に吸収するエネルギー吸収部材を設け、大部分の構造体に損傷を与えない構造システムとしています。この背景には、昨今の大地震時の被害経験から、大地震後の建物の修復、建て替えが容易な構造体が要求されていることがあります。これまで NEES を中心に、エネルギー吸収部材実験、ロッキングフレームの静的漸増載荷実験が行われており、本実験は、最終段階の動的検証実験として行われました。

実験システムは、図1に示すように、慣性質量であるテストベッドを用いており、試験体は中心の平面フレームです。テストベッドは、3次元的な試験体を製作しなくても、比較的簡易に実験を行うことができるように、E-ディフェンス震動台専用のおもりとして考案されたものです。試験体中央には、PC鋼より線を用いたケーブルがあり、残留変形をほとんどゼロに抑制しています。加振波は、JMA 神戸海洋気象台で観測された地震波および1994年米国ノースリッジで観測された地震波が用いられました。加振レベルは、米国設計基準に合わせ、DE (Design Earthquake) として、JMA 神戸46%、ノースリッジ95%加振を行い、さらに1.5倍のMCE (Maximum Considered Earthquake) まで

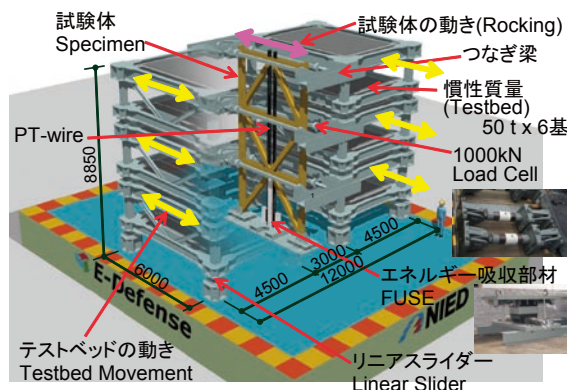


図1 ロッキングフレーム実験システム概要

加振を行いました。

実験結果からは、静的実験では得られなかった高さ方向のせん断力分布の変動、エネルギー吸収部分の力-変形関係、解析と実験結果との関係など基礎的なデータを得ることができ、日米において、ロッキングフレームの今後の実用化に大きく貢献するものと考えられます。

ブラインド解析コンテスト

完全崩壊再現実験および制振構造建物実験では、実験に合わせて「ブラインド解析コンテスト」を実施しました。これは、実験による試験体の応答変位や応答加速度について、実験前に解析による予測を行い、その精度を競うものであり、ウェブページを通じて広く海外にも参加を募集したものです。表1、表2に示すとおり、海外からも多くの参加を得ています。結果については、国際会議でも発表しており、こうした活動を通じ、世界におけるE-ディフェンスのプレゼンスを高めていきたいと考えています。

表1 完全崩壊実験コンテスト参加状況

参加国\カテゴリ	3D-R	3D-P	2D-R	2D-P	TOTAL
日本	6	5	4	2	17
米国	6	5	2	2	15
台湾	4	0	4	0	8
中国	1	1	2	0	4
N.Z.	0	1	0	0	1
イタリア	1	0	0	0	1
英国	0	0	0	1	1
TOTAL	18	12	12	5	47

①3D-R：立体解析(研究者) ③2D-R：平面解析(研究者)
②3D-P：立体解析(実務者) ④2D-P：平面解析(実務者)

表2 制振構造建物実験コンテスト参加状況

参加国\カテゴリ	Category1	Category2	Category3	Category4	TOTAL
日本	8	2	3	2	15
台湾	3	4	4	4	15
米国	2	4	3	3	12
中国	2	4	0	0	6
N.Z.	1	0	0	0	1
イタリア	1	0	0	0	1
カナダ	0	0	1	0	1
UAE	0	0	0	1	1
TOTAL	17	14	11	10	52

Category1: 3D鋼材ダンパー Category3: 2D鋼材ダンパー
Category2: 3D粘性ダンパー Category4: 2D粘性ダンパー

超高層建物の被害様相と防災対策

大都市を襲う長周期地震動を見据えて



主任研究員 長江拓也

はじめに

現在、わが国の太平洋側では海溝型の巨大地震が高い確率で発生すると予測されています。このとき、ゆっくり揺れる成分に力を有する長周期地震動が内陸に伝わり、大都市の超高層建物群を長時間にわたって強く揺さぶる恐れがあります。こうした状況下で、防災科研は、超高層建物の被害の軽減をめざす大規模実験に取り組んでいます。実験では、Eーディフェンスの持つ性能を最大限に活かし、長周期地震動をうける超高層建物の揺れを引き起こします。

骨組の安全性に関する実験

この実験では、試験体の下層部分を鉄骨造骨組とし、その上の重量はコンクリート錘に置換しました。コンクリート錘の間に積層ゴムと鉄製ダンパーを挟むことで、超高層建物の揺れを発生させました。**写真1**がその試験体になります。重量は、Eーディフェンスの限界である1200tにあと数パーセントです。ここで、建物を構成する骨組みの大切な部分を考えてみましょう。木の枝にぶら下がって力をかけて揺さぶると、枝が根元から折れます。骨組みの中でも、梁の根元に大きな力がかかります。設計では、大地震時にここが簡単には折れず粘りながら耐える、と想定しています。しかし、その一番大きな力がかかる部分に柱と梁のつなぎ目（接合部）があり、問題を難しくします。**写真**



写真1 骨組の安全性に関する実験



写真2 梁の根元の接合部（左：工場溶接、右：現場溶接）

2は試験体における柱と梁の接合部分です。柱と梁の接合部には、現場で溶接する様式と工場で溶接する様式がありますが、実験では、**写真2**に示すように、それらのディテールをできるだけ忠実に再現しました。**図1**に、設計用地震動と長周期地震動（名古屋三の丸波）の揺れが、Eーディフェンスに設置された試験体の骨組みに与えた変形角を示します。三の丸波は、東海・東南海地震を想定し名古屋で予測されている長周期地震動で、威力のあるほうに分類されます。長周期地震動を受ける超高層建物の骨組みは、設計で考えられていた変形の数倍もの大変形を

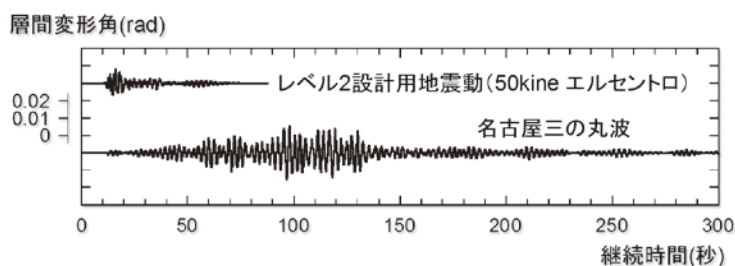


図1 実験による骨組の層間変形角履歴

一気に受けるのではなく、設計で考えられていた値の1.5倍程度の変形を長時間に渡って何度も繰り返し受けることがわかります。設計時には、ある程度の安全を見て限界値を与えているので、1.5倍くらいの最大変形ならば、大きな被害にならないであろう、という考えもあったかもしれません。しかし、こうした場合の損傷はそのような観点だけで計ることはできません。針金を曲げるときを思い浮かべてみてください。1回曲げただけでは、局部的に色がやや白っぽくなるだけです。しかし、同じ箇所を何度も繰り返し、押し戻したりしているうちに、とうとうそこで切れてしまいます。

さて、実験では、設計用地震動と首都圏で想定される長周期地震動の加振を終え、その後の三の丸波の加振の途中で、梁の根元の下フランジが溶接部分で切れてしまいました。それは、現場で溶接したタイプのもので、工場で溶接したタイプは、その数倍以上の能力を示しました。現場で溶接したものの破断状況を詳しく調べたところ、現場で組み立てるときに必要なウェブのボルト接合、現場での溶接に適したスカラップ（溶接棒が通るための蛤くらいの穴）の形状等、ものづくりの過程で要求される条件が複雑に絡み合っていました。

さて、超高層建物において多数の梁の根元に破断が生じれば、大規模な補修が必要になることは明らかです。その程度によっては、継続使用を放棄しなければいけない状況も出てくるか

もしれません。その対策としてダンパーによって共振を抑える手法が期待されています。これを主題とする実験は、この9月に実施されました。実験において、ダンパーは骨組が吸収していたエネルギーの8割近くを肩代わりして、骨組の損傷を激減させました。

個々の建物で、設計内容をもう一度見直して、設計時において考えられていなかった地震動に対する再評価、およびその手当てが必要です。

室内の安全性に関する実験

超高層建物の上層部分は特に大きく揺れます。床が前後左右に数メートル移動し続けるのです。この実験では、そうした揺れを受ける超高層建物内のオフィス、マンションについて、室内空間を再現し、オフィス機器、家具、什器における、転倒状況、移動状況、飛散状況を総合的に調べました。写真3に示す試験体は、多くの室内空間を提供できる大型の剛な骨組の下に、積層ゴムとコンクリート錘からなる長周期地震動の増幅装置を組み込んでいます。

住宅やオフィスを忠実に再現し、そこに対策した場合と、対策していない場合のシナリオを用意して、高層階の揺れを与えました。写真4



写真3 室内の安全性に関する実験



写真4 オフィス (左：加振前, 右：加振後)

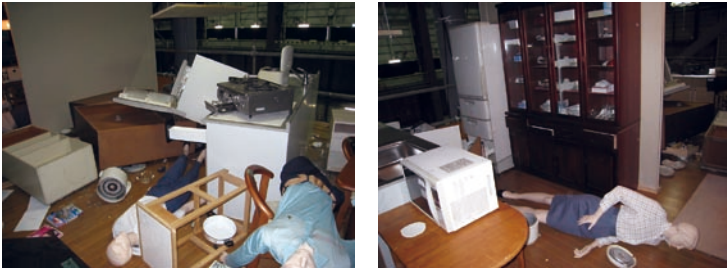


写真5 キッチン (左：対策なし, 右：対策あり)

と写真5は、被害と対策の効果の様子です。オフィスには、収納能力の高い(背の高い)書棚等があり、対策のための固定が無ければ、転倒は免れません。床の大きな揺れによって、キャスター付きの家具や器機は大きく移動します。コピー機のように200 kgにおよぶ重量物が、3m以上の揺れ幅で、3分以上動き回り、壁に穴を開ける状況も記録されました。当然、このような揺れの中で人間は立っていることが出来ません。重量物が衝突してくる時に、そこにいる人々は伏せている状態であり、無防備に上半身で受けてしまうのです。移動式書棚などの扱いきりもあり、オフィスの重量物に対する対策は、専門家との相談が必要でしょう。まずは、レイアウトを考え、ものを置く場所と働く場所を適切に区分し、被害を最小限にとどめる工夫が必要です。

マンションでも、家具や内容物の振る舞いは基本的に同じです。各家庭で、その脅威をしっかり認識する必要があります。例えば、キッチンにおいて、冷蔵庫のような重量物が転倒し、

食器・調理器具は滑落、飛散し凶器に変わります。家具は、突っ張り棒やL型アングル、粘着性耐震マットなどを用いて、適切に固定する必要があります。内容物の飛散や器具の移動は、専用の滑り止めマット、粘着性耐震マットによって防止できません。総合的な対策が、室内の状況を一変させます。

長周期地震動は、緊急地震速報によって数十秒まえに察知できます。マンションでは、ものの少ない安全な部屋を用意しておいて、そこに移動する、との取り決めなどを家族全員で確認しておくといよいでしょう。

オフィスの場合は、廊下に移動するとよいでしょう(廊下にはものを置いてはいけません)。

実験では、室内の被害状況と固定対策等の効果をビデオ映像として記録しています。内容は公開されており、下記のウェブサイトでもダウンロードできます。室内空間のリアルな映像は、防災意識を高め、対策の必要性を理解するのに有効です。

<http://www.bosai.go.jp/hyogo/movie.html>

おわりに

実際の超高層建物に比べれば、E-ディフェンスに載せられる試験体の高さはせいぜい1/4程度です。「相手が大きいから問題も大きい。」本研究では、実験装置を工夫することで振動台の性能を最大限に活かし、実際の揺れの中で超高層建物が受ける被害を、直接表現する実験を実現しました。そこから、起こりうる被害を読み取り、適切な対策を実践する必要があります。

震災時における医療施設の機能保持実験

大地震時に病院は機能するか



兵庫耐震工学研究センター 主任研究員 佐藤栄児

はじめに

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あり、建物の倒壊・破壊に関する研究はこれまでEーディフェンスを含め数多く実施されてきました。今後も未解明の現象や社会変化に対応した耐震対策の検討のため、Eーディフェンスの活用が期待されています。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、これら都市施設・機能を災害後も継続させることも不可欠な課題であり、また最近では官公庁および民間機関において災害時等に備えたBCP（Business Continuity Plan: 事業継続計画）の策定なども注目されています。

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維持するための研究を行っています。実際に1995年の兵庫県南部地震（死者数6434人、負傷者数43792人）時には、兵庫県下で地震発生後1週間までの患者数は12万人を超え、うち入院を要した患者数は約2万人にも及んでいます¹⁾、医療施設の総数約3100施設（病院約220、診療所約2920。ただし歯科診療所は除く。）のうち半数以上の約1600施設（病院約190、診療所約1470）が被害を受け²⁾、1000を超える



写真1 試験体全景

医療施設が診療不能となりました。

ここでは医療施設の機能保持性能向上をめざし、Eーディフェンスで行った医療施設の実大実験について紹介します。

医療施設を模擬した実大実験

医療施設を模擬した鉄筋コンクリート造4階建ての試験体（写真1）（高さ約18m、各階床面積80㎡（8m×10m））を建設し、1階に撮影室、情報通信室、2階に診察室、人工透析室、スタッフステーション、3階に手術室、集中治療室（ICU）、4階に病室、情報通信室を配置しました（図1）。室内にはX線撮影装置、人工透析装置、手術用機器、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・壁固定、床置き、キャスター付き（ロック又はフリー）などそれぞれの通常の使用状況にあわせた設置

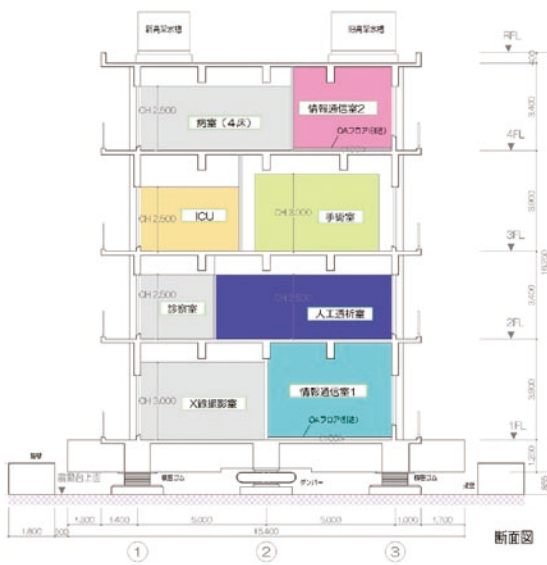


図1 配置図(試験体断面図)

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実際に通信しながら実験を行いました。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、建物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等で構成される免震装置を介して建物を支持する“免震構造”の2つの形式を採用しました。このうち免震構造は、1995年の兵庫県南部地震以前は病院では1例もありませんでしたが、地震後に建設が急速に増加し、現在までに約100件が建設されています。(ちなみに首相官邸も免震構造です。)

入力地震動は、短周期地震としてインペリアルバレイ地震(1940)時に観測されたエルセントロ波をレベル2地震(最大速度50cm/s)として(入力最大加速度511cm/s²、震度5強)、兵庫県南部地震(1995)時に観測されたJMA神戸波を80%にして(同654cm/s²、震度6強)、関東地震(1923)時での推定波である横浜波(同

449cm/s²震度5強)の3つを用い、また長周期地震動として東海・東南海地震で想定されている三の丸波(同186cm/s²、震度5強)を用いました。

耐震構造の病院での実験結果

長周期地震である三の丸波の加振では、床の最大応答加速度は200～250cm/s²程度で、構造的な被害はほとんどなく、室内被害としてキャスター付き機器・ベッドでキャスターをロックしていないものが約50～80cm移動した程度でした。また、屋上の高架水槽にスロッシングが発生し、新旧両方の水槽から水が噴出するのが確認されました。

短周期地震である横浜波、エルセントロ波50cm/s、JMA神戸波80%の加振では、床の最大応答加速度は約2～3.4倍に増幅され、最大で2000cm/s²以上に達しているものも確認されました。構造的には建物の固有周期が初期状態の約0.24秒から最終的に1.5倍の約0.36秒に伸びましたが、致命的な損傷(建物として使用不可能な状態)は発生しませんでした。

室内被害としては、ほとんど全ての機器が移動し、床や壁に金物等で固定されていない機器(CTスキャナ撮影部、手術台など)および什器の移動、棚内に納められていた医薬品等の物品の散乱、スライド式扉の脱落、機器の転倒・落下などが確認されました。ま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っており、大地震時に人体が受ける振動の激しさを物語っています。実験後のこれらの状況を写真2に、機能的な被害をまとめたものを表1に示します。このような状況下では、高度な医療行為は当然のことながら通常の医療行為ですら即座に実施することは困難であると推測されます。また大規模地震災害時には放射線



写真2 耐震構造における短周期地震波加振後の室内状況

表1 耐震構造の室内被害

地震動	短周期	長周期
キャスター機器(フリー)	70cm程度の移動	50cm程度の移動
キャスター機器(固定)	50cm以上の移動あり 衝突による転倒	移動なし
置き型機器	モニターの落下	移動なし
重量物の移動	CT等の数cmの移動	なし
ベッド(フリー)	1m程度移動	80cm程度移動
ベッド(固定)	ロックはずれる	移動なし
手術台	移動あり 患者転落しかかる	移動なし 患者問題なし
手術室壁パネル	ダクトパネルの脱落	被害なし
壁ボード	被害なし	被害なし
引き出し	全開, 落下なし	多少の開き
棚	物品の散乱	物品の散乱なし
吸引ピン	脱落あり	被害なし
スライド式扉等	扉の脱落	扉の開閉
高架水槽	蓋より溢水	蓋より溢水

機器等による診断を伴う災害医療が多く必要となることが予想され、さらに災害後しばらく経過するとCTスキャナなども利用され始め、こうした精密または重量機器の移動などはユーザーが即座に解決できる問題ではなく、また使用上の安全も確保できないものと考えられます。

免震構造の病院での実験結果

短周期地震であるエルセントロ波50cm/s、JMA神戸波80%の加振では、床の最大応答加速度は200cm/s²～250cm/s²と低減され、高い免震効果が発揮されており、構造的な被害はほとんどみられませんでした。室内の被害としては、

キャスター付き機器・ベッドでキャスターをロックしていないものが最大で約1m移動しているものもありましたが、ほとんどが60cm程度で、病院機能に大きく影響する被害は確認されませんでした。

しかし、長周期地震である三の丸波では床の最大応答加速度が250cm/s²程度となり、免震構造でありながら約1.3倍に増幅してしまいました。これは、免震構造の固有周期と地震動が持っている最もパワーのある周期(卓越周期)とが近接しているため、免震建物が共振し応答が増幅してしまったためです。この共振により建物はゆっくりゆらゆらと大きく揺れるのが観測されました。共振しても応答加速度が250cm/s²程度であるため、構造的な被害はほとんどみられませんでした。一方、室内の被害としては、直接床に設置された機器やキャスターをロックした機器には特に問題はなかったものの、キャスターをフリーにした機器は、室内を走り回り、多くのものが1m以上移動しており、最大で3m以上移動しているものや、移動での衝突により転倒した機器もみられました。また、移動した機器が約50cm/s～90cm/s以上の速度を持ち、その速度でまわりの影響を受けていない機

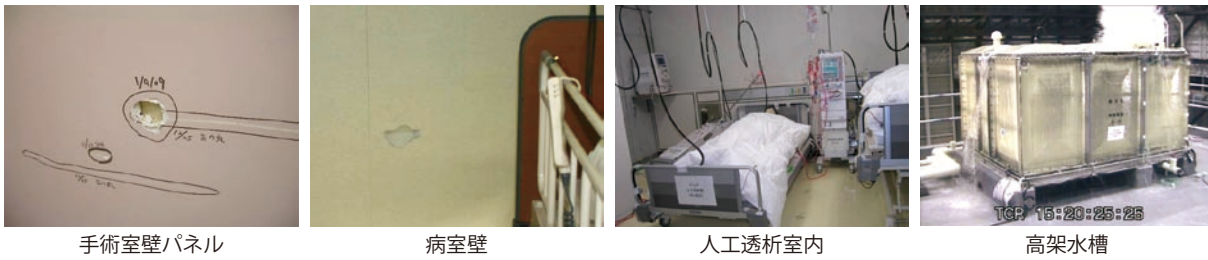


写真3 免震構造における長周期地震波加振後の室内状況

表2 免震構造の室内被害

地震動	短周期	長周期
キャスター機器(フリー)	60cm程度の移動	最大3mの移動 多数の衝突
キャスター機器(固定)	移動なし	移動なし
置き型機器	移動なし	移動なし
重量物の移動	なし	なし
ベッド(フリー)	1m程度移動	1.5m程度移動
ベッド(固定)	移動なし	移動なし
手術台	移動なし 患者問題なし	移動なし 患者問題なし
手術室壁パネル	キャスター機器の衝突	機器衝突により損傷
壁ボード	被害なし	機器衝突により損傷
引き出し	多少の開き	全開、落下なし
棚	物品の散乱なし	物品の散乱なし
吸引ピン	被害なし	被害なし
スライド式扉等	扉の開閉	激しい開閉と破損
高架水槽	蓋より溢水	蓋の損傷及び溢水

器などに激しく衝突し損傷する状況が多数観測され、手術室壁パネルと病室壁ボードなどの大きな損傷は、100kg以上の機器が約80cm/s以上で衝突したことにより発生しました。キャスター付きの機器を有効に移動しながら使用する手術室の混乱やキャスターをフリーにした透析装置が移動し床上のケーブル・チューブ類につまづき転倒するのが観測されました。スライド式扉は、激しく開閉し、扉の枠およびストッパーなどに衝突し、扉、枠、ストッパーの破損などがみられました。ただし、実験後に開閉に支障が起きることはありませんでした。屋上階に設置した新旧の高架水槽がスロッシングの影響により、天板に設けられた蓋およびベンチレーターから水を噴出するとともに、旧水槽に関しては蓋の止め具部分の破損により、蓋が開き大量の水が噴出する状況となりました。

免震構造であるから絶対に大丈夫という過信は危険で、動きやすい機器の固定など最低限の

地震対策は必要であることが強く印象づけられる結果でした。

まとめ

今回の実験より、免震構造では短周期地震が襲ってきた場合、機能保持が可能であることが確認されました。しかし、免震構造はどの地震動に対しても構造的な被害軽減に有効ですが、今回の長周期地震に対する免震構造の室内被害から、苦手とする長周期地震などでは思わぬ室内被害が発生し折角費用をかけて免震構造にしても地震対策の効果が半減してしまうことが考えられます。免震構造といえども動きやすい機器の固定など最低限の地震対策は必要であると考えられます。

今後、大地震時に病院機能を守るため、今回取得できた実験データより明らかになった知見、情報を広く公開していく予定です。

<参考文献>

- 1) 薬業時報社大阪支局編集部:災害医療 阪神・淡路大震災の記録 一被災地の命はどう守られたか一、薬業時報社、pp.14、1995
- 2) 東京都:阪神・淡路大震災調査報告書一平成7年兵庫県南部地震東京都調査団一、東京都、pp.242-249、1995.3

行事開催報告

伊勢湾台風50周年企画「台風災害を見る・聞く・学ぶ」

昨年9月、甚大な被害をもたらした、防災科研の設立のきっかけともなった伊勢湾台風から50年目を迎えました。そこで自然災害情報室では、9月12日に一般向けのイベント、「台風災害を見る・聞く・学ぶ」を日本科学未来館にて開催しました。当日はあいにくの雨にも関わらず300名以上の来場者を迎え、台風災害に関する講演と、実験装置やパネル、大型モニターなどを用いた台風に関する各種の展示や実演を行ないました。また、子ども向けにバリアフリー版のアニメ映画「伊勢湾台風物語」の上映会やクイズラリーを行ないました。さらに、講演者の講演内容に関する報告を掲載した研究報告を刊行し、聴講者に配布しました。なお、伊勢湾台風のWeb特別企画展は現在もインターネット上で継続して公開していますの

で、是非ご覧ください。



講演会場



展示会場

http://www.bosai.go.jp/library/exhibition/exhibition_isewan/

行事開催報告

火山災害軽減のための方策に関する国際WS2009

11月4・6日の2日間にわたり、当所及び山梨県環境科学研究所に於いて「大規模噴火発生時のクライシス・マネージメント」をサブテーマとした標題の国際ワークショップを開催しました。日本は国内に100か所以上の活火山を抱える世界有数の火山大国でありながら、近年の火山活動の静寂化に加え、一生の内に実生活に影響が及ぶような火山の噴火を経験する人の数は決して多くはありません。そのため、火山に対する人々の危機意識が必然的に薄くなりがちであることが懸念されています。

今回のワークショップでは、その稀な火山噴火の際に第一線で対応にあたられた国内外の研究者や行政担当者から、危機管理対策の問題点を踏まえた具体的な改善策の提案がなされました。

両日とも予想以上に多数の参加があり、熱気に

包まれた会場では、意見や質問が途絶えることなく飛び交いました。参加された自治体防災担当者や市民の方々からも、海外の貴重な事例を直接聞く好機となり非常に参考になったとの感想をいただきました。今回の国際ワークショップは、隔年実施しているシリーズの第4回目に当たりますが、火山防災研究部では今後もさらに発展した議論の場を設けていきたいと思えます。



2009年度雪氷防災研究講演会

防災科研は、11月18日(水)に秋田市において、2009年度雪氷防災研究講演会を、国土交通省東北地方整備局能代河川国道事務所、秋田県、(社)日本雪氷学会東北支部、日本雪工学会北東北支部の後援により開催しました。雪氷防災研究講演会は、雪氷災害に関わるいろいろな取り組みや最近の研究について紹介するもので、1976年より毎年開催しているものです。講演会の冒頭には岡田理事長および秋田県総務企画部の鈴木次長からの挨拶があり、雪氷防災研究の社会的意義や、成果への強い期待が述べられました。引き続き、秋田大学の本谷氏から東北地方の積雪水量分布とその年変動について、国土交通省東北地方整備局の佐藤氏からは冬期の視程障害における能代河川国道事務所の取り組みについて、

秋田県庁の千葉氏からは秋田県内の多雪地域における高齢化等集落の実態とその対策についての講演がありました。また防災科研からは、上石主任研究員による雪氷ハザードマップの研究開発と、阿部総括主任研究員による屋根雪問題に関する研究の紹介を行いました。計76名の参加があり、熱心な聴講と意見交換がなされました。



防災力を向上する地域コミュニティの自治と絆

災害リスク情報プラットフォーム研究プロジェクトの第2回シンポジウム「防災力を向上する地域コミュニティの自治と絆ーリスクガバナンスの高度化と災害リスク情報の活用ー」を12月10日に東京国際フォーラムで開催し、企業、自治体、行政機関、NPO、地域の防災リーダーの方など、140名近くの方に参加していただきました。午前中は「災害リスク情報プラットフォームプロジェクトの展開」というテーマで研究の進捗が研究員により報告されました。午後は、「地域コミュニティの被害想定と災害リスクシナリオ」というテーマで、中山間地域である新潟県長岡市山古志地域と、都心のベッドタウンである神奈川県藤沢市鵜沼海岸5丁目の住民や行政、NPOの方に出席していただき、災害リスクを軽減する絆と協働の仕組み(災害リスクガバナンス)を活かした地域防災力向上にむ

けた戦略について、活発な討論を展開していただきました。また、ロビーでは、地域社会の協働と連携を支える新たな統合情報基盤システムとして開発したWebシステム「e-コミュニティ・プラットフォーム2.0」のデモンストレーションを行い、多くの参加者の関心を集めました。



ASEBIによるEーディフェンスの実験データ公開

ASEBIとはArchives of Shaking Table Experimentation Database and Informationの略で、Eーディフェンスで得られた実験データのアーカイブです。Eーディフェンスでは、2005年4月より、地震防災・減災のための貴重なデータを数多く得てきました。しかしながら、実際に実験に携われる人員は限られており、実験で得られた生データも一部の人しか利用できませんでした。そこで、

実験から一定期間を経たデータを公開し、多くの研究者・技術者が、実験結果を様々な切り口から研究し、より大きな成果が創出されることを期待して昨年9月28日より公開を開始しました。

まずはホームページにアクセスしてユーザー登録申請を行ってください。登録ユーザーは公開中の全てのデータにアクセスできます。

http://www.bosai.go.jp/hyogo/dataopen_1.html

ASEBI Archives of Shaking Table Experimentation Database and Information

現在の場所: ホーム → 公開データ

公開データ

作成者: 最終更新日時 2009年09月16日 20時40分

タイトル	サイズ	種類	Ext	変更日時	Description
高層耐地震動を受ける高層建物の振動過程、安全余裕度把握	1 kB	フォルダ		2009年09月16日 13時34分	
鉄骨造建物実験研究 完全破壊再現実験	1 kB	フォルダ		2009年09月16日 13時26分	
鉄骨造建物実験研究 倒壊防止装置を転用した負荷フレームによるアストロッド設備のための予備実験	1 kB	フォルダ		2009年09月24日 13時55分	
震動台設置	1 kB	フォルダ		2009年10月02日 13時09分	

Zip List

このページを閉じる このページを印刷する

本システムに掲載中のデータは、実験で得られた生データです。実験には最大限の注意を払っていますが、自然な条件が再現できず、データに具体的な後者が混ざっている場合があります。実験データの解読で利用した事項は能力情報も公開していますが、誤りや不正確な情報が含まれている場合もあります。データの活用は自身の責任において行うようお願いいたします。当研究所では、実験データが公開される一時的な責任を負うことと認めるかごのご了承下さい。ダウンロードした時点で、この免責事項を承諾したものとみなします。

Powered by: Elone 標準HTML5準拠 標準CSS準拠 Section50準拠 WCAG準拠

寄附金の募集について

当研究所は、研究開発活動の資金を獲得するため広く皆様から、寄附金を募集しております。皆様のご理解ご協力をお願い申し上げます。詳細につきましては、<http://www.bosai.go.jp/kokai/koubo/contribution/> をご覧ください。なお、当研究所は、法の定める特定公益増進法人です。したがって、当研究所への寄付金は、税法上の優遇措置を受けることができます。

編集・発行



独立行政法人

防災科学技術研究所

〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1 企画部広報普及課
TEL.029-863-7783 FAX.029-851-1622
URL : <http://www.bosai.go.jp/> e-mail : toiawase@bosai.go.jp



発行日

2010年1月31日発行 ※防災科研ニュースはホームページでもご覧いただけます。