

# 免震構造



この20年ほどの間に、病院では地震の揺れが建物に伝わりにくくするよう、免震構造を採用する事例が増えています。確かに免震構造は、地震から建物内にいる人のみではなく建物そのものや内部の機能を守るのに最も有効な地震対策の1つです。しかし……

**うちの病院は免震構造だから、地震対策をとらなくても大丈夫！……???**

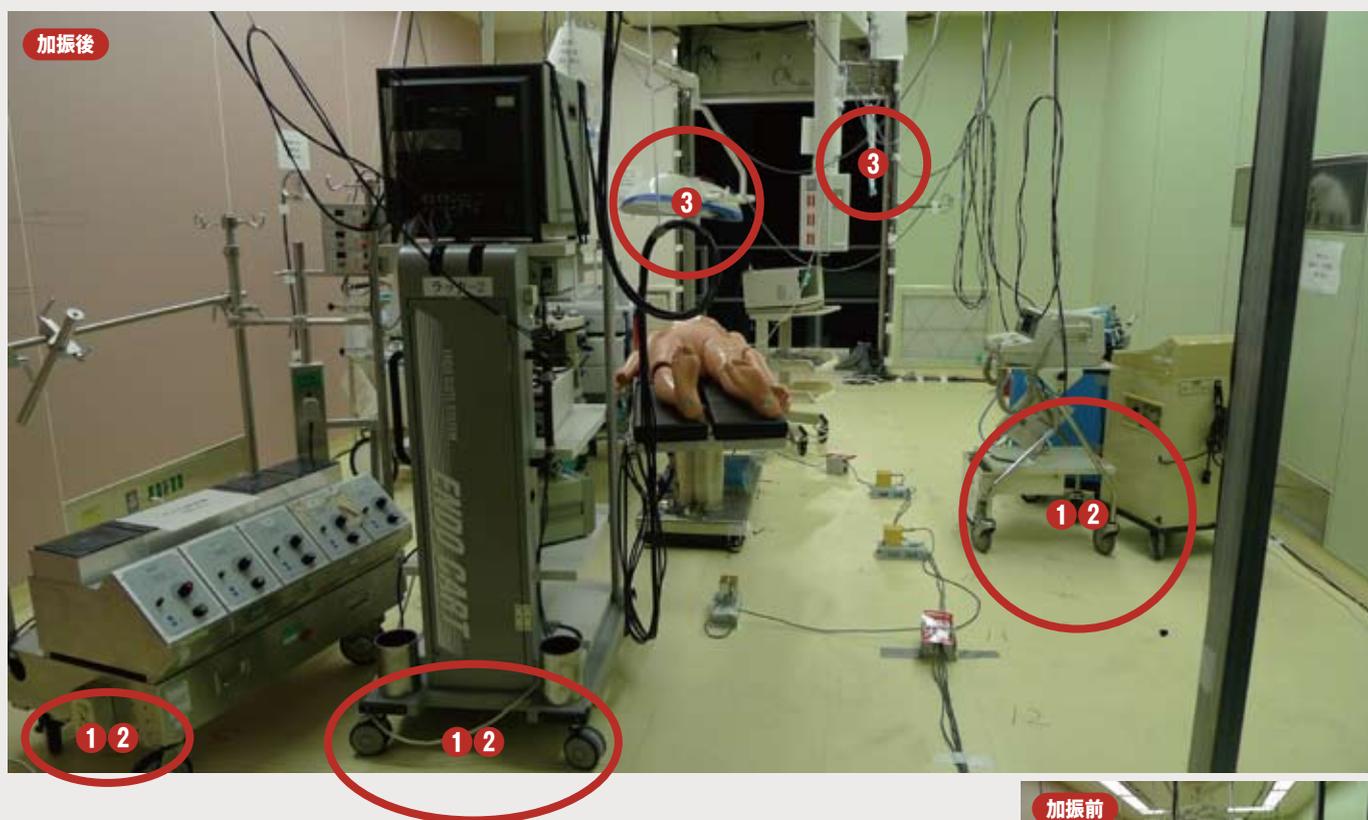
だからといって内部の家具、什器、機器類の対策が不要というわけではありません。

長周期地震動では、免震建物が共振し、ゆっくり大きく揺れることがあります。そのため、

- ロックのされていないキャスター付き機器が想像以上に大きく室内を走り回ることがあります。
- 走り出したキャスター付き機器はなかなか止まりません。
- 固定していない家具類のうち不安定なものは移動、転倒する恐れがあります。
- 天井などから吊り下げられているもの（無影灯、シーリングペンダント、点滴、サインボード、照明）は大きく揺れることがあります。

## 手術室の場合

- 1 キャスター付きの機器が、少しずつ動き出し、予想以上に室内を走り回ります。
- 2 走り回る機器が壁などに衝突して転倒や壁、機器を損傷させます。
- 3 天吊の物が大きく揺れます。



## ■免震建物が長周期地震動を受けると……

免震建物が長周期地震動を受けた時の被害実験状況です。

病院内にはキャスターの付いた機器類があふれています。これらが走り回ることによる被害は、日頃からキャスターのロックをかける習慣をつけておくだけでも、ずいぶん防ぐことができます。また、機器を固定する場合のバランスが良いかどうかも重要です。

身の回りの機器を注意深く点検して、免震構造でも起こり得る機器の走り回りなどには、対策をとりましょう。

### 病室の場合

- ❶ ロックをしていないベッドは大きく動き回ります。
- ❷ スライド式ドアなどが大きく高速で開閉を続けます。
- ❸ 点滴台とベッドが別々に動き、患者から抜去することがあります。



# 免震構造とは？

## 丈夫に造るのが耐震、 揺れを伝わりにくくするのが免震

一般的な建物は、地震の揺れで建物が大きく変形したり潰れたりしないよう丈夫に造ります。これを**耐震構造**と呼び、現行の建築基準法では、“建物の供用期間中に数回起こる可能性のある中規模の地震に対しては大きな損傷は生じない、建物の供用期間中に一度起こるか起こらないかの大地震に対しては居住者の生命を守る（倒壊しない）”ことを最低限の目標としています。

耐震構造では、地震の揺れがそのまま直接伝わるので、建物内の揺れが激しくなり、建物が倒壊しなくても、家具が転倒したり物品が落下・散乱したりすることがあります。

一方、免震構造では、基礎と建物の間(免震層)に水平方向に滑らかに動く免震装置を介在させ、地震の揺れを建物上部に伝わりにくくしています。免震装置としては建物を支える部分に積層ゴムなどが用いられ、免震層の過大な変形を抑制するために、ダンパーが用いられます。積層ゴムは、薄い鋼板とゴムを重ね合わせて一体化したもので、鉛直方向にはコンクリート並みの堅さを持ちながら

水平方向にはゴム本来の柔らかさを発揮する、現在最も多く用いられている免震材料です。

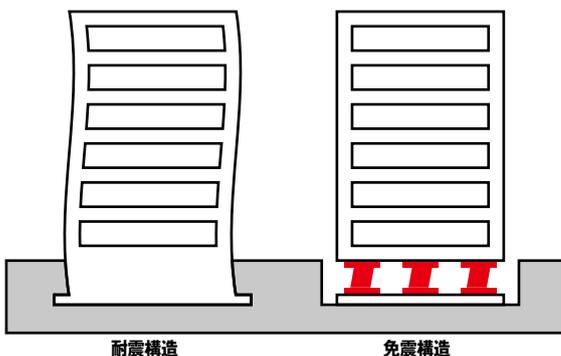
大地震時には、耐震構造の建物上階で約1G（Gは重力加速度）の加速度が発生することがありますが、免震構造ではその1/5、約0.2G程度に抑えられ、通常、家具が転倒したり物品が落下・散乱したりすることはありません。

## 阪神・淡路大震災後、免震建物が急速に普及

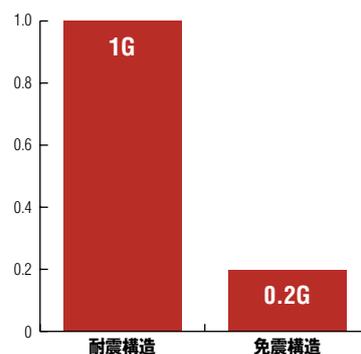
免震構造の建物は阪神・淡路大震災後急速に増加しており、近年(2009年時点)において、免震建物(戸建て住宅を除く)の計画は合計約2,600棟に及んでいます(日本免震構造協会調べ)。病院では、1996年に廣が浦病院が初めて免震構造で建設され、その後稲城市立病院(1998年)、石巻赤十字病院(2006年)などが建設され、増加しています。

東日本大震災(2011年3月)では多数の免震建物で大きな効果が確認されていますが、一方で、周辺地盤と免震建物をつなぐエントランス部分の床に損傷が発生するなどの事例があり、接続部ディテール、維持管理面の問題点も認識されました。

■耐震構造と免震構造



■耐震構造と免震構造の水平方向加速度の比較(大地震時のイメージ)



# 長周期地震動とは？

## 短周期と長周期は揺れの性質が異なる

地震の特徴を示すものには、地震の規模、揺れの程度、地震波の周期特性、継続時間などがあります。

地震の規模はマグニチュード (M) で表されます。震源域で放出された地震エネルギーの大きさを算出され、それぞれの地震固有のものとなります。

各地点の揺れの程度は震度で表され、1996年までは各地点の揺れの体感や周辺状況の目視により決めていましたが (気象庁震度)、現在では地震の揺れを計測する各地の計測震度計で自動的に算出しています (計測震度)。

通常、地震動の波形を分析するとさまざまな周期の波が含まれていますが、その周期成分によって地震動の特性が異なります。

周期の短い成分がたくさん含まれる地震動は**短周期地震動**と呼ばれ、短い時間で小刻みにカタカタと揺れます。内陸部の地殻内で発生する地震で観測されることが多く、比較的高さの低い建物などに影響を与えます。

一方、周期の長い成分をたくさん含み長時間

揺れる地震動は**長周期地震動**と呼ばれ、海溝のプレート境界部で発生する巨大地震などにより震源から遠く離れた場所で多く観測されます。比較的高さの高い建物や免震構造の建物などを、ゆっくり、大きく、長時間にわたって揺らし、超高層建物では家具の転倒や物品の散乱、内部の人々の船酔い症状や恐怖感を招きます。柱梁などの累積塑性歪による破断も危惧され、免震構造の建物でもキャスター付きの機器がキャスターをロックしていないと室内を走り回る危険性があります。

## 東北地方太平洋沖地震が示す長周期地震動の脅威

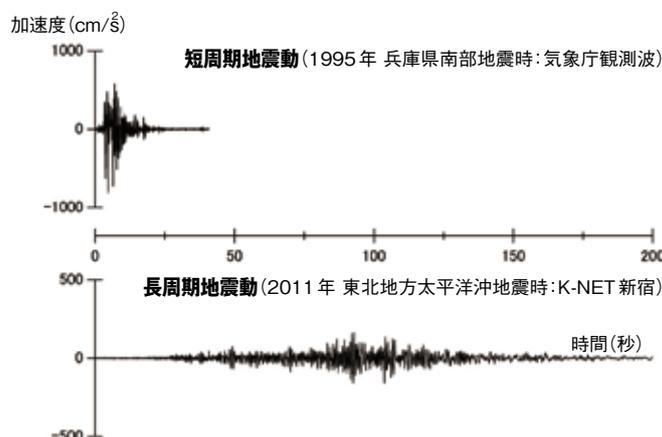
東北地方太平洋沖地震では、震源から300km以上離れ、震度5強だった東京都内の超高層ビルが十数分間大きく揺れました。震源から約700km離れ地上の揺れが震度3だった大阪府でも、埋立地に建設された高さ256m、地上55階の超高層ビル (大阪府咲洲庁舎) で大きな揺れが10分間近く続き、エレベーターが全て緊急停止し復旧が遅れるなど、長周期地震動の脅威が強く実感されました。

### 短周期地震動

- 短い時間で小刻みにカタカタと揺れる
- 内陸部の地殻内で発生する地震で観測されることが多い
- 比較的高さの低い建物などに影響を与える

### 長周期地震動

- 長時間にわたってゆっくり大きく揺れる
- 震源から遠く離れた場所で多く観測される
- 比較的高さの高い建物や免震構造の建物などに影響を与える

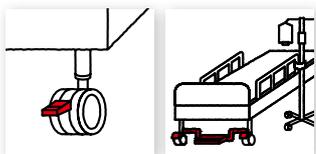


# 身近な地震対策の事例

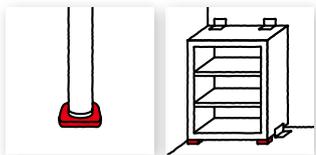
## ■対策法一覧

### 移動防止

キャスターロック



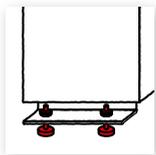
粘着マット



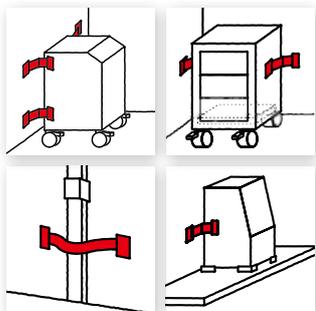
ベッドに固定



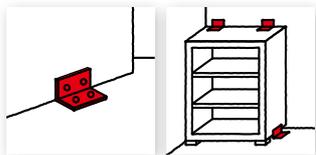
アンカーボルト固定



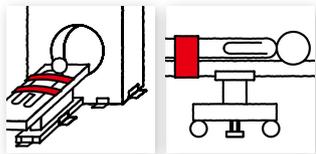
ベルト固定



金具固定

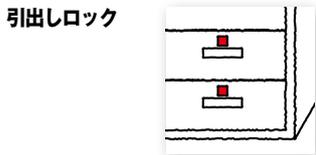


患者固定

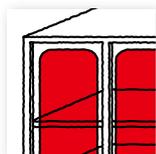


### 散乱防止

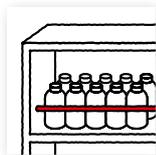
引出しロック



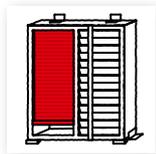
飛散防止フィルム



落下防止バー



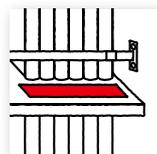
飛び出し防止シャッター



飛び出し防止バー



すべり止めシート



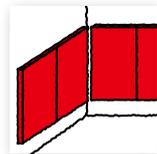
### 回転防止

アームの点検



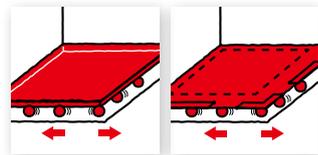
### 衝突防止

壁面保護



### 免震

免震床・機器免震

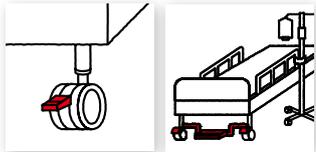


地震用の対策品は、さまざまな製品が市販されています。その多くは、ある程度の地震動に対して地震対策として有効に働きます。しかし、誤った取り付け方法や使用方法をした場合、地震対策としてまったく機能しない場合もあるので、適切な取り付け方法で確実に取り付けることが重要です。

また、中には性能が疑わしいものがあるので、十分に注意が必要です。

## ■市販の対策品

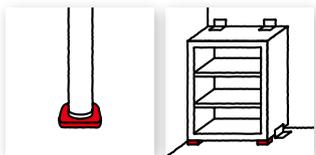
### キャスターロック



機器類のキャスターは日頃からロックをかけるよう習慣づけましょう。

ロック機能のないキャスターの場合でも、写真のような市販のストッパーなどを用いてキャスターを固定することが可能です。

### 粘着マット



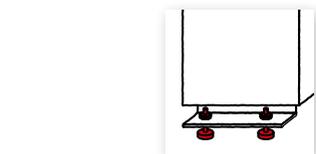
機器や什器の下部には粘着マットなどを敷いて、移動や転倒・転落を防止しましょう。なお、長期にわたって移動させる必要がなく重量のある物の場合は、粘着マットではなく金物などを用いて床や壁に直接固定するほうが確実です。

### ベッドに固定



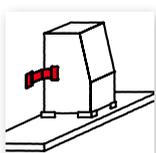
点滴台や透析装置など、患者の身体につながるラインが出ている機器は、地震によって患者と離れてしまわないよう、ベッドに固定する工夫が有効です。

### アンカーボルト固定



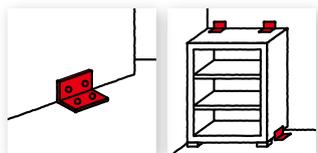
重量のある機器類は、アンカーボルトを用いて床や壁に直接固定します。また、固定位置のバランスが悪いと固定ボルトが地震動で抜けてしまうこともあるので注意が必要です。

### ベルト固定



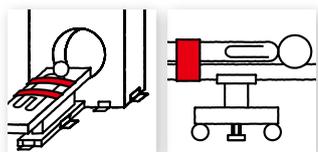
移動させることのある機器・什器については、バックル付きのベルトで壁などに固定しておくといでしょう。

### 金具固定



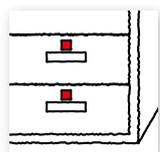
長期にわたって移動させることのない機器・什器は、金具などを用いて直接床や壁に固定する対策が移動や転倒・転落防止に有効です。

### 患者固定



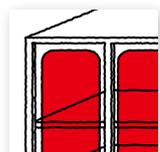
患者が長時間同じ姿勢で診療を受ける場合、可能であればベルトで固定し、患者が落下するのを防ぎましょう。

### 引出しロック



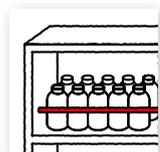
飛び出し防止のロック機能がついた引出しも商品化されています。

### 飛散防止フィルム



収納棚の内容物がぶつかることで戸のガラスが破損・飛び散る危険性があります。ガラスの破片が飛び散ると二次被害を招く可能性があるため飛散防止フィルムを貼っておくとよいでしょう。

### 落下防止バー



戸がついている収納棚では、ボトルなどが落下しないよう、落下防止バーをつけておくとよいでしょう。

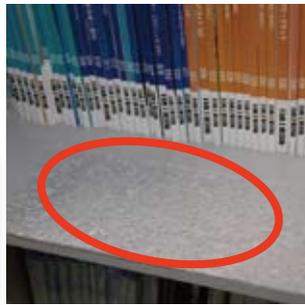
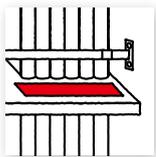
# 身近な地震対策の事例

## 飛び出し防止バー



引出しが棚から飛び出さないように、縦に棒を取り付けます。日常的には棒を横にずらして引出しを利用します。キャスター付き什器では移動中の引出し飛び出し防止にも有効です。

## すべり止めシート



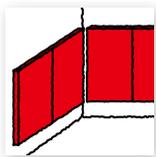
表面にすべりにくい仕上げ加工がなされているシートを本棚の前面などに貼っておくことで、本類がすべり出て落下する被害を軽減させることができます。

## アームの点検



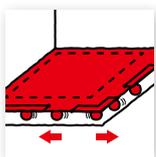
シーリングペンダントや無影灯のような天吊り式のアームは地震で大きくふれることが想定されますので、ブレーキが有効にきくようにメンテナンスすることが必要です。

## 壁面保護



キャスター付きの機器・什器が動き回って壁にぶつかっても、壁面が傷付かないように保護する部材を貼り付けます。

## 免震床



建物全体が免震構造となっていない場合でも、必要な部屋のみを免震とすることができます。しかし、部屋の有効面積が狭くなることや対象となる部屋の床が一段低くなっていることなどの条件を考慮しなくてはなりません。

# 過去の地震被害例

病院の各部屋には、診察・治療に用いる医療機器、机や棚などの什器など、さまざまな物品があります。これら機器類の耐震性については、法的な基準・規制はなく、製造者（メーカー）の自主的取り組みに任されていますが、病院の機能を保持するうえで無視できない要素と言えます。ここでは、過去の大規模地震で発生した被害について確認し、震災対策を考える上での機器類の影響度と重要度について考えます。

## 過去の地震災害における機器類の被害状況

阪神・淡路大震災（1995年）、新潟県中越沖地震（2007年）、東日本大震災（2011年）により被災した病院における機器被害のうち、主なものを表1にまとめました。固定の仕方が不十分なために機器が移動・落下し、故障や混乱を招いたことが多く報告されています。

表1 過去の地震災害における機器類の被害

| 部門       | 医療機器の被害状況   |
|----------|---|
| 病棟       | 人工呼吸器が壁にぶつかり故障した。   |
|          | 病棟で使用中のコンピュータが落下した。   |
|          | キャスター固定されている重心の高いワゴンが転倒した。<br>キャスター固定されていないワゴンが激しく動き回った。  |
| 検査       | 生化学自動分析装置の薬液がこぼれて作動しなくなった。<br>建物内の配管がちぎれ漏水した。   |
|          | ボルトで床に固定されていないMRIが20cm移動してケーブルが切断され、復旧に4日を要した。<br>ボルトで床に固定していないCTが移動した。                           |
| 放射線      | CR（Computed Radiography）装置のハードディスクが故障し、インストールし直した。<br>X線テレビの固定ボルトが抜け落ちて移動した。<br>天井吊り下げアーム機器が落下した。 |
|          | ポータブルX線装置が高層階に置いてあり、エレベーターが停止のため地上階まで下ろせず、被災患者の撮影に活用できなかった。                                       |
|          | 手術室のパネルの裏にある構造体の壁が落下した。<br>モニターが落下して衝撃を受け使用不可となった。  |
| 薬剤       | 上部に収納しているバイアルが倒れ、アンプルが落下し破損した。<br>薬品瓶のフタは開きやすいため、倒れて中身がこぼれたものがあった。                                |
| 材料<br>滅菌 | オートクレーヴ、ガス滅菌装置が動作せず滅菌できなかった。<br>超音波滅菌装置の水がなくなり使用不可となった。   |

## 機器類の影響度と重要度

過去の地震による被害を参考に、地震発生時に各医療機器・什器がもたらす状況を想定した「影響度」を、表2のように整理しました。

次に過去の大地震で特に被害が大きかった機器・設備について、被災調査などを参考として「影響度」評価をつけ、表3にまとめました。

■表2 医療機器・什器の影響度

|     |  |
|-----|--|
| I   | <b>危害型</b><br>機器の移動・転倒・落下などにより、使用中の患者や職員に対して重大な人的危害を与える恐れがあるもの                                   |
| I B | <b>危害型—管理系</b><br>管理が困難になることで人的危害を与える恐れがあるもの。RIや廃棄物などの関連施設                                       |
| II  | <b>緊急型</b><br>機器震害での機能停止により、診療機能に重大な影響を与えるものであり、かつ他に代替できるものがないか、使用中の患者や新たな患者に対して緊急の用途に供する必要があるもの |
| III | <b>機能型</b><br>IIと同様に診療機能に重大な影響を与えるものであるが、そのうち代替性のあるもの、あるいは比較的緊急の用途に供する必要の少ないもの                   |
| IV  | <b>混乱型</b><br>機器震害により設置場所周辺を混乱状態に陥れるなど、他に与える影響の大きいもの   |

■表3 機器・設備の影響度(過去の大規模地震で被害が大きかったもの)

| 部門   | 機器・設備名称         | 影響度       |          |
|------|-----------------|-----------|----------|
| 病棟   | ICUなどの天井懸垂型ユニット | I (危害型)   |          |
| 院内全般 | 給水              |           |          |
|      | エレベータ           |           |          |
|      | 非常用電源           |           |          |
|      | コンピュータ          |           |          |
| 病棟   | 人工呼吸器           |           | II (緊急型) |
| 手術   | 棚の転倒・破損         |           |          |
|      | 機器洗浄機           |           |          |
|      | 手洗い装置           |           |          |
| 放射線  | CT              |           |          |
|      | X線TV、一般撮影装置     |           |          |
|      | 画像読取装置          |           |          |
| 検査   | 保冷库             | III (機能型) |          |
| 材料滅菌 | 滅菌装置・オートクレーヴ    |           |          |
| 院内全般 | ガス              |           |          |
|      | 空調              |           |          |
|      | 電気              |           |          |
|      | 搬送機             |           |          |
| 検査   | 生化学自動分析器        |           | IV (混乱型) |
| 院内全般 | 病歴室などの棚(転倒・変形)  |           |          |
| 薬剤   | 収納棚の転倒          |           |          |

医療機器・什器の地震対策を検討する際には、これらの観点も踏まえ、地震が発生した後にどのような状況となるのかを想定しながら対策を考えることが重要です。

# 実験紹介

病院の機能保持性能の向上を目指し、E-ディフェンスによる実物大の震動台実験を行いました。

## なぜ病院を選んだの？

もし大地震が起きたら、たくさんの人が家を失い、たくさんの人がケガをします。また、地震の後の長期間の避難生活では病気になる人もたくさん出てきますし、地震が起きる前から病気だった人もいます。これらの多くの人たちが、地震の後にでも病院で治療を受けることができるようにする必要があります。

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、被災3県（岩手県・宮城県・福島県）の381病院のうち、全壊したものが8施設、一部損壊したものが179施設ありました。とくに宮城県では、全147病院のうち全壊5、一部損壊106と、76%もの病院が大きな被害を受けました。津波による破壊を逃れた病院であっても、老朽化などにより十分な耐震強度を持っていない建物では、診療活動に支障をきたす被害をこうむったのです。

そこで、防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センターを中心に、E-ディフェンスの上に、実際の病院建物を建設し、さまざまな地震動で揺さぶり、大地震が発生した時、どんなことが起き、それを防ぐためにはどうしたらよいかを探るための実験研究を実施してきました。

## どんな実験を行ったの？

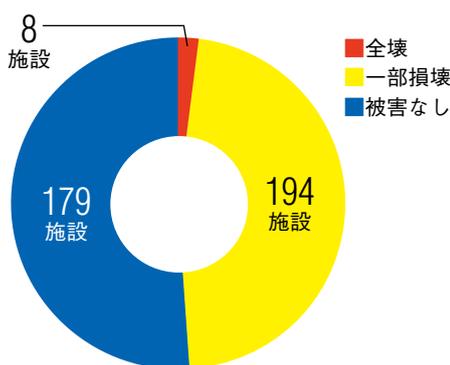
4階建ての病院の試験体を建てて、大地震で揺らしてみました。試験体は、現在ある多くの病院と同様の耐震構造と、最近増えている免震構造で建設しました。試験体の中には、病室、ICU、手術室、画像診断室などの部屋を再現し、その室内には実際に用いられている医療機器などを設置しました。

実験で建物を揺らした地震動は、短周期地震動として、1995年兵庫県南部地震の時に観測された地震動や、長周期地震動として東海・東南海地震が発生した時に名古屋の三の丸地区で揺れると想定されている地震動など、さまざまな地震動を用いて実験を行いました。

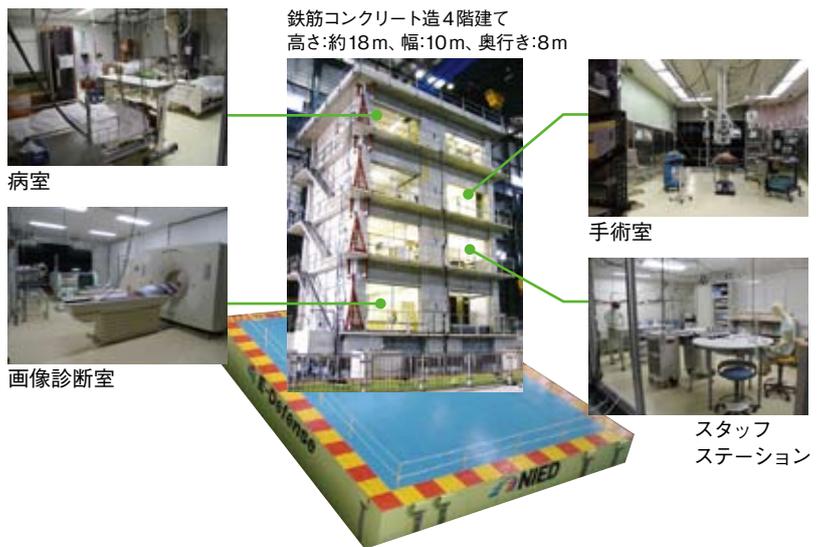
試験体の室内に設置した医療機器に対しては、通常の使用状況にあわせ、特に地震対策を実施しない場合と、さまざまな地震対策を実施した場合とで、比較実験を行っています。

なお、本ハンドブック内の写真の多くは、この実験によるものを使用しています。

### 東日本大震災における病院の被害



### 病院を再現した試験体



### 本実験は、下記企業様にご協力いただきました。

- エア・ウォーター防災(株)
- (株)セントラルユニ
- (社)ビジネス機械・情報機器システム産業協会
- 特許機器(株)
- 美和医療電機(株)
- 大阪大学医学部
- (株)竹中工務店
- 新日鐵エンジニアリング(株)
- ニプロ(株)
- ヤクモ(株)
- (株)アルダック
- (株)日本シューター
- 摂津金属(株)
- パラマウントベッド(株)
- 有限責任中間法人JISART
- (株)イトーキ
- (株)不二越
- 摂津金属(株)
- プリヂストン(株)
- アトムメディカル(株)
- (株)岡村製作所
- 川崎エンジニアリング(株)
- 攝陽工業(株)
- 文化シャッター(株)
- (株)オリバー
- 北川工業(株)
- 東レ・メディカル(株)
- 瑞穂医科工業(株)

※順不同

# おわりに

本ハンドブックは、「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト 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」(文部科学省による委託研究)の研究成果として取りまとめました。ハンドブック作成においては、都市施設の耐震性評価・機能保持研究運営委員会(委員長:和田 章 東京工業大学名誉教授)の下、右記の2つのワーキンググループで作成作業を行いました。

本ハンドブックに記載されている内容は、地震が発生した時に病院機能を守るための備えの一部です。病院を実際に地震から守るためには、このほかに病院建物が地震の揺れに対して耐えること、給排水やエネルギーといった設備が十分に稼働すること、さらには災害医療を提供するためのさまざまな蓄えや準備をすることも必要です。これらの多くの対策が実施され、はじめて病院を地震から守ることができるのです。

最後に、本ハンドブックを活用していただき、まずは身近な対策を行うことで減災に役立つことができれば幸いです。

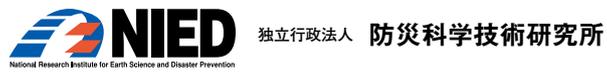
## ■病院の地震対策ガイドライン(仮称)メンバー ※50音順

### 評価ワーキンググループ

- 石原 哲(医療法人社団誠和会白鬚橋病院)
- 井上 貴仁(独立行政法人防災科学技術研究所)
- 井上 政昭(一般社団法人日本医療機器工業会)
- 笥 淳夫(学校法人工学院大学)
- 加納 隆(埼玉医科大学)
- 小林 健一(国立保健医療科学院)
- 佐藤 栄児(独立行政法人防災科学技術研究所)
- 佐藤 和美(NPO法人 防災サポートおぢや)
- 鈴木 明文(株式会社伊藤喜三郎建築研究所)
- 長澤 泰(学校法人工学院大学:委員長)
- 中山 茂樹(国立大学法人千葉大学)

### 作成サブワーキンググループ

- 井上 貴仁(独立行政法人防災科学技術研究所)
- 笥 淳夫(学校法人工学院大学:委員長)
- 鎌田 崇義(国立大学法人東京農工大学)
- 小菅 瑠香(国立保健医療科学院)
- 小林 健一(国立保健医療科学院)
- 酒井 久伸(独立行政法人防災科学技術研究所)
- 佐藤 栄児(独立行政法人防災科学技術研究所)
- 福山 國夫(独立行政法人防災科学技術研究所)
- 吉村 修(財団法人日本消防設備安全センター)



<http://www.bosai.go.jp/>

