

3.1.2 実規模実験の実験計画

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

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、および被災状況等の情報発信の拠点となる情報通信施設など重要施設の機能保持および耐震性向上を目的として、医療業界および建築業界の民間企業や学協会等と連携し、機能保持を目指した重要施設の地震対策指標と具体的な対策手法を取りまとめ、既存および新規施設の耐震対策として普及を促すガイドラインを示す。

(b) 平成21年度業務目的

既存耐震構造における機能保持向上技術および免震構造におけるより高度な機能保持技術の検証のための実規模実験計画を策定する。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名
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	主任研究員	佐藤 栄児
	客員研究員	福山 國夫

(2) 平成21年度の成果

(a) 業務の要約

既存耐震構造における機能保持向上技術および免震構造におけるより高度な機能保持技術の検証のため、実規模実験計画案を策定した。実験計画では、耐震構造における機能保持向上技術として、2次元および3次元免震床での検証を行うとともに、耐震構造および免震構造における非構造部材の損傷（機器の壁衝突による損傷）対策も検証することとした。これらの対策を施した実大規模実験を実施することにより、機能保持性能の向上を実証する予定である。

(b) 業務の成果

1) 試験体改修計画

a) 試験体改修条件

平成22年度に実施予定の高度な機能保持技術の検証のための実規模実験のため、平成20年度に用いた試験体の改修設計計画を行った。設計計画には以下の項目を留意しておこなった。

- ・ 試験体は、平成20年度に製作した重要施設の耐震実験用試験体を補修・改修して用いる。
- ・ 前回実験において損傷した部位の調査を行い、適切な補修計画を行う。
- ・ 内部施設には以下のものがあるのでそれを考慮し詳細設計等を行う。
内部施設例：X線撮影室、診断室、透析室、ICU、手術室、スタッフステーション、病室、情報通信室等

- ・ 手術室は免震床へ改修を行うことを考慮し詳細設計等を行う。
- ・ 屋上階に、免震部屋を設置することを考慮し詳細設計等を行う。

b) 試験体改修計画

実験用試験体は RC 造 4 階建ての実大建物で、医療施設と情報通信施設を模擬した建物で、外装は ALC パネル貼りでアルミサッシ窓を有している。また室内には軽量鉄骨下地の天井及び間仕切壁からなる内装を有している。また本実験用試験体は、平成 20 年度に E - ディフェンスにおいて一度振動実験に用いられており、その際に、構造体および非構造部材にいくらかの損傷を受けている。それらの改修および補修を行うことで、平成 22 年度に再び振動実験を実施する。

試験体の損傷状況を調査し以下のように改修を行うこととした。

- ・ 構造体のクラック部に補修材を充填し補修を行う。
- ・ 構造体基礎部の損傷部の補修を行う。
- ・ 内装部で、間仕切り壁の破損部を撤去し、新たなものに変更する。
- ・ 内装部で、間仕切り壁の軽微な損傷部については、塗装等で補修を行う。
- ・ 内装部での手術室の間仕切り壁の損傷部を撤去し、新たなものに変更する。
- ・ 内装部で、床の損傷部を撤去し、新たなものに変更する。
- ・ 内装部で、天井部の損傷部を撤去し、新たなものに変更する。

以上の変更に関して詳細な内容を図 1 ~ 4 に示す。なおコンクリートの補修にはカービピンネット工法相当とする。

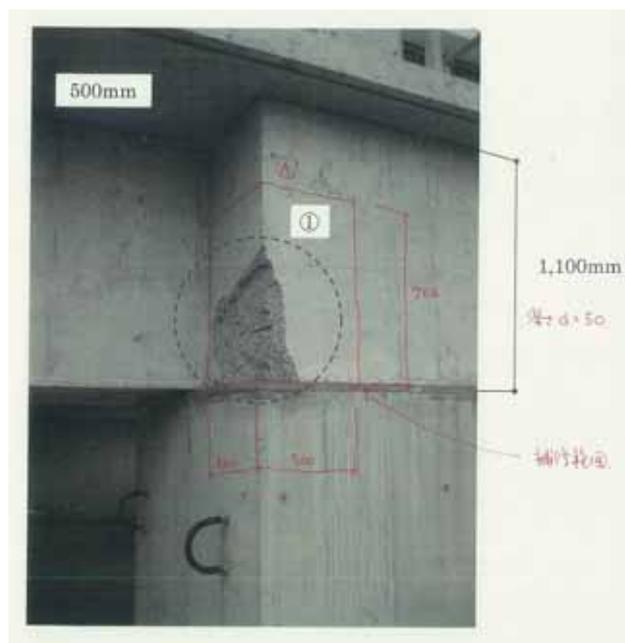


図 1 コンクリート欠け部補修 他 16 力所



図2 補修撤去後，コンクリート欠け部補修 他1カ所



図3 エポキシ樹脂注入 他1カ所

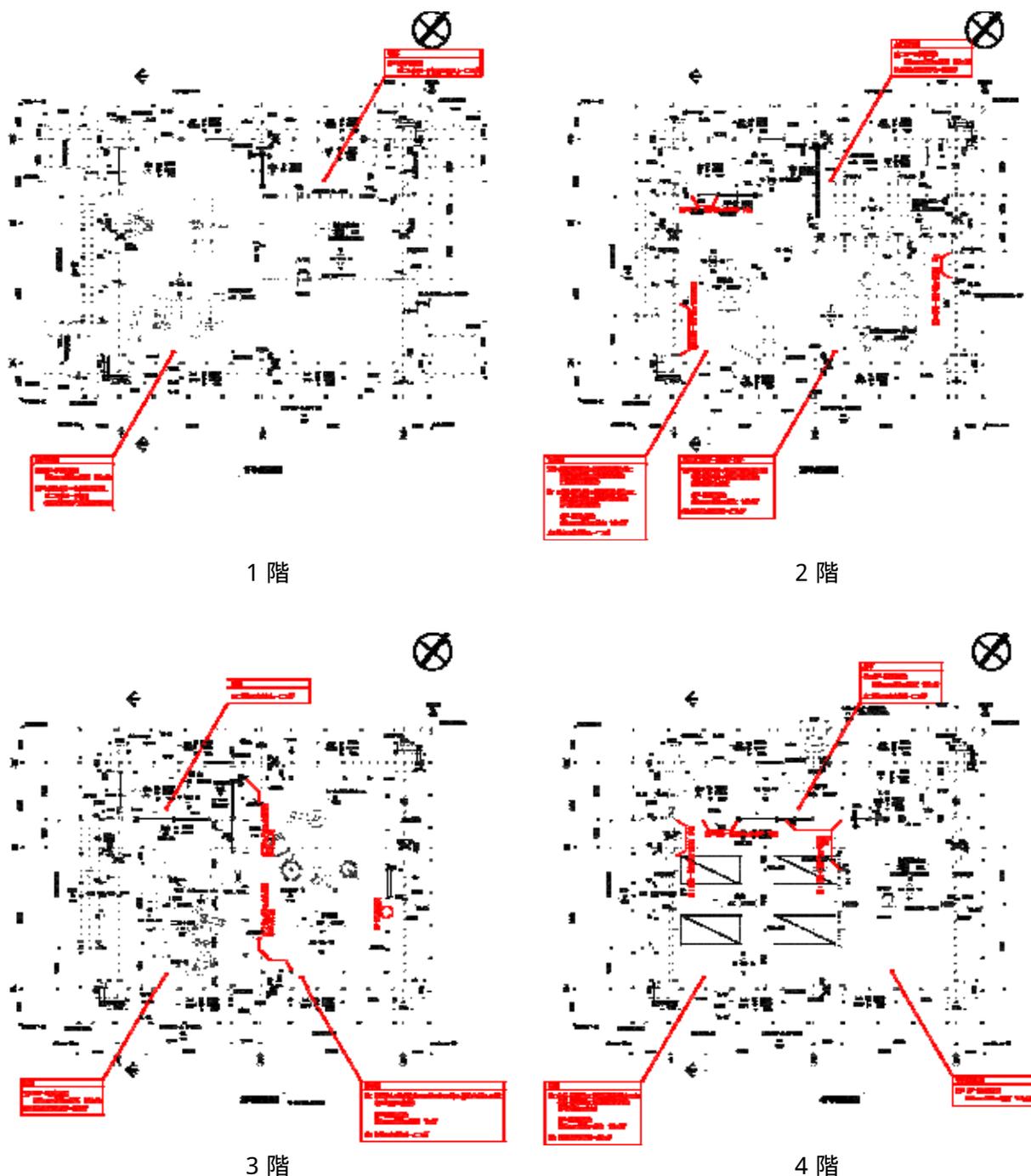


図4 内装等改修計画図

b) 免震床の構築

耐震構造での機能保持性能を向上させる目的で、実験用試験体の屋上階に免震床部屋を設ける。免震床部屋は、2次元免震部屋と3次元次元免震部屋とする。実験用試験体を耐震構造とした実験時に屋上階に設置する。屋上階に免震床部屋を設けるため、現状屋上階にある高架水槽およびその基礎等の撤去を行う。詳細は免震床部屋を設置した試験体の配置図を図5に、免震床部屋の計画図を図6～7に示す。



図5 試験体計画図

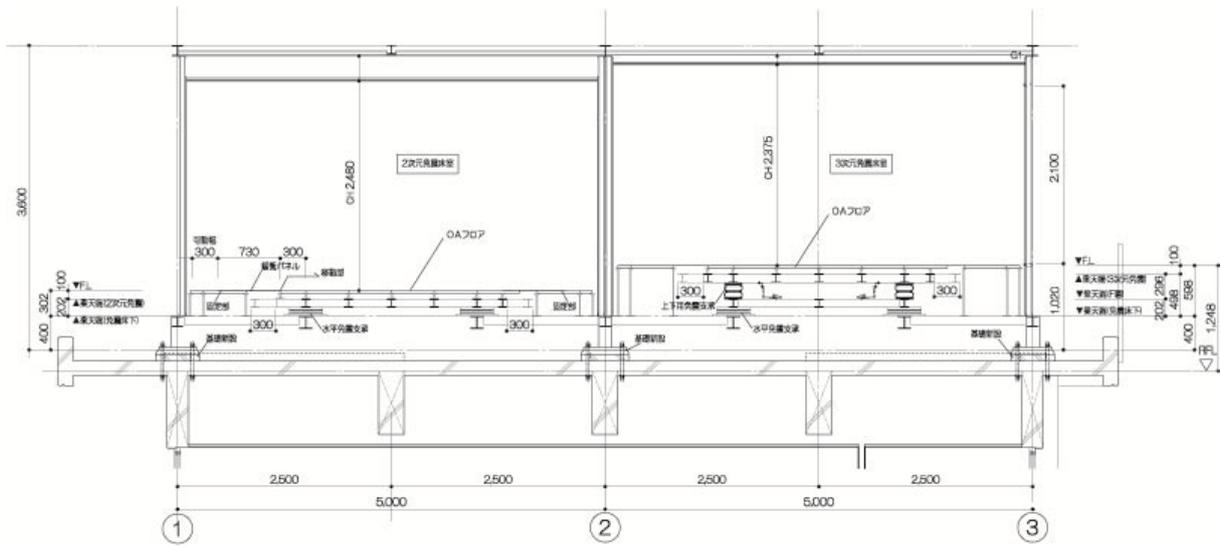


図6 免震床部屋立面図

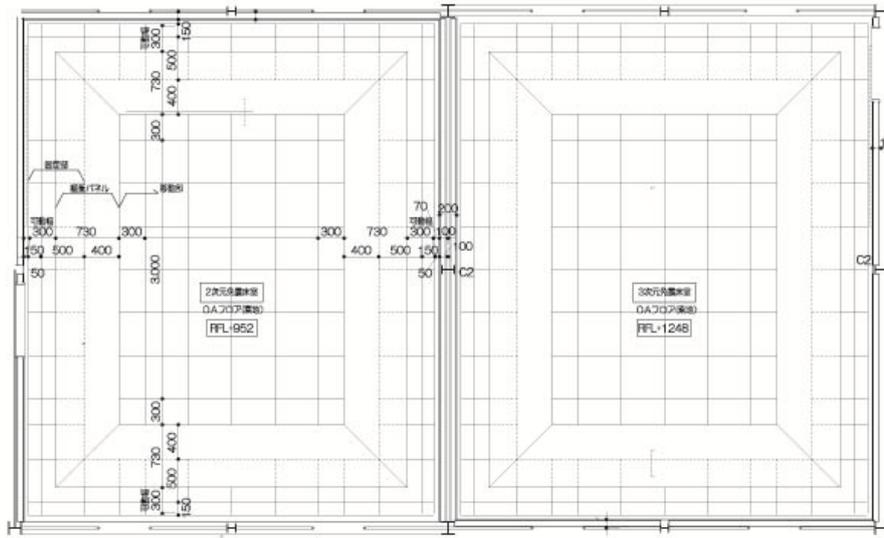
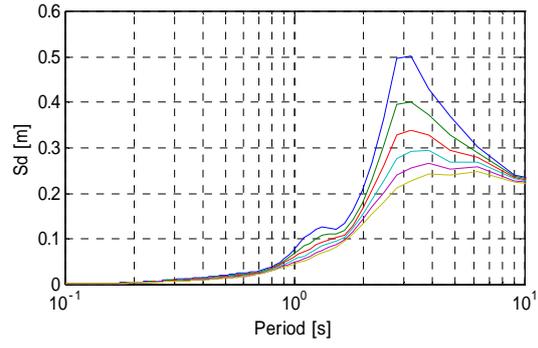
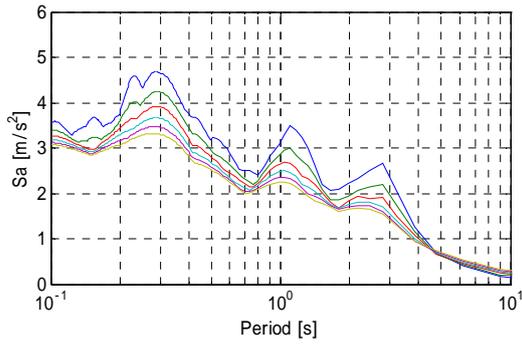
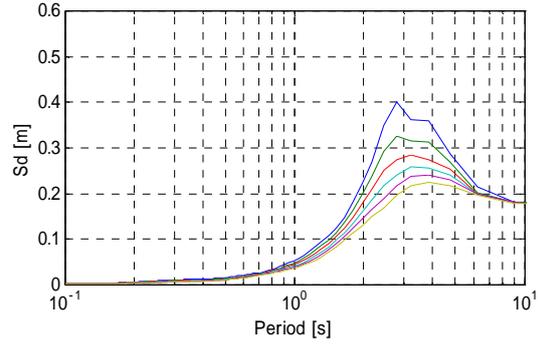
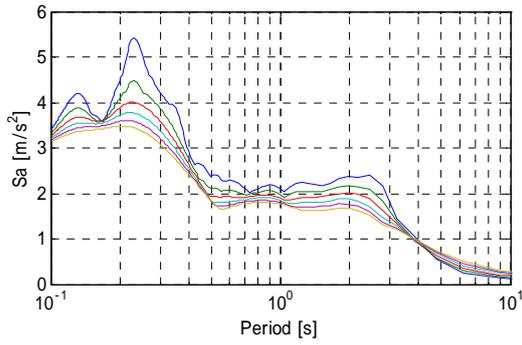


図7 免震床部屋平面図

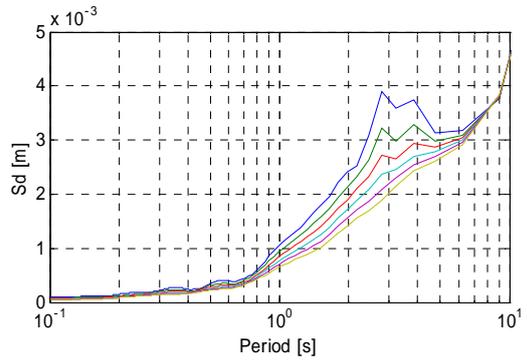
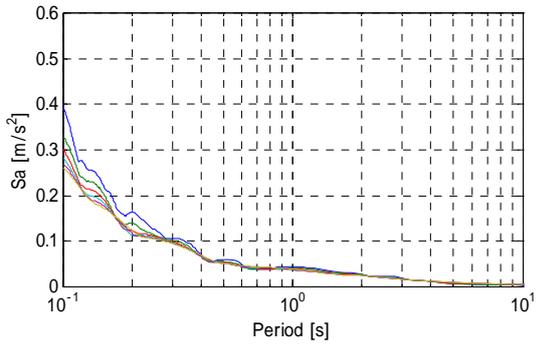
免震床部屋の仕様検討のため、平成20年度の実験時に計測したR階の応答加速度の加速度および速度応答スペクトルを図8～11に示す。用いた入力動は、耐震構造時における三の丸波、横浜波（3方向）、エルセントロ波、JMA神戸（3方向）入力時のR階の応答計測加速度である。また、減衰定数として、15%、20%、25%、30%、35%、40%を併記している。それぞれの入力動において、X、Y、Z方向でのスペクトルを記載した。



X 方向

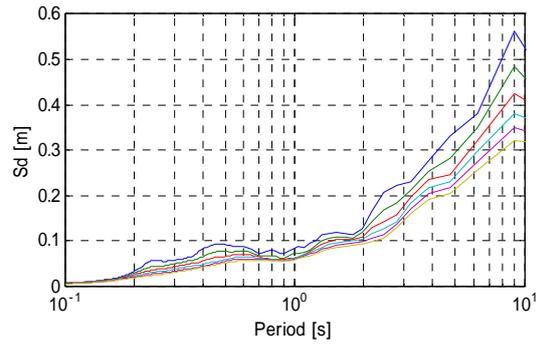
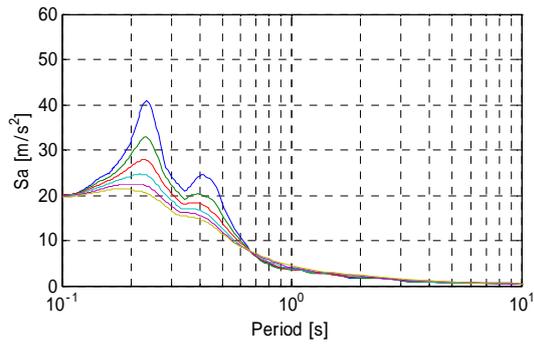


Y 方向

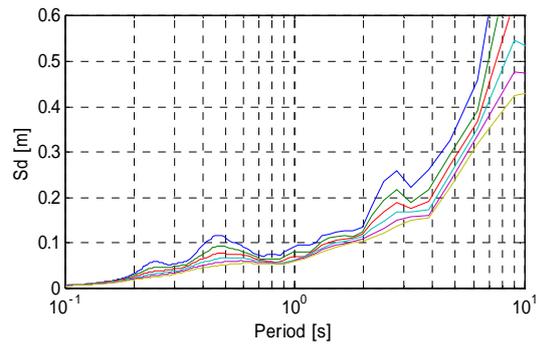
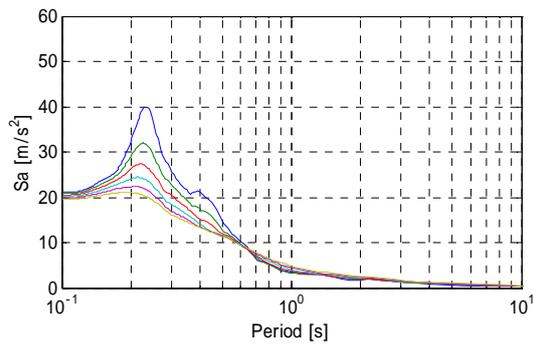


Z 方向

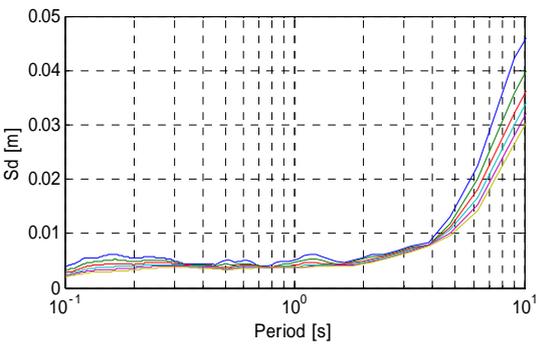
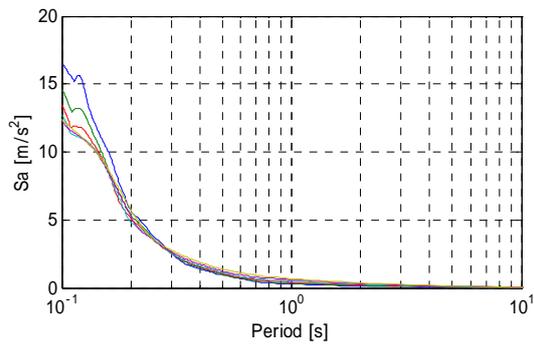
図 8 三の丸波入力時の R 階 応答スペクトル (左図: 加速度 右図: 速度)



X 方向

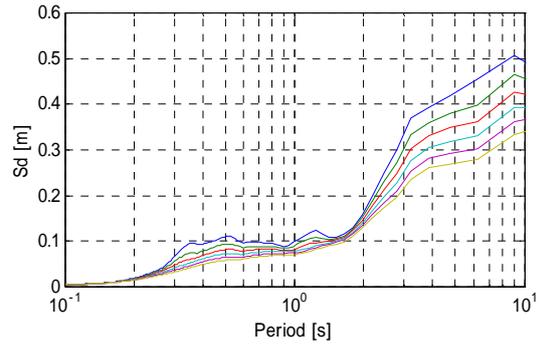
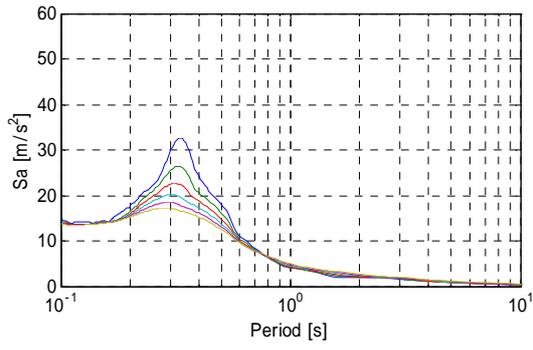


Y 方向

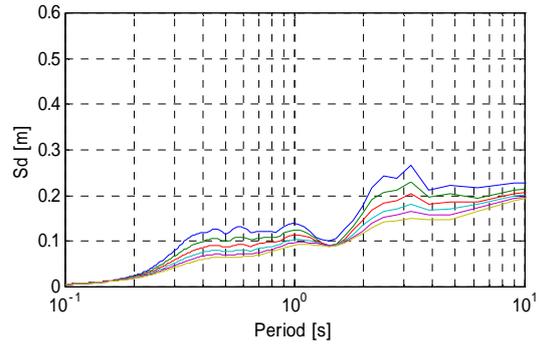
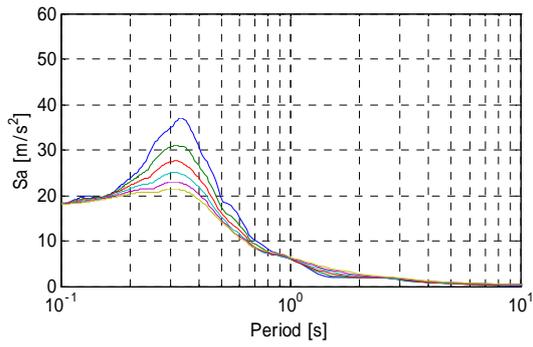


Z 方向

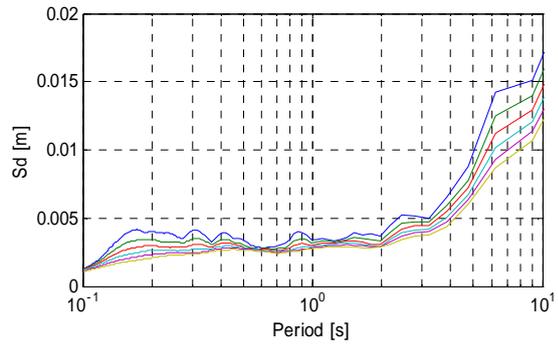
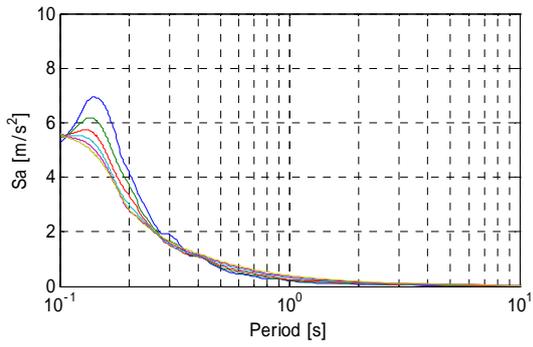
図9 横浜波入力時のR階 応答スペクトル (左図: 加速度 右図: 速度)



X 方向



Y 方向



Z 方向

図 10 エルセントロ波入力時の R 階 応答スペクトル (左図: 加速度 右図: 速度)

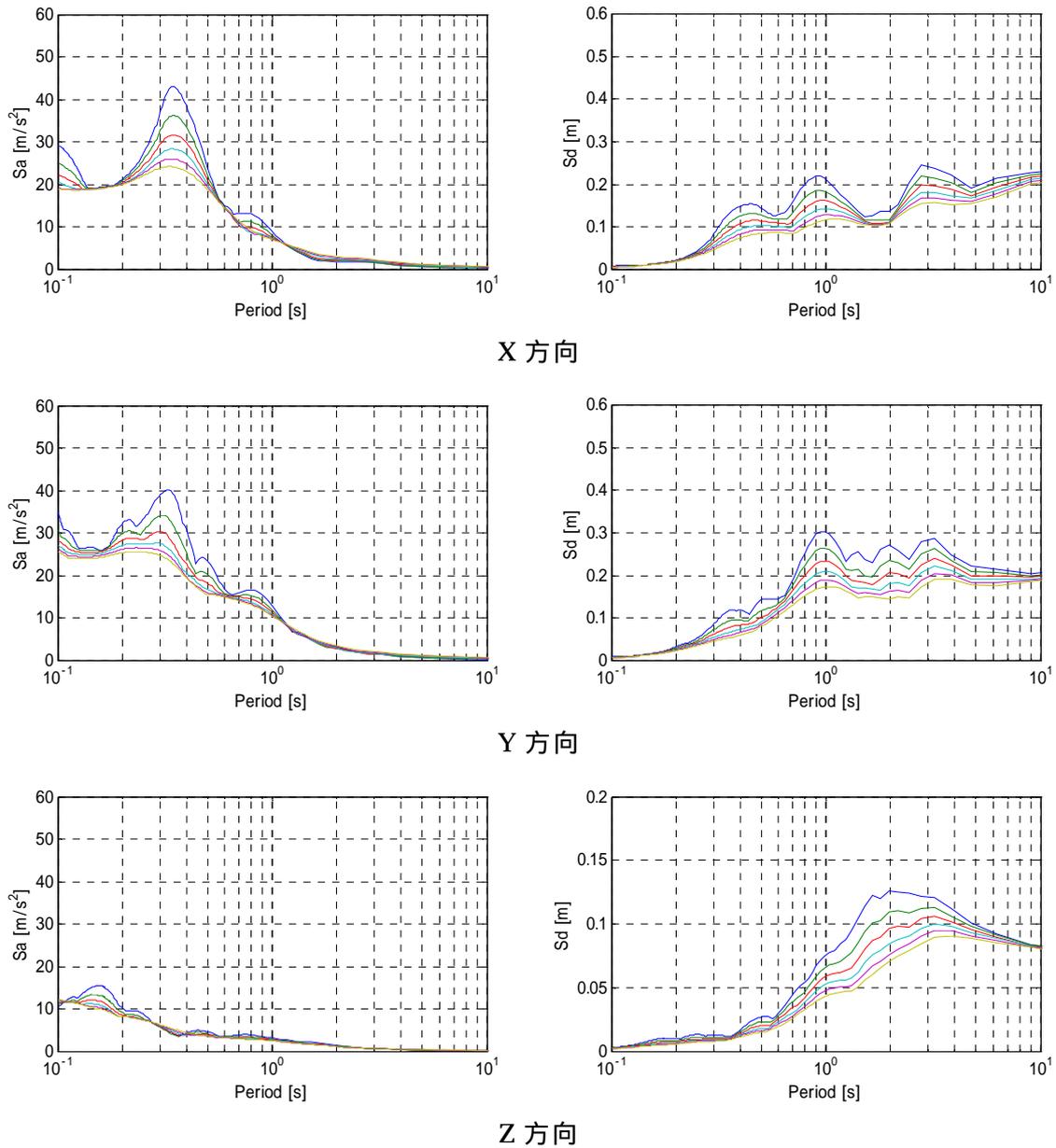


図 1 1 JMA 神戸波入力時の R 階 応答スペクトル (左図: 加速度 右図: 速度)

免震床のクライテリアを表 1 に示す通りとし、上記のスペクトルによる解析結果より、2次元、3次元床免震の仕様を表 2 と決定した。

表 1 免震床の設計条件

項目		2次元免震	3次元免震
性能		多頻度設計	高パフォーマンス設計
水平	目標応答加速度	200cm/s ² 以下	150cm/s ² 以下
	目標応答変位	30cm 以下	30cm 以下
鉛直	目標応答加速度	-	300cm/s ² 以下
	目標応答変位	-	4cm 以下

表2 免震床の仕様

項目		2次元免震	3次元免震
水平	可動範囲	± 30cm	± 30cm
	周期	4 秒	5 秒
	減衰	35%	40%
	方式	転がり支承	転がり支承
鉛直	可動範囲	-	± 4cm
	周期	-	0.6 秒
	減衰	-	20%
	方式	-	空気ばね

2) 機能保持技術

これまで、耐震構造の医療施設では、物品の落下・散乱、ドアの脱落などの被害に加えて、施設内にある無固定のほぼすべての機器が移動する被害が確認された。CTをはじめとする高度な医療精密機器の移動や転倒、物品の散乱は大規模災害時にすぐさま必要となる災害医療の実施はおろか、高度な医療行為すら実施できない状況であり、病院の機能を著しく低下させることが明らかになった。

一方、免震構造は、短周期地震動に対しては非常に効果的に働き、医療施設の機能を十分保持できることが確認できた。しかし、免震構造に長周期地震動が遭遇したとき、ロックされていないキャスター付き医療機器の移動による衝突が引き起こす被害が顕著であり、なかでも衝突により手術室の壁の破損がみられ医療施設特有の衛生保持機能が低下する深刻な被害が確認された。免震構造においても場合によっては十分な機能保持性能は実現できないことが明らかとなった。

これら被害の対策として、機器類の確実な固定が最も有効な対策となるが、一方で患者の様々な状態に対応するため機器類が機能的に配置されることや、衛生状態の保持のため頻繁な清掃・消毒作業が発生することから、恒久的な機器類の固定の実施は現実的でないと考えられる。

そこで、次の4点を基軸に地震対策を施し、機能保持性能向上実験を実施する。

< 建築側での対策 >

- 1) 機器の壁面等への簡易固定対策
- 2) 衝突対策のための壁面の防護
- 3) 免震床・機器免震による対策

< 機器側での対策 >

- 4) キャスター機器の簡便・高度な固定対策

これらの対策を複合的に実施することで、より機能保持性能の向上が見込まれる。以下にこれらの地震対策について示す。

a) 建築側での機能向上技術

）機器の壁面等への簡易固定対策

既存キャスター機器類のすべてを改良し何らかの地震対策を施すことは困難である。そこでキャスター機器類を建物の壁面や床に簡易に固定する対策案として以下を実施する予定である。

連結器などを壁面に設置し、それに機器を連結する方法で機器を固定する壁面固定方式

壁面の手すりに機器をベルト等で固定するためのアンカーを設け固定する方法

）衝突緩衝装置による壁面防護

キャスター機器の対策や、) に示すキャスター機器の簡易固定対策を施しても、運用上必ずしも固定動作が実施されない可能性も考えられる。その場合、手術室をはじめ壁面の被害を防ぐ必要がある。そのため、壁面に機器が直接壁面に衝突することを防ぐ保護具を全周に設置することで被害軽減が可能と考えられる。この保護具を手すりや機器の固定具と併用させることで、その他の利点も考えられる。

）免震床・機器免震による対策

これまでの実験結果から、病院建物に免震を導入することは、災害時の病院機能の維持にきわめて有効であることが示された。しかしながら、既存の多くの病院は耐震構造であるため、レトロフィットなどの手法もあるが、建替えなければ免震の恩恵を受けることができない。しかしながら、病院の内部を部屋単位で見渡すと、病室や、スタッフステーションと言った運用の工夫で比較的地震に対して耐性を高められる部屋と、地震の揺れで機器そのものが不具合を起こすような精密機器が多数存在する検査分析室や、患者情報を格納したサーバー類が設置されるサーバー室など、他の部屋と比較し、より重要度が高い部屋や地震に対して脆弱な部屋がある。これらの部屋およびその中の機器類に対して、床免震・機器免震技術の導入は、地震による一時的な病院の機能停止に至ったとしても致命的なダメージを回避できるという点で有効と考える。本実験では、2次元床免震および3次元床免震を導入した部屋を屋上階に設置し、その有効性を検討する。また、床免震・機器免震は、建物全体の免震と比較すると免震周期などを自由に設計できる利点もある。

詳細な、計画は前述したとおりである。

b) 機器側での機能向上技術

）キャスター機器の簡便・高度な固定対策

病院内には、ベッドのような大きな物品から、日常の看護業務で使用するワゴンに至るまで大小さまざまな機器にキャスターがつけられている。それらのキャスターは、基本的に、ロックをすることにより固定するタイプであるが、ロックすることで機動性等が損なわれるためロックが存在しないものもある。

そこで、対策技術として以下の対策案を検討している。

キャスターが常にロックがかかる状態に改め、移動時にロックを解除する動作を行ない移動させる方法（フェールセーフ）

緊急地震速報など外部信号から無線操作により、キャストがロックされる方法
キャストが周辺の壁など障害物に接触すると、ロックされる自己ロック方式

(c) 結論ならびに今後の課題

既存耐震構造における機能保持向上技術および免震構造におけるより高度な機能保持技術の検証のため、実規模実験計画案を策定した。試験体改修方法を示すとともに、対策技術案として、建築系による対策法と機器系による対策法の概要を示した。

今後実験の実施に向けて具体的な対策技術を実現し、実験にてその効果を実証する予定である。

(d) 引用文献

なし

(e) 学会等発表実績

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成22年度業務計画案

課題終了のため計画なし。

