

# 情報資産を支えるコンピュータールームの地震対策強化工事

Construction Technologies for Improvement of Earthquake Resistance of Computer Rooms to Protect Information Assets

鈴木 直仁

■SUZUKI Naohito

東日本大震災では、公共施設や企業のコンピュータールームに設置された計算機システムが倒壊して壊滅的な被害を受け、ユーザーの重要な情報資産を失うこととなった。今後発生する可能性のある巨大地震から情報資産を守るために、コンピュータールームのより高い地震対策が求められている。

東芝ITサービス(株)は、このようなユーザーの地震対策要求に応えるため、コンピュータールームの耐震・免震工事サービスを展開している。現状のコンピュータールームの仕様を調査、診断、分析して保有耐力を把握したうえで、弱い部分を抽出し、守るべき情報機器の特性に適しかつコストに見合った地震対策構法として、床耐震補強や、床免震システム、ラック耐震・免震システムの導入などを提案するものである。当社は豊富な経験と技術の蓄積を活用し、既設のコンピュータールームの調査から、診断、分析、提案、及び工事までをワンストップで実現している。

Many computer systems installed in computer rooms in public facilities and office buildings collapsed during the Great East Japan Earthquake, resulting in the loss of large amounts of critical information assets. In order to protect information assets from large earthquakes that may occur in the future, more robust measures to strengthen the earthquake resistance of computer rooms are required.

To meet customers' requirements for measures against earthquakes, Toshiba IT-Services Corporation has developed earthquake-resistance and seismic-isolation construction technologies. Using these technologies, vulnerable areas are extracted based on an evaluation of the load-carrying capacity through investigation, diagnosis, and analysis of the existing computer room specifications, and the optimal earthquake-resistance construction methods, such as aseismic reinforced floors, floor isolation systems, seismic racks, and seismic isolation systems, are proposed balancing costs with the characteristics of the information equipment in need of protection. We are applying these technologies to existing computer rooms in each process from investigation, diagnosis, and analysis to proposal and construction as a one-stop service.

## 1 まえがき

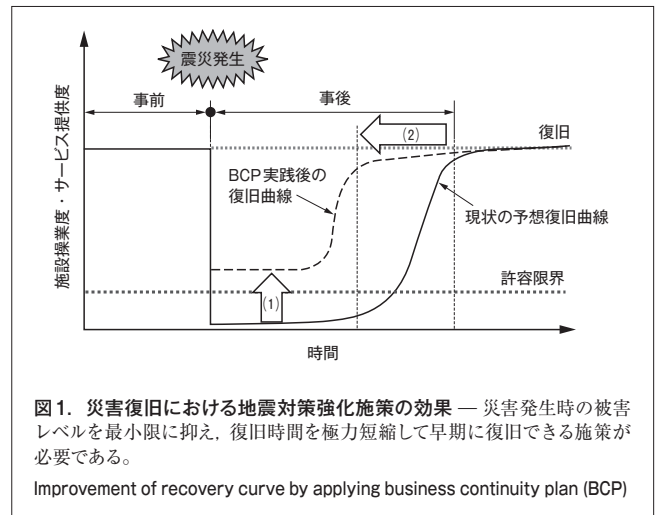
近年のICT(情報通信技術)の進歩は目覚ましく、われわれのあらゆる生活及び、企業や自治体が遂行する業務の大半は、情報システムに依存している。

これらの情報システムを稼働させるのに必要なコンピュータや情報処理通信装置は、稼働環境が整えられた運用性の高いコンピュータールームに集約されるのがごく一般的であり、重要かつ大量の情報資産を支えていると言える。

このため、コンピュータールームが大地震に襲われ情報システムが停止すると、生活環境や企業活動に多大な支障がもたらされることになる。

こうした情報システムの被害を最小限にとどめつつ早期復旧を可能にするため、平常時に行うべき施策や、緊急時における対処や手段を事前に策定しておくBCP(事業継続計画)と、これを確実に運用し、かつPDCA(Plan-Do-Check-Act)サイクルにより継続的な改善施策を講じていくBCM(事業継続管理)が重要になる<sup>(1)</sup>。

BCP想定復旧曲線を図1に示す。BCPの施策には、次に示す事前施策の最適な組合せが要求される。



- (1) 現在想定されている災害発生時の被害レベルを下げる  
ことにより施設の稼働度とサービス提供度の低下を最小  
限に抑える事前施策
  - (2) 現状想定される復旧時間を短縮し早期に復旧できるよ  
うにする事前施策
- (1)としては地震の被害を受けにくい地域選定や、建物と設

備の物理的な強化、(2)としては重要なデータのバックアップや、情報機器及びそれらを稼働させるのに必要な設備の二重化などが挙げられる<sup>2)</sup>。

ここでは、東日本大震災を中心とした地震動とコンピュータールームが受けた被害の分析結果、及びその対策としてコンピュータールームの更なる地震対策強化のために東芝ITサービス(株)が実施している施策のうち(1)の観点に絞り実例を述べる。

## 2 コンピュータールームを襲う長周期地震動

### 2.1 東日本大震災でコンピュータールームが受けた被害

クラウドコンピューティングの拡大に伴い多くの企業は、自社管理によってコンピュータールームを運用する形態から、データセンターに企業の情報システムを預ける形態へとシフトしつつある。

東日本大震災では、津波や原子力発電所の事故などかつてない大惨事をまのあたりにしたが、データセンターのほとんどは、甚大な被害を受けずに稼働を続けた。信頼性の高いデータセンターを構築するため、建設の計画段階から、断層を避けた強固な地盤、及び洪水や津波などの自然災害リスクを避けた立地条件が厳選され、低層で安定した形状と、建築基準法の水準を上回るグレードの建物仕様と設備仕様とされている。これにより今回の震災においても、データセンターの技術的水準の高さが実証された。

一方、首都圏を襲った10分を超える長い時間のゆっくりした大きな揺動である“長周期地震動”により、オフィスビル内に構築されたコンピュータールームで、次のような被害が発生したことが報告されている。

- (1) 情報機器収納ラックの移動や転倒
- (2) 情報機器やモニタなどの収納ラックからの落下
- (3) データ保管棚のすべり移動や転倒、及び記憶媒体の落下
- (4) 天井ボードや照明器具の落下
- (5) ロッカーの転倒に伴う情報機器の破損
- (6) スプリンクラ配管の破損による水漏れ
- (7) 壁ボードの破損、及びパーティションの転倒

当社が地震対策商品として導入したベアリング方式のすべり支承<sup>(注1)</sup>によるラック免震システムにおいても、次のような被害を受けた。

- (1) 長周期地震動による想定を超えた地震応答変位により、免震可動範囲が追従できずにベアリングが脱輪
- (2) 急激な鉛直震動の衝撃や、長周期地震動による長い揺動継続時間により、ロードプレートのずれやくぼみの変形が発生

(注1) 支承は、上部構造物と下部構造物の間に置かれ、地震による上部構造物の変形や変移を吸収しながら上部構造物の荷重を下部構造物に伝達する部材。

- (3) 急激な加速度と応答変位に追従できずにロードプレートに貼ったウレタンラバーが切裂け破損

しかし、本来守るべき情報機器が損傷したという報告はなく、巨大地震から情報資産を守るというこの装置の目的を、遺憾なく達成できた。

### 2.2 長周期地震動のメカニズムと特徴

長周期地震動は、近年になり注目され始めた巨大海溝型地震の震動特性である。2003年9月に発生した十勝沖地震では、震源から約250 km離れた苫小牧市の石油コンビナートで、液面が揺動して石油タンクからあふれ、火災が発生した。また、2004年10月に発生した新潟県中越地震では、震源から約200 km離れた六本木ヒルズの高層ビルが大きく揺れてエレベーター6基が損傷し、長周期地震動が話題となった。

今回の東日本大震災では、首都圏の新宿超高層ビルが13分間も揺れ続け、また、東京都庁ビルでは最大65 cmの揺れ幅を観測し、75基全てのエレベーターが停止したり、水道配管が破損するなどの事故が発生した。更に、遠隔地の大阪府咲洲庁舎でもスプリンクラの破損やエレベーターの緊急停止などの発生が報告されている。

長周期地震動が発生するメカニズムを図2に示す。

日本列島は、4枚の地殻プレートの衝突部にあり、世界有数の活発な地殻変動ゾーンとなっている。

“海溝型地震”では、陸側のプレートの先端に海側のプレートが沈み込み、陸側のプレートが引きずり込まれてひずみがたまる。このひずみが限界を超えると陸側のプレートが跳ね上がり、地震と津波が発生する。この結果、様々な周期成分を持った地震波が放出される(図2の①)。

震動の周期が1秒以下の短周期地震動では、衝撃加速度は大きいですが、揺れは比較的速く減衰する。これに対し、2~3秒以上の長い周期成分を持つ地震波では、加速度は大きくないが減衰せずに遠方まで伝わる特性を持っている(同②)。

関東平野や、大阪平野、濃尾平野など、大都市がある平野

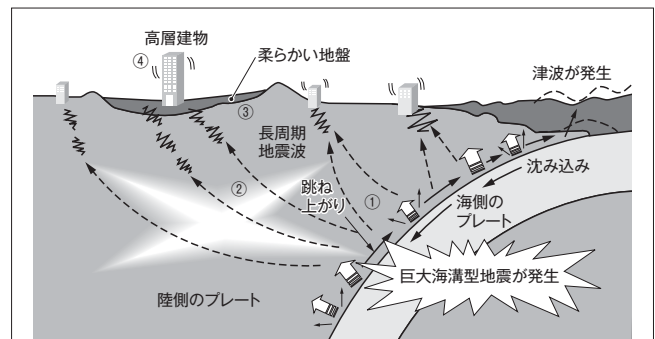
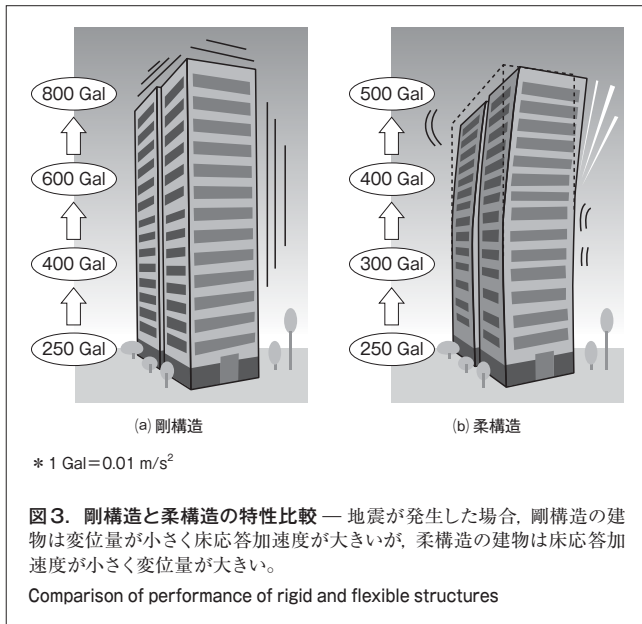


図2. 長周期地震動の発生メカニズム — 長周期成分の地震波は、減衰しにくく遠方まで伝わる特徴があり、柔らかい地盤や建物と共振して振幅を増大させる。

Mechanism of generation of long-period ground motion



は、すり鉢状の地盤の上に柔らかい層が堆積しており（同③）、長周期震動と共振しやすく、その上に建つ固有周期が長くても共振しやすい高層建物が大きく揺れることになる（同④）。特に、砂層やシルト層から成る軟弱な沖積層の厚い地域や、人工的に作られた埋立て地などは揺れやすい地盤と言われている。

### 2.3 揺れやすい高層ビル構造

建築物の構造では、1981年に施行された「新耐震設計基準」により、“靱性（じんせい）の確保”による柔構造が主流となった。

地震が発生すると、高層ビルは地盤から慣性力を受けるため、上層階になるほど床応答加速度による衝撃力が大きくなっていく。

剛構造の建物は、地震による衝撃エネルギーを構造部材の剛性によって吸収するため、床応答加速度は大きいに変位量を抑制できる（図3(a)）。

一方、柔構造の建物は、いわゆる“柳の枝に雪折れなし”の原理で地震動に応じて建物も揺れ、衝撃エネルギーを変位エネルギーに変えるため、変位量は大きくなるが応答加速度を抑制できる（図3(b)）。

30～50階建程度の高層ビルの固有周期は一般に5～6秒と言われており、長周期地震動の周期に近いため共振しやすく、柔らかい構造のため揺れを増幅しやすく減衰させにくい。近年では、高層ビルの長周期地震動による揺れ防止策として、油圧ダンパによる制震構造化に改修するビルも現れるようになった。しかしコストも掛かるため、普及率が上がっていないのが現状である。

## 3 コンピュータールーム地震対策強化

ユーザーにとって重要なことは、“現状のコンピュータールームの地震対策仕様でどの程度まで耐えられるか、どこがぜい弱な箇所、更にもどのような対策を施せばリスクを低減できるか”であり、よりの確で有効な地震対策の強化提案が求められる。

### 3.1 東日本大震災から得られた課題

東日本大震災で受けた被害から、取り組むべき次の課題が明らかになった。

- (1) 重要な情報機器を保有するコンピュータールームが、揺れやすい地盤に建つ高層ビルの上層階に設置されている場合は、リスクを軽減するために、揺れにくい地盤上の建物や、低層階へ移設することが望ましい。
- (2) ラックの免震装置は、短周期で急激な応答加速度に対して大きな免震効果を発揮するが、長周期地震動のゆっくりとした大きい揺動に追従できずに機能を失う危険がある。コンピュータでもっとも衝撃被害を受けやすいHDD（ハードディスクドライブ）の衝撃力回避に加え、長周期地震動への追従能力や変位抑制能力の向上が要求される。
- (3) 建物躯体（くたい）の変形能力が長周期地震動に追従しても、非構造体である間じきり壁や天井にとっては負荷となるため、破損や落下などの二次的被害の危険が高まる。このため、躯体へ堅ろうに固定する必要があり、背の高い設備は、床に固定したうえで更に壁に固定するといった、固定の二重化を行うことが望ましい<sup>2)</sup>。

### 3.2 コンピュータールームにおける地震対策強化の提案フロー

当社が展開する地震対策工事の提案フローを図4に示す。

提案のポイントは、現状の仕様での地震対策性能を明確にしたうえで、ぜい弱な箇所を抽出し、気象庁による震度階、地表応答加速度、及び過去の大地震履歴といった地震規模と危険性の関係を明確にし、またその危険性を補う地震対策強化により見込まれる性能向上を数値化することである。

そのためには現場調査とユーザーからのヒアリングを徹底し、現状仕様の把握と守るべき重要機器の地震対策性能レベルを明確にしておく必要がある。

またユーザーへの検証報告と提案は、誰にでもわかりやすい表現とし、更に費用対効果を数値化する必要がある。

### 3.3 東芝ITサービス(株)における地震対策強化工事

#### 3.3.1 事例1 — フリーアクセスフロア耐震補強

まず現場調査を行って、パネル、支柱、及びベースプレート躯体定着仕様の諸元データを入手し、それぞれの部位に想定される破壊モードと保有耐力を算出する。

フリーアクセスフロアに想定される破壊モードは、次のとおりである。

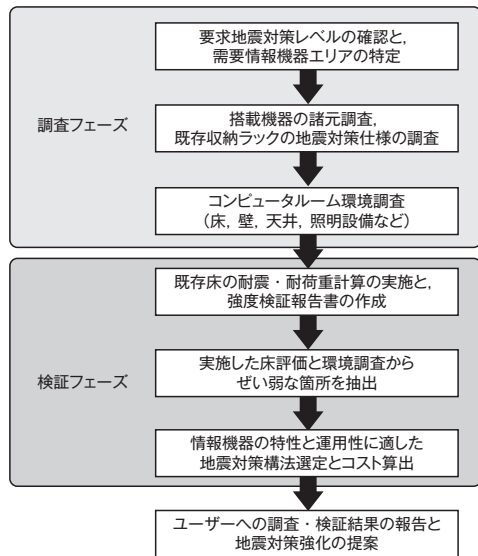


図4. 東芝ITサービス(株)の地震対策強化提案フロー — 現状調査とユーザーからのヒアリングにより要求仕様を明確にし、現状評価からぜい弱な箇所を抽出し、最適な地震対策強化の提案を行う。

Proposed flow of measures to strengthen earthquake resistance

- (1) フロアパネルの曲げ・圧縮降伏
- (2) 支柱の曲げ・圧縮降伏
- (3) ベースプレート面外の曲げ降伏
- (4) ベースプレート定着部の剥離降伏

想定破壊モードに至る各部位の材質と寸法から終局強度を算出し、これを床応答加速度に換算して、(1)~(4)のうち最少となる値を既存のフリーアクセスフロアの保有耐力とする。

地震規模としては、烈震又は激震クラスに相当する地表応答加速度400~600 Gal (4~6 m/s<sup>2</sup>)を想定し、地盤条件と建物構造の振動特性から設置階の床応答加速度を計算して、必要保有耐力とする<sup>(3)</sup>。

この結果、フリーアクセスフロアの保有耐力が必要保有耐力を下回っており、耐力不足分の補強が必要になった。補強方法としては、根がらみアングルで重要機器エリアを囲み、更に斜め補強材をバランス良く配置する構法(図5)を提案し、重要機器エリアを烈震や激震から守る施工を実施した。

**3.3.2 事例2 — 床免震システム** この事例のコンピュータールームは、揺れやすく液状化のおそれがある埋立て地盤上の建物の上階にある。このためユーザーから、今後予想される巨大海溝型の“東海地震”を想定しての地震対策を強化する提案を求められた。

当社は、床免震システム(図6)と、既存のフリーアクセスフロアを全面耐震補強したうえでラック免震装置を採用するシステムの2種類を提案し、免震化ラック数やレイアウトの自由性といったレイアウト効率、運用性、及びコスト面からの比較検討を行ってユーザーと協議を重ね、床免震システムを採用する

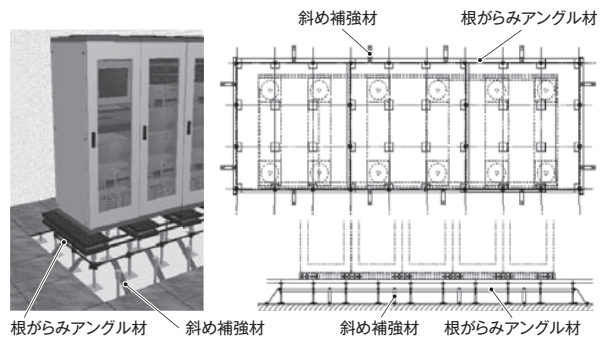


図5. フリーアクセスフロア地震対策強化 — 重要機器エリアフロアの支柱を補強アングル材で囲み、斜め補強材をバランス良く配置する構法で、重要機器エリアを烈震や激震から守る。

Earthquake-resistance measure for free access floor area accommodating critical equipment

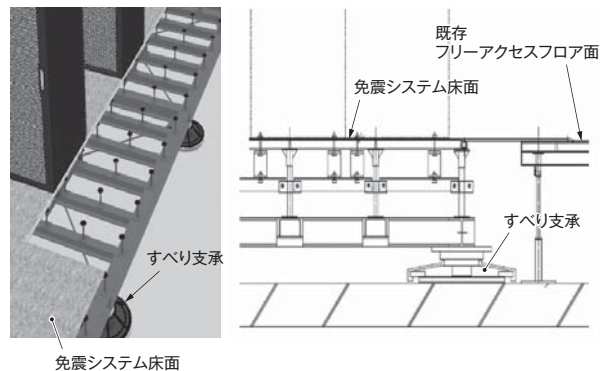


図6. 床免震システムによる地震対策強化 — 重要機器エリアを確実な免震効果により地震の衝撃力から守り、免震化ラック数の効率の向上と、自由なラック配置が可能となる。

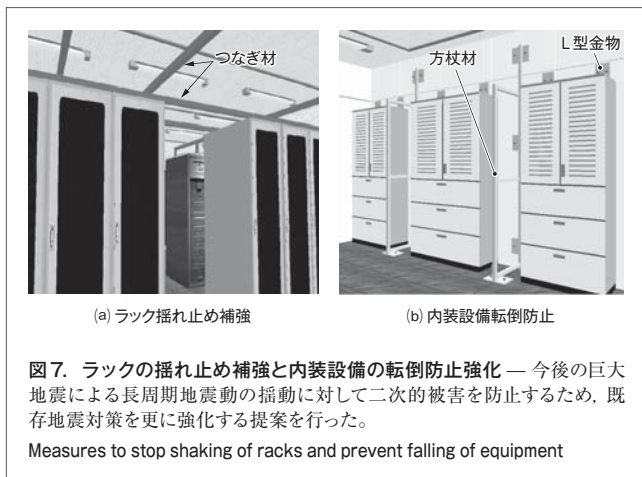
Measure to improve earthquake resistance using seismic floor isolation system

ことに決定した。

床免震システムとしては、免震性能、鉛直支持力、及び復元力の観点からすべり支承を選定し、また製品選定にあたっては、導入実績や、公的機関の認定取得、施工性、耐久性、メンテナンス性、通線作業性、防塵(ほうじん)性、床下空調障害のない構造、故障の少ない機構などの観点から慎重に吟味した。設計及び施工における留意ポイントは、次のとおりである。

- (1) 積載するラックの荷重配置バランスとスペース効率
- (2) 周囲の既存床との間の揺れ振幅の違いが障害とならないような免震可動構造
- (3) 建屋の構造梁に合わせたすべり支承のバランス良い配置
- (4) 床下空調の気流の障害とならない部材配置
- (5) ラックと床免震との連結仕様

この工事は2011年1月に完成したが、その直後に発生した東日本大震災においても全ての搭載機器が正常に稼働し、また、床免震システムもまったく無傷であった。



### 3.3.3 事例3 — ラック揺れ止め補強と内装設備転倒防止

東日本大震災の教訓から、今後長周期地震動の大きな揺動が発生した場合に備え、二次的被害を防ぐ対策提案を行った。

ラックは既に床に耐震固定を施されているが、加えて頂部をつなぎ材で堅ろうに連結固定して、転倒抵抗力を向上させるとともに頂部の揺れを抑制できるようにした(図7(a))。

また重要データの保管棚は、既に実施済みの床固定に加え、パーティション頂部をL型金物で堅ろうに固定し、更にパーティション転倒防止の方杖(ほうづえ)補強材をバランスよく配置する提案を行い、ユーザーの重要データ保護に貢献している(図7(b))。

### 3.3.4 関連特許

当社のコンピュータールーム地震対策強化の提案に関連した特許として、特許第4681596号「ラック耐震システム」や、特許第4940324号「サーバ室床耐荷重診断システム」、特許第5000673号「震災シミュレーション診断システム」などが登録されている。これらによって当社は、独自のノウハウの権利化と活用を図っている。

## 4 あとがき

ここで述べたいずれの事例においても、緻密な調査、ヒアリング、診断、及び分析により、情報機器の特性に適し、かつコストに見合った仕様で地震対策レベルを向上させる提案を行い、強化工事を実現できた。

今後、マグニチュード8クラスの巨大海溝型地震である東海地震や、東南海地震、南海地震などが発生する可能性が高いと言われており、また関東地方南部を襲うとされるマグニチュード7クラスの首都直下地震も予想され、今、わが国は切迫した状況下にある。

BCPの普及により地震対策施策を強化するニーズが高まるなか、当社は今後も、保守サービスで培った情報機器に精通した技術と工事技術を融合させ、より高い地震対策構法の提案から工事までのワンストップサービスを展開して、重要な情報資産を巨大地震から守ることで社会に貢献していく。

## 文献

- (1) 内閣府 防災担当. “事業継続ガイドライン 第二版-わが国企業の減災と災害対応の向上のために-”, 内閣府 防災情報のページ. <<http://www.bousai.go.jp/MinkanToShijyou/guideline02.pdf>>, (参照2012-11-19).
- (2) 電子情報技術産業協会 (JEITA). JEITA ITR-1001C 情報システムの設備ガイド. 東京, JEITA, 2011 (改正), 149p.
- (3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所; 建築研究所 (監修). 建築設備耐震設計・施工指針 2005年版. 東京, 日本建築センター, 2005, 342p.



鈴木 直仁 SUZUKI Naohito

東芝ITサービス(株) サポート&サービス統括部 サポート&サービス推進部主査。工事技術の支援及び教育に従事。日本建築構造技術者協会会員。  
Toshiba IT-Services Corp.