

スライドと積層ゴムを配置した二重床の免震特性と
OpenGL を用いた構造物のシミュレーション解析

講演者	岐阜大学大学院	学生会員	深谷 定充
	岐阜大学助教授	正会員	藤井 康寿
	名城大学教授	正会員	中川 建治
	佐藤鉄工株式会社	正会員	村瀬 安彦

1. 研究目的

平成七年に起きた兵庫県南部地震の被害にみられるように、建物が倒壊しなくても大地震の大きな揺れによって、コンピュータ機器や彫刻等の展示品の転倒による多くの被害が発生した。日本国土開発が開発した揺れガードは貴重な美術品やコンピュータ機器等を地震の被害から守る目的から開発されたもので上部テーブルの下に曲率半径を有する XY 方向のレールと転がり支承を配置することにより、いかなる方向からの揺れに対しても優れた免震特性を有する。

本研究では、上述の揺れガードの優れた特性に着目して、これをフロアー全体にスケールを拡大して設置することを考える。さらに積層ゴムを配置したモデルを考察し、二重床と呼称する。二重床は、揺れガードの機構を有するとともに、構造物に免震効果を発揮するものと想定される。本研究では、地震応答解析を行い、フロアーに設置した二重床の特性を検討するとともに、OpenGL¹⁾による構造物との動的挙動をシミュレーション解析することを目的とする。

2. 概要

本研究では大きく分けて以下の二点に関して検証を行う。第一に、二重床の免震特性を検討するために、二重床の地震波による滑動加速度（以後、「二重床の加速度」とする）が一定基準（200gal）の加速度以下になることを検証する。次に、二重床を構造物に設置したことによる構造物に与える影響量を検証する。その判定法としては、二重床を設置していない状態を仮に原設計と呼称して、これを基準値として設定した着目部材力における比較検討を行う。また、全体の挙動を視覚的に把握するために、高品位な画像生成のためのプログラムインターフェイスである OpenGL を用いてシミュレーションを行い、フロアーに設置した二重床と構造物との動的挙動を明らかにする。

3. 二重床の特性

本研究では、二重床の加速度に着目して後述の実験結果の整合性を比較することにより、二重床の機構を有しているかどうかを判定する。一条工務店が開発した「積層ゴム」と「スライダー」を組み合わせた一条ハイブリット免震構法（図-1）²⁾は、床の加速度を床の免震機構を設置しない場合と比較して、1/3~1/4 に軽減される。つまり、地震加速度 800gal 以上を 200gal 以下まで低下することが可能である。このとき、一条工務店の実大実験の結果では、家具の転倒はもちろんテーブル上のガラスさえ倒れなかった。これらの結果を踏まえて、二重床の加速度が 200gal を基準加速度として解析条件とする。

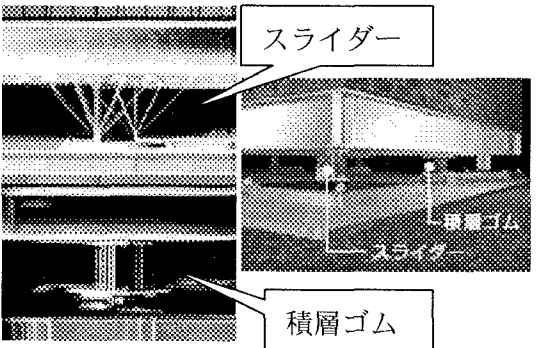


図-1 一条ハイブリット免震構法

4. 一条ハイブリット免震機構のモデル化

提案する二重床の新たな機構は、一条ハイブリット構法で設置された積層ゴムを応用し、揺れガードの上部テーブルの下に積層ゴムを設置し、フロアーが許容揺れ幅（クリアランス）以上になると、ストッパーに接触し積層ゴムが機能する機構を考えた。具体的には

図-2 に示すように、円弧レールの間に積層ゴムを設置して、その両側に 0～15cm までの設定可能な許容揺れ幅（クリアランス）を設けてストッパーを設置する機構である。揺れ幅が 15cm を超過すると、最大水平移動量が 15cm の積層ゴムが作用する。したがって、二重床は最大で 30cm（片側）の移動量が可能である。

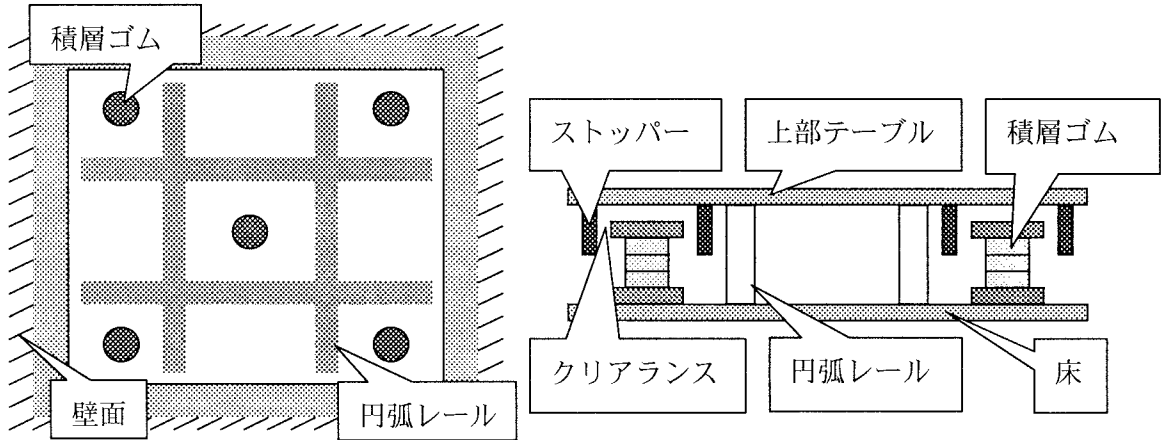


図-2 積層ゴムを設置した二重床のモデル図（左：上面図、右：側面図）

5. 解析結果

図-3 は紙面上の都合上、対象とする構造モデル図は割愛したが、4 スパン 7 層の鉄筋コンクリート構造物に全層にわたって二重床を配置し、兵庫県南部地震波（700gal、N-S 方向）を作用させたときの最頂部の、二重床の変位をまとめた図である。図より、積層ゴムにより上部テーブルの変位が 15cm の積層ゴム（この場合、クリアランス 0cm）の作用によって、大きく抑制されているのがわかる。

また、他の階層も検討した結果、次のような結論が得られた。二重床を設置するにあたって、下層部は変位が 30cm 以下であるため、積層ゴムを設置しない揺れガード機構のみとし、中層部では積層ゴムを段階的に 5～20 個設置すれば、基準となる転倒加速度（200gal）を超えない加速度にすることができる。

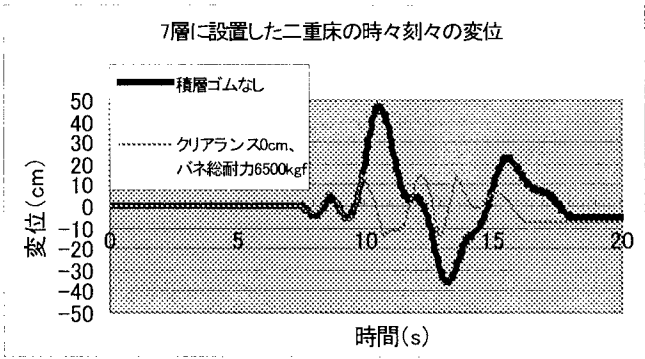


図-3 7 層に設置した二重床の時々刻々の変位

表-1 は、原設計の地震応答解析結果による着目部材力を基準として、二重床を設置した構造物の部材力の増減を、柱と梁を基準に図にまとめたものである。表-1 より、着目部材力は構造物の基部であるため、多大な力が作用されるものと想定される。しかし、柱はそれ程（2%程度）効果は見いだせないことが判明した。梁については、せん断力、曲げモーメントは 10%以上の効果が見られた。床は本来、自重として扱われるべきものであるが、前後左右に移動する特性と積層ゴムの作用により、自重としての外力成分が消散されたものと推察される。

表-1 原設計を基準に着目部材力の柱、梁を基準にまとめた合計の割合

	N	Q	ML	MR
柱	102.5	98.6	98.4	99.0
梁	99.5	87.1	87.0	87.2

（単位：％）

6. OpenGL について¹⁾

OpenGL によるシミュレーション解析は、デジタルビデオカメラで撮影し動画データに変換し、Media Player 等で再生することにより動的挙動を検証することが可能であるが、当日発表する。

7. 参考文献

- 1) 三浦 憲二郎: OpenGL 3D グラフィックス入門「第 2 版」, 朝倉書店
- 2) 一条の免震住宅, 一条工務店パンフレット