

JIA 建築家architects CPD技術編

---

# 免震住宅の計画

全4回

- ・今月からJIAニュー - スCPDシリーズに、技術編として、新たに「免震シリーズ」が加わりました。
- ・この免震シリーズを毎回読み、巻末の自主申請用紙で回答すると、1回の申請で1単位を取得できます。



免震シリーズ「免震住宅の計画」 全4回の内容

- 第1回「集合住宅の計画」 第3回「免震化へのリニューアル」  
第2回「戸建住宅の計画」 第4回「これからの免震建築物」

連載にあたって - - -

## 免震住宅の計画

社団法人日本免震構造協会  
建築計画委員会 委員長 石原直次

1975年免震装置（積層ゴム）の開発、1983年免震建築第一号「八千代台免震住宅」の完成と免震建築が世に出て20年余りになります。

その間に、研究所、病院、電算センター、事務所等の業務施設を中心に免震構造が採用されてきましたが、1995年の阪神・淡路大震災以降、多くの免震集合住宅や戸建免震住宅が建設されました。

これは住宅の供給者が物件の差別化を図り、購買力を高めた結果という見方もありますが需要者にも地震に対してより安全な建物を求めている現われと考えられます。ただ、時間

の経過とともに地震に対する意識も薄れ、免震住宅よりもシステムキッチンを選ぶ需要者が多いのも事実であり、免震構造の採用が一般化したわけではありません。

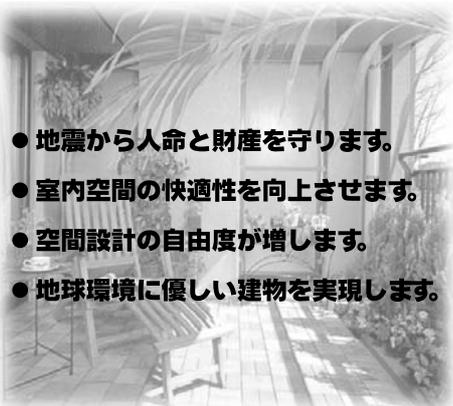
なにに安全性の確保という目的だけでなく、構造の制約を極力少なくし、自由に設計できる免震構造のメリットを生かした建物の実現こそが更なる普及につながると考えています。今回の免震住宅の計画では「集合住宅の計画」「戸建住宅の計画」「免震化へのリニューアル」[これからの免震建築]のテーマで4回に分けて連載し、免震構造の特徴を一層理解して頂きたいと考えています。

## 集合住宅の計画

社団法人日本免震構造協会  
建築計画委員会委員 小林 幹生

### 1. 免震構造の定義

建築物の基礎と上部構造の間（基礎免震）または、下部構造と上部構造の間（中間免震）に免震装置（アイソレーター、ダンパー、すべり支承など）を設けて上部構造の固有周期を延長・減衰を増加させて、地震動に対する建築物の応答を低減する構造。

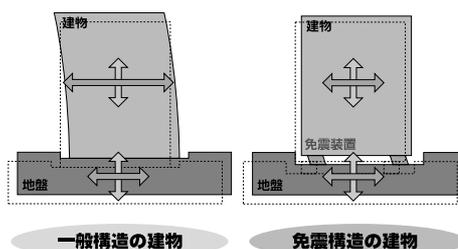


- 地震から人命と財産を守ります。
- 室内空間の快適性を向上させます。
- 空間設計の自由度が増します。
- 地球環境に優しい建物を実現します。

### 2. 集合住宅に免震構造を採用するメリット

- 地震災害から人と建物を守る（図-1）
- ・免震構造の建物は免震装置の変形により地震のエネルギーを吸収し、建物への地震力を1/3～1/5に低減できるもので、地震時に建物本体とその機能を守り、人の命と財産を守る。
  - ・サッシや玄関ドア、配線・配管などの二次部材の破損を抑えられ、家具、什器およびその内容物や設備機器などの転倒、落下による二次被害もおさえ、安全な避難も確保する

免震構法概念図



一般構造の建物 免震構造の建物

地盤の振動が伝わると建物は変形し、上層階ほど大きく揺れます。免震装置は地震の衝撃を吸収し、建物の変形を防止します。

図-1

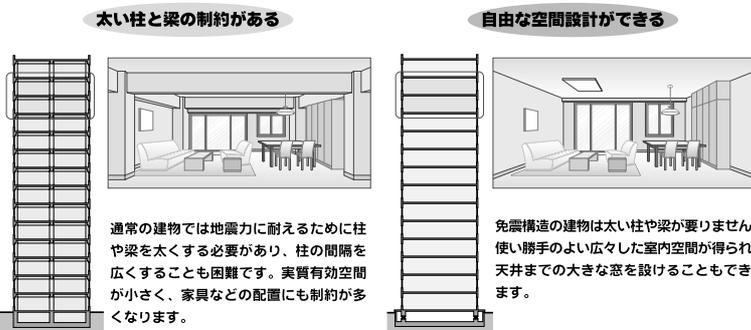
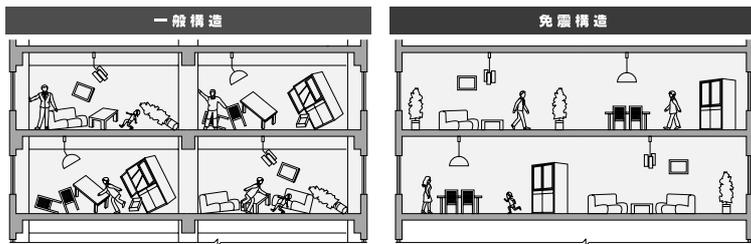


図-2

ことができます。

スリムで高耐久の構造躯体（図-2）

- ・柱や梁などが従来に比べサイズが小さくなり居住性が向上する。
  - ・地震時の変形が少ないために躯体やカーテンウォールや間仕切りなどの非構造部材に対してもダメージが少なく高耐久の建物となる。
  - ・非構造部材のジョイント部が簡便となる。（カーテンウォールの取り付けと目地など）
- 設計自由度の増大
- ・躯体がスリムで間取りや内装・設備に対して柱や梁などの制約が少なく空間設計の自由度が増大するため、高耐久のスケルトン（「S」、構造・インフラ設備）と自由に構成できるフレキシブルなインフィル（「I」、間仕切り・内装・設備）で構成されるSI集合住宅に最適となる。
  - ・上記の積層ゴムに上下方向に利く制震ダンパー（バフファ）を併用し防振効果を更に向上させることも可能。

### 3. 集合住宅と免震構造の相性

集まり住む集合住宅の最大のメリットは、土地や建築の空間や機能を共用できるところにある。共用する住戸が多ければ多いほど経済効果があり、1軒当たりの建設コストや管理・運営コストの負担が少なくなる。

免震装置も構造躯体の一部で、区分所有法では共用部分にあたるので、共用する住戸が多ければ多いほど一住戸当たりの負担が少なくなり経済的となる。住戸を高く積み上げれば上げるほど効果が増すと思われるが、後述する構造的な合理性や建築関連法規の規制などで経済的な建物の高さにはある程度の限度があり、一般的には、低層住棟より中層住棟、中層住棟よりは10階前後から15階程度の高層住棟が適していると言える。

### 4. 地盤との相性

免震構造に適している地盤は、第1種地盤（卓越した地盤の固有周期0.2秒以下）と第2種地盤（同周期0.2～0.75秒）で

液状化の恐れのないもので、第3種地盤（0.75秒以上）のような軟弱地盤や液状化しやすい地盤には一般的には適さない、しかし、制震装置との組み合わせや地盤改良、杭の補強などでコストは、かかるが技術的には可能な場合もある。

## 5. 免震集合住宅の構造合理性

ねじれの少ない建物形状（図-3）

地震時や強風時にねじれの少ない建物形状が免震構造には適している、平面形状でも立面形状でも、形の整った矩形が望ましく、集合住宅に多い。

I字型平面の板状住棟は適している。

また、塔状の住棟も平面形が円や正方形に近い点对称の形が望ましい。

平面形が細長い建物では、端部の免震装置の水平変位が大きくなるので注意が必要となる。

免震構造の特性として、上部構造の耐震要素が偏在していても、大地震時に剛心位置が一般耐震構造のように大きく移動しないため、上部構造の設計の自由度が増大する。

平面形がL字型や雁行型等の不整形のものや立面形でも不整形でセットバック等しているものは、その程度にもよるが、免震装置の硬さや大きさを位置により変化させる方法や、エキスパンションジョイントにより分棟化するなどの配慮が必要となる。

適切なアスペクト比

（建物の高さとお行き寸法の比率）

（図-4）

一般的な免震装置は「圧縮」には強いが「引っ張り」には弱いため、建物形状は、倒れにくい安定した形態ほど有利となる。建物の高さとお行き（短辺）寸法のおおよその比率（アスペクト比）は3：1以下、すなわち、断面形状で建物の高さが建物の短い幅の約3倍以下がおおよその目安となる。一般的なI字型の平面形をした住棟のお行き寸法は、12M～15M程度なので高さは、36M～45M以下で、約11階～14階以下相当が適当となる。

アスペクト比の高い建物は、低層部を張り出したり、高層部をセットバックさせるなど転倒モーメントを小さくする調整をすれば免震適用に対し比較的有利な構成となる（図-5）。また、「引っ張り」に強い制震装置などを併用すれば高い建物に対処可能となる。

免震装置の配置

免震装置を効果的に配置するためには自動車のタイヤのように、ホイールベースやトレッドをなるべく大きくとり、

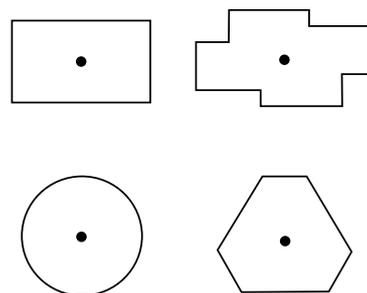


図-3

安定した状態にして、免震装置の設置数も、タイヤの本数と同じように必要最小限に抑える構成が望ましい。そのため、棟形や平面形などの基本構成と柱位置などの構造架構の十分な検討が必要である。

集合住宅では、間口が狭く奥行き長い住戸が構造壁を挟み連続する板状の住棟が多く、建物の安定を図るため、柱の位置（免震装置の位置と同じ場合が多い）を建物の短手方向のなるべく両端に配置する。そのため、免震集合住宅の実施例では、柱がバルコニーの先端部に配置されることも多い、更に、その柱列を結ぶ大梁を逆梁構成にすると開口部上部の大梁による高さの制約から開放され2.2M～2.5M程度の高い開口部（ハイサッシ）構成例も最近は多くなった。（図-6）

従来、中高層板状住棟では、一般的には、柱の列が3列であったが、免震構造を採用することにより柱の列を2列として、免震装置の個数を合理的に減らすとともに、住戸内に出る柱型や梁型を少なくしてプランの自由性を増すことも可能となる（図-7）。

また、経済的な構成とするため、免震装置として「アイソレーター」や「ダンパー」の数を最小限にし、比較的廉価な「すべり支承」を併用することが可能となる場合もある。（建物から部分的に張り出ている階段部や中低層建物に適用）

## 6. 免震集合住宅の留意事項

### (1) 変位に対する配慮

建物全周に免震による最大の変位量を考慮したクリアランススペースを確保。（約60cm、条件により数値が異なる）基礎免震の場合、敷地境界から建物の離れをのクリアランススペース外側の躯体の施工も考慮して確保する。（中間免震の場合のみ考慮）

建物まわりの可動部に人や車などが寄り付かないよう対策をする。

建物まわりの出入り口通路部にエキスパンションジョイントが必要。

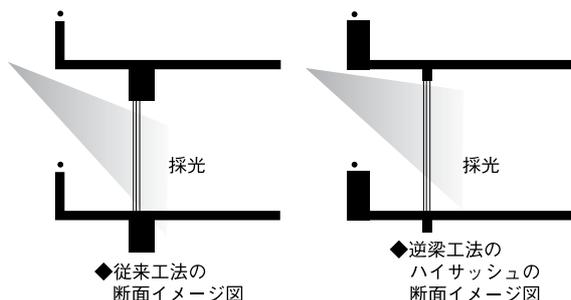
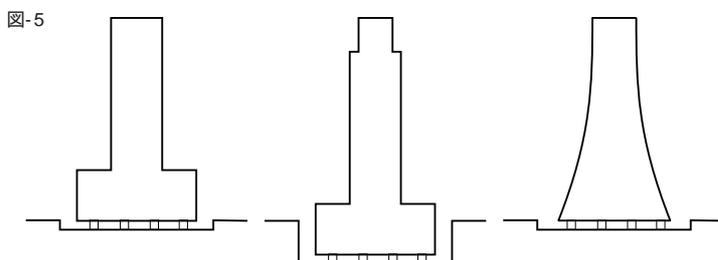
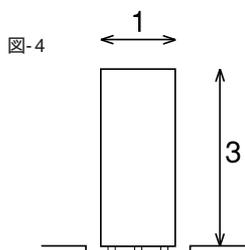


図-6

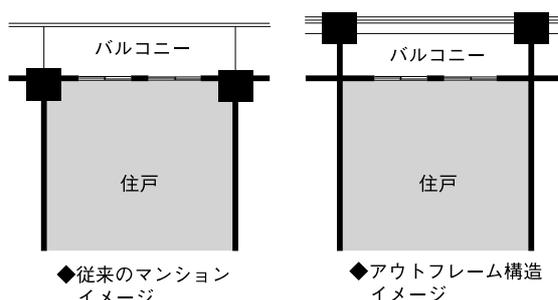


図-7

トが必要。手摺等の部品にも伸縮対応の配慮が必要となる。（相対変形対策）

別建物との連結通路部に別建物の変位量と免震建物の変位量を加えたエキスパンションジョイントが必要。（相対変形対策 双方変形）

設備配管・配線類の可動部に変位量を考慮したフレキシブルジョイントなどが必要。（縦シャフトや雨どいの処理も注意）

エレベータシャフトは一般的には、免震層で分断せず、上部躯体と一体の構造とする。（免震層以下の部分は、上部躯体から吊る構成とする）

階段が免震層を通過する場合、変位量の幅を加えた幅員とし非難安全性を確保する。

### (2) 区画に対する配慮

基礎部分に免震装置が位置する、「基礎免震」の場合、免震装置が位置するスペースは、もっぱら管理・維持・更新のためのスペースとする。この場合、免震装置に対して耐火区画（耐火被覆）は必要ない。

の場合で、免震装置の位置するピット内に倉庫や駐車場、駐輪場、居室などの用途が発生する場合、免震装置とその他の部分に対し耐火区画の必要が生じる。一般的には免震装置部分に変位を考慮した耐火被覆を行う。

1階以上の階に免震装置が位置する「中間免震」で、免震装置部分が駐車場、その他の用途の生じる部屋内の柱などに位置する場合、免震装置部分に変位を考慮した耐火被覆が必要となる。また、変位により部屋の機能が損なわれない配慮も必要となる。

### (3) 維持・管理(表-1)

免震装置の維持・管理が必要

免震装置の種類や許認可の条件により異なるが、一般的なアイソレーターの場合での、標準的な点検の種別と実施の時期は、目的に合わせて次のように分類されます。なお、定期点検などは、竣工時検査が基準になりますので必ずこの検査記録は残しておきます。建物の竣工時検査は、専門

技術者により各部材の形状など初期状況を記録しておきます。(全数検査を原則とする)

・定期点検

定期点検は、簡単な目視検査で建物周囲や免震部材を見回り、異常の早期発見とトラブルの防止をはかる点検と、期間を決めて、目視だけでは確認しにくい機能的な異常や耐久性に関わる項目を詳細に点検調査する点検があります。前者は毎年実施します。後者は、抜き取り検査を標準として、竣工後5年、10年、以後10年毎に実施します。この際、積層ゴムの性能測定のために「別置き試験体」が用意されている場合は、これらを測定機関(製造メーカー等)に持ち込み計測します。

・応急点検

応急点検は、大地震、台風、冠水、火災などが発生した直後に実施します。本来は、詳細な点検が必要ですが、災害後はすぐに対応できない場合が多いので、取りあえず、簡易な目視点検を主体にした応急点検を実施し、問題点を迅速に把握した後に、必要に応じて次項の詳細点検を計画します。

・詳細点検

応急点検、または、定期点検で異常が認められた場合に実施します。異常項目を重点的に点検しますが、内容は定期点検と同程度です。

なお、点検する部位と管理の仕方については一般に表-1のようになります。

・耐用年限・・・アイソレーター(免震ゴム)の場合およそ60年

に伴って入居者の管理費負担が生ずる

・分譲マンション200戸規模程度の場合管理費約300円～500円/月・戸

免震装置の保守点検・取り替えのための搬出入口と点検スペースが必要。

・ドライエリア(幅約2M)またはマシンハッチ(約2M×2M)など点検時や更新時の配慮が必要となる。

・点検スペース高さは、有効1.2M以上で搬入口より台車により免震装置を運搬可能とする。

(4) その他の計画上の配慮

装置が周辺地盤より低い位置に配置される場合、エキスパンション部の止水および、免震ピット部の排水を考慮のこと。(排水ピットと排水ポンプ、側溝、連通管、水勾配、止水対策等)

免震層を通過する設備配線・配管は、なるべくまとめて施設し、フレキシブル処理の個所数を少なく合理的・経済的な構成とする。

高電圧線の配線・配管(特高など)の場合は、ループ状に曲げる曲率半径の確保およびプルボックスと支持金物の補強が必要となる。

可動部との分離層部はなるべく同一平面上に位置させる計画とし、段差がある場合、立体的に変位を考慮する必要がある。エキスパンションジョイントや手摺は、通常時および変位時とも安全な通行が確保できる構成とし、墜落の可能性の

部 位	必要性能	管理項目	検査方法
・ 免震部材	建物を安全に支持できる	・ 損傷の有無 ・ クリープ ・ 変位	・ 外観検査 ・ 鉛直変位測定 ・ 水平変位測定
	免震性能	・ 剛性 ・ 変形能力 ・ 減衰能力	・ 外観検査 ・ 別置き試験体を用いた試験
・ 免震層 ・ 建物外周部	建物の水平移動に支障がない	・ クリアランス ・ 障害物の有無	・ クリアランス量測定 ・ 障害物目視調査
・ 設備配管 配線 可撓部	変形追従能力	・ 形状 ・ 損傷の有無	・ 目視調査 ・ 漏水等の調査

表-1

ある隙間を作らない、手や指が挟まらないなど安全性の配慮が必要。

- ・ 手摺は、床から650mm以下に足掛かりができないよう、また、手摺の格子のあきが120mm以上にならないよう配慮する(墜落防止対策)
- ・ エクスパンションジョイント部床の段差対策(バリアフリー対策)が必要。その場合原則として段差ゼロであるが、建物用途や部位により段差3mm、20mmなどの基準があり、行政指導を受ける必要がある。

(5) 工世上・コスト上の留意点

基礎免震では上部構造より下にそれより大きな免震層が必要となり、根切り量や躯体数量が増え、工期も増える可能性がある。

建物外周部の仮設足場位置やその施設方法も変位を考慮。工事中の可動部の仮設部材も変位を考慮して安全通行が可能とする。

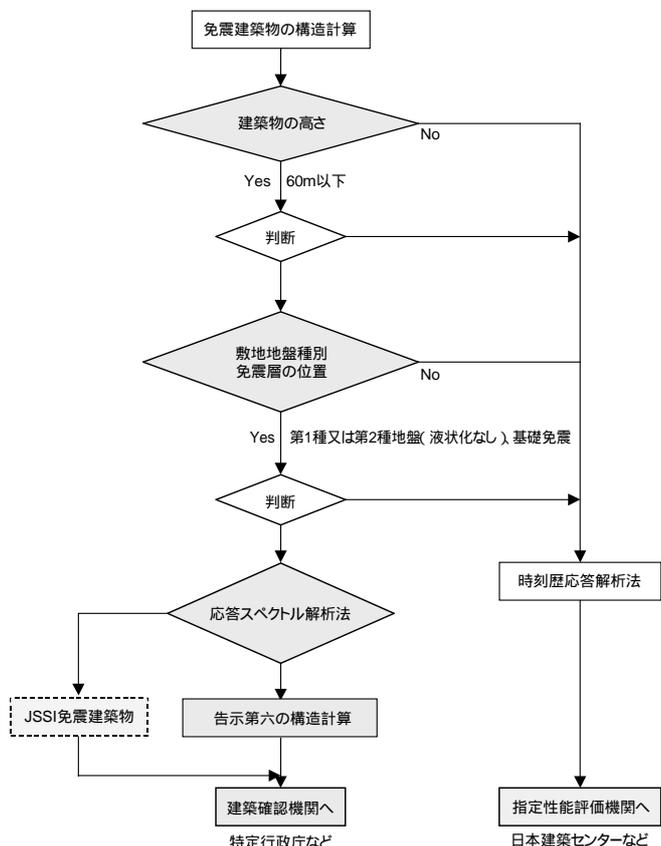


図-8 構造計算ルート

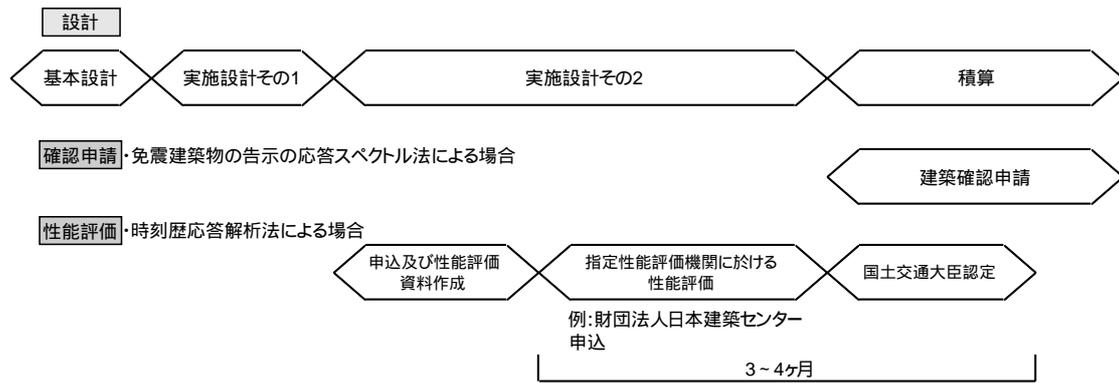


図-9 許認可の流れ

見積時、免震装置だけでなく、その被覆やエキスパンションジョイントや設備のフレキシブルジョイントなどや工事費に含まれる点検料の検討も充分行う。

設計住宅性能評価書を取得する場合、一部の場(高度な構造解析が必要となるものなど)は「特別評価方法認定書」取得が必要となり、指定住宅性能評価機関にて審査を受け、国土交通省の大臣認定を取得する。(表-2)

(6) 許認可関係

構造計算ルート(図-8)

- 1) 旧建築基準法38条による免震(建築物に関する一般認定)  
 応答スペクトル法、実績ある免震部材メーカーの部材「JSSI免震建築物」(有効期限2002年5月31日まで)
- 2) 免震建築物に関する告示(建築主事の建築確認設計法)  
 応答スペクトル法、指定建築材料による大臣認定部材
- 3) 指定評価機関による評価書(大臣認定得)  
 時刻歴応答解析法、指定建築材料による大臣認定部材  
 許認可上では、一般的な限界耐力法ではなく高度な構造解析(時刻歴応答解析など)が必要となるものは指定性能評価機関の「性能評価書」取得と国土交通省の「大臣認定」の取得が必要(評定から大臣認定まで3~4ヶ月かかり、一般の確認申請+約2ヶ月以上必要)(図-9)

質問

1. 集合住宅に免震構造を採用するメリットを3つ以上挙げてください。
2. 免震構造に適している地盤は、一般的には何種地盤ですか。
3. 免震構造を採用する際、適切な建物のアスペクト比(建物高さと同行きの比)の一般的な上限の目安は、いくつですか。
4. 免震ピット内に、駐車場等の用途が発生する場合、免震装置に対して必要な処置は何ですか。
5. 免震装置に対して必要な3種類の点検項目とその頻度を述べてください。

回答

1. 地震力を低減して建物内の人の安全を守ります。  
 地震力を低減して建物本体を守ります  
 地震時の二次部材(サッシ、間仕切り、設備機器、配線・配管、什器)の破損を抑えます  
 構造躯体(柱、梁など)がスリムに計画でき、設計の自由度が増大する。  
 非構造部材のジョイント部が簡便となる。  
 集合住宅では免震によるイニシャルコストとランニングコスト増がともに住戸割負担となるため高層の大型の住棟では採用が有利となる
2. 免震構造に適している地盤は第1種地盤と第2種地盤で液状化の恐れのないもの。
3. 建物高さと同行き(短辺)の比(アスペクト比)の上限の目安は、3:1程度
4. 免震装置とその他の部分を耐火区画する必要がある、アイソレーターの場合、変位を考慮した耐火被覆をアイソレーターの周囲に設置する。
5. 免震装置の種類や許認可の条件により異なるが、一般的なアイソレーターの場合での、標準的な点検  
 ・定期点検・・・竣工5年後、10年後、以後10年毎  
 ・応急点検・・・大地震時、強風、水害、火災の直後  
 ・詳細点検・・・定期点検で異常が認められた場合、応急点検後必要に応じて行う。

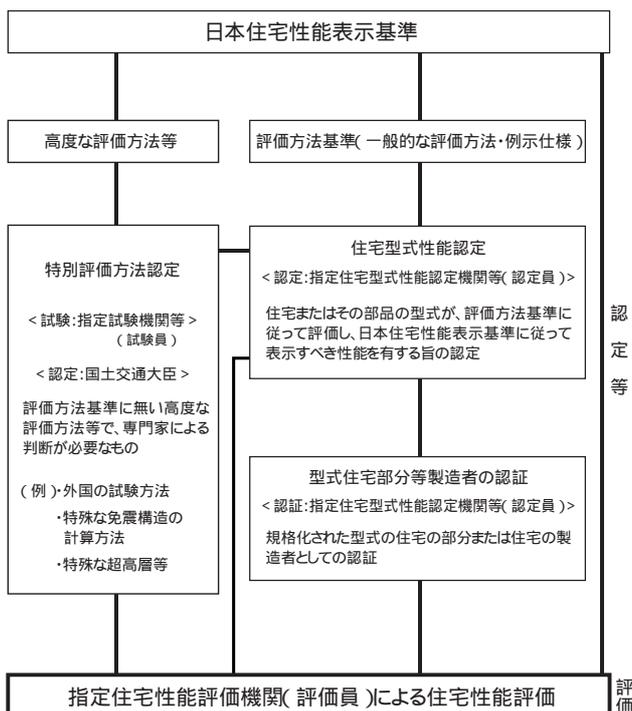


表-2 住宅性能表示制度における手続きの流れ

- ・前号からJIAニュー・スCPDシリーズに、技術編として新たに「免震シリーズ」が加わりました。
- ・この免震シリーズを毎回読み、巻末の自主申請用紙で回答すると、1回の申請で1単位を取得できます。
- ・CPDシリーズの記事にはCPDマークがつけられます。



## 免震シリーズ「免震住宅の計画 全4回」

第1回 集合住宅の計画 = 小林 幹生 - - - 2002年8月号

\*このシリーズはJIAのホームページにも掲載されています。 <http://www.jia.or.jp>

JIA news CPD技術編

# 免震住宅の計画

免震シリーズ 第2回

## 戸建て住宅の計画

社団法人日本免震構造協会

建築計画委員会委員 大嶋 治雄

阪神大震災の記憶も風化しつつあるのかもしれないが、家庭でも日ごろから防災の意識はやはり欠かすことができない。ひところ住宅への免震への情熱は薄れたかに見えるが、20年に1回は来るといわれる地震の危険性に備えは相変わらず必要である。今回はそうした中で免震住宅の可能性を考えてみる。



DIS INC  
ホームページより

### 普通の耐震構造で十分ではないか？

住宅における地震対策としてあげられるのが壁面への家具の固定化である。寝ているところを地震に襲われ、下敷きになったりすることを防ぐためには、もっとも手軽な地震対策である。しかし、家具や什器などはすべてが固定できるわけではない。石油ストーブが倒れたりすれば、たとえ建物が壊れなくても二次災害を含めて大きな被災を受ける可能性は十分にある。

免震構造は特殊なものと考えがちであるが、こうした問題を根本的に解決するにはやはり免震しかないのではないか…。

### 免震建築のメリット

#### 住宅の地震防災の視点から

#### 1.地震から家屋を守ることができる

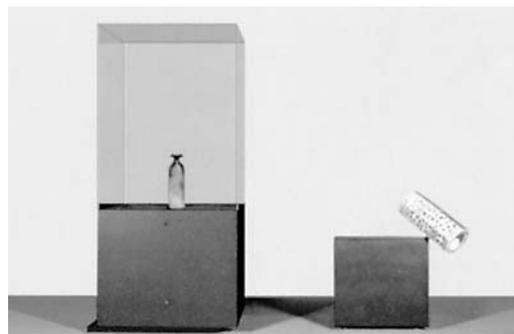
免震は普通の耐震構造よりも優れているといえる。これは現在の耐震規定の内容を理解すると想定しうる地震にすべてに対応するのは普通の耐震規定では十分とはいえないからだ。

レベル2の地震を受けた場合、地震による倒壊を免れ人命を守ることができた場合でも、必ずしも建物の維持ができるとは限らない。普通の耐震構造ではレベル2の地震が起きた場合、建物が損傷をうけることになる。地震の大きさ（レベル1、レベル2）に対する免震建物の安全が理解できる。

#### 2.大切な家財を守る

十分な耐震性能があったとしても、内部のものは1つずつを固定するのは事実上不可能である。固定できない大切なものもある。美術工芸品、ガラス製品、陶磁器、家電製品、コンピューターなどなど。こうしたものが大地震の時にどのように挙動するかは想像するのは容易だ。阪神大震災の時にTVが横から飛んできた話もあった。

限定的に、こうした美術品を載せる免震テーブルを導入する美術館もある。ただこれで守れるのはケースの中身だけである。



免震テーブル左のケース足もとがずれているのに注意

### 3. 直後の防災性能

1994年にアメリカカリフォルニアで起きたノースリッジ地震。地震直後にもかかわらず南カルフォルニア大学病院では手術を続けることが可能であったという。この事からも、免震の病院建築への評価が上がっている。現在多くの新築総合病院では免震構造が採用されている。

家の近所の診療所では手術のような緊急性はないにしても、地域の医療の核として地震直後の医療行為を続けられるメリットはあるはずだ。そうした地域との関係性を保つことは地域の医者にとって営業的にも大切であろう。診療所付きの住宅などでは免震は考えられて良いはずだ。



USC病院ロスアンゼルス DIS INCホームページより

### 4. 不快な振動の体感の軽減

地震に対する恐怖感はいうまでもない。大地震時にもゆれの少ない免震構造は居住性の向上の役にも立つ。



大阪府中央公会堂

### 5. 設計自由度の増大

近年の大地震でピロティ形式の危険性が指摘されている。しかし、そのピロティ空間のもつ開放的なグラウンドフロアには捨てがたい空間的な魅力がある。

1階だけがやわらかい空間は構造的な問題もあるが、免震を用いれば安全なピロティ建築が実現できる。1階に壁やブレースのない空間は、店舗付き住宅などでもメリットがあり可能性も広がる。またブロック造などの組積造にも免震は有効である。

現在免震化（免震レトロフィット）で修復が進められている大阪市中央公会堂は、建設当初、鉄骨レンガ造（鉄骨で臥梁を作ってそれを定規に用いてレンガを積む構造）であったが、従来の考え方ではこの種の構造は、安全性の面で過去のものとしてされた構造であった。この既存の公会堂の下部に免震装置を設置することで地震によるゆれを1/3～1/5に削減することになる。ブロック造などの組積造に対しても免震は新し

い可能性を有するのが理解できるだろう。臥梁の大きさも変わることで新しい表現も可能になるであろう。

### 軽量の免震装置の使用

免震住宅は以上のようなメリットがあり、地震時には普通の免震建物同様加速度（ゆれ）が1/3程度以下になり安全性が高まる。ただ住宅のような建物は軽いので、普通の集合住宅の免震装置と異なり、支承（免震装置）にかかる荷重がはるかに軽い。こうした事情から一般建築に用いられる硬いゴムの支承に比べ小さな力で容易に動く支承が用いられる。上部が軽いので横からの加速度で装置が容易に変形する必要がある。ローラー支承、ベアリング支承、すべり支承などの免震装置である。このように軽量建物用免震装置でも地震時のゆれは確実に低減する。

ただ別の技術的な課題が発生する。足元を拘束しないとちょっとしたことで建物が自由に動いてしまい、例えば風に吹かれても建物が動いてしまう。したがって小さな加速度を与える風などに対しては、ロックすることで普段は動かないようにする一方で、一定規模以上の地震に対してのみロックがはずれ免震機構が機能することが求められる。トリガーと呼ばれる装置がそれで、この機構により安定した挙動による免震のメリットを発揮することができる。

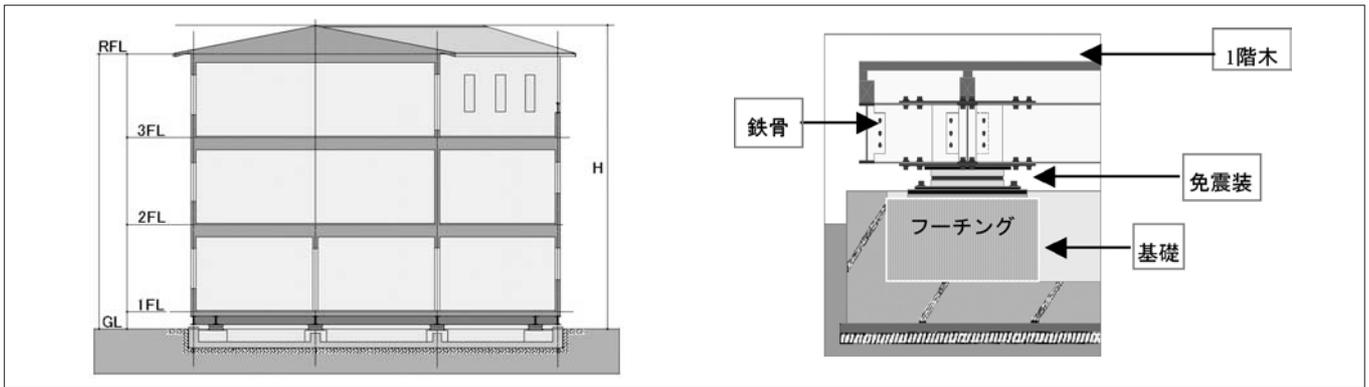
もうひとつ、建物が水平方向に50cm程度変位するということは、建物の動きに対して建物周辺のスペースに余裕を持たす必要があると同時に、設備配管も建物と敷地のジョイント部分でフレキシブルに動く必要があり、おさまりも問題となる。これらは普通の免震建物の場合と同じだが、設計時には十分注意が必要となる。また複雑なディテールの解決も必要になる。このように機構としても特殊であり様々なノウハウが必要で、実際の設計においては特別な工夫が要求される。

### 複雑な設計プロセス

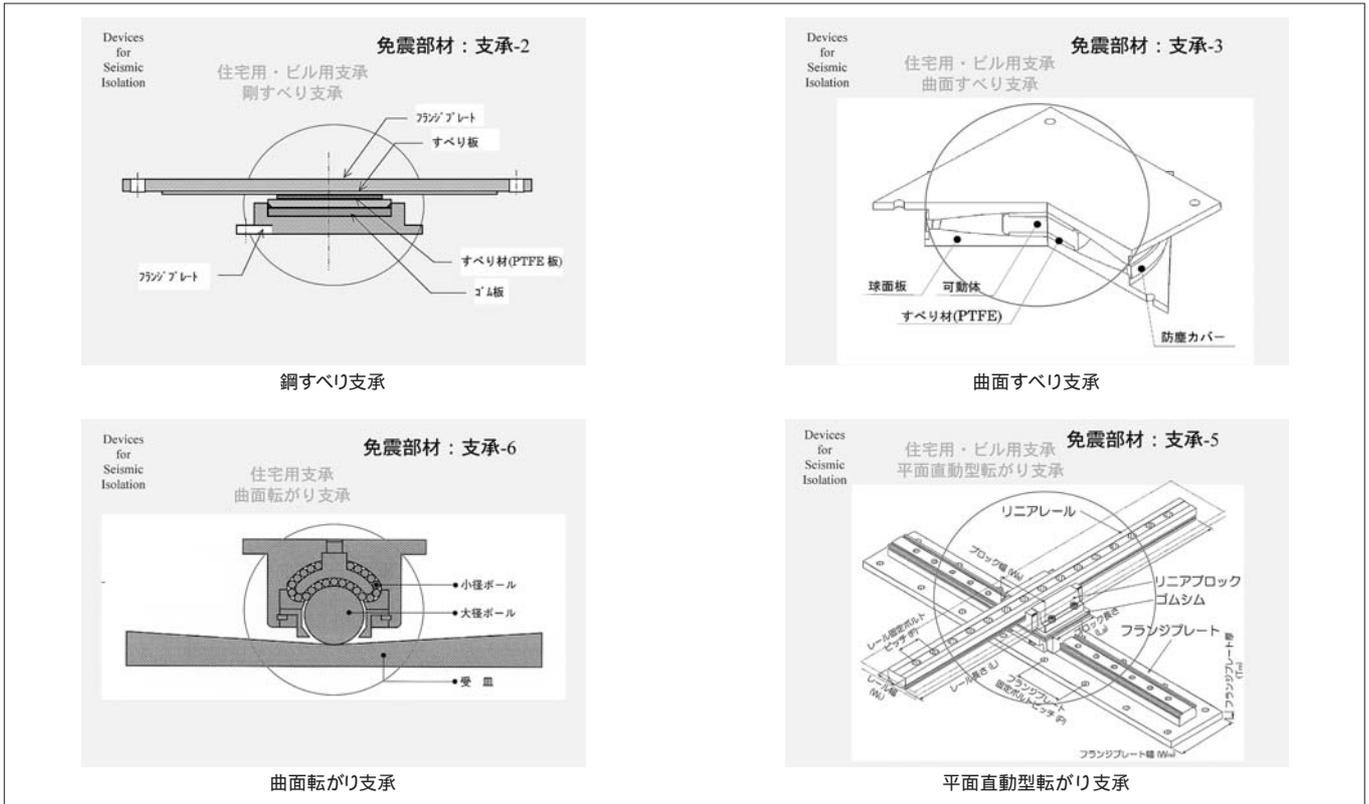
免震構造を実現するためには、設計上の条件・費用を解決する必要がある。平成12年6月の建築基準法の性能規定化に伴い同年10月に建設省告示（平12建告2009号）があり、以下の条件が必要となる。

A. まず特殊装置である免震装置が法37条にもとづく建設大臣の認定を受けておくことが必要となる（これはメーカー自ら受けるので、設計者としては大臣認定を受けた装置を使用することになる）。この点は意匠設計者の負担にはならない。しかし現行の構造計算方法（許容応力度計算）は認められないので法81条、81条の2にもとづく特殊な検証方法を用いることが必要となる（いわゆる動的解析手法。もしくは限界耐力計算に準ずる方法）。

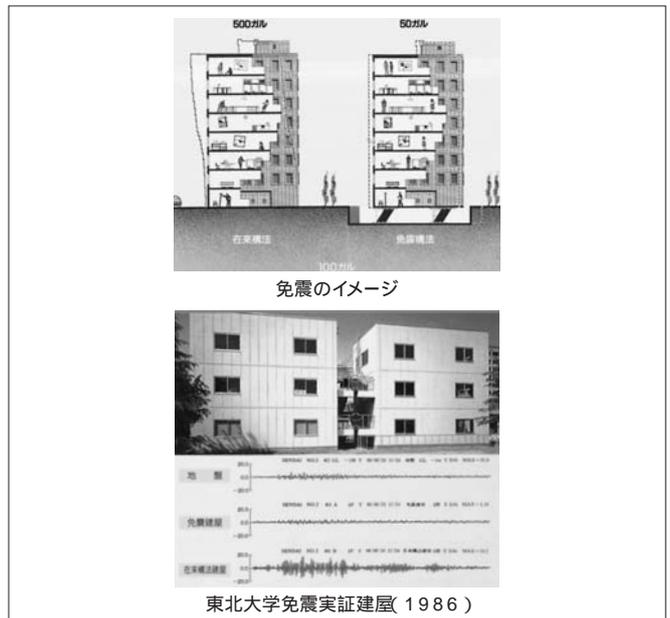
B-1. 81条の2（特別な検証方法）：個別の建築物について構造解析（動的解析）を行い、建築センターなどの指定機関の性能評価に基づき建設大臣が認定する 評価費用（評価費用に性能評価対応のための設計費）として数百万円単位の費用がかかる。期間も数ヶ月余計にかかる（従来の個別認定手続き類似の方法）。さらに問題点は、動的解析手法は、従来超高層ビルなどに使われてきたものであり、大手ゼネコンや大手設計事務所を中心に技術が蓄積している。逆にアトリエ



免震住宅の架構



様々な免震装置



東北大学免震実証建屋(1986)

免震の効果

系の構造設計者には比較的なじみにくい解析手法である。小さな建物には手間、金銭どちらにもなじみにくい。

B-2. 81条（一般化した特別な検証法）：いわゆる免震告示に基づく検証方法であり、この告示の手順に基づく計算により、確認申請を受けることができる。この場合評定書の作成は不要となる。限界耐力法の簡易版であるこの方法によれば動的解析は不要であり、一般の構造設計者でも構造計算ができることになる

現状では、B-2の方法が現実的な選択となるはずであるが、この方法では、安全が過剰に評価されすぎており、変位を余分に見る必要があり、解決のためのコストが高くなる等の問題がある。このあたりをもう少し戸建て住宅を対象とした規定に改正されれば、もっと身近なものになるだろう。

結論：そこで今、住宅メーカーなどが関心を寄せているのは、同告示にある4号建築物用の規定による免震装置が開発され認定されれば、これを用いることにより多くの建築家が免震に取り組むことが可能になる。今後の成行きに期待したい。

「免震建築物」の高さを規定建築物高さ60m以下に限る  
「免震建築物の建設地盤」  
第1種・第2種地盤で液状化のおそれのないこと  
免震層には大臣認定の免震材料を設置すること  
免震材料は支承・減衰材・復元材を云う  
「耐久性等関係規定」を適用する

B-2の条件

## 費用について

99年12月までに建てられた免震戸建て住宅は、構造計算書（動的解析）の作成費用、評価機関（建築センター）への費用が重なり、すでに述べたように数百万円の費用がかかった。こうした状況で、免震装置にお金をかけるよりも現状では、住宅設備の充実にお金をかけたいというニーズのほうが高いのが実情である。免震装置よりシステムキッチンのグレードアップにお金をかけたいとのニーズに負けてしまった...

こうした費用をかけてもなお免震のメリットはあるはずだが、クライアントを説得する術策が今後さらに必要となろう。

## メーカー・建設会社の動き

阪神大震災直後から、多くの住宅メーカー、ゼネコンが住宅などに使える軽量の免震装置に関心をもち、将来の市場に向けて積極的な開発を行った時期があった。その結果、様々な住宅が提案されそのいくつかは実現している。

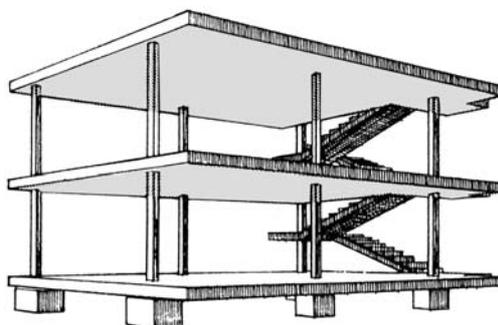
免震に当初から積極的であった工務店の場合、ゴムメーカーと免震装置の共同開発を行い現在も積極的に取り組んでいる。その他、一般の工務店に免震装置を供給しようと考えているベンチャー企業やメーカーが現れてきている。こうした動きは、アトリエで設計をしている人たちに近い未来に免震装置と構造設計を含めて供給してもらえる可能性があると考えてもよいのではないかと...

さらに同工務店には地震被害に対しての全半壊・全額補償

というユニークなものがある。これは地震による被害をすべて補償するもので、阪神大震災で二重のローンに苦しむことになった人たちの教訓を受けたものである。地震保険をかけるなら免震にすればよいといえる。

## アトリエ派にとって免震住宅は可能か？

上記のようにアトリエ派の設計事務所にとってはまだ免震は時期尚早であるが、免震建築の持つポテンシャルは捨てがたいものがある。地震への対応という点はすでに述べたが、免震建築は建物が動く一方建物自体の変形は小さい、構造部材が小さくなるなどのメリットがある。このような長所を意匠として表現すれば様々なデザインの可能性が生まれるであろう。例えば耐震壁から開放された梁のない空間（コルビジェのドミノ）によるプランニングの自由化、安全なピロティ形式の実現など様々なポテンシャルを秘めている。



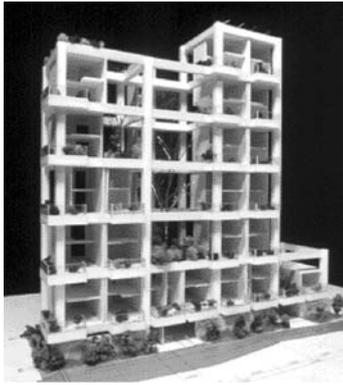
コルビジェのドミノ

## 持続可能な(サステイナブル)都市型住宅にむけて

なぜ手間とひまとお金をかけてまで免震にするかというなら、最終的には建築の長寿命化に行き着く。免震が地震の危険性を劇的に削減することは、そこに生活する人にとってはまずは安全性の実現となるが、社会資産の視点から見ると良好な都市環境の形成への強力なツールになる。なぜなら免震建築は適正な計画維持管理が行われるならば、地震に対してはほとんど壊れないからだ。人工地盤を免震で作り、その上に住宅を載せるプログラムも提案されている。

いくら働いても豊かになれないジレンマ、現在ある住宅ローンという果てしない繰り返し：30年のローンを組んで住宅を建設し、ローンが終わると壊して、次世代はまた新しいローンで新しい家を作る。家は新しいが、価値の蓄積されないままのローエンドの建築。本当の意味でのマンション（豪邸）は実現すべきもない現在の住宅生産の仕組。一体いつになったら豊かな住環境を実現できるのだろうか...。免震をもちいるなら住宅は現在のような消費財から脱却できるかもしれない。地震に対するリスクは軽減され、スケルトンインフィル住宅の仕組とともに100年を生き長らえることも可能である。長寿命化の視点からの免震のメリットをこれから考えていく必要がある。

イギリスでもかつては住宅事情は悪かったという話が新聞に出ていたが（産業革命直後は住宅不足で労働者は地下に住んでいたらしい...）イギリスのような豊かなストック時代にむけて免震の役割は大きい。



(社)日本の建設学経営協会中央技術研究所提案の  
免震基礎構造によるオープンハウジング

## 免震の課題

さて、効果面から見ると非常に優れていると思える免震構造だが、実際には建築認可やメンテナンス等様々な障害があるのも事実である。役所から建築の認可をもらうだけで、3ヶ月からものによっては半年近くかかり、必要な書類を揃えるにも多くの費用が必要となる。また、免震装置自体が可動部分をもっているので定期的な点検や地震後の点検も必要となる。

また、免震を支える装置は定期点検が必須となるが、点検時期と費用負担者は今後明確にされていく必要がある。耐震構造の基礎は、基礎自体の点検を頻繁に行う必要はなく、この点は免震構造（装置）の大きな課題である。

### 用語の解説

#### \*1 地震のレベル

レベル 1:

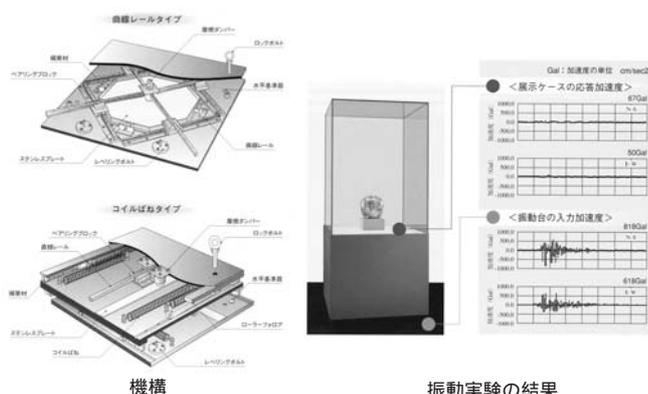
まれに起こる地震で、一般には中地震動を指す。

レベル 2:

きわめてまれに起こる地震で、一般には大地震動のことをいう。免震構造はこの地震動に対して安全なように設計される。

免震告示の方法では大地震動時に上部構造、下部構造を許容応力度設計することから、中地震動時に対する構造安全性の検証は省略される。

#### \*2 免震テーブルの実例



#### \*3 免震と病院建築

阪神・淡路大震災や米国ノースリッジ地震で高い評価を受け

たのが、免震構法です。1994年の米国、ロサンゼルス北西部でのノースリッジ地震の際に、この免震構法を採用していたUSC大学病院では被害がなく、地震後、緊急の脳外科手術が行われたという事実や、阪神・淡路大震災でも郵政省のWESTビルでは揺れが少なく被害が少なかったことから、免震構法に対する注目が一挙に高まった。

### 問題

1. 戸建住宅において免震を用いることのメリットを5つ挙げてください。
2. 戸建住宅で使われる免震装置は、他の建物の免震装置と同じですか？違うとすればどのように違いますか？
3. 現在の建築申請手続きに問題はありますか？今後どのような確認手続きの手法が望まれますか？
4. メーカーや建設会社は、戸建住宅の市場にどのような関心を持っていますか？
5. 地震の影響を受けにくい免震住宅は、環境への影響を変える部分がありますか？あるとすればどんなことですか？

### 回答

1. 普通の耐震構造同様地震での建築物の倒壊を防ぎます。地震時のゆれが少なくゆっくりゆれるので、内部の什器が倒れることがなく、財産を守ることが出来ます。地震直後にも建物が正常に機能します。診療所などの人々が頼ってくる建物にも有効です。地震の恐怖感を消し去ることが可能です。万一の場合船のようにゆれ、什器の転倒もないので心理的に安心できます。従来の耐震壁にとらわれない自由な設計が可能です。ブロック造やピロティ構造などにも新しい提案が可能です。
2. 戸建建物は一般の集合住宅などに比べて軽いので、普通のゴム系の免震装置を用いるのではなく、摩擦・転がり・リニアスライダーといった軽やかに動く装置を用います。ただ風などの影響を考え、トリガーと呼ばれる、一定の加速度以上で動く装置をつける必要があります。
3. 性能規定化にともない一般の確認申請で免震装置を設計する道が開けましたが、現状ではこのルートでは免震住宅を実現できないのが実情です。この後告示の4号建物の規定による免新装置が開発され、装置が身近なものになることが期待されます。
4. 現在当初から免震に積極的であった工務店をはじめとして、免震構法の認定取得に向け積極的に取り組んでいます。また設計者に免震装置を提供することを考えている。大手建設会社系のベンチャー企業なども登場しています。
5. 免震を用いることは、地震による損傷がほとんどないこととなります。永年陳腐化しないので、地球環境の負荷も削減できる魅力的な構造となります。

- ・CPDが本実施になりました。2002年度の必要単位数は12単位です。
- ・建築家 architects に掲載されるCPDシリーズを毎回読み、巻末の自主申請用紙で回答すると、1年で12単位を取得できます。
- ・CPDシリーズの記事にはCPDマークがつけられます。



## 免震シリーズ「免震住宅の計画 全4回」

第1回 集合住宅の計画 / 小林幹生 - - - 2002年8月号

第2回 戸建住宅の計画 / 大嶋治雄 - - - 2002年9月号

\*このシリーズはJIAのホームページにも掲載されています。 <http://www.jia.or.jp>

JIA 建築家architects CPD技術編

# 免震住宅の計画 第3回

## 集合住宅の免震化リニューアル

社団法人日本免震構造協会  
建築計画委員会委員 小林幹生 橋本緑郎

用はまだ例が極めて少なく、そのため今後、耐震安全性の見直しを行い、耐震診断等を実施し、問題がある建物については、免震レトロフィットを含めた適切な耐震補強を早急に行う必要があります。

### 1. 「免震レトロフィット」とは

「免震レトロフィット」とは、既存の建物を活かし、免震部材を付加することで、地盤からの地震力を大幅に低減し、揺れを1/3～1/5に減少させ、現在の基準以上の耐震性がある安全な建物にする免震化リニューアル技術です。

米国では歴史的に重要な公共建築は、外観と内部の意匠を変えことなく耐震補強する免震レトロフィットを積極的に採用されています。また、カリフォルニア州では2020年までにすべての病院に耐震補強することが義務付けられており、免震レトロフィットによる改修工事が数多く行われています。(写真-1 サンフランシスコ市庁舎)



写真-1 サンフランシスコ市庁舎



写真-2 阪神淡路大震災で被害を受けた集合住宅

人が多く集まり住み24時間生活する集合住宅も、最も安全な建物である必要があります。我が国では、集合住宅への適

### 2. 集合住宅での必要性と特徴

#### 建物が老朽化して使用に問題がある場合

建物の構造体が老朽化し、基準法に定められた所定の耐力を持たず、安全に住み続けることができない場合。(調査・耐震診断が必要)

#### 建物の構造が既存不適格である場合

建物の構造設計が現行の新耐震設計法が施行される前の旧基準法にて設計が行われている場合で耐震診断を行って、既存不適格な構造と判明した場合。(調査・耐震診断が必要)

#### 建物を現状のまま保存したい場合

文化財的な価値がある建物で、そのままの姿で保存したい場合。

#### 建替えは困難だが耐震補強は可能な場合

分譲集合住宅等で、権利関係の問題や住民組合の合意が得られないため、建替えができないが、安心して住み続けるための耐震補強が必要な場合。

#### 住み続けながら耐震補強を行う場合

建物に住み続けながら、生活に支障が出ないように耐震補強工事を行い、工事による住み手の移転等を発生させない場合。

#### 耐震改修法に準じた改修を行う場合

耐震改修促進法の認定を取得することにより建築基準法の特例等の優遇措置(既存部分の遡及の緩和等)を受

ける必要のある場合。

また、関連した融資や税制優遇を受けることも可能となる場合がある。

### 災害等で建物がダメージを受けた場合

建物の構造体が地震や火災等の災害等でダメージを受け、建築基準法に定められた所定の耐力を持たず、安全に住み続けることができない場合。(調査・耐震診断が必要)

## 3.免震レトロフィットのメニュー

### 基礎免震 (図-1)

既存の基礎部分を一部補強して活かし、その下に免震層を設ける方法で、地下工事が主体となるため、地上部分の外観や内部の意匠の変化が少ない。

中間免震に比べ建物周辺に空間的余裕が必要となるとともに、工期とコストがかかる。

### 中間免震 (図-2)

1階、地階もしくは中間階の各柱部分に免震装置を設ける方法で、装置周辺の構造体の補強も必要となる、建物周辺に空間的余裕の無い場合にも適している。

免震層部分に建物の用途が発生する場合、変位に対する配慮および免震装置部分の耐火区画が必要となる。

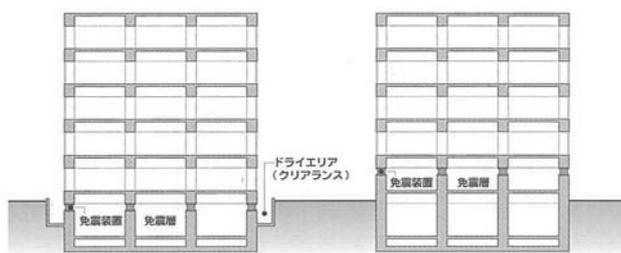


図-1 基礎免震

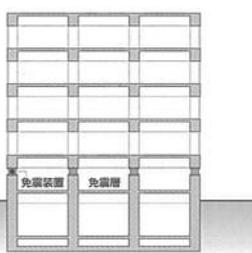


図-2 中間免震

### 住みながら免震工事 (図-3)

上記の免震レトロフィット工事を住ませながら住み手の生活に支障がないように行う工法で、あらゆる面の安全性を確保し、振動騒音を抑えた工事を行う。

工事中の引越しや一時的な退去が必要なく、住み手に精神的・肉体的ストレスと経済的負担の少ない改修が可能。(仮使用申請が必要となる)

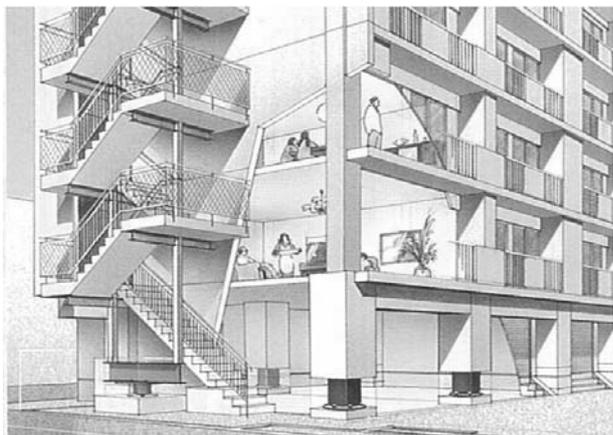
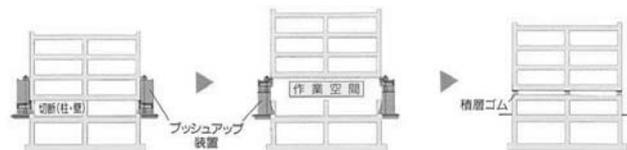


図-3 住みながら免震工事

### 増築工事との組み合わせ (図-4)

日本での例はまだないが、免震レトロフィットを施工すると同時に、上記の場合は地下階を、の場合は1階や低層階を上部既存部を持ち上げて増築する、組み合わせ工法。既存部を活かした上、増床が可能となりこの増床は、集合住宅のリニューアル事業上、重要な収入要素となる。

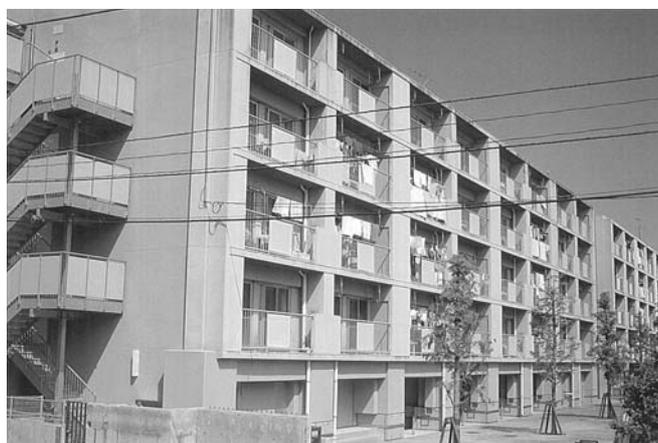


(図-4 旧建物を押上げ、増築と同時に免震を設置)

## 4.免震レトロフィットの実例-1

### 「鹿島テラハウス南長崎3・4号館」

<住み続けながら耐震改修を行う例>



(写真-3 鹿島テラハウス南長崎3号館 全景写真)

#### 建築概要

- ・所在地(東京都豊島区南長崎) ・用途(寄宿舍(社宅16戸))
- ・建築面積428 ・延床1691 ・地上5階 ・階高2.6m
- ・工期/1997年11月～98年6月(8ヶ月、免震関連6ヵ月)

#### 構造概要

- ・鉄筋コンクリート構造 ・直接基礎 ・免震レトロフィット技術
- ・免震装置/鉛プラグ入り積層ゴム600 ×18基
- すべり支承126 ×2基
- ・免震位置/1階ピロティ 柱脚部

#### 背景

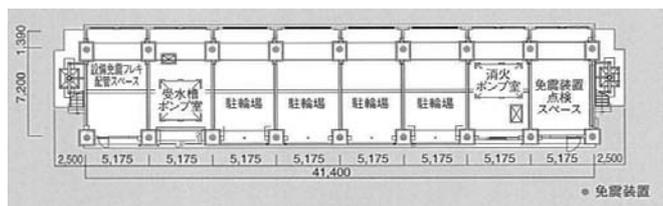
築36年を経た鹿島の社宅で、日本で初めての、居住者が住みながら、引越しなしの「住ながら施工」を実施。

#### 診断・計画 (図-5・6)

耐震診断の結果、構造耐震指数(Is値)が桁行方向で0.5を下回り、耐震補強が必要との判断となった。

一方、住戸部分は現在も社宅として十分使用に耐えるため、免震レトロフィットを耐震改修の1つの方法として採用した。

耐震改修促進法に基づく計画の認定を取得し、斜線制限や日影制限等の既存不適格が緩和され、新耐震基準に適合する安全な建物として再生した。



(図 - 5 平面図)

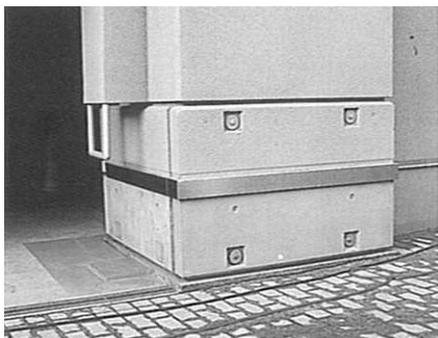


(図 - 6 立面図)

### 設計

1階部分に住宅がなく倉庫等に使われていたため、1階の各柱の基部に免震アイソレーター（鉛プラグ入り積層ゴム600 18ヶ所）を、また張り出した外階段の下にすべり支承（126 2ヶ所）を設置した。

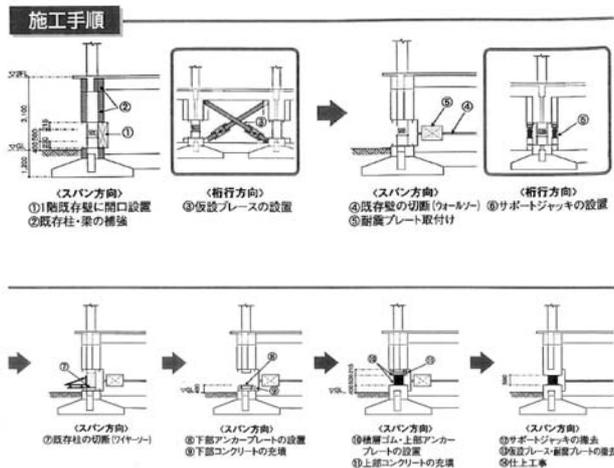
1階は改修後、自転車置き場として使用するため、免震装置部分を厚さ100mmのPC板にて化粧材を兼ねた耐火被覆にて区画。（写真 - 4）



(写真 - 4 1階柱脚部免震ゴムのPC板耐火カバー)

### 施工(図-7)(写真-5・6)

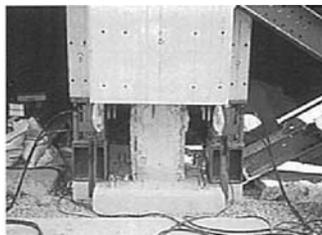
2階から5階まで、補強をしていない既存のままの上部建物に社員家族が24時間生活している状態での工事は、



(図 - 7 施工手順)

全ての工程で、住み手の安全が確保される施工手順をとるとともに、低騒音・低振動の機械（ワイヤーソー：柱切断、ウォールソー：壁切断等）を採用し、日常生活への影響を最小限にする必要がある。

免震関連工事期間も実質6ヶ月程度と短工期であるが、中でも、柱の切断と免震装置セットに約2ヶ月かかっている。



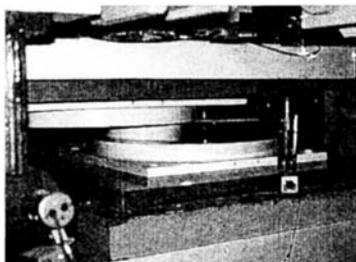
(写真 - 5 ジャッキで上部を支持)



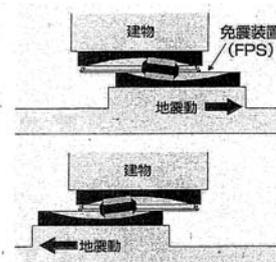
(写真 - 6 免震装置設置)

### 第2期3号館での改良点

- (1) 免震位置を1階柱脚部とスラブ下部および柱頭部の3レベルに設定。
- (2) 免震装置は4号棟が住棟部アイソレーター18箇所、階段部すべり支承2箇所に対し3号棟では全てにFPS（2面球体すべり支承）を設置。



(図-8 2面球体すべり支承300・250)



## 5.免震レトロフィットの実例-2

### 「大成建設湯河原研修クラブ」

<日本国内における免震レトロフィットの完成第一号>



(写真 - 7 大成建設湯河原研修クラブ)

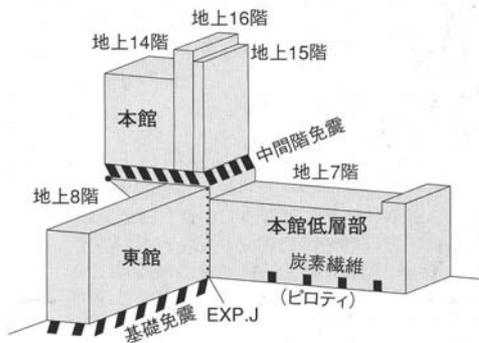
大成建設湯河原研修クラブは、昭和39年に竣工し、保養・研修施設として30年以上にわたり使用されてきた。

## 診断 全体的に耐震性に問題

東海地震などで大きな影響を受ける可能性の高い地域に位置するため、阪神大震災の後、安全性を確認するため耐震性を調査した。予備応答解析の結果、ほぼすべての階で構造耐震指標が判定指標値を下回っていることが判明した。次いで免震化、耐震補強、建て替え3案について、比較検討を行った結果、免震化が経済的に最も有利との結論にいたった。ここでの免震レトロフィットの主なメリットは、

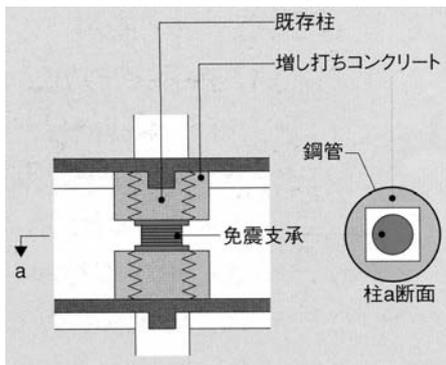
- (1) 免震層に工事を集約させるため、建物を使用しながら補強が可能である。
- (2) 補強費用とライフサイクルコストの試算結果、安価。
- (3) 新設する耐震壁がほとんどなく、建物機能の制約及び外観の変更が少ない。などである。

## 設計 本館中間階と東館基礎を免震層に



(図-9 レトロフィット免震概念図)

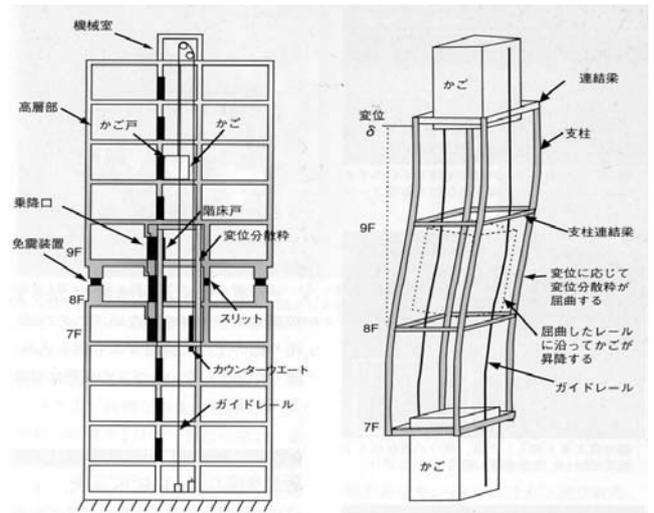
16階建の本館は傾斜地に建ち7階までが半地下になる。地上高層部の始まる8階に免震層を設ける中間階免震とした。免震装置は鉛プラグ入り積層ゴムを用いた。



(図-10 免震装置まわり)

本館は鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)。免震層は、初期剛性時の周期が約1.15秒、降伏後剛性時の周期が約3.0秒。レベル2における本館のX方向最大応答せん断力係数は、各階とも保有耐力より小さい値に収まる。免震層の最大層間変位は約18cm

エレベーターシャフトや配管、外壁などにも中間階免震用の技術を導入している。内庄がかかる温泉管、空調用配管などには、スィベルジョイントという特殊なジョイントを採用。排水管など、内庄のかからない配管はゴムの可とう継ぎ手とした。外壁も変位に追従できるようなディテールを開発。レベル1地震時の10cmの変位までは、耐火性、水密性など外壁としての性能を満足するものとしている。

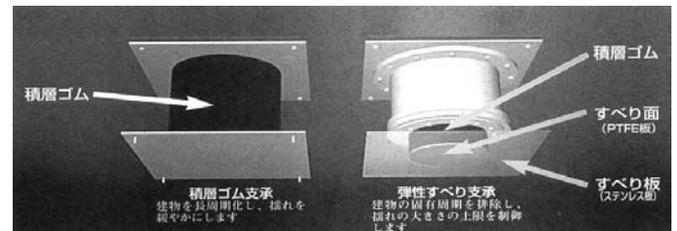


(図-11 免震対応エレベーター)

エレベーターは、7,8,9階の3層分のシャフトを変形可能なフレームで構成して、万一地震発生時にエレベーターが免震層を通過する状況になっても乗客の安全が確保される。レベル1相当(免震層での層間変位10cmを想定)の地震までは地震後支障なく運転復帰が可能。レベル2相当(同20cmを想定)では変位分散枠の一部が塑性化するが、部分的な補修、交換で運転復帰が可能

エレベーターは地震により中間階免震部で昇降路にズレが生じて、1本の昇降路で運行できる免震対応エレベーターを開発した。

一方、東館は基礎で免震化。大成建設が開発した「ハイブリッドTASS工法」、積層ゴム支承と滑り支承を組み合わせた方法を採用している。滑り支承の摩擦係数は平均10%程度で、自重の1割程度の水平力が作用すると動き始める。固有周期を長くできるメリットがある。



(図-12 ハイブリッドTASS構法に使用する免震装置)

ハイブリッドTASS構法 - 弾性すべり支承と天然ゴム系積層ゴム支承を併用した複合支承方式の免震構造。弾性すべり支承がすべることで、地震エネルギーを摩擦エネルギーに変換し高い減衰性能を有し、積層ゴムとの組み合わせで画期的な長周期化を実現して高い免震効果を発揮する。

## 施工 仮設を極力減らす工夫

中間階免震の施工手順は、まず柱の周囲をはつり、厚さ19mm1,400の半割り鋼管柱を両側から合わせ溶接、作業開口から、柱の上下に膨張コンクリートを打設する。その後、ワイヤソーで既存RC柱を切断。鋼管柱が荷重を支える形にする。ジャッキなどの仮設材が不要な施工法だ。次いで、切断した柱の上下に免震装置を固定するためのベースを設け、鉛プラグ入り積層ゴム支承を挿入する。外周鋼管柱の免震まわりを1日で一気に切除除去し、荷重を免震装置に移す。この工法により耐震と免震が混在する不安定な時の短縮をはかった。最後にセラミック成形板の耐火被覆(耐火2時間)をかぶせて完了させた。

写真 - 8 右：本館 - 鋼管柱を切断し  
免震が完了



写真 - 9 下：本館 - 既存柱切断



基礎免震の東館は、中庭側から東館側面を掘り下げて、既存のフーチングの下側を掘削、既存RC杭を露出させる。既存フーチングとの間に免震支承分のすき間を空けて既存杭を抱き込む形で新設フーチングを設置。免震支承を挿入した後、杭を切除し、荷重を移し替える。ここでも既存の杭を生かしながらの施工で、最低限のサポート以外の仮設材はほとんど不要にした。

また、施工中の耐震安全性を確保するため、既存基礎下の掘削する範囲を3工区に分割し施工フェーズを意図的にずらした。掘削に伴う水平抵抗力の減少を小さくしながら仮設補強を順次行って常に現況以上の耐力を確保するためである。工事費は、中間免震に約3億5000万円、基礎免震に約4億円、本館の耐震補強に約1億5000万円の合計約9億円。地下の掘削が必要な分、基礎免震の工事費の方が高めとなっている。

### 建築概要

- ・ 施工期間 - 1996年8月～97年4月
- ・ 延べ面積 - 1万5,658
- ・ 改修設計・施工者 - 大成建設

## 6.免震レトロフィットの実例-3

### 「三宮旧居留地15番館」

< 建物を現状のまま保存した例 >



(写真-10 15番館 全景写真 提供 株式会社ノザワ)

### 背景

神戸開港当時の姿を伝える三宮地区唯一の木造異人館であったが阪神淡路大震災にて全壊してしまい、所有者は文化庁とともに免震レトロフィットによる完全復旧を行った。

### 診断・計画

建築基準法の耐震性能を満たしながら建設当時のレンガと木造の混構造を実現するために、鉛プラグ入り積層ゴムアイソレータによる免震を採用した。

### 設計

地下ピット式の基礎免震とし、上部構造は既存の木造部材を極力活かした木造軸組みとレンガ造の混構造とし、破損した木材も一部修復再生し、全体で約70%の木材を再利用した。

### 施工

液状化防止のため地盤改良を全面的に行い、地下ピットに免震装置をセットし、ベタ基礎に木軸構造とレンガ造の上部躯体を原型に忠実に復元した。

## 7.免震レトロフィットの留意点

### 調査・診断

1981年6月建築基準法の「新耐震設計法」が施行されており、この基準は今日に至っておりますが、それより前に、旧基準に準拠して設計された建物は、設計ばかりでなく、施工技术や品質管理の状況によっても耐震性能が左右される場合があり、建築構造技術者による構造躯体の耐震診断が必要となる。また、その結果によっては、耐震補強が必要となる場合がある。

集合住宅の場合、1981年6月以前でも、1950年11月に施行された建築基準法の特例(建設大臣の認定)に準拠するもの、および、低層の壁構造のものについては比較的安全といえるが、地震や火災の履歴や増改築、使用状況、躯体の劣化等により構造躯体の安全性に変化を来している恐れがあるため再確認が必要となる。(表 - 2)

1923年 関東 大地震 (M7.9)	1948年 福井 地震 (M7.3)	1964年 新潟 地震 (M7.5)	1968年 十勝 沖地 震 (M7.9)	1978年 宮城 沖地 震 (M7.4)	1995年 兵衛 川 地震 (M7.2)
1920年12月 (大正9年)	1950年11月 (昭和25年)	1971年1月 (昭和46年)	1981年6月 (昭和56年)		
市街地建築物法	建築基準法	建築基準法(改正)	建築基準法(現行) 「新耐震設計法」		
① 構造躯体の耐震診断及び必要に応じて構造補強を おすすめします。			② 構造躯体の安全性の再確認 が必要な場合があります。		
建築基準法の特例(建設大臣の認定)					

(表 - 2 建築基準法の変遷と耐震診断の必要性)

### 計画・設計

集合住宅に適用する場合、基礎免震か中間免震かの選択が重要となる。

1階に住宅や重要な共用部があり変更が困難な場合、既存建物の形態、意匠を変えない場合、建物周辺に工事スペースがとれる状態では基礎免震が適合する。

地下階もしくは、1階に住宅や重要な共用部が無く、階全面に免震層が設定できる場合は、中間免震の採用が可能となる。

### 法規・許認可

1995年に「建築物の耐震改修に関する法律(通称耐震改修促進法)」が制定され、耐震改修促進法の認定を受けると、

耐火建築物の制限が緩和され、耐震改修以外の既存不適格部分については遡及されない。

ただし、耐震改修の内容が基準法上の「大規模の修繕、模様替え」にあてれば、確認申請は必要となる。免震レトロフィットは耐震改修が免震層に集中し、上部本体と切り離して考えられるため、耐震改修促進法に適している改修方法と言える。また、上記の特例以外に、融資や税制上の特例措置もあり、民間事業では、耐震改修促進法の適用を受ける例が多い。

住みながら工事では、仮使用申請が必要となり、住み手の日常生活の安全を確保した工事部分との区画を明確にする必要がある。

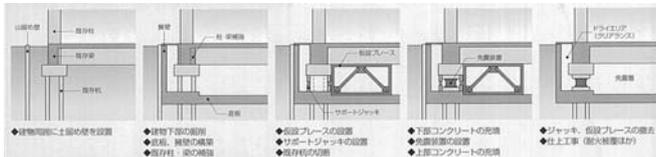
### 工事

工事中の地震等の対策も考慮して仮設の構造補強を十分にを行い建物全体の安全性を高める必要がある。また、工事による振動・騒音は最小限に抑える必要があり、工事機械等の選定も事前に十分検討を行う。

### 工事手順・工期

#### (1) 基礎免震レトロフィットの場合(図-8)

- 1) 地下掘削工事
- 2) 仮設補強工事
- 3) 免震層構築工事(免震装置下部基礎の構築杭・基礎の切断等)
- 4) 免震装置周り補強工事
- 5) 免震装置設置工事
- 6) 仮設補強撤去工事



(図-8 基礎免震レトロフィット工事手順)

#### (2) 中間免震レトロフィットの場合(図-7参照)

- 1) 仮設補強工事
- 2) 免震層構築工事(柱・壁の切断等)
- 3) 免震装置周り補強工事
- 4) 免震装置設置工事
- 5) 免震装置耐火区画工事(免震層に用途が生じる場合)
- 6) 仮設補強撤去工事

### コスト

免震レトロフィット工事では、特に中間免震は基礎免震に比べて工期やコストを抑えられるので、集合住宅の場合、地階や1階に住宅が無く、全面的に共用諸室やピロティで無用の無い設計変更で免震層を設定できる場合は、経済的に免震レトロフィットが適用できる可能性がある。

免震装置のコストについても、「積層ゴムアイソレータ」より「すべり支承」のほうが比較的廉価なので、建物の構造的性状や規模・形状にもよるが、「すべり支承」を多用したり、「積層ゴムアイソレータ」と組み合わせ使用する構成が経済的となる。

集合住宅では、改修工事のための引越しや一時退去等は、住み手にとって経済的負担も大きく、その際、心身のストレ

スも大きい。この点で、住みながらの免震レトロフィット適用は社会的、経済的効果が大きい。

30年以上経過した集合住宅のなかには、1階が商業やオフィス等の用途であるいわゆる「下駄履きアパート」の例も多く中間免震レトロフィットの適用が比較的容易である。構造形式がラーメン構造の建築はレトロフィットがし易い反面、構造上、既存不適格の場合が多く、この場合、各部位の耐震補強を併せて提案する必要がある。

また、壁構造の建築は新耐震基準に適合できる例も多く、免震装置の配置、施工方法等、今後、具体的な適用が急がれる。

### 維持・管理

免震レトロフィットの建物は、免震装置に関しては、一般の免震建物と同じである(JIA news 8月号参照)が、既存部分とのライフサイクルの違いを考慮した維持・管理計画および長期修繕計画を行う必要がある。特に既存部分の経年変化に留意し、定期的な診断と具体的対策が必要となる。

### 質問

- (1) 免震レトロフィットの主なメリットは何ですか。
- (2) 免震レトロフィットが比較的適用し易い集合住宅はどのような構成の場合ですか。
- (3) 住みながら行う免震化工事で留意することはどのようなことですか。
- (4) 免震レトロフィットにて改修を行う場合、その建物に対し法的な既存遡及は行われますか。
- (5) 免震レトロフィットに使用される免震装置の名称は何ですか。

### 回答

- (1) ・レトロフィット工事が免震層に集約されるため、建物を使用しながら(住宅では住みながら)の耐震補強工事が可能になる。  
・建物の内部空間に新設する耐震壁、柱補強等がほとんどなく機能上の制約や外観や内観の変更が少ない。(建物内外の意匠を変えずに耐震改修が可能)  
・他の耐震補強にくらべて、工事費が安価になるケースもある。(免震層が工事のし易い1階等の中間免震の場合等)  
・既存建物を最大限に活かした耐震改修が可能。
- (2) 1階に住宅が無く、ピロティや共用部で構成される建物では、退去の必要が無く、1階の柱に免震を挿入する中間免震が比較的廉価に工期も短くできる場合がある。
- (3) ・振動・騒音の少ない工法を採用する。  
・工事中の安全区画を十分に行う。(仮使用申請が必要となる)  
・工事中の地震に対しても安全な対策を行う。
- (4) 1995年に制定された耐震改修促進法の認定を取得することにより建築基準法の特例等の優遇措置(既存部分の遡及の緩和)が受けられる場合がある。(行政・関連審査機関の十分な指導を受ける必要がある。)
- (5) 鉛プラグ入り積層ゴム(積層ゴムアイソレーター) すべり支承  
2面球体すべり支承  
との組み合わせ 他

- ・CPDが本実施になりました。2002年度の必要単位数は12単位です。
- ・建築家 architects に掲載されるCPDシリーズを毎回読み、巻末の自主申請用紙で回答すると、1年で12単位を取得できます。
- ・CPDシリーズの記事にはCPDマークがつけられます。



## 免震シリーズ「免震住宅の計画 全4回」

- 第1回 集合住宅の計画 / 小林幹生 - - - 2002年8月号
- 第2回 戸建住宅の計画 / 大嶋治雄 - - - 2002年9月号
- 第3回 集合住宅の免震化リニューアル / 小林幹生 橋本緑郎 - - - 2002年10月号

\*このシリーズはJIAのホームページにも掲載されています。 <http://www.jia.or.jp>

JIA 建築家architects CPD技術編

# 免震住宅の計画 第4回（最終回）

## 「これからの免震建築物」

社団法人日本免震構造協会

建築計画委員長 石原直次

建築計画委員 大嶋治雄 小林幹生(イラスト)  
小林良樹 橋本緑郎

### はじめに

免震建築物の歴史は、1983年に免震建築国内第1号「八千代台免震住宅」が完成してから20年ほど経ち、実施例も1,000件を超え、研究所、病院、電算センター、事務所、美術館などの業務用施設から集合住宅や戸建て住宅と広範囲に採用されています。当初は「地震に対する安全性」の確保を目的として採用されてきましたが、最近になって設計者も免震構造になれ自信がついたのか、やっと免震構造の特長を生かした免震建築らしい建物や制振構造と組み合わせたダイナミックな計画が登場してきました。

これからの免震建築は、「安全で、地球環境を考慮した、持続可能な社会」が求められる21世紀の時代に、「地震に安全で、取替え可能な」免震構造と時代の最高技術を組み合わせ新しいジャンルの建築の構成や表現を実現するため大胆に取り組むことが期待されています。

免震シリーズ「免震住宅の計画」では「集合住宅の計画」「戸建て住宅の計画」「免震化へのリニューアル」と3回連載してきましたが、今回は(社)日本免震構造協会・建築計画委員会で話されている免震建築の可能性について、夢のような話になりますが、その一端を紹介して最終回と致します。

以下の構成

1. 躯体のスリム化による新架構とフリープラン
2. 免震と制震の複合化
3. 建築形態の自由度の増大
4. メガストラクチャー免震
5. 免震人工地盤
6. 免震レトロフィット
7. 外装の新しい表現
8. 伸縮・増殖する建築

### 1. 躯体のスリム化による新架構とフリープラン

免震の特徴として、大地震時でもその地震の入力を1/3~1/5程度に大幅に低減できること、建物全体を同じ周期とする剛性が必要であること、自重がある程度必要であることを活かして、「RCフラットスラブ」+「細い鉄骨の列柱またはトラス柱」構成の建物を免震化すると、図-1のコルビジェのドミノ計画のように、梁や柱や耐震壁の制約から解放され、フリーなプランニングができる建築が実現します。

さらに、図-2のように、建物外周に鳥かごのような繊細な鉄骨と全体に剛性もたせる中央部の立体的なトラス構造で室内にまったく梁、柱の出ない理想的な居住空間ができます。また、図-3のように、トップヘビーの建物も可能となり、この場合、免震装置が集約され合理的な構成となります。

これらの構成は、高耐久の構造およびメインのインフラ(サポート)と、用途の変化やユーザーのライフスタイルやライフステージの変化に合わせ、自由に間仕切りや内装、設備(インフィル)が容易に変更でき、結果として寿命の長い建築が可能となり、社会の良質なストックを形成できるとの「SI(サポート・インフィル)」対応の建築として最適なものとなります。

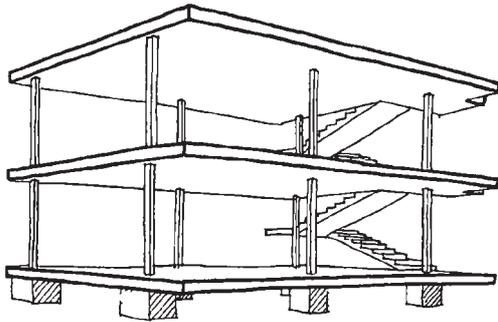


図-1 コルビジェのドミノ

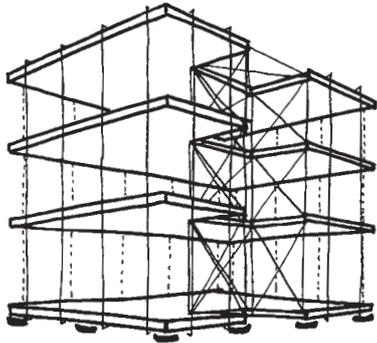


図-2 フラットスラブとスレンダーな柱

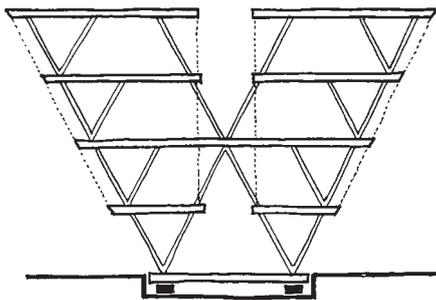


図-3 フラットスラブとトラス柱

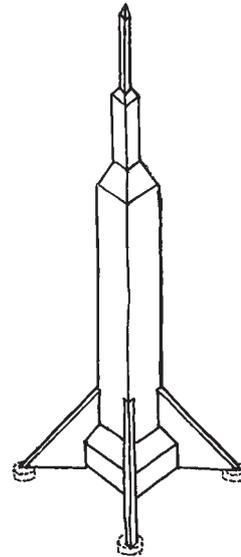


図-4 バットレス型超高層

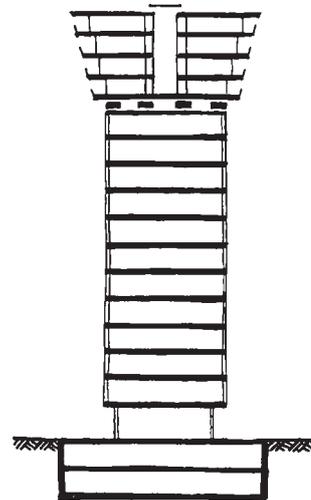


図-5 免震で制震効果の複合高層

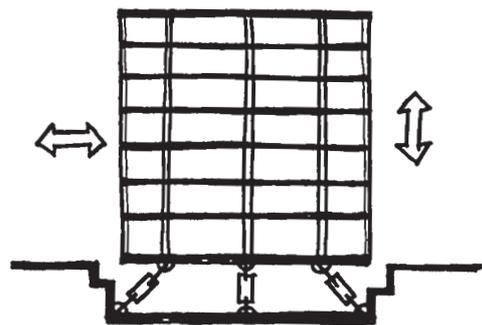


図-6 三次元免震

## 2. 免震と制震の複合化

免震と制震の複合化は、諸々の課題を解決する可能性を秘めています。免震装置に制震装置を併用することで互いの欠点を補完し、長所を活かして、免震構造の軟弱地盤（第3種地盤）への適用、アスペクト比の高い超高層への適用を可能にします（図4）。また、建物相互に地震力を減衰し合う装置を設け、連結制震しながら免震装置を併用することにより、建物群への効果的な適用が可能となります。

最近では、総合設計制度等の開発手法で獲得した割増し容積を、ホテル、集合住宅等にしてオフィスビルの上部に乗せる例もあります（図5）。このホテル、集合住宅等をオフィスビル上で免震構造とすることにより、チューニングされたマスダンパーとしてビル全体を制震するとともに、ホテル、集合住宅等の居住性を高めることができます。

既存ビルの屋上を整理して、戸建ての免震住宅を乗せるアイデアもあります。

免震装置は、2次元の地震力の吸収が中心でありましたが、バッファやダンパー等を用いて3次元化することにより上下動の吸収効果も期待できます（図6）。

## 3. 建築形態の自由度の増大

かつて日本に超高層建築が登場したとき、その形は常に四角くプロポーションはずんぐりとしてシンメトリーの無難な平面計画が支配的であったとおもいます。

アメリカでは、スカイスクレーパーの言葉が示すとおり、空を削り取る形の表現が登場時点から可能でありました。日本でも超高層登場から30年経ち、超高層にも免震が取り入れられる時代がきました。建物形態にも免震という視点からさ

さまざまな可能性が広がっています（図-7、8、9）。

「免震の採用 地震入力低減 構造メンバーの変更・ストラクチャーの変更」という考え方は、従来の定番となっている構造計画の価値観を変える可能性があります。部材の縮小による細い柱と梁の省略・RCによる大スパン超高層・RCベアリングウォールによる超高層の実現・アスペクト比を大きくとったスレンダーな建物の実現・非対称の平面計画の実現・さらには垂直方向への不整形な建物の実現など構造的制約を緩めることでさまざまな創造性を喚起できます。

FEMを用いた3次元構造体の数値解析技術なども役に立つでありましょう。新しい道具は新しい可能性をひらくものです。



図-7 自由な形態-1

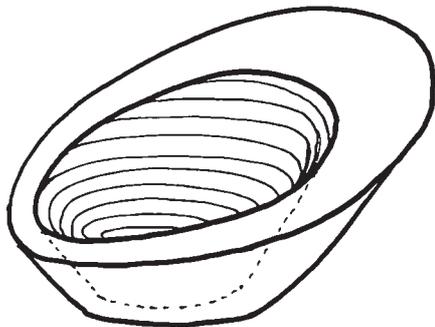


図-8 自由な形態-2

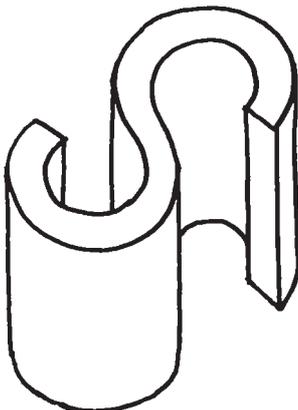


図-9-自由な形態-3

#### 4.メガストラクチャー免震

最近のドームを持ったスタジアムではドーム屋根部分を免震や制震構造にしているものがあります。地震や風にたいしてドームの架構をよりスレンダーにし、設備システムなどの吊りものの落下や揺れも防いでいます。さらにはドーム全体を免震化（図-10）することによってさまざまなメリットが期待できます。大勢の観客が集まるスタジアムでは巨大地震時の安全性が最優先課題となります。大地震時の揺れを抑えることにより、観客のパニックによる惨事を未然に防ぎ、不安を一掃します。また、スタジアム全体の構造もより大胆にシェイプアップされ、煩雑なエキスパンションなどの処理からも開放されます。

さらに土木的なスケールで考えてみます。たとえば現在の橋は容易に壊れないように作られています。1993年に発生した釧路沖地震ではいくつかの橋が一時的に通れなくなりました。しかし、橋梁を免震化することにより橋脚の損傷を防ぎ、橋桁はほとんど揺れない構造にできます。

河川を渡る橋や、鉄道をまたぐオーバブリッジなどを免震化し（図-11、12）幅を限りなくワイドにすることで、安全性の高い広いスペースの確保が可能になります。ここに建築群やミニ街区を建設することも夢ではありません。

図-13や図-14のメガストラクチャー免震や懸垂型免震も同じような考えの延長にあります。建築の直下に広いオープンスペースを獲得する建築家の永年の夢が実現することでしょう。

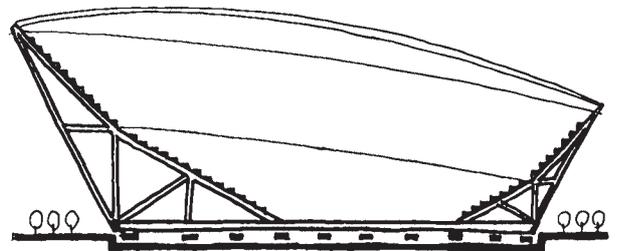


図-10 メガストラクチャー-1 覆う

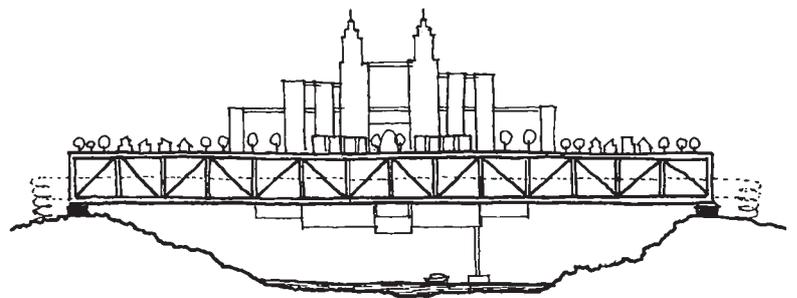


図-11 メガストラクチャー-2 懸ける

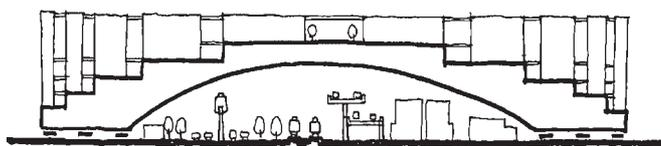


図-12 メガストラクチャー-3 跨ぐ

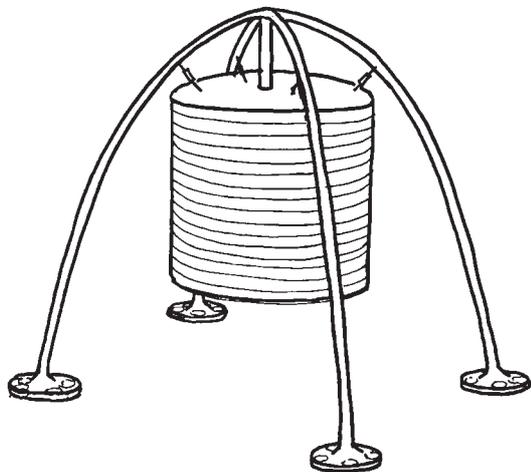


図-13 メガストラクチャー-4 吊る

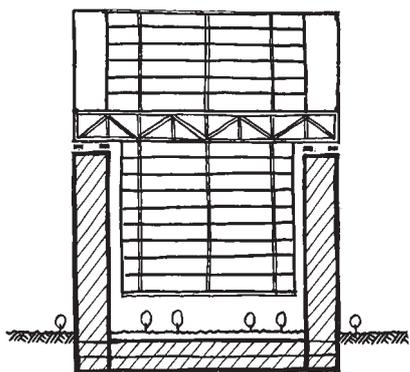


図-14 メガストラクチャー-5 懸ける

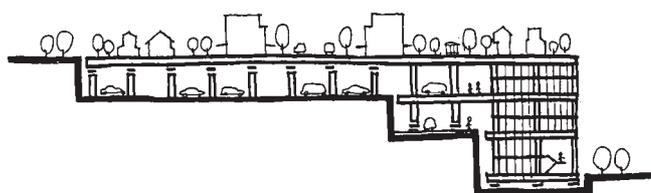


図-15 免震地盤-1 傾斜地

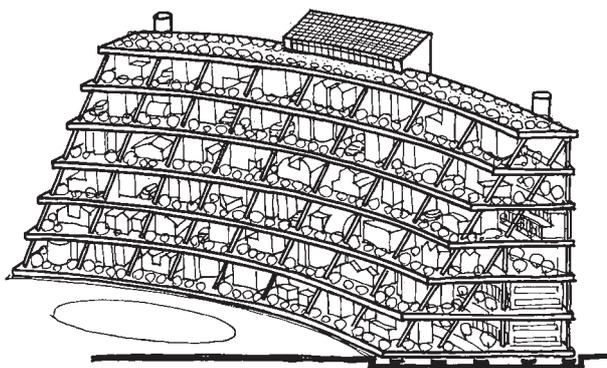


図-16 多層免震地盤

## 5. 免震人工地盤

地球規模での爆発的な人口増加と都市人口の増大を背景に、都市は無秩序に拡大し、環境破壊、都市砂漠化、交通渋滞、通勤地獄、コミュニティ欠如、都心空洞化、防災、防犯、土地不足、等々、数々の問題を抱えています。これら都市が抱える諸問題の具体的な解決の一つに人工地盤があります(図-15、16)。

例えば、鉄道、幹線道路、河川等で分断された「まち」をダイナミックに上空の人工地盤で繋ぐアイデアや、一次システムとしての積層された人工地盤上に二次システムとしてのビルや住宅を建設していくサステナブルな開発のアイデア、山岳地や海上に人工地盤で新たな平坦地を生み出すアイデアなどが考えられます。

これらの人工地盤は、都市防災の観点からも、免震構造として地震に対する安全性を高める必要があります。具体的には、建物群や街区全体を免震人工地盤にのせた街区ごと免震や、一団地震震、病院病棟群免震、学校群免震、アーケード商店街全体免震等への適用が考えられます。

## 6. 免震レトロフィット

省エネ、省資源、資源循環型の社会が本格的に始動している現在、既存の建物に免震装置を組み込み耐震改修する「免震レトロフィット」は徐々に普及しつつありますが、その普及を阻害するものとして、改修コストの問題があり、今後、それらを解決する手段の一つとなるのが、図-17・18に示す「増床のある免震による耐震改修」です。

図-17は、既存の集合住宅の上に免震装置を載せ、上部に新たな住宅を増設するもので、既存建物は一部補強の必要がある場合もありますが、上部の免震が既存部の制震作用を期待できる場合もあります。分譲集合住宅の場合、増床部分の販売により改修工事費の一部を回収できる場合もあります。

また、図-18は、既存建物をジャッキなどで持ち上げ、地下や低層階を増築する方法で耐震改修が必要な既存部が免震となり、理にかなった構成です。両案とも住みながらの工事が可能となり、移転も必要無く、生活者に対する負担が建替に較べあらゆる点で低くなります。

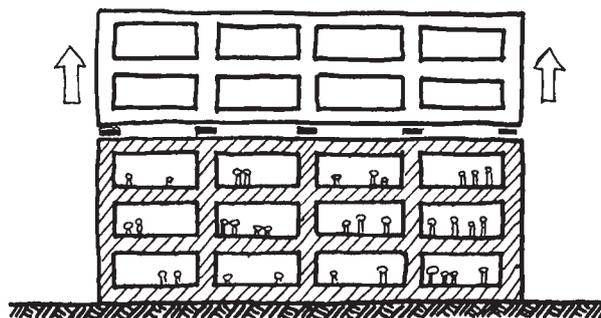


図-17 住みながら上部免震建物増築

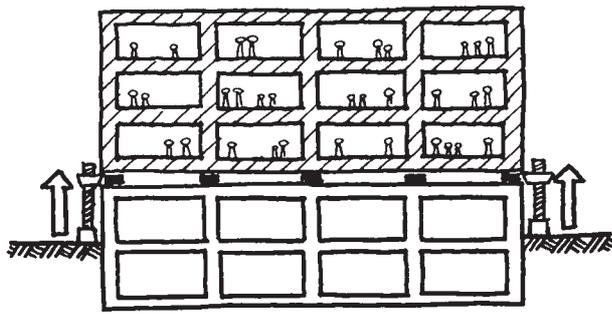


図-18 住みながら免震化増築

## 7. 外装の新しい表現

免震建築は、地震時の層間変位量が少なく、カーテンウォールや間仕切り等の非構造部材へのダメージが少ない。そのため、カーテンウォール等のガラスや金属材料をはじめ内外装の納まりが（伸縮目地幅等が抑えられ、取り付けも簡単）簡便で軽快な新しい建築表現が可能となります。

また、建築デザインの潮流として透明建築への傾斜がますます強くなっています。その中で、ガラス建築は壁、天井を透明にし、現在では床、階段を透明にし、さらに東京国際フォーラムのガラスキャノピーに見るように構造的にも使おうという試みが進んでいます。

しかし、これらのガラス構造体は安易に可能な訳ではなく、やはりガラスであるから破壊したときも安全か、残ったガラスのみで構造的に保持できるか、地震時等で、ねじれなどに対して大丈夫が多々問題を解決する必要があり、免震建築はガラス建築実現にとって有効な構造手法の一つと考えられています（図-19）。

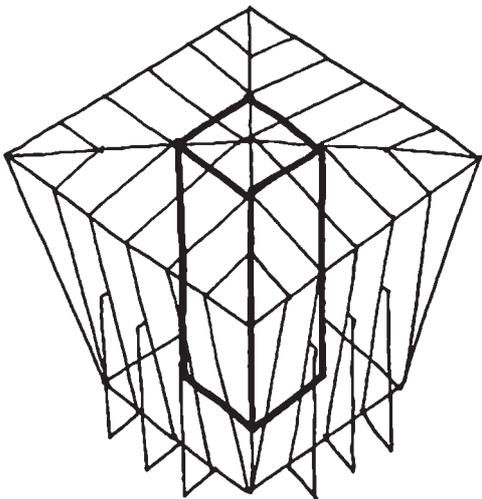


図-19 クリスタルな表現

## 8. 伸縮・増殖する建築

「建築物は、世代を超えて使い続けられる良好なストックでなければならない。」と言われますが、百年前に今の生活が創造できなかったと同様、百年先の変化まで読みきることができるかという疑問もあります。

建築が「人が生活するためのシェルター」と捉えれば、ス

ケルトン自体も時代時代の要求に応じて変化して行く「伸縮・変化する建築」が、持続可能な建築の一手法と考えられます（図-20～22）

恒久的に固定的なものとして建築を捉えるのではなく、あえて「フロー」として捉え、自在に変化させてゆくという発想です。

近い将来、平面的、断面的に伸縮する建築、梁や柱の取り替えや柱の移動ができる建築、可動床による自在な建築、変化する建築形態など「伸縮・変化する建築」が時代の最高技術を駆使して実現されることになると思われます。なかでも、取り替え可能な免震部材によって構成される免震構造は「伸縮・変化する建築」実現に大きな役割を果たすこととされます。

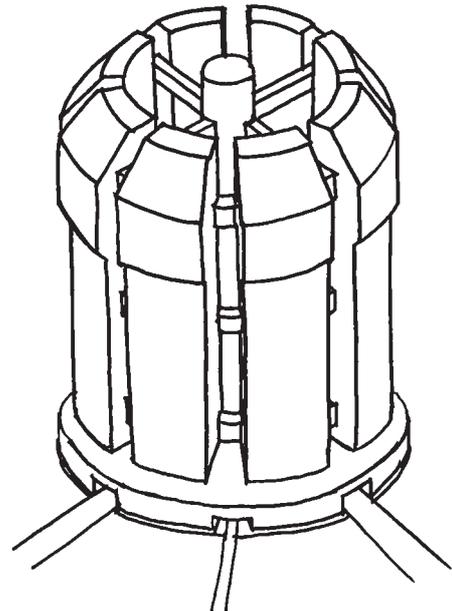


図-20 増殖する建物群免震-1

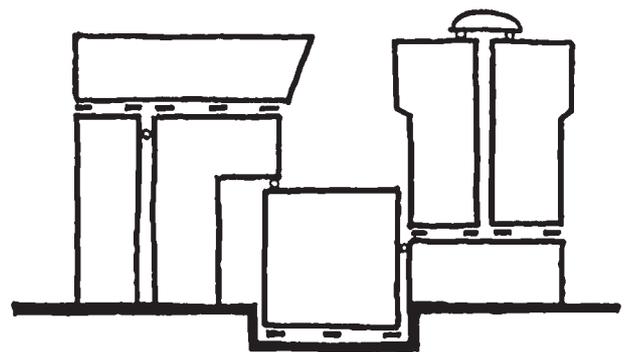


図-21 増殖する建物群免震-2

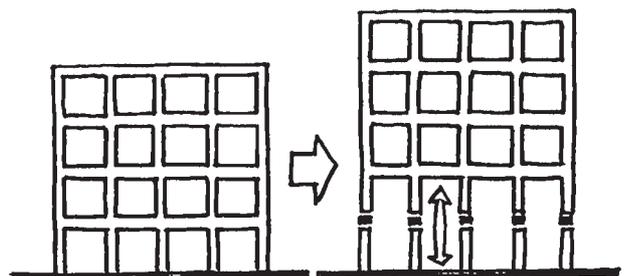


図-22 階高増大

