



## 災害復旧や防災で活躍するフルードパワー①

# エアー断震システム

Seismic air floating system

(株)三誠AIR断震システム 三瓶 久仁雄

### 1 はじめに

日本は世界の地震の20%が起っていると言われている地震大国であるが、地震は未だ予測が不可能である。

現在、建築構造技術は、大地震が発生した時を想定して様々な工夫を凝らしたものが普及している。その中でも大型建築物は、地面と建築物の間に免震装置を設置し、地震エネルギーを免れる「免震構造」が普及している。

しかし、一般戸建て住宅のような小規模で軽量の建築物は、コスト面から効力を発揮できる装置の開発が難しかった。このような中で、エアー断震装置は、コスト面、技術面において最適な地震対策装置になっている。

2011年3月の東日本大震災の時点でもエアー断震装置を取付けていた住宅が既に30棟程あ

った。

#### <証言1>

震度6で「猫が寝ていました」。寝ている猫をみながら、2階のキッチンで家事をしていました。地震がおきたのはわかりましたが、その後揺れを感じませんでした。ふと窓を見ると電柱がグラグラと揺れていて、何が起こったか理解できませんでした。

#### <証言2>

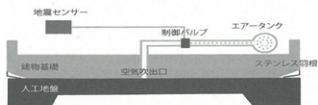
外出先から帰宅した直後に地震が起きたので、急いで家に逃げ込みました。外を見るとグラグラと揺れていて、近所の建物も地面も大きく動いていたので大規模な地震が起こったのだと分かりましたが、それでも我が家は揺れていないので実際の規模がどの程度なのかよくわかりませんでした。その後のニュースで大災害だったことを知り本当に驚きました。

### 2 エアー断震システムとは

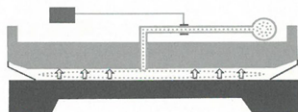
エアー断震システムとは、建物基礎に設置した地震センサーが地震波を感知するとエアタンクに溜めておいた圧縮空気を人工地盤と建物基礎の間に瞬時に送り込み、建物全体を浮上させ地震による地盤の揺れから建物を回避させる(地面と建物を絶縁する)システムである。通常時(第1図(a))は、地震センサーが常にゆれを監視しているが、地震発生時(第1図(a))



写真1 茨城県 某邸2010年12月竣工



(a) 通常時

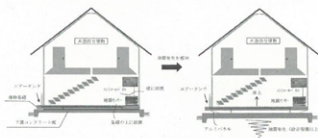


(b) 地震発生時

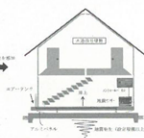
第1図 エア-断震システムの原理

は、地震センサーが一定以上の地震波を検出すると即時にエアータンクから空気が送られて、家を浮かし揺れを断つことができる。

第2図にエア-断震システムの概要図を示す。



(a) 浮上前の状態 (常時)



(b) 浮上時の状態 (地震時)

第2図 エア-断震システムの概要図

### 3 エア-断震システムを採用する場合の条件について

エア-断震システムを採用する場合の条件を下記に示す。

- 上部構造は木造四号建築物 (建築基準法第20条第四号) とする。
- 通常の木造四号建築物と同様の設計とし、地震力の低減は行わずに必要な壁量を満足し

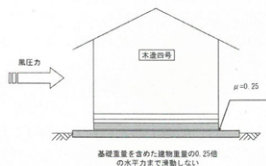
ていることを確認する。

- 建設地は、全国とし、離島・多雪地域は除く。
- 地盤条件は、一種または二種とし液状化する可能性のある地盤は除く。
- 基礎形式は、ベタ基礎とし杭基礎・布基礎は除く。

### 4 風圧力に対する設計方針

エア-断震システムを採用した場合、常時、建物基礎は下部コンクリート板の上に接地している状態となる。よって、強風時には建物基礎と下部コンクリート板の摩擦抵抗で滑り出しを抑えている。

下部コンクリート板と上部基礎の摩擦係数は実験により  $\mu = 0.25$  以上であることを確認している。



第3図 常時・強風時

### 5 浮上システムの概要

エア-断震システムは、大きく分けて「制御監視システム」、「動力システム」、「本体システム」から構成される。

「本体システム」は上部コンクリート版外周に配置したスカート状のステンレス羽根、復元装置、バルブ、吹き出し口で構成されている。

「動力システム」はコンプレッサー、エアータンク、電磁弁等で構成され、エアータンクの圧縮空気を吹き出し口から建築基礎下に噴出し、上部コンクリート版と下部コンクリート版の間に空気層を生成することで上部架溝 (上部

コンクリート版を含む)を浮上させる。ステンレス羽根により、外周から漏れ出す空気量はある程度制御される。また、復元装置およびバルancerにより、浮上時の上部建物の安全性を確保する。

「制御管理システム」はコントロールボックス、地震センサー、圧力センサー、離間センサーから構成され、地震時のみに浮上するように、上部コンクリート版に設置した地震センサーの加速度データに基に起動を判断し、圧力センサー、コンプレッサー、電磁弁を制御する電気制御システムである。

動作は大きく「地震動の検知」、「浮上判断」、「浮上断震」、「復旧」の4つのフェイズに分けられる。

地震が発生すると、まず「地震動の検知」フェイズでは上部コンクリート版に設置された地震センサーによりP波を感知する。

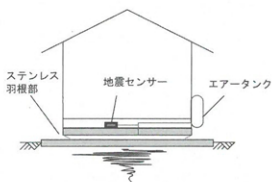
次いで「浮上判断」フェイズでは、地震センサーで感知した加速度の程度によってコントロールボックスが浮上するか否かを判断する。判断基準はX、Y、Z、方向共通で $25\text{cm/s}^2$ である。 $25\text{cm/s}^2$ 以上の加速度を検知するとただちに電磁弁が解放され圧縮空気が噴出する。噴出と同時に浮上するため、加速度を感知してから浮上するまでの時間は1秒以下であり、主要動到達前に浮上する。浮上してから着地するまでの滞空時間は3分でありその間に地震が終了する。なお、センサーの不具合対策として、機械センサーを兼用する。設置加速度は $100\sim 17.025\text{cm/s}^2$ である。

その後の「復旧」フェイズとして、コンプレッサーを用いてエアータンクに圧力空気を補充する。圧力センサーによりエアータンクの空気圧を監視しており、空気圧が下がるとコンプレッサーが自動的に起動し圧縮空気を補充する。なお、地震後に残留変位が生じて、再度装置を起動、浮上させることで容易に原状復旧が可能である。

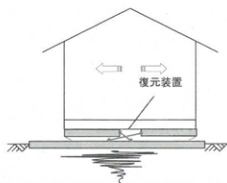
このシステムの流れを第4図～第7図に示す。

① 地震時、建物床下に設置した地震センサ

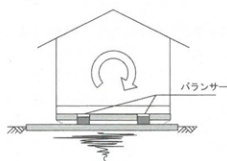
ーが地震時のP波を感知してエアータンクから空気を放出して建物を浮上させる(第4図)。



第4図 地震時①



第5図 地震時②



第6図 地震時③



第7図 浮上時+強風時

- ② 上部基礎外周に取り付けたステンレス羽根で空気層を形成し、浮上した状態を一定時間維持する(第4図)。
- ③ 放出する空気量を制御して浮上高さを設定する。空気量の制御は電磁弁により解放時間を制御ことで可能となる。竣工前に浮上高さが20mmとなるように解放時間を設定する(第5図)。
- ④ 空気はゆっくりと羽根の隙間から放出されて最終的には着地する(第5図)。
- ⑤ 浮上時の復元力は、下部コンクリート板と上部基礎をスプリングで緊結した復元装置により確保している(第5図)。
- ⑥ 浮上時のロッキングは、上部基礎の四隅に配置したバランスにより制御されている(第6図)。

万が一、浮上した状態で強風等により横力を受けた場合でも上部建物が下部コンクリート板から脱落しないように、復元装置内には脱落防止ワイヤを取り付けている(第7図)。

## 6 免震効果

エア-断震システムは地震発生すると瞬時に空気タンクに貯蔵してある空気を人工地盤と基礎の間に瞬時に送り込み、建物全体を浮上させる。

建物と実際に揺れている面は切り離されるため、揺れが少なく、家の倒壊はもちろん、家具

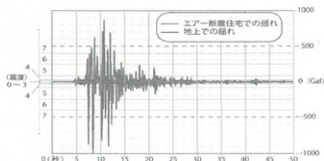
の転倒などによる被害も未然に防ぎ、最愛の家族を守ることができる。

## 7 おわりに

大地震が起これば、住民は一時的に避難所生活が始まる。避難所生活をした人しかわからない過酷な生活、避難所を毎回襲う余震との戦い。このようなつらい戦いを家族にさせないための防御を考えておく必要がある。さらに避難所生活から仮設住宅生活に移っても、その間に住宅再建を考えなくてはならない。このような生活を数年過ごす体調がよくない方が増え、避難生活中に亡くなる方もいる。

このような地震の恐怖から、いち早く解放され安全・安心な生活を送れるような社会にすべきと考えている。

地震に強い日本を目指し、エア-断震装置が数多く普及させ、世界各国から地震に強い国として認めていただくことを願っている。



第8図 兵庫県南部地震を再現した場合、震度7の揺れを1/30に軽減

(出典：防災科学技術研究所実大振動実験データ)

## 筆者紹介

三瓶 久仁雄

(株)三誠AIR断震システム 専務取締役