

防災科学技術研究所と兵庫県との共同研究

「長周期地震動による超高層建物の家具・外壁等への影響」

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震（内陸型地震）においては、設計時に想定していなかった強烈な地震動により多くの建物に甚大な被害が生じました。現在、東南海・南海地震（海溝型地震）の発生が高い確度で予測されていますが、この地震によって引き起こされる揺れは長周期成分に大きな力を有し、建築物においては設計時に考慮しえなかった被害が危惧されます。

今回の共同研究では、超高層建物の頂部を部分的に切り出した実大寸法の試験体に、E-ディフェンス震動台上で超高層建物の揺れを与え、家具什器の転倒、飛散および外壁、天井等非構造部材の損傷など室内外で起こりうる現象を検証します。想定する地震として、南海地震の他、兵庫県南部地震を設定しています。過去に設計、施工された超高層建物の力学的特性を整理し、地震応答解析により求められる高層階での地震応答（床応答加速度、床応答速度、床応答変位、層間変形角）を再現します。

2. 高層建物の地震応答と試験体における応答再現

想定する地震動による超高層建物の応答とそれを再現する試験体は、図1、2に示すとおりです。

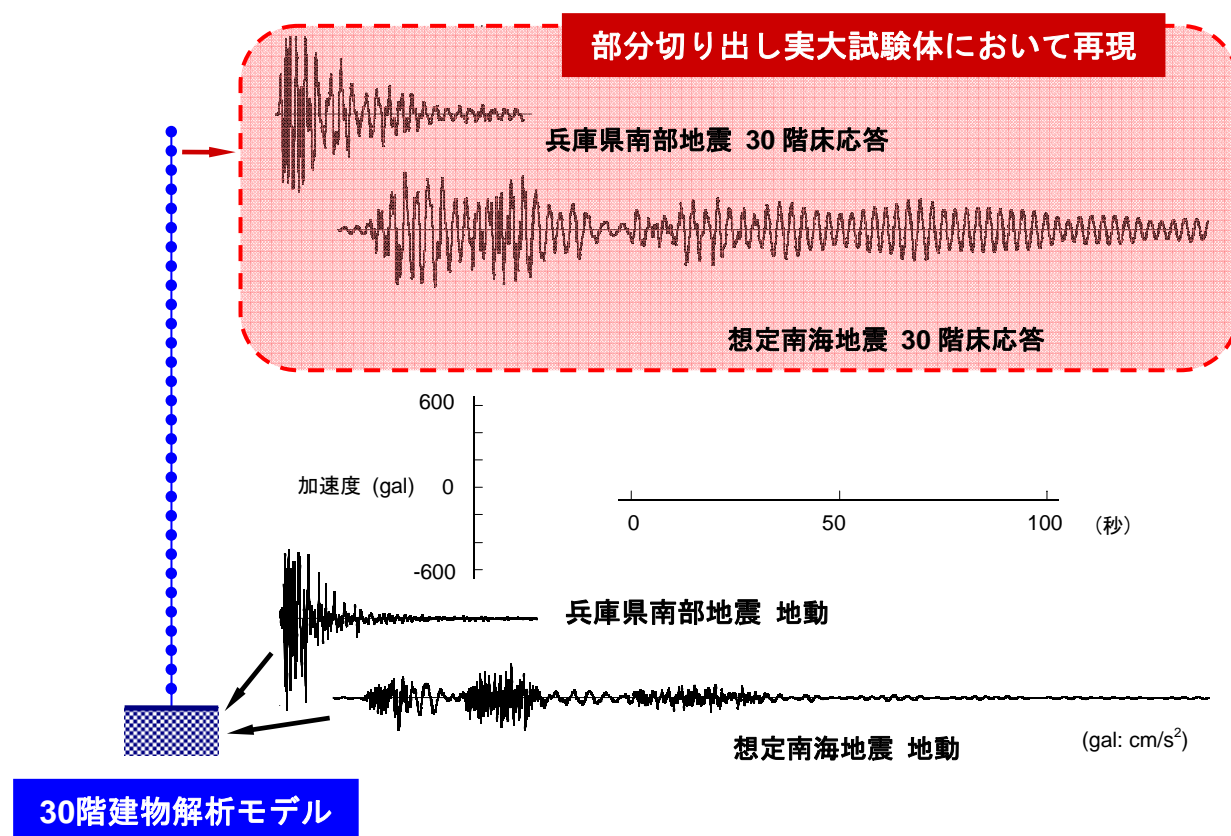


図-1 地震動と高層建物の応答（加速度）



(1) 実験システムの概略



(2) 試験体写真

図 2 高層建物の地震応答を再現する試験体

(1) 3月29日(木) 想定地震：南海地震（海溝型地震）

南海地震が発生した際、神戸市内の東遊園地で想定される地震動が超高層建物に3次元入力した場合に高層階に生じる床位置の加速度、速度及び建物内の最大変形を再現します。予測される各最大値は概ね 420cm/s^2 、 180 cm/s 、 105 cm 、継続時間は約150秒です。家具什器は転倒もしくは大きく滑り、開口部におけるガラス、およびカーテンウォールガラスに衝突することが予想されます。また天井に損傷が生じ、ペンダント照明等が大きく振れることが予想されます。

(2) 3月30日(金) 想定地震：兵庫県南部地震（内陸型地震）

1995年兵庫県南部地震時にJR鷹取駅で観測された地震動を超高層建物に3次元入力した場合に生じる高層階の床位置の加速度、速度及び建物内の最大変形を再現します。予測される各最大値は概ね 560cm/s^2 、 175 cm/s 、 80 cm 、継続時間は約30秒です。家具

什器等への影響について、前日の実験結果との比較検証を行います。

3. 非構造部材コンポーネント

(1) 家具什器（住宅、オフィス）

オフィスと住宅を想定して、家具什器等を配置しています。

オフィスエリアには、事務机、書庫、パソコンラック、床置きコピー機などが配置され、地震時の揺れによって、それらがどのように挙動するかを観察し、特に転倒防止などの対策を行った什器とそうでないものの比較を行います。

住宅エリアには、食器棚、レンジ台、本棚、タンス、ピアノなどが配置され、それらの転倒防止対策などの効果を検証します。また転倒防止対策を行う際に、内壁の違い（LGS下地+石膏ボード、硬質ボード+石膏ボード、石膏ボードGL仕上げ）による家具固定の効果も検証します。



(a) オフィス内部



(b) 住宅内部 1



(c) 住宅内部 2

図 3 内部の家具什器

(2) カーテンウォールシステム（オフィス外壁）

カーテンウォールはオフィスビルに一般的に使用されている外壁であり、変形追従性が優れていることがよく知られています。本試験体では、一般によく設定される設計仕様（層間変形角 1/100 に対して破損や脱落を生じない）を満足するように製作されたカーテンウォールを採用しています。本実験では、層間変形角が 1/100 を上回る変形（約 1/65）を受けることが予想されますが、それに対してカーテンウォールがどのような挙動をするのか観察します。また面内の変形のみならず、面外方向に慣性力を受けることや、コーナー部が 2 方向に変形を受けることによって、どのような挙動をするのか観察します。

さらに、オフィスの什器として設置されたパソコンラック上のプリンタなどがガラス面に衝突した場合に、ガラスの種類（フロートガラスと合わせガラス）によってどのように異なるかを観察します。



(a) 内観



(b) コーナー部外観

図 4 カーテンウォールシステム

(3) ALCパネルシステム（住宅外壁）

ALCパネルシステムは、建物の変形に対してパネル自身が回転して追従するロック工法が用いられており、既往の部材レベルの実験において高い変形追従性能が確認

されています。本実験では、実際の施工条件を想定し、はきだし窓、ドア等の開口部を組み込んでおり、外壁システム全体としてどのように挙動するかという観点から検証を行います。すなわち、ALCパネル自身における挙動のみならず、避難性にかかわるドアの開閉等、建物としての機能保持能力も視野に入れていきます。

本実験においては、面内の変形のみならず、面外方向に強制変形、慣性力を受けること、またコーナー部に2方向の面内変形が集中することなど、既往の実験において考察できていない内容が含まれており、こうした条件下においてどのような挙動を示すか観察します。引き違いはき出し窓のガラスにはフロートガラスと合わせガラスが採用されており、ガラスの種類により地震時の挙動がどのように異なるかを検証します。



(a) 引き違いはき出し窓 (b) 引き違い窓, 外開き窓 (c) 引き違い窓, ドア (内側)

図-5 ALCパネルシステム

(4) 軽鉄下地吊り天井

住宅、オフィスゾーンともに一般的に使用される天井であり、上階の床からボルトで吊り下げられているため、通常天井自身は横からの地震力に抵抗せず、周辺の壁が水平方向の慣性力を受けとめます。この場合壁と天井との間に力のやり取りが生じるため、境界付近の損傷の有無などを観察します。懐の深さが異なる折上げ型の場合には、天井の一体性が弱いため、段差部鉛直面など相対的に弱い部分に変形が集中することなどが予想され、斜め材による補強の違いを含めてその挙動を観察します。また、天井の中に空調設備が組み込まれる場合には、天井と空調設備の間に力のやり取りが生じるため、空調設備周りにおける挙動が観察の対象となります。

一方、天井自身が地震時の水平力に抵抗するように、ある一定量の斜め材をバランスよく組み込む耐震型の天井も提案されており、その効果や従来型天井との挙動の違いを検証します。



(a) 従来型

(b) 耐震型

(c) 折上げ型

図-6 軽鉄下地吊り天井