

# ドア枠との接触を考慮したドアの地震時挙動解析

## Motion Analysis on Seismic Behaviors of Doors Considering Contact with Door Frames

○非 佐藤 和輝 (筑波大院)  
Kazuki SATO, Graduate School, Univ. of Tsukuba,  
1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki

正 磯部 大吾郎 (筑波大)  
Daigoro ISOBE, Univ. of Tsukuba,  
1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki

Key Words: Doors, Door Frame, Hinge, Seismic Motion

### 1. 緒言

日本は何枚ものプレートが集中する場所に位置しており、地震が多発する国として知られている。建物の地震被害は倒壊現象だけではなく、倒壊を免れても建物内の非構造物が被害を受けるケースも多数存在する。中でも、ドア枠の変形によりドアの開閉が不可能になると、避難経路の妨げとなる恐れがある。ドア枠の変形は床面と天井面の間における層間変形が影響している。層間変形によりドア枠が面内変形すると、ドア本体の変形・座屈が生じ、ドアの開閉が困難となる。その対策として、ドアとドア枠のクリアランスを通常より大きく設けることで、通常ドアよりも大きな変形を許容できる耐震ドアが製造されている。しかし、クリアランスが大きいと断熱性や防音性が悪化し、居住性を悪化させる可能性がある。また、地震動下のドアの被害報告や実験等による研究は少なく、ドアとドア枠の変形による被害を低減する方法は確立されていない。

先行研究[1]では、雑壁を有する10層RC造建物モデルに対して地震動下における挙動解析を実施した。雑壁は配筋されている壁と配筋されていない壁の2つの条件を設定し、建物の下層部と上層部のそれぞれに設置した雑壁内ドア枠の変形を低減する方法が提案された。しかし、ドア本体はモデル化していなかったため、ドアとドア枠間の相互作用による影響については未調査であった。

そこで本研究では、先行研究[1]で用いられた雑壁モデルにドア本体と蝶番のモデルを追加し、地震動下でのドアとドア枠の接触を考慮した地震応答解析を行った。接触アルゴリズムを用いてドアとドア枠間の接触を考慮し、様々なクリアランスを設けて解析することにより、最適なクリアランスの提案を目的とする。ドア枠の面内変形、ドアの面内変形や面外変形、蝶番の軸の回転角に着目して調査を実施した。

### 2. 解析モデル

ドアとドア枠にはスチール、蝶番にはステンレスの物性値を用いて、Fig. 1に示すように雑壁、モルタル、片開きドア、ドア枠、蝶番をモデル化した。

ドア枠の寸法はマンションに使用される片開きドアを参

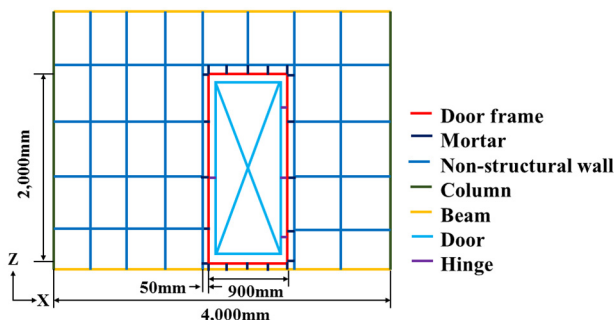


Fig. 1 Non-structural wall model

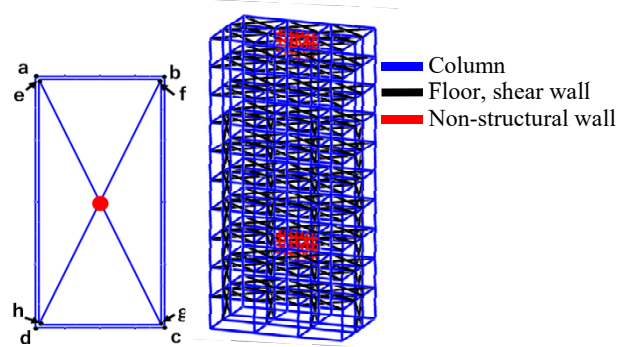


Fig. 2 Door model

Fig. 3 Ten-story RC building with non-structural wall

考に、上枠・下枠の長さを900mm、縦枠の長さを2,000mmとした。片開きドアの寸法は縦1,988mm、横892mmとし、ドアとドア枠のクリアランスは左右4mm、上下6mmとした[2]。有限要素により構築したドアモデルをFig. 2に示す。蝶番の取り付け位置は文献[3]に即し、設定した。ドア枠と雑壁間のクリアランスは50mmとし、そこに充てるモルタルの圧縮強度は40 N/mm<sup>2</sup>とした。雑壁やモルタルは圧縮強度を降伏応力とし、降伏応力に達するまでは弾性体として扱うこととした。弾性域での軸剛性は、コンクリートの応力-ひずみ曲線と合うように線形的に近似した。この際、雑壁は実際の体積分の剛性と同じになるように設定した。ただし、圧縮降伏時の剛性低下は考慮していない。また、せん断強度は圧縮強度の0.1倍とした。

雑壁と10層RC造建物を組み合わせた解析モデルをFig. 3に示す。ドアを取り付けた雑壁は3階と10階に配置した。雑壁モデルを取り付ける際は、床荷重として既に考慮されていた雑壁の重量を、その層を構成する部材から差し引いて導入した。作成した解析モデルの総要素数は1,960、総節点数は1,240である。

### 3. 解析条件

入力地震波には、JMA神戸波50%を用いた。JMA神戸波は全ての方向で6~8sの間に加速度のピークを迎える地震波である。この地震波を40秒間3軸方向に入力し解析を実施した。なお、時間増分は1.0ms、解析step数は40,000stepと設定した。ドアとドア枠のクリアランスに関してはcase A, case B, case Cの3つの条件を設定し、解析を行った。Table 1に3つの条件を示す。

Table 1 Clearance selected for each case

	(Upper & downside, left & right side)
case A	(1 mm, 3 mm)
case B	(4 mm, 6 mm)
case C	(7 mm, 9 mm)

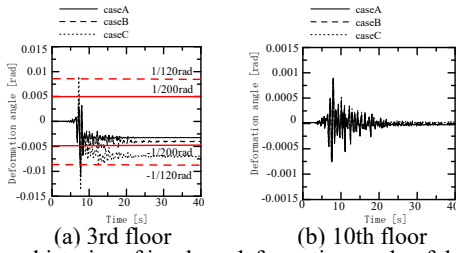


Fig. 4 Time histories of in-plane deformation angle of door frames

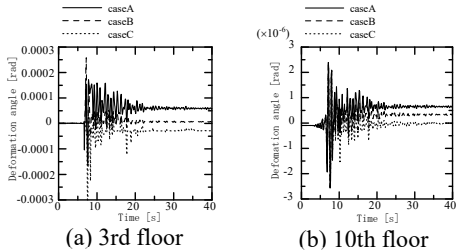


Fig. 5 Time histories of in-plane deformation angle of doors

#### 4. 解析結果

それぞれの case について解析を行い、ドア枠の面内変形角を求めた。結果を Fig. 4 に示す。3 階ではすべての case において瞬間的に 1/120 rad を超える変形が生じ、残留変形角は case C だけ 1/200 rad を超えた。面内変形角が 1/200 rad を超えると女性の力ではドアの開閉が困難となり、1/120 rad を超えると人の力では開閉不能とも言われている[4]。よって最大面内変形角や残留面内変形角から考えると、case C ではドアが開閉不能となっている可能性が非常に高い。ドア枠の面内変形角はドア枠の変位量が影響してくるため、クリアランスが大きいほど大きな値となる。すなわち、ドア枠の面内変形角だけで考えると、3 つの case の中で最適な条件は case A である。一方、地震動が収まった段階でのドア枠とドアの接触箇所数は 3 階では case A が 9 箇所、case B が 2 箇所、case C が 1 箇所であり、10 階では case A が 2 箇所、case B と case C はともに 0 箇所であった。また、10 階ではすべての case で 1/200 rad を超える変形は生じず、残留変形もほとんど生じなかった。次に、ドア枠の面内変形角を求めた方法と同様に、ドアの面内変形角を求めた結果を Fig. 5 に示す。3 階と 10 階ともに、すべての case においてドアの面内変形角は小さな値となり、ドア枠と比較するとドアは面内方向にあまり変形していないことが分かる。

次に、蝶番の軸の回転角について調査した。地震動によりドア・ドア枠だけでなく蝶番にも力が伝達し変形することが考えられる。蝶番の変形によりドアが開閉不能となる場合もあるため、2 つの蝶番のなす角度から蝶番の軸の回転角を算出した。結果を Fig. 6 に示す。3 階での結果より蝶番の回転角は最大角度、残留角度ともにクリアランスが大きいほど大きくなっている。これはクリアランスが大きいほどドア、ドア枠の変形量が増加するため、それに伴い蝶番の変位量が増

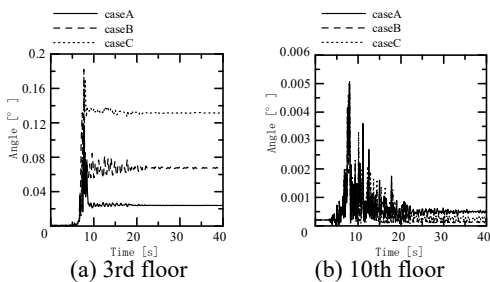


Fig. 6 Time histories of rotation angles of hinges

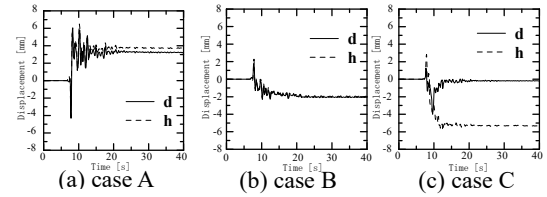


Fig. 7 Time histories of out-of-plane deformations of door on the 3rd floor

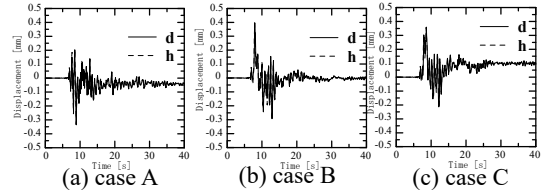


Fig. 8 Time histories of out-of-plane deformations of door on the 10th floor

加したものと考えられる。10 階での結果は 3 階に比べて 1/10 倍ほどと値が小さく、すべての case において同様の値を示しているため、最適な case を判断する指標とはならなかった。

最後に、ドアの面外変形の比較を行った。以下の手順でドアの面外変形について検証した。まず、ドアとドア枠の 4 隅の節点の変位を用い、Fig. 2 の 8 箇所の節点の Y 方向変位からドアの中央節点 (赤丸で表示) の Y 方向変位の差を取ることによって各点の中央節点との相対変位を求める。ここで、建物の揺れによって生じる変位を考慮しないように、ドア・ドア枠・蝶番をすべて剛と仮定し、同様に 8 箇所の節点の相対変位を求め、その値をもとの相対変位から引くことで、求めたい変位量を算出した。次に、節点 a と e、節点 b と f のように対応させて比較することで、ドア枠に対するドアの面外変形をみることにした。3 階の各 case での面外変形を Fig. 7 に示し、10 階の各 case での面外変形を Fig. 8 に示す。実線と破線の差が大きいほどドア枠に対するドアの面外変形量は大い。つまり、Fig. 7 よりドア枠に対するドアの面外変形が最も小さいのは case B であることが分かる。また、Fig. 8 より 10 階は層間変形角が小さいためすべての case で面外変形量は小さな値となり、各 case で差はあまりみられなかった。

#### 5. 結言

本研究では、3 階と 10 階に雑壁を有する 10 層 RC 造建物を対象として地震応答解析を行った。解析条件として 3 つの case を設定し、ドア・ドア枠の面内変形、蝶番の軸の回転角、ドアの面外変形を調べることで最も適切なクリアランスを評価した。

総合的にみると、case A は面内変形角が小さな値となったが、解析終了時に最も接触した状態となり、また、case C はクリアランスが大きく面内変形角が大きな値を示したため、中間のクリアランスである case B が 3 つの case の中では最適なクリアランスであると考えられる。

#### 参考文献

- [1] 磯部大吾郎, 片桐雅人: 地震動下における RC 造建物内のドア枠変形挙動解析, 日本建築学会 2016 年度大会(九州)学術講演梗概集, (2016), pp1185-1186.
- [2] 文化シャッター: 快適空間設計工房, [http://www.bunka-s-pro.jp/m-door/sx\\_01.html](http://www.bunka-s-pro.jp/m-door/sx_01.html).
- [3] 住まいの飾り職人 ATOMLIVINTECH, <http://www.atomlit.com/index.html>.
- [4] 株式会社ビュード, [http://www.akerukun.com/qa\\_akerukun.html](http://www.akerukun.com/qa_akerukun.html).