

# RC造建物内のドアに関する地震時挙動解析

## Motion Behavior Analysis of Doors in RC Buildings under Seismic Excitation

佐藤和輝<sup>1)</sup>, 磯部大吾郎<sup>2)</sup>

Kazuki Sato and Daigoro Isobe

1) 筑波大学大学院 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1, E-mail: k.i.n.a.t.0923@gmail.com)

2) 博(工) 筑波大学教授 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1, E-mail: isobe@kz.tsukuba.ac.jp)

In this paper, we performed a motion behavior analysis of a ten-story RC building model, which contains doors, door frames and hinges, under seismic excitation. The deformations of the door, door frames and hinges are verified using the ASI-Gauss code, and optimal clearances between doors and door frames are investigated.

**Key Words :** Door, Door frames, RC buildings, Seismic excitation, ASI-Gauss code

### 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、通常の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

表1に雑壁モデルの物性値を示す。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た。図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図2に示すように横892mm、縦1,988mm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]。蝶番の取り付け位置は文献[3]に即し、図2に示すように設定した。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40N/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

表-1 雑壁モデルの物性値

	ヤング率 [GPa]	ポアソン比	降伏応力 [MPa]	密度 [kg/mm <sup>3</sup> ]
ドア枠	206	0.300	295	7.9 × 10 <sup>-6</sup>
雑壁(コンクリート)	25	0.167	21	2.4 × 10 <sup>-6</sup>
モルタル	20	0.200	40	2.1 × 10 <sup>-6</sup>
ドア	206	0.300	295	1.9 × 10 <sup>-6</sup>
蝶番	200	0.300	245	1.9 × 10 <sup>-6</sup>

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一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図3に示す。ドアを取り付けた雑壁は3階に取り付けた。ドア・ドア枠・蝶番を含む雑壁モデルにはBi-linear型、建物モデルにはTri-linear型のRC構成則を採用した。以上の条件で作成した解析モデルの総要素数は1,894、総節点

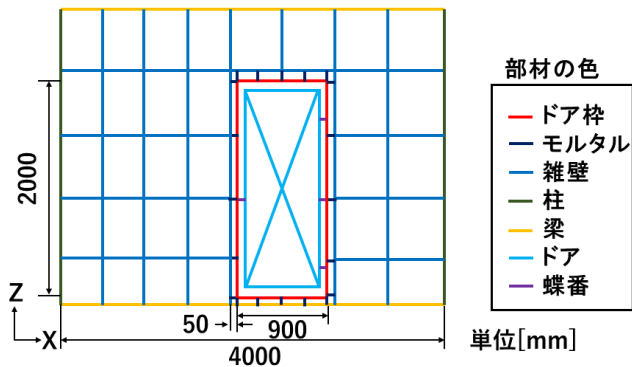


図-1 雑壁モデル

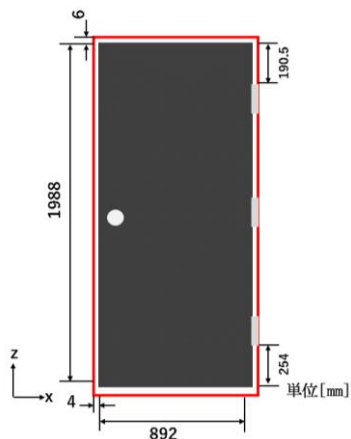


図-2 ドアモデル

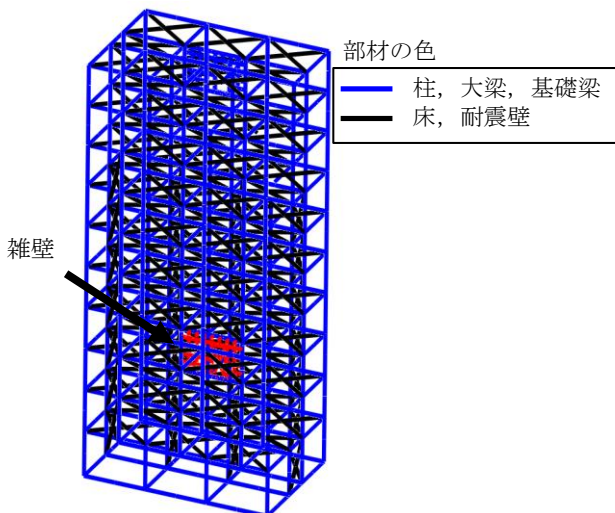


図-3 雑壁を有する10層RC造建物モデル

表-2 各 case で設定したクリアランス

	(上下, 左右)
case A	(1mm, 3mm)
case B	(4mm, 6mm)
case C	(7mm, 9mm)

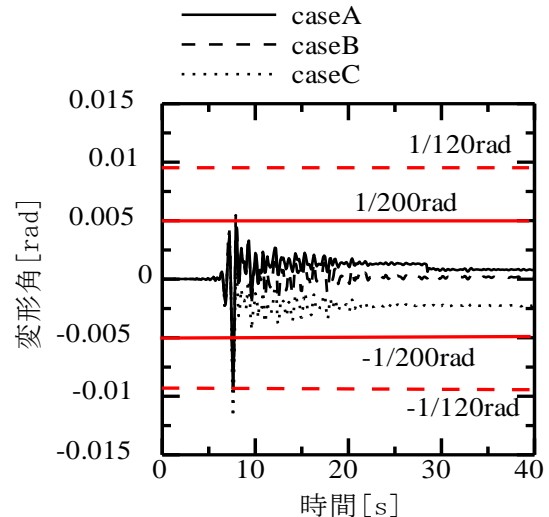


図-4 ドアの面内変形角時刻歴応答

数は1,181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。表2に3つの条件を示す。

### 4. 面内変形の比較

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。結果を図4に示し、面内変形角についてまとめたものを表3に示す。すべてのcaseにおいて瞬間的に1/200radを超えるような変形が生じ、case A, case Cに関しては最大変形角が1/120radを超えたことが分かる。しかし、残留変形角はすべてのcaseで1/200radを超えることがなかったため、ドアは開閉可能な状態である可能性が高い。また表3より、最大変形角、残留変形角ともに最も小さいのはcase Bであることが分かる。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 Bである。次に、ドア枠の面内変形角を求めた方法と同様に、ドアの面内変形角も求めた結果を図5に示す。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。

表-3 最大変形角と残留変形角

地震波	階層	case	最大変形角 [rad]	残留変形角 [rad]
JMA 神戸波 50%	3	A	$9.4 \times 10^{-3}$	$8.2 \times 10^{-4}$
		B	$7.8 \times 10^{-3}$	$1.8 \times 10^{-4}$
		C	$1.2 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-3}$

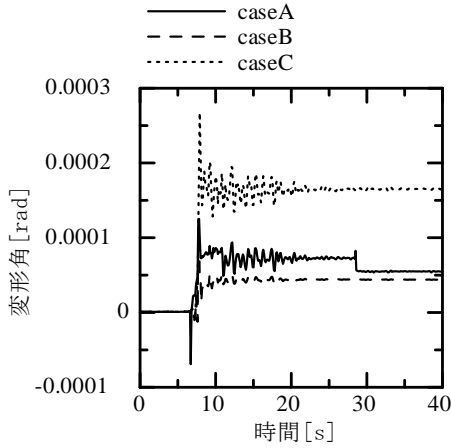


図-5 ドアの面内変形角時刻歴応答

5. 蝶番の軸の回転角の比較

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可能となる可能性もあるため、図6に示すような方法により蝶番の軸の回転角を算出した。結果を図7に示す。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形量が増加したのだと考えられる。case Aにおいて30秒付近で角度が大きくなっているのは、30秒付近まではドアとドア枠が右上で接触しているが、30秒付近以降は接触が解除され、その後ドアとドア枠の左下が接触したことが要因として考えられる。

6. ドアの面外変形の比較

地震動により、ドア・ドア枠が面外に変形することで

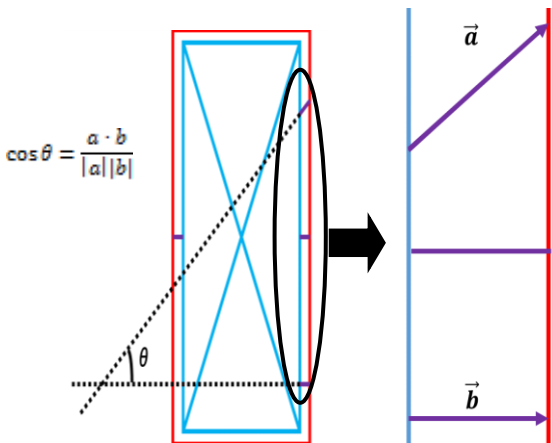


図-6 蝶番のベクトル

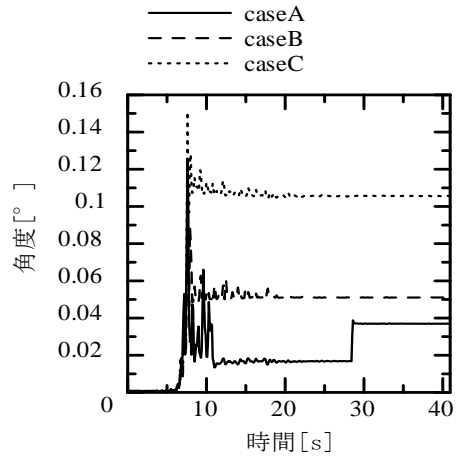


図-7 蝶番の軸角度の時刻歴応答

もドアの開閉が困難となることが考えられる。そこで、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、図8の8箇所節点の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で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・蝶番を全て剛と仮定し、同様に8箇所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、求めたい変形量を算出した。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。case A, B, Cでの解析結果を図8(a), (b), (c)に示す。図8より、case A, B, Cの各caseでドアとドア枠がともに面外に変形しており、その大きさは、クリアランスが大きくなるほど大きくなっていることが分かる。一方、実線と破線の差が大きい方がドア枠に対するドアの面外変形量は大きい。よって、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。

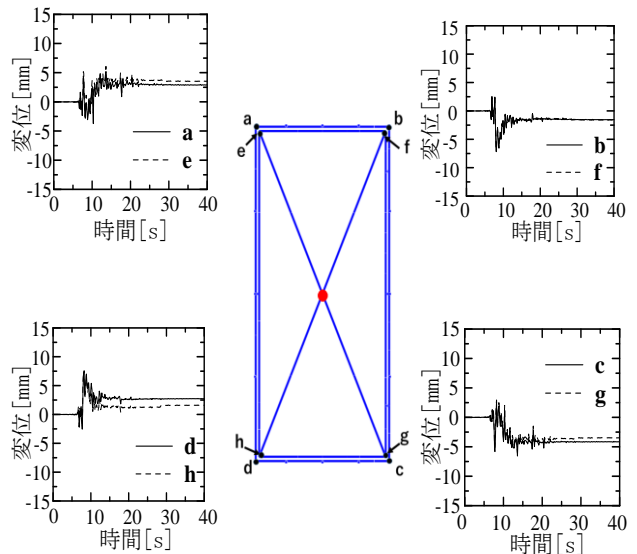


図-8 (a) case A の面外変形量

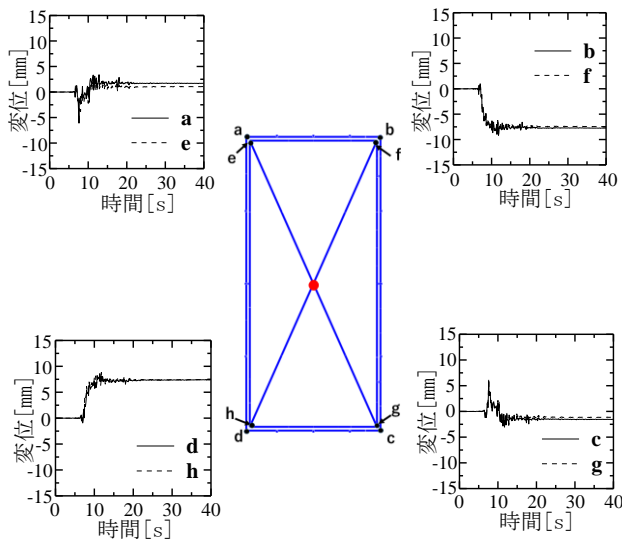


図-8 (b) case B の面外変形量

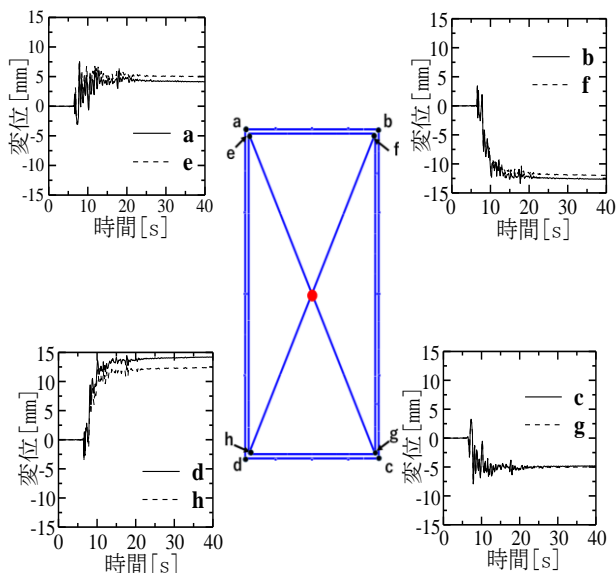


図-8(c) case C の面外変形量

## 7. 結言

本研究では、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当なクリアランスを評価した。各パラメータでの最適なcaseを表4に示す。ドア枠の面内変形角で比較した場合は、どのcaseも瞬間的に1/200 radを超え、3つのcaseの中では残留変形角、最大変形角ともにcase Bが最小であった。また解析終了時、case Bが3つのケースの中で最も接触が少なかった。蝶番の軸の角度は、case Aが最も良い条件であった。また、ドアとドア枠の面外変形量はcase Aが最も小さいが、面外変形の相対量に関してはcase Bが最も良い条件となった。

総合的に見ると、地震動が収まった段階での接触が少なく、ドア枠の面内変形角、ドア枠に対するドアの面外

表-4 各パラメータの比較

	小→大
ドア枠の面内変形角	case B, case A, case C
ドアの面内変形角	case B, case A, case C
蝶番の軸の回転角	case A, case B, case C
ドアの面外変形	case B, case A, case C

変形量が小さいcase Bが3つのケースの中で最適なクリアランスであると考えられる。case Aは蝶番の軸の回転角に関しては最小の結果となったが、クリアランスが小さいため解析終了時に最も接触した状態となった。ドア枠とドアの接触がドアの開閉に関して最も影響すると考えられるため、case Aよりもcase Bの方が良い条件であると思われる。

ドアとドア枠のクリアランスは小さくても大きくても良い条件とは言えず、最適なクリアランスが存在することが分かった。

## 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.atomlt.com/index.html>