

## 建物内に設置されたドアの地震時変形挙動解析

正会員 ○佐藤 和輝<sup>\*1</sup>  
同 磯部 大吾郎<sup>\*2</sup>ドア 変形  
地震時挙動 ASI-Gauss 法

## 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材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が開閉不能となると、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おり、層間変形に伴いドア枠が面内変形すると、ドア本体の変形・座屈が生じ、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が、これは居住性を悪化させる可能性がある。

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の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されていなかったため、ドア・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、ドア・ドア枠間の接触を考慮した地震応答解析を実施し、それらの変形挙動について調査した。

## 2. ドア枠の面内変形角

本研究では、ドア枠の変形量を定量的に扱うために図-1に示す面内変形角を用いる。面内変形角とは、式(1)に示すようにドア枠の上端・下端の水平方向移動量の差を枠の高さ寸法で除したものである。ここで、 $\delta_1 \sim \delta_4$ ：図-1に示すドア枠の変位[mm]、 $h$ ：ドアの縦枠の長さ[mm]、 $b$ ：ドアの横枠の長さ[mm]である。

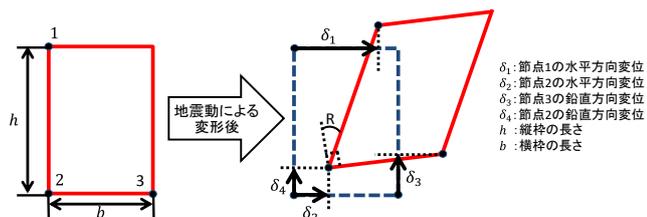


図-1 面内変形角

$$R[\text{rad}] = \frac{\delta_1 - \delta_2}{h} - \frac{\delta_3 - \delta_4}{b} \quad (1)$$

一般的にドア枠変形時におけるドアの開閉に必要な力は面内変形角  $1/200 \text{ rad}$  で  $100 \text{ kgf}$  以上、 $1/120 \text{ rad}$  では  $200 \text{ kgf}$  以上になり、人の力では開けられなくなると言われている[2]。よって本研究では、地震動下でドア枠の面内変形角がこの2つの角度に達するか否かに注目する。

## 3. 解析モデルおよび解析条件

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、図-2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  $900 \text{ mm}$ 、縦枠の長さを  $2,000 \text{ mm}$  とした。片開きドアの寸法は縦  $1,988 \text{ mm}$ 、横  $892 \text{ mm}$ 、厚さ  $40 \text{ mm}$  とし、ドアとドア枠のクリアランスを左右  $4 \text{ mm}$ 、上下  $6 \text{ mm}$  とした[3]。ドアは中空ドアとし線形チモシェンコはり要素により細かくモデル化し、座屈を考慮

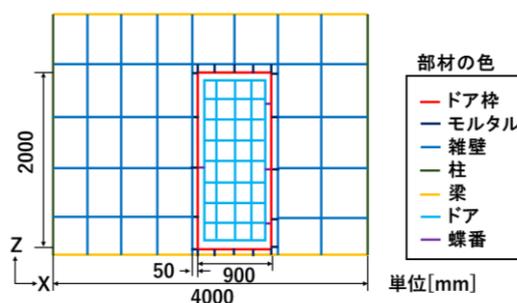


図-2 雑壁モデル

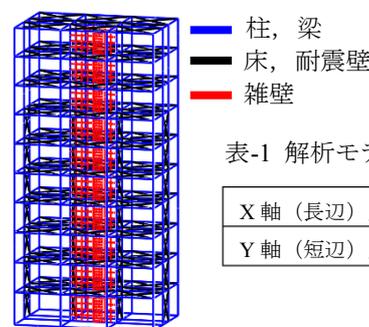


図-3 10層RC造建物モデル

表-1 解析モデルの固有周期

X軸(長辺)方向	0.557 s
Y軸(短辺)方向	0.738 s

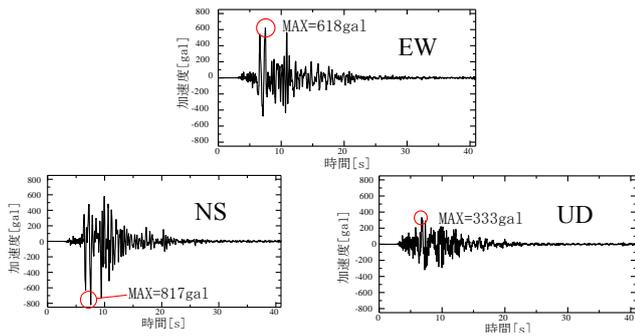


図-4 入力地震波 (JMA 神戸波 100%)

した。蝶番の取り付け位置は文献[4]に即し、設定した。ドア枠-雑壁間のクリアランスは 50 mm とし、そこに充てんす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、せん断強度は圧縮強度の 0.1 倍とした。

図-3 に示すように、10 層 RC 建造物の全層にドアを取り付けた雑壁を配置した。雑壁を取り付ける際は、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。表 1 に固有周期を示す。入力地震波には、JMA 神戸波 100% (図-4) 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。

### 3. 解析結果

図-5 に解析モデルの最大層間変形角を示すが、2 階で最大、10 階で最小となることが分かる。また、入力波ピーク時での 2 階のドアの様子を図-6 に示す。要素の降伏関数値により色分けし、赤色は降伏していることを示すが、ドア枠やドアに大きな力が加わっていることが分かる。ドア枠とドアの面内変形角は層間変形角に追従すると考えられるため、2 階と 10 階の比較を行った。図-7 に 2 階と 10 階のドア枠面内変形角の時刻歴、図-8 にドア枠と同

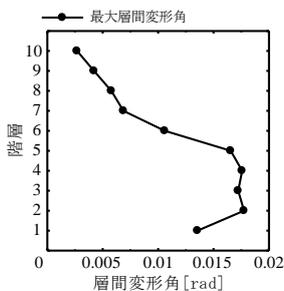


図-5 最大層間変形角

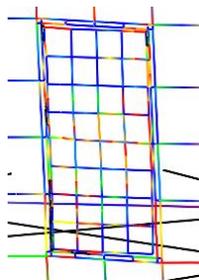


図-6 2 階のドアの様子

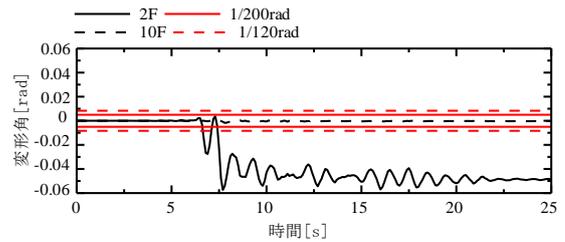


図-7 ドア枠の面内変形角

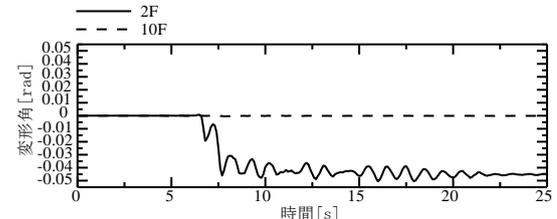


図-8 ドアの面内変形角

様の方法で算出したドアの面内変形角を示す。図-7 に示すように、2 階ドア枠の最大面内変形角は 1/120 rad を超えており、ドアが開閉不能となっている可能性が高い。一方、10 階のドア枠の面内変形角は 2 階と比較すると小さな値である。図-8 より、層間変形角が大きい 2 階ではドアは面内方向に大きく変形しているが、層間変形角が小さい 10 階では変形が小さいことが分かる。また、2 階ではドア-ドア枠間の接触が多く、ドアの左右両側と下側で接触した状態で解析が終了した。10 階では接触が少なく、解析終了時での接触箇所数は 0 箇所であった。

### 4. 結言

本研究ではドア、ドア枠、蝶番を含む雑壁モデルを 10 層 RC 建造物モデルに導入し、ASI-Gauss 法を用いて地震時変形挙動解析を行った。層間変形角の小さい 10 階ではドアとドア枠の面内変形角が小さく、ドア-ドア枠間の接触も非常に少なかった。一方、2 階のドアとドア枠の面内変形角はドアが開閉不能となる基準の 1/200 rad や 1/120 rad に達した。ドアとドア枠の接触も多く、2 階のドアは開閉不能となっている可能性が高い。

### 参考文献

- [1] 磯部大吾郎, 片桐雅人: 地震動下における RC 建造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, pp. 1185-1186, 2016.
- [2] 株式会社ビュード  
[http://www.akerukun.com/qa\\_akerukun.html](http://www.akerukun.com/qa_akerukun.html).
- [3] 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).
- [4] 住まいの飾り職人 ATOMLIVINTECH  
<http://www.atomlt.com/index.html>.

\*1 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 大学院生

\*2 筑波大学 教授・博 (工)

\*1 Graduate Student, Univ. of Tsukuba

\*2 Professor, Univ. of Tsukuba, Dr. Eng.