

地震動下における RC 造建物内のドア枠変形挙動解析

正会員 ○磯部 大吾郎*1
同 片桐 雅人*2ドア枠 雑壁 RC 造建物
地震応答解析 ASI-Gauss 法

1. 緒言

近年、天井や外壁、家具などの非構造部材の地震被害に対する関心が高まっている。建物自体が倒壊を免れても、非構造部材が変形・破壊することにより地震発生後の機能や安全性の確保が困難となることがその理由として挙げられる。中でも室内に設置されているドア枠が変形しドアの開閉が困難となると、避難が遅れ、人的被害が増大する危険性が高くなる恐れがある。一方、1981年に改正された建築基準法ではドアの耐震基準が具体的に定められておらず、ドア枠の変形を軽減するためにドアとの間のクリアランスを大きく設ける等の方策が取られているのが現状である。前報[1]では、低層鋼構造建物内のドア枠の変形について数値解析により検証し、建物の層間変形角とドア枠の面内変形角の相関について調べた。本報では、高層 RC 造建物内のドア枠の変形について検証し、ドア枠が設置される箇所に応じた変形量の低減方法を提案することを目的とする。変形量の評価には地震で生じるドア枠の面内変形角を用い、面内変形角と建物に生じる層間変形角の比較、階ごとの変形量の比較、部材の塑性化状況からドア枠の変形メカニズムについて考察した。数値解析には、材料の弾塑性、破断現象を含む非線形性が高い解析でも安定して行える ASI-Gauss 法[2]に RC 構成則を導入した解析コードを用いた。

2. ドア枠の変形量の評価方法

本研究ではドア枠の変形量を定量的に扱うために面内変形角 R [rad]を用いた。面内変形角とは、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り、式(1)[3]に示す通りである。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。

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

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 $1/200$ rad で 100 kg 以上となり、 $1/120$ rad では 200 kg 以上となる[4]。本研究では、この 2 つの角度を被害の評価基準値として用いた。

3. 解析モデルおよび解析条件

本研究では玄関ドアを有する雑壁を解析対象とした。解析モデルを図-1に示す。層間変形から受けるドア枠変形のメカニズムを調査するため、雑壁部材には 2 つの破断条件を設定した。Case A では配筋を施した壁を想定し、引張に対して理想的に追従する条件とし、Case B では配筋を施していない壁を想定し、引張に対しては極端に強度が低い条件とした。そこで、破断条件となる引張軸ひずみの値を Case A では 0.1700 [5]、Case B では 0.0002 [6]とした。

全体の解析モデルを図-2に示す。建物は加振実験を行うことを目的として、仮想的に設計された縮小版 10 層 3×3 スパン RC 造建物である。モデル化した部材は柱、大梁、基礎梁、床、耐震壁である。床、耐震壁は面内方向に剛であることを仮定し、床荷重は一般階で 4750 N/m²、屋上は 3500 N/m² と設定した。層間変形角の大きさの違いがドア枠変形に及ぼす影

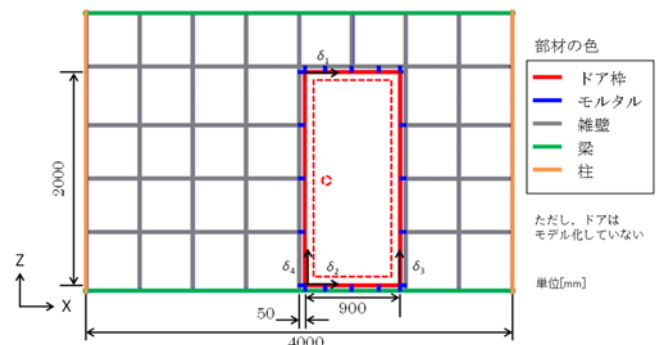


図-1 雑壁モデル

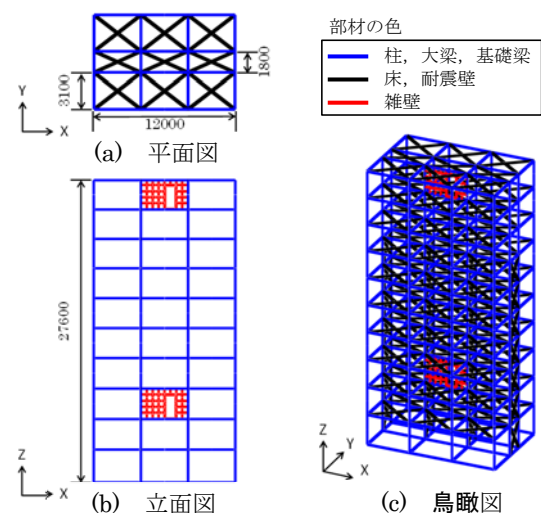


図-2 雑壁を有する 10 層 RC 造建物モデル

響を調査するため、層間変形角が最大値を示した3階と最小値を示した10階に雑壁モデルを配置した。また、入力地震波には兵庫県南部地震で観測されたJMA神戸波100%(図-3)を用い、3軸方向に40秒間入力した。

4. 解析結果

図-4に雑壁に配筋を施した場合の各階における層間変形角と面内変形角の時刻歴応答を示す。図に示すように、面内変形角と層間変形角は定性的にはほぼ同様の応答を見せるが、約8s以降はドア枠の変形が進行し、構造物よりも大きな残留変形が生じている。これは、雑壁が構造物よりも塑性変形しやすいためである。特に3階では被害の評価基準である1/120radを大きく上回っているため、ドアが開閉不能となっている可能性が高い。また、全体的に面内変形角は層間変形角より大きな振幅を示しているが、これはドア枠の鉛直方向の変形に起因している。配筋を施した雑壁は面内剛性が高いため、

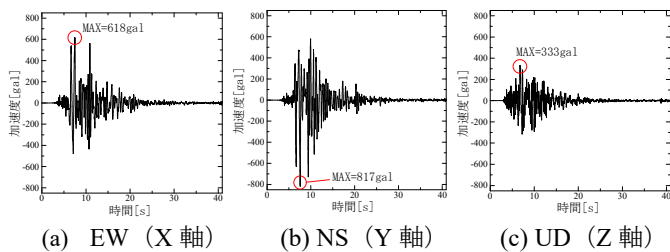


図-3 入力地震波 (JMA 神戸波 100%)

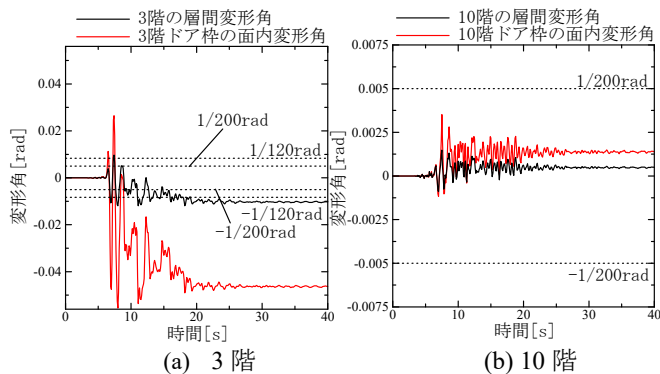


図-4 層間変形角と面内変形角の時刻歴応答 (Case A)

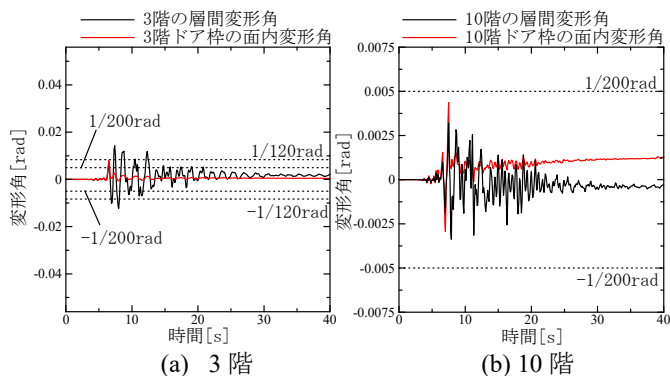


図-5 層間変形角と面内変形角の時刻歴応答 (Case B)

層間変形が生じると柱の変形に追従し、上部の梁を押し上げるような回転方向の変位が生じる。これにより、ドア枠は水平方向のみでなく、鉛直方向にも変形したものと考えられる。

次に、雑壁に配筋を施していない場合の層間変形角と面内変形角の時刻歴応答を図-5に示す。この場合、3階では途中で面内変形角が層間変形角に追従するが、8s付近からは面内変形角が極端に小さくなっている。これは、構造部材付近の雑壁が破断することにより層間変形の影響をほとんど受けなくなるためである。一方、この場合の10階では、3階と同様に雑壁部材の破断後に面内変形角は小さくなったが、その後も徐々に変形が進行した。建物の上層部においては大きな加速度が生じていたため、雑壁に大きな慣性力が働き、変形が進行したものと考えられる。

5. 結言

本研究では、ドア枠と雑壁を含む10層RC造建物モデルを作成し、地震応答解析を行った。その結果、層間変形が大きい階層では、ドア枠にはドアが開閉不能となるような大きな残留変形が生じた。しかし、配筋を施さない雑壁を配置すると、構造部材付近の雑壁の破断によってドア枠は層間変形に追従しなくなった。よって、層間変形が大きい階層でドア枠の変形を低減させるためには、配筋を施さない雑壁や、構造部材と雑壁の間にスリットを設ける等、層間変形の影響を受けにくくすることが一つの手段であると考えられる。一方、層間変形が小さい階層では、発生する加速度の影響で雑壁の破断後もドア枠の変形が進行した。よって、層間変形が小さい階層でドア枠の変形を低減させるためには、配筋を施す等、発生する慣性力に耐えられるような、強度の高い壁を配置することが有効であると考えられる。

参考文献

- [1] 片桐雅人, 磯部大吾郎: 地震動下における鋼構造物内のドア枠変形挙動解析, 日本建築学会2015年度大会 (関東) 学術講演梗概集, (2015), pp. 333-334.
- [2] Daigoro Isobe, Le Thi Thai Thanh, Zion Sasaki: Numerical Simulations on the Collapse Behaviors of High-Rise Towers, International Journal of Protective Structures, Vol.3, No.1, pp.1-19, 2012.
- [3] JIS A 1521, 1996.
- [4] 株式会社中井製作所: 対震蝶番面内変形追随性試験結果報告書, 2013.
- [5] 藤本健太郎 他: 高力ボルト継手の耐火性に関する実験的研究(その1~3), 日本建築学会大会学術講演概要集A-2, 2006.
- [6] 建材試験センター: 建材試験情報10'13, 2013.

*1: 筑波大学教授 博 (工)

*2: 筑波大学大学院システム情報工学研究科 元大学院生

*1: Professor, Univ. of Tsukuba, Dr. Eng.

*2: Ex-graduate Student, Univ. of Tsukuba