

地震動下における鋼構造建物内のドア枠変形挙動解析

正会員 ○片桐 雅人*¹
同 磯部 大吾郎*²ドア枠 間仕切り壁 ASI-Gauss 法
地震応答解析

1. 緒言

今日における建物の地震被害はその倒壊現象が注目されがちであるが、倒壊を免れても非構造物であるドア枠が変形することにより、ドアの開閉が不可能となる恐れがある。このことにより避難が遅れ、地震によって発生する火災や津波等から逃れることが困難となる可能性がある。そのため、ドアの耐震化は重要な課題であるが、以下の問題点が挙げられる。1つは、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いないことである。次に、既存の耐震ドアは、ドアとドア枠のクリアランスを大きく設けることで耐震化を試みているが、クリアランスが大きいと居住性が悪化するという問題がある。そこで本研究では、ドア枠の変形量を低減する方法を提案するために、ドア枠の変形について数値解析により検証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る。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変形について考察した。解析コードには地震動、弾塑性などを含む非線形性が高い解析でも安定して行える ASI-Gauss 法[1]を用いる。

2. ドア枠の変形量の評価方法

地震動により枠やドア本体が変形し開閉不能になる原因は、床面と天井面との層間変形に起因する。層間変形によってドア枠が面内変形すると、ドアとドア枠が接触する。さらに変形が進むと、ドア枠の破損、ドア本体の変形・座屈が生じる。この状態に至ると、地震動が収まった後もドアの開閉に支障が生じ、場合によっては開閉不能となる。

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を用いる。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長さ寸法で除したものであり、式(1)[2]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 以上になる[3]。よって本研究では、地震動下でのドア枠

の面内変形角をこの2つの角度と比較することで、その被害を評価する。

3. 解析モデルおよび解析条件

本研究では、設計図[4]を参考に図-1に示すようなドア枠を含む間仕切り壁モデルを作成した。モデル化した部材は枠、モルタルである。枠の材料はアルミ(沓摺のみスチール)とし、枠の断面は構造物に取付けられる部材をC型に、それ以外は角型とした。材料の物性値は表-1に示す通りである。モルタルはコンクリートに似た性質を持つため、圧縮力を加えた際に圧縮強度に近づくとひび割れが著しく促進する。解析で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。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設定し、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。

全体の解析モデルを図-2に示す。建物は日本建築防災協会の発行する事例集[5]を参考に3層の事務所とした。モデル化した部材は柱、大梁、小梁、基礎梁、床である。建物の階高は3.5m、スパン数は桁行方向に3スパン、張間方向に2スパンである。床荷重は2,3階では5000 N/m²、屋根では4400 N/m²と設定した。外壁の重量は屋外に面している大梁に加え、内壁の重量は間仕切り壁モデルがない大梁上に加えた。また、地震波は兵庫県南部地震で観測されたJR鷹取波100%(図-3)を用い、40秒間3軸方向に入力した。

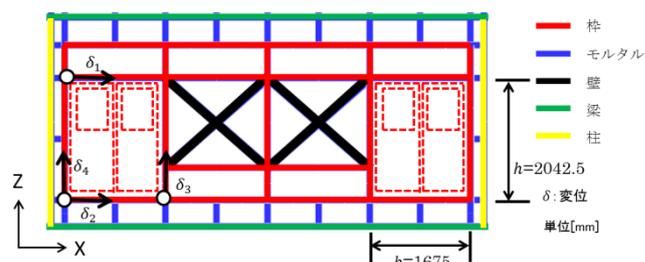


図-1 間仕切り壁モデル

表-1 材料の物性値

	ヤング率 [GPa]	ポアソン比	降伏応力 [MPa]	密度 [kg/mm ³]
枠(アルミ)	70	0.3	245	2.7×10^{-5}
枠(スチール)	206	0.3	325	7.9×10^{-5}
モルタル	20	0.2	40	2.1×10^{-5}
柱, 枠	206	0.3	325	7.9×10^{-5}

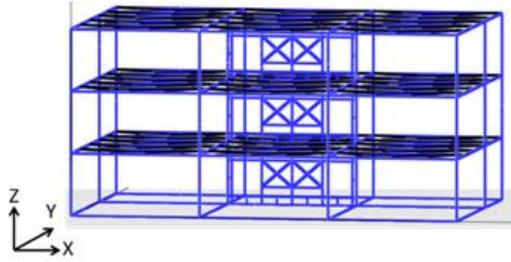


図-2 解析モデル

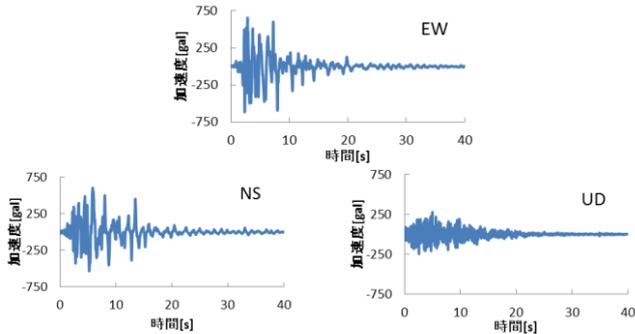


図-3 入力地震波 (JR 鷹取波 100%)

4. 解析結果

図-4 に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、約 7 s 時までは面内変形角は層間変形角に追従しているが、前者は後者よりも小さい。これは建物の層間変形を間仕切り壁の枠が吸収し、結果的にドア枠の変形量が抑えられたことに起因する。しかし、7 s以降は1階と2階において残留変形が生じ、層間変形角よりも面内変形角が大きくなった。枠は柱よりも強度が小さく塑性変形しやすいため、残留変形が生じたものと思われる。

次に階ごとの層間変形角を比較する。最大層間変形角は、1, 2階では 0.0140 rad, 3階では 0.0080 rad であった。ドア枠の最大面内変形角は1階で 0.0120 rad, 2階で 0.0094 rad, 3階で 0.0062 rad であり、1, 2, 3階の順に小さくなった。また、1, 2階では面内変形角は 1/120 rad に達し、3階でも 1/200 rad に達した。本研究ではドア本体をモデル化していないため、ドアとの接触状態を表現できてはいない。そのため、過大評価となっている可能性があるが、瞬間的であっても面内変形角 1/120rad を超えているため、ドア枠の変形によりドアが開閉不能となることは十分に考えられる。

5. 結言

本研究ではドア枠と間仕切り壁を含む3層事務所モデルを作成し、ASI-Gauss法を用いて地震応答解析を行った。その結果として以下に示す知見が得られた。

- ・建物の層間変形を間仕切り壁の枠が吸収することで、ドア

枠の面内変形が抑えられる。

- ・層間変形角が大きいとそれに追従するように面内変形角も大きくなる。
- ・残留変形が建物に発生せずドア枠のみに発生する場合がある。
- ・解析結果では、瞬間的にドアが開閉不能となる基準の面内変形角 1/200 rad や 1/120 rad に達した。

今後は避難所として指定されている学校に注目し、鉄筋コンクリート造建物を扱う。さらにドア本体をモデル化しドア枠との接触を考慮した解析を行い、ドア枠の変形量を低減する方法について検討する予定である。

参考文献

- [1] Daigoro Isobe, Le Thi Thai Thanh, Zion Sasaki : Numerical Stimulation on the Collapse Behaviors of High-Rise Towers, International Journal of Protective Structures, Vol.3, No.1, pp.1-19, 2012.
- [2] JIS A 1521, 1996.
- [3] 株式会社中井製作所：対震蝶番面内変形追従性試験結果報告書, 2013.
- [4] 株式会社久米建設事務所：手代木南小学校設計図, 1979.
- [5] 日本建築防災協会：構造設計・部材断面事例集, 2007.

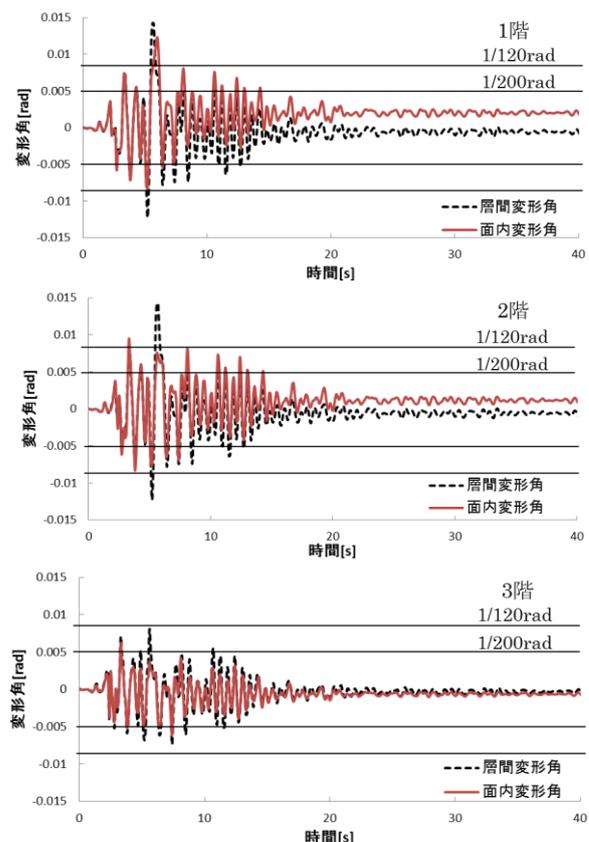


図-4 各階における変形角の時刻歴応答

*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.