

せん断破壊を伴う単層鉄筋コンクリート造建物のねじれ地震応答性状

(その2. 耐力偏心率と重心位置での最大回転角の関係)

正会員 ○藤井 賢志\*1 上田 芳郎\*2 楠 浩一\*3 中埜 良昭\*4

1. はじめに

本論では(その1)で示したせん断部材の耐力低下を考慮した場合の解析結果に関し、構面の耐力低下による耐力偏心の増大に着目して文献[3]で日野等が提案する耐力偏心率と重心位置での最大回転角の関係を考察する。

2. 耐力偏心率の定義<sup>[3]</sup>

まず、文献[3]で日野等が提案する耐力偏心率の定義について述べる。文献[3]では、単層1軸偏心建物の弾塑性ねじれ地震応答において、並進振動が卓越する場合には重心位置での最大回転角 $\theta_{MAX}$ と(式1)で定義されるX方向構面による最大偏心モーメント $\langle M_{RX} \rangle_{MAX}$ の間に線形関係が成り立つことが指摘されている。

$$\langle M_{RX} \rangle_{MAX} = \left| \sum_i Q_X(t) \cdot l_Y \right|_{MAX} \quad \text{式 1}$$

$$\theta_{MAX} \propto \langle M_{RX} \rangle_{MAX} \quad \text{式 2}$$

ここで、 $Q_X$ : X方向構面iの負担せん断力  
 $l_Y$ : 重心から構面iまでの距離

ここで、最大偏心モーメント $\langle M_{RX} \rangle_{MAX}$ の値は、(式3)で与えられる偏心モーメント $M_E$ で推定可能である。そこで、偏心モーメント $M_E$ の値を現行の耐震診断基準<sup>[5]</sup>における偏心率 $R_{EK}$ と類似の形とするために、 $M_E$ を建物重量 $W$ と建物平面の対角線長さ $\sqrt{B^2 + L^2}$ で基準化し、(式4)の耐力偏心率 $R_{EQ}$ を定義している。

$$M_E = \sum_i Q_{yX} \cdot l_Y \quad \text{式 3}$$

$$R_{EQ} = \frac{M_E}{W \sqrt{B^2 + L^2}} = \frac{e_Q}{\sqrt{B^2 + L^2}} \cdot C_B \quad \text{式 4}$$

ここで、

- $Q_X$  : X方向構面iのせん断耐力
- $C_B$  : 建物のベースシア係数
- $e_Q$  : 耐力偏心距離で(式5)による。
- $B, L$  : 建物の辺長

$$e_Q = \frac{\sum_i Q_{yX} \cdot l_Y}{\sum_i Q_{yX}} \quad \text{式 5}$$

3. 耐力偏心率と重心位置での最大回転角の関係

3.1 最大偏心モーメントと最大回転角の関係 図1に最大偏心モーメント $\langle M_{RX} \rangle_{MAX}$ と重心位置での最大

回転角 $\theta_{MAX}$ の関係を示す。図1から、今回解析したケースに限れば、せん断部材が混在する建物においても最大偏心モーメント $\langle M_{RX} \rangle_{MAX}$ と最大回転角 $\theta_{MAX}$ の間にほぼ線形関係が成立していることがわかる。この事は最大偏心モーメント $\langle M_{RX} \rangle_{MAX}$ を推定することができれば、弾塑性地震応答における最大回転角 $\theta_{MAX}$ の大小関係を知ることができる事を示している。

3.2 最大偏心モーメントの推定方法 文献[3]において、最大偏心モーメント $\langle M_{RX} \rangle_{MAX}$ の値を(式3)の偏心モーメント $M_E$ で推定できることが示されている。この(式3)による偏心モーメント $M_E$ の値は、すべての構面が同時に最大耐力を発揮しているものと仮定して算定されるものである。しかしながら本論文で対象としている耐力低下を伴う建物の場合には各構面の応力と変形の関係が模式的には図2の形となり、(式3)を適用する際にどの時点での耐力を用いるかが問題となる。そこで本論文では次の3通りの方法を想定して(式3)により偏心モーメント $M_E$ を算出して耐力偏心率 $R_{EQ}$ を算

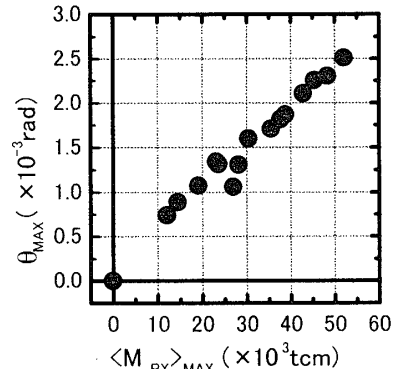


図1 最大偏心モーメントと重心の最大回転角の関係

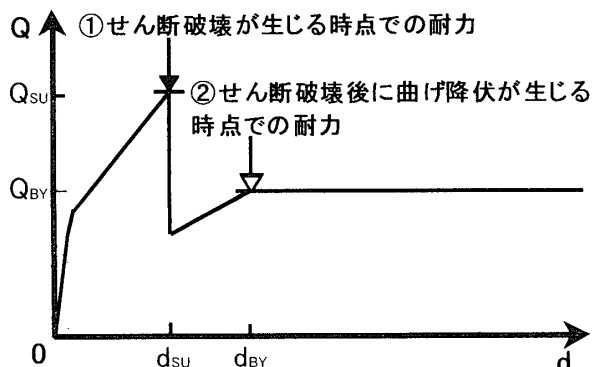


図2 構面の応力-変形関係

定し、時刻歴応答解析における重心での最大回転角  $\theta_{MAX}$  との対応関係を調べた。なお、偏心モーメントは X 方向構面耐力の重心でのモーメントであるので、構面②の耐力は偏心モーメントに寄与しない点に留意されたい。

**方法Ⅰ** すべての構面においてせん断破壊が生じる点での耐力(図2の①)を用いて偏心モーメントを算定

**方法Ⅱ** すべての構面において曲げ降伏が生じる点での耐力(図2の②)を用いて偏心モーメントを算定

**方法Ⅲ** 構面③においてはせん断破壊が生じる時点での耐力を用い、構面①では曲げ降伏が生じる時点での耐力を用いて偏心モーメントを算定

**3.3 耐力偏心率と重心での最大回転角の関係** 図3に各々の方法による最大偏心モーメントの推定値 ( $M_E$ ) と解析値 ( $\langle M_{RX} \rangle_{MAX}$ ) の関係を示す。図3において、まず (a) の方法Ⅰにおいては最大偏心モーメントの推定値と解析値の対応関係は最も悪く、推定値  $M_E$  は解析値を過小評価している場合が多い。次に (b) の方法Ⅱにおいては方法Ⅰと比べて推定値と解析値の対応関係が改善されているものの、図 (b) 中に○印で示しているケースでは対応関係が悪くなっている。最後に (c) の方法Ⅲでは最大偏心モーメントの推定値と解析値の対応関係が最も良い。これは、時刻歴応答解析において耐力

偏心が最大値になるのは構面①、②でせん断破壊により耐力低下が生じて構面③でせん断破壊が生じる直前であるという事を示している。

図4に各々の方法による偏心モーメント  $M_E$  より算定した耐力偏心率  $R_{EQ}$  と重心位置での最大回転角  $\theta_{MAX}$  の関係を示す。図4より明らかなように (c) の方法Ⅲによる耐力偏心率  $R_{EQ}$  が最大回転角  $\theta_{MAX}$  と最も良い対応関係を示している。

#### 4. まとめ

せん断破壊を生じる部材と曲げ破壊を生じる部材が混在する単層1軸偏心建物のねじれ応答の評価を、文献[3]による耐力偏心率を用いて試みた。その結果、せん断破壊による耐力低下を考慮して算定した耐力偏心率によって、(その1)の解析結果における重心での最大回転角の大小関係を概ね説明することができた。

**参考文献** [1]例えば、1968年十勝沖地震による八戸市立図書館の被害に関する考察、岡田 恒男、村上 雅也、宇田川 邦明、大沢 胖、田中 尚、日本建築学会論文報告集第167号、pp.47-58、1970年1月 [2]Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes, T.Takeda, M.A.Sozen, N.N.Nielsen, Journal of ASCE, pp.2557-2573, Dec. 1970 [3]鉄骨系架構が偏心配置された鉄筋コンクリート造骨組のねじれ応答性状に関する研究、日野 泰道、中埜 良昭、楠 浩一、日本建築学会関東支部研究報告集、pp.77-80、1999年3月 [4]ビルディングレター(1986.6)、日本建築センター [5]改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説、日本建築防災協会、1990年12月

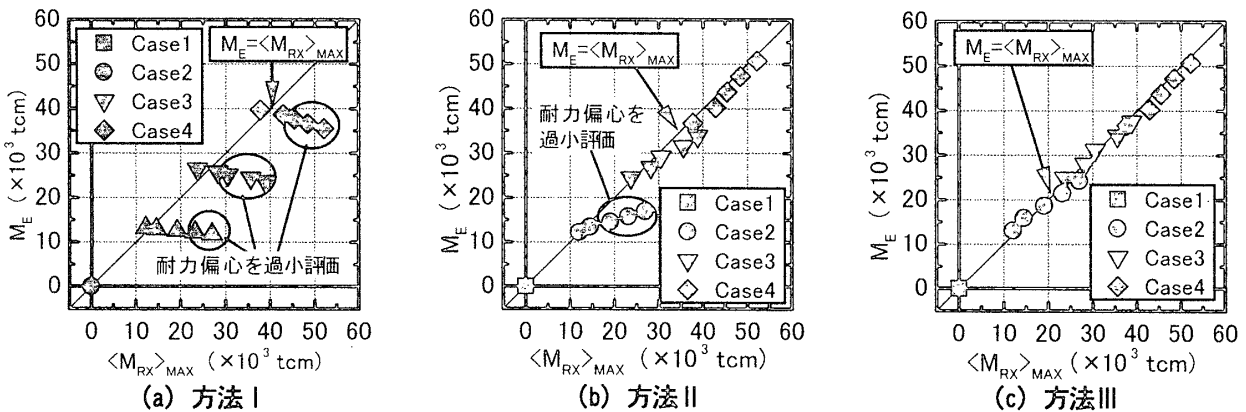


図3 最大偏心モーメントの推定値 ( $M_E$ ) と解析値 ( $\langle M_{RX} \rangle_{MAX}$ ) の関係

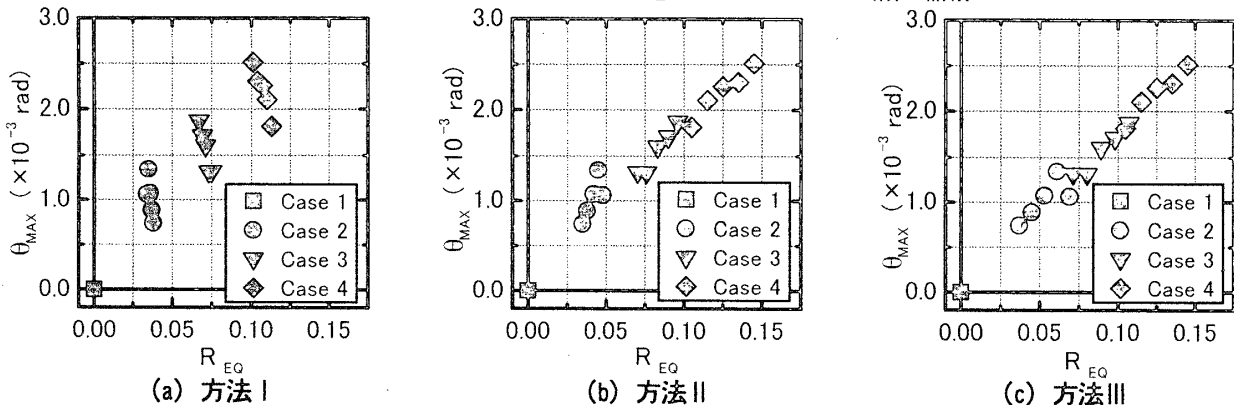


図4 耐力偏心率  $R_{EQ}$  と重心位置での最大回転角  $\theta_{MAX}$  の関係

\*1. 東京大学大学院工学系研究科 博士課程  
 \*2. 東京大学大学院工学系研究科 修士課程  
 \*3. 東京大学生産技術研究所 助手・博士(工)  
 \*4. 東京大学生産技術研究所 助教授・工博

Graduate student, Graduate School of Engineering, The Univ. of Tokyo, M. Eng.  
 Graduate student, Graduate School of Engineering, The Univ. of Tokyo  
 Research Associate, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr.Eng.  
 Associate Professor, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr.Eng.