

異なる縮約の方法による多層 1 軸偏心建物の応答推定精度の比較

正会員 ○藤井 賢志\*  
同 中埜 良昭\*\*  
同 真田 靖士\*\*\*

偏心建物 等価 1 自由度系 等価単層 1 軸偏心系  
非線形応答推定手法

1. はじめに

著者らは、前報<sup>[1]</sup>において一方向入力を受ける中低層の多層 1 軸偏心建物の簡便な非線形応答推定手法を提案した。この手法では、まず各構面において変位分布が同一でかつ線形・非線形領域を問わず一定と仮定して平面骨組の静的漸増載荷解析により多層 1 軸偏心系を等価単層 1 軸偏心系に縮約した後に等価単層 1 軸偏心系の静的漸増載荷解析により等価 1 自由度系に縮約する 2 段階の手順を採用している。この手法では、単層 1 軸偏心系の構面での応答変位の推定に関する知見<sup>[2]</sup>を利用できる等のメリットがあるが、多層 1 軸偏心系から立体多層骨組による静的漸増載荷解析により直接等価 1 自由度系に縮約する場合と比較して推定精度が低下するの否かについては議論の余地がある。本報告では各層の耐力分布を 2 通りに設定したせん断型の偏心建物モデルを用いて、縮約の方法による応答推定精度の違いについて検討する。

2. 解析諸元

2.1 解析建物モデル

解析対象は、図 1 に示す X 方向 4m×6 スパン、Y 方向 8m×1 スパンの矩形平面を持つせん断型 4 層建物モデルである。床の単位面積あたりの重量を 11.8kN/m<sup>2</sup>、階高 H を各階ともに 3.75m と仮定した。建物の降伏ベースシア一は、X、Y 方向ともに 0.5W (W: 建物総重量) とし、各層の弾性剛性および降伏耐力は X 方向と Y 方向で等しくなるように設定した。各層の降伏耐力分布は、(I) 逆三角形の外力分布に対して各層が一樣に塑性化する振動モード直線形モデル(Model-LM)、(II) (I) の Model-LM において、2 層以上の剛性・耐力を 1.5 倍にした最下層柔モデル(Model-SF)の 2 種類とした。各要素の降伏耐力は、加振方向 (Y 方向) にある耐震壁要素は 0.3V<sub>i</sub>(V<sub>i</sub>: i 層の降伏耐力)、純ラーメン要素 (7 要素) は 0.1V<sub>i</sub>、直交方向 (X 方向) 構面ではそれぞれ 0.5V<sub>i</sub>とした。各要素の復元力特性は図 2 のように仮定し、履歴特性としては曲げ破壊型の RC 造建物を想定して Takeda モデル<sup>[3]</sup>を用いた。減衰は瞬間剛性比例型とし、弾性 1 次モードに対して 3% と仮定した。表 1 に各モデルの弾性時における 1 次、2 次モードの固有周期および等価質量比を示す。表 1 より、各モデルの 1 次等価質量比 m<sub>1</sub><sup>\*</sup>は 0.667 と 0.708 となり、1 次モード応答が支配的であると推測される。

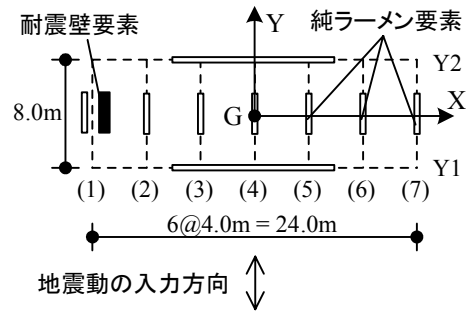


図 1 解析建物モデル

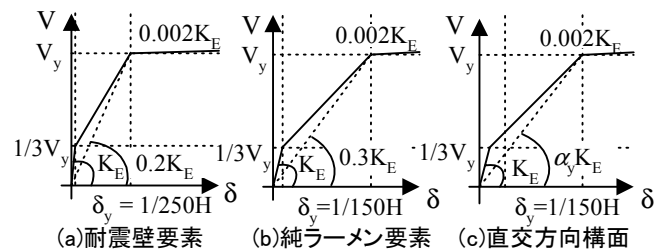


図 2 復元力特性

表 1 各モデルの固有周期と等価質量

	T <sub>1</sub> (s)	m <sub>1</sub> <sup>*</sup>	T <sub>2</sub> (s)	m <sub>2</sub> <sup>*</sup>
Model-LM	0.426	0.667	0.196	0.167
Model-SF	0.376	0.708	0.174	0.177

2.2 入力地震動

地震動は Y 方向からの 1 方向入力とした。入力地震動としては El Centro 1940NS, Taft 1952NS, Hachinohe 1968EW, Tohoku Univ. 1978NS, JMA Kobe 1995NS, Fukiai 1995NS の 6 記録における最初の 25 秒間を使用した。入力の大きさは、各々のモデルについて多自由度系の非線形時刻歴応答解析において最上階の最大重心変位が建物高さの 1/100 となるように設定した。

3. 等価 1 自由度系への縮約

本検討では、等価 1 自由度系の縮約方法として、(A)文献【1】の方法に従い、まず各構面での静的漸増載荷解析結果に基づき多層 1 軸偏心系を等価単層 1 軸偏心系に縮約した後に等価単層 1 軸偏心系の静的漸増載荷解析によって等価 1 自由度系に縮約する 2 段階の手順による場合 (Case (A)) と、(B)多層 1 軸偏心系の静的漸増載荷解析結果から直接等価 1 自由度系に縮約する場合 (Case

(B) の 2 ケースを設定した。なお、等価単層 1 軸偏心系 (Case (A)) および多層 1 軸偏心系 (Case (B)) の静的漸増載荷解析は文献【2】に示した 1 次モード形の変動を考慮した変位分布を強制させる方法によった。図 3 と図 4 に、各モデルでの等価 1 自由度系の等価加速度  $A_1^*$  - 等価変位  $D_1^*$  関係および最上階変位が建物高さの 1/100 の時点での各階重心の基礎からの相対変位および相対回転角の分布を示す。まず Model-LM では図 3 より Case(A)と Case(B)での  $A_1^* - D_1^*$  関係が完全に一致していることがわかる。一方、Model-SF については図 4 より  $A_1^* - D_1^*$  関係において Case(A)と Case(B)は大きく異なる。これは、Model-LM では Case(A)と Case(B)において強制させる変位分布が同一となるのに対して、Model-SF では Case(A)と Case(B)で強制させる変位分布が異なるためである。

#### 4. 各層層間変位・層間回転角の推定精度の比較

図 5 と図 6 に、各モデルの各層の重心での最大層間変位と最大層間回転角としての推定精度として、地震動 6 記録による多自由度系による結果と等価 1 自由度系による結果の比をとり、その平均および標準偏差を示す。図 5 より、Model-LM に関しては図 3 から容易に推察されるように Case(A)と Case(B)では推定精度は当然等しくなる。一方、図 6 より Model-SF においては、Case(A)では各層で推定精度が悪くなっているのに対し、Case(B)では最下層も含めて良好な推定結果となっている。これは、Case(A)において多層 1 軸偏心系から等価単層 1 軸偏心系への縮約に際して仮定した各構面の変位分布が、多自由度系の時刻歴応答解析での変位分布と異なるためである。

#### 5. まとめ

本検討では、多層 1 軸偏心系から等価 1 自由度系への縮約方法の違いによる応答推定精度への影響について検討した。その結果として、各層で概ね一様に塑性化する場合には多層 1 軸偏心系から等価単層 1 軸偏心系に縮約してから等価 1 自由度系に縮約する場合の応答推定精度は、多層 1 軸偏心系から直接等価 1 自由度系に縮約する場合と同程度となるが、特定層に変形が集中する場合には前者の手法は後者の手法と比べて推定精度が低下することを確認した。従って、文献【1】の方法では適用可能な建物が限定されるのに対し、多層 1 軸偏心系の静的漸増載荷より直接等価 1 自由度系に縮約する方法では適用範囲が広くより一般的な手法となる可能性がある。

#### 参考文献

【1】藤井 賢志, 中埜 良昭, 真田 靖士: 一方向入力を受ける多層 1 軸偏心建物の非線形応答評価手法, コンクリート工学年次論文集, Vol. 25, 現在投稿中, 【2】藤井

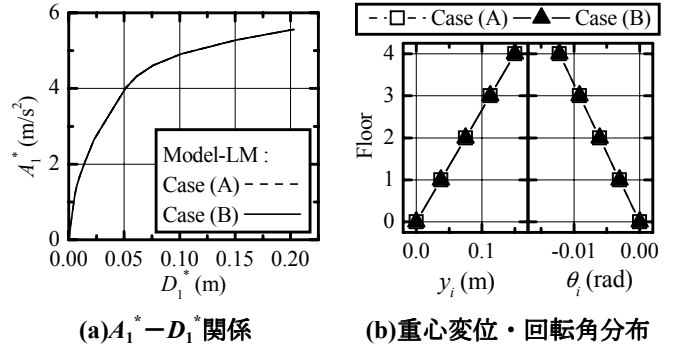


図 3 静的漸増載荷解析結果 (Model-LM)

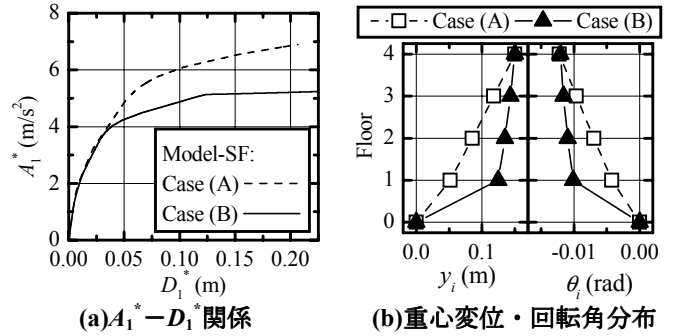


図 4 静的漸増載荷解析結果 (Model-SF)

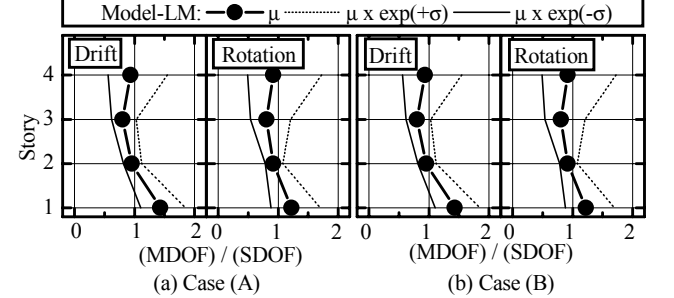


図 5 応答推定精度 (Model-LM)

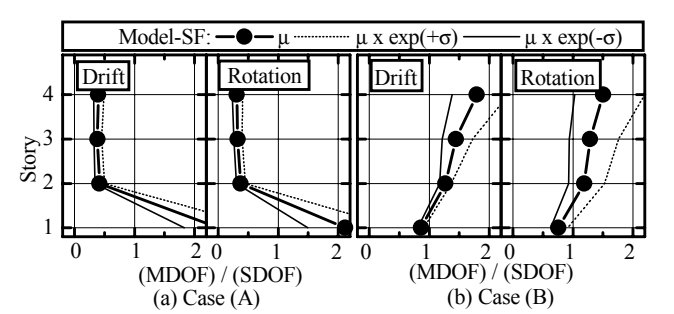


図 6 応答推定精度 (Model-SF)

賢志, 中埜 良昭, 真田 靖士: 単層 1 軸偏心建物の非線形応答評価における直交方向構面の剛性低下の影響, 構造工学論文集, Vol.49B, pp.221-234, 2003 年 3 月, 【3】Takeda, T. Sozen, M. P. and Nielsen, N. N.: Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes, Journal of Structural Division, Proceedings of the ASCE, pp. 2557-2573, 1970.12

\*東京大学生産技術研究所 研究機関研究員, 博 (工)  
\*\*東京大学生産技術研究所 助教授, 工博  
\*\*\*東京大学生産技術研究所 助手, 博 (工)

\*Post-doctoral Research Fellow, I.I.S. The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.  
\*\* Associate Professor, I.I.S. The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.  
\*\*\*Research Associate, I.I.S. The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.