

B-4

旧耐震基準で設計されたRC造ピロティ建物における層崩壊メカニズム
 Story Collapse Mechanism in RC Piloti-type Buildings Using Old Seismic Standards

○伊豆川瞬也¹, 田嶋和樹², 長沼一洋²
 Shunya Izukawa¹, Kazuki Tajima², Kazuhiro Nagamuna²

Abstract: This study aims to elucidate the mechanism of story collapse of RC buildings using old seismic standard and to develop a reinforcement method to prevent story collapse. Since many cases of story collapse of piloti-type buildings using old seismic standard have been reported in recent major earthquakes, axial failure of columns and redistribution of axial forces in piloti-type buildings are investigated through numerical analysis.

1. はじめに

地震大国である日本では、これまで何度も耐震規定が改定されてきた。1971年の帯筋規定の改定や、1981年の保有水平耐力計算の導入は、建物の耐震性能を大きく向上させ、1981年以前の建物を旧耐震基準建物、以降を新耐震基準建物と区別した。1995年の兵庫県南部地震や2016年の熊本地震では、旧耐震基準で設計された鉄筋コンクリート(以下、RC)造ピロティ建物の層崩壊の事例が報告されており、旧耐震基準建物の迅速な耐震補強が求められている。本研究では、1971年以前に建てられた旧耐震基準建物の層崩壊を防ぎ、住人や建物利用者の人命を守るための耐震補強方法の構築を目標としている。基礎段階として、建物の終局耐力後の層崩壊メカニズムの解明を試みる。

2. 旧耐震基準RC造ピロティ建物の構築

1971年以前の旧耐震基準ピロティ建物を想定した解析モデルを構築した。Fig.1に解析モデルの概要を示す。コンクリート強度は 13.5N/mm^2 、鉄筋の降伏強度は 235N/mm^2 とし、帯筋間隔は 300mm とした。Y1, Y3構面の2,3層には腰壁を設け、1層をピロティ架構とした。解析には数値解析コードOpensees¹⁾を用いた。柱梁は、ファイバー要素、基礎及び柱梁接合部は剛体要素とし、スラブは剛床仮定とした。腰壁はトラス要素によりブレース置換した。Fig.2にサブ要素の復元力特性を示す。柱には、せん断破壊挙動を再現するためのせん断サブ要素²⁾、丸鋼主筋の抜け出し挙動を再現するための接合部サブ要素²⁾、せん断破壊後の軸力低下挙動を再現するための軸力バネ³⁾を挿入した。軸力バネは、柱軸力と軸限界状態曲線の位置関係から軸破壊点の検出を行い、軸バネの最大軸力を決定する。その後は、軸限界状態曲線上に乗るように水平変形に応じて軸力を低下させ、軸力低下に伴う軸圧縮変形を与えることで軸抵抗の喪失挙動を再現する。

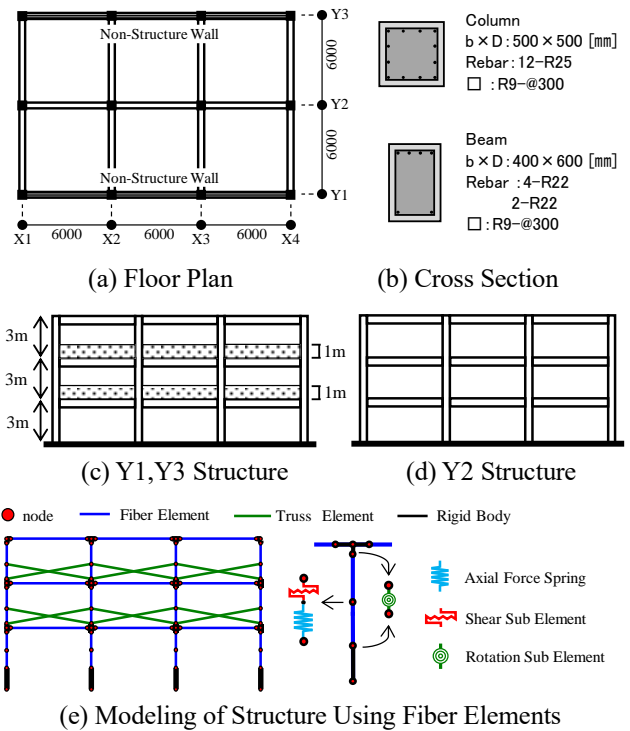


Fig.1 RC Pilotis Building Using Old Seismic Standard

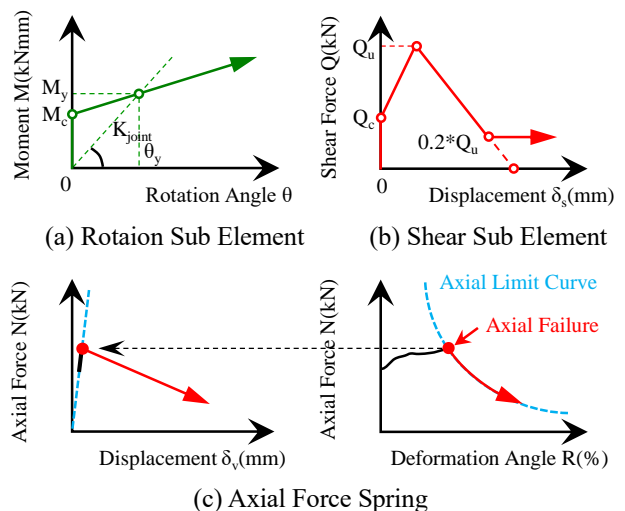


Fig.2 Restoring Characteristics of Sub-Elements

1 : 日大理工・院(前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

3. 動的プッシュオーバー解析結果

載荷方法は、1gal/0.01sの動的プッシュオーバーとした。Fig.3に変位図を示す。剛性の低い1層に変形が集中し、せん断破壊及び軸破壊によって層崩壊に至っていることが分かる。Fig.4に旧耐震基準のピロティ建物と、それから腰壁を取り除いた基準建物のベースシア-1層層間変形角関係を示す。基準建物は、一般的なRC造建物における安全限界変形角2%付近で最大耐力に達しているのに対して、ピロティ建物は、安全限界変形角2%以前から急激にせん断耐力を喪失していることがわかる。このことから、旧耐震基準においてピロティ建物は純骨組建物よりも脆性的な破壊に至りやすいと考えられる。

4. 層崩壊メカニズムの検討

Fig.5に各柱の軸力及びせん断力の解析結果を示す。層間変形角1.8%付近でX2, X3構面の柱がせん断破壊するとX1, X4構面が受けていた変動軸力が減少し、初期軸力に戻る挙動が見られた。これは、柱のせん断破壊によって柱頭柱脚に掛る曲げモーメントが減少し、梁に掛るせん断力が減少したことが要因と考えられる。次に、層間変形角2.2%付近で初期軸力の大きかったY2構面のX2, X3の柱が軸限界状態曲線に達し、軸破壊した。その後、Y2構面のX2, X3の柱が喪失した軸力は、軸破壊を起こしていない隣接する柱へ再分配された。Y2構面のX1柱はせん断破壊による変動軸力の減少によって、軸力が増加している最中に、軸力が再分配されたため他の柱に比べて、急激な軸力増加に至った。次に、層間変形角3%付近で、最初の軸破壊によって軸力が再分配されたY1, Y3構面のX2, X3柱、Y2構面のX1, X4柱が軸破壊に至り、残るY1, Y3構面のX1, X4柱に急激に軸力が再分配された。最終的にはすべての柱で軸破壊が起こり、建物の自重を支えることが出来ず、層崩壊に至った。

5. まとめ

旧耐震基準ピロティ建物は1層に変形が集中することで、層崩壊に至りやすく、同じく旧耐震基準で設計された純骨組建物に比べ脆性的であることが分かった。柱のせん断破壊による変動軸力の減少で、軸力が再分配されることを確認した。建物の層崩壊は1本の柱の軸破壊を起点とし、隣接する柱への軸力の再分配が行われ、柱が連鎖的に軸破壊することが要因と考えられる。今後は、軸力の再分配における梁の曲げ剛性や柱の軸剛性の影響についても検証し、旧耐震基準建物の層崩壊を防ぐために必要な耐震診断方法や耐震補強方法について検討していく。

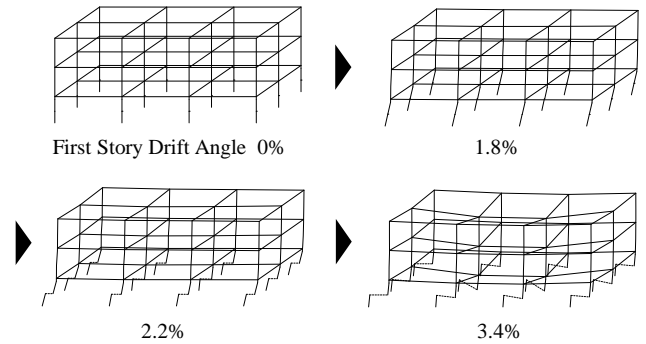


Fig.3 Displacement Diagram

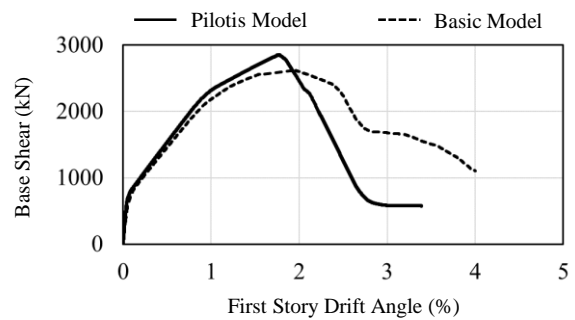


Fig.4 Q-δ Relationships

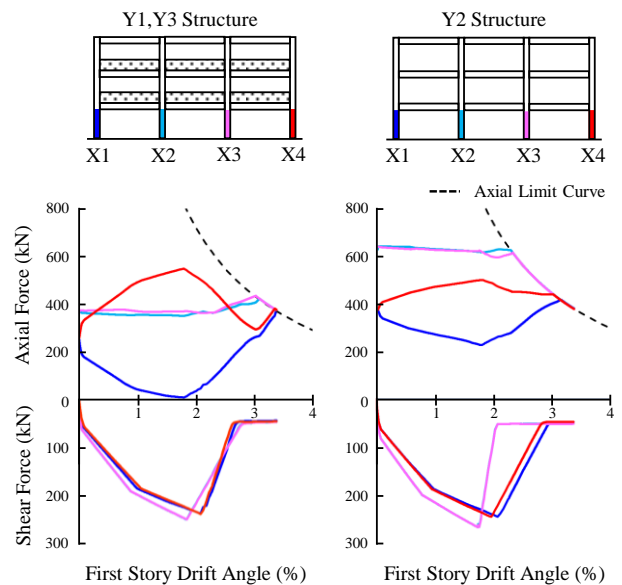


Fig.5 Pushover Analysis Results

参考文献

- [1] Open System for Earthquake Engineering Simulation – Home Page, <http://opensees.berkeley.edu/>
- [2] 田嶋和樹, 他: 脆性部材の破壊がRC造骨組の耐震性能に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.2, pp.337-342, 2012
- [3] 蓮池類, 他: RC骨組の局所損傷に起因する層崩壊メカニズムの解明(その3)軸力低下バネを考慮した層崩壊シミュレーション, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.395-396, 2019