

レンガ壁付き 3 層 RC 造骨組の耐震性能評価に関する解析的検討
 (その 2) ファイバー解析による静的および動的挙動の把握

Analytical Study on Seismic Capacity Evaluation of 3-story RC Frame with Infilled Masonry Wall
 – Challenge to Blind Prediction Contest "FRAMA-2015" –
 (Part2) Predictions of Static and Dynamic Response by Fiber Analysis

○小川慶一郎¹, 佐藤亮介², 田嶋和樹³, 長沼一洋³, 白井伸明³

* Keiichiro Ogawa¹, Ryosuke Sato², Kazuki Tajima³, Kazuhiro Naganuma³, Nobuaki Shirai³

Abstract: In Part 2, seismic capacity of the 3-story RC frame with masonry walls was investigated by the fiber analysis. The skeleton curve of the masonry walls derived in Part 1 was applied to the fiber analysis. The pushover analysis suggests that the RC framed specimen may fail in the collapse of first story. According to the results by the earthquake response analysis, it seems that the fracture of masonry walls may govern the overall behavior of the RC framed specimen.

1. はじめに

前報(その1)では、レンガ壁に対する FEM 解析を通じて復元力特性を得た。本報(その2)では、得られた復元力特性を用いて、レンガ壁付き RC 造骨組に対するファイバーモデルを構築した。プッシュオーバー解析および地震応答解析の結果を報告する。

2. 解析モデルの概要

Fig.1 に解析モデルの概要を示す。解析には、数値解析コード OpenSees¹⁾を用いた。柱はファイバー要素でモデル化し、断面を 16×12 分割した。また、梁は BeamWithHinges 要素でモデル化し、断面を 12×16 分割した。このとき、スラブの有効幅としてスラブ長さの 0.1 倍を付加している。Fig.2 にレンガ壁のモデル化の詳細を示す。壁は柱と梁で置き換え、梁は開口部を除き剛体とした。Case1 では、柱部分の両端に軸力と曲げを考慮するためファイバー要素、中央寄りの両端に軸力だけを考慮するためトラス要素を用いた。また、せん断破壊が先行することが想定されるので、中央部にはせん断サブ要素を組み込んでモデル化した。Case2 では、中央に開口があるため、開口部の柱部分をトラス要素、梁部分をファイバー要素でモデル化した。

Fig.3 にコンクリートおよび鉄筋の応力度(σ)–ひずみ度(ε)関係を示す。コアコンクリートに対しては、Mander²⁾の拘束効果を適用した。鉄筋は Bi-Linear 型とし、降伏後の二次勾配は初期剛性の 1/1000 とした。Fig.4 にせん断サブ要素に付与した復元力特性を層ごとに示す。せん断サブ要素には、前報(その1)で得られたレンガ壁の復元力特性を採用しており、軟化後の耐力を 20kN で一定としている。

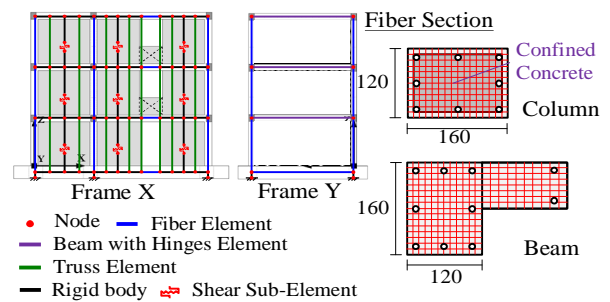


Fig.1 Modeling of Frame by Fiber Elements

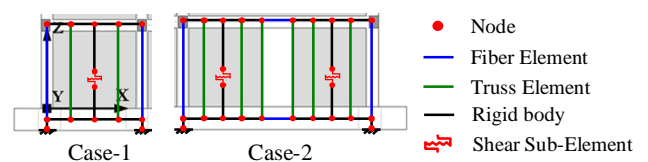


Fig.2 Modeling of Masonry Wall by Fiber Elements

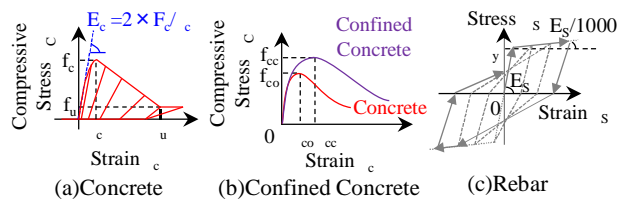


Fig.3 - Relationships

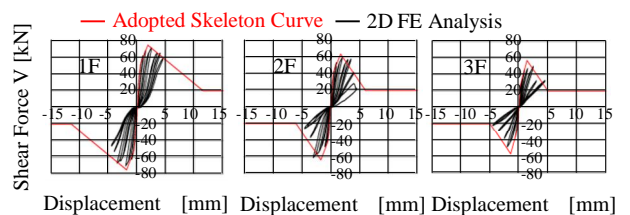


Fig.4 Shearing Force-Deformation Relation for Sub-Elements

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・院(前)・建築 3 : 日大理工・教員・建築

3. 解析結果

3. 1. プッシュオーバー解析

全面にレンガ壁を有する X 方向について、基礎固定としてプッシュオーバー解析を行った。水平力分布は A_i 分布に基づき算定した。Fig.5 に解析から得られた層せん断力(V)–層間変形角(R)関係を示す。層せん断力は、1 層が約 520kN で最大となり、1 層に対して 2 層は約 3/4 程度となった。これは軸力の影響である。また、3 層は約 1/2 の値で最大となったが、最大耐力には到達せず、除荷に向かっている。また、ポストピーク挙動に着目すると、1 層が最大耐力に到達した後、層間変形角の増大とともに耐力低下が進行した。一方、2 層は最大耐力到達後、耐力低下が進行するものの、途中で除荷に向かっている。3 層は前述したとおり、最大耐力到達前に除荷に向かっている。これより、本試験体は 1 層の層崩壊を示すと考えられる。

3. 2. 地震応答解析

地震応答解析は、積分法として Newmark の β 法を用い、時間刻み 0.005 秒で行った。Fig.6 に入力地震動を示す。入力地震動は、1 方向記録とし、1979 年のモンテネグロ地震の記録波を 0.1, 0.5, 1.0g で基準化した地震波をそれぞれ Low (0~13.970 秒), Medium (13.970~33.955 秒), High (33.955~56.915 秒) とし、連続した地震波として入力した。Fig.7 に試験体のモードごとの固有周期の解析結果を示す。二次モードが X 方向並進モードである。Fig.8 に地震応答解析から得られたせん断力(V)–変形角(R)関係を示す。Low の最大変形角は 0.01%, 最大耐力は 72kN, Medium の最大変形角は 0.07%, 最大耐力は 321kN, High の最大変形角は 0.26%, 最大耐力は 501kN である。Low ではまだ入力地震動が小さいため弾性範囲に収まるが, Medium では一部塑性化が生じていると考えられる。また, High では, 履歴性状が二つのループに大別でき, Medium の延長である剛性の大きいループが耐力低下を起こし変形が大きくなったことで, 剛性の小さなループに移行したことがわかる。これはレンガ壁が破壊に伴って軟化域に入ったためである。また, ループ面積が小さいことからエネルギー吸収能力は低いと考えられる。

4. まとめ

レンガ壁付き 3 層 2 スパン RC 造骨組に対してファイバーモデルを構築し、プッシュオーバー解析および地震応答解析を実施した。その結果、骨組は 1 層で層崩壊する可能性が高く、レンガ壁の破壊が骨組全体の動的挙動に及ぼす影響が大きいことを確認した。

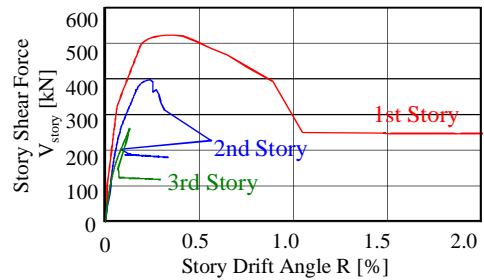


Fig.5 Calculated Result by Pushover Analysis

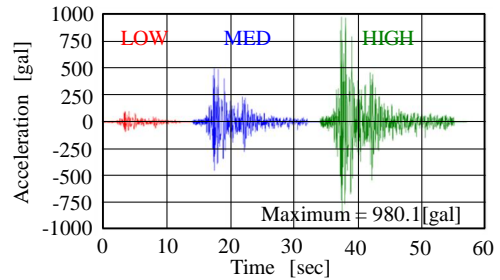


Fig.6 Input Acceleration Time History

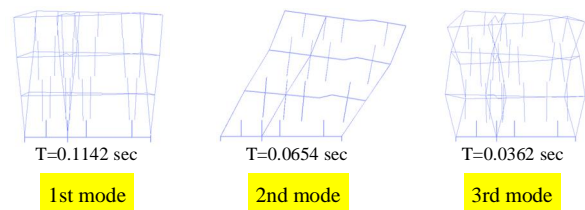


Fig.7 First Three Modes by Eigenvalue Analysis

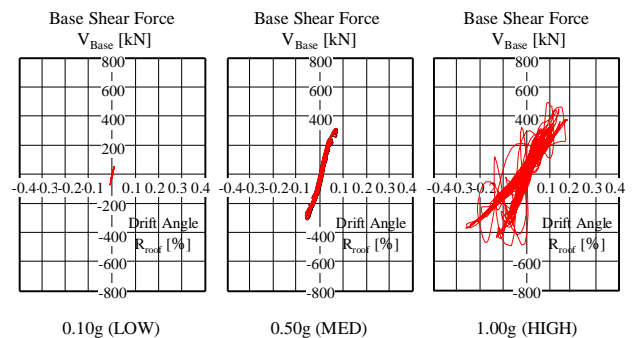


Fig.8 Dynamic Base Shear-Drift Angle Responses

今後はFRAMA-2015の委員会から報告される材料試験結果およびレンガ壁の部分的な実験結果に基づいて、より詳細な検討を行っていく予定である。

5. 参考文献

- 1) Open System for Earthquake Engineering Simulation Home Page, <http://opensees.berkeley.edu/>
- 2) J.B.Mander: σ Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Journal of Structural Engineering, Vol.114, No.8, pp.1804-1826, 1988.8