

B-21

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 1) 試験体概要およびレンガ壁の復元力特性

Analytical Study on Seismic Capacity Evaluation of 3-story RC Frame with Infilled Masonry Wall
— Challenge to Blind Prediction Contest "FRAMA-2015"—

(Part1) Outline of Framed Specimen and Evaluation of Cyclic Shear Behavior of Infilled Masonry Wall

○赤井冬来¹, 田嶋和樹², 長沼一洋², 白井伸明²*Fuyuki Akai¹, Kazuki Tajima², Kazuhiro Naganuma², Nobuaki Shirai²

Abstract: In Part 1, the objective of this study is described and the characteristics 3-story RC frame specimen to be tested are summarized. At this time, it is difficult to model nonlinear behaviors of the masonry walls used in this specimen (on the basis of previous related works). For the static and dynamic analysis by means of the fiber method, at least, a simplified skeleton curve and hysteretic loop for shear behaviors of the masonry wall units are required. In order to predict cyclic shear behaviors of the masonry wall units under different level of axial forces, the nonlinear FE analyses were conducted. The skeleton curve for shear force-deformation curve was derived from the results of FE analysis and the hysteretic loop was assumed to be an origin-oriented type.

1. はじめに

Frama-2015 国際ベンチマーク¹⁾では、レンガ壁を内蔵した鉄筋コンクリート (以下, RC) 造骨組システムの安全性および挙動を確認することを目的として、縮小試験体に対する振動台実験を実施し、国際的な数値解析のコンペを実施している。筆者らは、これまでに蓄積してきた RC 造骨組に対する数値解析技術の検証を行うとともに、新たにレンガ壁に対する数値解析技術の獲得を目指し、本コンペに参加している。

本報では、設計時の諸データに基づくブラインド解析の結果について報告する。数値解析の全体計画は、マクロモデルとしてファイバー解析に基づく骨組解析を実施するとともに、別途マイクロモデルとして 3 次元非線形 FEM 解析を実施し、両者の結果を比較検討しながら数値解析モデルを構築する方針である。本報 (その 1) では、解析対象であるレンガ壁付 RC 造骨組試験体の概要を述べるとともに、レンガ壁に対する 2 次元非線形 FEM 解析を通じて、レンガ壁の数値解析モデルの構築ならびに復元力特性の獲得を試みる。

2. レンガ壁付 RC 骨組試験体の概要

試験体写真を Photo.1 に示す。試験体は、1/2.5 スケールに縮尺した桁行方向 2 スパン、梁間方向 1 スパンのレンガ壁付 3 層 RC 造骨組である。桁行方向は全長 4000mm であり、全面にレンガ壁を有する。梁間方向は全長 2320mm であり、中柱の位置のみ 3 層全てにレンガ壁を有している。また、実大スケールの場合と単

位体積重量を対応させるため、試験体の 2 階床、3 階床および屋根床の上面に付加質量を積載する。

3. レンガ壁に対する解析モデル

ファイバー解析において用いる壁のせん断バネの復元力特性を算定するためにレンガ壁に対する 2 次元非線形解析を行う。Fig.1 にモデル図を示す。レンガは、4 節点平面応力要素とし、固定ひび割れモデルを採用した。目地部は、充填モルタルを含めて 4 節点アイソパラメトリック接合要素とした。また、RC 骨組に囲まれたレンガ壁が隣接する柱や梁から曲げ変形の拘束を受けることを想定し、レンガ壁の両端に RC 柱の主筋と同じ断面積のトラス要素を配することによって曲げ変形の拘束を再現した。



Photo.1 Configuration of Framed Specimen

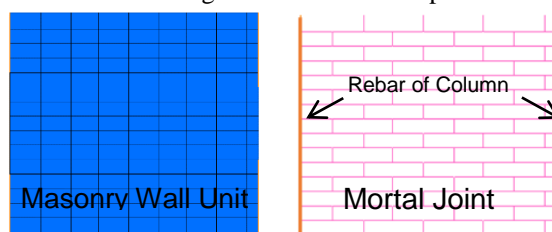


Fig.1 Finite Element Mesh Division of Masonry Wall Unit

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・教員・建築

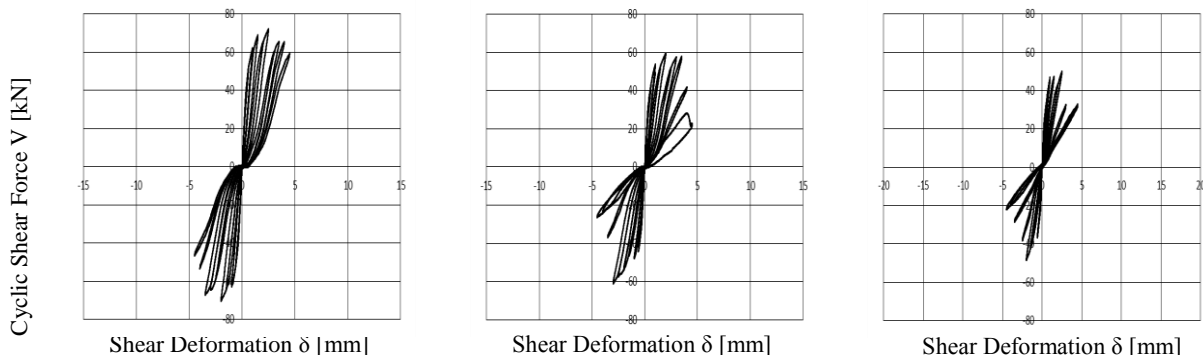


Fig.3 Cyclic Shear Force-Shear Deformation Curves

3. 1. レンガの材料特性のモデル化

レンガは中空であり，無配筋である．引張側の上昇域は，弾性とし，下降域は土木学会コンクリート標準示方書²⁾の式を採用し，破壊エネルギーは 0.018N/mm とする．圧縮側は，修正 Ahmad モデルを採用した．圧縮強度は， 10N/mm^2 ，その時のひずみは 2000μ である．せん断伝達特性は，上昇域を弾性とし，下降域に Al-Mahaidi モデルを用いた．また，初期剛性は 7000N/mm と仮定した．

3. 2. モルタルの材料特性のモデル化

Fig.2 にモルタルの材料特性を示す．モルタルの初期剛性は，圧縮および引張ともに同じ値とし，既往の解析例³⁾に従い， 83.0N/mm^3 とした．また，圧縮モデルの第 2 勾配は，初期剛性の $1/10$ と仮定し，レンガ強度到達後は圧縮強度を一定に保持するものとした．引張強度および破壊エネルギーについても既往の解析例³⁾に示されている値に従い決定した．

3. 3. 载荷概要

レンガ壁の復元力特性は，軸力の大きさによって変化すると考えられる．そこで，各階のレンガ壁に加わる軸力をパラメータとして， $100\text{kN}(1\text{F})$ ， $72\text{kN}(2\text{F})$ および $44\text{kN}(3\text{F})$ の 3 パターンについて解析を行った．なお，軸力はレンガ壁上辺に等分布荷重として载荷する．また，水平方向に正負 0.4kN ， 0.8kN ， 0.3mm ， 0.6mm ， 1.0mm ， 1.5mm ， 2.0mm ， 2.5mm ， 3.0mm ， 3.5mm ， 4.0mm ， 4.5mm と計 12 サイクルを载荷する．

4. 解析結果

Fig.3 に FEM 解析から得られたせん断力(V)－変位(δ)関係を示す．3 パターンとも変位 2mm 程度で，最大耐力に達している．また，最大耐力および靱性能ともに，軸力が大きくなるほど大きくなるという傾向がある．その結果として，軸力の増大に伴い，履歴吸収エネルギー量も大きくなった．履歴曲線は，正負対象かつ原点指向型の履歴となり，エネルギー吸収能力が低い耐力壁の特徴を正確に示している．

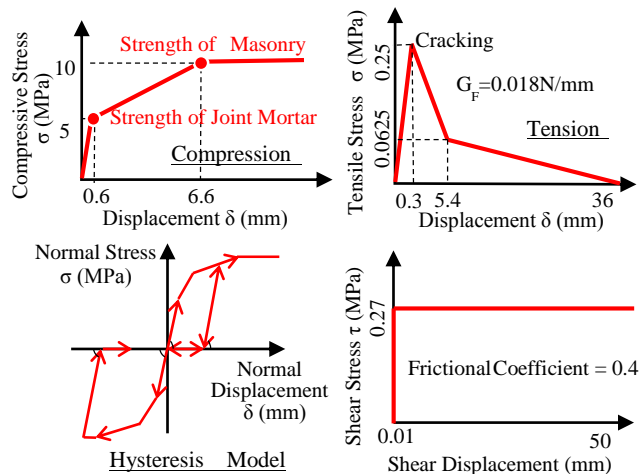


Fig.2 Mechanical Property of Joint Element

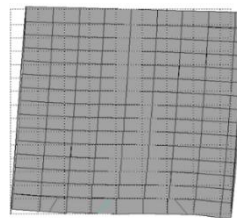


Fig.4 Deformed Configuration at Maximum Strength

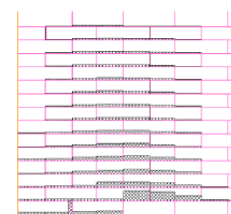


Fig.5 Slip Displacement Along Mortar Joint at Maximum Strength

Fig.4 に最大耐力時の破壊モード図を示す．レンガ壁下部にひび割れが発生した．その後，下部のひび割れの伸展に加え，レンガ壁上部に発生したひび割れによって，耐力が低下した．Fig.5 に最大耐力時におけるライン要素のすべり変位図を示す．損傷が集中する下部においてすべり変位が大きくなっている．

5. まとめ

レンガ壁に対する数値解析モデルを構築し，耐力壁の特徴である原点指向型の履歴形状など，実現象に近い挙動と復元力特性を予測できた．

6. 参考文献

[1] Framed-masonry Composites for Modeling and Standardization:Frama-2015 International Benchmark
 [2] 土木学会:コンクリート標準示方書 設計編, 2012
 [3] Van Zijl, G. P. A. G.etal, Modelling shear-compression in masonry. In Proc. 9th Canadian Masonry Symposium