

エルサルバドルにおいて実施された枠組積造壁の 構造実験に対する FEM 解析

国際地震工学センター 主任研究員 諏訪田 晴彦

I はじめに

建築研究所では、2014 年から中南米諸国を対象とした研修事業「中南米建物耐震技術の向上・普及コース」を開始し、JICA プロジェクトを通じてエルサルバドルに供与された実験施設を利用して、枠組積造壁を対象とした構造実験を実施することを研修カリキュラムに盛り込んでいる。枠組積造壁はレンガ壁の周辺を小断面の RC 造柱梁フレームで拘束した構造形式であり、中南米諸国の建築物に広く利用されているが、耐震性能評価法を確立するための構造実験データの蓄積が必ずしも十分ではない上に、実験データを補完する上で有力な解析ツールの確立に向けた検討も不足している。本研究では、中南米諸国における枠組積造の耐震性能評価法の向上に資する解析ツールを確立することを目的として、研修を通じて得られた貴重な構造実験データに対して FEM 解析の適用性を検討する。

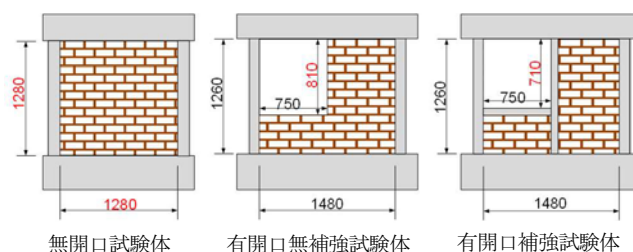


図1 検討対象試験体の形状・寸法

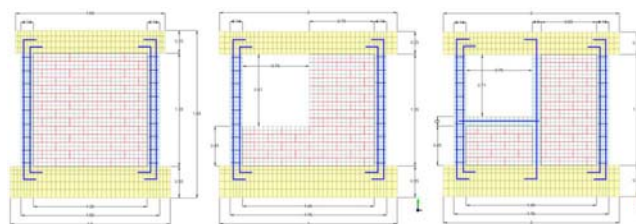


図2 FEM 解析の要素分割図

II 検討対象

本研究で検討対象とした試験体の形状・寸法を図1に、FEM 解析における要素分割を図2にそれぞれ示す。検討対象試験体は開口部のない試験体（以下、無開口試験体）、偏在開口を設け、開口部周辺に RC 補強部材がない試験体（以下、有開口無補強試験体）および偏在開口を設け、開口部周辺に RC 補強部材がある試験体（以下、有開口補強試験体）の3体である。壁の厚さは 140mm、RC 側柱の断面は 140mm×140mm、開口部周辺の RC 補強部材の断面は 140mm×100mm である。柱の配筋は主筋が 4-φ9.5mm、帯筋が 2-φ6mm@150mm であり、開口部周辺の RC 部材の配筋は主筋が 2-φ9.5mm、帯筋は 1-φ6mm@150mm である。FEM 解析には汎用 FEM プログラム DIANA を使用し、コンクリートとレンガは 4 節点平面応力要素、レンガ間のモルタル目地はインターフェース要素（本検討では線形弾性を仮定）、鉄筋は埋込鉄筋要素によってモデル化した。材料構成則は、組積体部分（レンガ+目地モルタル）の破壊条件には、レンガと目地モルタルを分離せず、力学挙動

を平均化した連続体として扱う Rankin-Hill モデルを採用し、応力-ひずみ関係には Lourenco-Rots モデルを採用した。コンクリートの破壊条件には、Hsieh-Ting-Chen モデル（4パラメータモデル）を採用し、応力-ひずみ関係には、Feenstra の放物線モデル（圧縮域）および Hordijk モデル（引張域）を採用した。

III 結果と考察

実験および FEM 解析から得られた全試験体のせん断力-水平変位関係の比較を図3に、有開口無補強試験体の最終破壊性状の比較を図4に、せん断力-水平変位関係の解析値のみの比較を図5にそれぞれ示す。図3に示したように、最終破壊（最大耐力以降の耐力低下域）まで実験データが得られているのは、有開口無補強試験体の正側載荷のみであり、無開口試験体および有開口補強試験体については、実験値に対する解析精度を検証できない。そこでここでは、有開口無補強試験体についてのみ解析精度を検討し、開口の有無や開口部周辺の RC 補強部材の有無が耐震性能に及ぼす影響については解析値のみの結果

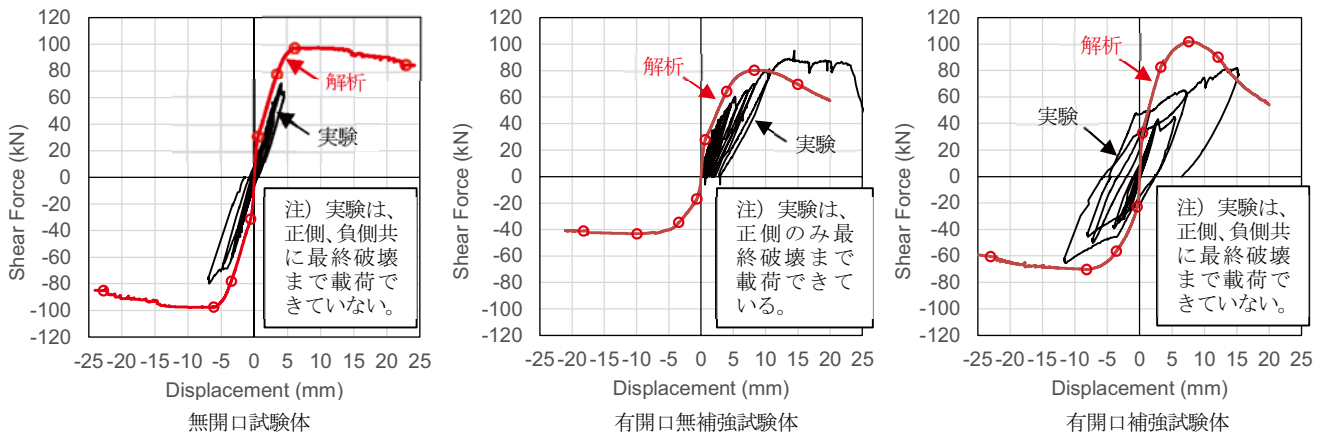
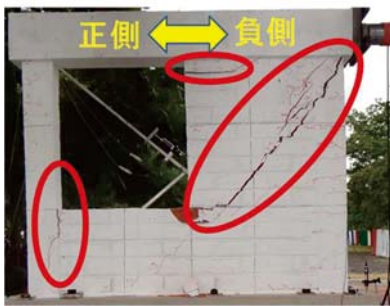
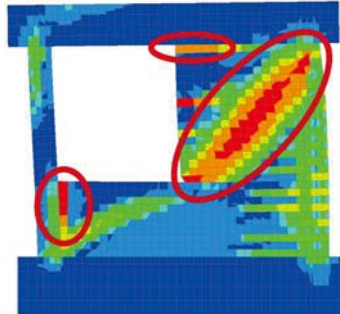


図3 全試験体のせん断力-水平変位関係



実験における損傷状況



解析における引張主ひずみコンター

図4 有開口無補強試験体の最終破壊性状

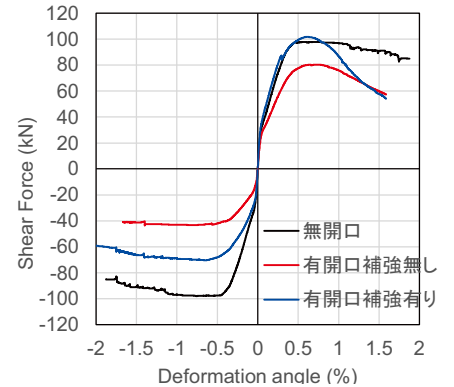


図5 解析結果の比較

に基づいて考察する。

図3中の有開口無補強試験体の正側荷重におけるせん断力-水平変位関係について実験と解析を比較すると、最大耐力は概ね一致しているが、変形性能(最大耐力時の水平変位)については、解析が実験を過小評価(安全側に評価)している。なお、図4に示す最終破壊性状の比較では、解析が実験を良好に再現している。

図5に示すせん断力-水平変位関係の解析値のみの比較を見ると、開口を設けることによる剛性および耐力の低下の度合いは正側荷重に比べて負側荷重で顕著となっている。また、開口部周辺にRC補強部材を設けることによって、正側荷重および負側荷重ともに剛性や最大耐力が大幅に改善している。

以上の検討結果を総合的に考察すると、本検討で設定した解析モデルによれば、枠組積造壁の基本的な耐震性能を概ね良好に評価できるものと考えられる。

IV まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめて示す。

- (1) 最終破壊までの実験データが得られている有開口無補強試験体の正側荷重における実験値と解析値を比較した結果、破壊性状および最大耐力は概ね一致し、変形性能については解析値が実験値を過小評価(安全側に評価)した。
- (2) 無開口試験体および有開口補強試験体は、最終破壊までの実験データが得られておらず、破壊性状、最大耐力、変形性能に関して実験値と解析値の比較検討が行えなかったが、解析値を比較した結果、開口を設けることによる剛性、耐力の低下性状や開口部周辺にRC補強部材を設けることによる剛性、耐力の改善効果が明確に表れていた。

参考文献

- 1) Lourenço, P. B. Computational Strategies for Masonry Structures. PhD thesis, Delft University of Technology, 1996.
- 2) Hsieh, S., Ting, E., and Chen, W. A.: Plasticity-Fracture Model for Concrete. International Journal of Solids and Structures 18 (1982), pp.181-197
- 3) Feenstra, P. H.: Computational Aspects of Biaxial Stress in Plain and reinforced Concrete. PhD thesis, Delft University of Technology, 1993
- 4) Hordijk, D. A.: Local Approach to Fatigue of Concrete. PhD Delft University of Technology, 1991