

建築研究資料

Building Research Data

No. 205

April 2022

水平力を受ける組積造壁の強度と変形 —既存の実験データの分析—

STRENGTH AND DEFORMATION OF MASONRY WALLS
SUBJECTED TO LATERAL FORCES

—Review of Existing Test Data in Japan and Overseas—

菅野 俊介, 大塚 悠里, 小豆畑 達哉
Shunsuke SUGANO, Yuri OTSUKA, Tatsuya AZUHATA

国立研究開発法人 建築研究所

Published by
Building Research Institute
National Research and Development Agency, Japan

国立研究開発法人建築研究所、関係機関及び著者は、読者の皆様が本資料の内容を利用することで生じたいかなる損害に対しても、一切の責任を負うものではありません。

はしがき

レンガやコンクリートブロックを積み上げて構築される組積造は、世界で最も一般的に使用されている建築構造方法の一つである。歴史的な建築物から一般の住宅に至るまで数多くの組積造建築物が建設されている。一方、我が国においては、1923年の関東大震災において西洋の建築様式を取り入れた組積造の建築物が大きな被害を被ったこと、あるいは、伝統家屋において木造が主流であったこと等により、組積造はそれほど一般的に普及しているとは言い難い。

開発途上国においては、現在、なお、我が国の先端的な耐震工学に関する知見、技術の移転に対する強い要望がある。このような知見、技術の移転に当たっては、開発途上国で一般的な組積造建築物への適用性、又は、適用方法が、しばしば重要な検討課題となる。そのためには、組積造の構造特性に係る情報が必要不可欠となるが、我が国においては補強組積造等、一部の組積造を除き、これらの情報が不足しているのが現状である。

そこで、建築研究所では、国際地震工学研修の充実、普及を主な目的とした研究課題「開発途上国の現状に即した地震・津波に係る減災技術及び研修の普及に関する研究」（平成30年度～令和3年度）を立ち上げ、その中で組積造壁の構造特性を調査することとした。すなわち、世界で主流となっている一定の耐震性を有する組積造壁の構造形式を網羅した上で、これらの構造形式毎に、強度・変形に係る実験データを文献調査により収集し、これらを回帰分析して導かれる回帰式や既往の評価式をもとに組積造壁の強度・変形を推定して、組積造の構造的な特性を明らかにすることにした。本書は、この結果を取りまとめたものである。なお、アドベ造等のいわゆるノンエンジニアドな組積造は検討対象に含めていない。

このような回帰分析等に基づく分析結果は、鉄筋コンクリート造の場合と比較して示しており、組積造壁の特性を鉄筋コンクリート造と比較して把握できるようにしている。また、組積造壁の構造形式毎の特性の違いや強度・変形の回帰式の精度も、本書において明らかにしている。これらの結果を活用することで、組積造壁を用いた建築物への既往の耐震技術の応用、展開が期待される。本書では、このような活用例として、耐震診断への本分析結果の適用方法が示されている。

なお、本書で収集した実験データについては、補強組積造に関する日米共同大型耐震実験研究（昭和59年度～昭和63年度）等により、過去に建築研究所で実施された組積造壁の実験結果も含めている。また、構造実験データベースをエクセル形式で建築研究所国際地震工学センターのホームページで公開し、組積造壁に関する他の研究開発や各種評価式の検証等にも使用できるようにしている。

本書のように、世界で主流な組積造壁の構造形式を網羅した上で、耐震性評価に必要な強度、変形に係る実験データを整理分析し、各種組積造壁の特性を比較検討した事例は世界的にみて他に例がなく、組積造壁に関するグローバルで貴重な技術資料となっている。

組積造は、施工性、経済性あるいは意匠性から見ても、大変、優れた構造方法の一つである。耐震的考慮を払って設計・施工された組積造壁は、鉄筋コンクリート造の耐力壁と同様、十分な耐震強度を有する重要な耐震要素となり得ることは、過去の多数の地震で示されている。今後、我が国においても耐震性の確保が適切に行われていることを条件に、組積造の普及がより進むことも、十分、考えられる。

本書が、開発途上国への技術協力に携わる研究者、技術者のみならず、我が国の実務設計者等にも参考とされることを期待したい。

令和4年4月

国立研究開発法人建築研究所
理事長 澤地 孝男

水平力を受ける組積造壁の強度と変形

－既存の実験データの分析－

菅野俊介*¹, 大塚悠里*², 小豆畑達哉*³

概要

組積造壁の構造特性を把握するため、全充填型補強組積造 (Full-Grout Reinforced Masonry : RMF) 壁、部分充填型補強組積造 (Partial-Grout Reinforced Masonry : RMP) 壁、先積型枠組積造 (Before-Cast Framed Masonry : CM) 壁、及び、後積型枠組積造 (After-Cast Framed Masonry : MI) 壁の4つの構造形式に分類した上で、それぞれについて文献調査により実験データを収集し、これらを回帰分析して導かれる回帰式や既往の評価式をもとに強度と変形を推定した。収集したデータ数は、全充填型補強組積造 (RMF) 壁、部分充填型補強組積造 (RMP) 壁、先積型枠組積造 (CM) 壁、及び、後積型枠組積造 (MI) 壁のそれぞれで、149体、114体、150体、及び、130体であり、計543体である。

実験データと回帰式による推定結果との比較から、強度 (ひび割れ強度、降伏強度、最大強度)、及び変形 (ひび割れ変形、降伏変形、最大強度時変形、限界変形) 共に、回帰式により概ね良い精度で推定できることを示した。ただし、変形の場合では実験結果と推定結果との差異が大きくなる結果となった。

また、鉄筋コンクリート造壁についても、組積造壁と同様の回帰分析を行った。その結果に基づき、鉄筋コンクリート造壁と各組積造壁の復元力特性を比較したところ、組積造壁の降伏強度及び最大強度は鉄筋コンクリート造壁と比較すると総じて低くなる傾向が認められた。さらに、組積造の各構造形式で復元力特性を比較すると、MI壁の限界変形は、ばらつきは大きいですが、他の構造形式よりやや大き目になる傾向があることが明らかとなった。

本研究で作成した構造実験データベースとこれを用いて導かれた回帰式については様々な活用方法が考えられる。その一例として、鉄筋コンクリート造を主な対象とした耐震診断法を、本研究で得られた回帰式を用いて組積造壁を有する建築物に適用する方法を示した。

*1 国立研究開発法人建築研究所 国際地震工学センター 特別客員研究員
広島大学 名誉教授

*2 国立研究開発法人建築研究所 国際地震工学センター 研究員

*3 国立研究開発法人建築研究所 構造研究グループ グループ長

STRENGTH AND DEFORMATION OF MASONRY WALLS SUBJECTED TO LATERAL FORCES

— Review of Existing Test Data in Japan and Overseas —

Shunsuke SUGANO*¹, Yuri OTSUKA*², Tatsuya AZUHATA*³

ABSTRACT

In order to understand the structural characteristics of masonry walls, we classified them into four types: full-grout reinforced masonry (RMF) walls, partial-grout reinforced masonry (RMP) walls, before-cast framed masonry (CM) walls, and after-cast framed masonry (MI) walls. Moreover, we collected experimental data by literature surveys for each type of wall and estimated the strength and deformation based on regression equations derived from regression analyses and existing design equations. The data collected were 149, 114, 150, and 130 for RMF, RMP, CM, and MI walls, respectively, for a total of 543.

From the comparison between the experimental data and the prediction results by the regression equations, we clarified that both strength (cracking strength, yield strength, and maximum strength) and deformation (cracking deformation, yield deformation, deformation at maximum strength, and critical deformation) could be predicted with reasonable accuracy by the regression equations. However, in the case of deformation, the difference between the experimental and predicted results was more considerable.

We conducted the same regression analyses for the reinforced concrete walls as the masonry ones. Based on those results, we clarified the yield strength and the maximum strength of the masonry walls tended to be lower than the reinforced concrete walls. In addition, when we compared the restoring force characteristics for each type of masonry wall, it was found that the limiting deformation of MI walls tended to be slightly larger than that of other types, although the variation was considerable.

We can use the structural experimental test database and the regression equations derived from it in various ways. As one example, we demonstrated how to apply the seismic diagnosis method mainly for reinforced concrete structures to buildings with masonry walls using the regression equations.

-
- *1 Visiting Research Fellow/Lecturer, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute, Professor Emeritus, Hiroshima University
 - *2 Research Engineer, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute
 - *3 Director, Department of Structural Engineering, Building Research Institute

目次

第 1 章 序論.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 組積造壁の構造形式の分類.....	3
1.3 復元力特性の骨格曲線モデル.....	5
1.4 組積造壁の破壊形式.....	6
1.5 用語、式・図・表番号、文献番号の設定.....	7
第 2 章 構造実験データベースの概要.....	8
2.1 構造実験データベースの構成.....	9
2.2 構造実験データの収集結果.....	18
2.3 回帰分析の目的変数と影響因子.....	21
2.4 鉄筋コンクリート造（RC）壁の構造実験データの分析.....	23
2.5 回帰式の精度に関する考察.....	27
第 3 章 実験値の統計分布解析と RC 造耐震診断基準の適用.....	29
3.1 強度・変形実験値の統計分布解析.....	30
3.2 分布解析結果の鉄筋コンクリート造耐震診断基準への適用.....	40
第 4 章 鉄筋コンクリート造（RC）壁の評価式の適用.....	44
4.1 補強組積造（RM）壁への適用.....	45
4.2 枠組組積造（FM）壁への適用.....	47

第5章 補強組積造（RM）壁の強度・変形の回帰分析	49
5.1 補強組積造（RM）壁のひび割れ強度・変形	49
5.2 全充填型補強組積造（RMF）壁の降伏強度・変形	52
5.3 せん断破壊する補強組積造（RM）壁の最大強度・変形と限界変形	54
5.4 曲げ破壊する全充填型補強組積造（RMF）壁の最大強度・変形と限界変形	57
第6章 枠組組積造（FM）壁の強度・変形の回帰分析	59
6.1 枠組組積造（FM）壁のひび割れ強度・変形	59
6.2 せん断破壊する枠組組積造（FM）壁の最大強度・変形と限界変形	62
第7章 分析結果のまとめ	65
7.1 強度・変形の実験値の分析	65
7.2 鉄筋コンクリート造（RC）壁の評価式の適用	69
7.3 強度を推定する回帰式	70
7.4 変形を推定する回帰式	73
7.5 復元力特性における各折れ点に関する評価式	75
7.6 鉄筋コンクリート造耐震診断基準の組積造壁構造への適用	77
7.7 分析結果の建研ウェブサイトへの搭載	80
7.8 今後の課題	81
第8章 結論	82
謝辞	84
参考文献	85