

# 第1章 序論

本章では、本資料の目的について述べる。また、本資料で対象とする組積造壁の形式と分類、復元力特性の骨格曲線モデル、破壊形式、用語及び番号の設定について述べる。

## 1.1 目的

組積造は高度な施工性、経済性、意匠性を有することから、歴史的にも世界で広く用いられている構造形式である。しかしながら、組積造は近年では、2001年のエルサルバドル地震<sup>例えぼ1)</sup>、2005年のパキスタン地震<sup>例えぼ2), 3)</sup>、2007年のペルー地震<sup>例えぼ4)</sup>、2015年のネパールゴルカ地震<sup>例えぼ5)</sup>など開発途上国を中心に大きな地震被害を被っている。このような地震被害の背景には、特に開発途上国において、組積造の施工及び設計法の整備が十分に成されていない現状があると考えられる。一方、我が国においては、1923年の関東大震災において組積造は大きな被害を受け<sup>6)</sup>、それ以降、組積造は一般的に普及するには至らなかった。そのため、1984年から1988年の5年間にかけて日米の国際共同耐震研究プログラムとして補強組積造が取り上げられ、日本側は建築研究所が中心となって、5階建て補強組積造の実大実験などを行い、中層補強組積造の設計指針案及び施工案を作成している<sup>7), 1.3)-1.11), 1.13), 1.15), 1.16), 1.18), 1.19)</sup>。また、近年では、補強組積造による建築物が設計され始めている<sup>8), 9)</sup>。しかしながら、依然として、我が国においては組積造が一般的に普及しているとは言い難い。

耐震性に優れた組積造の普及のためには、適切な設計法と施工法の確立が求められる。そのために、本資料巻末の文献リストに示される通り、世界各国で組積造の性能を把握するための精力的な研究が行われてきたところである。数多くの構造実験が実施され、その結果に基づき、復元力モデルの提案が行われ、あるいは変形性能に関する分析がなされている。

しかしながら、これら既往の研究は主に自国で用いられているものを中心に、ある特定の構造形式の組積造を対象としたものがほとんどである。

このような状況の中、本資料では、組積造の特性をより明確に把握できるようにするため、世界各国で個々に分散した知見及び情報を一度集約し、これらを統計的に分析し、総合化する取り組みが有効かつ必要であると考えた<sup>注)</sup>。情報を集約することで、より一般的な組積造の復元力特性モデルを構築でき、また、構造形式の異なる組積造の相互、あるいは鉄筋コンクリート造の特性との比較を行うことで、組積造の構造形式に応じた特性を抽出することが可能となる。さらに、鉄筋コンクリート造と同様のレベルで復元力特性のモデルを構築できれば、鉄筋コンクリート造を対象に開発された耐震診断法等の評価技術を組積造にも展開することが可能となる。



このような考えの下、本資料では、既往の文献調査より、組積造壁構造実験データベースを作成し、それを用いて回帰分析を行うことにより、組積造壁の構造特性を示した。具体的には、まず、既往の文献調査より、組積造壁を全充填型補強組積造 (Full-Grout Reinforced

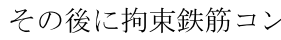
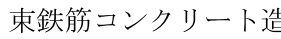
Masonry : RMF) 壁、部分充填型補強組積造 (Partial-Grout Reinforced Masonry : RMP) 壁、先積型枠組組積造 (Before-Cast Framed Masonry : CM) 壁、後積型枠組組積造 (After-Cast Framed Masonry : MI) 壁に分類し、試験体の諸元、使用材料等をパラメータとする構造実験データベースを作成した。なお、先積型枠組組積造 (CM) 壁は「Confined Masonry」、後積型枠組組積造 (MI) 壁は「Masonry Infill」が広く用いられている名称であるため、略称を CM、MI とした。また、作成した組積造壁構造実験データベースを用いて回帰分析を行い、組積造壁の強度及び変形の回帰式を組積造壁の構造形式ごとに提案した。さらに、組積造壁の構造種別ごとの比較と組積造壁と鉄筋コンクリート造壁の比較を行い、組積造壁の構造形式及び鉄筋コンクリート造壁との差異を明らかにした。加えて、組積造壁を鉄筋コンクリート造の耐震診断基準に適用しうる韌性指標  $F$  と強度寄与係数  $\alpha$  を提案し、また、鉄筋コンクリート造壁に用いられる既存の評価式を組積造壁に適用する方法を示した。最後に、作成した組積造壁構造実験データベースを国際地震工学センターのホームページ上に公開した (<https://iisee.kenken.go.jp/masonry/Jpn.html> (日本語版)、<https://iisee.kenken.go.jp/masonry/Eng.html> (英語版))。なお、本資料の一部は文献<sup>10)</sup>で発表されているが、本資料はひび割れ点及び降伏点における検討と、鉄筋コンクリート造壁との比較、耐震診断基準への適用に関する検討を加え、整理したものである。また、文献<sup>10)</sup>から本資料において、「RM1」を「RMF」に、「RM2」を「RMP」に名称を変更した。

注) 本資料の作成に先立ち、著者の一人である菅野と他の共同研究者により、建築研究所国際地震工学センターの研究課題「開発途上国の地震・津波に係る減災技術の高度化と研修の充実に資する研究 (平成 24 年度～26 年度)」及び「地震・津波に係る減災技術の開発途上国への適用と情報共有化に資する研究 (平成 27 年度～平成 29 年度)」の一環として同様の考えに基づく研究が実施されている。そこでは、89 体の先積型枠組組積造 (CM) 壁のデータより、組積造壁の強度と変形の回帰式が提案された<sup>11)</sup>。しかしながら、先積型枠組組積造 (CM) 壁以外の構造形式のみならず、先積型枠組組積造 (CM) 壁も含め、組積造の復元力特性を論じるのに十分な数の実験データは収集されておらず、従って本資料で目指すような体系的な結論を得るまでには至らなかった。そこで、本資料に示す取り組みにおいて、当研究を引き継ぎ、これを発展させることとした。

## 1.2 組積造壁の構造形式の分類

本資料では、まず、組積造壁を「補強組積造（Reinforced Masonry：RM）壁」と「枠組組積造（Framed Masonry：FM）壁」の2種類に分類した。なお、本資料では、耐震対策への工学的配慮や仕様上の特徴から一定の耐震性を有すると考えられる組積造壁を検討対象とし、アドベ造、石造等のいわゆるノンエンジニアド（Non-engineered）な組積造壁は対象としていない。

補強組積造（RM）壁については、さらに「全充填型補強組積造（RMF）壁」と「部分充填型補強組積造（RMP）壁」の2種類に分類した。全充填型補強組積造（RMF）壁は、全ての組積造ブロックがコンクリートで充填されている構造（ 1.1(a)) だが、部分充填型補強組積造（RMP）壁は、鉄筋で補強された部分のみコンクリートで充填されている構造（ 1.1(b)) である。

枠組組積造（FM）壁については、さらに「先積型枠組組積造（CM）壁」と「後積型枠組組積造（MI）壁」の2種類に分類した。先積型枠組組積造（CM）壁は先に組積造を配置し、その後に拘束鉄筋コンクリート造フレームを施工する構造である（ 1.2(a))。一方、後積型枠組組積造（MI）壁は、先積型枠組組積造（CM）壁と逆の施工方法で建てられ、先に拘束鉄筋コンクリート造フレームを設置した後に組積造を施工する構造である（ 1.2(b))。

 1.1、 1.2 に、以上の様に分類された各組積造壁の概要を示す。

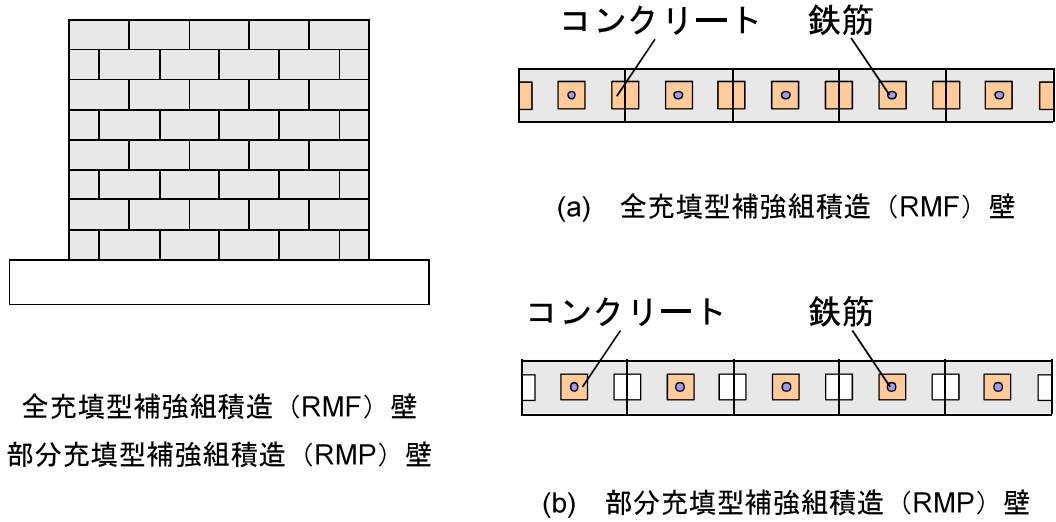


図 1.1 補強組積造 (RM) 壁

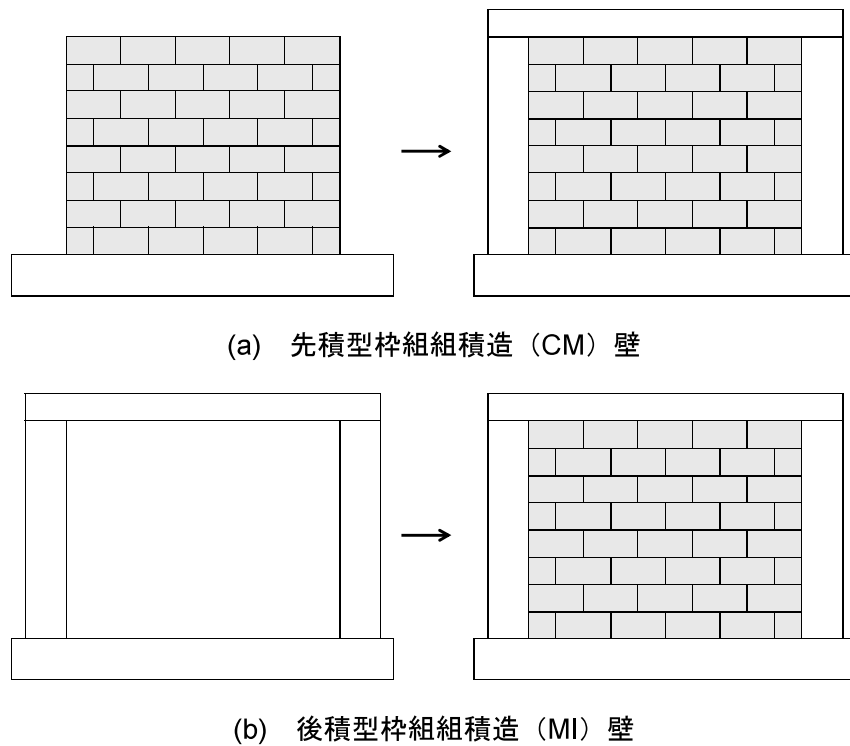


図 1.2 枠組積造 (FM) 壁

### 1.3 復元力特性の骨格曲線モデル

枠組組積造壁を対象とした Elwood<sup>12)</sup>及び Zavala<sup>13)</sup>による研究等に倣い、組積造壁の復元力特性を図 1.3 に示すようにモデル化する。図 1.3 において、組積造壁の復元力特性は、ひび割れ点、降伏点、最大強度点、限界点で構成され、それぞれの点で、剛性が変化する。なお、限界点は、強度が最大強度の 80%に低下する点とした。

また、ひび割れ点は主に、壁板のせん断ひび割れ（対角ひび割れ、せん断すべりひび割れ等）発生時の強度及び変形であり、論文中にひび割れ強度及び変形として特記されているデータを採用した。なお、ひび割れの発生位置が特定されていないデータも少なくない。

さらに、降伏点は主に、曲げ補強筋のひずみが降伏ひずみを越えた際の強度及び変形であり、論文中に降伏強度及び変形として特記されているデータを採用した。なお、降伏点のデータには、文献<sup>3,49)</sup>のように、荷重変形曲線の分析から顕著な剛性変化が観察された点を降伏点と定めたものも含まれる。

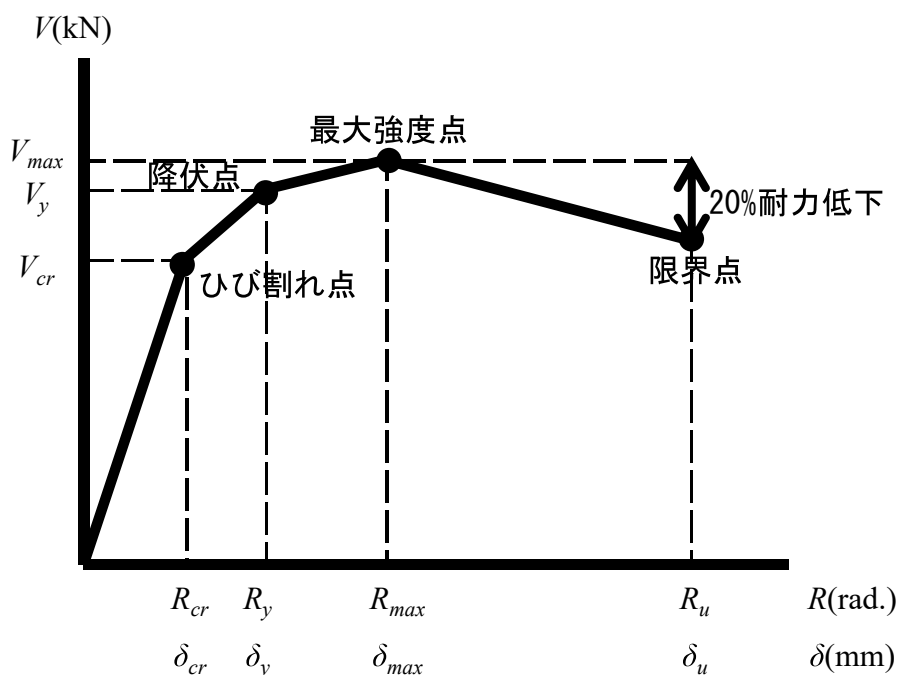


図 1.3 組積造壁の復元力特性<sup>12), 13)</sup>

### 1.4 組積造壁の破壊形式

本資料では、組積造壁の破壊形式を、「せん断破壊型 (S)」、「曲げせん断破壊型 (FS)」、及び、「曲げ破壊型 (F)」の3つに分類する。図 1.4 に各組積造壁の破壊形式の様相を、図 1.5 に破壊形式ごとの復元力特性を示す。「せん断破壊型 (S)」の破壊形式となる場合は、ひび割れ点から降伏点を経由することなく、直接、最大強度点に至るものとしている。なお、「せん断破壊型 (S)」と分類した実験データには、降伏点があるものも含まれるが、著者の破壊形式の判定を尊重し、論文中に記載されている破壊形式を採用した。

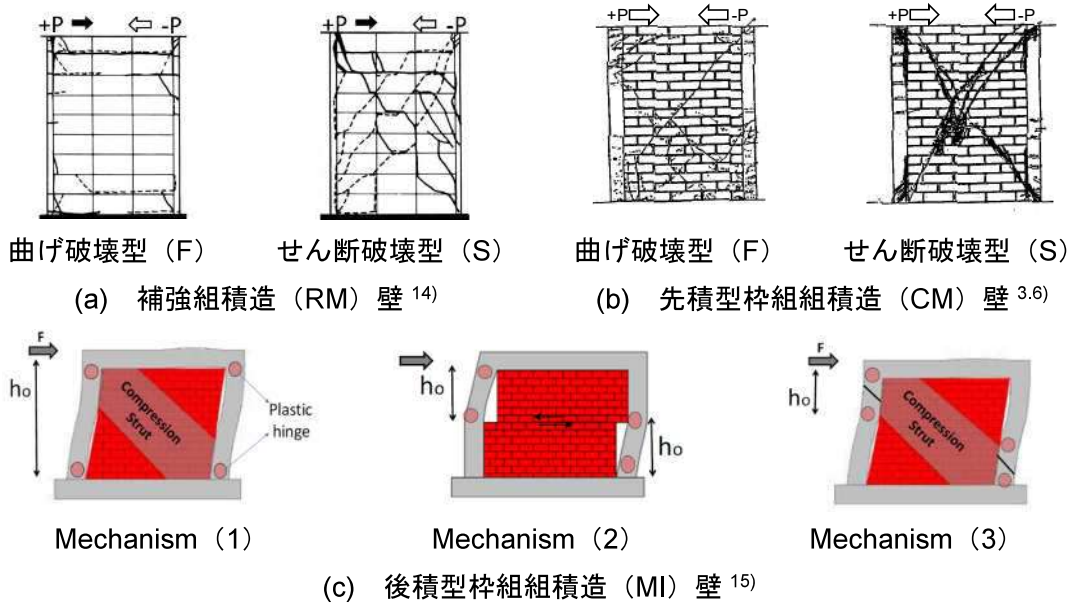
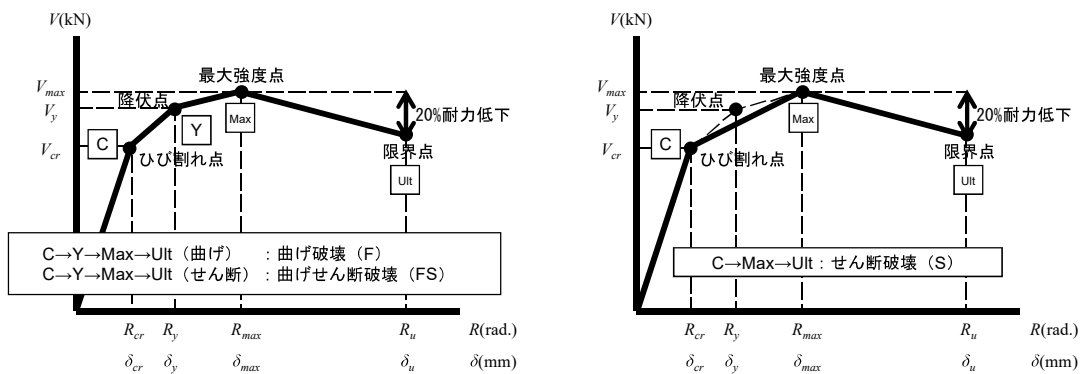


図 1.4 組積造壁の破壊形式



(a) 曲げ破壊・曲げせん断破壊 (F・FS) (b) せん断破壊 (S)

図 1.5 破壊形式ごとの復元力特性

## 1.5 用語、式・図・表番号、文献番号の設定

本節では、本資料における用語、式・図・表番号及び文献番号の表記方法について述べる。

### (1) 用語表記の簡略化等について

本資料では、以下のように用語を省略している。壁の強さを表す力学量として、単位が kN のものを「耐力」と、これらを面積で除したものを「強度」と表記する。なお、曲げ耐力  $V_{mu}$ (2.9式)を断面積で除した、曲げ耐力時平均せん断応力度も「曲げ強度」と定義する。また、「変形」は、変形量を反曲点高さ（せん断スパン） $h$  で除した変形角（rad.）とする。

組積造耐力壁	→	組積造壁
基準化した強度	→	基準化強度
ひび割れ時における強度	→	ひび割れ強度
ひび割れ強度時における変形	→	ひび割れ変形
降伏時における強度	→	降伏強度
降伏強度時における変形	→	降伏変形
最大強度時における変形	→	最大強度時変形
限界状態における変形	→	限界変形

### (2) 式及び図表番号について

式及び図表番号については、以下のように設定した。

式：章番号.式番号（例：(1.1)式、(2.1)式）

図：章番号.図番号（例：図 1.1、図 2.1）

表：章番号.表番号（例：表 1.1、表 2.1）

### (3) 文献番号について

文献番号については、以下のように、1.1 節及び全体においては参照順としているが、2.2 節では組積造壁の構造形式ごとに設定した。

1.1 節及び全体	：	文献番号	（例：文献 <sup>1)</sup> 、文献 <sup>2)</sup> ）
全充填型補強組積造（RMF）壁	：	1.文献番号	（例：文献 <sup>1.1)</sup> 、文献 <sup>1.2)</sup> ）
部分充填型補強組積造（RMP）壁	：	2.文献番号	（例：文献 <sup>2.1)</sup> 、文献 <sup>2.2)</sup> ）
先積型枠組積造（CM）壁	：	3.文献番号	（例：文献 <sup>3.1)</sup> 、文献 <sup>3.2)</sup> ）
後積型枠組積造（MI）壁	：	4.文献番号	（例：文献 <sup>4.1)</sup> 、文献 <sup>4.2)</sup> ）
鉄筋コンクリート造（RC）壁	：	5.文献番号	（例：文献 <sup>5.1)</sup> 、文献 <sup>5.2)</sup> ）