

組積造構造実験データベース解説書

Masonry Experimental Database —User’s Guide—

組積造構造実験データベース解説書では、組積造構造実験データベースのデータ化について詳細に示しております。本データベースを利用する際は、本解説書をよくお読みください。なお、本データベースの詳細や研究成果については、文献^{1),2)}を参照してください。

目次

1. シートの全体構成	2
2. 各組積造の構造形式.....	3
3. 各シートの構成 (1) : A~C 列.....	4
4. 各シートの構成 (2) : D~AT 列.....	5
5. シートを構成する諸項目の説明	7
5.1 試験体の材料、寸法に関する項目.....	7
5.2 既往の評価式による耐力計算値に関する項目	10
5.3 実験値に関する項目.....	11
参考文献	13

1. シートの全体構成

Sheet 1	RMF	全充填型補強組積造（RMF）壁のデータ表
Sheet 2	RMP	部分充填型補強組積造（RMP）壁のデータ表
Sheet 3	CM	先積型枠組組積造（CM）壁のデータ表
Sheet 4	MI	後積型枠組組積造（MI）壁のデータ表
Sheet 5	References	文献リスト（RMF、RMP、CM、MI）

2. 各組積造の構造形式

RMF、RMP、CM、MI は、組積造の構造形式で、説明は以下の表 1、図 1 の通りです。

表 1 組積造壁の構造形式ごとの説明

補強組積造壁 (RM) Reinforced Masonry Wall	全充填型補強組積造壁 (RMF) Full-Grout Reinforced Masonry Wall	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
	部分充填型補強組積造壁 (RMP) Partial-Grout Reinforced Masonry Wall	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
枠組組積造壁 (FM) Framed Masonry Wall	先積型枠組組積造壁 (CM) Before-Cast Framed Masonry Wall	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
	後積型枠組組積造壁 (MI) After-Cast Framed Masonry Wall	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

※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 としました。

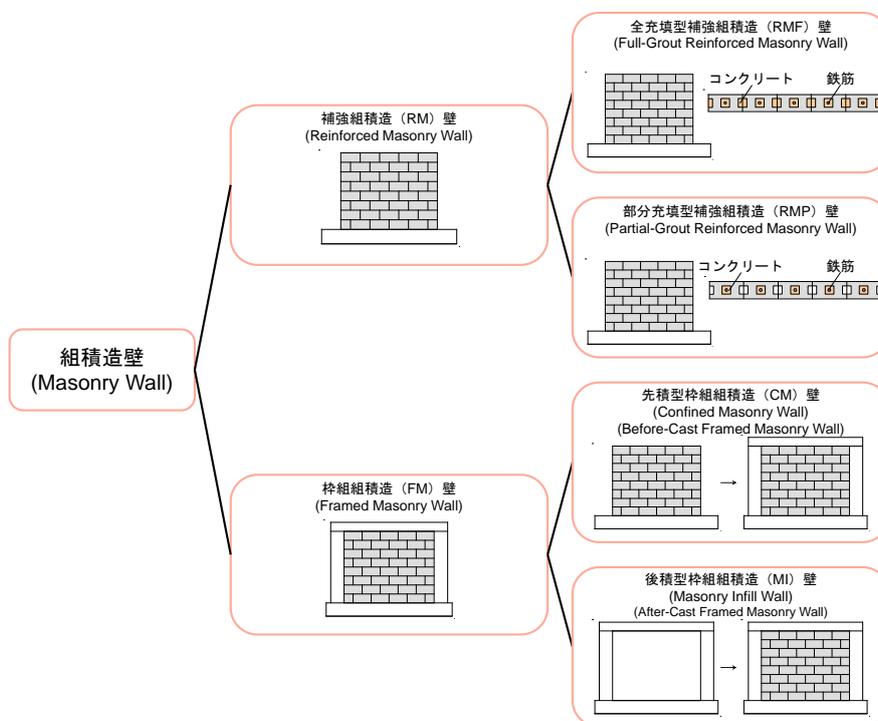


図 1 組積造壁の構造形式

3. 各シートの構成 (1) : A~C 列

A 列	「No.」	論文番号 本データベースの「List of Papers」を参照してください。
B 列	「Specimen」	論文に記載されている試験体名
C 列	「Mode」	「せん断破壊型 (S)」 「曲げせん断破壊型 (FS)」 「曲げ破壊型 (F)」 図 2 に破壊形式ごとの復元力特性を示します。

※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ますが、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ました。

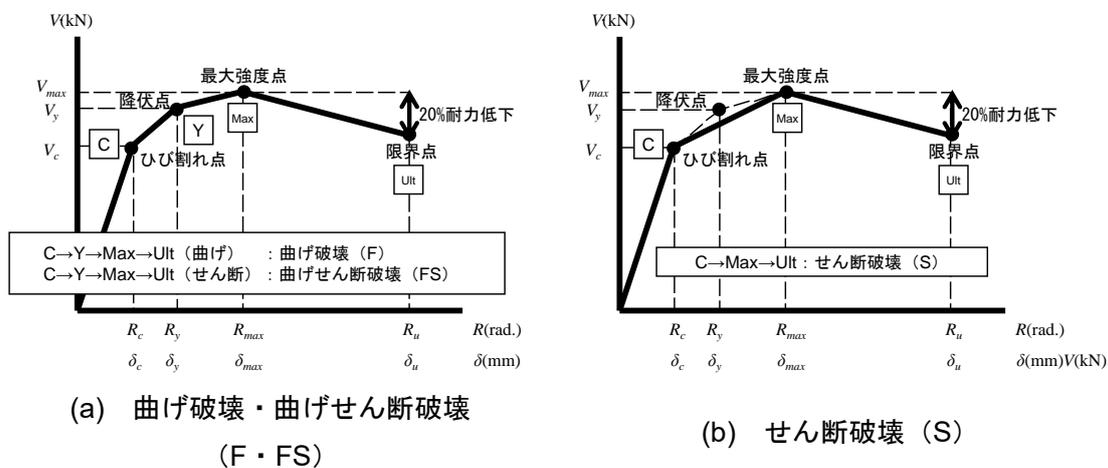


図 2 破壊形式ごとの復元力特性

4. 各シートの構成 (2) : D~AT 列

列	No.	記号	説明
D	①	F_m (N/mm ²)	組積体の圧縮強度
E	②	F_c (N/mm ²)	コンクリートの圧縮強度
F	③	L (mm)	試験体長さ
G	④	t (mm)	壁厚
H	⑤	B (mm)	柱幅
I	⑥	D (mm)	柱せい
J	⑦	h (mm)	反曲点高さ (せん断スパン)
K	⑧	A_w (mm ²)	全断面積
L	⑨	N (kN)	軸力
M	⑩	σ_0 (N/mm ²)	軸応力度
N	⑪	Σa_t (mm ²)	引張鉄筋の全断面積 (RM) 柱主筋の全断面積 (FM)
O	⑫	p_{te}	引張鉄筋比 (RM)、柱の主筋比 (FM)
P	⑬	σ_y (N/mm ²)	引張鉄筋の降伏強度 (RM) 柱主筋の降伏強度 (FM)
Q	⑭	Σa_v (mm ²)	壁の縦補強筋の全断面積
R	⑮	σ_{vy} (N/mm ²)	壁の縦補強筋の降伏強度
S	⑯	p_{we}	壁の横補強筋の鉄筋比
T	⑰	σ_{wy} (N/mm ²)	壁の横補強筋の降伏強度
U	⑱	cp_w	柱の横補強筋比
V	⑲	σ_{cy} (N/mm ²)	柱の横補強筋の降伏強度
W	⑳	V_{max} (kN)	最大耐力
X	㉑	τ_{max} (N/mm ²)	最大強度
Y	㉒	R_{max} ($\times 10^{-3}$ rad.)	最大強度時変形
Z	㉓	R_u ($\times 10^{-3}$ rad.)	限界変形
AA	㉔	V_{cr} (kN)	ひび割れ耐力
AB	㉕	τ_{cr} (N/mm ²)	ひび割れ強度
AC	㉖	τ_{cr}/F_m	基準化ひび割れ強度
AD	㉗	R_{cr} ($\times 10^{-3}$ rad.)	ひび割れ変形
AE	㉘	V_y (kN)	降伏耐力
AF	㉙	τ_y (N/mm ²)	降伏強度
AG	㉚	τ_y/F_m	基準化降伏強度

AH	㉑	R_y ($\times 10^{-3}$ rad.)	降伏変形
AI	㉒	τ_{max}/F_m	基準化最大強度
AJ	㉓	$\sqrt{F_m}$	組積体の見掛け上の引張強度を表す変数
AK	㉔	h/L	せん断スパン比
AL	㉕	A_c/A_w	柱と壁の断面積比
AM	㉖	σ_0/F_m	軸応力度と組積体強度の比
AN	㉗	F_c/F_m	コンクリートと組積体の圧縮強度の比
AO	㉘	$p_{te} \cdot \sigma_y/F_m$	基準化引張鉄筋強度
AP	㉙	$p_{we} \cdot \sigma_{wy}/F_m$	基準化壁横補強筋強度
AQ	㉚	$c p_w \cdot \sigma_{cy}/F_m$	基準化柱横補強筋強度
AR	㉛	V_{su} (kN)	せん断耐力
AS	㉜	V_{mu} (kN)	曲げ耐力
AT	㉝	τ_{su}/τ_{mu}	せん断強度と曲げ強度の比

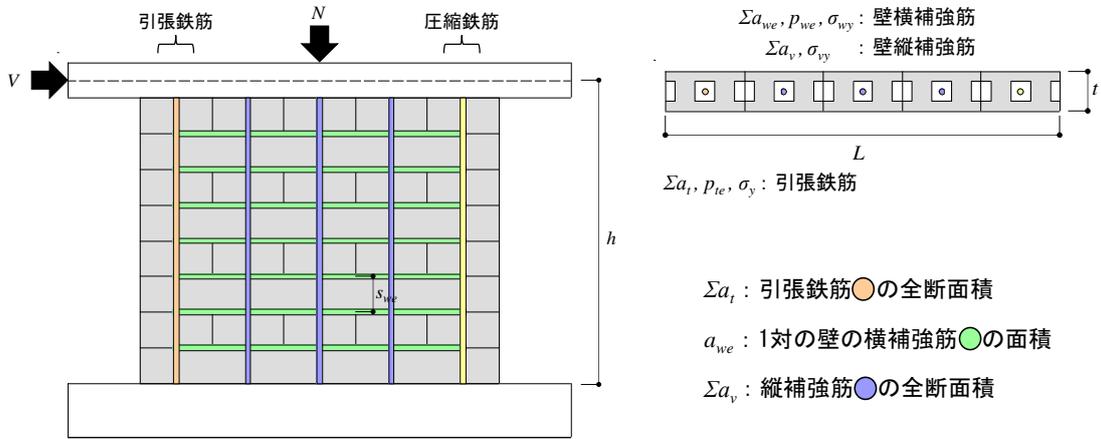
5. シートを構成する諸項目の説明

以下は、各項目のうち、特に定義、算出方法等について確認が必要と思われるものについての説明となります。式中の記号については、適宜、**図 3**を参照してください。なお、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」と表記しています。また、「変形」は、変形量を⑦反曲点高さ（せん断スパン） h で除した変形角（rad.）としています。

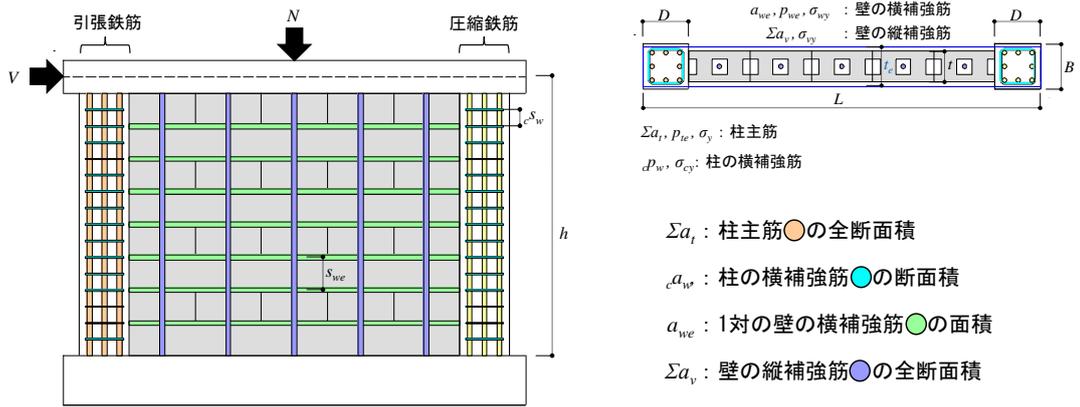
5.1 試験体の材料、寸法に関する項目

①	組積体の圧縮強度 F_m	組積造を構成するレンガとモルタル目地からなる集合体を指す。
⑦	反曲点高さ (せん断スパン) h	両端固定型と片持ち型の 2 つの加力方法による実験結果が含まれる。(図 4 参照)
⑧	全断面積 A_w	$\begin{aligned} & \text{[RM]} && A_w = L \times t \\ & \text{[FM]} && A_w = (L - 2 \times D) \times t + 2 \times B \times D \end{aligned}$ A_w : 全断面積 (mm ²) L : 試験体長さ (mm) t : 壁厚 (mm) B : 柱幅 (mm) D : 柱せい (mm)
⑩	軸応力度 σ_0	$\sigma_0 = \frac{N \times 10^3}{A_w}$ σ_0 : 軸応力度 (N/mm ²) N : 軸力 (kN)
⑫	引張鉄筋比 (RM) p_{te} 柱の主筋比 (FM) p_{te}	$p_{te} = \frac{\sum a_t}{A_w}$ p_{te} : 引張鉄筋比 (RM) : 柱の主筋比 (FM) $\sum a_t$: 引張鉄筋の全断面積 (RM) : 柱主筋の全断面積 (FM) (mm ²)

⑬	壁の横補強筋の鉄筋比 p_{we}	$p_{we} = \frac{a_{we}}{t \times s_{we}}$ <p> p_{we} : 壁の横補強筋の鉄筋比 a_{we} : 1 対の壁の横補強筋の面積 (mm²) s_{we} : 壁横補強筋の間隔 (mm) </p> <p>※なお、枠組積造 (FM) 壁の場合は、幅 t を等価幅 t_e に読み替える。</p> $t_e = \frac{A_w}{L}$
⑭	柱の横補強筋比 $c\rho_w$	$c\rho_w = \frac{c a_w}{B \times c s_w}$ <p> $c\rho_w$: 柱の横補強筋比 $c a_w$: 柱の横補強筋の断面積 (mm²) $c s_w$: 柱の横補強筋の間隔 (mm) </p>



(a) 補強組積造 (RM) 壁



(b) 枠組組積造 (FM) 壁

図3 組積造壁の諸元

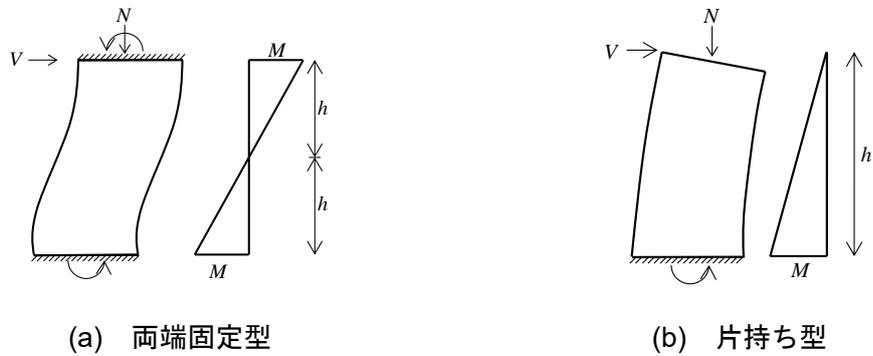


図4 載荷図

5.2 既往の評価式による耐力計算値に関する項目

④1	せん断耐力 V_{su}	$V_{su} = \left\{ \frac{0.053p_{te}^{0.23}(F_m + 18)}{h/L + 0.12} + 0.85\sqrt{p_{we} \cdot \sigma_{wy}} + 0.1\sigma_0 \right\} \times 0.9 \times L \times \frac{A_w}{L}$ <p>ここで、コンクリートの圧縮強度 F_c を組積体の圧縮強度 F_m に読み替えている。</p> <p> V_{su} : せん断耐力 (kN) p_{te} : 引張鉄筋比 (RM)、柱の主筋比 (FM) F_m : 組積体の圧縮強度 (N/mm²) h/L : せん断スパン比 p_{we} : 壁の横補強筋の鉄筋比 σ_{wy} : 壁の横補強筋の降伏強度 (N/mm²) σ_0 : 軸応力度 (N/mm²) L : 試験体長さ (mm) A_w : 全断面積 (mm²) </p>
④2	曲げ耐力 V_{mu}	$V_{mu} = (\Sigma a_t \cdot \sigma_y + 0.5\Sigma a_v \cdot \sigma_{vy} + 0.5N) \times 0.9 \times L/h$ <p> V_{mu} : 曲げ耐力 (kN) Σa_t : 引張鉄筋の全断面積 (RM) 柱主筋の全断面積 (FM) (mm²) σ_y : 引張鉄筋の降伏強度 (RM) 柱主筋の降伏強度 (FM) (N/mm²) Σa_v : 壁の縦補強筋の全断面積 (mm²) σ_{vy} : 壁の縦補強筋の降伏強度 (N/mm²) N : 軸力 (kN) L : 試験体長さ (mm) h : 反曲点高さ (せん断スパン) (mm) </p>
④3	せん断強度と 曲げ強度の比 τ_{su}/τ_{mu}	<p>せん断強度 τ_{su} と曲げ強度 τ_{mu} の比である。</p> $\tau_{su} = \left\{ \frac{0.053p_{te}^{0.23}(F_m + 18)}{h/L + 0.12} + 0.85\sqrt{p_{we} \cdot \sigma_{wy}} + 0.1\sigma_0 \right\} \times 0.9$ $\tau_{mu} = (\Sigma a_t \cdot \sigma_y + 0.5\Sigma a_v \cdot \sigma_{vy} + 0.5N) \times 0.9/h/t_e$

5.3 実験値に関する項目

⑳ひび割れ耐力 V_{cr} 、㉑ひび割れ変形 R_{cr} 、㉒降伏耐力 V_y 、㉓降伏変形 R_y 、㉔最大耐力 V_{max} 、㉕最大強度時変形 R_{max} 、㉖限界変形 R_u は、構造実験により得られる実験値です。

本データベースでは、枠組組積造壁を対象とした Elwood³⁾及び Zavala⁴⁾による研究等に倣い、組積造壁の復元力特性を図 5 に示すようにモデル化しました。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、剛性が変化します。なお、限界点は、強度が最大強度の 80%に低下する点としました。

㉔	ひび割れ耐力 V_{cr}	文献中に実験結果の値が明記されている場合はその値を採用し、文献中に耐力（強度）、又は、変形のどちらかの値が示されている場合は、図 6 のように、実験結果である履歴曲線のグラフから記載がない方のデータを読み取った。 ※なお、本データベース及び文献 ^{1),2)} の分析では、文献中に記載のあるデータと履歴曲線のグラフから読み取ったデータの区別はしていません。
㉑	ひび割れ変形 R_{cr}	
㉒	降伏耐力 V_y	
㉓	降伏変形 R_y	
㉔	最大耐力 V_{max}	文献中に実験結果の値が明記されている場合はその値を採用した。文献中に実験値の記載がない場合は、実験結果である履歴曲線のグラフから値を読み取った。グラフから値を読み取る場合、以下に示す 4 つのパターンに履歴曲線を分類した（図 7 参照）。 ※なお、本データベース及び文献 ^{1),2)} の分析では、文献中に記載のあるデータと履歴曲線のグラフから読み取ったデータの区別はしていません。また、図 7 に示す 4 つのパターンについて区別していません。
㉕	最大強度時変形 R_{max}	
㉖	限界変形 R_u	

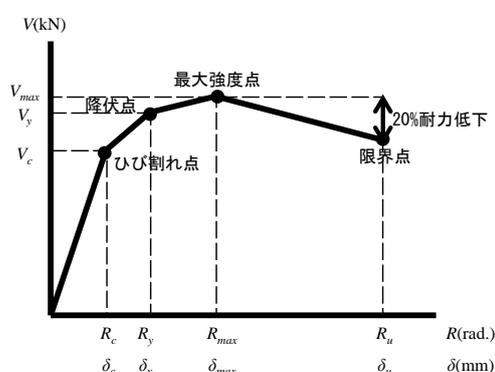


図 5 組積造壁の復元力特性^{3), 4)}

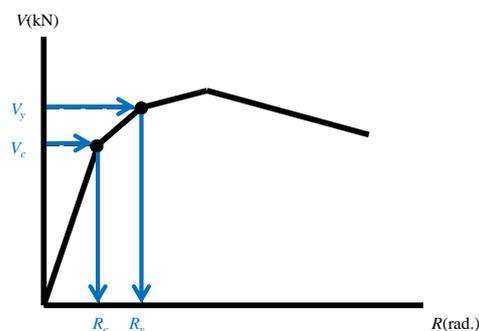
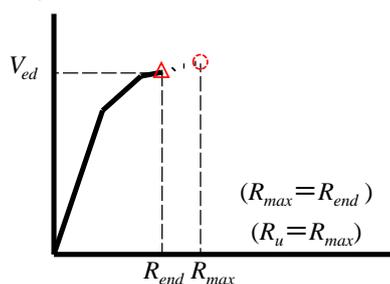
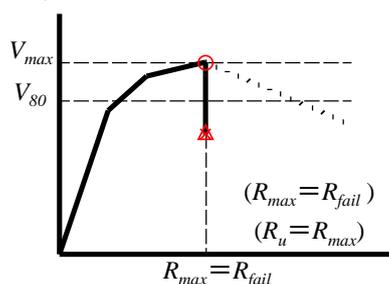


図 6 V_{cr} , R_{cr} , V_y , R_y の読み取り方法

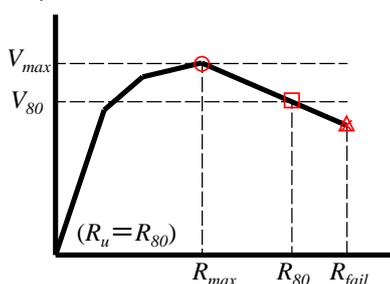
(パターン 1)	実験が試験体の最大耐力に至らず終了した場合である。この場合、最大耐力 V_{max} 、最大強度時変形 R_{max} を実験終了時の耐力と変形とした。また、限界変形 R_u は最大強度時変形 R_{max} とした。
(パターン 2)	実験が最大耐力に至ったものの、その後、急激に耐力が低下し、試験体が破壊した場合である。この場合、最大耐力 V_{max} 、最大強度時変形 R_{max} は最大耐力時、限界変形 R_u は最大強度時変形 R_{max} とした。
(パターン 3)	実験が最大耐力に至った後、耐力が低下し、破壊した場合である。この場合、最大耐力 V_{max} 、最大強度時変形 R_{max} は最大耐力時、限界変形 R_u は耐力が 80%に低下した時の変形とした。
(パターン 4)	実験が最大耐力に至った後、緩やかに耐力が低下し、耐力が 80%に低下する前に実験が終了または破壊した場合である。この場合、最大耐力 V_{max} 、最大強度時変形 R_{max} は最大耐力時の値とし、限界変形 R_u は実験が終了または破壊した時の変形とした。



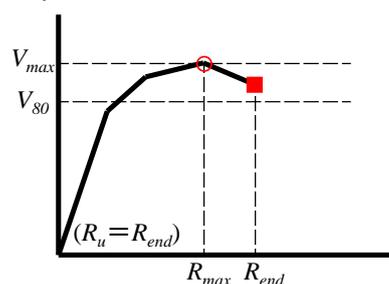
(a) パターン 1



(b) パターン 2



(c) パターン 3



(d) パターン 4

○	V_{max}
□	V_{80}
×	破壊
△	実験終了
■	実験終了又は破壊

図 7 実験結果履歴曲線パターン (V_{max} , R_{max} , R_u)

㉕	ひび割れ強度 τ_{cr}	文献から読み取った㉔ひび割れ耐力 V_{cr} 、㉘降伏耐力 V_y 、㉚最大耐力 V_{max} に対し、これらを㉗試験体の全断面積 A_w で除した値とした。	
㉙	降伏強度 τ_y		
㉛	最大強度 τ_{max}		
㉞	基準化ひび割れ強度 τ_{cr}/F_m	$\frac{\tau_{cr}}{F_m} = \frac{V_{cr} \cdot 10^3}{A_w \cdot F_m}$	材料強度の影響を、極力、排除できるように強度を材料強度で基準化した値とした。
㉟	基準化降伏強度 τ_y/F_m	$\frac{\tau_y}{F_m} = \frac{V_y \cdot 10^3}{A_w \cdot F_m}$	
㊱	基準化最大強度 τ_{max}/F_m	$\frac{\tau_{max}}{F_m} = \frac{V_{max} \cdot 10^3}{A_w \cdot F_m}$	

参考文献

- 菅野俊介, 大塚悠里, 小豆畑達哉 : 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—, 建築研究資料, 2022.3
(英語版については、建築研究所より BRI Research Paper として、出版する予定です。)
- Sugano S., Otsuka Y., Azuhata T. : Strength and deformation of masonry walls subjected to lateral forces - review of existing test data, 17WCEE, 2021.9-10
- Riahi Z., Elwood K.J., Alcocer S.M. : Backbone model for confined masonry walls for performance-based seismic design, Journal of Structural Engineering, Vol.135(6), pp.644-654, 2009.6
- Diaz M., Zavala C., Flores E., Cardenas L. : Development of analytical models for confined masonry walls based on experimental results in Lima city, Journal Tecnica, Vol.29, No.2, pp.23-29, 2019.7