

レンガユニットの諸構造特性に関する実験的研究

正会員 ○宇野 瑞穂* 同 櫻庭 柊士**
同 大石 健介** 同 崔 琥***
同 権 淳日****

組積造壁 面外静的載荷実験 面外最大耐力
3 段プリズム圧縮試験 押し抜き試験 3 点曲げ試験

1. 研究の背景および目的

アジア、南米、ヨーロッパなどの地震が多発する地域には、純組積造建物が多用されている。一方、この種の建物の耐震性能は他の構造形式に比べ相対的に乏しく、地震が発生すると常に甚大な被害を受けている。そこで本研究では、無補強組積造壁の面外方向の破壊メカニズムおよび耐震性能を明らかにすることを主目的に面外静的載荷実験を行った。本論文では、各種の材料試験を行い、無補強組積造壁の面外耐震性能を理論的に評価するための諸構造特性を明らかにする。

2. 材料実験

組積造壁の面外耐震性能を理論的に評価するためには、レンガ単体およびプリズムの最大圧縮強度、ヤング係数、ポアソン比および引張強度、目地モルタルの最大圧縮強度、ヤング係数およびポアソン比、目地モルタルとレンガ間の粘着力および摩擦係数などが必要である。これらの構造特性とそれに応じた材料試験を図 1 に示す。以下に、各材料試験結果をします。

2.1 レンガ単体圧縮試験

レンガ単体の最大圧縮強度、ヤング係数およびポアソン比を調べるために、レンガ単体の圧縮試験を行った。レンガ単体圧縮試験の様子および結果を写真 1(a)および表 1 にそれぞれ示す。最大圧縮強度はセメントレンガの平均値が 37.7N/mm²、赤レンガの平均値が 46.1N/mm²であり、赤レンガの方がセメントレンガと比べて 1.2 倍ほど高い結果となった。ヤング係数はセメントレンガの平均値が 0.30 × 10⁴N/mm²、赤レンガの平均値が 0.18 × 10⁴N/mm²であり、セメントレンガの方が赤レンガと比べて 1.7 倍ほど高い結果となった。最大圧縮強度は赤レンガがセメントレンガより大きく、使用した第 2 種レンガの 15N/mm²以上を遥かに超える結果となった。ヤング係数は、コンクリートの約 1/10 であることがわかった。

2.2 レンガ 3 段プリズム圧縮試験

レンガプリズムの最大圧縮強度、ヤング係数およびポアソン比を調べるため、レンガ 3 段プリズム圧縮試験を行った。レンガ 3 段プリズム圧縮試験の様子および結果を写真 1(b)および表 1 にそれぞれ示す。最大圧縮強度はセメントレンガの平均値が 20.8N/mm²、赤レンガの平均値が 22.2N/mm²であり、赤レンガの方がセメントレンガより 1.1 倍ほど高い結果となった。ヤング係数はセメントレン

ガの平均値が 0.66 × 10⁴N/mm²、赤レンガの平均値が 0.23 × 10⁴N/mm²とであり、セメントレンガが赤レンガより 2.9 倍ほど高い結果となった。レンガ単体と比較すると、最大圧縮強度は両方とも約 0.5 倍で、セメントおよび赤レンガのヤング係数は 2.2 倍、1.2 倍と大きくなった。これは後述する目地モルタルのヤング係数がレンガ単体の約 10 倍大きいことが影響していると考えられる。

2.3 押し抜きせん断試験

レンガに作用する軸応力度に応じて発現する目地モルタルとレンガ間の粘着力と摩擦係数を調べるため、導入軸応力度を 0, 0.5, 1, 1.5N/mm²とし、押し抜きせん断試験を行った。押し抜きせん断試験の様子および最大せん断応力度－導入軸応力度の関係を写真 1(c)および図 2 にそれぞれ示す。また、式(1)に導入軸応力度と押し抜きせん断応力度の関係式を示す¹⁾。式(1)に示すように、軸力が小さい区間では導入軸応力度と押し抜きせん断応力度の関係を直線補間で表せると仮定すると、導入軸応力度が 0 の時の押し抜きせん断応力度を粘着力、傾きを摩擦係数として求めることができる。セメントレンガと赤レンガの摩擦係数は 0.96 と 0.95 で、両者の摩擦係数は同程度の値となった。セメントレンガと赤レンガの粘着力は 0.92 と 1.67N/mm²で、赤レンガがセメントレンガと比べて約 1.8 倍高い結果となった。

$$\tau = \mu\sigma_0 + \tau_0$$
 (1)

ここで、 τ は押し抜き最大せん断応力度、 μ は摩擦係数、 σ_0 は導入軸応力度、 τ_0 は粘着力である

2.4 レンガ単体 3 点曲げ試験

レンガ単体の引張強度を調べるため、レンガ単体 3 点曲げ試験を行った。本試験は日本産業規格の耐火れんがの曲げ強さの試験方法を準用して行った²⁾。レンガ単体 3 点曲げ試験の様子および結果を写真 1(d)および表 2 にそれぞれ示す。支点となる鋼製ローラーの直径を 50mm とし、支点間距離は日本産業規格の耐火れんがの曲げ強さの試験方法では 200mm としているが、レンガの全長が 210mm であるため、本試験では 180mm として行った。引張強度は組積ユニットの応力分布と断面の応力分布状況より、実験結果を用いて式(2)から算出した。セメントレンガと赤レンガの引張強度は 4.8N/mm²と 5.3N/mm²で、赤レンガが若干高いもののほぼ同程度の値となった。また、レンガ

の引張強度は圧縮強度の約 1/10 になり、コンクリートの圧縮強度と引張強度の比と同程度の結果となった。

$$f_{bt} = \sigma_t = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{\frac{PL}{4}}{\frac{bt^2}{6}} = \frac{3PL}{2bt^2} \quad (2)$$

ここで、 M_{max} は最大曲げモーメント、 Z は断面係数、 P は最大荷重、 L は支点間距離、 t はレンガ厚である。

2.5 モルタル圧縮試験

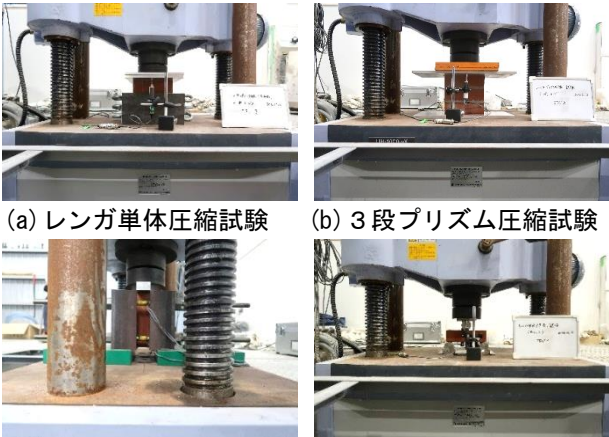
目地モルタルの最大圧縮強度、ヤング係数およびポアソン比を調べるため、Φ50mmとΦ100mmのモルタル供試体を用い、モルタル圧縮試験を行った。モルタル圧縮試験の結果を表1に示す。最大圧縮強度はΦ50mmの平均値が22.1N/mm²、Φ100mmの平均値が25.3N/mm²であり、Φ100mmの方がΦ50mmと比べて1.1倍ほど高い結果となった。ヤング係数はΦ50mmの平均値が1.88×10⁴N/mm²、Φ100mmの平均値が1.87×10⁴N/mm²であり、両者のヤング係数は同程度であった。ポアソン比はΦ100mmのみで算出しており、平均値が0.19とあった。モルタルのポアソン比は一般的な普通コンクリートの値と同様な結果であった。

3. まとめ

本論文では、無補強組積造壁の面外最大耐力および初期剛性などの面外耐震性能を理論的に評価するため、レンガおよび目地モルタルの材料特性とその関係を実験的に明らかにした。今後、これらの実験結果を用いて、無補強組積造壁の面外耐震性能を評価する予定である。

【参考文献】

- 1) 崔琰：無補強コンクリートブロック造壁を有する鉄筋コンクリート造建物の残存耐震性能に関する研究，東京大学大学院工学系研究科博士論文，2005
- 2) 日本産業規格：耐火レンガの曲げ強さの試験方法，R2213，1995



(a) レンガ単体圧縮試験 (b) 3段ブリズム圧縮試験 (c) 押し抜きせん断試験 (d) レンガ単体3点曲げ試験

写真1 各材料試験の様子

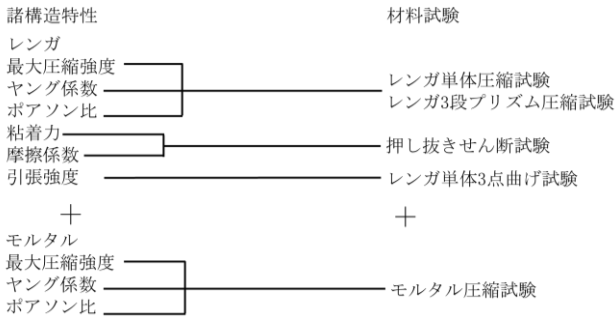


図1 必要な構造特性とそれに応じた材料試験

表1 最大圧縮強度、ヤング係数およびポアソン比

試験名	試験体種類	TEST	最大耐力 (kN)	最大圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 ×10 ⁴ (N/mm ²)	ポアソン比
レンガ単体圧縮試験	セメントレンガ	1	782.8	37.3	0.30	0.24
		2	787.8	37.5	0.32	0.21
		3	807.4	38.4	0.29	0.18
	赤レンガ	1	934.4	44.5	0.17	0.13
		2	1000.6	47.6	0.19	0.14
		平均	967.5 (33.1)	46.1 (1.58)	0.18 (0.012)	0.21 (0.024)
3段ブリズム圧縮試験	セメントレンガ	1	445	21.2	0.64	0.64
		2	448.4	21.4	0.72	0.72
		3	414.6	19.7	0.63	0.63
	赤レンガ	1	467	22.2	0.22	0.22
		2	487	23.2	0.21	0.21
		3	443.8	21.1	0.26	0.26
モルタル圧縮試験	Φ50	1	44.4	26.2	1.94	—
		2	47.2	24.0	1.90	—
		3	42.8	21.8	1.99	—
		4	37.8	19.3	1.80	—
		5	37.8	19.3	1.78	—
		平均	43.4 (5.32)	22.1 (2.71)	1.88 (0.081)	—
	Φ100	1	198.8	25.3	1.88	0.18
		2	196.2	25.0	1.87	0.18
		3	204.4	26.0	1.92	0.21
		4	202.4	25.8	1.79	0.18
		5	192.2	24.5	1.88	0.18
		平均	198.8 (4.4)	25.3 (0.55)	1.87 (0.043)	0.19 (0.012)

* () : 標準偏差

表2 レンガ単体曲げ試験結果

レンガ種類	TEST	最大耐力 (kN)	引張強度 (N/mm ²)
セメントレンガ	1	7.2	5.4
	2	6.0	4.5
	3	6.2	4.7
	4	6.4	4.8
	5	6.0	4.5
	平均	6.4 (0.45)	4.8 (0.33)
赤レンガ	1	6.4	4.8
	2	7.2	5.4
	3	7.0	5.3
	4	7.2	5.4
	5	7.8	5.9
	平均	7.1 (0.45)	5.3 (0.34)

* () : 標準偏差

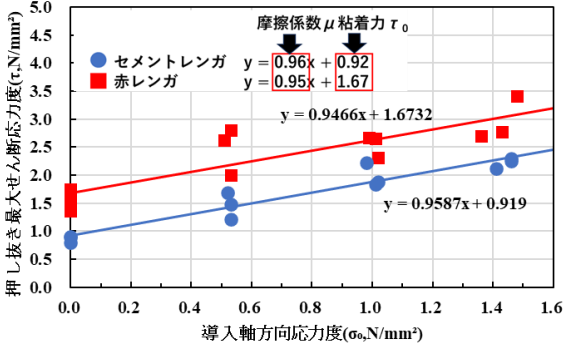


図2 最大せん断応力度-導入軸応力度の関係

* 静岡理科大学 学部生
 ** 静岡理科大学大学院 大学院生
 *** 静岡理科大学 教授・博士（工学）
 **** 大阪工業大学 講師・博士（工学）

* Undergraduate Student, Shizuoka Institute of Science and Technology
 ** Graduate Student, Shizuoka Institute of Science and Technology
 *** Professor, Shizuoka Institute of Science and Technology, Ph.D.
 **** Associate Professor, Osaka Institute of Technology, Ph.D.