

レンガ造構造物を構成する要素の圧縮強度試験

立命館大学大学院 学生会員 ○岸 祐介
 立命館大学 非会員 平郡 竜志 山本三友紀
 立命館大学 正会員 野阪 克義
 立命館大学 正会員 伊津野和行
 関東学院大学 正会員 北原 武嗣

1. はじめに

日本では明治から大正にかけてレンガ構造物が建設されたが、関東地震や濃尾地震で多くが被害を受けて失われた。被害を免れたレンガアーチ橋など、一部は現在も鉄道橋などに用いられているが、既に多くのものが改修されており建設当時の状態で残されているものは多くない。近年になって、これらレンガ構造物が近代化遺産として注目を集めているが、後世へより良い状態で受け継いでいくためには、経年劣化や外力の作用による被害状況を把握し、適切な補修・補強を行うことが必要である。

著者らはレンガアーチ橋に作用する応力の変化などを解析的に明らかにし、破壊性状などの検討を行った上でそれらに対する補修・補強方法を提案する研究を行っている。本研究は、材料特性の把握・破壊性状の確認を目的に構成要素であるレンガと目地（モルタル）、およびレンガ積み試験体の強度試験を行った。

2. 実験概要

セメントが国産化される以前に建設されたレンガ構造物では、凝結材として石灰が用いられているものや、モルタルの配合比率として砂を多く練り混ぜたモルタルが用いられていることが確認されている。そこで本研究ではモルタル試験体として、セメント、石灰および砂の配合質量比率が異なる 3 種類の目地材（モルタル）を用意し（表-1 参照）、φ50×100mm の円柱試験体を圧縮試験用および割裂試験用として作成した。

レンガ試験体は 210×100×60mm の 1 枚角の普通レン

表-1 目地材の配合質量比率

Type	セメント	石灰	砂
MO-103	1	—	3
MO-104	1	—	4
MO-113	1	1	3

ガと 105×100×60mm の半枚角を圧縮試験の試験体として使用した。

レンガ積み試験体は 2 段積みの状態を一枚角のレンガと半枚角のレンガ用い、目地に配合比率の異なるモルタルをそれぞれ使用して作成した。また、3 段積みの試験体を MO-103 のモルタル配合を行った目地材で作成した。

モルタルの圧縮試験は、本来 JIS R 5201「セメントの物理試験」に従うが、今回は試験体の形状を角柱体ではなく円柱体としたため、載荷速度のみ JIS R 5201 に従い、他の部分は JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に従った。また、割裂試験に関しては、JIS A 1113「コンクリートの割裂引張強度試験方法」に従った。載荷中、試験体の変形量は変位計によって測定した。

レンガの圧縮試験は、JIS R 1250「普通れんが」に記載されている方法を参考にした。ただし、今回の試験では試験開始の 24 時間前に水に浸ける作業は行わなかった。これは、レンガ積み試験体と条件を同じにするためである。載荷はレンガの上下面に鋼板（写真-1 参照）を置いて圧縮力を負荷させ、試験体の変形量を変位計によって測定した。

レンガ積み試験体の圧縮試験においても、JIS R 1250 に記載されている方法を参考にした。レンガの試験同



写真-1 実験の様子

キーワード レンガ, モルタル, レンガ積み, 強度試験

連絡先 〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学工学部 TEL045-786-7857

様に試験体の上下面に鋼板をおいて圧縮力を負荷させ、鋼板間の変位量を変位計によって測定した。

3. 実験結果

表-2, 3 にモルタル、レンガおよびレンガ積み試験体の強度試験結果および各試験体の試験体数を記す。表内の値は括弧内に記した試験体数の平均値である。まずレンガとモルタルの強度に着目すると、レンガの圧縮強度の方が3種類のモルタルのいずれよりも大きい値を示している。

配合比率の異なるモルタル同士で圧縮強度を比較すると、MO-103とMO-104では同程度の強度となることが確認できた。この2タイプと比べてMO-113では圧縮強度が半分以下の値となった。割裂試験においてもMO-113が最も低い値を示した。目地材の強度だけを比較すると石灰を用いた目地では引張・圧縮の強度が小さいため、他の2タイプを用いた場合と比較して小さい外力の作用で、目地部での破壊が生じやすい構造物となる可能性がある。

レンガは一枚角と半枚角とで焼成元が異なるため、それぞれ圧縮強度を算出した。レンガ積み試験体の結果を確認すると、一枚角、半枚角ともにモルタルの結果同様MO-113を使用した場合に、レンガ積み試験体の平均的な圧縮強度が最も低い値となった。半枚角においては試験体数が少ないが、砂の配合比率の多い目地材もMO-103の目地材を用いた場合に比べ圧縮強度は低い値となった。

表-2 モルタル試験体の実験結果

Type	引張強度	圧縮強度	弾性係数
MO-103	2.8 (6)	42.1 (6)	9743
MO-104	2.8 (6)	41.7 (6)	10669
MO-113	1.4 (6)	17.7 (6)	5512

単位：MPa（括弧は試験体数）

表-3 レンガ・レンガ積み試験体の実験結果

Type	圧縮強度	弾性係数
レンガ	一枚角	63.6 (6)
	半枚角	72.8 (6)
レンガ積み 2段 (一枚角)	MO-103	48.8 (3)
	MO-104	48.8 (2)
	MO-113	42.7 (3)
レンガ積み 2段 (半枚角)	MO-103	83.5 (1)
	MO-104	55.2 (1)
	MO-113	43.8 (1)
レンガ積み 3段	MO-103	44.9 (3)

単位：MPa（括弧は試験体数）

弾性係数に着目すると、レンガの弾性係数は3種類のモルタルいずれよりも剛性が低いことが確認できた。またレンガ積み試験体（2段のもの）の弾性係数を比較すると、MO-104を用いた場合に最も低い剛性を示し、MO-113を用いた場合に最も高い剛性を示した。これはモルタル単体における弾性係数の結果とは、異なる傾向を示している。筆者らはこれまで、既往の研究例を参考にレンガの方が目地材より高い弾性係数を有する条件で数値解析を行ってきたが、今後解析の実施においては今回の実験結果を元にパラメータを修正する必要があることが確認できた。

本実験結果より、セメント国産化以前の目地材を使用している構造物は、現行基準のモルタル（MO-103）を用いたレンガ構造物よりも圧縮力の作用に対して強度が低いと考えられる。レンガ構造物は多くの場合、せん断と曲げ引張による破壊が生じるが、圧縮力の作用に対しては、現行基準のモルタルをセメント国産化以前の構造物に用いることで、崩壊に至る危険度を低減できるものと考えられる。

レンガ、レンガ積み試験体の破壊性状では縦割れが生じていることが確認できた。レンガ積み試験体の圧縮強度がレンガ単体に比べて低下する原因として、レンガ単体は載荷時に上下を鋼板に挟まれるが、レンガ積みでは一方が目地層となるため拘束効果の変化により強度が低下したのだと考えられる。これは、2段積みに比べて3段積みで強度が低下している原因としても考えられる。また、レンガによる目地材への拘束効果により目地の応力状態が3軸応力状態へ変化し、レンガ積み試験体ではモルタル単体よりも圧縮強度が大きくなると考えられる。

4. まとめ

- 1) レンガと目地材の圧縮強度を比較すると、平均してレンガの方が高い圧縮強度を有する。
- 2) 目地材単体では、石灰を凝結材に用いたモルタルが最も圧縮強度が低い。
- 3) レンガ積構造の場合、目地材はレンガによる拘束効果によりモルタル単体以上の圧縮強度を示す。

また、今後はレンガ構造物のせん断方向への検討を進め、目地材とレンガの接着強度についても調べるとともに、補修・補強方法に関するケーススタディを行う必要がある。