

レンガ積み構造における基礎材料試験

鉄道総合技術研究所 正会員 ○田所敏弥
 鉄道総合技術研究所 正会員 鳥取誠一

1. はじめに

わが国の鉄道建設において、レンガ積みおよび石積み等の組積構造（図-1参照）はコンクリート構造が普及する大正時代まで大変重要な役割をなしてきた。そして、現在においても、レンガ積み等の旧式構造物は数多く存在し、かつ、その多くが供用されている。しかしながら、これらの旧式構造物の性能を適切に評価する方法はないのが現状である。そこで、本研究では、レンガ積み等の旧式構造物の挙動をシミュレーション可能なシステムを確立し、さらには、補修・補強について評価できる体系を構築することを最終的な目標としている。まず、研究の第一段階として、レンガ積み材料の要素試験を行った。



図-1 レンガ積み橋脚

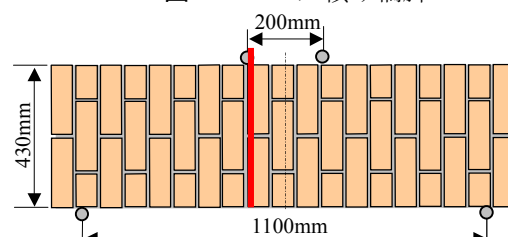


図-2a Aシリーズ

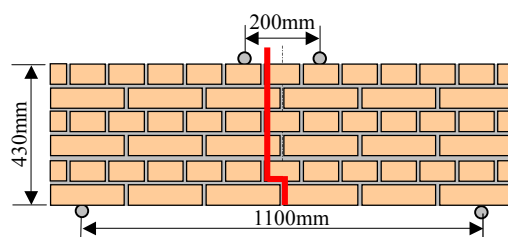


図-2b Bシリーズ

表-1 材料諸元

	接着強度, または引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
目地モルタル	1.39	1.87
レンガ単体	4.43 ¹⁾	8.10

1) 曲げ強度からの推定値

3. 実験概要

本実験では、レンガ積みの方向をパラメータとした。橋脚等における水平方向の目地切れを模した A シリーズと鉛直方向の目地切れを模した B シリーズの曲げ試験を行った。なお、レンガの積み方によらず外形寸法が同一になるよう目地厚を調整して供試体を製作した。供試体の幅は、430mm である。また、レンガ積み材料の再現性を確認するため各シリーズとも 2 体ずつの試験を行った。供試体および材料の諸元を図-2a、図-2b および表-1 に示す。B シリーズにおけるレンガの積み方においては、鉛直方向および奥行方向において目地が一直線上にならないようにレンガを配置し、目地材には砂セメント質量比 2.3 配合のモルタルを用いた。載荷は 50mm の載荷板を用いた 2 点載荷によって行った。載荷状況を写真-1 に示す。

4. 実験結果

実験結果を図-3 および表-2 に、破壊面の状況を写真-2 および写真-3 に示す。図-3 および表-2 からわかるようにレンガの積み方によって 2 倍程度の

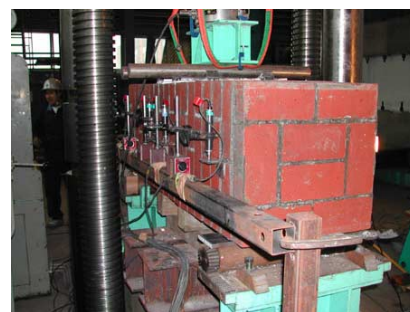


写真-1 載荷状況

キーワード: 旧式構造物, レンガ積み材料, 曲げ, 強度, 目地切れ

連絡先: 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所コンクリート構造 TEL : 042(573)7281

耐力差があった。破壊状況は、A シリーズにおいては、鉛直方向に目地切れが発生した。一方、B シリーズにおいては、目地は千鳥に配置されているが、破壊面は目地モルタルとレンガを直線的に横切っていた（図-2a, 図-2b 参照）。また、各供試体とも、等曲げ区間内において目地切れおよびひび割れが発生し、ひび割れの発生と同時に脆性的な破壊に至った。なお、供試体によるばらつきは耐力において A シリーズ、B シリーズともに 15% 程度であった。また、A シリーズの曲げ強度は、表-1 に示した目地モルタルの曲げ強度と比較すると 0.67 倍であった。これは、A シリーズの供試体高さは、材料試験で用いた試験片高さ 60mm と比較すると 7.16 倍であり、寸法効果に関する $1/4$ 乗則を適応すると A シリーズの曲げ強度は、材料試験の 0.61 倍になるため、寸法効果に起因すると考えられる。

ここで、A シリーズと B シリーズの耐力比と破壊面の材料の曲げ強度比、つまり、破壊面におけるレンガ部と目地部の面積比を考慮し、材料の曲げ強度を算出し比較した。A シリーズでは、破壊面が全て目地モルタルであるので材料の曲げ強度は、 1.87kN/mm^2 である。一方、B シリーズでは、破壊面を観察すると目地切れ領域が 58%、レンガの引張破壊領域が 42% であった。この面積比を考慮して材料としての平均曲げ強度を表-1 より算出すると 4.16kN/mm^2 となり、A シリーズの 2.22 倍となった。また、A シリーズと B シリーズとの耐力比は 1.99 となり、材料のばらつきを考慮すると破壊面の材料曲げ強度比と耐力比が一致するといえる。このように、破壊面が直線になる場合は、レンガ積み材料の強度は破壊面を予測することによって算定できることがわかった。

一般にレンガ積み材料においては、レンガ部と目地部において大きな強度差がみられる。本実験においても、レンガは目地の接着強度に比べ 4 倍近くの引張強度を有している。しかしながら、破壊は目地の接着切れではなく、レンガの引張破壊であった。これは、曲げ作用を受けるレンガ積み材料においては、図-4 の右図に示すように水平方向の目地モルタルがせん断抵抗しているためと考えられる。そのため、最小の破壊荷重となる破壊面は、本実験の場合、図-4 の右側の破壊面ではなく左側の破壊面であったと考えられる。ただし、目地材の材料特性値や応力状態に大きく依存する破壊面を特定するには、数値解析的手法に依らなければならない。さらに、橋脚等、軸力が作用するような応力場におかれるレンガ積み構造の耐力および破壊性状を精度よく予測するためには、任意の応力場における目地の接着に関する破壊基準が必要であり、離散型モデルでは目地要素、また、分散モデルでは目地を含んだレンガ積み材料要素の精緻なモデル化を行ってはじめて可能となる。

5. まとめ

- (1) レンガ積み材料においては、強度はレンガの積層方向に大きく依存することを確認した。
- (2) レンガ積み構造において、破壊面の形状が直線になる場合は、耐力が推定できることがわかった。
- (3) レンガ積み材料では、破壊面は強度の小さい目地部とは限らず、応力状態や目地材の材料特性により決定される。このため、レンガ積み構造の挙動を把握するには数値解析的手法が有効と考えられ、今後の課題として残された。

謝辞：実験に際し、東急建設技術研究所の伊藤正憲氏に多大な協力を得ました、ここに感謝の意を表します。

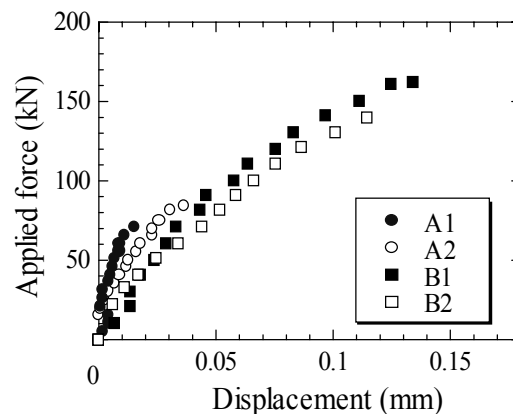


図-3 荷重変位関係

表-2 実験結果

	耐力 (kN)	曲げ強度 (N/mm ²)
A シリーズ平均	76.8	1.26
B シリーズ平均	150.6	2.52

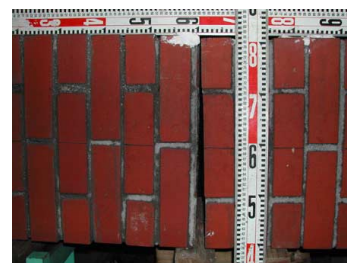


写真-2 A シリーズの破壊面



写真-3 B シリーズの破壊面

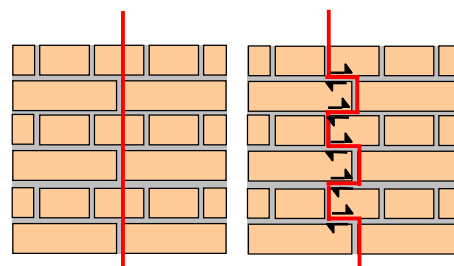


図-4 破壊面の形状