

## 経年 100 年以上経過したレンガ積構造物の各種強度試験

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○大口 亜希子  
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 佐々木 尚美

### 1. はじめに

レンガや石による組積構造は鉄筋コンクリート構造物に比べて耐震性能が低く、現在は新設されることのない構造物であるが、鉄道構造物においては大正～昭和初期を中心に建造され、現在も多く供用されている。

本稿では、既設 2 橋りょうのレンガ積橋脚から採取したコアについて圧縮強度、引張強度、弾性係数および付着強度の試験を行ったので結果について報告する。

### 2. 事前確認

事前にレンガの圧縮・引張・付着強度に関する文献(例えば 1)2)3)など調査を行った。構造物種別や試験条件、供試体の状況は様々であるが、約 280 件のデータについて分析を行った。

年代別および地域別に分類したレンガ単体、レンガ積・目地モルタルの圧縮強度を図-1 に示す。図に示すように、施工年代、地域ごとに有する特徴等を示すことはなく、ばらつきが大きいことが分かる。また、データ数は少ないものの引張・付着強度についても、圧縮強度同様、ばらつきが大きいことを確認した。

### 3. 試験概要および試験結果

関東にある A 橋りょうの 3 橋脚から各 6 本(計 18 本)、B 橋りょうの 1 橋脚から 8 本のレンガコア供試体を採取し、目地を含む φ100×200 のコアを整形し、圧縮および引張試験を実施した。圧縮試験の際、供試体にひずみゲージを貼り、弾性係数を測定している。また、付着試験の供試体は A 橋りょうから採取したレンガコアを整形し、3 体採取し実施した。なお、レンガコア供試体の採取箇所は橋脚内で最も表層劣化が見られる箇所を選定した。

#### (1) 強度・弾性係数について

表-1 に、供試体の圧縮および引張強度を示す。今回試験を実施した A 橋りょうは建設から 120 年近く、B 橋りょうは建設から 140 年近く経過した構造物であり、当時のレンガの製造技術による品質のばらつきや構造物の環境状態の違いにより強度差が見られた。

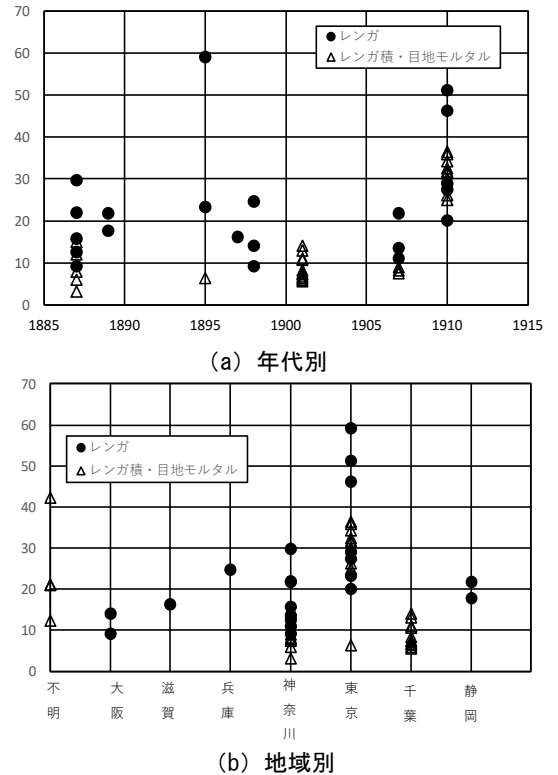


図-1 レンガ単体・レンガ積および目地モルタルの圧縮強度

表-1 圧縮・引張強度試験結果一覧

番号	寸法 直径×高さ	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	平均 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	平均 静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	平均 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
P1-1	φ100×200	26.9	10.2	27.7	11.8	1.41	1.3
P1-2	φ100×200	28.1	12.9			1.14	
P1-3	φ100×200	28.2	12.4			1.38	
P2-1	φ100×200	29.4	12.3	32.9	14.3	1.57	1.4
P2-2	φ100×200	36.9	16.6			1.42	
P2-3	φ100×200	32.3	14.1			1.30	
P3-1	φ100×200	26.4	11.1	29.0	11.2	1.64	1.6
P3-2	φ100×200	26.9	9.2			1.51	
P3-3	φ100×200	33.6	13.4			1.70	
P4-1	φ100×200	22.5	9.0	15.8	7.1	1.16	0.9
P4-2	φ100×200	14.0	8.0			0.70	
P4-3	φ100×200	19.6	7.8			0.95	
P4-4	φ100×200	7.2	3.7			0.68	

キーワード レンガ, 圧縮強度, 引張強度, 付着強度, 弾性係数

連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル 31 階 TEL 03-6851-0086

A 橋りょうの圧縮強度は、一般的な鉄筋コンクリート構造物で用いられている設計基準強度  $24\text{N/mm}^2$  を超えており、弾性係数は、 $9.2\sim 16.6\text{kN/mm}^2$  とコンクリートの  $1/2$  程度の値であった。一方、B 橋りょうの圧縮強度は  $7.24\sim 22.5\text{N/mm}^2$  となり、A 橋りょうよりも小さい値であった。

A 橋りょうの引張強度は、 $1.14\sim 1.64\text{N/mm}^2$  と比較的良好であったものの、B 橋りょうは 1 体を除いて  $1.0\text{N/mm}^2$  以下であった。図-2 に P4-1 と P4-4 供試体の試験終了後の状態を示す。図より、P4-1 はレンガ部が割裂しているが、P4-4 はレンガ内の目地部で割裂し、かつ、割裂面以外で損傷していることが確認できる。このことから、P4-1 の引張試験値はレンガ自体の引張強度値となるが、P4-4 の引張強度試験値は目地部の引張強度値と捉えることができる。P1～P3 シリーズの A 橋りょうについても、割裂面がレンガ部となる供試体とレンガ内の目地部となる供試体のどちらも存在するが、引張試験値に大きな差異は見られなかった。このことから、B 橋りょうの目地部が低強度となった原因は、雨水等による滞水時間が長く劣化しやすいことや、当時の施工状況等によるものと推定される。

A 橋りょうから得られた付着強度試験の結果を表-2 に示す。付着強度試験は、圧縮・引張強度試験で採取したコアの未使用分から製作したため、寸法は一致しない。試験は供試体の上下面を挟み、上下方向に引張破壊させ、最大荷重  $W$  (N) を測定し、付着面積で除することで付着強度を算出した。A 橋りょうの付着強度は  $0.41\sim 1.8\text{N/mm}^2$  と、若干ばらつく結果となり、圧縮・引張強度との相関性は見られなかった。

#### (2) 無筋コンクリート部との比較

B 橋りょうはレンガ構造と無筋コンクリート構造が混在する構造となっている。今回、無筋コンクリート部でもコアを採取し、圧縮試験を行った。図-3 に応力-ひずみ曲線を示す。図より、応力ピーク時のひずみはレンガがコンクリートを大幅に上回った。

#### 4. まとめ

(1) 供用 100 年を超えるレンガ積構造物において、採取したコアより作製した供試体の圧縮・引張・付着強度試験を行った結果、目地の環境状況や施工状況によるものと考えられるばらつきが見られた。

(2) レンガコアによる供試体の弾性係数はコンクリートコアによる供試体の弾性係数の  $1/2$  程度が大半であった。

(3) レンガの応力ピーク時のひずみはコンクリートより大きく、1.1 倍程度～2.8 倍程度であった。

#### 参考文献

- (1) 松田ら：既設レンガ部材の力学的性状について、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, pp.541～546, 1997
- (2) 田所ら：既設のレンガ構造物の目地特性について、土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004.9
- (3) 木野ら：既設レンガ構造物から採取したコアの強度試験、土木学会第 56 回年次学術講演会, 2001.10



図-2 引張試験終了後の供試体の様子  
左) P4-1 右) P4-4

表-2 付着強度試験結果一覧

番号	付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	平均付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )
No.1	0.41	0.9
No.2	0.45	
No.3	1.80	

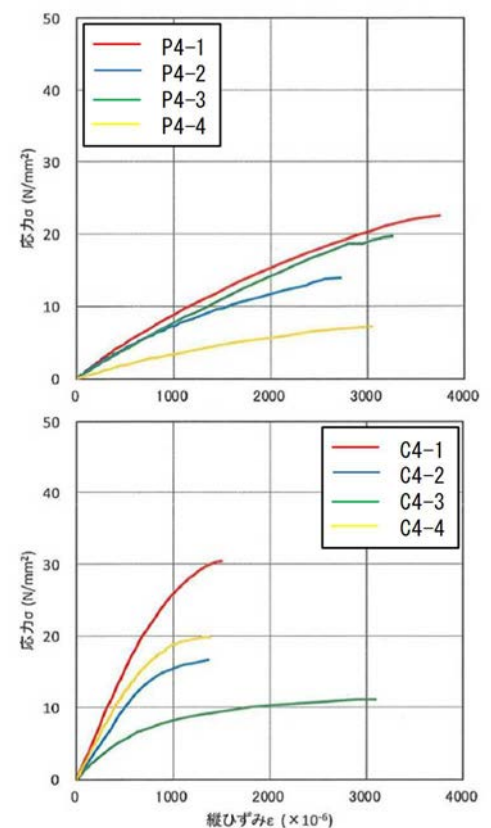


図-3 応力ひずみ曲線

上：レンガ 下：コンクリート