

立命館大学大学院 学生員 ○阿原 進也
立命館大学理工学部 正会員 伊津野 和行

1. はじめに

日本に現存する歴史的構造物には、明治初期に建設されたレンガ造のものがある。しかし、レンガ造構造物の耐震性評価に関しては研究事例が少なく、また補修補強方法も確立されていない。近くに活断層が存在する場合もあり、その耐震性をどのように評価し、どのように耐震補強していくのか、歴史的構造物の保存という観点から検討すべき課題も多い。本研究では、レンガ造連続アーチ橋を対象とし、載荷実験によるレンガの材料特性の測定および数値解析モデルによる固有値解析を行った結果について報告する。

2. 実験概要

JIS1250 にはレンガの強度による規定が一切ない。そのため、市販のレンガ 10 体について載荷試験を行った。用いたレンガは、約 $70 \times 100 \times 200\text{mm}$ (JIS 規格は $60 \times 100 \times 210\text{mm}$)の直方体である。レンガ一体に対し、表裏に水平方向と鉛直方向の合計 4 本のひずみゲージを取り付けた。また、上下面にセメントを塗ることにより、レンガの形状のばらつきによる偏心を可能な限り防いだ。写真 1 に実験状況を示す。

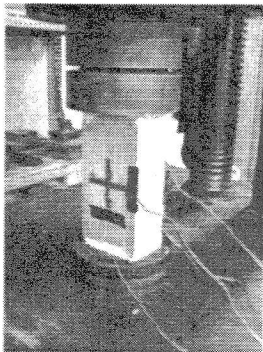


写真 1 実験状況

3. 実験結果

実験に使用した十体のレンガの計測結果を表 1 に示す。レンガは大きさのばらつきが大きい。一体のレンガにおいても厳密には直方体とはいえず、計測する部位によって寸法が異なった。これが密度のばらつきにつながったと考えられる。図 1 は供試体 1 における応力-ひずみの関係を示す。最大降伏応力の平均値が約 30MPa であったことから、その $1/3$ の 10MPa の割線剛性からヤング率とポアソン比を求めた。図 2 は実験から得られたヤング率、図 3 はポアソン比である。ヤング率は、平均 6450MPa 、標準偏差は 890MPa であった。ポアソン比は計測不良の 4 体を除き、平均 0.06 、標準偏差は 0.025 であった。

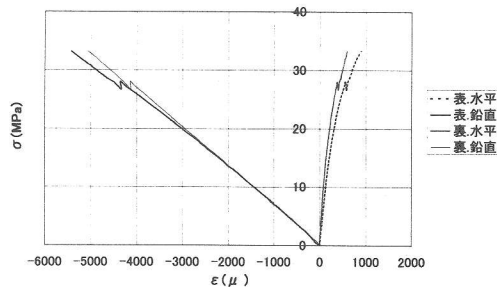


図 1 供試体 1 の応力-ひずみ関係

表 1 供試体の計測結果

	厚さ (mm)	幅 (mm)	長さ (mm)	質量 (g)	密度 (kg/m^3)
供試体 1	72.1	104.2	205.8	2974	1923
供試体 2	71.8	103.9	205.2	2968	1938
供試体 3	70.0	105.2	206.6	2934	1938
供試体 4	72.1	104.9	206.9	3009	1923
供試体 5	72.0	102.7	203.1	2864	1908
供試体 6	71.9	102.7	204.1	2874	1907
供試体 7	70.5	104.1	205.0	2865	1905
供試体 8	71.9	104.1	206.4	2976	1927
供試体 9	72.5	104.3	206.3	2988	1915
供試体 10	69.6	102.8	204.5	2751	1879
平均	71.4	103.9	205.4	2920	1916

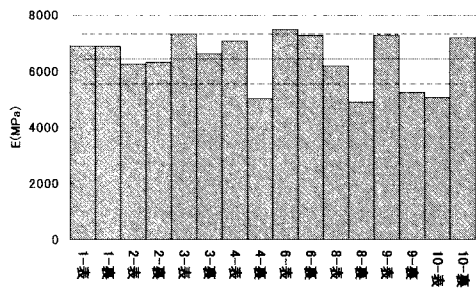


図2 各供試体のヤング率

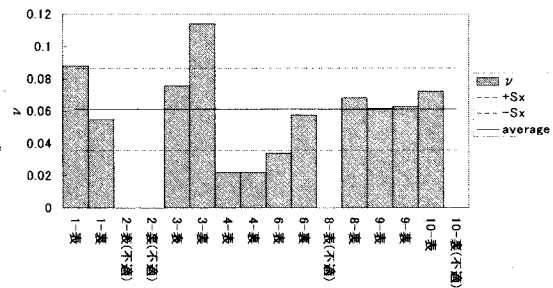


図3 各供試体のポアソン比

偏心を防ぐために上下面にセメントを塗ったが、完全に偏心を防ぐことができず、ばらつきが大きくなったものと考えられる。

これらの値は、建設材料としては低く、ヤング率もポアソン比もコンクリートの 1/3 程度しかない。しかし、破壊時における応力は 30Mpa であり、普通コンクリートと同程度である。また、破壊時のひずみは 0.005 となっており、コンクリートの終局ひずみ 0.0035 よりも大きい。コンクリートより剛性が低くポアソン比も小さいものの、強度も変形性能もある材料であることがわかる。

4. 歴史的橋梁の解析モデル作成

ここでは、レンガ造連続アーチ橋をモデル化し、前述したレンガの材料特性を用いて数値解析を実施した。実際の橋梁では、レンガのみではなく、レンガと石を使ったという記述があるが、内部状態の詳細な資料はまだ見つかっていない。また、使用されているレンガの材料特性も、本実験で使用したレンガとは異なることが考えられるが、世界遺産等に指定された歴史的構造物の場合、材料実験を実施することは困難である。そこで、材料特性についてはパラメトリックに変更して解析することを視野に入れ、ここでは前述の材料特性を使用した基礎的検討を行った。

図4に、モデル化した対象橋梁の図を示す。14 径間連続のアーチ橋となっており、上部に水が通る水路橋である。地盤は固定として、ソリッド要素を用いて FEM でモデル化した。

固有値解析結果を表2に示す。1次振動モードおよび2次振動モードは、端径間の揺れが卓越する局所的な振動モードであり、図4の3次振動モードが全体的に橋軸直角方向に揺れる振動モードである。地形の影響もあって橋脚高さがすべて異なっており、地震時の挙動も複雑であることが予想される。

今後は、材料特性を変化させてパラメトリックスタディを行うとともに、地震応答解析を実施して耐震性を評価していく予定である。

v1

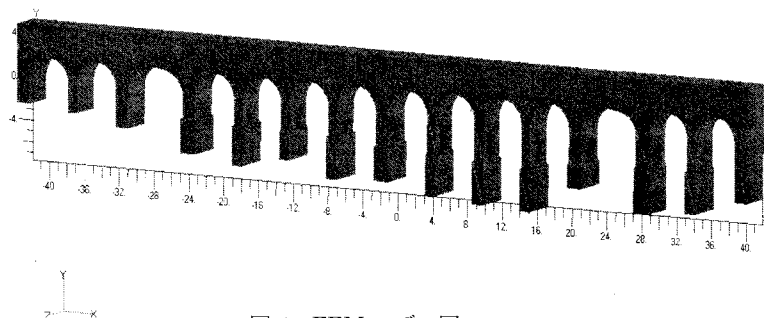


図4 FEM モデル図

表2 固有振動数

次数	固有振動数 (Hz)
1	2.49
2	3.73
3	4.73
4	5.15
5	6.99
6	7.59
7	8.05
8	9.02
9	9.15
10	11.06