

石レンガ構造物の耐震性能評価に関する基礎的研究

大成建設（株） 正会員 渡辺 和明
 東海旅客鉄道（株） 正会員 永尾 拓洋
 大成建設（株） 花里 利一

1. はじめに

石やレンガを材料とする旧式の橋脚・橋台は、明治後半から昭和初期にかけて数多く築造され、現在も健全に供用されている。盛土やRC橋脚等の鉄道構造物は、これまでも耐震補強が進められてきたが、石やレンガを材料とする旧式構造物は、その耐震性能評価法や有効な補強工法が確立されていないのが実状である。そこで筆者らは、旧式橋脚等の石レンガ構造物を対象とした耐震性能評価法の開発を目的に、石やレンガ等の材料特性、解析手法等に関する研究を実施している。このうち本稿では、解析手法について、既往の構造要素試験を対象に実施した数値シミュレーション解析の結果を報告する。

2. 耐震性能評価法に関する課題

石レンガ造橋梁は、1923年関東大地震をはじめ、過去の巨大地震で数多くの被害を受けてきた。2004年新潟県中越地震でも、在来線の旧式橋脚の石積みが剥落する等の被害が発生した¹⁾。これら地震被害の分析より、石レンガ造橋梁の主たる被害形態は、橋脚の切断・横ずれであることが明らかになっている²⁾。この被害形態の特徴は、写真-1に示すように橋脚の中間部（地表から橋脚高の約1/4～1/5の位置）で橋脚断面が水平方向に横ずれ移動を起こすことであり、橋脚の寸法形状によっては転倒にまで至っている。よって石レンガ造橋梁の耐震性能評価においては、このような変形挙動を適切に評価できる解析手法を適用する必要がある。また地震時変形挙動の把握は、軌道復旧や修復を考慮した耐震性能の設定という観点からも、耐震性能評価法の開発において重要な課題となる。



写真-1 関東大地震による橋梁被害

3. 構造要素試験のシミュレーション

本検討では、既往のレンガ壁体の現地載荷試験⁴⁾を対象に、静的FEMによるシミュレーション解析を実施し、解析に用いる構造要素の構成則、強度定数に関する基礎的検討を実施した。現地のレンガ壁体の載荷試験概要を図-1に示す。また載荷試験（計3体）より得られた荷重と頂部水平変形量の関係を図-2に示す。

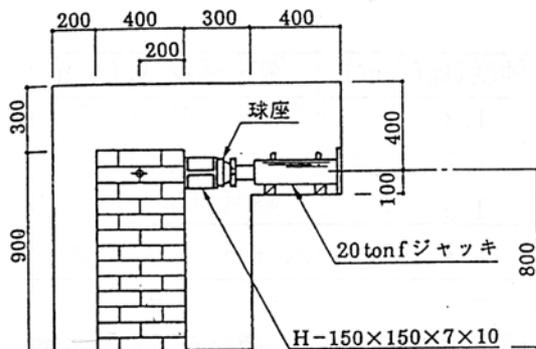


図-1 載荷試験の概要図⁴⁾

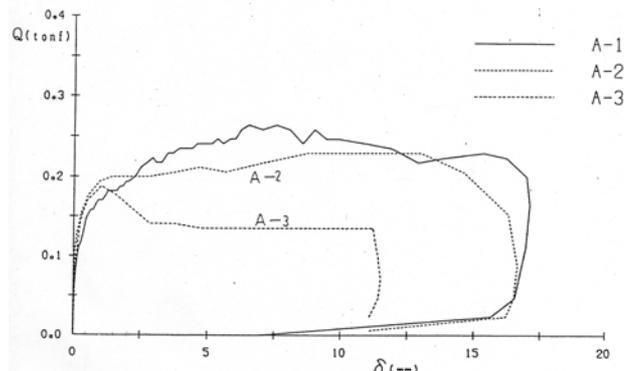


図-2 荷重～頂部水平変位関係⁴⁾

従来の研究の多くは、石レンガ構造物の解析において、鉄筋コンクリート用の構造解析プログラムを準用してきた。しかし石レンガ構造物は、既往の載荷試験結果からも明らかなように、横ずれのせん断挙動において

キーワード 旧式橋脚, 石積みレンガ造, 変形性能, レンガ構成則

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL 045-814-7231

亀裂の進展によると考えられる変形性能を有している。コンクリート構成則を用いた解析では、無筋構造物としてモデル化するため、このような変形挙動を適切に評価できない。そこで本検討では、解析においてレンガ構成則⁵⁾を適用することとした。解析コードは汎用FEMプログラムDIANAを用いた。

解析に用いる材料定数は、構造試験の際に実施された各種調査結果⁴⁾に基づいて設定した。ただし変形挙動に大きく影響すると考えられる目地を含むレンガ壁体の引張強度は調査されていない。そこで本検討では、構成則の適用性とともに、引張強度やその異方性の影響についても比較解析をした。表-1に解析ケースを示す。なおレンガ構成則の構成パラメータは、既往の研究成果⁵⁾を参考に一般的な値を設定した。

表-1 解析ケース

| Case | 圧縮強度 | 引張強度: f_t (MPa) | | 強度比 (引張/圧縮) |
|------|--------------|-------------------|------|----------------|
| | f'_c (MPa) | 水平 | 鉛直 | |
| 1 | 6.25 | 0.10 | 0.20 | 1/30 |
| 2 | 6.25 | 0.06 | 0.12 | 1/50 |
| 3 | 6.25 | 0.06 | 0.06 | 1/100 |
| 4 | 6.25 | 0.03 | 0.03 | 1/200 |
| 5 | 6.25 | 0.015 | 0.03 | 1/200 |

図-3に解析結果を示す。引張強度を圧縮強度の約1/100~1/200程度とした場合に、今回の荷重試験の最大荷重および定性的な変形性能を概ね模擬できている。なおこの比は、レンガの引張許容応力度を単体圧縮強度の1/80以下にするという既往の研究成果⁶⁾にも概ね整合している。また引張強度の異方性は、今回のような荷重試験では、影響度が低いと考えられる。

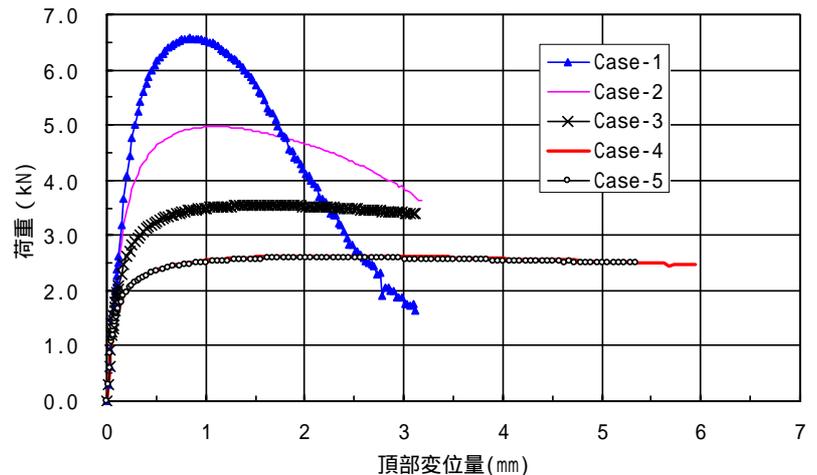


図-3 解析結果（荷重～頂部水平変位）

以上より、レンガ構成則によるFEM解析は、限られた比較検討ではあるが、レンガ壁体の変形挙動を概ね表現でき、石レンガ構造物の耐震性能を評価する上で、有効な解析ツールになる可能性があることが明らかになった。

4. まとめ

既往の構造要素試験に対するシミュレーション解析の結果より、耐震性能評価に用いる解析手法として、レンガ構成則の適用性が高いことが確認できた。またレンガ構成則の構成パラメータに適切な値を用いることにより、レンガ壁体の荷重～変位関係の最大荷重や変形特性を概ね模擬できることが明らかになった。なお目地部を含む構造体としての引張強度等、材料特性に関する調査についても重要な検討課題となる。そのため今後はレンガ構成則の構成パラメータに関する詳細な感度分析を実施するとともに、材料特性に関する調査も実施する予定である。

参考文献

- 1) 石橋忠良:新潟県中越地震における土木構造物の被害(鉄道施設),平成16年新潟県中越地震被害調査報告会概要集,pp67-72,2004年
- 2) 花里利一他:石レンガ構造物の耐震評価手法に関する研究-橋脚の震害の特徴と解析手法の検討-,第40回地盤工学研究発表会投稿中
- 3) 関東地震大震災火災記念写真集
- 4) 佐々木晴夫:中央合同庁舎第6号館「赤レンガ棟」保存改修工事,歴史的建築物のレトロフィット実例集,pp48-57,建築学会東海支部,1998
- 5) Lourenco,P.B.:Computational Strategies for Masonry Structures, Doctor Thesis, Faculty of Engineering, University of Porto, 1996
- 6) 浦憲親:大正レンガ造建物の性状調査,日本大学工学部学術研究報告,pp145-166,1980