

レンガアーチ橋の非線形性を考慮した耐震性能評価に関する一検討

関東学院大学 正会員 ○岸 祐介
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

組積構造物の解析に関して、目地の強度が期待できないアドベ構造では個別要素法や不連続変形法が用いられることが多い。一方、目地にモルタルを用いたレンガ構造は有限要素法を用いることが可能である。しかし、レンガと目地をすべてモデル化してレンガアーチ橋の動的応答を求めた場合、多大な計算時間と処理容量を必要とする。

本研究では、有限要素法によって得た履歴特性を骨組構造解析のパラメータとすることで、多径間レンガアーチ橋の動的応答を簡易的に求めた。また最も応答の大きい箇所のみ単径間の有限要素モデルを用い、その応力状態を確認した。

2. 骨組構造解析

多径間アーチ橋の骨組構造モデル作成において、橋脚部における曲げモーメントー曲率関係の履歴モデルを仮定することが必要である。そこで単径間アーチ橋の有限要素モデルによる橋軸直角方向への荷重増分解析を行い、履歴モデルに用いる初期剛性、降伏ひずみおよび剛性低下率を求めた。解析には汎用有限要素解析ソフト Marc を使用した。境界条件は両側の橋脚底部の並進方向への運動を拘束し、橋脚の橋軸方向への運動も拘束した。その上で、単径間アーチ橋モデルに橋軸直角方向への载荷を行った。図1に有限要素モデル、図2に曲げモーメントー曲率関係を示す。

地震時の動的応答に関して検討を行うにあたり、多径間アーチ橋を梁要素による骨組構造でモデル化した。解析には汎用構造解析ソフト TDAP III を使用した。モデルを図3に示す。径間数は14径間とし、スパン長はFEMモデルにおける隣り合う橋脚の中心間距離5,415mmとした。入力地震波には、レベル2地震動のII種地盤波タイプ2を使用した。

レンガ積み構造は引張で破壊が生じて、圧縮時に亀裂が閉じれば圧縮に対する強度が確保される。その

表1 初期剛性、降伏曲率および剛性低下率

初期剛性	14,543 MPa
降伏曲率	7.2×10^{-4} (1/m)
剛性低下率	0.013

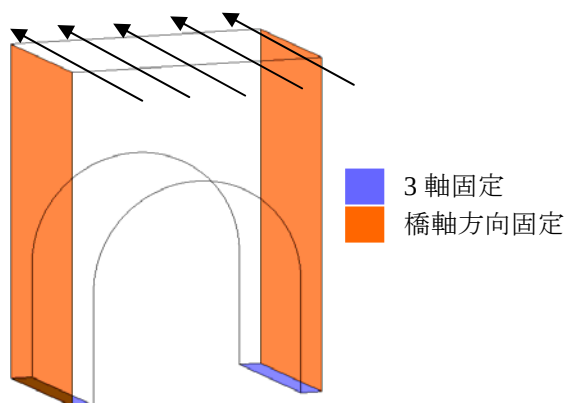


図1 FEMモデル

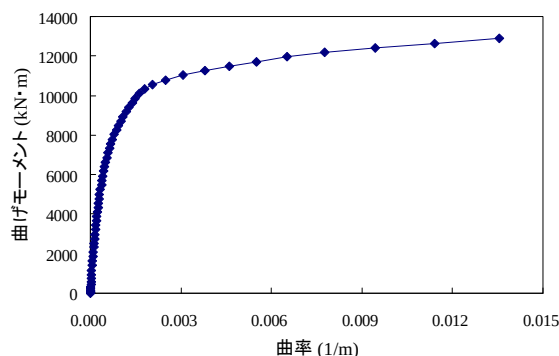


図2 FEMモデルの曲げモーメントー曲率関係

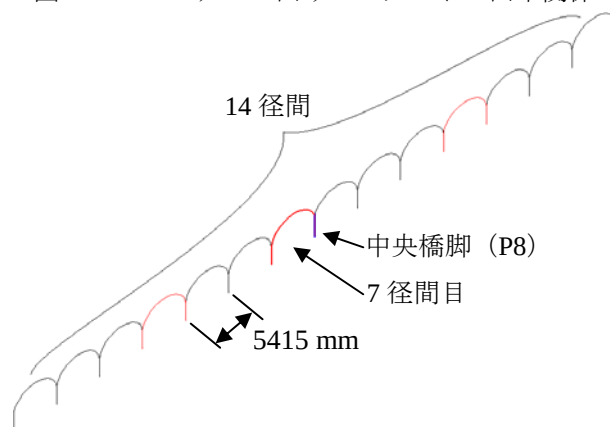


図3 多径間アーチ橋の骨組構造モデル

キーワード 組積構造, アーチ橋, 有限要素法, 骨組構造解析

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 kishi@kanto-gakuin.ac.jp

ため、骨組構造モデルに用いた曲げモーメントー曲率関係の履歴特性モデルとして、既往の実験結果を参考に剛性劣化型（修正武田型）を採用した。初期剛性、降伏ひずみおよび剛性低下率は表 1 に示した通りの数値を用いている。また、動的応答に非線形性を考慮した影響がどの程度表れるのかを確認するため、初期剛性のみを有する弾性モデルを用いた解析も行った。

3. 解析結果

図 4 は骨組構造モデルにおける時刻歴応答加速度を示している。最大応答加速度に着目すると、非弾性モデルにおいては、最大値が弾性モデルに比べて低下していることから、剛性劣化の影響が明確に現れている。また時刻歴応答波形を確認すると応答の違いが振動開始初期の段階で表れていることから、振動開始初期で部材の非線形化が生じていると考えられる。

図 5 は骨組構造モデルの時刻歴応答変位を示している。弾性モデルでは変位量は 20 mm ほどであるが、非弾性モデルでは最大応答変位は 87 mm に達しており、非線形化の影響により 4.2 倍の応答値となっていることが確認できる。

以上を踏まえ、多径間アーチ橋の非弾性モデルから最も応答の大きかった 7 径間目を対象に、単径間アーチ橋の有限要素解析を行い、応力分布に基づいた破壊性状の検討を行った。

有限要素解析における境界条件として、拘束条件は橋脚底部の 3 軸並進方向の運動を拘束し、橋脚の橋軸直角方向面の橋軸方向への並進運動を拘束した。死荷重を作用させてから、アーチ橋を構成する全ての要素に橋軸直角方向への水平荷重を作用させた。

図 6 はアーチ橋モデルにおける主応力の分布および主応力のベクトル表記を表している。主応力に関して、正の値が引張、負の値が圧縮を示している。橋脚底部に着目すると、前面では引張の主応力が鉛直方向に作用していることが確認できる。引張による亀裂は引張主応力の法線方向に生じるため、図 6 からは亀裂の進展を予測することが可能である。

4. まとめ

本研究では多径間アーチ橋の動的応答を検討するために、2つの異なる数値解析手法を用いて検討を行った。その結果、次のような結果を得た。

①多径間アーチ橋の動的応答を検討に関して、非線形性を考慮するために、有限要素解析によってアーチ橋の曲げモーメントー曲率関係を求めた。得られた

結果を元に非線形の履歴曲線を仮定し、骨組構造解析を行った結果、レベル 2 地震動がレンガアーチ橋に作用した場合における部材の非線形化を簡易に確認できた。

②荷重増分解析による検討の結果、橋脚底部前面において引張主応力が広く分布することが確認できた。レベル 2 地震動が多径間アーチ橋に作用した場合、橋脚部から亀裂が進展する。

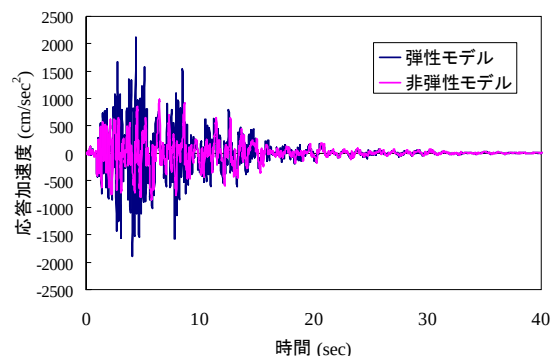


図 4 7 径間目のアーチ中央における応答加速度波形

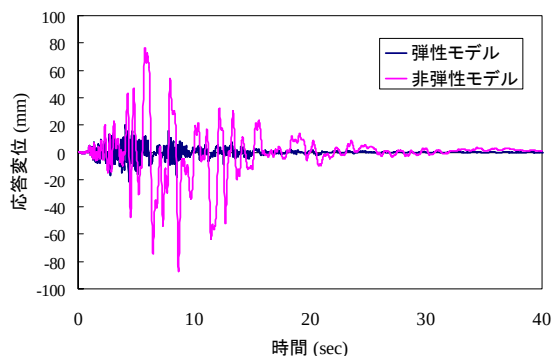


図 5 7 径間目のアーチ中央における応答変位波形

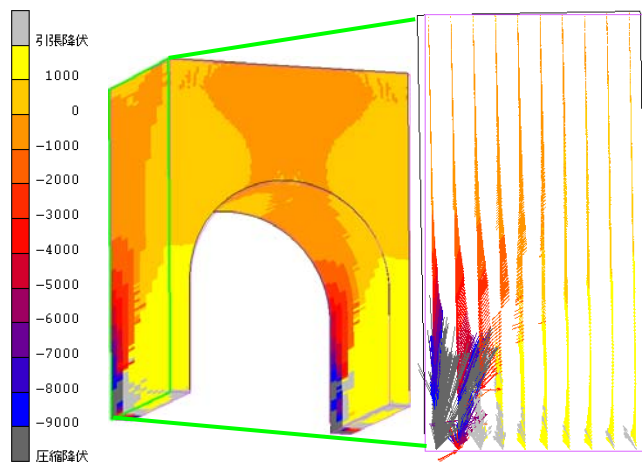


図 6 有限要素モデルにおける応力の分布

謝辞

本研究はグローバル COE プログラム「歴史都市を守る『文化遺産防災学』推進拠点」（立命館大学）の一環として実施されたことを付記する。