

J R東日本 東京地域本社 正会員○岩佐 高吉
東京地域本社 正会員 木村 俊雄
東京地域本社 正会員 深石 俊治

1. はじめに

東京レンガアーチ高架橋は明治43年に新橋・東京間の新線建設に伴い新設され、開設以来80年を経過した高架橋である。また経年のためレンガ目地切れ、沈下、ひび割れ、漏水等の変状が発生し必要な補修工事等の措置を行ってきたが、高架下用地を店舗、倉庫等に貸付けてあるため検査がしにくい状況となっている。

今まで、レンガ構造物に対する健全度の調査は検査ハンマーによる打音と目視による調査を主体として行ってきた。また、近年非破壊検査として超音波法、電磁レーダー法等を検討してきたが、レンガ構造物の特徴である目地材及びレンガの強度上のばらつきにより、有効な健全度判定の評価手法とはなり得なかった。

そこで、このような複合材で構築されたレンガ構造物の健全度評価を固有振動数の変化を用いた非破壊検査により、行ったのでその結果について報告する。

2. 振動試験概要

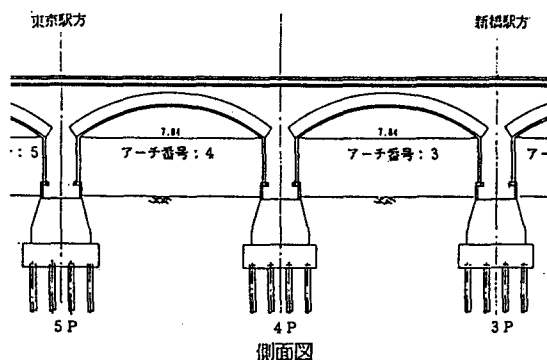
東京レンガアーチ高架橋の構造諸元を表－1に示す。また、今回の試験対象としたレンガ構造物は図－1に示す多径間の連続レンガアーチ高架橋で、径間長8 m、杭長5～7 m、単線断面の構造となっている。

振動試験方法はアーチクラウン天端に対する鉛直方向の重錘落下試験とし、重錘落下位置および測定点位置を図－2に示す。試験はサーボ型速度計を用いて、30 kgfの重錘による衝撃力作用時の高架橋各部の振動変位を測定し、得られた振動波形より1次、2次の固有振動数、振動モードを求めた。

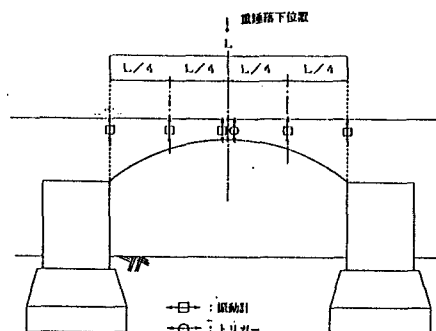
なおこの重錘落下試験は、アーチクラウン部および橋脚部の剛性の把握を目的とし、対象構造物の厚さに対する制約がないことおよび1回の測定で広範囲の検査が可能であり、高架橋下が店舗等に利用されている場合も内装等の撤去を行う必要がないことから適応可能な検査手法として選定した。

表－1 レンガアーチ構造諸元

高架橋名	径間数	径間長 (m)	線 別	基礎径長 (m)
丸根橋寄高架橋	24			
本郷橋寄高架橋	17			
麹町橋寄高架橋	21	7.23	複々線	5.4～7.2
第4有楽町線高架橋	23	8.00	複々線	3.8～6.3
第3有楽町線高架橋(山手線内側)	15	7.04	複線	5.4～6.3
第3有楽町線高架橋(京浜東北線北側)	10	7.04	単線	5.4～6.3
第2有楽町線高架橋	9	8.00	複々線	7.2～10.6
第1有楽町線高架橋	13	11.0～12.0	複々線	7.2～10.6
山手山下町線高架橋	21	12.00	複々線	10.6～16.2
内幸町線高架橋	10	11.40	複々線	7.2
二重町線高架橋	5	8.00	複々線	7.2
島根町線高架橋(京浜東北線南側)	21	7.30～7.04	単線	7.2
島根町線高架橋(山手線内側)	21	7.30～7.04	単線	7.2
島根町線高架橋(京浜東北線北側)	21	7.30～7.04	単線	7.2
日勝町線高架橋	9	8.00	複々線	5.4
第2総武町線高架橋	6	8.00	複々線	9.0
第1総武町線高架橋	6	8.00	複々線	5.4



図－1 レンガアーチ高架橋一般図



図－2 重錘落下位置及び測定点位置

3. 試験の分析・評価法

健全度判定のための分析として、フーリエスペクトルを用いた周波数分析を行い1次、2次の固有振動数を求めるとともに振動モード図の作成を行った。

レンガアーチ高架橋の健全度評価は、次の3手法により比較検討し判定を行うこととした。

- ① 高架橋の1次と2次の固有振動数と重錘落下時の振動モード図から変状の発生箇所を推定し、その変状発生箇所ごとの固有振動数の限界低下率図を用いて、1次の固有振動数の低下率が健全な領域か不健全な領域にあるかを判定することによる。
- ② 固有振動数を用いた変状の発生箇所の推定は、1次の固有振動数の低下率と2次の固有振動数の低下率を比較し、変状の発生位置がアーチ部の変状か脚または基礎部の変状かを判定することによる。
- ③ 振動モード図を用いた変状の発生箇所の推定は、高架橋のき裂変状を考慮したモデルの固有振動モード並びに重錘落下試験のシミュレーション解析によって得られた瞬時モードとを実測して得られた固有振動モードと比較し判定することによる。

ここでの低下率とは、実測して得た固有振動数を重錘落下の振動シミュレーション解析で求めた「健全な高架橋」の固有振動数で除した値である。限界低下率図とは実測して得た1次の固有振動数をレンガが許容応力度限界となるようにアーチリブの有効断面を減少させてから重錘落下の振動シミュレーション解析により求めた1次の固有振動数で除した値（限界低下率）をグラフにプロットしてまとめた図である。

4. 試験の実測評価

試験実施箇所は健全度評価手法の実用性を確認するため、過去の資料を基にき裂、漏水箇所等の変状がみられる箇所を含めた烏森高架橋4箇所、第三有楽町高架橋2箇所の計6箇所について行った。その結果から1次の固有振動数の低下率を求め、限界低下率図に整理したものを図-3に示す。

この図から今回測定したレンガアーチ高架橋は、全て健全な領域に含まれている。しかし、烏森高架橋（NO.16）、第三有楽町高架橋（NO.4）の2箇所はともに固有振動低下率が1.0以下で不健全な領域に接近しており、き裂等の変状により健全度が低下していると推察できる。

また、烏森高架橋（NO.6、NO.16）の重錘落下試験により得られた波形から最大振幅発生時刻と同時刻の他の測点の振幅により作成した瞬時モード図を図-4に示す。この図から健全なアーチでは中央を中心に振幅の大きさが左右対称となっているが、不健全なアーチでは非対称の振幅を示している。これは、き裂等の変状箇所が存在することにより、重錘による振動伝達が異なるためであると考えられる。

5. まとめ

今回開発した健全度評価手法は、東京レンガアーチ高架橋に十分適用が可能となり、今後はこの手法を高度化させるため適用例を増やし、より充実させた信頼性の高い評価手法にしたいと考えております。

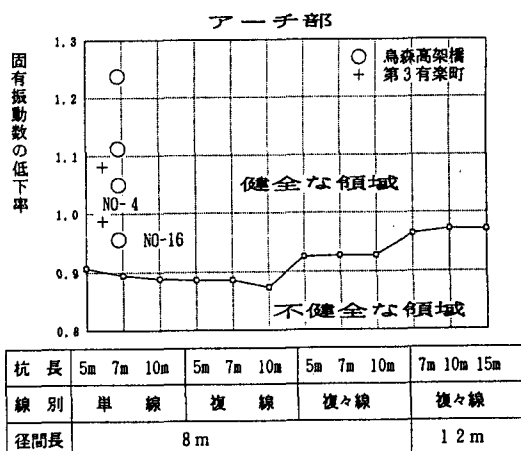


図-3 1次固有振動数の限界低下率図

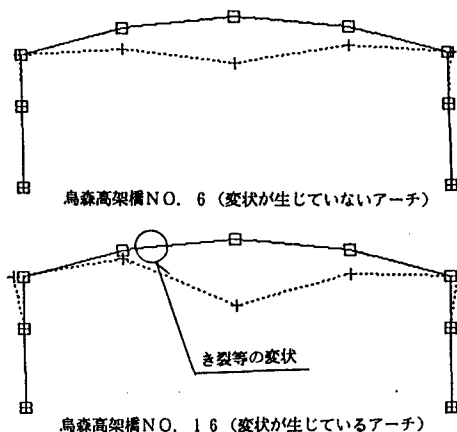


図-4 7-秒間最大振幅時のモード図