

旧式構造物の高次モードによる衝撃振動試験における健全度評価手法

東海旅客鉄道株式会社※1 ○正会員 高橋和也 正会員 船山和人 合渡典正
株式会社ジェイアール総研エンジニアリング※2 正会員 西村昭彦 正会員 木村礼夫

1. はじめに

従来から旧式構造物の検査は、目視検査及び打音検査を実施し健全度の判定を行ってきた。旧式構造物のうち石・レンガ積のような組積構造物の劣化は目地切れによることが多いので、目地部に着目した目視検査を実施してきた。しかし目地部の数が多いことや材料が均一でないことから検査に時間と労力がかかる。また、構造物内部の状況を確認する方法としてはコアボーリングなどでその状況を確認しているのが現状であり、簡易に定量的な判断を行うことは困難である。

そこで部材に対する衝撃振動試験を実施し、固有振動数および振動モードからレンガ積み構造等の旧式構造物の変状を把握する試みを実施したので報告する。

2. 衝撃振動試験方法

一般的な構造物の振動モードのイメージを図-1に示す。固有振動数および振動モードは、く体および基礎の剛性が影響するので、それらを分離するために一次モードのみでなく高次モードにも着目した。

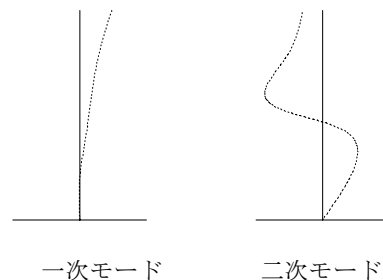


図-1 固有振動数のイメージ

3. 測定及び固有振動数の決定

過去の目視検査から、橋脚く体の水平目地部に目地切れが発生している橋脚(P4)と、同形状で目地部が健全である橋脚(P2)を選定し実橋測定を実施し固有振動数と健全度との関係を把握するものとした。ピックアップの取付け位置と打撃位置のイメージを図2に示す。水平方向の取付け位置は壁幅の中心を基本とした。ピック2とピック3は目地切れ部を挟むように設置し、打撃は各個所につき10回行うものとした。得られた応答スペクトルを図3に示す。構造物の固有振動数は振幅スペクトルの卓越振動数と位相スペクトルから決定する。

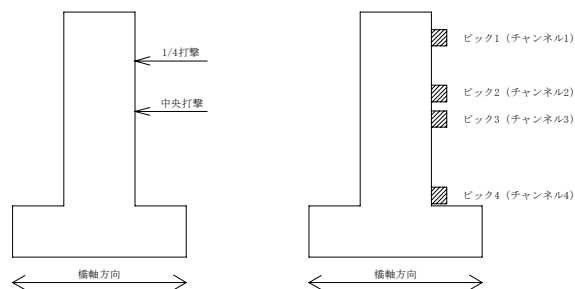


図2 打撃位置とピックアップの取付け位置

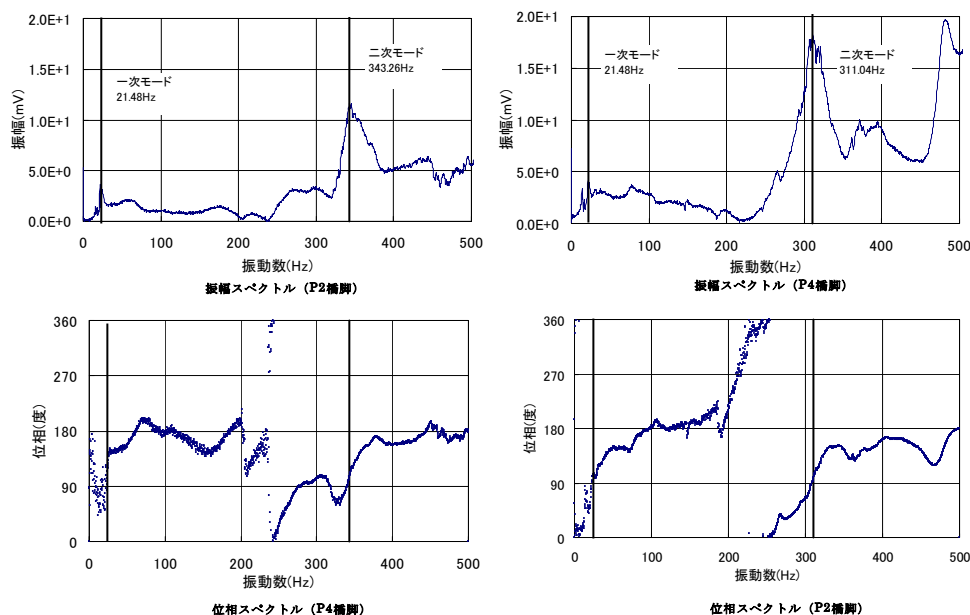


図3 健全な橋脚（P2）と目地切れの確認されている橋脚（P4）の応答スペクトル

キーワード：旧式構造物、衝撃振動試験、高次モード、目地切れ

連絡先 ※1：〒453-0801 愛知県名古屋市中村区太閤1丁目15-5 TEL052-451-7146

※2：〒185-0034 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL042-501-2603

4. 固有値解析

解析モデルを図-4に示す。このモデルに測定した固有振動数のフィッティングを行い、断面二次モーメントよりひび割れ深さの推定を行った。

手順は健全とされている P2 橋脚で測定した固有振動数をもとに、地盤バネおよび、土被りによる水平バネ等の拘束条件と、く体の剛性を変化させながら、一次モードおよび二次モードの固有振動数が実測値と一致するようなモデルを作成する。次にこのモデルを用いて目地切れのあった位置の剛性（上図のモデルでは③部材）を変化させ、P4 橋脚で得られた固有振動数と一致させた。図-5に P2, P4 橋脚の固有値解析の結果を示す。

健全な橋脚（P2）の③部材の剛性（ EI_1 ）を 1.0 とすると、目地切れ部の剛性（ EI_2 ）を 0.25 まで低下したモデルで、一次モードと二次モードの固有振動数が実測値とほぼ一致する結果を得た。

モデルと実測値が一致した時の剛性から材料のヤング率（ E ）、く体幅（ b ）を固定条件として断面高さ（ h ）を算出すると 428mm となる。健全な部材の断面高さが 680mm なので全断面のうち 252mm（約 37%）が目地切れを起こしているものと推定できる。

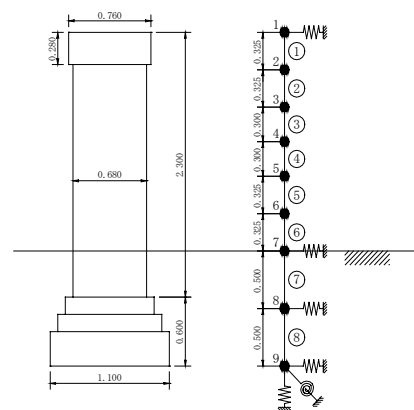


図-4 固有値解析モデル

5. 橋脚コア採取

実測した固有振動数より算出した目地切れ深さは 252mm であった。このことを検証するため、P4 橋脚の目地切れ部を含む位置で水平コアボーリングを実施した結果、確認された目地切れ深さは約 350mm であった。目地切れ深さは橋脚く体内でバラツキであると考えられるので、固有振動数より算出された値は概ね実際の目地切れ深さと一致すると考えられる。

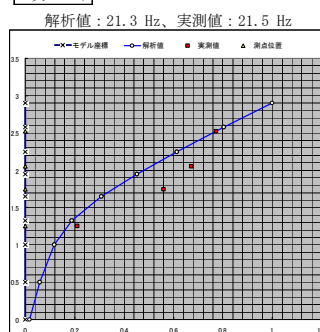
6. 結果および考察

P2, 4 橋脚における衝撃振動試験を行った結果、得られた固有振動数は一次モードでは $P4 = P2$ 、二次モードでは $P4 < P2$ であった。目視検査より目地切れが確認されている P4 橋脚の二次モードの固有振動数が低い値を示すことから、レンガ積み等の旧式の構造物において固有振動数および振動モードから構造物の劣化を把握できることが確認できた。

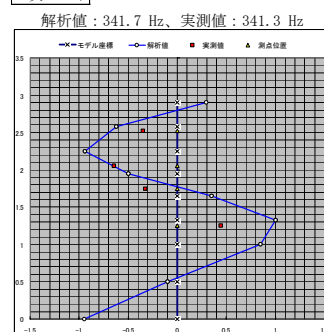
また、固有振動数から算出された目地切れ深さと、コアボーリングより確認された目地切れ深さの値も概ね一致したことから、高次モードの固有振動数を測定することでレンガ積等の旧式構造物に対する健全度の判定が可能であり、維持管理の上で有効な指標となりうることがわかった。

P 2 橋脚固有値解析結果

1 次モード

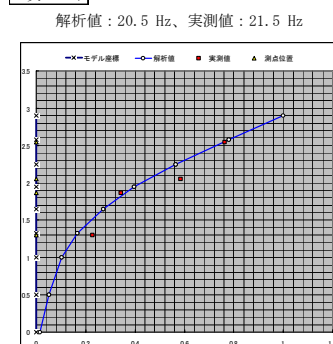


2 次モード



P 4 橋脚固有値解析結果

1 次モード



2 次モード

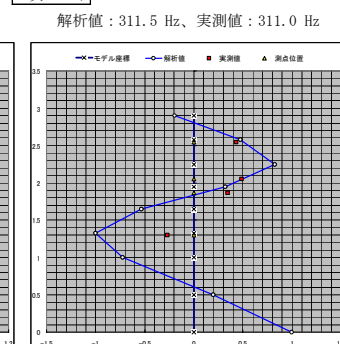


図-5 固有値解析モデル

7. おわりに

今回の検証の結果、衝撃振動試験により得られる固有振動数のうち高次モードを利用する事で組積構造物の劣化と固有振動数との間には相関があることが分かった。

今後は測定事例を増やしデータを集めるとともに、より精度の高い簡易で定量的な健全度診断方法を確立していく。