交通荷重による石造橋(袋橋)の動的挙動による安全性照査

長崎大学大学院　学生会員　○堀川聖太
長崎市道路公園部　非会員　岩永　洋
長崎大学工学部　フェロー　岡林隆敏

1. はじめに

長崎市には多くの歴史的橋梁が存在する．これらの橋梁は老朽化とともに交通量の増加により，損傷・劣化が進行している．特に車両通行がある場合の損傷が深刻である．そこで本研究では，車両通行による袋橋の現況調査を実施した．袋橋の交通による安全性を照査するために，平成 17 年 2 月 25 日，自動車荷重による振動実験を行った．目視点検によれば，石材の割れや変形が発生しており，損傷が進行していることが分かる状況になっている．長崎市指定文化財である袋橋の将来の保存を考えると交通遮断が望まれるが，このような視点から交通振動による安全照査を行ったものである．実験当時は 4 トンの重量規制（H17 年 9 月 1 日より総重量 2 トンの重量規制へ変更）を行っているが，その上限の荷重による振動実験を行った．

2. 対象橋梁

(1)対象橋梁：対象橋梁は写真－1 に示す袋橋である．袋橋は，1655 年頃に長崎市内に流れる中島川に架設された石拱橋(袋橋)で，中島川石橋群の中で最も下流側に位置していて，橋長 17.3m，径間 16.7m，幅員 4.35m の石造アーチ橋である．

(2)実験目的：袋橋では交通振動が体感される報告があり，通常石造橋は振動しないので，交通振動による振動計測を行った．実験の目的は次のように設定した．

①袋橋に交通荷重による深刻な振動が発生しているか．振動レベル
②振動の状況はどのようなものか．振動数，減衰定数，振動モード
③振動による損傷の発生．局所的な加速度の増幅，石の変位
④交通振動と常時微動の振動数の変化．振動数の振幅依存性
⑤振動性状からの石造橋の安全性照査．

図－1 に袋橋側面図及びセンサー設置状況を示す．載荷試験として，4 トントラックを使用した場合の走行試験を実施し，鉛直方向の振動数を求めた．

(3)実験日時：1 回目；2005 年 2 月，2 回目；2005 年 8 月の計 2 回の計測を行った．

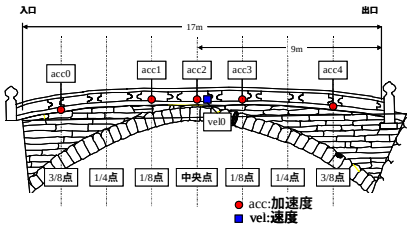
3. 振動特性システムの概要

構造同定手法として AR モデルと ERA 法[1)]を用いた．図－2 に構造同定手法による解析の流れを示した．振動特性推定プログラムは仮想計測器ソフトウェア LabVIEW で作成した．また，振動特性推定システムを図－3 に示す．

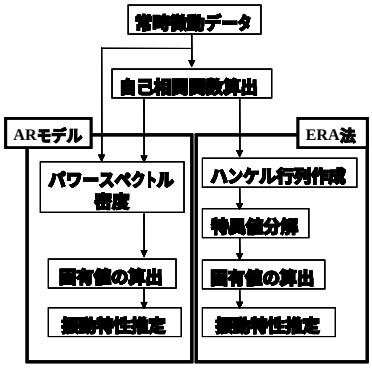
4. 実験結果・考察

今回，走行試験および連続計測により得られた加速度応答波形から，袋橋の振動特性推定を行った．両試験共に，サンプリング時間を 0.01(秒)とし，30 秒間のデータを 1 回区分とした．また連続計測は，

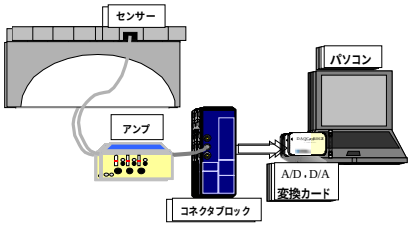
写真－1　袋橋全景



図－1　センサー設置状況



図－2　解析の流れ

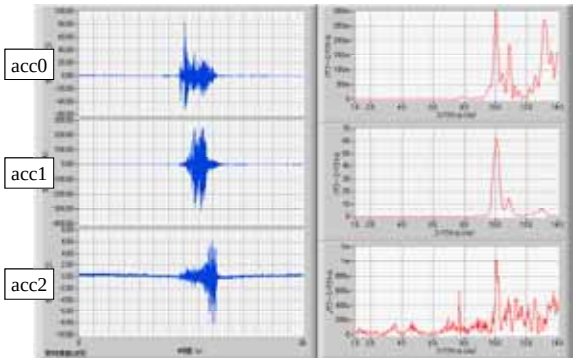


図－3　振動特性推定システム

支間中央部より得られたデータをもとに，振動数推定を行った．以下に試験結果とその考察を述べる．

(1)2005 年 2 月計測

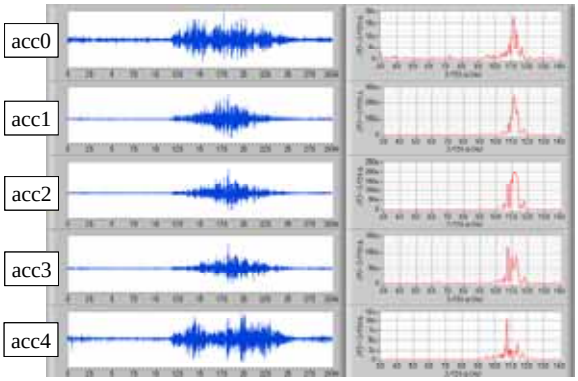
①トラック走行試験図－4 に示すのは，トラック走行試験により得られた各チャンネルにおける加速度応答波形と，その時のパワースペクトル密度関数である．中央部では 200gal 程度の加速度が発生していることが確認できた．これは，一般の橋梁における加速度が 100~200gal 程度であることを考えると，石造橋には考えられない程の大きな振動が発生していると推測される．またパワースペクトルより，各チャンネル共に 10Hz 付近で振動していることを確認した．



図－4　加速度計振動データ(2 月)

②連続計測

図－6 に示すのは，得られた加速度応答波形より推定された振動数の軌跡である．図より，袋橋は 10Hz 付近で振動していることが確認できた．

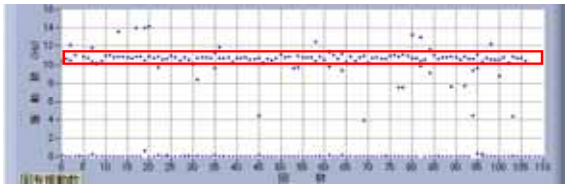


図－5　加速度計振動データ(8 月)

(2)2005 年 8 月計測

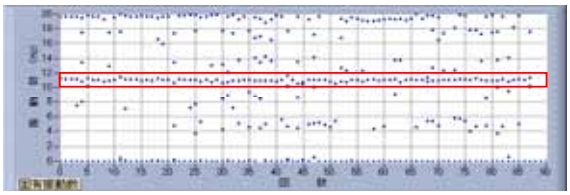
①トラック走行試験

図－5 に示すのは，トラック走行試験により得られた各チャンネルにおける加速度応答波形と，その時のパワースペクトル密度関数である．パワースペクトルより，各チャンネル共に 10Hz～11Hz 付近にピークが発生しているが，明確なピークを形成していない．これは，橋梁の振動とともに，路面の凹凸による車両の振動などの影響がでていると考えられる．


図－6　振動数推定軌跡(2 月)

②連続計測

図－7 に示すのは，得られた加速度応答波形より推定された振動数の軌跡である．図－7 より，袋橋は 10.5Hz 付近で振動していることが確認できた．


図－7　振動数推定軌跡(8 月)

走行試験より，顕著な振動が発生しており，比較的重量のある車両が走行することにより，石橋に経年的な損傷を与えていることは否めない．袋橋に比べて，４トン車の重量は重く，車両の重量や振動が，橋の振動に影響を与えている．これらのことから，袋橋は経年的，または季節ごとの振動特性の変化を把握し，定期的なモニタリングが必要である．

6. まとめ

本論文をまとめると以下のようになる．

(1)通常石橋が振動することは考えられないが，現在の袋橋は走行車両による振動が発生している．

(2)車両の走行による橋梁振動のスペクトルのピークは幅をもっており，通常の橋梁のように明確な単一のピークになっていない．

(3)車両の走行により袋橋が振動し，繰り返し応力が構成石材に作用することは望ましいことではない．

以上のことから袋橋の安全性を考えると，自動車交通を遮断することが望ましい．現状の規制重量（2 トン）を通行させる場合においても，定期的なモニタリングが必要である．

【参考文献】1)Jer-Nan Juang:Applied System Identification,PrenticeHall,1933,11