

PCホロースラブ上部工の構造ヘルスマニタリングに関する基礎研究

芝浦工業大学 正会員 ○片所 豪
OSMOS協会 正会員 門 万寿男
芝浦工業大学 正会員 勝木 太
芝浦工業大学 フェロー会員 魚本 健人

1. 研究背景と目的

2007年8月1日米国ミネソタ州ミネアポリス市で、ミシシッピ川に架かる州間高速道路橋が落橋するという事故が起きた。我が国も、高度経済成長である1960年代以降50年近く経ち、道路や鉄道に代表される社会基盤施設では、コンクリートの剥落など、経年劣化に伴う事故が頻発し、メンテナンスの重要性が報告されている。

本研究では、実橋梁に OSMOS・加速度計・変位計を取り付け、得られる動的データから橋梁上部工の劣化進行モニタリング及び、構造性能を評価するための手法を検討する。なお、計測精度の確認のため3次元 FEM 解析・Frame 解析で健全時の振動特性を把握する。

2. 解析内容

2-1. 3次元解析ソフト

設計図を基に座標・節点・材料特性をプログラム入力し、初期値として固有振動数・変位・応力を求める。図-1は動的荷重載荷時、最大変位の FEM 解析モデルである。

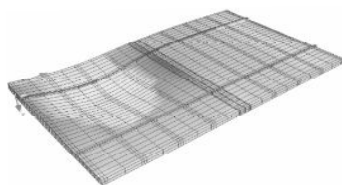


図-1 SOFiStiK

FEM 解析で求めた固有振動数の是非を判断するために FRAME 解析も行う。図-2は健全時の FRAME 解析モデルである。



図-2 FRAME 解析

3. 試験内容

3-1. 対象構造物

計測を実施した道路橋は、平成15年12月に架設されており、構造形式はプレテンション方式2径間連結中空床版である。

表-1 設計条件

橋 長	35.500m
荷 重	B活荷重
有効幅員	21.000m
支 間	2 @ 17.020m
縦断勾配	2.305% vcl=40m 2.500%
横断勾配	車道1.5% 歩道2.0%

表-1 に設計条件を記す。

3-2. 載荷方法

計測は 50t ラフタークレーン(車両重量: 38 t)の検測車輛を動的・静的の2通りで載荷する。その際の各輪荷重は静載荷時 93kN/m²、動載荷時 426kN/m²とした。図-3は検測車輛外観である。また、動載荷時、走行速度は 10・20・40・50km/h の4通りを用いた。

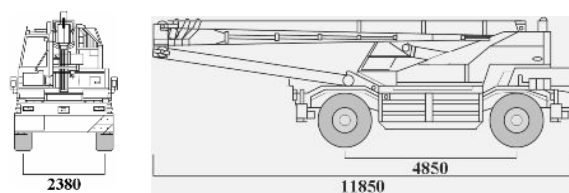


図-3 検測車輛図

3-3. 試験方法

計測内容は図-4に示す通りである。計測位置は A1-P1 径間の上り・下り線で、それぞれ車輛の輪荷重がかかる桁 (G-9/G-13/G-17/G-21) と重心がかかる桁 (G-11/G-19) 及び、支間中央 (S-2,3,4/S-6,7,8) と支承側 (S-1/S-5) にて OSMOS・加速度計・変位計を設置した。

計測方法は車輛通過後の自由振動時に生じる加速度及び変位を計測し、そこから得たデータを FFT 解析することで固有振動数を求める。また、サンプリング速度は OSMOS が 100Hz、加速度計・変位計が 50Hz とした。

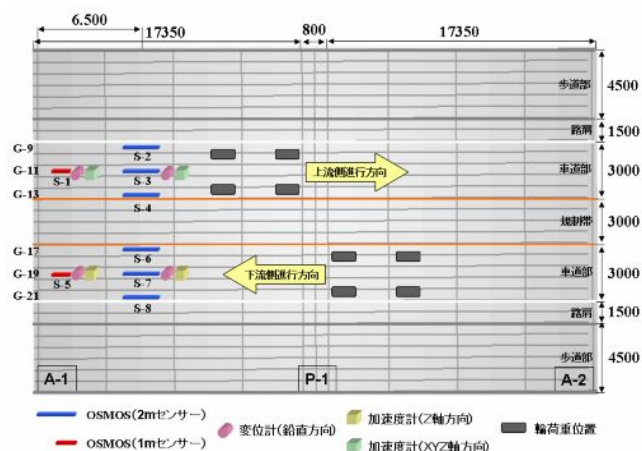


図-4 計測器設置情况

キーワード モニタリング、固有振動数、光ファイバ、加速度計、変位計

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL 03-5859-8359 E-mail : h04027@sic.shibaura-it.ac.jp

4. 結果・考察

現場計測では電源を発電機から取るため、電気ノイズが酷く、フィルタ（移動平均）を通して OSMOS や加速度、変位データを整理した。

まず、図-5 に加速度波形（上流動荷 50km/h 走行）の一例を示す。グラフから分かるように最大加速度が 0.08gal と極めて小さい。また、微かに自由振動を読み取れる程度であるため加速度からの高速フーリエ変換（FFT）は行わないことにした。

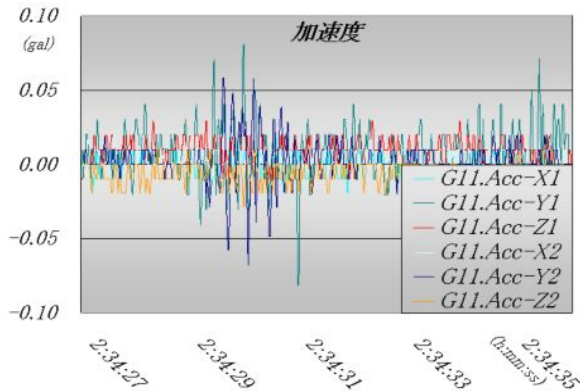


図-5 加速度計 50km/h 走行

次に、固有振動数の算出は OSMOS と変位データを用いた。図-6 は変位波形（下流動荷 50km/h 走行）の一例である。2:37:18 の通過以降に自由振動していることが確認できた。

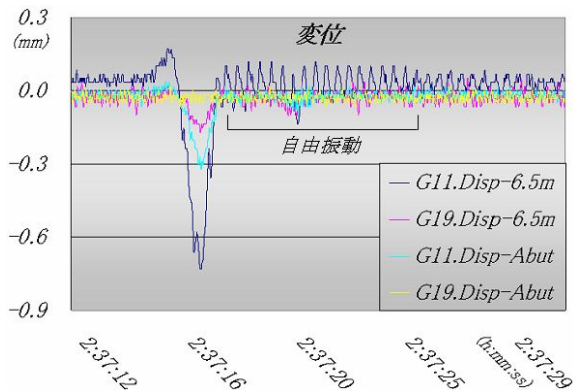


図-6 変位計 50km/h 走行

実測での変位と荷重よりバネ定数を求め、解析モデルに反映することで精度の向上を図った。その結果、健全時の固有振動数を $f_0=6.4\text{Hz}$ と推定した。

図-7 に無載荷時、全光ファイバセンサのたわみを FFT 変換したグラフを示す。

実測データではスペクトルが最大になる時の周波数が固有振動数なので、図-7 より固有振動数は $f=6.5\text{Hz}$ という、解析値とほぼ同等の値であることを確認した。

これは、架設後 4 年程経過した本橋梁の剛性が低下していないことを示すと推測する。

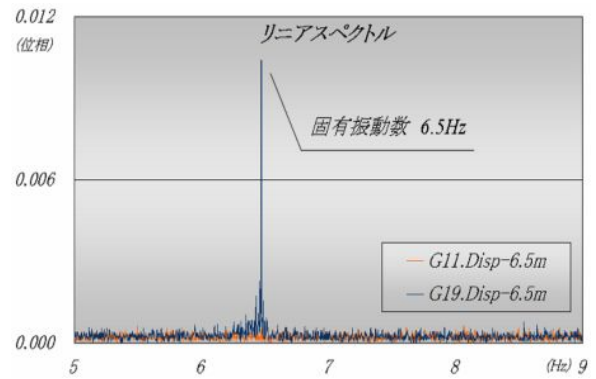


図-7 高速フーリエ変換

最後に、上流静荷時 OSMOS のたわみからひずみを計算し、出力したグラフを図-8 に示す。FEM 解析で得られた応力（静荷時） 0.8N/mm^2 とヤング係数 33000N/mm^2 を基に、ひずみ 24μ を算出した。FEM 解析と実測との差は 8μ だが、これは移動平均した結果の誤差と考える。

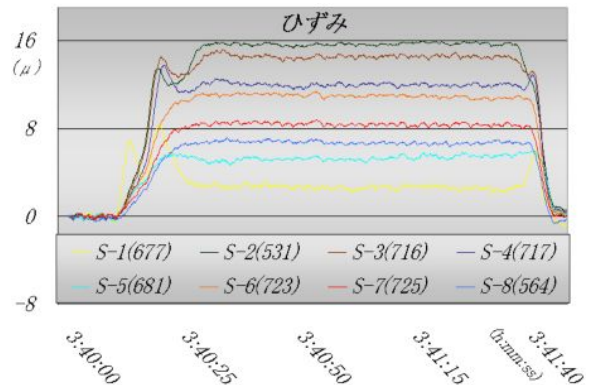


図-8 OSMOS

5. まとめ

本橋梁は固有振動数が低いため固有周期が長く、50km/h 程度の衝撃荷重では加速度が極めて小さかった。また、サンプリング速度を 50Hz（0.02 秒間隔）に設定したことも重なったため、加速度の振動波形及び減衰波形が十分に得られず、加速度からの FFT 変換は不可能と判断した。今後、固有振動数の解析が低く出た構造物を扱う際はサンプリング速度と走行速度を大幅に上げる必要があると考える。

一方、ゴム支承のバネ定数が未知であったが静的荷重とその最大変位からバネ定数の値が得られた。それを解析に代入することで、解析の精度を上げることができた。

解析で求めた固有振動数とひずみが計測結果とほぼ一致したので、今回のデータを初期値として今後モニタリングを続行していくことにする。

謝辞 本研究に関してご指導頂いた OSMOS 協会の阿南誠一氏、ならびにコサカ設計アソシエーツの上坂康雄氏に心より感謝いたします。