

画像解析技術を用いた斜張橋ケーブルの振動数測定

(株)長大 正会員 ○有井 賢次

パナソニック・システムソリューションズ・ジャパン(株) 天羽 千佳

山口大学大学院創成科学研究科 正会員 渡邊 学歩

山口大学工学部社会建設工学科 藤本 英太

1. 目的

インフラ施設の点検維持管理では、デジタル画像技術を利用した作業の効率化・高度化技術の早期の社会実装が課題となっている。特に吊橋、斜張橋などの長大橋においては、その立地条件や構造形状の特殊性により一般的な点検手法が適用し難いケースが多く見られ、点検作業のコスト抑制、交通規制時間の短縮や作業員の安全性確保などの課題がある。本研究では、近年盛んに研究が行われている画像計測手法を用いて斜張橋ケーブルの常時微動を測定し、加速度計による計測結果との比較を行うことにより、画像計測によるケーブル振動数測定の実用化に向けた精度の検証を行うことを目的とする。

2. 計測方法

計測対象とした橋梁は中央分離帯にケーブル定着部を有する一面吊りの鋼5径間連続斜張橋(表1, 図1)で、斜張ケーブル全18本の内、P3~P4径間の3本(C10, C14, C18[表2])を計測対象とした。計測はケーブルから約9m離れた歩道の上にカメラを設置し、ケーブルの真横から撮影を行った。撮影は2K(解像度:1920×1200)及び4K(解像度:3840×2400)の2種類(表3)を使用し、ケーブル面に貼り付けた汚れを模したターゲットを着目点として、デジタル画像相関法を用いて変位を追跡し、変位波形をFFT変換して振動数を求めた。また、加速度計をターゲットとほぼ同じ位置に設置して計測を行い、画像解析より得られた振動数との比較を行った。

表 1 橋梁基本諸元

道路規格	第4種第1級
設計速度	50km/h
荷重	B活荷重
幅員	車道:7.25m×2 歩道3.5m×2
主桁	3室箱桁から2室箱桁
主塔	逆Y型柱(塔高52.5m)
ケーブル	ファン形式(1面9段マルチケーブル)

表 2 計測対象ケーブル諸元

ケーブルNo.	C10	C14	C18
ケーブル種別	φ7mm×301本	φ7mm×283本	φ7mm×163本
ケーブル断面構成			
標準断面積	11600mm ²	10900mm ²	6270mm ²
破断荷重	18200kN	17100kN	9850kN
弾性係数	195000N/mm ²	195000N/mm ²	195000N/mm ²
ケーブル単重	956N/m	899N/m	520N/m

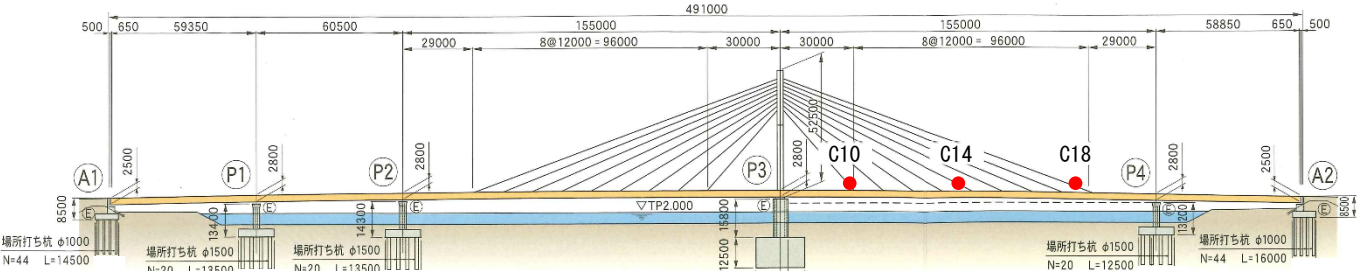


図 1 対象橋梁一般図

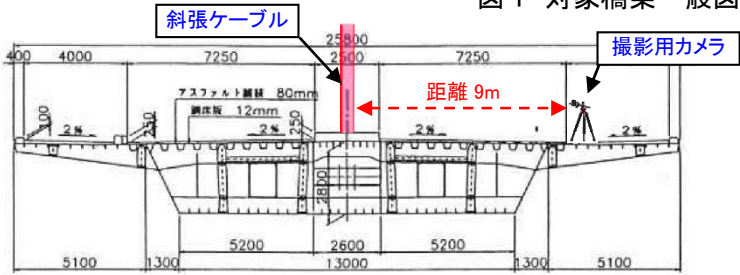


図 2 主桁断面とカメラ設置位置(近距離撮影)

表 3 撮影に使用したカメラの概要

カメラ種別	2Kカメラ	4Kカメラ
画角	1920×1200	3840×2400
fps	約87~139	約32

※4Kカメラの撮影は伝送速度等の制約上、画角を絞って撮影を行った

キーワード 画像計測, ケーブル, 斜張橋, 振動計測, 張力測定, デジタル画像相関法

連絡先 〒730-0051 広島県広島市中区大手町二丁目8番4号 (株)長大広島支社 TEL 082-545-6653

3. 計測結果と考察

C18 ケーブルの振動数計測結果及びフーリエスペクトルをそれぞれ表 4 及び図 3～図 5 に示す。フーリエスペクトルの結果は、加速度計測では基線補正を行い、画像計測ではフィルター処理は行っていない。加速度計測では 1 次から高次までのすべての振動数で明確なピークが確認できるのに対し、2K カメラ計測では 1～3 次(5 次も判別可能)でピークを確認できた。4K カメラ計測でも 1～3 次で明確なピークを確認でき、2K カメラに比べてより先鋭化したピークを確認することができた。

画像計測において高次モードが明確に確認できなかった理由は、橋梁歩道上にカメラを設置していることによる交通振動や風によるカメラ自身の振動が撮像に影響しており、ノイズが多く入り込んでいるためと考えられる。この影響を取り除くために、撮像中にある遠方の背景などの振動しない固定点との差分をとる方法を試みたが、今回の計測では両者に有意な差は見られなかった。

C14, C10 ケーブルでも同様の解析を行ったが、明確なピークが確認できたのは、C14 ケーブルにおける 2K カメラ計測の 1 次及び 2 次のみであり、他のケースでは明確なピークを確認することができなかった。これは、C18 ケーブルの 1 次卓越振動数が 0.87Hz であるのに対し、C14, C12 のそれは 1.24Hz 及び 2.26Hz と高く、今回の画像計測方法が高次振動を取得しにくいという上記の理由によるものと考えられ、今後の検討課題である。

4. まとめ

今回実施したデジタル画像相関法を用いた斜張橋ケーブルの振動計測では、次の内容を確認することができた。

2K, 4K カメラ撮像データを用いたデジタル画像相関法による振動数計測では、1 次から 3 次の低次モードでは、加速度計との誤差は最大で 4%である。また、2K カメラに比べて 4K カメラによる計測の方が先鋭化したスペクトルのピークを確認できたが、フレームレートとの関係など今後追加検討を行って高解像度カメラ計測の特徴を明らかにする必要がある。

一方で、画像計測では高次モードの振動数取得に課題が残された。高次モードの取得が既設橋梁の振動計測の効率化に大きく寄与する¹⁾²⁾³⁾ことを踏まえ、非接触型計測法の実用化による点検維持管理の効率化を目指して、今後は画像計測による高次モードの正確な取得方法の検討を進める必要がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、広島県東部建設事務所及び国土交通省福山河川国道事務所の関係者の皆様にご協力を頂きました。ここに記して厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 新家徹ほか：振動法によるケーブル張力の实用算定式について 土木学会論文報告集 第 294 号 1980 年 2 月
- 2) 頭井洋ほか：振動法によるケーブル張力实用算定式の補正 土木学会論文集 No. 525/ I -33, 351-354, 1995. 102)
- 3) 山極伊知郎ほか：ケーブル張力と曲げ剛性の同時推定法 R&D 神戸製鋼技報/Vol. 49 No. 2(Sep. 1999)

表 4 計測結果(C18)

ケーブル番号	C18					
ケーブル張力(設計値)	kN	2948				
ケーブル長(実長)	m	135.4				
モード次数	—	1	2	3	4	5
理論卓越振動数	Hz	0.87	1.74	2.61	3.48	4.36
加速度計	Hz	0.92	1.85	2.76	3.68	4.62
2Kカメラ	Hz	0.92	1.85	2.87	—	4.50
4Kカメラ	Hz	0.94	1.91	2.87	—	—

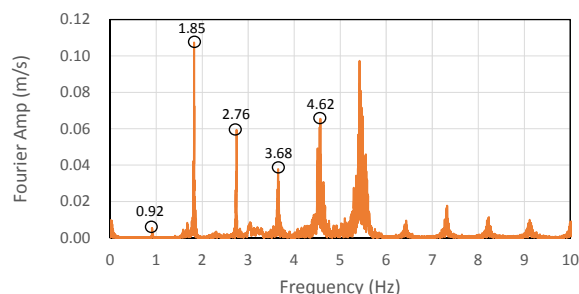


図 3 加速度計による計測結果

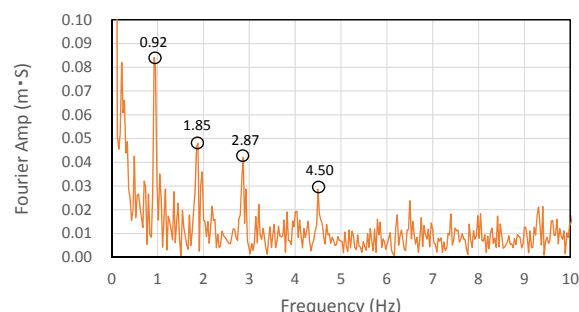


図 4 2K カメラによる計測結果

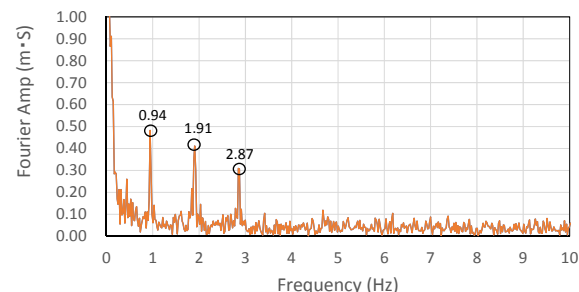


図 5 4K カメラによる計測結果