

異なる振動方法による斜張橋ケーブルの推定張力比較

株式会社ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 ○佐々木 裕貴 正会員 東田 典雅
 株式会社ネクスコ東日本エンジニアリング 北ノ園 久光 市来 由美子
 東日本高速道路株式会社 山口 恭平
 株式会社ワイ・シー・イー 正会員 松本 健太郎

1. はじめに

東水戸道路に位置する新那珂川大橋は、橋長 533.0m、主塔高さ 104.6m の2径間連続鋼床版箱桁斜張橋（中間橋脚付）である。本橋では、策定した維持管理マニュアルに準じて、5年毎にケーブルの振動数を測定して張力を求め、設計値と比較または経時変化から安全性を確認している。ケーブルの振動数の計測手法には、ロープ等による人力加振や起振器による強制加振、常時微動による手法などがある。

本報では、精度が良く効率的な張力推定方法を検証する目的で、異なる振動方法で推定した張力の比較結果について報告する。また、計測中に本橋近傍を震源とする地震が発生した。この地震のケーブル振動データも得られたので、参考として併記する。

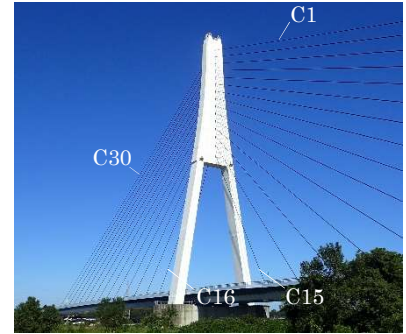


写真1 新那珂川大橋とケーブル No.

2. 測定方法

測定するケーブル諸元と振動種類を、表1に示す。測定ケーブルは、固定間距離が最大と最小の4本とした。振動方法は、風や車両通過による常時微動、ロープによる人力加振、起振器による強制加振の計3種類である。

表1 ケーブル諸元と振動方法

No.	ケーブル仕様	断面積 (cm ²)	固定間距離 (m)	設計張力 (kN)	振動方法		
					常時	人力	強制
C1	φ7mm×241本	151.75	260.752	3948	○	○	
C15	φ7mm×223本	145.27	63.111	2252	○	○	
C16	φ7mm×223本	145.27	62.928	2275	○	○	
C30	φ7mm×241本	151.75	260.222	3968	○	○	○

測定器構成を図1に、測定状況を写真2に示す。振動測定では、加速度計をケーブル長1/4以上を目標に取付け、振動計を介してデータロガーに収録した。なお、活荷重の影響を抑えるため、交通量の少ない夜間に測定した。

人力加振では、加速度計の下側にロープを設置し、地上で作業員が加振し、自由振動を測定した。一方、強制加振は、起振器で2~4次の周波数で加振（最大加振力0.5kN）し、自由振動を収録した。測定時間は振動数を十分な精度で得られるように、100Hzで常時微動328秒、人力加振および強制加振82秒とした。

測定で得られた加速度応答波形は、FFT処理により周波数に変換し、1~7次までの有効な周波数を次数で除した値（=n次振動数/n）を平均し、ケーブルの1次振動数 $\bar{\epsilon}$ とする。強制加振では、2~4次の周波数で加振し、得られた有効なデータで平均値 $\bar{\epsilon}$ を算出した。なお、本橋での張力管理は弦理論式より算出した張力で行っていることから、上記 $\bar{\epsilon}$ を用いて弦理論式により算出し評価することとした。

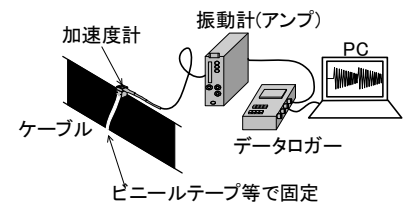


図1 測定器の構成

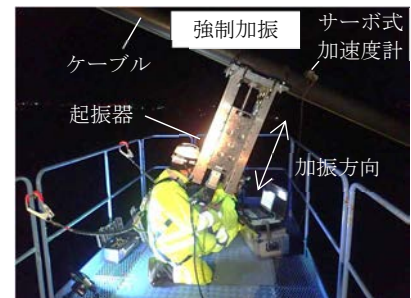


写真2 測定状況

キーワード 斜張橋, ケーブル, 張力推定, 振動法, 常時微動, 強制加振

連絡先 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里5-7-18 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング TEL 03-3805-7926

3. 測定結果

3. 1 加速度応答波形と卓越周波数

各振動方法による加速度応答波形を、図3に示す。常時微動では、他と比べて、加速度は小さく、車両通過の影響がみられる。人力加振は、常時微動よりも加速度は大きく、加振後の自由振動には減衰が確認できるが、波形には“うねり”がみられ、複数次数の振動が混合している。一方、起振器による強制加振（一例として、2次の固有周期を示す）、自由振動には減衰効果が明確に確認できる。

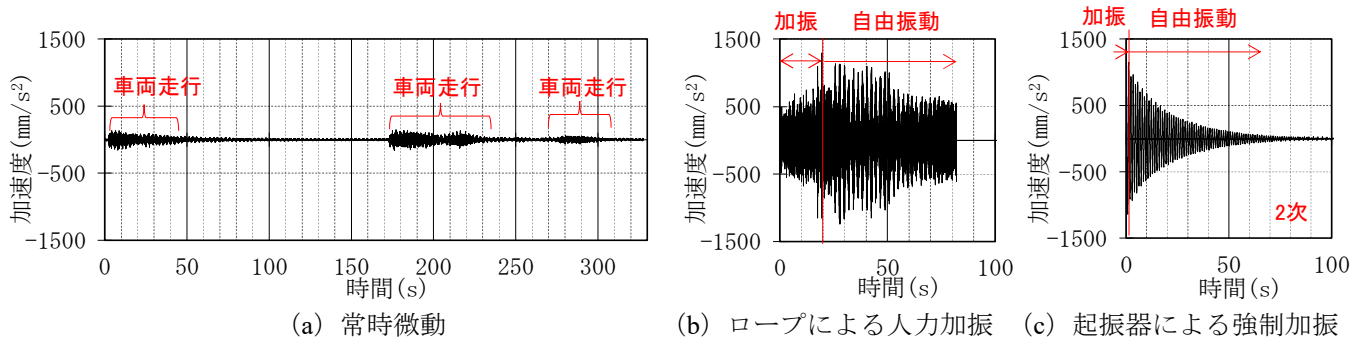


図2 各振動方法の応答波形 ケーブル C30

加速度応答波形をFFT処理したスペクトル図を、図4に示す。図中の赤囲みは、ケーブルのn次の固有振動数を示している。

常時微動および人力加振は、1~7次まで、固有振動がスペクトル図から読み取れる。強制加振では、2次で加振しているため、1~3次までの固有振動が読み取れる。

3. 2 推定張力比較

各振動方法のケーブル推定張力一覧を、表2に示す。

常時微動の推定張力は、人力加振と強制加振の±2%の範囲にあり、いずれの振動方法でもほとんど違いは見られない。

4. 地震波による固有振動数 (参考)

C6ケーブルの加速度を測定中に発生した最大震度4（本橋近傍で震度2）の地震による加速度応答波形を図5に示す。常時微動及び地震による加速度応答波形をFFT処理した結果、地震時のケーブル振動は水平方向の横揺れが卓越していたが、加速度応答波形が得られた上下方向のデータより固有振動数を算出した結果では常時微動と同程度の固有振動数となった。

5. まとめ

実橋で実施した振動法を用いたケーブルの張力計測から、異なる振動方法による張力の差はほとんど見られないことから、常時微動の計測により張力を効率的に推定可能であることが確認できた。今後、他の橋梁でも計測を実施して精度を確認していきたい。

参考文献

- 1) 新家ら：振動法によるケーブル張力の实用算定式，土木学会論文集，第294号，pp.25-32，1980.2.

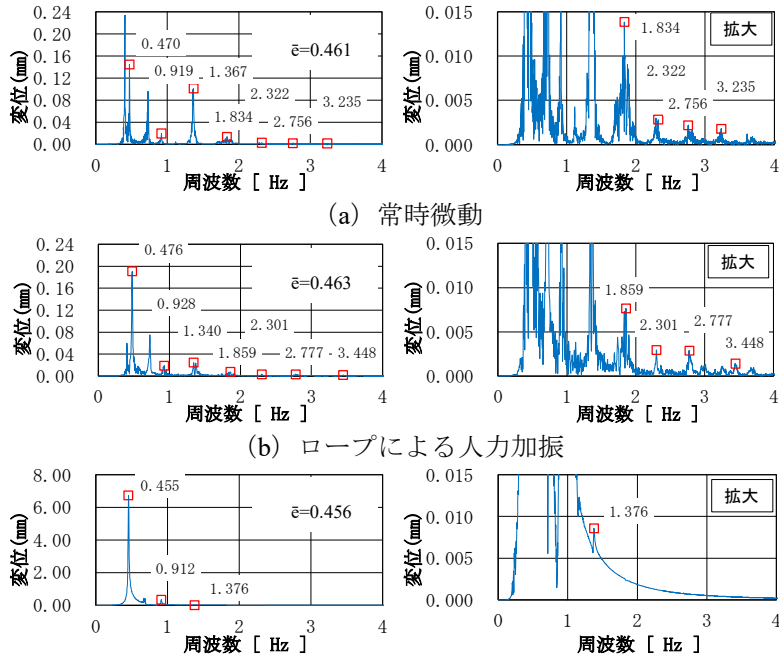


図3 スペクトル図 ケーブル C30

表2 推定張力一覧

No.	設計張力 (kN)	推定張力 (kN)			常時/常時/強制	常時/強制/強制
		常時	人力	強制		
C1	3948	4039	4036	/	100%	/
C15	2252	2420	2369	/	102%	/
C16	2275	2382	2408	/	99%	/
C30	3968	4159	4256	4062	98%	102% 105%

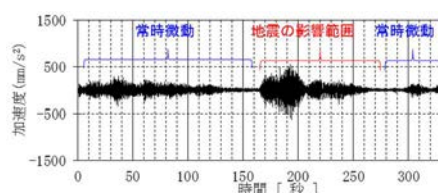


図4 地震波による応答波形