

斜張橋斜材の張力測定における温度変化の影響について

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 正会員 ○小野 聖久
 中日本高速道路 小保田 剛規, 大野 優華
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 小野山 利之, 大橋 亮介

1. はじめに

NEXCO中日本では、斜張橋およびエクストラードロード橋の維持管理を効率化するために、維持管理指針を作成している。指針では、斜材の張力を高次振動法¹⁾により定期的に測定し、初期値から変動がある場合には斜材の変状の詳細調査を行い評価する方法を示している。今回、NEXCO中日本管内の斜張橋で、指針に示す定期的な張力測定による健全度評価ではなく、長期間連続で高次振動法による張力を測定するモニタリングを行った。このモニタリングの結果、気温の変化についても斜材の張力測定結果に影響を及ぼす結果が得られたため、本稿ではこの影響について考察した結果について報告するものである。

2. 高次振動法による張力推定

高次振動法は、斜材に設置した加速度計の振動データの測定結果を用いて、斜材の曲げ振動の振動方程式から張力推定を行うものである。両端単純支持の場合には、固有振動数 f_i とモード次数 i との間に式1の関係が得られる¹⁾。

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^2} i^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} i^2 \quad (\text{式 1})$$

f_i : 固有振動数[Hz], i : 次数, T : 張力[N], EI : 曲げ剛性[N・m²],
 L : ケーブル長[m], ρA : 単位長さあたり重量[kg/m]

式1はモード次数 i に関する多項式となっており、計測した波形より得られた低次から高次までの複数の固有振動数とモード次数の関係より、最小二乗法で係数を同定し張力を算出した。本モニタリングでは、加速度計により自動抽出された1次から高次(25次)の固有振動数を用いて張力を算出した。

3. 加速度の測定

これまでの検討の結果、斜材に与える振動はハンマ等で打撃する強制振動ではなく、車両の通行による常時振動でも計測が可能と確認されていた。また、気温や交通量の影響では明確な関係性が確認できなかったため、今回のモニタリングでは常時振動(車両の通行による振動)による1日24回(毎時5分間の連続計測)の計測を行った。

4. 計測した橋梁および斜材の諸元

張力測定を行った斜材は、過去(2019~20年)にも1年間計測したCN13, CN24ケーブルと、側径間のCN46, 47, 48の5ケーブルである。測定した斜材の位置を図1に、諸元を表1に示す。

表1 斜材の諸元

	素線本数(本)	断面積(mm ²)	被覆外径(mm)	ケーブル重量(kg/m)	ケーブル定着間距離(m)	設計張力(D+PS)(t)
CN13	199	7,658	125	64.3	62.76	335.842
CN24	283	10,890	150	91.6	208.38	449.537
CN46	337	12,968	160	108.2	145.33	520.651
CN47					155.37	502.757
CN48	349	13,430	165	112.6	165.47	454.036

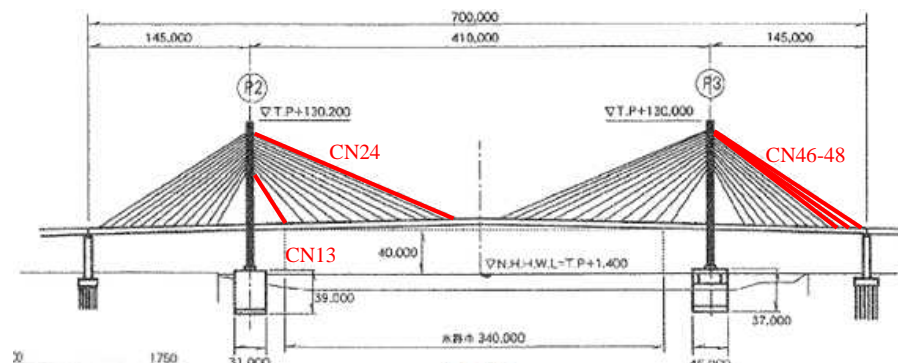


図1 測定したケーブル位置

キーワード 斜材, 張力測定, 温度変化, 高次振動法

連絡先 〒460-0003 名古屋市中区錦1丁目8-8 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) TEL052-212-4527

表2 張力の推定結果 (CN13, 24)

	CN13		CN24	
	前回	今回	前回	今回
張力の平均値(t)	347.42	348.74	483.77	489.01
標準偏差	3.63	4.16	7.23	5.13

表4 温度補正による変化

		CN46	CN47	CN48
設計張力 温度変化	max	6.976	9.224	11.755
	min	-6.976	-9.224	-11.775
近似線の 勾配	補正前	-0.475	-0.790	-1.088
	補正後	-0.242	-0.483	-0.696

5. 斜材の張力測定結果

過去にも張力測定を実施したCN13の前回から今回にかけての推定張力の変動を図2に示す。またCN13およびCN24の前回と今回の計測結果を表2に示すが、期間をとおして張力の変動は小さかった。一方、図3に示すCN46~48の推定張力の変動(測定最初の1週間からの変動の割合)は、CN13, CN24に比べ大きかった。これは、図4に示すCN48の張力と気温の推移からもわかるように温度による影響で、CN46~48は側径間の桁端部であるためこの影響が大きいものと考えられる。

CN48では、初めの1週間の平均の±5%を閾値とした警戒値をオーバーし、気温による影響は無視できないものであった。そこで、斜材の設計時に用いている温度変化のmax, min値を用いて、簡易的に(max-min)/60 (ton/°C)の温度補正を行った。補正を行う前と補正後の温度と推定張力の関係の例としてCN48の結果を図5に示す。図5中の近似線(赤色破線)の勾配は補正を行うことで0に近づき、温度の影響が小さくなった。同様にCN46, 47の補正を行った結果をCN48と合わせて表4に示す。

なお、図3では8月27日に張力の特異値が見られるが、これは交通事故に伴う渋滞により橋面上に車両が滞留したためである。張力を移動平均で推定する場合は影響がないが、常時モニタリングを行う場合は、一時的に警戒値を超える場合があるため、交通状況などの確認が必要となる。

5. おわりに

斜張橋の維持管理として張力の常時モニタリングを行う上で、温度による影響は無視できない場合もあり、本報告が今後のモニタリングに役立てば幸いである。

参考文献 1) 若林, 服部, 野島, 立松: 斜張橋斜ケーブルの張力測定による健全性の評価, 第27回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, pp. 613-616, 2018年11月

表3 張力の推定結果 (CN46, 47, 48)

	CN46	CN47	CN48
張力の平均値(t)	585.46	584.95	518.66
標準偏差	6.85	8.49	11.50

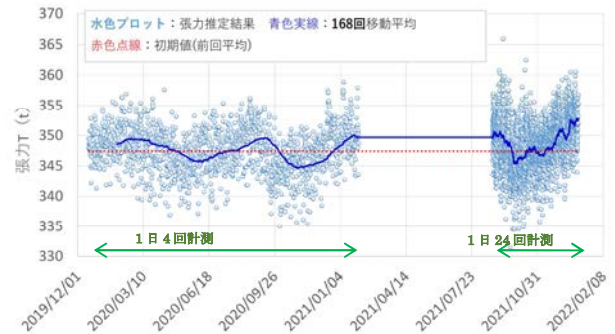


図2 推定張力の変動 (CN13)

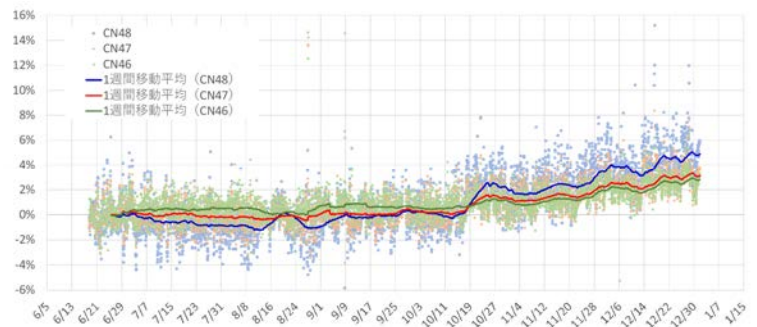


図3 推定張力 (CN46, 47, 48) の変動

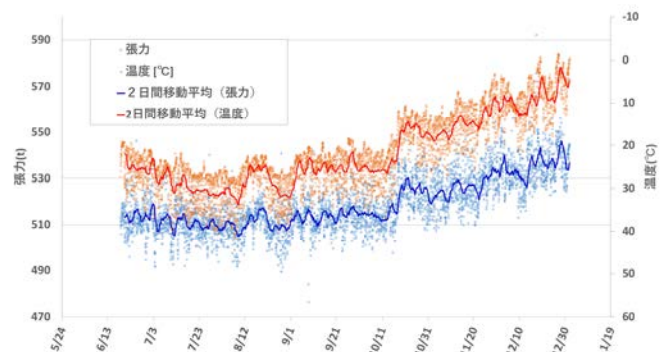
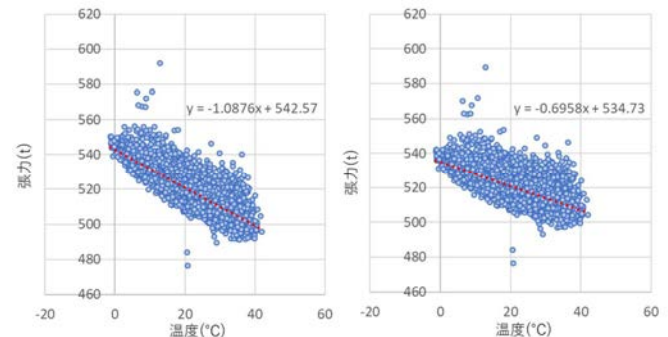


図4 推定張力と気温の推移 (CN48)



(1) 補正前 (2) 補正後
図5 温度と推定張力の関係 (CN48)