

多点振動計測による斜張橋ケーブルの状態監視

茨城大学大学院 学生会員 ○松村 翔

茨城大学工学部 正会員 原田 隆郎

1. はじめに

斜張橋のケーブル部材は斜張橋部材の中で最も重要な部材の1つであるが、構造上細長いケーブルで吊られているため、風など外乱の振動がケーブルに発生しやすい。この振動によるケーブル内部の金属疲労による損傷や、定着部分の損傷することがあり、これら損傷が斜張橋の崩落を引き起こす原因になる危険性がある。したがって、斜張橋の維持管理手法が重要視されている。

これに対して、加速度センサを構造物に設置し損傷を検知し維持管理に役立てようとする橋梁モニタリングの研究が進められており、加速度データを子機から親機へワイヤレスでデータ転送できるようになってきている。¹⁾そのため多点の振動データの同時計測を行うことができる。これにより、環境・荷重作用の状況を斜張橋の複数ケーブルにおいて把握することで、疲労や腐食など時間とともに進行する損傷をモニタリングでき、効果的な維持管理となる。

本研究では、ワイヤレス加速度センサを利用した多点振動計測システムを利用して、供用中の斜張橋を対象として、そのケーブル張力を継続的に監視することで複数ケーブルの張力の相対関係や季節変動および日変動を把握した。

2. ワイヤレス加速度センサを用いた多点振動計測による斜張橋ケーブルの張力モニタリングの考え方

図-1に張力モニタリングの流れを示す。本研究では、斜張橋ケーブルの張力に着目して斜張橋の状態監視を行う。ケーブル張力は、定着部の損傷やケーブル素線の破断や劣化による影響を受ける。それゆえ、ケーブルの張力を長期的に監視することは、ケーブルのモニタリングとして有効である。

張力を推定するために、斜張橋ケーブルの振動を加速度センサによって計測を行う。計測された応答加速度データの高速フーリエ変換を行うことで斜張橋ケーブルの固有振動数を把握できる。

しかし、実測データでは固有振動数のばらつきが生じるため、固有振動数は複数回の計測データを利用し把握することとした。複数回の計測データを利用し張力 T は式(1)により推定される。

$$f_i = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}} i \quad (1)$$

ここで、 i ：振動次数、 $L(m)$ ：ケーブル長、 $\rho(t/m)$ ：ケーブルの単位重量、 $T(N)$ ：ケーブル張力である。

これらワイヤレス加速度センサを利用した多点振動計測システムを利用すると、ケーブル張力を長期的に監視することでケーブル位置による張力の関係や日変動および季節変動を把握でき、モニタリングをすることになる。

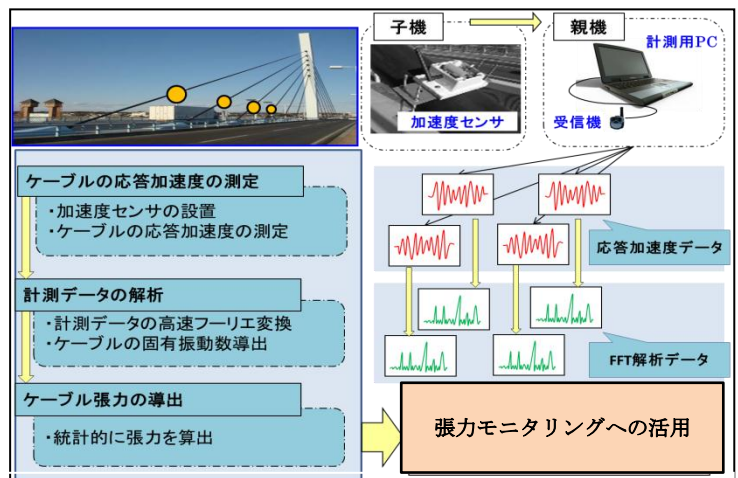


図-1 多点振動計測による張力モニタリングのフロー

キーワード：斜張橋、応答加速度、ワイヤレスセンシング、多点計測、状態監視

連絡先：〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1 TEL：0294-5172 FAX：0294-38-5268

3. 斜張橋ケーブルのモニタリングと結果

(1) 実験概要

本研究では、ワイヤレス加速度センサを斜張橋の多点において設置し、斜張橋ケーブルの張力によるモニタリングを評価するため、ワイヤレス加速度センサを用いて Y 斜張橋（茨城県水戸市）の複数本のケーブル部分の応答加速度を同時計測した。Y 斜張橋は橋長 357m、幅員 25m（片側 2 車線、中央分離帯あり）であり、高さ 34m の 2 本の主塔から片側 6 本（合計 24 本）のケーブルが張り出している。張力の推定を行うケーブルは図-2 に示すように斜張橋中央径間の内側 2 本のケーブルを計測する。ケーブルの基本諸元として、ケーブル長はケーブル M1・N1 では 78.708m、M2・N2 は 68.791m、ケーブル単位重量は M1・N1 は 0.0893t/m、M2・N2 は 0.1096t/m となっている。加速度計設置位置は斜張橋床上 1.300 mm に設置し Z 軸応答加速度の測定を行った。また、サンプリング周波数 50Hz で測定した応答加速度測定データより卓越振動数を確認することによって張力の推定²⁾を行った。

(2) 結果と考察

10 時に計測を行った季節ごとのケーブル張力の推移を図-3 に示す。ケーブル N1・M1 はどちらも 3900kN という同水準の張力が計測され、ケーブル N2・M2 では 4500kN という同水準の張力が計測された。図-4 に時間帯ごとのケーブル M2 のケーブル張力と気温の推移を示す。ケーブルの張力は気温の変化にかかわらず同水準の張力が確認された。これは、ケーブル部材をカバーする被覆材が気温の変化によりケーブルに伝わる熱を遮断しているためであると考えられる。したがって、1 日の時間帯の推移によっても同水準の張力が計測されることが確認された。

これらより、6 月 15 日から 11 月 2 日の半年間で大きな経時変化は見られず、ケーブルの断面変化や定着部の異常などによる張力の変化も生じていないことが確認できた。

4. おわりに

本研究で得られた研究結果を以下に示す。

- 1) ワイヤレス多点振動計測システムによって収集した応答加速度のデータから、固有振動数と振動モードを算出し、それらを統計的に用いることで、ケーブル張力を精度良く算定することができた。
- 2) 対象斜張橋のケーブル張力の状態監視を行った結果、ケーブル長や断面、張力などが等しいケーブルでは、同水準の張力が得られ、また、ケーブル張力の季節変動や日変動も見られないことが確認できた。

謝辞： 本研究の実施に際して茨城県水戸土木事務所にご協力いただきました。ここに深くお礼申し上げます。

参考文献： 1) 大島俊之ら：橋梁振動モニタリングのガイドライン，土木学会，pp1-10，2000。

2) 島田忠幸：橋梁ケーブルの張力測定と維持・管理に関する研究 神戸大学博士論文集 pp10-35，1996 年

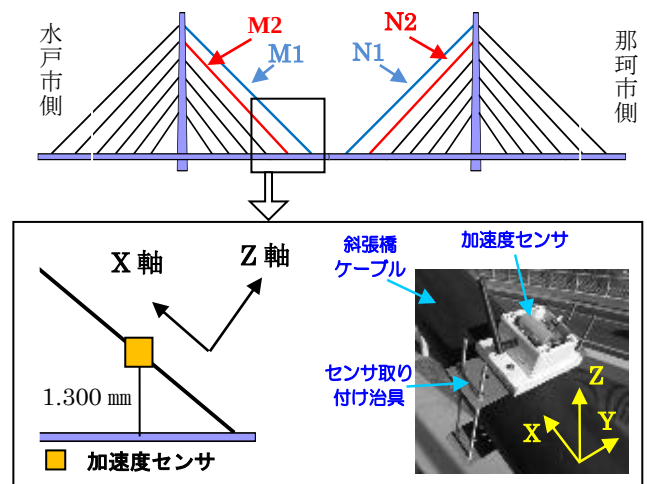


図-2 対象斜張橋と加速度センサ設置箇所

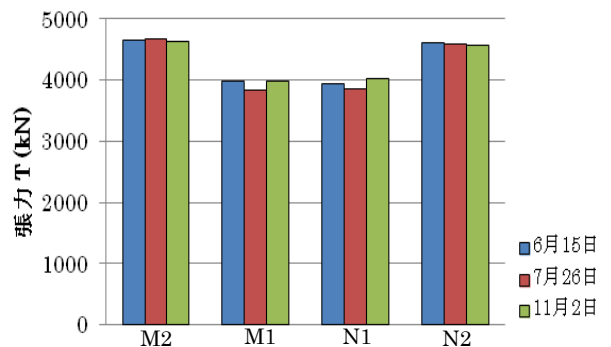


図-3 季節変化によるケーブル張力の推移(10 時計測)

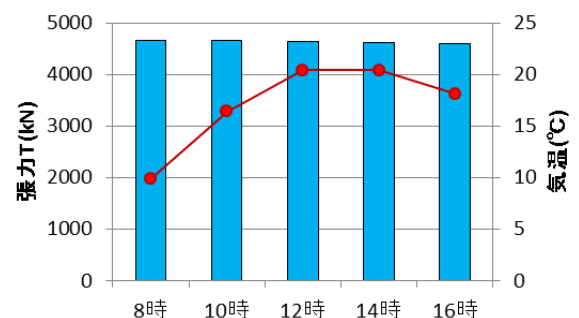


図-4 時間帯の変化による気温とケーブル張力の推移(M2)