

遠隔非接触測定による鉄道 PC 斜張橋の振動特性調査

鉄道総合技術研究所 正会員 ○上半 文昭
東日本旅客鉄道 (株) 松尾 賢 小林泰一郎 竹村 禎修

1. はじめに

鉄道橋における PC 斜張橋の採用実績はまだ少なく、斜材のリラクゼーションや各部の疲労など、その経年特性については十分に把握されていない。全荷重に占める活荷重の比率が高い鉄道橋りょう固有の現象が、今後、発生する可能性もあり、定期的な検査や状態監視の効率的な実施が重要な課題である。

本報告では、鉄道 PC 斜張橋の定期的な検査作業を効率化、高度化するための基礎的な測定検討を実施した。常時微動測定による斜材の張力（固有振動数）推定ならびに列車通過時の主桁の動的応答測定への、遠隔非接触測定技術^{1,2)}の適用を試み、過去に実施された従来手法による測定結果との比較を行った。

2. 対象橋りょうと計測装置

図 1 に示す対象橋りょうは、H 型主塔からの 2 面吊り 11 段のハープ型マルチケーブルで支間長 133.9m の主桁を支持する構造の PC 斜張橋である。主桁と主塔は剛結、桁端は単純支持されている。1996 年に完成し、1997 年から供用されている新幹線鉄道で初めての PC 斜張橋である。

図 2 に斜材の非接触振動測定状況例を示す。図中の計測装置は、レーザドップラー速度計（以下、LDV）ポリテック RSV-150 に鉄道総研が現場測定用の改良を施したレーザ照射方向 1 成分の振動計である²⁾。以下、長距離用 U ドップラーと呼ぶ同装置は、風や地盤振動による LDV の自己振動の影響を、筐体に取り付けた振動計・傾斜計の計測値を用いて補正する機能¹⁾を有し、屋外環境においても無加振かつノンターゲットで構造物等の常時微動レベルの微小振動を非接触で検出できる。

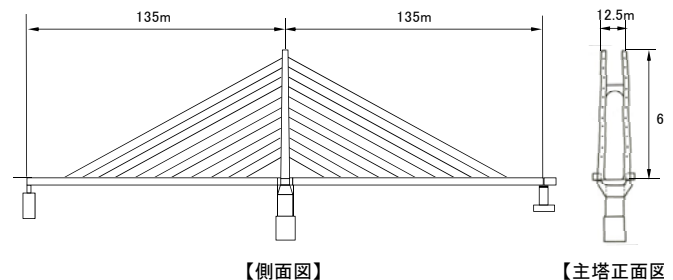
3. 非接触微動計測による斜材固有振動数・張力の推定

2016 年 1 月（日中）に斜材の常時微動の非接触測定を実施し、固有振動数を推定した。図 3 に斜材の測定箇所、図 4 に長距離型 U ドップラーの設置位置を示す。測定距離は 20～150m 程度であり、ノンターゲットで測定を実施した。得られた結果を、2008 年 12 月（夜間）に実施されたハンマー打撃と加速度計による固有振動数調査結果と比較した。

図 5 に斜材の常時微動の測定波形例を示す。最大速度振幅 0.3mm/sec 以下の微小な振動が測定できており、斜材が長くなる程、振動周期が長くなる傾向も確認できた。図 6 に、測定波形の周波数分析から推定した全斜材の固有振動数を、打撃振動測定による結果とともに示す。両者が十分に一致することが確認でき、2008 年に対する固有振動数の低下は平均 0.54%であった。表 1 に、斜材の張力の推定結果を示す。張力は、対象橋りょう建設時の調査により設定された特性値と本計測で得られた固有振動数から推定した。全ての斜材の張力が建設時に算定された許容張力³⁾、管理限界張力値以下であることが確認できた。

4. 列車走行時の主桁の動的たわみ測定

同じく 2016 年 1 月に、列車通過時の主桁の動的たわみ測定を実施した。



【側面図】

【主塔正面図】

図 1 測定対象橋りょう



図 2 斜材の非接触振動測定状況例

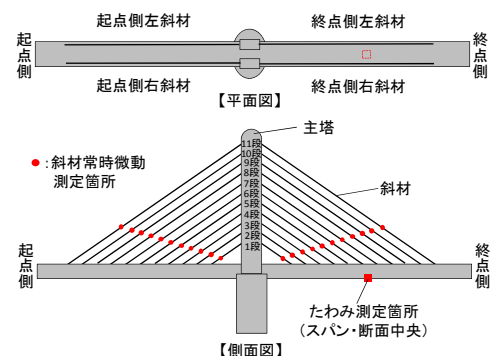


図 3 橋りょう各部の名称と測定箇所



図 4 長距離型 U ドップラーの設置位置

キーワード：斜張橋、ケーブル張力、動的たわみ、非接触測定、U ドップラー、LDV

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 鉄道力学研究部(構造力学) E-mail: uehan.fumiaki.41@rtri.or.jp

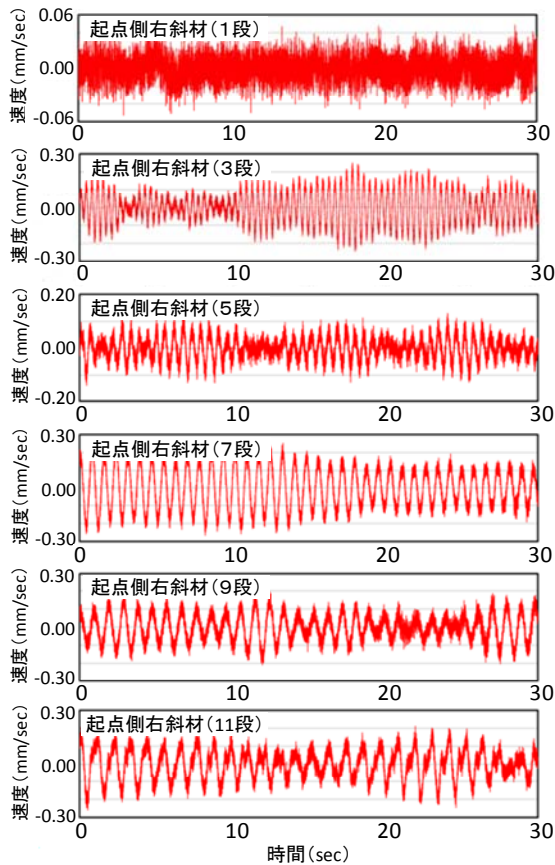


図5 斜材の常時微動の測定波形例

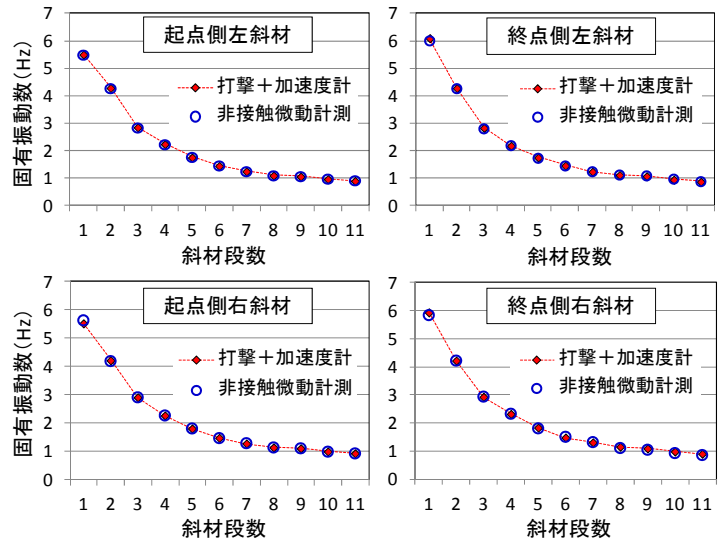


図6 斜材の固有振動数推定結果

表1 斜材張力推定結果と許容応力・管理限界応力(単位 tf)

斜材 段数	起点側左	起点側右	終点側左	終点側右	許容 張力	管理限界 張力
1	342.9	359.3	410.9	386.7	549	511
2	441.8	423.4	441.8	429.5	549	494
3	416.1	433.8	407.3	442.9	593	521
4	456.8	469.1	444.5	494.4	549	514
5	375.5	388.4	362.9	388.4	549	468
6	367.1	367.1	367.1	387.5	549	471
7	361.1	378.6	361.1	396.6	549	478
8	360.1	380.1	380.1	360.1	549	488
9	389.8	411.9	411.9	368.2	490	451
10	403.2	403.2	403.2	355.3	490	462
11	412.8	412.8	386.4	352.4	490	455

測定位置は、図3に示す終点側主桁の支間および断面中央位置である。対象橋りょうでは、1997年から2005年にピアノ線とたわみ計を用いたたわみ測定が複数回実施されており、各測定の最大値が30.0～36.3mm、平均値が29.8～31.1mmであった³⁾。

図7に長距離型Uドップラーを用いた列車通過時の主桁の動的たわみの非接触測定結果を示す。下方への動的たわみの最大値は、上り線通過時30.1mm、下り線通過時31.4mmであり、主桁の動的たわみ量は供用開始時から大きく変化していないことが確認できた。

5. おわりに

長距離型Uドップラーによる遠隔非接触測定で、PC斜張橋の斜材の固有振動数ならびに桁の動的たわみを測定できること、および、それらの結果に基づけば、対象橋りょうの斜材張力(固有振動数)ならびに主桁の列車通過時の動的応答に経年による顕著な変化がみられないことが確認できた。今後は、長大橋りょうの検査作業の省力化に向けて、引き続き測定精度の検証と測定・解析システムの機能向上に取り組む。なお、本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

- 文献** : 1) 上半: 構造物診断用非接触振動測定システム「Uドップラー」の開発、鉄道総研報告、Vol.21、No.12、pp.17-22、2007
2) 上半: 遠隔非接触計測による岩盤斜面の安定性評価システム、検査技術、Vol.20、No.6、pp.6-11、2015
3) 田中他: 北陸新幹線PC斜張橋の経年特性、土木学会第65回年次学術講演会、IV-360、pp.719-720、2010

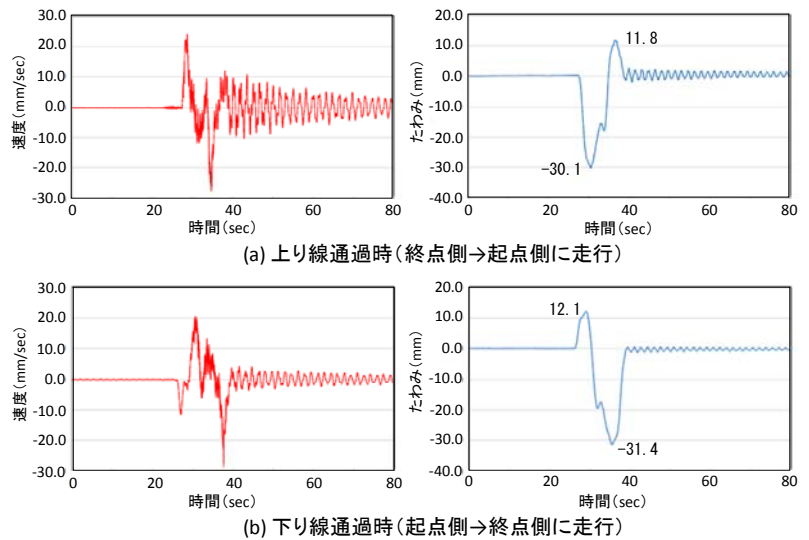


図7 列車通過時の主桁の動的たわみの非接触測定結果