

電架柱等振動しやすい構造物の卓越振動数の常時微動を用いた簡便な測定法

（財）鉄道総合技術研究所 正員 佐藤 新二
 （財）鉄道総合技術研究所 正員 中村 豊
 （財）鉄道総合技術研究所 正員 日高 和利

1. はじめに

1993年7月に発生した北海道南西沖地震は、北海道を中心に大きな被害を引き起こした。この地震により海峡線の電架柱も、高架橋同様に大きな被害を受けた。特に被害の大きいものでは、電架柱が折損して軌道上に倒壊したために復旧の際の大きな障害となった。ここでは、電架柱のような振動しやすい構造物の卓越振動数を簡便に測定できる手法を提案するとともに、これを用いて被害地点の電架柱を測定して行った被害分析結果を報告する。

2. 基本的な考え方

電架柱のような構造物の固有振動数の測定には手間を要するのに対して、測定対象は極めて多い。そこで、簡便で的確な測定方法を試みた。

通常、電架柱の振動を測定するためには、電架柱上部と電架柱基礎部（以下基礎部という）の振動を同時に測定して固有振動数を推定する。これに対して、ここではよく揺れる構造物の基礎部も同一の振動数で揺れていることに着目して、基礎部とこれから離れた地点の振動を同時に測定して、電架柱の固有振動数を推定する方法を提案する。図1は基礎面上の振動に関する模式図である。電架柱の線路直角方向の振動は、架線のため検出しにくい恐れがある。しかしセンサを置く位置によっては図1に示すように、水平振動を上下振動として捉えることができる。すなわち揺れにくいと思われる②の部分にセンサを設置すれば、水平と上下が同時に卓越する振動数として固有振動数を検出することができる。

このような測定方法を北海道南西沖地震の電架柱被害箇所において試用し、妥当性を検証した。ここでは、通常の方法による結果と比較するため、3本の電架柱について基礎面から1.3m上の電架柱①と基礎面上②（通常の方法）および基礎面上②と高架橋の横桁上面③（提案法）にそれぞれセンサを設置し、常時微動を同時に測定した（測定方法と分析方法是次節参照）。図2は通常の方法と提案法による3成分の振動数のスペクトル比を示しているが、提案法によって固有振動数を明確に読み取れることがわかる。微動では振動しにくいH T（線路直角）方向の振動も

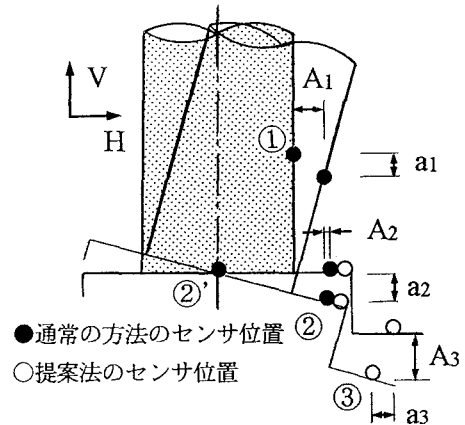


図1 電架柱基礎部の振動に関する模式図

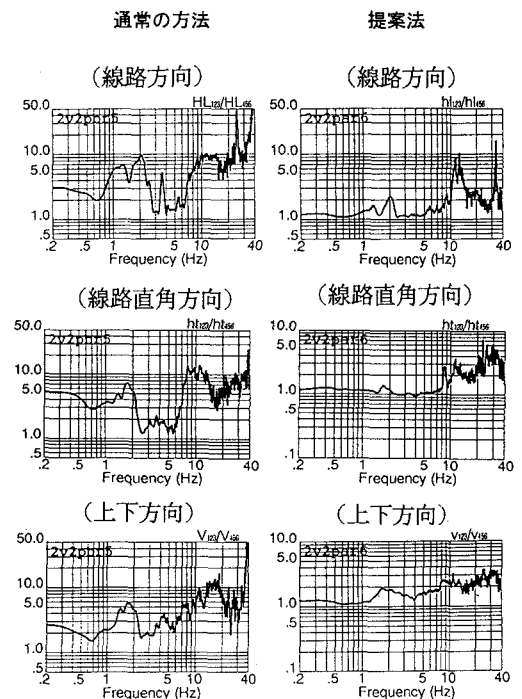


図2 通常の方法と提案法のスペクトル比較

V（上下）方向と併せて間違いなく固有振動数が読み取れる。

表1は通常の方法と提案法で測定された卓越振動数を比較したものである。これによると、線路方向、線路直角方向とも1割以下の誤差で一致しており、提案法で測定された卓越振動数を電架柱のそれとみなしてよいことを示している。

3. 提案法を用いた電架柱の測定例と被害分析

常時微動測定に使用した機器は、（財）鉄道総研で開発した携帯型振動測定器PIC(Portable Intelligent Collector)を用いた。各測点で約41秒間（1/100秒間隔、4096サンプル）の測定を3回実施した。この41秒間のデータをFFT分析し、ハニングウィンドウを20回かけて平滑化した。各測定毎にスペクトルの比を求め、3回の測定を平均してスペクトル比を求めた。測定は線路の左右合わせて11箇所で行った。そのうち電架柱と電架柱基礎部の両方の卓越振動数を測定した3箇所のデータが前項で使われている。ここでは、提案手法を適用して北海道南西沖地震の電架柱の被害分析を行う。

被災した海峡線の近傍には、左右合わせて18本の電架柱がある。地震における電架柱の被害は、8本の鉄筋コンクリート柱が折損、そして倒壊には至らなかったものの電架柱基礎部のキャッピングモルタルが破損したものが7本であった。無被害の電架柱は鉄柱が2本と鉄筋コンクリート柱が1本であった。特に折損・倒壊の多かった区間では、高架橋の柱の上下端部が大きく損傷し、剛性が低下していた。

図3は被災後に測定した高架橋と左右の基礎部の線路直角方向の卓越振動数の変化を示している。このグラフによれば、電架柱が折損・倒壊した区間では、高架橋と電架柱の卓越振動数がほぼ一致している。これに対し、唯一無被害であった電架柱E18の卓越振動数は高架橋のそれとは大きな差がある。これらは、被災後の測定であり、高架橋は補修されていない。したがって、地振動により高架橋が損傷して固有振動数が低下し、電架柱のそれと一致するようになったものと考えられる。なお、地盤の卓越振動数はこの区間でほぼ1.6～1.8Hzであり、電架柱のそれと一致していた。したがって、電架柱は地盤と共振し、折損区間ではさらに損傷を受けた高架橋もいっしょに共振し、電架柱は大きく振動したものと推測される。

4. まとめ

ここで提案した測定方法の長所は、電架柱のような構造物に直接センサをつけることなく、基礎部のみの測定でその構造物の固有振動数を的確に把握できることにある。したがって、構造物に直接センサが設置できない場合や限られた時間により多くの測定をする必要がある場合などには、特に有効な手段になると思われる。また、本手法を用いて電架柱の被害分析を的確に行うことができた。

参考文献

- (1)中村豊、佐藤新二、富田健司：1993年北海道南西沖地震による海峡線高架橋の被害、鉄道総研報告平成6年5月
- (2)Railway Research Review：財団法人鉄道総合技術研究所、平成4年9月

表1 通常法と提案法の卓越振動数の比較

電柱 番号	線路方向		線路直角方向	
	通常法	提案法	通常法	提案法
E5	2.00	1.95	1.68	1.73
E6	2.03	2.05	1.71	1.73
E13	2.49	2.49	1.64	1.81

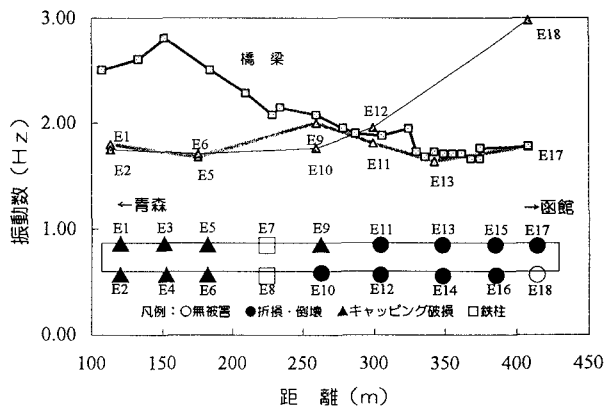


図3 電架柱と高架橋の卓越振動数の比較