

東海道新幹線の衝撃振動試験実施困難箇所での試験方法の検討

東海旅客鉄道（株） ○正会員 梶田 圭佑
東海旅客鉄道（株） 正会員 他谷 周一

1. はじめに

当社では、東海道新幹線のコンクリートラーメン高架橋の基礎部の健全度を判定するために、衝撃振動試験を実施している。一方で、都市部においては、高架下の商業施設等の建屋が支障して試験が実施困難な箇所が一部ある。今回、そのような箇所でも適用可能な衝撃振動試験方法を検討したので報告する。

2. 衝撃振動試験の概要

衝撃振動試験は、加振による高架橋の応答波形をフーリエ解析することにより固有振動数を求め、その値から基礎部の支持力について定量的な評価を行い、高架橋の健全度を判定する試験方法である。当社においては、阪神淡路大震災や東日本大震災等、大規模災害時に健全度を判定する手法として用いてきた。試験は、梯子や高所作業車を使用して、高架橋中央部の柱上部を重錘で加振し、柱上部に設置した速度センサーにより応答波形を取得する。健全度判定は、事前に高架橋1セットごとに平常時の固有振動数を取得しておき、地震等の災害を受けた後に取得した固有振動数が、平常時の固有振動数より15%以上低下した場合には、何らかの変状があると判断し、さらに詳細な調査を実施することとしている。

3. 衝撃振動試験の課題

東海道新幹線は、都市の中心部を貫くため、高架下が商業施設等で高度利用されている箇所や在来線、高速道路が並行している箇所が多くある。そのため、地上から梯子や高所作業車を使用しての加振やセンサーの設置が出来ず、衝撃振動試験が実施出来ないことが課題であった（写真-1）。



写真-1 高架下状況の一例

4. 課題に対する検討

地上からでの衝撃振動試験が実施困難な箇所での試験方法として、高架橋スラブ上での加振及びセンサーの設置が可能なか、以下の2点について検討した。

①列車通過時の構造物の振動を使用する手法（以下列車振動法と呼ぶ）

②コンクリートトラフの側面を打撃し加振する手法（以下通路打撃法と呼ぶ）

①列車振動法は、重錘による構造物の加振に替えて、列車通過時の振動を加振源とする手法である。フーリエ解析に使用する振動は、列車速度や重量等に依存する列車の走行成分を極力除いた列車通過後の構造物の自由振動を利用する。そのため、取得した応答波形から自由振動成分を切り取る位置を検討した。列車通過直後、通過から1秒後、2秒後の3パターンの切り取り位置を検討した結果、列車通過直後及び通過から2秒後は、フーリエスペクトルのピーク値が不明瞭であるのに対し、通過から1秒後は、フーリエスペクトルのピーク値が明瞭であったため、列車通過から1秒後を採用することとした。

②通路打撃法は、スラブ上にあるコンクリートトラフの側面を加振し、応答波形を取得する。スラブ上は、作業スペースに制約があるため、従来の重錘での加振が困難であると判断し、安全に十分配慮したうえで、狭いスペースでも作業が可能な掛矢を用いることとした（図-2）。掛矢の重量は、重錘重量の約1/3であるため、加振力が小さく、周辺を通過する自動車走行等のノイズの影響を受けやすい。そこで、応答波形のノイズを除

キーワード：衝撃振動試験、ラーメン高架橋、列車振動法、通路打撃法

連絡先：〒222-0026 神奈川県横浜市港北区篠原町 3219-1

東海旅客鉄道（株）東京新幹線構造物検査センター

去するための打撃回数を、従来の重錘打撃 5 回に対して、10 回の掛矢打撃を行うこととした。

また、センサーの設置は、橋脚天端での衝撃振動試験方法を参考に、①②の各手法ともに 5kg の鋼製台座を用いてスラブ上に設置した。

以上の検討を踏まえて、①②の各手法を、事前に固有振動数を取得している高架橋で実施し、今回検討した手法の精度を確認した。

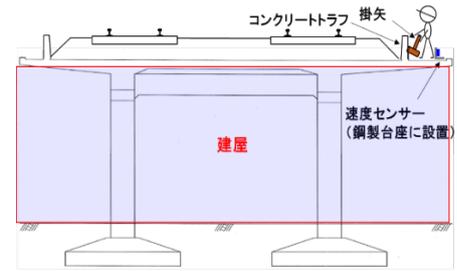


図-2 通路打撃法の概要

5. 検討結果

2 つの手法の精度を検証するため、高架橋 28 セット分の試験を実施した。表-1 に、代表高架橋 5 セット分の試験結果を示す。また、従来手法と今回検討した 2 つの試験方法のそれぞれとの間の相関係数 (r) を表-2 に示す。通路打撃法の固有振動数は、従来手法

表-1 代表高架橋の試験結果

高架橋名	基礎形式	高架橋延長 (m)	柱本数(本)	固有振動数(Hz)		
				従来手法(重錘)	列車振動法	通路打撃法
A	杭基礎	30	8	2.6	2.9	2.6
B	杭基礎	18	6	2.7	2.8	2.7
C	杭基礎	22	8	2.5	3.5	2.4
D	杭基礎	15	6	2.6	3.5	2.4
E	杭基礎	21	8	3.7	4.3	3.7

(重錘) とほぼ一致していることが分かる。これは、通路打撃は、従来手法の打撃位置である柱上部よりも高い位置での打撃となるため、効果的に高架橋を加振することが出来たためだと考えられる。図-3, 4 に、フーリエスペクトルの一例を示す。

表-2 固有振動数の従来手法に対する相関係数 (N=28)

	従来手法(重錘), 列車振動法	従来手法(重錘), 通路打撃法
相関係数(r)	0.24	0.97

一方で、列車振動法の相関は低い。これは、列車が通過した後でも、隣接高架橋からの振動や、地盤を伝わる振動により、測定する高架橋が強制加振されている状態となることが原因だと考える。すなわち、列車の走行成分を除いた自由振動成分の切り取り位置は、その構造物が立地している条件毎に決定しなければならないことを示している。以上の結果から、スラブ上で試験を実施する最適な手法として通路打撃法が有効であると判断した。

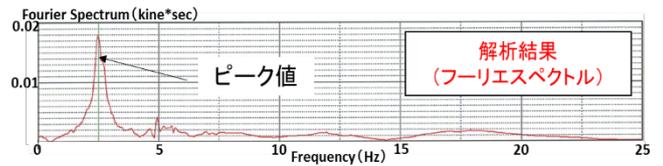


図-3 従来手法 (重錘) のフーリエスペクトル

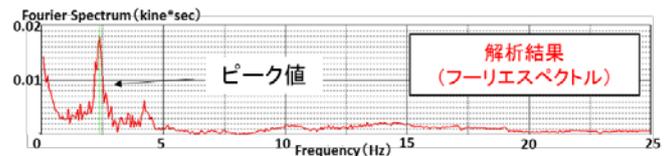


図-4 掛矢打撃法のフーリエスペクトル

6. 新しい手法での衝撃振動試験の実施

高架下が高度利用されている都内の高架橋で、通路打撃法を実施した。その結果、従来手法と変わらずフーリエスペクトルのピーク値が明瞭であり、固有振動数の決定が容易に行う事が出来た。加えて、新しい手法では、高所作業がなくなるため、1 日当りの試験進捗は従来手法の約 2 倍となった。

7. おわりに

高架下が高度利用されている箇所の衝撃振動試験方法を検討し、その有効性を確認した。今回の取り組みを踏まえて、標準的な試験方法として活用できるよう、さらに検討を深めていく。そして、災害時の高架橋基礎部の健全度判定へと役立てていく。

8. 参考文献

- 1) 西村昭彦：ラーメン高架橋の健全度評価法の研究 (鉄道総研報告), 平成 2 年 9 月