

I-355 大規模連続ラーメン橋の振動測定とその評価

名古屋大学 正 ○加藤 雅史
日本道路公団 正 安井 昌幸
日本道路公団 猪熊 康夫

1. まえがき

橋梁の現地振動試験は、橋梁の完成時に設計施工に対する検証を目的とした試験と、供用中における橋梁の診断を目的とした試験に分けられるが、完成時の試験は設計の際の動的解析の確認試験の意味で行われることが多い。

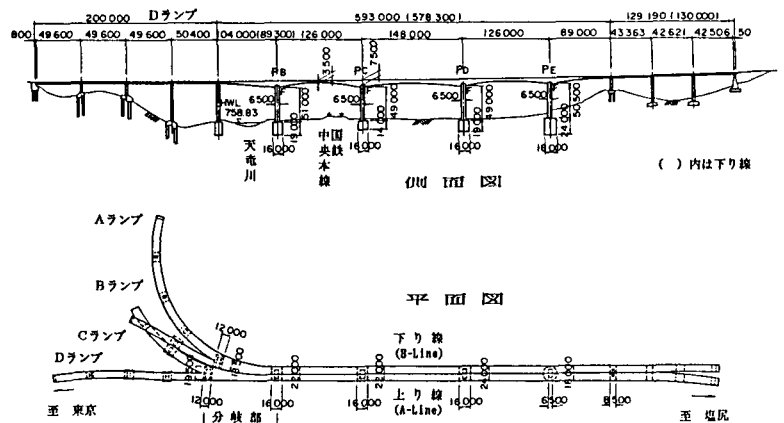
従来の橋梁では、上部工と下部工の間に沓があり、橋梁全体の振動性状のうち上部工の振動が支配的であるため、上部工の振動試験によってその性状をほぼ把握することができた。ところが上・下部工一体となったラーメン構造の場合には、基礎の支持状態が全体の振動性状に直接的に影響を与え、その程度も大きい。このため、橋梁全体の振動性状を把握するためには基礎をも含めた全体系を加振する振動試験が必要となる。ラーメン構造の小規模な橋梁では、これまで用いられてきた起振機等による振動試験で全体の振動性状がある程度把握できるが、大規模かつ連続ラーメン構造の橋梁では非常に難しいと思われる。

一般に橋梁の耐震性向上を図るためには、上部工と下部工の接点で地盤から伝わる地震力を断つ免震構造と、不静定次数を高めて全体の耐震性を向上させるラーメン構造が考えられる。本文は、耐震解析との関連でこの連続ラーメン構造の橋梁の振動測定について実測例を述べるものである。

2. 大規模連続ラーメン橋の振動測定

対象とした橋梁は中央自動車道長野線に建設された岡谷高架橋である。その一般図を図一1に示すが、この橋梁はジャンクション部高架・本橋部・塩尻側高架より成る橋梁延長約 920mの高架橋である。このうち本橋部の 593m（下り線は 578.3m）は岡谷市市街地の上空を地上高約60mで横過するP C 5 径間連続ラーメン箱桁橋である。本橋部は高橋脚で長大支間を有し、耐震性を重視して上下部工一体のラーメン構造であるとともに、主桁は上下線一体となった逆台形3室箱桁断面構造となっている。しかしジャンクション部のランプ桁と接続するために側径間の途中で上下線が完全に分離し、その先のランプ桁が立体的に交差するという複雑な構造となっている。このため、耐震性の検討にあたっては設計の各段階においてジャンクション部高架および塩尻側高架を含む3次元全橋骨組モデルによる動的解析を行い、安全性を照査している。そこで、この橋梁の完成に際し、振動特性を把握するため振動試験を実施した。振動試験を計画するにあたり、その試験法を検討したが、試験は供用開始直前に短時間で実施する必要があったこと、起振機を用いても大きな加振力は期待できないこと等から車両走行法によることとした。

振動試験は本橋部を中心として行い、橋面上に設定した測定点（31カ所）で



図一1 岡谷高架橋の一般図

表一 固有振動数の測定値と動的解析値

次 数	測 定 値	動 的 解 析 A (基本設計時 基礎固定)	動 的 解 析 B (基本設計時 基礎バネ)	動 的 解 析 C (詳細設計時 基礎バネ)
傾軸1次	0.838 Hz	0.7325 Hz	0.5098 Hz	0.6024 Hz
面外1次	0.984	1.0118	0.4889	0.6195
面外2次	1.133	1.0727	0.6180	0.7289
鉛直1次	1.198	1.1408	0.9478	1.0672
面外3次	1.281	1.1576	0.8391	0.9024
面外4次	1.394	1.2416	1.0466	1.0902
鉛直2次	1.472	1.3274	——	1.2566
面外5次	1.682	——	——	1.0969

(注)・動的解析A、Bに対し、動的解析Cでは橋脚の剛性が約30%増加している。

・動的解析BとCでは、地盤バネ定数の評価方法が異なっている。

サーボ型加速度計によって鉛直、橋軸および橋軸直角方向の加速度を測定した。測定は加速度計13台を用いて、その配置の組み合わせを10ケースとした。車両は総重量約20 tonのダンプトラックを用い、時速40km/hでジャンクション部高架方向への2台並列走行とした。

測定データは、ローパスフィルタで2Hz以上の成分を除

去してAD変換し、FFT法によりスペクトル解析した。固有振動数はパワースペクトルのピーク振動数から、振動モードはパワースペクトル値の平方根と各測定点間のクロススペクトルの位相角から求めた。

表一1には試験より得られた固有振動数を測定値欄に示し、3種の設計時動的解析結果をその振動モードが測定値と対応するように順序を入れ替えて示す。この表より、測定値の固有振動数は基礎下端を固定とした動的解析Aとよく一致している。また、振動数の低い方から各振動モードの現れる順序についてみると、解析結果のうち動的解析Aに対し基礎バネ支持である動的解析BおよびCでは振動数の接近した面内振動と面外振動の固有振動数の大小関係が入れ替わっている。これは基礎固定に比してバネ支持では面内固有振動数よりも面外固有振動数の低下の方が大きく、このような結果になったものと考えられる。一方、測定値は基礎固定の動的解析Aと各振動モードの現れる順序が一致している。このように、固有振動数の値と各振動モードの現れる順序からみると、岡谷高架橋は長大橋であるとともに剛な構造であり、試験車両2台が走行した程度では基礎の下端が固定状態に近いものと判断される。

3. 振動試験の評価

今回の振動試験は、大規模なコンクリート橋において簡易な車両走行法を用いたことと、対象が連続ラーメン橋であるという特色がある。通常、車両走行法は鋼橋のように揺れやすいかまたは規模の小さな橋梁で用いられているが、この試験においてある程度の成果が得られたことは、一般に振動振幅が小さくなると考えられるこの種の橋梁に対しても、適用し得るという可能性を高めることができたと言える。

しかし、試験から得られた結果は、数値解析における橋脚下端を固定と仮定した場合に類似しており、ここに大規模な連続ラーメン橋の振動試験に対する新たな問題点があるように思われる。その問題点とは、橋梁全体を振動させるべきエネルギーが車両走行では不十分であり、基礎まで十分に振動させることには至らなかったのではないかと、そして基礎に伝達される振動エネルギーが微少であるために、基礎地盤のひずみと地盤反力の関係の非線形的性質から固定と見なさざるを得ない挙動を示したのではないかとということである。地盤調査の結果からは、実際の地震時には基礎に対して地盤がバネ支持となることも十分に予想される。したがって、今回の試験では実際の地震時での挙動を直接的に確認できたのではなく、基礎固定の状態を介して設計解析の良否を間接的に知り得たに留まったのではないかとと思われる。

4. あとがき

本橋のようなPC多径間連続ラーメン型式には幾つかの長所があり、今後この種の橋梁が数多く建設されるものと思われる。この場合、設計における耐震性の検討結果を実際に確認する振動試験手法とともに、設計に用いる地盤定数の設定方法を見だし、また設計時にはどのような解析を行ったらいいかという点に目を向けることが必要である。これらの点についての検討が今後の課題であると言える。

【参考文献】加藤ら：PC長大橋の振動試験，土木学会中部支部昭和61年度研究発表会講演概要集，1987.3