

東海旅客鉄道（株） 正会員 今井賢一
（財）鉄道総合技術研究所 正会員 西村昭彦

1. はじめに

JR東海では高架橋基礎部の検査方法として、ラーメン高架橋の衝撃振動試験¹⁾を行っている。この方法は、橋脚基礎部の検査手法として用いている衝撃振動試験に基づき、高架橋の固有振動数を求めその振動特性を把握すると共に、柱の剛性、基礎及び地盤のばね定数を解析により求めることにより健全度を判定するものであるが、その健全度は全体系1次の固有振動数で評価される。本来ラーメン高架橋は、橋脚とは異なり柱が剛でなく、柱を支える基礎が複数であることから、健全度判定は個々の柱および基礎の変状にも適応し得る方法であることが望ましい。そこで現在行われている調査方法を基にして、高次の固有振動数及び振動モードについても着目することにより、変状高架橋の健全性がより詳細に評価できるような測定方法を調査検討したので、以下に概要を示す。

2. 調査の概要

- (1)調査対象：3径間(3+3x6+3m)標準ラーメン高架橋で外巻き補強+地中梁補強されたブロックと地中梁補強のみされたブロック（図1）について実施したが、以下には外巻き補強+地中梁補強のブロックについて記述する。
- (2)打撃、測定位置および測定項目：図2に示す高架橋張り出し部天端および柱の中間部に対して橋軸直角方向に打撃し（計13箇所）、1打撃に対して天端4箇所、柱3箇所について面内および面外における水平方向の振動変位を測定した。
- (3)波形解析：波形のフーリエスペクトルおよび位相スペクトルから固有振動数および振動モードを算出した。
- (4)シミュレーション解析：測定結果を基に振動モデルを用いたシミュレーション解析により柱の剛性および地盤のバネ定数を算出した。

3. 測定結果

- (1)高架橋中央張り出し部天端打撃：図3に、衝撃波形の周波数分析を行った結果を示す。各測点（H1～H6）の振動特性は、概ね同じ周波数帯域にピークが立ち上がり、高架橋が柱の曲げ振動により上部が大きく揺れる全体系1次の振動数が卓越していることがわかる。また、図には2つのピークがあるが、2つ目のピークは図7に示すように平面的にノードが現れる振動である。これを全体系2次と呼ぶ。図4には振動モードの平面図を示す。

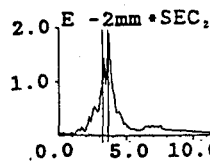


図3 高架橋中央部天端打撃における振動特性

- (2)柱の中間部打撃：図5は、柱中間部打撃による衝撃波形の周波数分析を行った結果である。ここで図6に示すような柱の中間部がふくらむ振動を柱の2次の固有振動とするが、図5において柱の2次の固有振動数

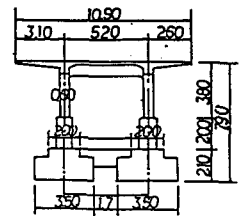


図1 対象高架橋断面

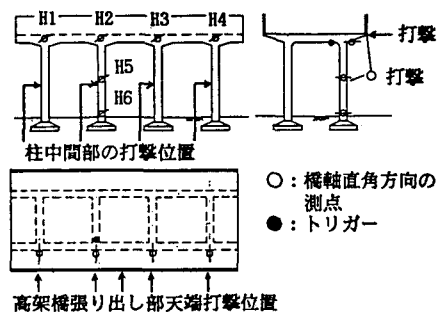


図2 打撃、測定位置および測定項目

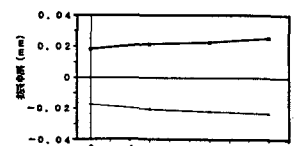


図4 高架橋の全体系の振動モード（平面図）

表1 柱の2次の固有振動数

柱	線 別	
	下り線方	上り線方
H1	76	74
H2	77	65
H3	68	72
H4	69	70

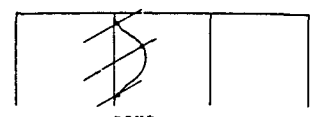


図6 柱の2次の振動モード

はH5（柱中間部）及びH6（柱下端部）のみに現れ、他の測点には明瞭に現れず独立した部分系の振動となることが確認できた。このことは、柱の中間打撃によって個々の柱の剛性を把握できることを示唆している。表1に柱の2次の固有振動数を示す。

表2 各柱のヤング係数

柱	線 別	
	上り線方	下り線方
H1	3.6×10^6	3.1×10^6
H2	3.9×10^6	1.4×10^6
H3	1.9×10^6	2.5×10^6
H4	2.1×10^6	2.1×10^6

単位: t/m^2

4. 解析結果

- (1) 柱の2次モードの解析: 柱の2次の固有振動数をシミュレーションすることにより柱の剛性を決定する解析を試みた。その結果、表2のように各柱のヤング係数を算出した。
- (2) 全体系の固有振動数の解析: 柱の剛性について平均的な剛性（ヤング係数 $E = 3.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2$ ）を用いた場合と、柱の2次モードの解析結果から得られた個々の柱の剛性（表2）を用いた場合の2通りの解析を行った結果、個々の柱の剛性を用いた場合は、1次モードにおいては、図7のように片側端部の振幅が大きく、2次モードにおいては、中央部が多少偏心した挙動となり、高架橋中央部を打撃した場合の実測モード形状とほぼ一致する。また、図7から中央打撃による振動においては、平均的剛性を持つ高架橋では打撃位置がノードに当たるため、全体系2次振動が現れないことがわかる。

(平均的な柱の剛性を用いた場合)

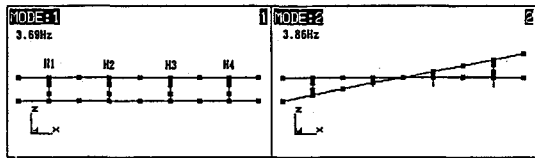


図7 シミュレーションによる高架橋の振動モード

5. 結論

- (1) 柱の剛性の差異を推測するためには、打撃力の影響によらない高架橋中央部天端の衝撃試験がもっとも有効であることがわかった。
- (2) 合理的に試験を行うためには、高架橋張り出し部天端の中央部分の打撃のみを行い、全体系2次モードが現れた場合については柱の中間部打撃試験を行うのがよい。
- (3) 柱の中間打撃によれば個々の柱の剛性が評価でき、柱の変状を捕らえることができる。また、柱の2次の振動モードにより、測定点は柱の中間部1箇所でも十分であることがわかった。但し、この試験は、全ての柱について実施する必要がある。

6. おわりに

今回の調査検討により、衝撃振動試験によるラーメン高架橋の合理的な調査方法について述べたが、柱の変状、主として剛性の不均衡等の把握に対しては非常に有効であることが判明した。この方法は本来目視できない基礎の調査方法として開発されたものであり、今後は高架橋基礎の個々の健全度判定についても更に研究を進めていきたい。

【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 Vol. 4, No. 9 '90 9

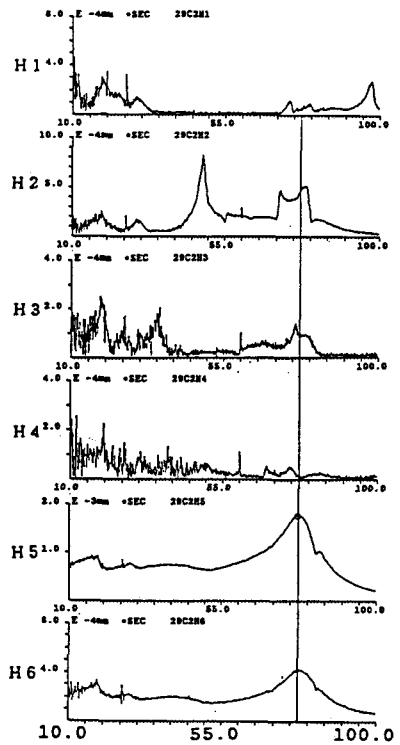


図5 柱中間部（H2）打撃による各測定点の振動特性

(個々の柱の剛性を用いた場合)

