

ラーメン高架橋柱下部打撃による衝撃振動試験の迅速化

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○三浦 丈司
正会員 荒鹿 忠義
正会員 下村 勝
和田 博之

1. はじめに

兵庫県南部地震において、衝撃振動試験で基礎を含めた高架橋の健全性を確認した事は記憶に新しい所である。その後当社では、震災後のより迅速な復旧、適切な補修・補強のための1つの判断手法として、固有振動数を用いたRCラーメン高架橋の地震時損傷度評価法に関する研究¹⁾²⁾を進めている。

これらの評価法の指標となる全体系1次固有振動数の測定に時間を要しては、迅速な評価を望むことはできない為、標準高架橋を対象に迅速かつ正確に固有振動数を測定するための衝撃振動試験手法について検討を行ない、一定の成果を得たので以下に報告する。

2. 迅速な実施手法の提案

(1)迅速化の条件

衝撃振動試験の計測機器本体の小型化や高精度化により、機器自体の携帯性や処理速度に関しては既に迅速化されている。そこで、構造物に衝撃力を入力するための重錘打撃作業については、下記の条件で重錘打撃作業の省力化に着目して検討を進める事とした。

条件1：重錘打撃は、最も扱い易い柱下部位置

条件2：速度計設置は、手の届く範囲の柱高さへ設置

(2)現場測定

先の条件のもと、実橋にて中央スパンの柱の中間部に速度計1台を取付け、脚立を利用した柱下部打撃手法（写真-1）で下記の3パターンで計測した。

- ①計測柱（速度計を設置した柱）を直接打撃
- ②計測柱の線路直角方向の柱（対面柱）を打撃
- ③計測柱の線路方向隣接柱を打撃

この結果、②の対面柱を打撃した場合、スペクトル（図-1）が明瞭であり、固有振動数を特定できる可能性は高い事がわかった。

3. 柱下部打撃手法の検証

(1)解析による検証

柱下部打撃による高架橋の全体挙動を把握するため、時刻歴解析を用いて検証する事とした。対象モデルは7.0mの標準高架橋とし、部材ならびに地盤抵抗特性は線形とした。入力は重錘打撃を模擬した三角波とし、入力位置は高架橋天端、中央柱下部として解析を行なった。

高架橋の全体挙動は、天端打撃の場合には全体が一様に振動する単純なモードを呈するが、柱下部打撃の場合（図-2）、柱下部のみが振動するモード（0.10s後）や、柱部分2次モードが現れる（0.15s後）などの複雑な振動に、全体が一様に振動するモードが重なる挙動を呈していることがわかる。そこで、各固有振動数のモードを比較した（図-3）結果、天端打撃では全体系1次モードが支配的であるのに対し、柱下部打撃では柱



写真-1 重錘柱下部打撃

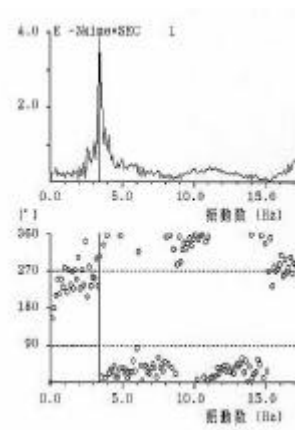


図-1 柱下部打撃応答スペクトル

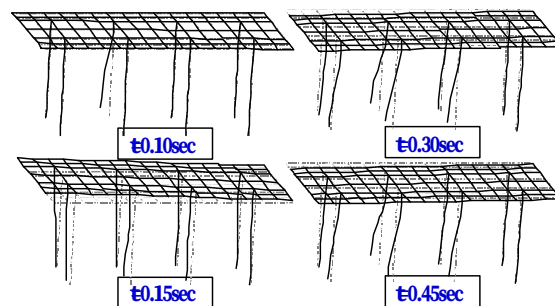


図-2 重錘柱下部打撃時の瞬時モード

キーワード 衝撃振動試験, 固有振動数, 重錘柱下部打撃

連絡先 〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1-9-1 東海旅客鉄道株式会社 TEL 03-5218-6274

部分 2 次モードや柱下端が大きく振動するモードが支配的となるが、全体系 1 次モードも励起され、そのモード振幅は天端打撃時の 1/3 程度であることが確認できる。このことから、重錘の柱下部打撃により励起される 2~4Hz の固有振動モードは、天端打撃により励起される全体系 1 次モードと同一であることが確認された。

(2)実橋における検証

柱下部打撃手法は、従来の天端打撃手法に代替できる可能性が高いことを明らかにし、再度、現場における実橋測定を実施して以下の検証を行なった。

〔検証 1〕重錘柱下部打撃により励起される 2~4Hz の固有振動数は、天端打撃時の全体系 1 次固有振動数と同一である（ひずみレベルの影響が少ない）。

〔検証 2〕速度計 1 台で確実に計測を行なう場合、打撃する柱の対面柱への設置が効率的である。

まず、柱断面や地盤条件の異なる高架橋に対して重錘柱下部打撃を実施した。結果、何れも 2~4Hz に固有振動数が励起された。高架橋に対して重錘天端打撃を実施した結果（表-1）、全体系 1 次の固有振動数と固有振動モードが 2 者で一致していることを確認した。（図-4）つまり、ひずみレベルの差による固有振動数への影響は小さく、実務上の問題はないことが確認された。

続いて、打撃する柱に対し隣接柱と対面柱に速度計を設置して同時計測を行い、応答速度波形ならびにそのフーリエスペクトルを比較した。

先の時刻歴解析ならびに実橋測定において、隣接柱と対面柱のフーリエスペクトルを比較した（図-5、図-6）。隣接柱で励起されるスペクトル振幅比（柱部分 2 次／全体系 1 次）はほぼ 1 であるのに対し、対面柱のそれは 5~7 倍である。これは、柱部分 2 次などの高次の振動数が対面柱に発生されるためである。したがって、現場における測定作業の省力化から速度計 1 台で計測する場合には、打撃する柱の対面柱に速度計を設置することで、高次の振動がトリガーとして良好に作動し、安定した効率的な計測が可能となることを確認した。

3. まとめ

衝撃振動試験の測定作業の迅速化・効率化を図った新たな手法として、重錘による柱下部打撃手法ならびに適切な速度計設置位置について提案し、実橋測定による検証ならびに解析によりその合理性を確認した。今後は本手法を活用し、固有振動数による構造物の維持管理を図っていく。

1) 関 雅樹, 西村昭彦, 佐野弘幸, 中野聡: RC ラーメン高架橋の地震時損傷レベルの評価に関する研究、土木学会論文集 no.731/ I -63, 51-64, 2003.4

2) 丹間泰郎, 下村勝, 佐野弘幸, 西村昭彦: RC ラーメン高架橋の地震時損傷度評価法に関する実験的研究、土木学会地震工学論文集, 論文番号 202/2003.12

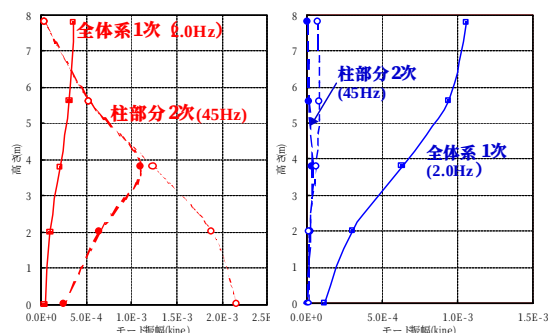


図-3 固有振動モードの比較(左:柱下部打撃,右:天端打撃)

高架橋名	下部打撃	天端打撃	柱断面寸法
A	3.4Hz	3.4Hz	800×800×9500 (鋼板巻き箇所)
B	2.7Hz	2.7Hz	800×800×9100
C	2.6Hz	2.6Hz	800×800×8800

表-1 実橋測定結果

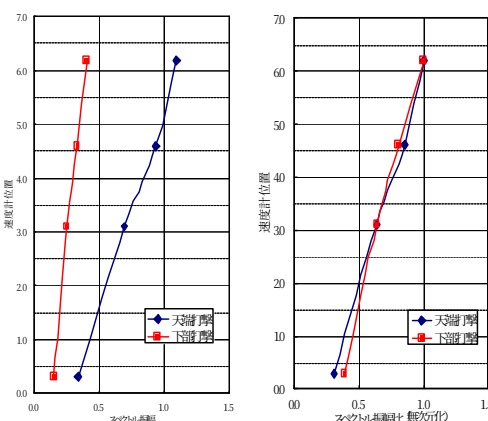


図-4 全体系 1 次モードの比較(天端打撃, 上端打撃)

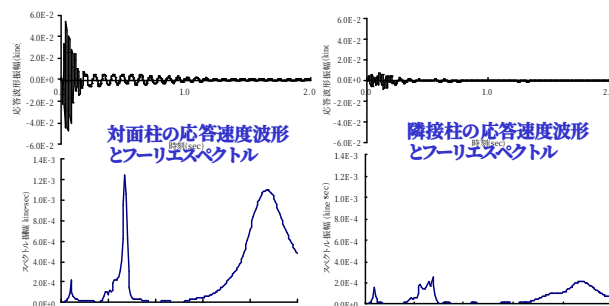


図-5 高次の振動数領域のスペクトル比較(解析波形)

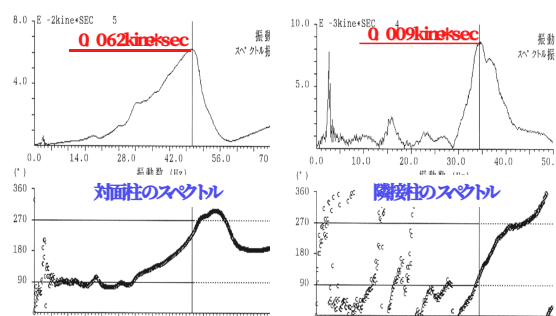


図-6 高次の振動数領域のスペクトル比較【実測波形】