

衝撃振動試験による高架橋健全度評価に関する解析的検証

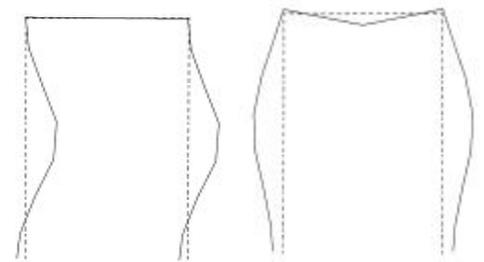
東海旅客鉄道株式会社 フェロー会員 関 雅樹^{*1} 正会員 丹間泰郎 正会員 下村 勝^{*2}
 (株)福山コンサルタント 正会員 中野 聡 正会員 宮村正樹^{*3}

1. はじめに

ラーメン高架橋の健全度評価には、衝撃振動試験で得られる高架橋の固有振動数を用いる場合がある。本研究では、実測の衝撃振動試験結果および解析結果により、ラーメン高架橋の柱の振動性状を把握するとともに、柱の剛性評価法について考察を行ったので報告する。

2. 衝撃振動試験結果

ラーメン高架橋の衝撃振動試験から得られる振動モードは、高架橋の橋軸直角方向の天端を打撃して得られる全体系1次の固有振動数と柱中間部を橋軸直角方向に打撃して得られる柱の部分系2次モードの2種類があるが、このうち柱の部分系2次モードには図1に示すような同位相モードと逆位相モードが存在する。実測結果の一例として、図2に示す鉄筋コンクリート複線2柱式ラーメン高架橋に対する柱中間部の試験結果を図3に示す。ここで、打撃側柱の卓越振動数の位相と同振動数での反対側柱の位相とのずれに着目すると、打撃側の柱には同位相の固有振動数が卓越し、反対側の柱には横梁を介して振動が伝達する逆位相の固有振動数が卓越することが分かる。



(a) 同位相モード (b) 逆位相モード

図1 柱の部分系2次モード

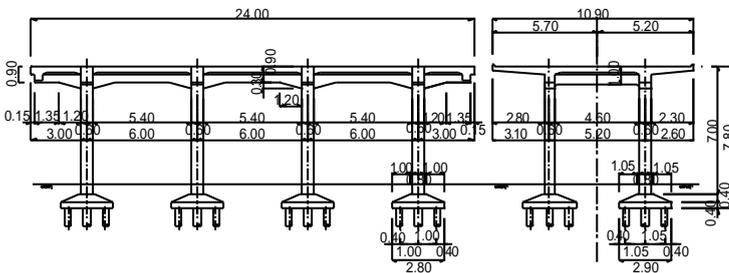
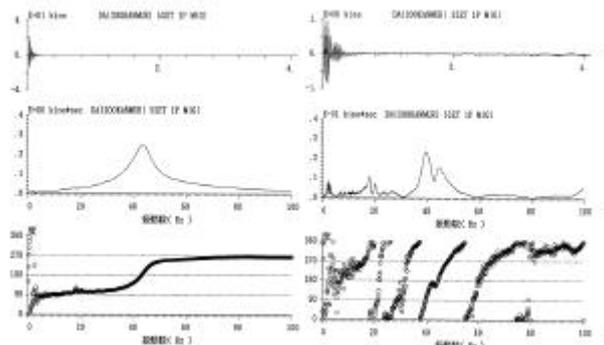


図2 鉄筋コンクリート複線2柱式ラーメン高架橋



(a) 右側打撃(打撃側) (b) 右側打撃(反対側)

図3 衝撃振動試験結果

3. 解析結果

ラーメン高架橋の振動モデル(パネ - 質点系)を作成し、固有値解析と柱に衝撃力を入力する時刻歴応答解析を行って、上記した柱の振動性状が現れるか否かの確認を行った。高架橋の片側の柱の剛性を初期剛性に対して70%まで低下させた場合の振動モードの変化を確認するため、固有値解析により解析した結果を図4に示す。これより、左右の柱の剛性が同じ場合(ケース1)の柱中間部のモード振幅は左右とも同じであるが、左右の柱の剛性が異なる柱の剛性評価、同位相・逆位相、時刻歴応答解析

検討ケース	逆位相モード	同位相モード
ケース1 (両柱ともに剛性は初期剛性で100%)	 33Hz	 58Hz
ケース2 (片側の柱の剛性を初期剛性より70%まで低下させた)	 32Hz	 52Hz

図4 剛性低下に伴う振動モードの変化

*1 〒450-6101 愛知県名古屋市中村区名駅南 1-1-4
 *2 〒103-0027 東京都中央区日本橋 3-1-17
 *3 〒136-0071 東京都江東区亀戸 2-25-4

TEL 052-564-2531 FAX 052-589-1392
 TEL 03-3278-5910 FAX 03-3278-5976
 TEL 03-3683-0721 FAX 03-5628-7211

る場合(ケース 2)では、同位相において剛性を低下させた柱のモード振幅が大きくなる傾向が現れた。なお、逆位相モードにおける柱のモード振幅は左右で同程度であった。

さらに、柱の剛性を初期剛性から 40%まで低下した場合の固有振動数の変化を含めて、柱の剛性低下に伴う同位相モードと逆位相モードの比較を図 5 に示す。これより、柱の剛性低下に伴う固有振動数の変化は同位相モードの方が顕著で、逆位相モードについてはあまり変化しないため、柱の剛性を評価する場合には同位相モードの固有振動数を用いて行うことが望ましい。

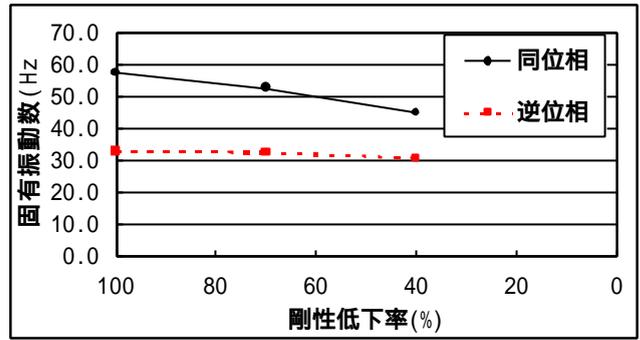
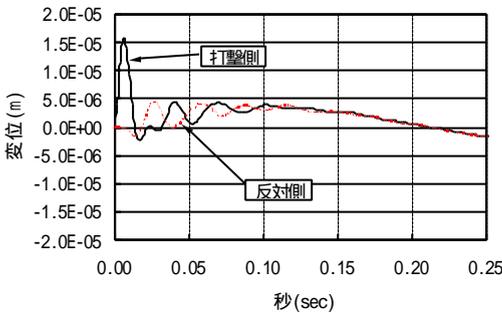
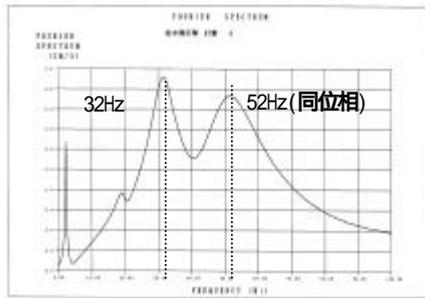


図 5 剛性低下に伴う振動モードの比較

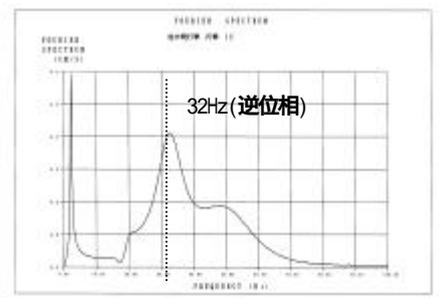
柱中間部に衝撃力を入力した時刻歴応答解析の結果を図 6 に示すが、時間毎に同位相と逆位相が変化することが確認できる((a)参照)。また、衝撃力を入力した柱では同位相モードと逆位相モードの 2 種類の固有振動数が卓越し、反対側の柱では横梁を介して振動が伝達するため逆位相モードの固有振動数が卓越する傾向が確認できた((b)および(c)参照)。



(a) 応答波形の重ね合わせ



(b) フーリエスペクトル(入力側)



(c) フーリエスペクトル(反対側)

図 6 時刻歴応答解析結果

4. 同位相モード判定方法の提案

これまでの衝撃振動試験結果および解析結果を考慮すると、ラーメン高架橋の柱の剛性を評価するために必要な同位相モードの判定方法は、図 7 に示すように左右の柱を同時に測定する衝撃振動試験結果を両柱に対して行い、反対側の柱において卓越する逆位相モードの固有振動数を予め把握しておき、これを考慮した上で打撃側の柱において卓越する同位相 2 次の固有振動数を決定する方法である。

この方法を用いれば、実際の衝撃振動試験の際の同位相モードの固有振動数の選定が簡易に行うことが可能となる。

5. まとめ

本研究では、標準化されたラーメン高架橋の柱の剛性評価をする際において、同位相 2 次の固有振動数を用いることの妥当性について確認を行い、振動性状の把握も行った。また、衝撃振動試験の際に困難な同位相モードの固有振動数の判定方法について提案を行い、実測の衝撃振動試験結果との整合が取れることを確認した。

なお、ラーメン高架橋の振動性状は柱と梁の剛比によって異なるため、本研究の結果がそのまま他のラーメン高架橋に適応するとは限らないが、ここで示した同位相と逆位相のいずれかの柱の部分系 2 次の振動モードを用いて柱の剛性評価を行うことが合理的であることを結論として述べる。

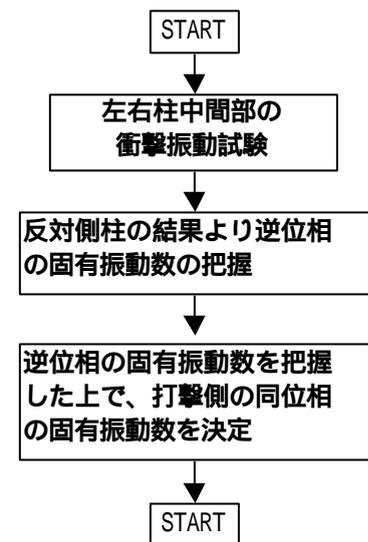


図 7 同位相モードの判定方法