

長大斜張橋における減衰特性の実験的アプローチによる評価 —計画と実施内容—

エム・エムブリッジ(株) 正会員 ○平井 潤, 正会員 野口 敏広
正会員 新地 洋明, 正会員 渡邊 俊輔

1. はじめに

気仙沼湾横断橋は同湾奥部を南北に横断する橋長680mの3径間連続鋼斜張橋で、2021年3月6日に供用が開始された。同橋の構造上の特徴として、主塔が基部以外にボルト接合部のない全溶接構造である点、免震支承が水平・鉛直各方向に機能分離して設置されている点が挙げられ、いずれも減衰性能への大きな影響が予想されるも従来知見からの推定が困難であった。

このため同年1月上旬、当社所有の大型鉛直起振機を用いた実橋加振実験を実施した。2日に渡って行われた実験を通じて主要モードの減衰特性が明らかにされたので、これらをまとめて以下に報告する。

2. 大型鉛直起振機

図.1ならびに表.1に起振機の外観と仕様を示す。鉛直方向に空圧支持された1基あたり13.6tのマスの上変位を、ACサーボモーターを主とする駆動系ループで任意に制御する機構である。2基の起振機を同相・逆相で作動することで桁の並進・ねじれいずれのモードも加振可能であるが、本実験では1基のみを用いた。

3. セットアップ

起振機1基を中央径間1/2長位置に、橋軸より桁幅方向にオフセットして配置することで桁の鉛直曲げとねじれの両方のモードを加振できるようにした。計測器は図.2に示すように、径間中央部～P12～A2の桁と主塔、任意のケーブル挙動2ch分を計測可能な形で展開した。加速度計測にはサーボ型加速度計を、変位計測にはダイヤルゲージを用いた。

4. 常時微動計測と相関分析によるモード同定

加振実験に先立ち、主要モードの把握を目的として1時間の常時微動計測を行い、各計測チャンネルの時刻歴テキストデータに対してFDD法¹⁾を適用することによって周波数情報を伴った計測物理量間の空間相関を抽出した。主要な同定ピークに関する分析結果を図.3に示す。



図.1 起振機外観

表.1 起振機概略仕様

加振周波数	DC - 1 Hz
最大加振力	45 kN@1Hz
装置総質量	30 t
外寸	3,800(W)×2,500(D)×5,133(H)
必要電力	200 Vac, 250 kVA/基
非常停止機構	ディスクブレーキ対応

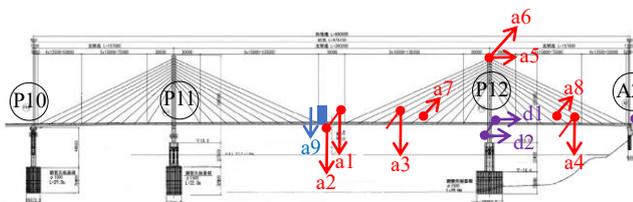
相関モード比は低次の桁鉛直曲げだけでなく、ねじれモードおよび高次の桁鉛直曲げモードまで良好に得られていることが分かる。別報する試験対応解析結果において、これらの同定ピークが該当する振動モードがよく対応して示されているので参照されたい。

5. 減衰自由振動計測

常時微動計測で把握した複数モードのうち桁鉛直曲げ対称1次ならびにねじれ対称1次の2モードにつき加振後の減衰自由振動時挙動を計測して減衰性能の振幅依存性を分析した。図.4に曲げ1次相当振動数で加振後の桁中央鉛直加速度(a_1)の減衰挙動を主塔頂部橋軸方向加速度(a_5)および鉛直支承橋軸方向変位(d_1, d_2)と併記して示した。桁鉛直曲げのモードは同時に主塔の橋軸方向曲げ及び鉛直支承すべりと連成していることが確認できるが、減衰性能と応答レベルの相関に有意な傾向は無くほぼ一定で、平均的に $\delta=0.057$ と既往の報告例^{3)~5)}と比較してほぼ同等の減衰を示した。

キーワード 橋梁, 加振試験, 起振機, FDD法, 減衰自由振動, アクセラランス

連絡先 〒733-0036 広島市西区観音新町一丁目20番24号 エム・エムブリッジ(株) TEL 082-205-5272



a1 : 桁上鉛直加速度, 中央径間 1/2 点(L 側)	a9 : 起振機マス鉛直加速度 (中央径間 1/2 点(L 側))
a2 : 桁上鉛直加速度, 中央径間 1/2 点(R 側)	d1 : 水平支承 相対変位 (L 側)
a3 : 桁上鉛直加速度, 中央径間 1/4 点(L 側)	d2 : 水平支承 相対変位 (R 側)
a4 : 桁上鉛直加速度, 側径間 1/2 点(L 側)	d3 : A2 ジョイント相対変位
a5 : 主塔水平加速度 (橋軸方向)	
a6 : 主塔水平加速度 (橋軸直角方向)	
a7 : ケーブル面内水平加速度(中央径間側)	
a8 : ケーブル面内水平加速度 (側径間側)	

図.2 起振機配置位置と計測箇所

図.5 にはねじれ対称 1 次加振後の減衰挙動を主塔橋軸直交方向加速度(a6)と比較して示す。鉛直曲げモードと異なり、桁のねじれに伴う主塔の橋直曲げや支承の滑り連成は見られない。また減衰の振幅依存性には明らかな底打ち傾向が見られた。

6. アクセラランス評価

共振振動数周りのステップスイープ加振を行い評価モードのアクセラランスを得た。曲げ対称 1 次に関する結果を図.6 に記載する。共振点近傍の位相差勾配から求めた減衰定数は $\delta = 0.08$ と減衰自由振動計測で得られた値よりやや大きかった。

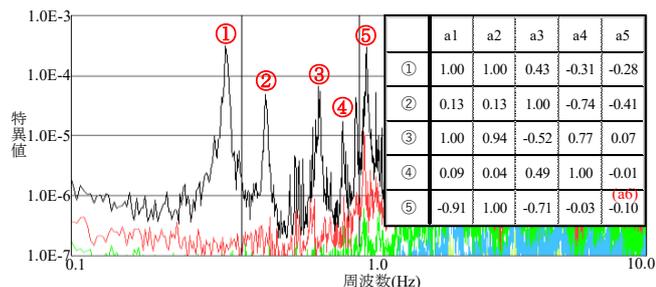


図.3 FDD 法によるモード同定

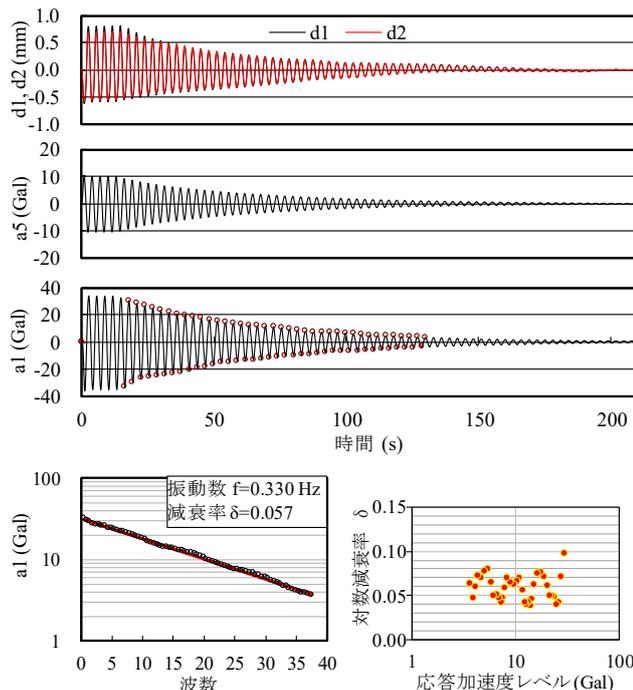


図.4 減衰自由振動分析結果 (曲げ対称 1 次)

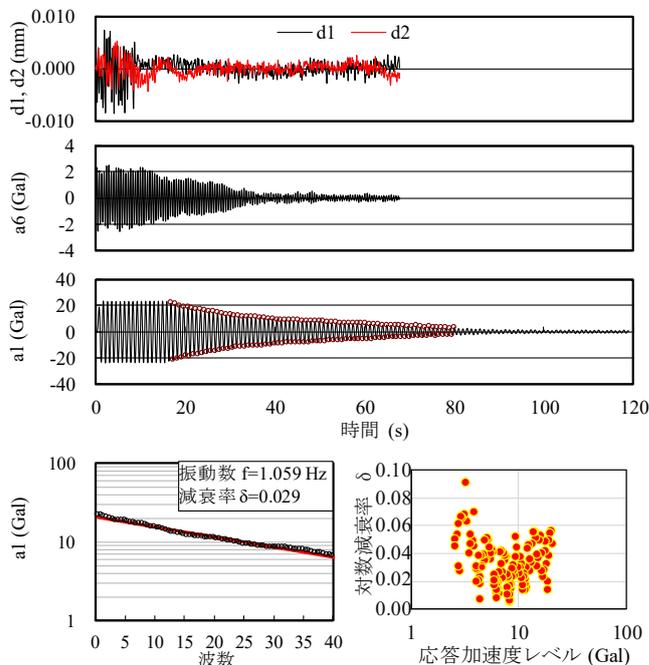


図.5 減衰自由振動分析結果 (ねじれ対称 1 次)

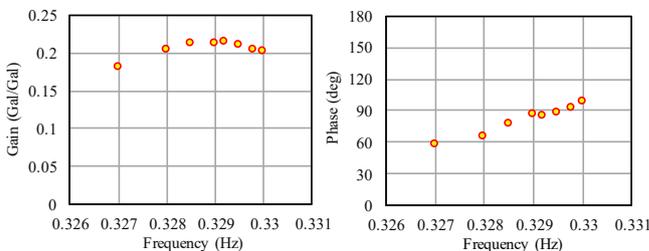


図.6 アクセラランス計測結果

7. おわりに

加振実験を通じて実橋の減衰特性を明らかにした。構造上の特徴が減衰特性に及ぼす影響は極端に大きくはなく、従来構造と同等レベルの減衰性能を保有していることを確認した。

参考文献

- 1) Brincker, R., et al.: Modal Identification from Ambient Responses using Frequency Domain Decomposition, Proc., of 18th International Modal Analysis Conference, 625-630, 2000
- 2) 山口ら: 鶴見つばさ橋の振動実験による動的特性の同定, 土木学会論文集 No.543/I -36, 247-258, 1996. 7
- 3) 岡内ら: 大振幅加振による長大斜張橋の実橋振動実験, 土木学会論文集 No.455/I -21, 75-84, 1992. 10
- 4) 山口ら: 多々羅大橋にみる長大斜張橋のケーブル振動連成とその減衰性能への影響, 土木学会論文集 No.766/I -68, 309-323, 2004. 7