

第2マクタン橋（PCエクストラードーズド橋）の振動実験

鹿島技術研究所

鹿島土木設計本部

片平エンジニアリングインターナショナル

片平エンジニアリングインターナショナル

正会員

河野 哲也^{*1}

正会員

山野辺 慎一^{*1}

君島 正美^{*2}

Jovito C. Santos^{*2}

1. はじめに

第2マクタン橋は、フィリピンのセブ島とマクタン島に架かる橋長410m、中央径間長185m、幅員21mの世界最大規模の3径間連続PCエクストラードーズド橋である¹⁾。架橋地点は、環太平洋地震帯に位置し、地震発生頻度が高い地域であることから、動的解析による耐震設計を行っている。また、PCエクストラードーズド橋については振動実験の実績がなく、振動特性が十分に把握されていない。これらのことから、耐震設計の妥当性の検証、及び振動特性の把握を目的として、実橋において、大型起振機を用いた振動実験、衝撃加振による自由振動実験、常時微動計測を行った。本論文では、振動実験から得られた第2マクタン橋の振動特性について報告する。

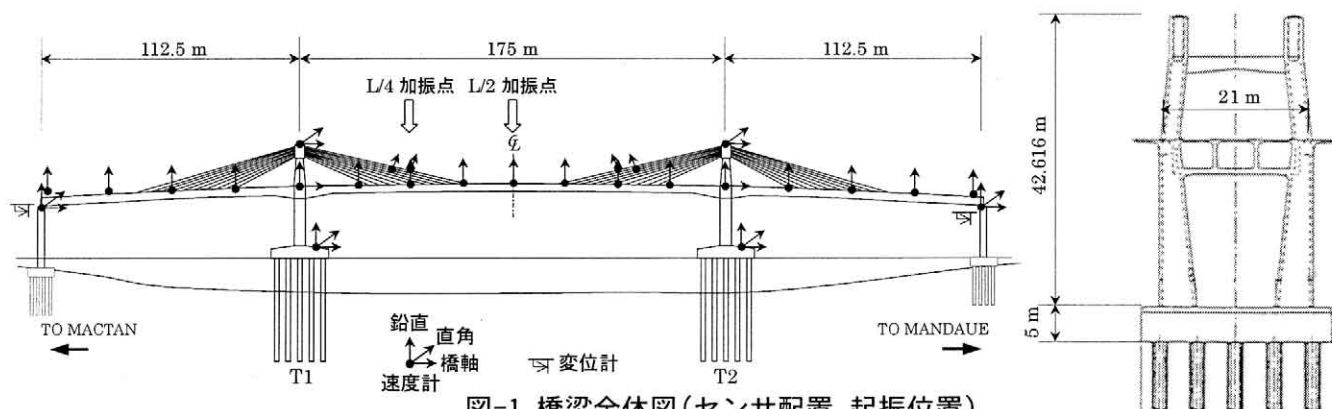


図-1 橋梁全体図(センサ配置, 起振位置)

2. 実験方法

起振機実験は、鉛直加振用起振機（最大加振力 5tf、鹿島技研所有）を中央径間 L/4 点又は中央径間 L/2 点に設置し、面内振動モードを誘起した。サーボ型速度計を用いて、桁、主塔、フーチング、端橋脚、及び斜材ケーブルを測定し、レーザー変位計を用いて端橋脚部上のすべりゴム支承の橋軸方向変位と橋軸直角方向軸まわり回転を測定した。（計 50ch）

自由振動実験は、鉛直加振用起振機と同じ、中央径間 L/4 点又は中央径間 L/2 点においてトラックの後輪を段差から落とすことで衝撃加振を与え、自由振動波形を測定した。

3. 実験結果及び考察

起振機実験により得られた側径間中間部鉛直方向、及び中央径間中央部鉛直方向の共振曲線を図-2 に示す。面内対称 1 次、2 次、3 次、4 次、面内逆対称モード 1 次、2 次、3 次の 7 つの卓越振動数を確認することができた。振動実験より得られた固有振動数を固有値解析と比較して表-1 に示す。また、

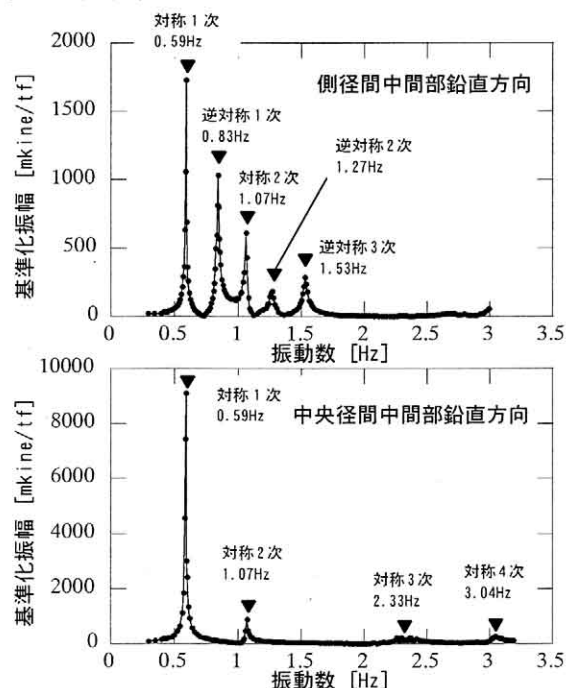


図-2 共振曲線

キーワード：第2マクタン橋、振動実験、PCエクストラードーズド橋、固有振動数、減衰定数

連絡先 *1 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL0424-89-7076 FAX0424-89-7078

*2 〒104-0061 東京都中央区銀座 4-2-16 TEL03-3563-4053 FAX03-3563-4055

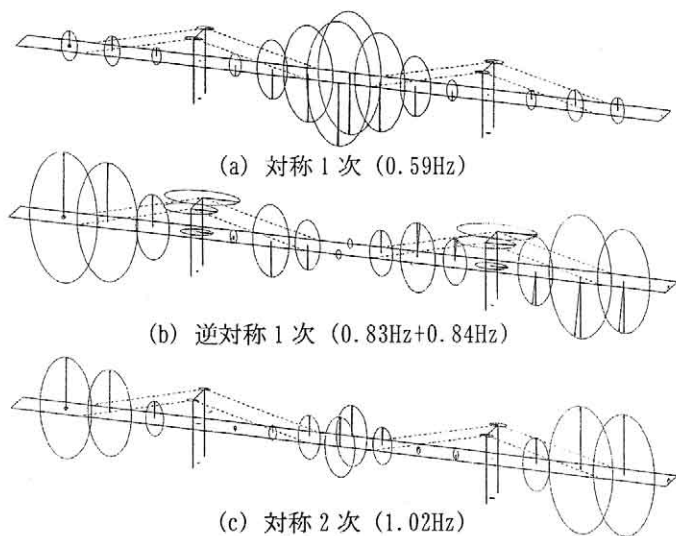


図-3 実験による固有振動モード

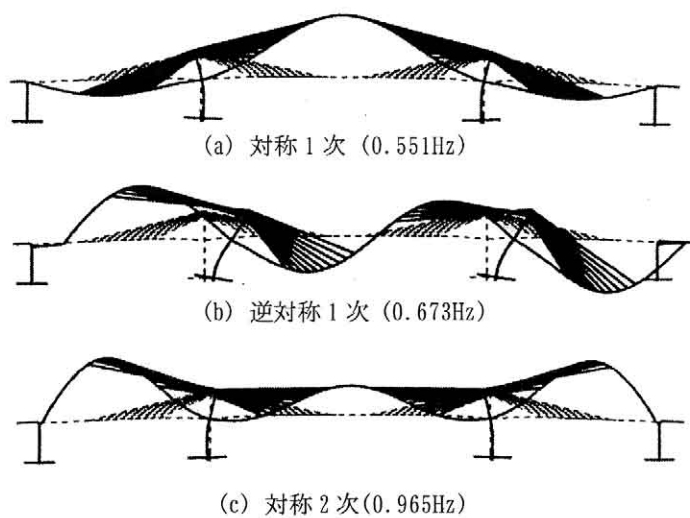


図-4 解析による固有振動モード

面内対称 1 次、2 次と面内逆対称 1 次の実験値から得られた振動モード、及び解析による振動モードをそれぞれ図-3、図-4 に示す。解析は、実験時の橋面工重量を考慮し、端橋脚部のすべりゴム支承については振動実験の振幅レベルでは滑らないことから、ゴム剛性の弾性バネとしてモデル化した。また、コンクリートの弾性係数は、品質管理試験とクリープ試験のデータを用いて、現地コンクリートの特性、材齢、及び微小振幅時の剛性を考慮して補正した値を用いた。

確認された振動モード形状は、解析値とほぼ一致しており、固有振動数は、それぞれ対応する振動モードの解析値よりも大きくなっている。対称モードに関して、実験値と解析値の差は 1 割以下であるのに対し、逆対称モードに関しては 1~2 割程度ある。この要因として、解析モデルでは道路橋示方書に従って算出した耐震設計時の地盤バネを使用しているが、振動実験レベル振幅時の地盤バネは、耐震設計時の地盤バネよりも大きくなることが考えられる。

自由振動実験では、得られた減衰波形に各振動モードに対応するバンドパスフィルターをかけ、各振動モードの減衰波形を求め、各振動モードの減衰定数を求めた。また、起振機実験による共振曲線からハーフパワーを用いて各振動モードの減衰定数を求めた。これらをまとめたものを表-2 に示す。

自由振動実験により、面内対称 1 次、2 次、面内逆対称 1 次、2 次、3 次の振動モードの減衰定数を確認できた。実験より求めた減衰定数は、0.005~0.015 であり耐震設計で規定されている値よりも小さいが、同規模の既設橋梁における振動実験結果²⁾と比較すると同程度であることがわかる。

4. まとめ

振動実験の結果、得られた固有振動数、固有振動モードは、実験時の条件を考慮した固有値解析結果にほぼ等しいことから、耐震設計の妥当性が示された。本橋の減衰定数は、同規模の既設橋梁と同程度であった。

【参考文献】 1) 君島正美他：第 2 マクタン橋の施工、橋梁と基礎、2000 年 2 月

2) 竹田哲夫他：実測データに基づく PC 斜張橋の減衰特性について、土木学会論文集 No. 626/I-48、1999 年 7 月

表-1 鉛直方向モードの固有振動数

振動モード	解析値 [Hz]	実験値 [Hz]		
		常時 微動	起振機	自由 振動
面内対称 1 次	0.551	0.59	0.59	0.586
面内逆対称 1 次	0.673	0.82 (T1 側) 0.87 (T2 側)	0.83 (T1 側) 0.84 (T2 側)	0.818
面内対称 2 次	0.965	1.06	1.07	1.062
面内逆対称 2 次	0.985	—	1.27	1.257
面内逆対称 3 次	1.376	—	1.53	1.526
面内対称 3 次	2.159	—	2.33	—
面内逆対称 4 次	2.537	—	—	—
面内対称 4 次	2.962	—	3.04	—

表-2 鉛直方向モードの減衰定数

振動モード	実験値 [Hz]	
	起振機	自由振動
面内対称 1 次	0.0067	0.0043
面内逆対称 1 次	0.0083	0.0084
面内対称 2 次	0.0065	0.0045
面内逆対称 2 次	0.0120	0.0155
面内逆対称 3 次	0.0110	0.0104