

I-351

横浜港横断橋主塔の振動実験

首都高速道路公団 正員 小田桐直幸
同 上 正員 高野 晴夫

1. はじめに

横浜港横断橋は、全長860m、中央径間が460mでダブルデッキ構造の鋼3径間連続トラス桁斜張橋であり、上層は首都高速道路、下層は国道となっている。本橋の主塔は高さ172mで、上下2段の水平梁を持つラーメン構造であり、桁は塔柱からタワーリンク支承により吊り下げられている。著者らは主塔の架設時耐風研究¹⁾により、架設系での面内ギャロッピング発現の可能性がケーブルを張ったことによるダンパー効果により抑制されることを風洞実験で明らかにした。架設時のギャロッピング対策としてTMDを設置して対処し、完成後も塔頂に残置している。本文は、架設時及び完成時の主塔実橋振動実験から得られた振動特性を報告するものである。

2. 実験概要

実験は ① 主塔高123mまで架設後 (B20) ② 主塔全段架設完了後 (B31, ケーブル無し) ③ 同 (ケーブル4段架設) ④ 同 (ケーブル全段架設完了後の桁閉合時) の計4回実施し、併せて常時微動計測も行った。加振方法はそれぞれ ① 塔に設置したTMD (図1) のウエイトに初期変位を与え、開放して加振の後オイルダンパーで停止、② TMDのウエイトを人力加振し、うなり現象でウエイトの振幅が微小になったときにロック、③と④アクティブダンパーを利用した加振、とした。計測器は加速度計を用い (図2)、自由振動加速度波形から減衰を評価した。

3. 実験結果

表1に常時微動計測結果を示す。振動数を解析値と実測値で比較すると良好な精度で一致していることが分かる。これらの実測値は各架設段階ごとのTMDのチューニングに活用された。

振動実験から得られた対数減衰率を図3～6、表2に示す。

TMDの減衰付加効果をみるために、塔頂振幅と対数減衰率を図7に示した。これによれば仮支承状態では減衰の振幅依存性はみられず、TMDにより総合減衰率が0.04程度増えるのに対し、リンク支持では明かな振幅依存性があり、振幅が概ね3mmを越えると $\delta = 0.025$ 以上は確保される。過去に実施した風洞実験 (図8) によれば、面内ギャロッピングは $\delta = 0.025$ 以上あれば問題ないとされていたため、安全性が実証された。

第3回 (ケーブル4段) と第4回 (ケーブル11段) の実験の比較から、ケーブルが主塔振動に及ぼす影響を調べた。第3回では主塔の固有振動数とケーブルのそれとが離れていたため、加振器の片振幅40mmの時塔頂加速度が約4galで $\delta = 0.0454$ だったものが、第4回になると最上段とその1段下のケーブルの固有振動数が主塔のそれと近接し、加振器の片振幅が80mmの時塔頂で約2.5galとなり、加振力が増えたにもかかわらず応答が減少した。このケーブルによる減衰付加効果 (ダイナミックダンパー効果) は風洞実験 (図9) でも確認されていた。

4. 結論

鋼斜張橋主塔の実橋振動実験から、以下のことが確認された。

- 1) 主塔の固有振動数は解析値と良好な精度で一致していた。
- 2) 主塔架設完了後のTMDの効果を考慮した総合対数減衰率は $\delta = 0.025$ 以上確保されており、面内のギャロッピングにたいする安全性が立証されたと考えられる。
- 3) 主塔とケーブルの固有振動数が近いと、ケーブルのダイナミックダンパー効果が現われる。

〔参考文献〕 1) 伊藤 学、他：土木学会第42回年次学術講演会概要集、I - 332～334、1987.9.

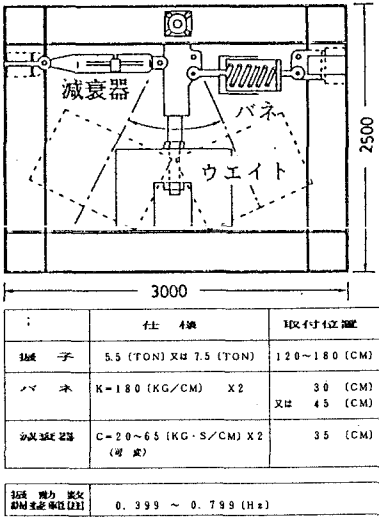


図1 制振装置概略図

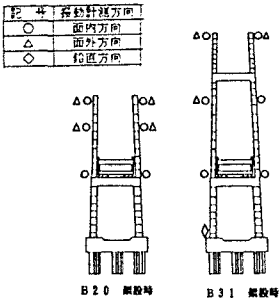


図2 主塔加速度計測点と位置

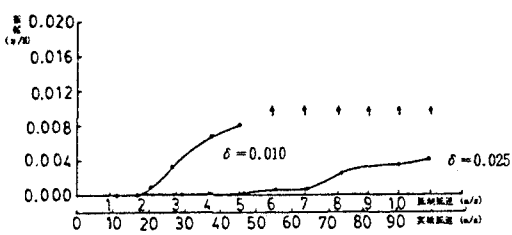


図8 風洞試験振幅一応答曲線 (B31架設時・主塔単独)

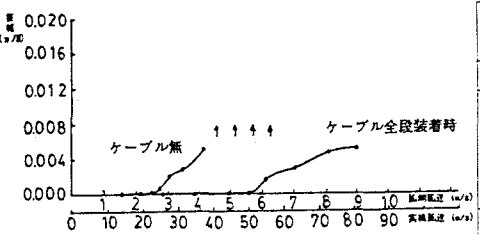


図9 風洞試験振幅一応答曲線 (完成時・ケーブル全段装着時)

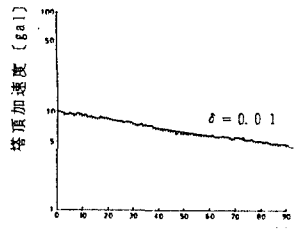


図3 対数減衰率計算図(第2回) (板支支持)

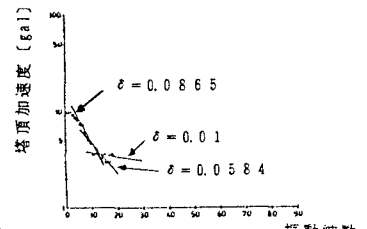


図4 対数減衰率計算図(第2回) (リンク支持)

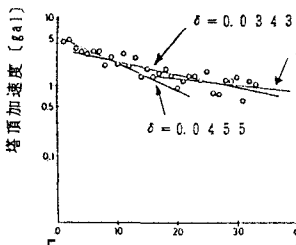


図5 対数減衰率計算図(第3回) 板支支持

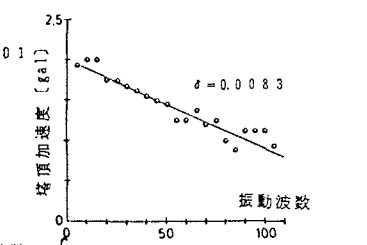


図6 対数減衰率計算図(第4回) リンク支持

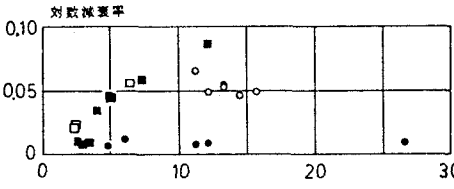


図7 主塔振幅と対数減衰率との関係 (主塔単独と制振装置作動時の比較)

制振装置	
固定	作動
板支支持	● ○
リンク支持	■ □

表1 常時微動計測結果

架設段階	B31							
	B20	B21	B23	B25	B27	ケーブル無	4段架設	完成
塔高(m)	123	129	137	147	157	172	172	172
有効質量 (ton, S ² /m)	90.6	96.4	123.8	219.1	213.3	232.8	222.7	218.9
固有振動数 (Hz)	解析							
	0.575	0.529	0.401	0.560	0.547	0.509	0.457	0.399 (但し、1期完成)
	計測	0.60	0.54	0.430	0.555	0.53	0.500	0.435
計測/解析								
	104%	102%	107%	99%	97%	98%	98%	104%
塔頂振幅 (mm)	0.6	0.5	0.7	0.07	0.1	0.08	1.8	0.2

表2 制振装置の効果まとめ

実験 No.	振動数 [Hz]	主塔加速度最大値 (gal)	主塔頂部変位最大値 (mm)	制振装置変位最大値 (mm)	総合減衰率計測時	主塔単独減衰率	減衰率増加分計測時	減衰率増加分計算	計測一解析
1	0.60	1	16	11.26	0.0660	0.0080	0.056	—	—
		1	10	12.13	0.0489	0.0087	0.0389	0.040	101%
		2	11	12.34	0.0531	0.0087	0.0431	0.040	111%
		3	11	13.34	0.0544	0.0087	0.0444	0.034	134%
2	0.457	1	13	15.77	0.0486	0.0087	0.0386	0.0438	91%
		2	4.8	6.43	11	0.0557	0.0455	0.0102	140%
3	0.435	1	1.6	2.38	未検出	0.0203	—	0.0103	—
		2	1.625	2.41	未検出	0.0234	—	0.0134	—