

I - 93

地震観測記録による横浜ベイブリッジのモード減衰定数の推定

株式会社長大 ○正員 矢部 正明 首都高速道路公団 正員 若 林 登
株式会社長大 七井 英子 首都高速道路公団 正員 高野 晴夫

1. まえがき

横浜ベイブリッジで観測された地震記録を用いて、モード減衰定数の推定を行った。地震記録を用いて斜張橋の減衰特性を解析した実用的な研究としては、川島等の研究がある。川島等は、幾つかの減衰定数を仮定して動的解析を行い、加速度記録の再現性によって減衰定数を推定している。¹⁾ 著者らの最終的な目標も、耐震設計時の減衰定数の評価にある。本報告では、その第一ステップとして、パワースペクトルにおける各固有振動モードのピークよりハーフパワー法により減衰定数を推定した。また、田村等が風のパフエッティング振動時の減衰定数の評価に用いているRandom Decrement法（RD法）を用いて、自由振動波形を算出し、それより減衰定数を推定する方法も試験的に用いた。

2. モード減衰定数の推定方法

モード減衰定数は、各固有振動モードのパワースペクトルのピークが明瞭な形で得られていたので、平滑化を行わずハーフパワー法より求めた。

RD法は、期待値0の狭帯域ランダム応答波形を小サンプルに分割し、これを数多く重ね合わせることに、応答波形中のランダム成分がアンサンプル平均されて消え、自由振動成分のみが残るというものである。なお、各小サンプルの初期値は、応答波形の極大値となるように分割する必要がある。RD法における小サンプルの分割は、応答波形の各極大値を始点としてデータを1ピークずつずらせながら重複させて重ね合わせる方法を採用し、小サンプルの長さは、固有周期の約10倍とした。また、小サンプルの重ね合わせ数は、1000回とした（図-1参照）^{2), 3)}。

3. 横浜ベイブリッジのモード減衰定数

表-1に、モード減衰定数の推定結果を示す。周波数領域のデータを用いて推定されたモード減衰定数は、伊豆大島近海地震においては、観測位置の違いの影響を受けずに各固有振動モード内で比較的安定しているのに対し、東京湾地震のそれは、一部のモードでバラツキがみられる。これは、伊豆大島近海地震の地震動が比較的長周期が卓越しているため、東京湾地震よりも横浜ベイブリッジの固有振動モードを励起しやすいからと考えられる。周波数領域のデータを用いて推定されたモード減衰定数より、各固有振動モードに関して次のような傾向が得られた。

- i) 遊動円木のモード減衰定数は、耐震設計に用いた2%より大きい値が得られた。
- ii) 桁の面内たわみと面外たわみに関するモード減衰定数は、高次になる程小さくなっている。
- iii) ねじれ対称1次のモード減衰定数は、耐風設計に用いた0.5%より大きい値が得られた。

時間領域のデータを用いて推定された減衰定数は、広い範囲に分布しており、モード減衰定数が振幅依存性を示すものも幾つかあった。

4. まとめ

対象とした地震動の強度が小さいため、耐震設計で用いられた減衰定数の妥当性を検証するまでには至らなかった。この点に関しては、今後の地震記録の蓄積によって解明していく考えである。

モード減衰定数の推定方法としては、パワースペクトルからハーフパワー法によって推定する方法によっても比較的安定した結果を得られることが確認された。しかし、RD法を用いて地震記録のような非定常性が強いものより自由減衰波形を推定するためには、更なるデータ処理上の工夫を必要とする。横浜ベイブリッジの振動実験において、面内たわみ対称1次のモード減衰定数の振幅依存性が指摘されている。モード減衰定数の振幅依存性を評価するためには、RD法のような時間領域におけるモード減衰定数の推定方法の適

用性を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 川島他：強震記録に基づく斜張橋の減衰特性の解析，橋梁と基礎 89-11，平成元年11月
- 2) 田村他：ランダムな外力による強制振動時の減衰評価，日本風工学会誌，第47号、平成 3年 4月
- 3) 田村他：RD法による強風時の構造物の減衰評価，第12回風工学シンポジウム，平成 4年12月

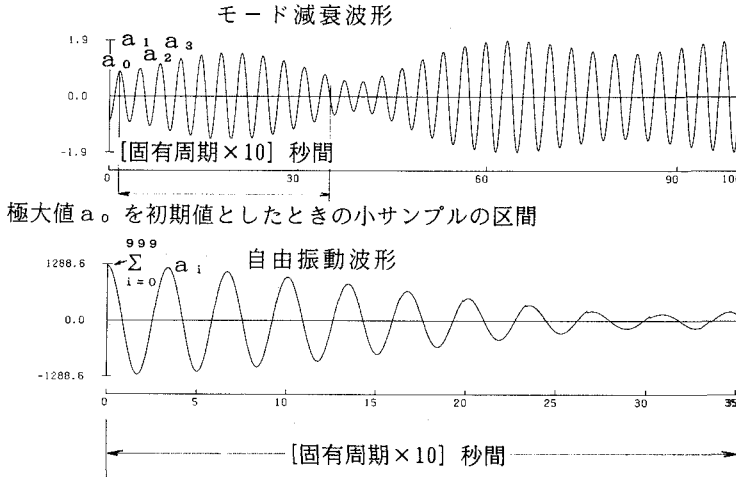


図-1 RD法におけるモード減衰波形の重ね合わせ

表-1 横浜ベイブリッジ上部構造のモード減衰定数 (%)

固有振動 モード	観測位置	1990. 2.20 伊豆大島近海地震			1992. 2. 2 東京湾地震		
		周波数領域 ¹⁾		時間領域 ²⁾	周波数領域 ¹⁾		時間領域 ²⁾
		減衰定数	変位振幅 ³⁾		減衰定数	変位振幅 ³⁾	
遊動円木	桁端	3.75	1.74	2.17	励起せず		
	主塔	3.78	1.76	1.99			
面内たわみ 対称1次	側径間中央	1.24	0.67	2.77 ⁵⁾	1.51	0.36	3.25
	中央径間中央	1.24	2.24	0.73~19.6	2.56	0.60	5.66
	中央径間1/4点	1.24	1.33	—	2.48	1.05	4.21
面内たわみ 逆対称1次	側径間中央	0.67	0.25	0.42	0.73	0.21	0.54
	中央径間中央	0.80	0.10	0.39	0.67	0.03	0.85
	中央径間1/4点	0.45	0.29	0.44	0.70	0.32	0.51
面内たわみ 対称2次	側径間中央	0.74	0.49	0.68	1.10	0.26	0.66
	中央径間中央	0.72	0.54	0.07	1.08	0.27	0.44 ⁵⁾
	中央径間1/4点	0.62	0.09	0.33	0.74	0.06	0.25
面内たわみ 逆対称2次	側径間中央	0.37	0.13	0.81 ⁵⁾	0.55	0.12	0.13
	中央径間中央	0.36	0.06	0.13	0.51	0.06	0.07
	中央径間1/4点	0.35	0.10	0.78 ⁵⁾	0.44	0.11	0.08
面外たわみ 対称1次	側径間中央	1.25	0.43	1.26	2.00	0.49	2.52
	中央径間中央	1.13	2.72	1.12~6.75	2.09	3.36	5.10
	中央径間1/4点	1.13	2.09	1.09~7.01	2.11	2.66	4.69
面外たわみ 逆対称1次	側径間中央	0.68	0.18	—	1.10	0.38	0.19~4.50
	中央径間中央	0.86	0.13	0.49	0.69	0.20	2.86
	中央径間1/4点	0.78	0.40	0.34~1.00	0.84	0.43	2.15 ⁵⁾
面外たわみ 対称2次	側径間中央	0.59	0.11	0.34	0.71	0.15	0.64
	中央径間中央	0.81	0.20	0.35	0.64	0.20	0.04
	中央径間1/4点	0.74	0.10	0.17	0.37	0.03	—
ねじれ 対称1次	中央径間中央	0.77	0.18	0.07~1.00	0.61	1.01	0.12
	中央径間1/4点	0.85	0.13	0.08~1.86	0.63	0.64	0.05
	側径間中央	0.65	0.02	—	0.64	0.14	0.19
主塔面内 逆位相	本牧側	1.08	3.21 ⁴⁾ 2.56	0.60~3.37	励起せず		
	大黒側	0.83	1.37 ⁴⁾ 1.08	0.32			
主塔面内 同位相	本牧側	0.51	1.12 ⁴⁾ 0.86	0.93~2.97	0.96	1.09 ⁴⁾ 0.84	1.33
	大黒側	0.89	0.81 ⁴⁾ 0.61	0.14	1.03	1.52 ⁴⁾ 1.16	—

- 1) パワースペクトルよりハーフパワー法により推定
- 2) RD法より求めた自由減衰波形により推定
- 3) 変位のフーリエ振幅
- 4) 上段が塔頂、下段が塔頂付近横梁
- 5) 振幅依存性を示すデータもあったが、粘性減衰として扱えるものを表記