

I - 94

地震観測記録による横浜ベイブリッジの固有振動特性

首都高速道路公団 ○正員 若 林 登
 首都高速道路公団 正員 高 野 晴 夫
 株 式 会 社 長 大 七 井 英 子
 株 式 会 社 長 大 正員 矢 部 正 明

1. まえがき

横浜ベイブリッジの耐震設計は、部材断面の決定等は修正震度法と応答スペクトル法、最終的な照査は時刻歴応答解析法により行われている。この耐震設計の妥当性の検証と、長大斜張橋の動的特性の解明を目的として、地震計が設置されている。地震計は、主塔、主桁、多柱基礎、支持地盤である土丹層（GL. -100m）に設置されたデジタル式加速度計85成分と桁端に設置された相対変位計により構成されている。

本報告では、横浜ベイブリッジで観測された2つの地震記録を解析し、固有振動特性を推定した結果を述べる。

2. 解析の対象とした地震

解析の対象とした地震は表-1に示す2つの地震である。これは、横浜ベイブリッジで観測された最も震度階の大きい地震（伊豆大島近海地震）と、東京湾という比較的近距离で発生した地震（東京湾地震）である。土丹層における地震記録のフーリエスペクトルと応答スペクトルによると、伊豆大島近海地震の地震動は長周期成分が、東京湾地震の地震動は短周期成分が卓越している。

3. 固有振動特性の推定方法

固有値解析および横浜ベイブリッジの完成時に実施された常時微動観測と定常振動実験（起振機実験）等より、横浜ベイブリッジの主要な固有振動モードの多くは、0.0~2.0Hz間に分布しているという結果が得られている。その結果を手掛かりに、地震記録からフーリエスペクトルを算出し、各固有振動モードに相当するピークを確定した。固有振動モードの固有振動数は、確定されたピークの最大値位置の振動数とした。固有振動モード形は、確定されたピークの幅に相当するバンドパスフィルターをかけて固有振動モードに関する加速度波形を抽出し、各地震計位置の加速度振幅の相対的な比率を結ぶことにより描いた。

4. 固有振動特性（固有振動数と固有振動モード形）

着目する固有振動モード形は、地震計の配置状況より可能な限り高次のものまでを対象とした。得られた固有振動モード形は、東京湾地震で遊動円木が得られなかった点、主塔面内の逆位相に関するモードが、本牧側と大黒側で逆位相とならず、同位相となっている点を除けば、横浜ベイブリッジを対象とした固有値解析結果より得られてきているモード形状にほぼ等しい結果が得られた。図-1に伊豆大島近海地震の代表的な固有振動モード形を示す。

地震記録より推定される固有振動数を、固有値解析、常時微動観測、定常振動実験の結果とともに表-2に示す。表より、伊豆大島近海地震と東京湾地震の各固有振動モードにおける固有振動数は概ね一致し、常時微動観測、定常振動実験の結果と比較してもほぼ等しい値が得られている。固有値解析と地震記録より得られる固有振動数に着目すると、面内たわみの逆対称1次、ねじれ対称1次、大黒側端橋脚直角1次において10~20%の差があることを除けば、両者の値は近似している。

5. まとめ

本報告で対象とした地震動の強度は、設計で対象としているものと比べ小さいものである。しかし、本報告の結果によって、横浜ベイブリッジの耐震設計の根幹をなしている固有値解析結果は、実用上十分な精度で得られていることが確認できた。なお、固有値解析と地震記録より得られる固有振動数の差については、今後の地震記録の蓄積および解析により明確にしていく考えである。

表-1 解析の対象とした地震

発生日時	震源位置	マグニチュード	深さ(km)	震央距離(km)	横浜震度階	東京震度階
1990.02.20 15:53	伊豆大島近海	6.5	17	173	IV	IV
1992.02.02 04:04	東京湾	5.7	90	80	III	V

表-2 地震記録より推定される固有振動数

(単位: Hz)

固有振動モード形	固有値解析	常時微動	定常振動	1990.02.20 伊豆大島近海	1992.02.02 東京湾
遊動円木	0.137	—	—	0.131	励起せず
主桁面内たわみ					
対称1次	0.339	0.364	0.34~0.35	0.351	0.360
逆対称1次	0.492	0.601	0.54~0.57	0.598	0.580
対称2次	0.748	0.854	0.802	0.812	0.818
逆対称2次	0.953	1.012	—	1.031	1.050
主桁面外たわみ					
対称1次	0.283	0.274	—	0.308	0.293
逆対称1次	0.703	0.684	—	0.644	0.653
対称2次	1.075	—	—	1.031	1.056
ねじれ対称1次	0.773	0.882	0.876	0.858	0.897
主塔面内					
逆位相	0.415	0.382	—	0.403	0.403
同位相	0.423	0.382	—	0.418	0.421
本牧側端横脚					
横脚横軸1次	2.440	—	—	2.490	2.390
横脚直角1次	0.686	—	—	0.640	0.620
基礎横軸1次	1.493	—	—	1.420	1.530
基礎直角1次	1.786	—	—	1.750	1.750
本牧側主塔					
基礎横軸1次	1.235	—	—	1.230	1.210
基礎直角1次	1.294	—	—	1.290	1.210
大黒側主塔					
基礎横軸1次	1.299	—	—	1.280	1.290
基礎直角1次	1.294	—	—	1.300	1.240
大黒側端横脚					
横脚横軸1次	2.325	—	—	2.340	2.360
横脚直角1次	0.676	—	—	0.660	0.610
基礎横軸1次	1.136	—	—	1.110	1.060
基礎直角1次	1.250	—	—	1.220	1.240

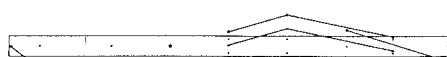
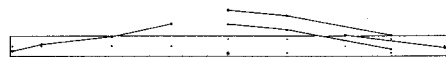
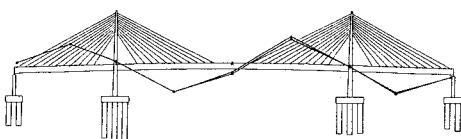
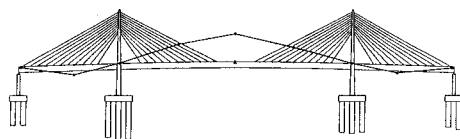
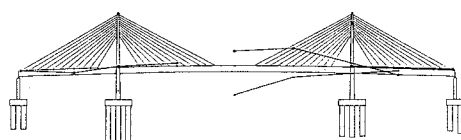
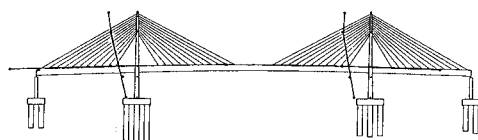
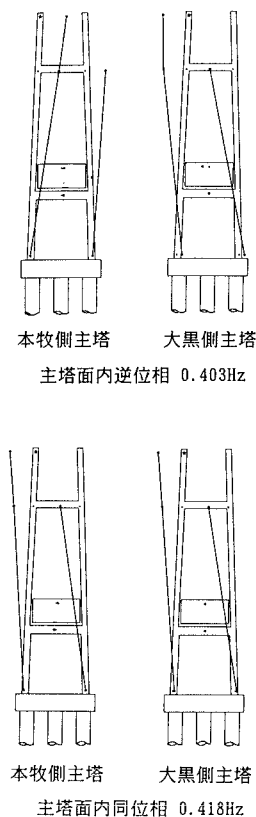


図-1 伊豆大島近海地震より推定される固有振動モード