

常時微動計測による女神大橋の振動特性の推定

長崎大学大学院 学生会員 ○木村 剛

長崎県 正会員 北原雄一

中国福州大学 非会員 呉 慶雄

長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

長崎大学工学部 正会員 中村聖三

1. まえがき

耐震、耐風及び維持管理の観点から長大橋では建設当初において振動実験が一般に行われている。平成 17 年 12 月に開通した女神大橋については、人力加振による主塔の振動実験と主桁及び主塔の常時微動計測が実施された。本研究ではこのうち、平成 17 年 11 月 1 日に実施された常時微動計測結果を用いて、MEM¹⁾ 法によるスペクトル解析によって求めた固有振動数と Subspace²⁾ 法によって求めた固有振動数を比較する。さらに、多点計測による Subspace 法から得られた女神大橋の固有振動特性(固有振動数、固有振動モード、減衰定数)を把握する。

2. 女神大橋の概要

解析対象である女神大橋は、長崎港によって分断されている長崎市南部・西部を最短距離で結ぶことで市内中心部の慢性化した交通混雑を緩和し、地域全体の産業・経済・文化の活性化を目的として建設され、平成 17 年 12 月 11 日開通した 3 径間連続鋼斜張橋である。中央径間 480m、側径間 200m、全幅員 28.3m である。

3. 常時微動計測概要

計測点は、全部で 8 点である(図-1)。主塔における計測点は、3P(女神側)の N 塔(湾内側)頂部橋軸方向加速度(NT-TL)及び S 塔(湾外側)頂部橋軸直角方向加速度(ST-TT)の 2 点である。また、主桁における計測点は、中央径間側に 160m 地点の中央鉛直方向加速度(1/4L-CV)、320m 地点の中央鉛直方向加速度(3/4L-CV)及び 240m 地点においては、主桁 N 側鉛直方向加速度(1/2L-NV)、主桁 S 側鉛直方向加速度(1/2L-SV)、主桁中央鉛直方向加速度(1/2L-CV)、及び、主桁 S 側橋軸直角方向加速度(1/2L-ST)の合計 6 点である。次に、常時微動計測データのサンプリング条件は、データ数 $N=12000$ 、サンプリングレート $dt=0.05$ (s) 及び計測時間 $T=600$ (s) である。また、計測は、制振装置非作動時に 4 回、制振装置作動時に 10 回行った。

3. 解析結果

3.1 MEM 法と Subspace 法による固有振動数の推定

先に述べた 8 点全ての計測点について MEM 法により計算したパワースペクトルを図-2、3 及び 4 に示す。ここで使用した計測結果は、制振装置非作動時に計測された計測 1 回目の結果である。図-2 は、主桁の面内方向のパワースペクトルである。図-3 は、主桁の面外方向のパワースペク

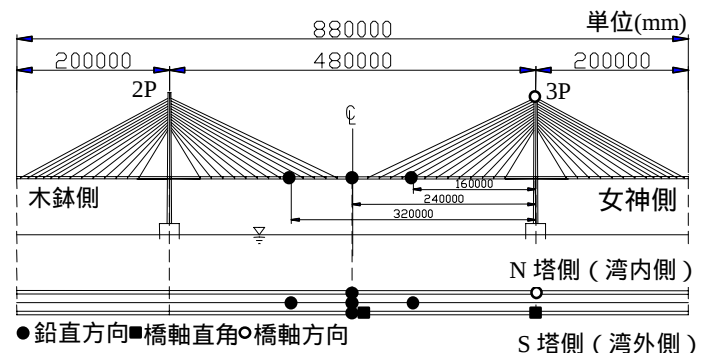
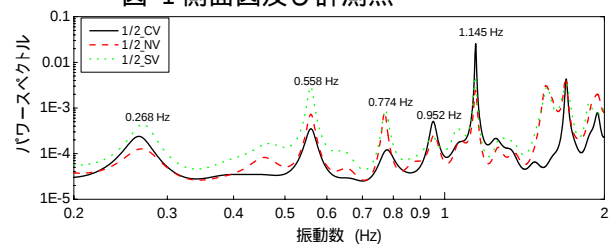
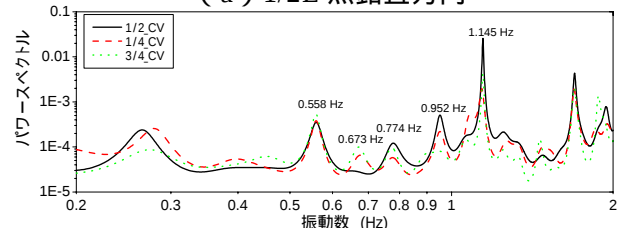


図-1 側面図及び計測点



(a) 1/2L 点鉛直方向



(b) 主桁中央鉛直方向

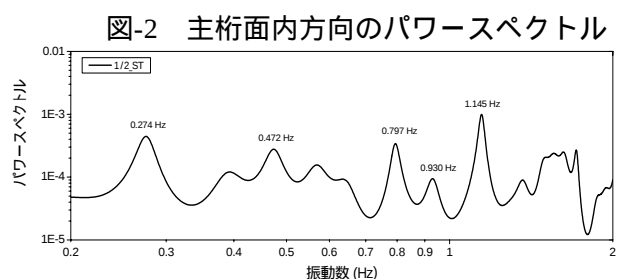


図-3 主桁面内方向のパワースペクトル

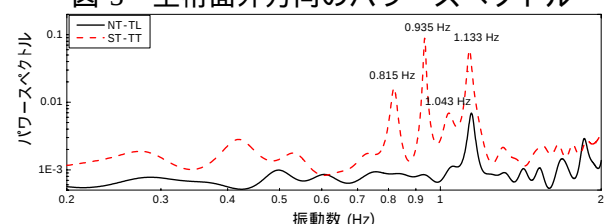


図-4 主塔面内及び面外のパワースペクトル

トルである。図-4 は、主塔面内及び面外のパワースペクトルである。これらより、主桁面内、主桁面外及び主塔の振動数を読み取り、MEM による振動数を表-1、2 及び 3 にまとめる。

次に、全計測点データを用いて、多点計測による Subspace 法で推定した振動数を図-5 に示す。ここに用いた常時微動計測結果は、合計 14 回計測された結果である。図-5 において 1~4 回目が制振装置非作動時の計測結果であり、5~14 回目が制振装置作動時の計測結果である。14 回計算した振動数の平均値を Subspace 法により計算された振動数とし、図-5 において横線で示す。図-6 には、Subspace 法により得られる振動モードの例を示している。この振動モード図から主桁及び主塔の面内振動、面外振動を判断する。

表-1、2 及び 3 に MEM 法及び Subspace 法で得られた振動数を主桁面内、主桁面外及び主塔面外に分けて示している。主桁面内についての二つの方法による振動数の差は最大 3.2%、主桁面外における振動数の差は最大-0.4%、そして、主塔面外における振動数の差は 0.1%であった。よって、MEM 法と Subspace 法による振動数は一致したと判断できる。

3.2 Subspace 法による固有振動特性の推定

図-6 に Subspace 法及び FEM 解析により得られた振動モードを示す。Subspace 法による振動モード図において橋軸方向の 0 は主塔 3P 地点であり、正の方向が中央径間側である。また、Subspace 法により得られた減衰定数を表-1、2 及び 3 に併記する。図-6 において Subspace 法及び FEM 解析から得られた振動数及び振動モードを比較すると、両者の振動数が一致している。これから、FEM でモデル化した解析モデルが妥当であると考えられる。

4. まとめ

常時微動計測結果を用いて、多点計測による Subspace 法から建設当初の女神大橋の固有振動特性を推定できた。また、FEM 解析で用いたモデルが妥当であることも評価できた。

常時微動計測から他の次数の振動数、振動モード、及び減衰定数

が得られているが、これらについては講演時に発表する。

参考文献 1) 日野：スペクトル解析、朝倉書店、1977。

2) 片山：システム同定-部分空間法からのアプローチ、朝倉書店、2004。

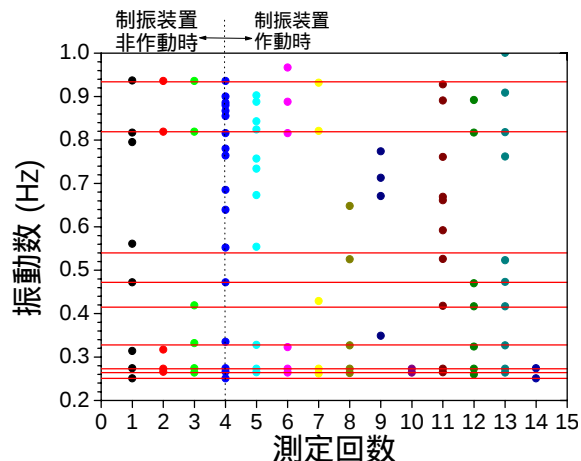


図-5 Subspace による振動数の推定

表-1 主桁面内の振動数

MEM	Subspace		差 (%)
振動数 (Hz)	振動数 (Hz)	減衰定数	(-) / × 100
0.268	0.264	0.007	1.5
0.558	0.540	0.009	3.2

表-2 主桁面外の振動数

MEM	Subspace		差 (%)
振動数 (Hz)	振動数 (Hz)	減衰定数	(-) / × 100
0.274	0.273	0.005	0.4
0.472	0.472	0.009	0.0
0.815	0.819	0.003	-0.5
0.930	0.934	0.003	-0.4

表-3 主塔面外の振動数

MEM	Subspace		差 (%)
振動数 (Hz)	振動数 (Hz)	減衰定数	(-) / × 100
0.935	0.934	0.003	0.1

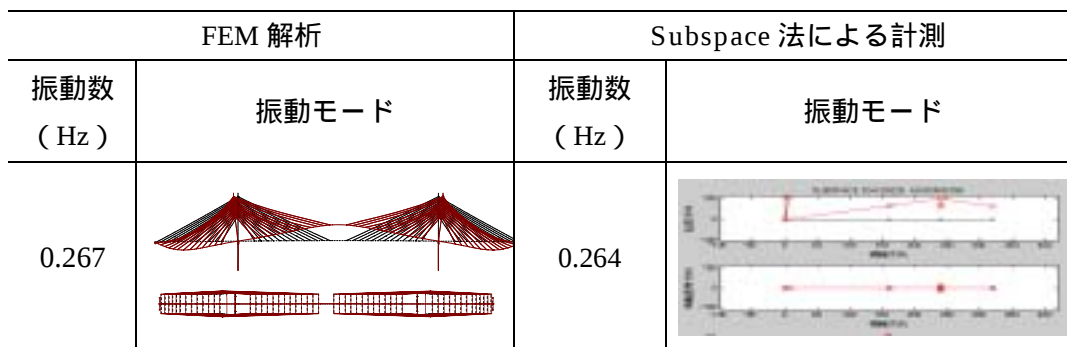


図-6 FEM 解析と計測で得られた固有振動特性の比較