

常時微動観測による鋼モノコード式バランスドアーチ橋の振動特性

九州共立大学 学生員○秋本 千尋・井上 堅太

福岡県新北九州空港連絡道路建設事務所 正会員 藤原 常男

(株)構造技術センター 正会員 大江 豊

九州共立大学 正会員 鳥野 清

1. 目的

本研究は、新北九州空港連絡橋(主橋部)の振動特性(固有振動数および振動モード)を常時微動のスペクトル解析により求め、理論解析結果との比較から解析の妥当性を検証したものである。

2. 橋梁概要と試験方法

図-1 に新北九州空港連絡橋の一般図を示す。本橋は橋長 400m、3 径間の鋼モノコード式バランスドアーチ橋で、試験時の路面は未舗装の状態であった。測定振動方向は、上下・橋軸直角水平・橋軸水平・振れ振動の 4 方向である。

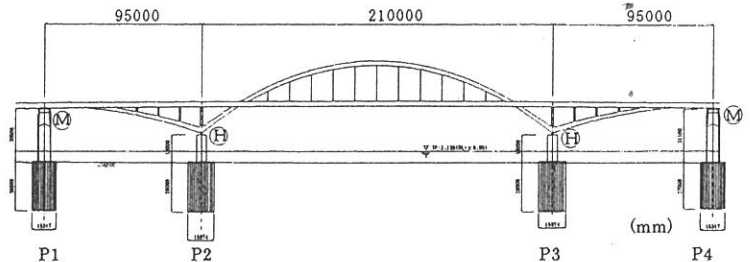


図-1 新北九州空港連絡橋一般図

3. 解析方法

本橋は鋼製でスパンも長いことから、減衰定数が小さいものと予想され、常時微動振動では $\Delta t=0.01$ 秒、データ個数 $N=8192$ 個でフーリエスペクトルを算出した。

各測点のフーリエスペクトルのピーク値から、各次数の固有振動数を見つけると共に、この固有振動数に対応する各測点のフーリエスペクトルのピーク値の平方根および基準点との位相差の関係から振動モードを算出した。

4. 解析結果

(1)面内振動

図-2 に常時微動のフーリエスペクトルを例として示す。図-3 は上下方向スペクトルから算出した固有振動数および振動モードを解析値と比較したものである。面内振動では全体系 18 次振動までのモードをほぼ確認できたが、それ以上の次数では固有振動数が近接している共に、モードの形状が複雑となり、解析値と対応していると考えられる固有振動数を推定するにとどまった。

橋軸水平方向振動成分は、全体系の 2 次(実験値 0.85Hz)、10 次(実験値 1.51Hz)の逆対称変形モードに大きく現われていた。面内振動における固有振動数の実験値は本橋の未舗装の解析値とほぼ同じか、高くなっていることから、所定の剛性を有しているものと思われる。

(2)面外振動

図-4 に橋軸直角水平方向のアーチ部のフーリエスペクトル

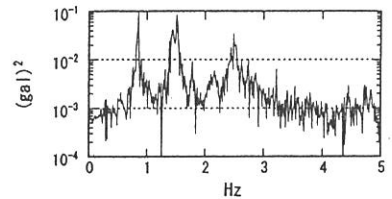


図-2 上下方向(常時微動)

2 次 実験値 0.854Hz 解析値 0.755Hz



7 次 実験値 1.440Hz 解析値 1.236Hz



10 次 実験値 1.514Hz 解析値 1.568Hz



11 次 実験値 1.770Hz 解析値 1.602Hz



図-3 振動モード(面内方向)

を示す。図-5は橋軸直角水平方向（面外振動）の固有振動数と振動モードを解析値と比較して示したものである。解析値の3次および4次に対して、実験値では両次数の固有振動数が近いため連成振動となって現われていた。そこで、この実験値を3次および4次の振動モードと比較して示している。

アーチ部が主として振動する次数は、図-4を見ると全体系の1次（実験値 0.51Hz）、9次（実験値 1.42Hz）、17次（実験値 2.93Hz）、30次（実験値 4.72Hz）である。これらの固有振動数の実験値は解析値の91~97%程度となっており、多少剛性が小さくなっている。図-6はアーチ部分の橋軸直角方向と桁の捩れ振動のフーリエスペクトルを比較したもので、アーチの振動が桁の捩れ振動と連成していることがわかる。この連成振動のため、解析値より実験値が小さくなっていることが予想される。その他の次数ではほぼ実験値に近いが、多少大きな固有振動数となっている。

常時微動のスペクトル解析より求めた固有振動数をまとめて表-1に示す。

(3) 減衰定数

トラック走行および急停止、人による落下衝撃では、うなりの発生した減衰自由振動となり、減衰定数を算出できなかった。図-7に示すように3名によるランニングでは歩調と橋桁が共振し、減衰自由振動が発生していた。この振動数は全体系の16次の固有振動数 2.49Hz に対応しており、減衰定数は 1.2% 程度であった。

5. まとめ

(1) アーチ部の卓越する面外

振動では桁の捩れ振動と連成しているため、実験値が解析値の 91~97% の値となった。

(2) P1 および P2 橋脚が面外

方向に卓越する振動の解析値は実験値の固有振動数に比べ大きくなっており、地盤を含めた橋脚の解析モデルにおける剛性は安全側といえる。

(3) 全体系 18 次 (3.30Hz) 以下では、捩れ振動の連成が

ない次数の固有振動数では、実験値と解析値がほぼ一致しており、所定の剛性を有している。

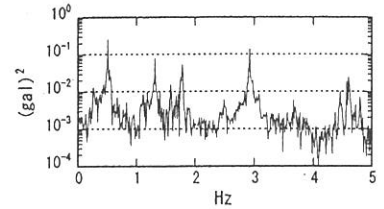


図-4 橋軸直角方向(常時微動)

1次 実験値 0.513Hz 解析値 0.561Hz



3次 実験値 1.184Hz 解析値 0.924Hz



4次 実験値 1.184Hz 解析値 0.924Hz



5次 実験値 1.318Hz 解析値 1.182Hz



9次 実験値 1.416Hz 解析値 1.461Hz



表-1 固有振動数

次数	解析値 (Hz)	実験値 (Hz)	面外 振動	面内 振動	備考
1	0.561	0.51	○	○	アーチ1次、捩れ連成振動
2	0.755	0.85	○	○	橋脚水平連成振動
3	0.924	1.18	○	○	捩れ連成振動
4	0.956	—	○	○	—
5	1.182	1.32	○	○	橋脚の橋脚振動
6	1.195	—	○	○	—
7	1.236	1.44	○	○	橋脚の橋脚振動
8	1.314	—	○	○	—
9	1.461	1.42	○	○	アーチ2次、捩れ連成振動
10	1.568	1.51	○	○	橋脚水平連成振動
11	1.602	1.77	○	○	捩れ連成振動
12	1.749	(1.78)	○	○	—
13	1.819	—	○	○	—
14	1.884	1.77	○	○	捩れ連成振動
15	2.393	—	○	○	—
16	2.568	2.49	○	○	アーチ3次
17	3.155	2.93	○	○	—
18	3.296	3.21	○	○	—
19	3.400	(3.39)	○	○	—
20	3.484	(3.44)	○	○	—
21	3.666	—	○	○	—
22	3.899	—	○	○	—
23	3.755	(3.88)	○	○	—
24	3.888	—	○	○	—
25	3.963	(3.98)	○	○	—
26	3.990	—	○	○	—
27	4.482	(4.42)	○	○	—
28	4.988	—	○	○	—
29	5.147	—	○	○	—
30	5.186	4.72	○	○	アーチ4次

() 振動モードの確認なし

図-5 振動モード(面外方向)

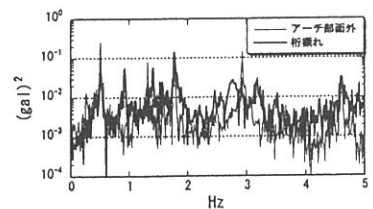


図-6 捩れ振動(常時微動)

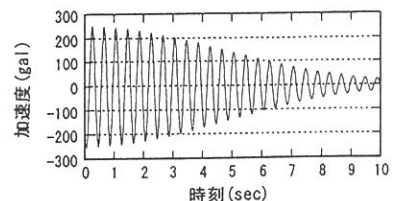


図-8 減衰自由振動(バンドパスフィルター)