

鋼モノコード式バランスドアーチ橋における常時微動観測および強制振動による振動特性

九州共立大学 正会員 ○荒巻 真二・烏野 清

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

1. 目的

新北九州空港は海上空港として平成 17 年開港予定で周防灘沖合約 2km に現在建設中である。また、空港島へのアクセス道路として、延長約 8km の新北九州空港連絡道路の建設も併せて進められている。新北九州空港連絡道路は陸上部（5.0km）、新北九州空港連絡橋（2.1km）、空港島アプローチ部（0.9km）から構成されている。本研究は、新北九州空港連絡橋（主橋部）の常時微動観測、強制振動によって振動特性を求め、理論解析結果との比較を行い、解析の妥当性についての検証を行ったものである。

2. 橋梁概要と解析方法

図-1 に新北九州空港連絡橋主橋部の一般図を示す。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ある。測定期間中の路面は未舗装の状態であり、また、側径間の橋梁は架設されていなかった。

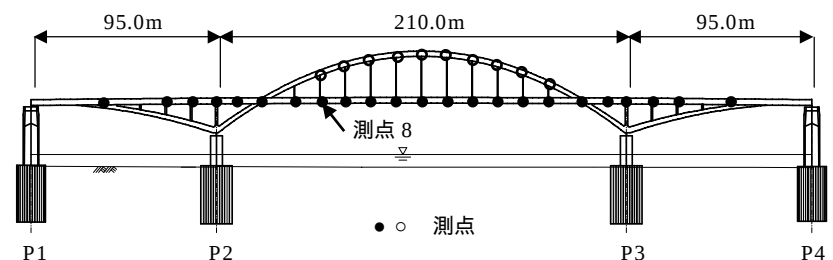


図-1 新北九州空港連絡橋一般図

解析は上下部構造全体の要素を弾性体として 3 次元骨組みでモデル化し、TDP によって固有値解析を行った。

3. 実験方法と振動特性の算出法

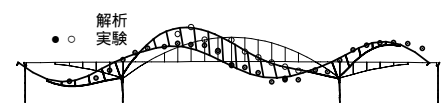
実験は常時微動観測で上下・橋軸直角水平・橋軸水平・捩れ振動の 4 方向の加速度を測定した。また、人やトラックの走行荷重による上下振動、人のジャンプによる上下方向の減衰自由振動の測定も行った。測定した各測点の加速度波形から求めたフーリエスペクトルのピーク値から、各次数の固有振動数を見つけると共に、この固有振動数に対応する各測点のフーリエスペクトル値の平方根から振動モードを算出した。

4. 比較および検証結果

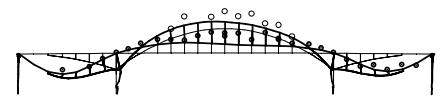
常時微動のスペクトル解析より求めた固有振動数をまとめて表-1 に示す。全体系 18 次振動までのモードをほぼ確認できたが、それ以上の次数では固有振動数が近接している共に、モードの形状が複雑となり、解析値と対応していると考えられる固有振動数を推定するにとどまった。

図-2 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。橋軸方向振動成分は、全体系の 2 次、10 次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。

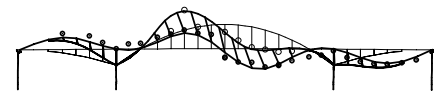
2 次 実験値 0.854Hz 解析値 0.755Hz



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

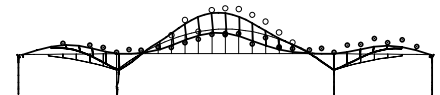


図-2 振動モード(面内方向)

キーワード：アーチ橋，常時微動，強制振動，振動モード，減衰定数

連絡先：〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8 九州共立大学工学部土木工学科 TEL 093-693-3236

図-3 は橋軸直角方向（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ので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、全体系の1次、9次、17次、30次である。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-4 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。その他の捻れ振動の次数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。

図-5 に人がジャンプした場合の加速度の時刻歴を示す。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-6 に示す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。図-7 はこの波形のフーリエスペクトルを示したもので、ピークに対応する2.441Hz～2.539Hzのバンドパスフィルターをかけた時の減衰自由振動を図-8 に示す。この振動数は全体系の16次の固有振動数2.49Hzに対応し、この減衰自由振動から算出した減衰定数は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 P4 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。

表-1 固有振動数

時数	解析値	実験値	面内	面外	備考
1	0.561	0.51	○		アーチ1次、捩れ連成
2	0.755	0.85		○	橋軸水平連成
3	0.924	1.18	○		捩れ連成
4	0.956				
5	1.182	1.32	○		
6	1.195	—		○	橋脚の橋軸
7	1.236	1.44		○	
8	1.314	—		○	橋脚の橋軸
9	1.461	1.42	○		アーチ2次、捩れ連成
10	1.568	1.51		○	橋軸水平連成
11	1.602	1.77		○	捩れ連成
12	1.749	(1.78)		○	
13	1.819	—	○		
14	1.884	1.77	○		捩れ連成
15	2.393	—	○		
16	2.566	2.49		○	
17	3.155	2.93	○		アーチ3次
18	3.296	3.21		○	
19	3.400	(3.39)	○	○	
20	3.484	(3.44)	○	○	
21	3.686	—	○	○	
22	3.699	—		○	
23	3.755	(3.88)	○		
24	3.888	—	○	○	
25	3.963	(3.98)		○	
26	3.990	—		○	
27	4.462	(4.42)	○		
28	4.988	—	○	○	
29	5.147	—		○	
30	5.186	4.72	○		アーチ4次

() 振動モード確認なし

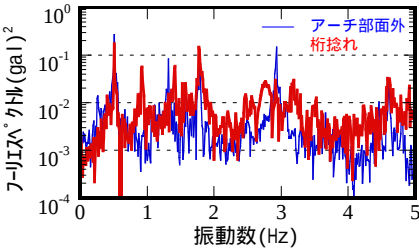


図-4 捻れ振動（常時微動）

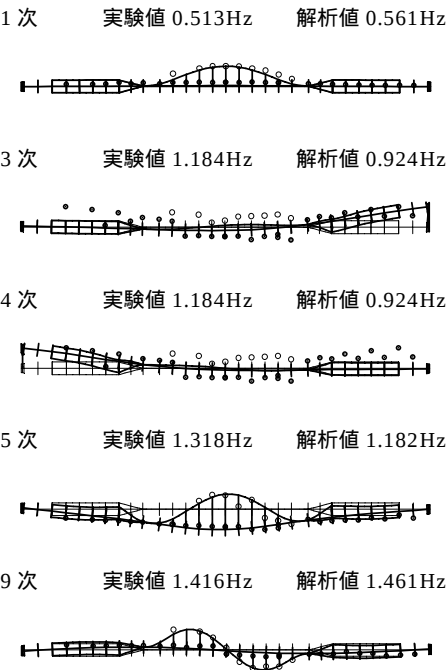


図-3 振動モード（面外方向）

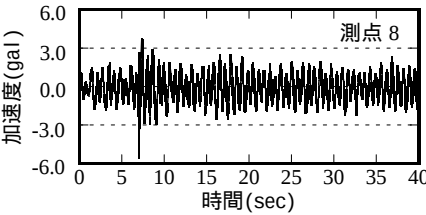


図-5 人による衝撃荷重（載荷位置測点8）

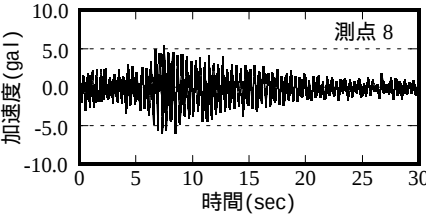


図-6 ランニング（上下方向）

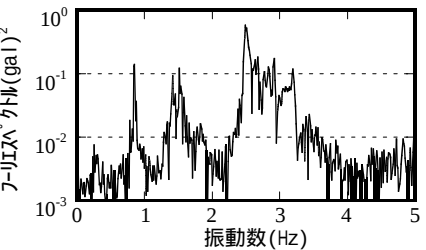


図-7 ランニングのフーリエスペクトル

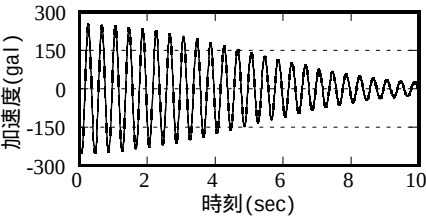


図-8 2.49Hz の減衰自由振動