

埼玉大学工学部 正 東原紘道

〃 正 田島二郎

1. はじめに

本研究は、大鳴門橋の振動計測により、その動特性を把握し、さらにこれを手掛かりとして、周辺地盤の力学的性質を明らかにすることを目的とする。この研究は、同橋の設計条件あるいはその前提となる解析モデルの検証にも資する。また本四連絡橋の完成に伴い、橋梁の維持管理および交通管制さらにはデータ蓄積を目的とする膨大な監視システムが必要になる。本研究にはそのための基礎的知見を得ることも求められている。

2. データの取得

表1に示すように換振器を配置する。基地設営の都合上、観測点はすべて鳴門寄りとする。下部工の鉛直成分は3つの隅に置く。主塔上の観測点は2本の塔柱の頂上および補剛材取り付け高さとする。また補剛トラスでは中央の1/4点、側径間の中央とし、それぞれ2つの主構の弦材に置く。

採録周波数は換振器の公称値で、卓越振動数の認定にあたっては、この領域外のデータも使用する。換振器のうち補剛トラスのみがサーボ型加速度計、その他は動コイル型速度計で、適宜ローパスフィルターをもちいる。またダイナミックレンジを拡大するために、換振器の出力を分岐して異なるゲインの増幅をする。約2週間にわたって、作業のない夜間12時間以上連続記録し、再生した波の視認によって有意な振動を選択して解析データとする。機材調達の都合で現地ではアナログで記録し、観測終了後一括してデジタル化する。その結果を表2, 3に示す。

3. 解析の方法

本研究では標準的なフーリエスペクトルによる卓越振動数の検出をする。時系列のフィルター処理は当面の考察には適合しない。それはシステム特性のみならず入力特性も知られていないため、時系列フィルターが要求する強い確率論的仮説を期待できないからである。この困難は、観測に際して入力を何ら制御していないことに由来する。この問題は適切な起振実験にそって解決され、卓越振動数と減衰率の信頼できるデータが期待できる。しかしこの方法でも風

表1 観測点

設置場所	振動成分		採録周波数
橋脚（４Ｐ）	水平橋軸方向	１	水平＞０．３Ｈｚ
	〃 軸直方向	１	鉛直＞１．０Ｈｚ
	鉛直 方向	３	
アンカーブロック（５Ａ）	同 上		
主 塔	水平橋軸方向	４	１．０Ｈｚ 以上
補剛トラス	中央径間鉛直	２	２．０Ｈｚ 以下
	側径間 鉛直	２	

表2 採取データ数

	4 P, 主塔, 中央トラス	5 A, 側トラス
常時微動	10	10
地 震	16	11
強 風	14	5

表3 スペクトル解析の条件

	継続時間 (秒)	A/D 間隔 (秒)	スペクトル分解 能 (Hz)
常時微動	60	0.01	0.1
地 震	A 40~200	〃	〃
	B 400	0.025	〃
強 風	A 120	〃	0.01
	B 600	0.1	〃

荷重や地震荷重の影響の把握は困難である。このため起振実験に併せて自由振動データの活用が望まれるわけである（事実、本橋においては本格的な動態観測態勢が予定されている）。

自由振動法はシステム出力のみからシステム特性と入力を同時に推定しなければならず、これは一つのパターン認識の問題となる。これが可能になるのは、種々の既知の情報との照合、あるいはデータ相互の整合性や統計的性質の検証を反復して、試行錯誤的に判断を進めることによってである。そしてこのような発見的考察にはフーリエ解析が適している。

4. 卓越振動の概要

卓越振動の第一段抽出によって得られるモードを図1に示す。ここでは下部工の橋軸直角成分および鉛直成分は省略する。図中の破線はモード解析の結果であり、実線が計測結果である。このうち地震については大きさと震源地が知られているが、現段階ではこの識別をしない。以下に注目すべき現象を列挙する：

- (1) 1.3 Hzの卓越はすべての構造に見られ、周辺地盤のモードである。
- (2) 7 Hz付近に4Pの顕著な卓越がある。これは下部工のロッキングモードと推定される。ただし振動数は常時微動で7～8 Hz、地震で6～7 Hzと有意な差が存在する。計算による3.3 Hzのスウェイモードとの照合は第1段の作業では不可能である。
- (3) 5Aでは計算結果と実測結果との差が大きく、後者が大きい。1.9 Hzが常時微動だけに、また4 Hz以上の卓越が地震だけに見られることの説明はついていない。
- (4) 吊構造部には計算上のモードが多数存在する。しかし今回のトラス上の観測点が限られているため、確実には捕捉できないものが少なくない。これらは図から除外してある。

実測値には0.2 Hz付近に顕著な卓越がある。これは吊構造部の対称1次および逆対称1次に対応するさらにこれが塔の動きを伴うことは前者を示唆するが、ここに示すスペクトルの分解能では両者を分離できない。このため計測値のゆらぎの中に2つが含まれているものと考えられる。

すべての荷重のもとで発生している振動はいずれも吊構造部のモードに比定できる。しかし中央径間のいくつかの卓越は強風時にのみ出現しており、しかもモード計算からは説明のつかないものがある。したがって、この中には風による強制振動が含まれている可能性がある。振動数の風速依存性は現段階の考察の対象ではないが、トラスの0.35 Hzのモードは高風速時に、小幅ながら統計的に有意に左にシフトする。

- (5) 主塔の常時微動では0.3 Hzが中間点のみ、1.2 Hzが塔頂のみに出現することの説明がついていない。また1.5 Hzの卓越は常時微動および強風時に出現しているが、ここでも塔頂と中間部では有意なずれがあり、説明が必要である。

図1 卓越振動数 (Hz) (M: 常時微動, E: 地震, W: 強風)

		1.0		2.0		3.0		4.0		5.0		6.0		7.0	
4 P—水平橋軸方向		E	E	M								E		M	
5 A—						M				E		E			
主塔	頂上	M	EMW	W		MW				W					
	中間部	M	EW			MW									
トラス	中央径間	MW	W	W	MW			W		W					
	側径間		EMW				EMW		W						
		EMW													

5. 結語

本研究は本四公団の委託にもとづいており、現在も解析が進行中である。立案以来一貫して御支援を惜しまれない本社設計部設計3課、第1建設局建設部設計課、同鳴門工事々務所、および現地での作業に御協力をいただいた共同企業体に謝意を表する。