長崎大学工学部	学生会員	清川佑輔	中国・福州大学	非会員	呉慶雄
長崎大学工学部	フェロ -	高橋和雄	長崎大学工学部	正会員	中村聖三
			長崎大学工学部	非会員	永田正美

1. まえがき

解析の対象となる大島大橋で,完成時に行われた起振機実験で4次モ-ド加振中に支持ケ-ブル(C15N)に振幅の大きな局部振動が発生した.したがって,斜張橋の動的解析を行うにあたっては,支持ケ-ブルの局部振動を考慮した解析が必要になる.しかし,斜張橋全体の支持ケ-ブルの局部振動を含めた応答を評価する際には一般的にTDAP¹⁾等の汎用ソフトにおいてはケ-ブル要素を弦要素(幾何学非線形を考慮したトラス要素)として解析を行っている.しかし,ケ-ブルの支点変位,係数励振振動,サグの影響などを評価した厳密な解析を行えない.そこで,本研究では,支持ケ-ブルを分割することで支持ケ-ブルのサグを考慮するモデル(以下,分割有りモデル)²⁾と支持ケ-ブルを分割せずに1本のケ-ブル要素としてモデル化したモデル(以下,分割無しモデル)の二つの解析モデルを用い,大島大橋の固有振動解析,鉛直正弦波加振を行い,支持ケ-ブルのサグの影響が支持ケ-ブルの局部振動および橋梁全体に与える影響を評価する.解析に先立っては,大島大橋の斜張橋全体系の常時微動計測を行って,解析モデルを検証する.

2. 解析対象

解析対象は,長崎県内の大島大橋で長崎県 西彼杵半島とその西方海上に位置する大島 を結ぶ斜張橋であり,平成8年12月に建設 事業に着手,平成11年11月11日に完成した 橋である.橋梁形式は3径間連続鋼斜張橋で 幅員9.75m,最大支間350mである.図-1 に一般図を示す.C1からC20はケ-ブル番 号を示す.

3. 常時微動計測結果

大島大橋の完成時の断面を用いた FEM 解 析モデルの精度を把握するために,図-1 に 示すように加速度計を中央,中央から 50m離 れた2点に設置し,鉛直方向,橋軸方向,面 外方向の3方向の振動を計測した.固有振 動数の計測値と解析値の一覧を表-1に 示す.表のように計測値は解析値よりも高 い固有振動数となっている.両者が10%以 内で一致する場合もあるが,面外1次振動 と鉛直逆対称曲げ1次振動の差が目立つ. モデル化にあたって,主桁の断面や全体の 質量の評価は適切に行われていることを 考慮すると,幅員が狭い主桁のモデル化に

は添加物の剛性を評価する必要があるものと考えられる.



表 - 1 固有振動数と減衰定数の比較一覧

振動	計測値	解析値	差	演員	
モード	振動数	振動数	/		振動モード
次数	(Hz)	(Hz)	/		
1	_	0.233		_	斜張橋桁遊動円木
2	0.326	0.253	0.78	0.70%	面外曲げ1次
3	0.336	0.308	0.92	1.40%	鉛直対称曲げ1次
4	0.497	0.417	0.84	5.40%	鉛直逆対称曲げ1次
5	0.747	0.676	0.9	9.10%	面外曲げ2次
6	0.724	0.688	0.95	4.30%	鉛直対称曲げ2次
9	0.914	0.809	0.89	2.30%	鉛直逆対称曲げ1次

4. 全体系の固有振動と動的特性

(a) 全体系の固有振動数

斜張橋の全体系の固有振動数をケ - ブルの 分割有り(8分割)モデルと分割なしモデルの2 つのモデルを用いて求めた.支持ケ - ブルに振 動が生じるモ - ドについて両者を比較すると表 - 2の結果となる.全体系の振動モードにケー ブルの振動が連成しているが,全体系の固有振 動数に及ぼす影響は最大4%程度で小さい.大 島大橋のようなマルチファンケ - ブルでは1本 あたりの質量が小さいために,ケ - ブルの振動 の影響が小さいと考えられる.

(b) ケ-ブルの局部振動による全体系の応答

ケ - ブルの局部振動解析より斜張橋全体系 の固有振動数と支持ケ - ブルの固有振動数の関 係を調べると,振動斜張橋全体系の鉛直対称 1 次振動によって分数調波共振が発生する可能性 があるため,起振機実験を想定して鉛直正弦波 加振を与えた場合の応答を求める.鉛直正弦波 加振は鉛直対称1次固有振動数(0.297Hz)と同一 の加振振動数および加振力振幅 50kN で行い, 作用点をスパン中央点とする.減衰は部材ごと 考慮した Rayleigh 減衰とし,主桁および主塔の 減衰定数は 0.02,ケ - ブルの減衰定数は 0.001 を用いる.図 - 2(a)(b)に支持ケ - ブル定着 点の主桁および支持ケ - ブルの応答を示す(a) は支持ケ - ブル定着点の主桁の応答,(b)は支 表 - 2 固有振動数と振動モードの比較

	1					
全橋モデル				分離モデル		
次数	振動数 (Hz)	振動モード	次数	振動数 (Hz)	振動モード	
3	0.297		3	0.308		
4	0.407		4	0.417		
45	0.764		7	0.734		
46	0.77		8	0.74		
82	0.902		10	0.925		
146	1.137		14	1.158		



図 - 2 支持ケ - ブル定着点の主桁および支持ケ - ブルの応答

持ケ - ブルの応答をそれぞれ示す .(a)より支持ケ - ブルの定着点の主桁の鉛直方向最大応答には両者の差が見 受けられる .(b)より両者のモデルによる解析においてはケ - ブル C1 , C2 , C19 および C20 の振幅に差が認めら れる .したがって , 主桁やケ - ブルの応答を求めるにはより厳密なケ - ブル分割モデルを用いる必要がある .

5. 考察

本研究の結果を次のようにまとめる.

- (1) 本橋の解析モデルは実橋より小さい固有振動数を与える.剛性の評価を再検討する必要がある.
- (2) 本橋の全体系の固有振動解析に及ぼすケ ブル振動の影響は小さいので,分割有りモデルを用いて固有振動 解析することが可能である.
- (3) ケ-ブルの局部振動解析を行う場合,ケ-ブル振動の振幅や主桁の応答には,ケ-ブル振幅の影響があるので,ケ-ブル分割有りモデルを使用する必要がある.

今後は支持ケ - ブルの局部振動が主塔や主桁に及ぼす影響をさらに詳しく評価するために,分割有りモデルと 分割無しモデル用いて,ねじれ正弦波加振や地震動を受ける場合の応答解析をする.

参考文献 1)(株)ア-ク情報システム:TDAP 機能説明書,2003.9.

2)Q. Wu, K. Takahashi, and B. Chen: Using cable finite elements to analyze parametric vibrations of stay cables in cable-stayed bridges, Structural Engineering and Mechanics, Vol.23, No.6, pp.691-711, 2006.8.