

平戸大橋の常時微動計測による構造解析モデルの検証

長崎大学大学院 学生会員 ○古賀智己 長崎大学工学部 学生会員 川端将太郎
 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
 長崎大学工学部 非 会 員 永田正美 中国福州大学 非 会 員 呉 慶 雄

1. はじめに

現行の道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編では、地震時に挙動が複雑になることが想定される橋に対して、動的照査法により耐震性能を照査することが推奨されている¹⁾。長崎県平戸市に架かる平戸大橋は旧基準で架設された吊橋であり、現在までに長崎大学の既往の研究で固有振動解析・非線形地震応答解析は行っているものの、解析モデルの妥当性に関しては評価されていない²⁾。そこで、本研究ではまず常時微動計測を行い、計測値を先の研究に用いた解析モデルによる固有振動解析の解析値と比較することにより、モデル化の妥当性の検証および減衰定数の推定を行う。比較にあたっては、補剛トラスのモデル化の影響を評価する。

2. 平戸大橋の概要

平戸大橋は平戸島（平戸市中心市街地）と本土部（平戸市田平町）の間に架かる吊橋として1977（昭和52）年に完成した。橋梁形式は、中央径間465.4mを有するストレートバックステアー2ヒンジ補剛吊橋で、幅員は10.7m、主構間隔は14.5mであり、建設当時は国内最大級の吊橋であった（図-1）。主要鋼材はSM570, SM490, SM490Y, SS400, 床版はI型鋼格子床版（15cm）である。

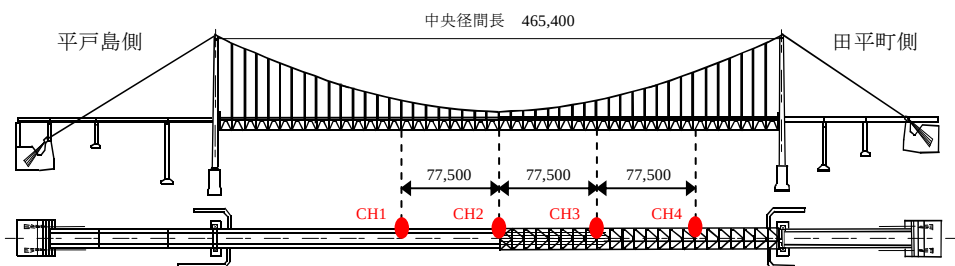


図-1 平戸大橋の側面図・平面図（単位 mm）

3. 解析モデル²⁾

本研究では補剛トラスのモデルが異なる2種類のモデルを作成し、解析を行った（図-2）。まず、Case1は主塔・補剛トラスの上下弦材の実形状断面をはり要素、ケーブル・ハンガーについては初期張力を考慮する弦要素を用いた3次元FEモデルを使用し、全体の剛性の評価を行う。Case2は補剛トラスを橋軸方向の1本のはりに置き換えたモデルを使用する。また、境界条件は、補剛トラス桁支点については橋軸直角方向を固定、橋軸方向を可動とし、主塔基礎アンカレイジについては固定である。

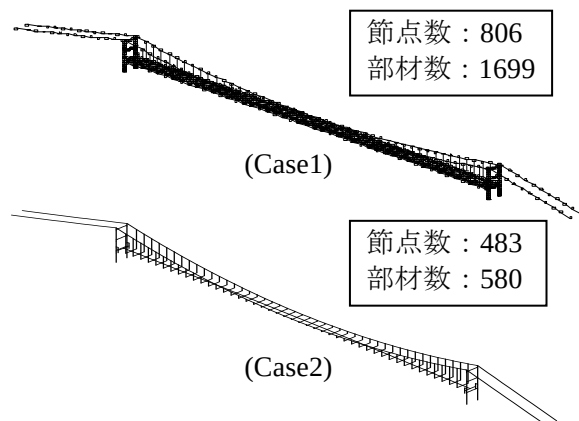


図-2 解析モデル

図-3は鉛直振動、面外振動における主要振動モードであり、面内・面外方向それぞれにおいて、鉛直逆対称1次モードと面外対称1次をもつ基本振動モードが現れた。

4. 解析モデルの検証

4.1 常時微動計測

平戸大橋主橋部を対象に常時微動計測を行った。圧電型加速度計の設置位置を図-1に示す。図中に●で示す位置に加速

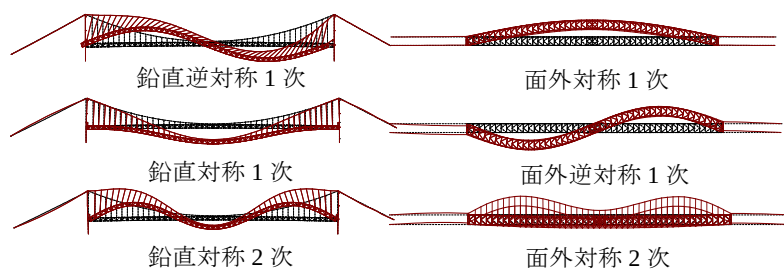


図-3 固有振動モード

度計を4つ設置し、1方向4点同時計測を面内2方向（鉛直、橋軸）と面外方向（橋軸直角）に実施した。なお、測定項目ごとに向きを変えてそれぞれ2回ずつ計測した。計測時間は1048.567秒で、サンプリング間隔は0.002秒とした。また、当日の計測時間帯であった13時から17時の平均風速は平戸測候所によると3.4m/secとなっている。

4.2 固有振動特性の推定

Subspace 同定法を用いて、固有振動数、固有振動形および減衰定数を推定する。Subspace 同定法によって推定した鉛直振動の固有振動数と減衰定数を図-4 および図-5 に、面外振動の固有振動数と減衰定数を図-6 および図-7 に示す。図より卓越振動数の再現性が確認できる。

4.3 解析モデルの妥当性の検証

表-1 に Case1, Case2 のモデルを用いた固有振動数の解析値と計測値、また、計測値との差、減衰定数を示す。まず、解析値の固有振動数に着目すると、鉛直振動と対称1次モード、逆対称3次モードを除く面外振動について、Case2の方がCase1に比べ、固有振動数が高くなっている。また、両Caseのモデルの固有振動解析による固有振

動数と計測による固有振動数の差に着目すると、鉛直逆対称モードと面外対称2次モードを除き、差は両モデルとも10%以内となった。モデル化においてセンターステーの影響を考慮していないため、鉛直逆対称1次、逆対称2次モードについて解析値の固有振動数より計測値の固有振動数が大幅に高くなったことが推定される。そのため、本橋のモデル化に当たっては、センターステーのモデル化を行うことが必要だと考えられる。これらのことより、Case1とCase2の両モデル化については特に優劣は認められない。また、モデル化に当たって、床版の重量は考慮しているが、床版の剛性を評価していないため、解析値の固有振動数が計測値よりも低くなったと考えられる。これらより本橋のモデル化においては、床版の剛性を考慮したモデル化も必要となってくることが推定される。減衰定数については図-5 および図-7 のように収束した解が得られている。鉛直逆対称1次モードと面外逆対称1次モードを除いて、0.01~0.05程度の値が得られた。

5. まとめ

本研究では、平戸大橋の構造解析モデルの妥当性が評価された。しかし、補剛トラスのモデル化の優劣は評価できなかった。また、モデル化に当たってはセンターステーおよび床版の剛性を考慮する必要がある。

【参考文献】

- 1) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V耐震設計編，2002.3
- 2) 呉，犬東，高橋，中村：吊橋（平戸大橋）の非線形地震応答特性に関する研究，土木学会構造工学論文集，Vol.51A，pp.721-729，2005.3

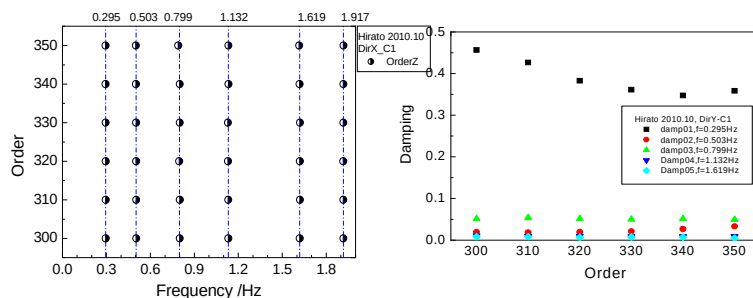


図-4 固有振動数の推定（鉛直振動）

図-5 減衰定数の推定（鉛直振動）

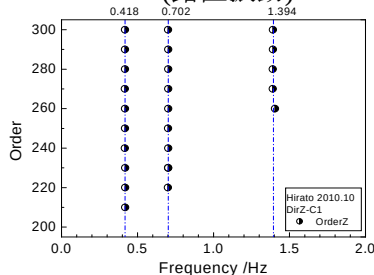


図-6 固有振動数の推定（面外振動）

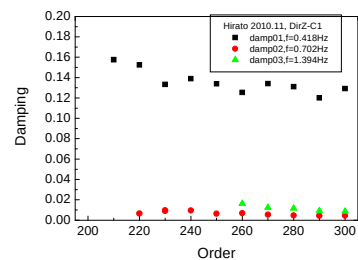


図-7 減衰定数の推定（面外振動）

表-1 固有振動数および減衰定数の一覧

固有次数		固有振動数 (Hz)			差 (%)		減衰定数
		Case1	Case2	計測値	Case1	Case2	
鉛直	逆対称1次	0.238	0.246	0.295	-19.3	-16.6	0.389
	対称1次	0.311	0.313	—	—	—	—
	対称2次	0.462	0.474	0.503	-8.2	-5.8	0.023
	逆対称2次	0.695	0.738	0.799	-13.0	-7.6	0.051
	対称3次	1.024	1.131	1.132	-9.5	-0.1	0.009
	逆対称3次	1.357	1.591	—	—	—	—
面外	対称1次	0.150	0.127	—	—	—	—
	逆対称1次	0.416	0.425	0.418	-0.5	1.7	0.136
	対称2次	0.673	0.816	0.702	-4.1	16.2	0.007
	逆対称2次	0.874	0.951	—	—	—	—
	対称3次	1.250	1.311	—	—	—	—
	逆対称3次	1.412	1.368	1.394	1.3	-1.9	0.012

※差 = (解析値 - 計測値) / 計測値 × 100 (%)