

平戸大橋の固有振動特性および耐震性に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○郭 軍 長崎大学工学部 正会員 呉 慶雄
 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
 三菱重工業 フェロー 犬束洋志

1. まえがき

平戸大橋は昭和52年に長崎県の田平と平戸を結ぶ雷の瀬戸に架設された支間465.4mの2ヒンジ単純吊橋である¹⁾。この吊橋に対して厳密な振動解析や強地震動を受ける場合の非線形応答特性は評価されていない。そこで、本研究は平戸大橋の全体のモデル化を作成し、固有振動解析および地震動時の非線形応答解析を行い、固有振動特性および地震応答特性を明らかにする。

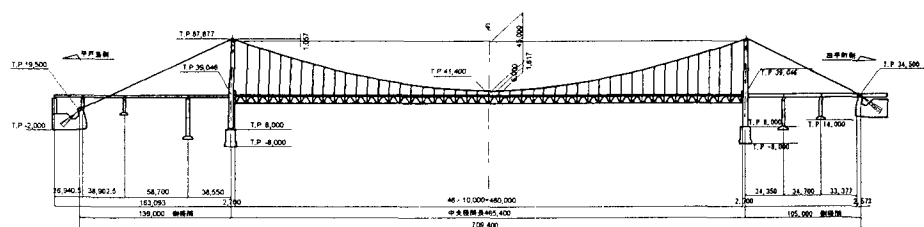


図-1 平戸大橋の側面図(単位: mm)

2. 平戸大橋の概要

平戸大橋は歴史とロマンの島と言われている平戸島に架かる吊橋で昭和52年に完成した。建設当時は国内最大級の吊橋であった(図-1)。橋梁形式は、中央径間465.4mを有するトラスバックステーを有する2ヒンジ単純吊橋である。幅員は10.7m、主構間隔は14.5mで、桁下高さは最高潮面から30mである。全体重量は55150kNである。床版はI-beam床版(厚さ15cm)、鋼材はSS400を使用している。

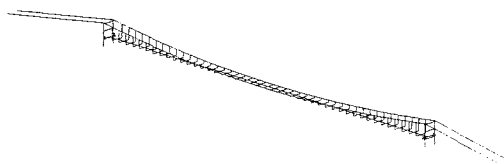


図-2 解析モデル(Case1)



図-3 解析モデル(Case2)

3. 解析モデル

本研究ではトラス補剛桁のモデルが異なる2種類のモデルを作成し、解析を行う。Case1はトラス補剛桁を一本の梁に置き換えてモデル化している(図-2)。Case2はトラス補剛桁の上下弦材をはり要素とし、その他の部材をトラス要素として作成した(図-3)。他の部材については、主塔をはり要素、ケーブルを弦要素としている。主塔、ケーブルの支承は固定、トラス補剛桁と主塔の連結はピン支承としてモデル化する。解析にはTDAPⅢを用い、非線形モデルはファイバーモデルを使用する。Rayleigh減衰を用いて、減衰定数は0.02として解析を行う。地震応答解析は直接積分法のNewmark β 法を用い、継続時間40sec、時間刻み0.0025secとする。入力地震動はタイプⅠ、ⅡのⅡ種地盤の標準波を使用し、地域別補正係数は0.7とする。

4. 固有振動解析

平戸大橋の鉛直たわみ振動、ねじれ振動および面外振動の第1次および第2次モードを図-4に吊橋においても鉛直1次振動はアーチ橋と同じく逆対称モードとなる。平戸大橋の固有振動数の解析結果とGalerkin法によって得られた面外振動の固有振動数²⁾を表-1に示す。Galerkin法による解析はCase1と同じ仮定を用いているが、Galerkin法による解析とCase1による解析と比較すると両者が良く一致している。このことから、本研究の解析結果は正しいものと考えられる。また、Case1とCase2の結果を比較すると、特定のモード(ねじれ振動の第3次モード、面外振動の第1次モード)に差が見られるので、解析に当たってはよ

り正確なモデルの作成が必要である。以下の解析では、Case 2 を用いた解析を行う。

表-1 固有振動数の解析結果の比較

振動モード	Case1	Case2	Galerkin法
鉛直たわみ振動	0.246	0.238	—
	0.313	0.311	—
	0.474	0.462	—
	0.738	0.695	—
ねじれ振動	0.816	0.772	—
	1.121	1.028	—
	1.958	1.570	—
	0.127	0.150	0.127
面外振動	0.425	0.416	0.431
	0.558	0.543	0.516
	0.577	0.573	0.571

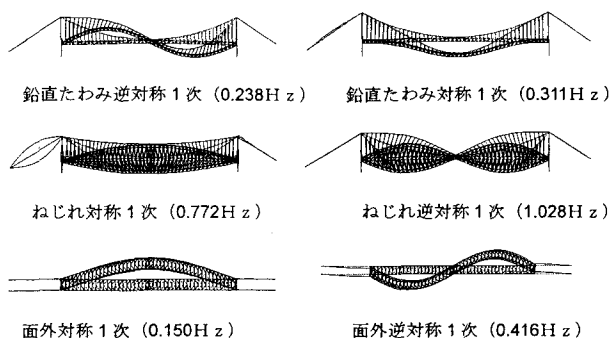


図-4 固有振動モード (Case2)

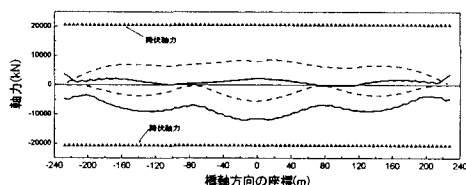


図-5 トラス補剛桁の上・下弦材最大軸力

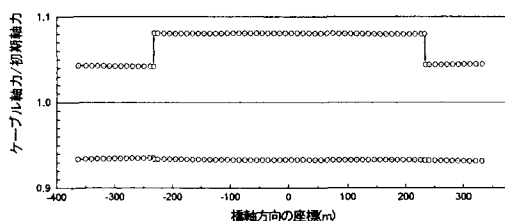


図-6 ケーブルの最大軸力

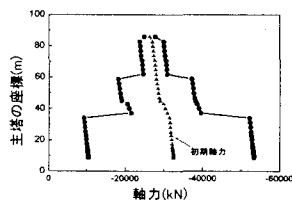


図-7 (a) 主塔の最大軸力

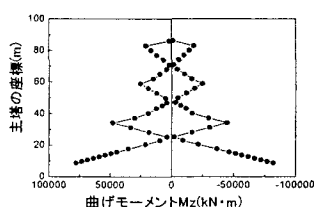


図-7 (b) 主塔の最大面外モーメント

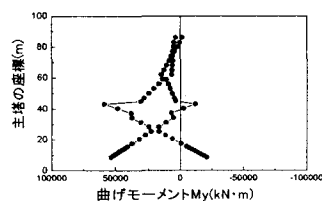


図-7 (c) 主塔の最大面内モーメント

5. 非線形応答地震解析

平戸大橋の面外(橋軸直角)方向にタイプⅡの地震波 T221 を作用させた場合のトラス補剛材の上・下弦材の最大軸力を図-5 に示す。スパン中央で上・下弦材とも最大軸力が発生する。主ケーブルの最大軸力を図-6 に示す、地震時のケーブル軸力変動は小さく、ケーブルに緩みが発生する可能性はない。同じ地震波を受ける場合の主塔の最大軸力、最大面外曲げモーメントおよび最大面内曲げモーメントを図-7 に示す。主塔の基部に最大軸力が発生し、初期軸力からの変動が約 60%になる。また、加振方向と直角の面内曲げモーメントも大きく、2 軸 曲げを考慮する必要がある。

6. まとめ

本研究によって平戸大橋の振動モデルが作成できた。固有振動解析の結果から本モデルは妥当と判断される。本振動モデルを用いて、非線形地震応答に及ぼす入力地震波の影響、橋軸方向入力の場合などを詳細に検討する予定である。平戸大橋の設計資料を提供して頂いた長崎県道路公社に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 長崎県土木部道路建設課：平戸大橋工事報告書、全 832 頁、1978.3
- 2) 高橋和雄・酒井邦男：有限要素法による吊橋の固有振動解析、長崎大学工学部研究報告、第 13 号、pp.69-78