

長大橋梁の振動特性が発散振動に与える影響

本州四国連絡橋公団	長大橋技術センター	正会員	○楠原	栄樹
本州四国連絡橋公団	長大橋技術センター	正会員	秦	健作
本州四国連絡橋公団	第二管理局	正会員	花井	拓

1. はじめに

明石海峡大橋に対する一連の耐風性検討の結果として、長大橋梁のフラッター照査においては構造および気流の三次元性およびマルチモードの影響を考慮する必要があることが明らかとなっている¹⁾。多くのモードが連成するフラッターにおいて、影響度の高いモードが明らかになれば、そのモードの振動性状を変化させることによりフラッター発生風速を上昇させることが考えられることから、1400m 級および 2200m 級の吊橋を例にフラッター発生風速に及ぼす振動モードの影響について調査した。

2. 調査方法

1400m 級吊橋(図-1)および 2200m 級吊橋(図-2)に対し、フラッター解析で使用する振動モードの組合せを様々に変化させ、それぞれの組合せに対するフラッター発生風速の計算を実施した。解析は静的変形量を考慮したモード重ね合わせ法によるマルチモードフラッター解析であり、桁の空気力(三分力係数、非定常空気力係数)は図-1、図-2 に示す桁断面の実測値を用いた。

3. 調査結果

(a) モード次数の最大値：フラッターに影響を及ぼす振動モードの特定を行うため、何次までの振動モードを考慮すれば解析結果が変化しないかを調査した結果、表-1 に示すとおり 1400m 級吊橋の場合は 21 次以上、2200m 級吊橋の場合は 20 次以上の振動モードを考慮すればフラッター解析結果はほとんど変化しないことを確認した。図-3 及び図-4 に主要な振動モード形状を示す。

(b) 1400m 級吊橋：本構造は図-5(a) に示すとおり、2 次, 8 次, 21 次モードの組合せにより全 21 次モードを使用した解析結果が再現できることから、これら 3 モードの影響が大きいことが明らかとなった。また、2 次と 21 次及び 8 次と 21 次の 2 モードの組合せでは 2 割程度高い解析結果が得られており、本構造に対して 2 次元バネ支持試験では絶対的な耐風性の評価は困難であることが明らかとなった。

(c) 2200m 級吊橋：本構造は図-5(b) に示すとおり、4 次, 11 次, 13 次, 14 次の 4 モードの影響が大きく、1400m 級吊橋と同様にバネ支持試験での耐風性の評価は困難である。また、本構造の場合、影響の大きい 4 モードから鉛直対称 2 次モードである 11 次モードを無視すると、フラッター風速が下がることから 11 次モードがフラッターを抑制する重要なモードであることも明らかとなった。

4. まとめと今後の課題

長大橋梁に対するフラッター特性に及ぼす振動モードの調査を行った結果、ねじれ対称 1 次モード振動数近傍までの 3~4 つの振動モードが大きく影響しており、従来のバネ支持試験では耐風性の評価が困難となる場合があることが明らかとなった。これは、支間の長大化や箱桁の採用などに伴い吊橋全体の剛性が低下しているため、高次モードの影響が無視できなくなったためと推測される。

今回は 2 橋梁を対象とした検討に過ぎないため、今後は異なる構造に対して同様の検討を行い、高次モードの影響をより詳細に把握する必要があると思われる。また、モードによってはフラッターを抑制しているものも見受けられることから、振動モードの制御によるフラッター抑制の可能性も考えられる。

参考文献

- 1) 例えば、勝地、宮田、佐藤、北川、樋上、松田：明石海峡大橋フラッター特性に関する解析的検討、土木学会第 49 回年次学術講演会、平成 6 年 9 月、pp. 984-985

キーワード 長大橋梁, マルチモードフラッター, フラッター解析

連絡先 〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22 本四公団 長大橋技術センター TEL 078-291-1071

表-1 解析で考慮する最大モード次数の選定

モード次数	20	21	25	30
1400m 級吊橋	85 m/s	59 m/s	57 m/s	57 m/s
2200m 級吊橋	115 m/s	114 m/s	114 m/s	114 m/s

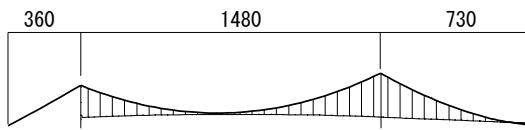


図-1 1400m 級吊橋の一般図 (単位:m)

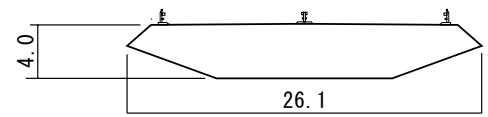
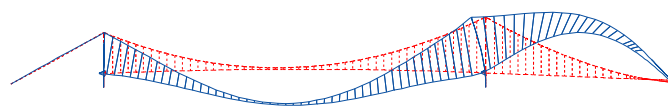
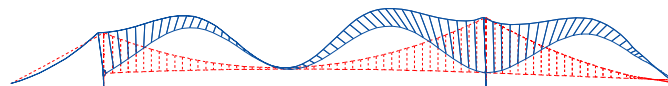


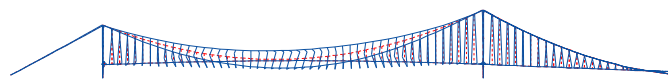
図-2 2200m 級吊橋の一般図 (単位:m)



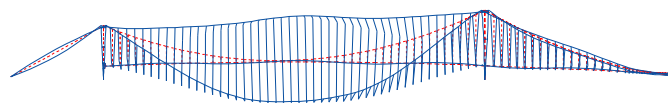
2次(鉛直対称1次モード:f=0.078Hz)



8次(鉛直対称2次モード:f=0.175Hz)

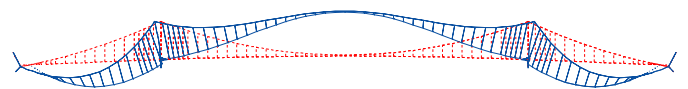


20次(ねじれ対称1次モード(その1):f=0.294Hz)

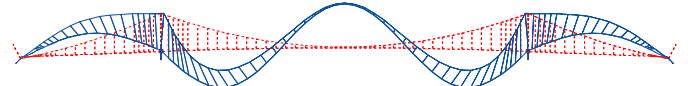


21次(ねじれ対称1次モード(その2):f=0.295Hz)

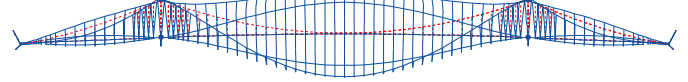
図-3 1400m 級吊橋の主要振動モード図



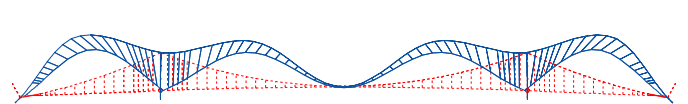
4次(鉛直対称1次:f=0.073Hz)



11次(鉛直対称2次:f=0.117Hz)

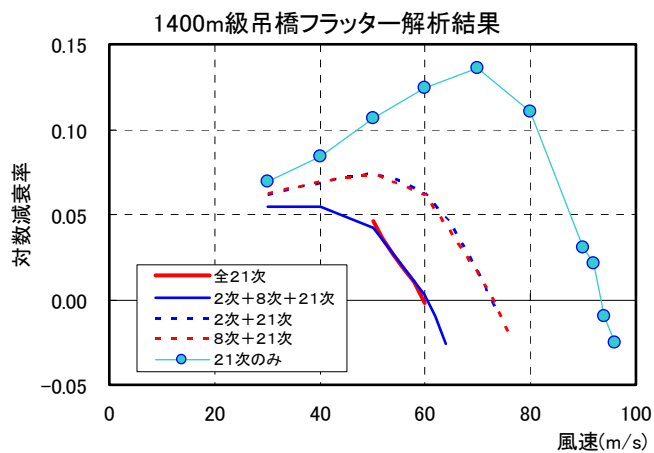


13次(ねじれ対称1次:f=0.145Hz)

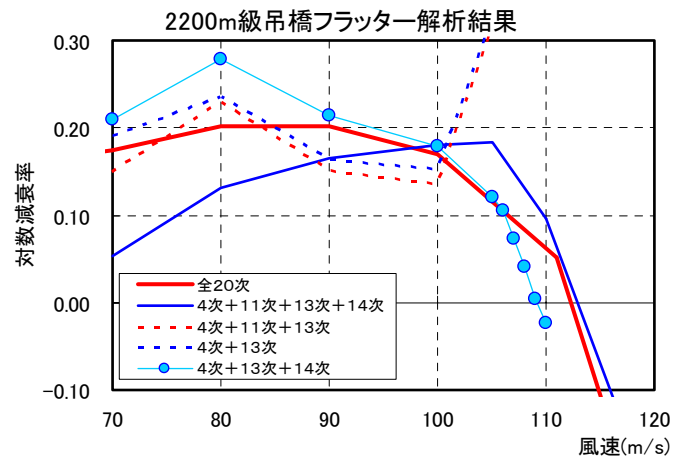


14次(鉛直対称2次:f=0.147Hz)

図-4 2200m 級吊橋の主要振動モード図



(a) 1400m 級吊橋



(b) 2200m 級吊橋

図-5 モードの組合せによるフラッター解析結果