

I-B41 モード間連成が長大橋のガスト応答に与える影響の検討

本州四国連絡橋公団 正会員 勝地 弘¹⁾
 Johns Hopkins University Nicholas P. Jones²⁾
 Johns Hopkins University Robert H. Scanlan³⁾
 本州四国連絡橋公団 正会員 秋山 晴樹⁴⁾

1. まえがき

長大橋の耐風設計において、風の乱れに起因するガスト応答の影響は、変動成分を静的に扱い、それを平均応答に足し合わせた状態で許容値と比較照査する形を取っている[1]。スパンの長大化に伴い、明石海峡大橋のように風荷重が設計断面力を支配する事例も生じてきている。従って、ガスト応答を精度よく推定することは、設計の合理化につながる。これまで、長大橋のガスト応答の推定にあたっては、簡便さもあり、明石海峡大橋ガスト応答解析要領[1]に従って、多くが解析されてきたようである。しかしながら、本解析要領では、振動モード間の空力・構造連成を無視しており、明石海峡大橋のフラッター特性で確認されたように[2]、スパンの長大化とともに顕著になると考えられるモード間の連成効果がガスト応答に与える影響は、評価しきれない。このモード間連成の影響については、過去の研究[3,4]によると、少なからぬ影響を持っており、ガスト応答解析手法の精緻化のためには是非とも定量的に把握しておく必要がある。本研究では、明石海峡大橋のガスト応答を事例として、モード間連成を考慮した場合と無視した場合で、どの程度の違いが生じるかを解析的に検討するとともに、大型風洞試験結果とも比較検討を行った。

2. 解析理論

本研究で使った解析手法は、基本的に文献5に示されたものを使った。解析パラメタのうち、変動風パワースペクトルは、風洞での計測値を用い、非定常空力係数及び3分力係数は部分模型による計測値を用いた。非定常空力係数は、 $H_1^*, \dots, H_4^*, A_1^*, \dots, A_4^*, P_1^*, P_2^*, P_3^*, P_5^*, P_6^*$ の13成分とし、このうち P_1^* については、準定常理論によって推定入力した。変動風のクロスパワーを規定する空間相関は、風洞での計測値をいわゆる指数関数で近似して入力した。また、空力70ミックスは、抗力方向にダブポート式を、揚力、ねじれ方向については準定常理論を適用した。解析に用いた振動モードは、補剛桁成分のみとし、桁の振動が卓越するモードを最低次から17モード選び、使用した。

3. 解析結果

モード間連成を考慮した場合、考慮しない場合の解析結果と計測値とを比較した結果を図-1に示す。解析は、連成の影響を調べるために、30m/s、60m/s、78m/sの3つの風速段階で行った。

まず、モード間連成の有無による違いについては、鉛直及びねじれ変位に顕著な影響が認められる。そして、その影響は、風速の上昇とともに大きくなることがわかる。連成の効果は、鉛直変位を低減し、ねじれ変位を増大させており、曲げとねじれモードの連成に伴って、振動エネルギーが移行しているものと推測される。このことは、明石海峡大橋の大型風洞試験で、連成フラッターが観測されたことと対応するものといえる。一方、水平変位については、連成の有無はほとんど関係がない。これは、水平変位は、1次モード(水平対称1次)からの寄与がほとんどであり、他のモードとの連成が非常に発生しにくいと考えられる。次に、計測値との関係であるが、水平変位を除き、連成を考慮したケースは、計測値とよい対応を見せている。特に、ねじれ変位における風速が70m/sを過ぎたあたりからの急激な増大傾向を、連成を考慮した解析ではよく再現できており、連成解析の有効性を示しているものといえる。

キーワード：明石海峡大橋、長大橋、ガスト応答、モード間連成

1),4) 〒651 神戸市中央区小野柄通 4-1-22 TEL:078(291)1062, FAX:078(291)1362

2),3) 3400 N.Charles Street, Baltimore, MD 21218 USA TEL:410(516)7874, FAX:410(516)7473

水平変位における解析値と計測値と差異については、過去の研究と同様に、およそ2倍の乖離が見られる結果となった。水平変位については、1次モードの寄与が圧倒的であり、また最も他のモードと連成しにくいモードであるため、乖離の原因として、例えば、非常に周期の長い領域（1次モードで約26秒）での P_1^* （準定常空気力）の評価に問題があるのではないかと（図-1中のパラメトリック解析結果参照）、実態は計測を行っていないため、結論を出すには至らなかった。

4. おわりに

長大橋のガスト応答に与えるモード間連成の影響を解析的に検討した。その結果、鉛直、ねじれ変位に対しては、顕著な影響が認められ、特に、ねじれ変位は連成解析の場合に大きく推定される結果となった。特に、長大吊橋の場合、ねじれガストが設計上のクリティカルとなることも考えられるため、明石海峡大橋を超えるような長大橋の設計にあたっては、振動モード間の連成を考慮したガスト応答の検討が必要になるものと考えられる。最後に、本研究は、第一筆者が Johns Hopkins Univ. に留学中に行ったものである。

参考文献

- [1] 本州四国連絡橋公団：明石海峡大橋耐風設計要領、平成2年2月
- [2] 勝地、宮田、北川、佐藤、樋上：明石海峡大橋大型風洞試験での連成フラッター特性に関する考察
- [3] T.MIYATA, H.YAMADA, V.BOONYAPINO and J.C.SANTOS: Three-Dimensional Buffeting Response Analysis of Long-Span Bridges by a Time Domain Approach, 第13回風工学シンポジウム論文集, pp.221-226, 1994.12
- [4] 松本、陳、白石：空力連成を考慮した長大橋ガスト応答解析, 第13回風工学シンポジウム論文集, pp.227-232, 1994.12
- [5] A.Jain, N.P.Jones and R.H.Scanlan: Coupled Flutter and Buffeting Analysis of Long-Span Bridges, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol.122, No.7, July, 1996
- [6] L.Singh, N.P.Jones, R.H.Scanlan and O.Lorendeaux: Identification of Lateral Flutter Derivatives of Bridge Decks, *Journal of Wind Engrg and Industrial Aerodynamics*, 60, pp.81-89, 1996

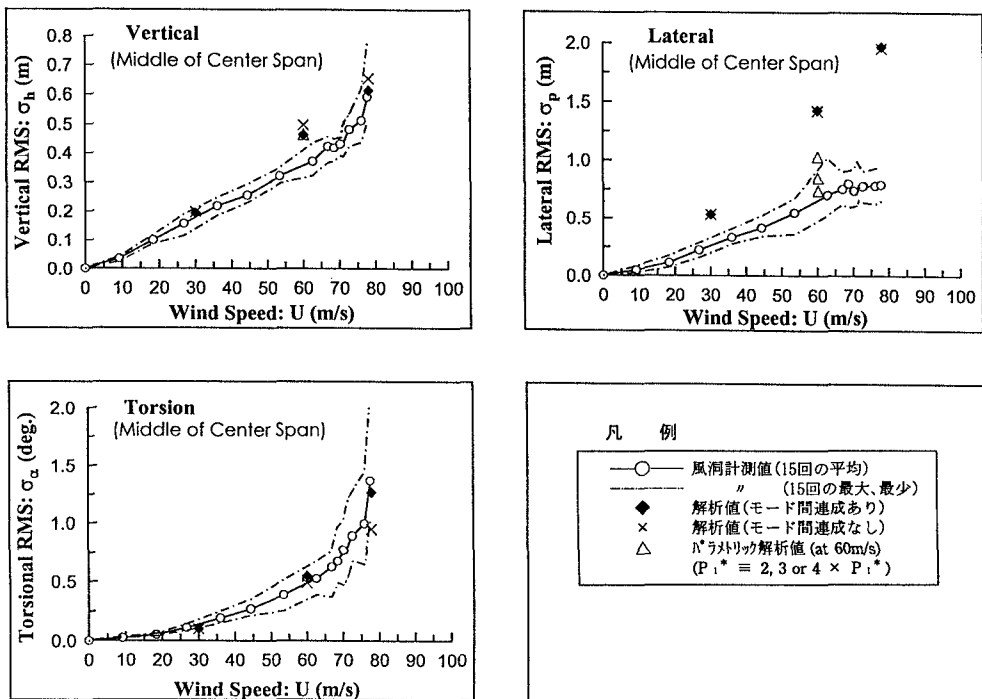


図-1 ガスト応答解析結果と計測値の比較