長大橋梁桁断面の空力アドミッタンスの計測結果

本州四国連絡橋公団　正会員　○楠原　栄樹
本州四国連絡橋公団　正会員　秦　健作
本州四国連絡橋公団　正会員　遠山　直樹

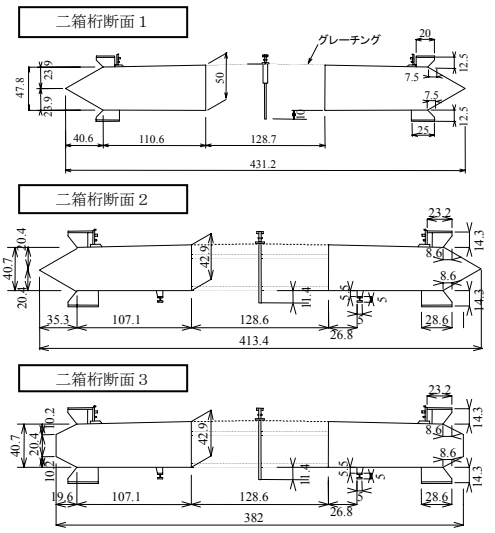
１．はじめに

長大橋の設計において、耐風安定性の確保は最も重要な課題の一つであり、桁断面はフラッターの限界風速を満足する様な断面が選定されている。一方、長大橋では風荷重によりその断面が決定される部位も多く存在しており、合理的な設計を実施する上では、風に対する桁断面の応答特性を把握する必要がある。本報告は、桁断面の応答特性を表す指標の一つである空力アドミッタンスの計測結果について紹介を行うものである。

２．空力アドミッタンスの計測

今回、空力アドミッタンスの計測を実施した断面は、筆者らがこれまでに報告[1)2)]を行った二箱桁断面であり（図－１）、断面１については縮尺 1/80、断面２、３については縮尺 1/70 の二次元剛体模型を用いて境界層乱流中で模型に作用する空気力の計測を実施した。風洞試験により得られた結果から、次式で定義される空力アドミッタンスを算出した。

$$\left|X_{ij}(f)\right|^2 = \frac{S_{Fi}(f)}{F_i^{\,2}} \cdot \frac{1}{\lambda^2} \cdot \frac{U^2}{S_{jj}(f)} \cdot \frac{1}{\left|J_j(f)\right|^2 \cdot \left|H_j(f)\right|^2}$$



図－１　二箱桁断面

ここに、$\left|X_{ij}(f)\right|^2$ ：ｊの変動によるｉの空力アドミッタンス、$S_{Fi}(f)$ ：ｉ方向の変動空気力のパワースペクトル、F_i ：ｉ方向の平均空気力（抗力；$F_D = \rho C_D A U^2$、揚力；$F_L = \rho B U^2/2 \cdot dC_F/d\alpha$、空力モーメント；$F_M = \rho B^2 U^2/2 \cdot dC_M/d\alpha$）、U：平均風速、λ：模型長、$S_{jj}(f)$：ｊ方向の気流変動のパワースペクトル、$\left|J_j(f)\right|^2$：ジョイントモードアクセプタンス、$\left|H_j(f)\right|^2$：風洞模型のメカニカルアドミッタンスである。なお、図－２の例に示すとおり、今回計測の対象とした二箱桁断面は、一様流中と境界層乱流中とで平均的な三分力係数が異なることが明らかとなっており、空力アドミッタンスは両方の三分力係数を用いて算出した（図－３）。抗力方向については断面形状及び使用する三分力に関係なくほぼ同様の傾向を示した。揚力方向については、断面形状による違いは小さいものの、使用する三分力により値に違いが見られる。ねじれ方向については、乱流中の三分力を使用した場合は断面形状による違いはあまり見受けられないものの、一様流中の三分力を使用すると断面形状により大きく値が異なる結果となった。これは、一様流中の空力モーメント係数勾配の絶対値が小さいことが原因として考えられる。

３．既往の空力アドミッタンスとの比較

今回計測した空力アドミッタンスと、本州四国連絡橋耐風設計基準(2001)で規定する空力アドミッタンスの他、明石海峡大橋と来島海峡大橋の桁断面で実際に計測した空力アドミッタンスを図－４に示す。

抗力方向については、いずれの計測結果も Davenport の提案式に近い値を示しており、トラス桁、一箱桁、二箱桁の違いは見受けられない。揚力方向については、実橋における適用範囲近傍では計測値が Sears 関数を

キーワード　二箱桁，空力アドミッタンス，三分力係数
連絡先　〒651-0088　神戸市中央区小野柄通 4-1-22　本州四国連絡橋公団　長大橋技術センター　Tel078-291-1071

上回っており、一箱桁と二箱桁はほぼ同様の傾向を示す。ねじれ方向については、トラス桁と一箱桁が低い無次元振動数領域においてSears関数よりも小さな傾向を示すのに対し、二箱桁は大きめの値を示すことが明らかとなった。これは、ねじれ方向のガスト応答が大きくなる可能性を示唆している。

４．まとめ

フラッター特性に優れる二箱桁断面の空力アドミッタンスを計測した結果、以下のことが明らかとなった。

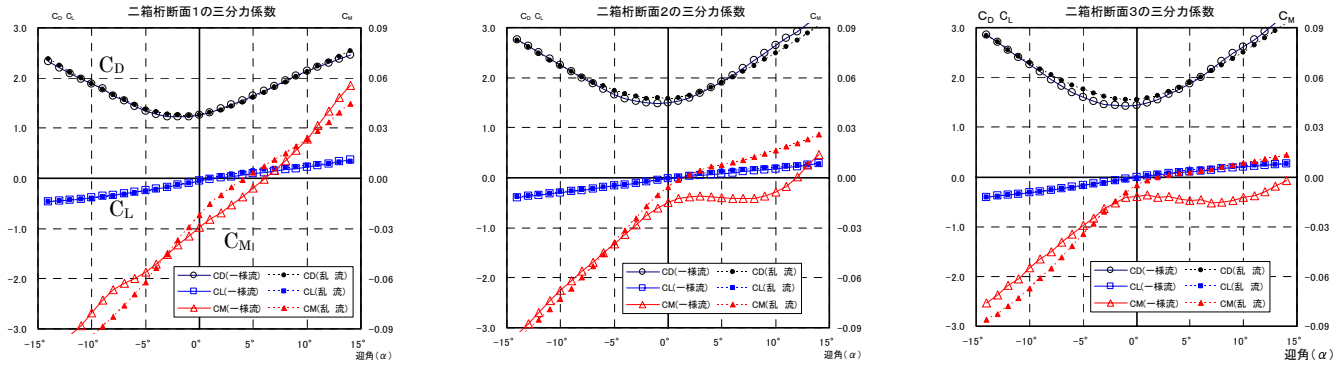
１．二箱桁断面の抗力、揚力方向の空力アドミッタンスは桁形状の影響が少ない

２．二箱桁断面のねじれ方向の空力アドミッタンスは、断面により大きく異なる場合がある。これは、空力モーメント係数勾配の値が小さいことが原因と考えられる。

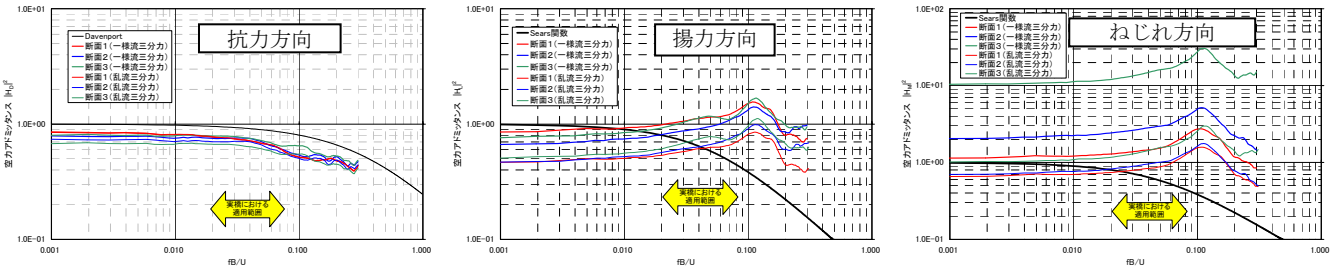
３．ねじれ方向の空力アドミッタンスはこれまでの桁形式よりも大きめの値となっており、ねじれのガスト応答が大きくなることが予想される。

４．二箱桁断面の一様流中の三分力係数と境界層乱流中の平均的な三分力係数が異なっており、結果的に使用する三分力により空力アドミッタンスが異なる結果となる。

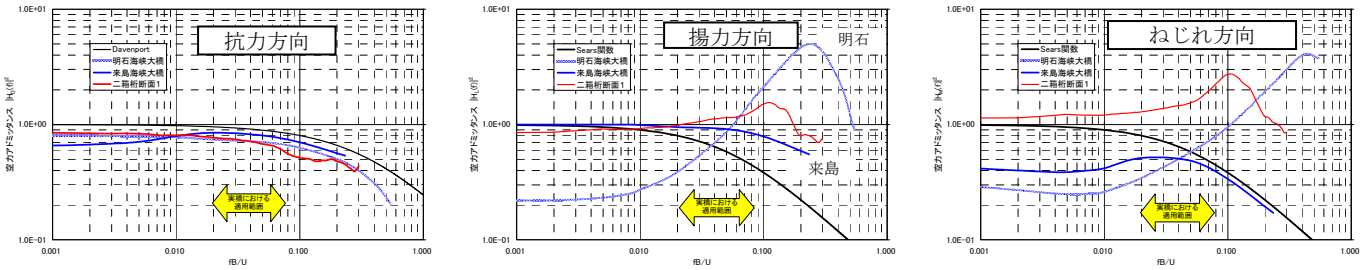
今後は、気流条件により模型に作用する空気力が変化する原因の検討と今回計測した空力アドミッタンスがガスト応答解析結果に与える影響についての検討を実施し、より合理的な耐風設計のための基礎資料を整理する予定である。



図－２　一様流中と境界層乱流(Iu=10%)中の三分力係数



図－３　二箱桁断面（１～３）の空力アドミッタンス計測結果



図－４　耐風設計基準(2001)に示す空力アドミッタンス及び既往計測例との比較（二箱桁断面１）

参考文献

1)　楠原、佐藤、松藤：開口部を有する箱桁断面の非定常空気力に及ぼす迎角の影響，土木学会第 54 回年次学術講演会，1999. 9，Ⅰ-B344

2)　秦、麓、楠原、平野、大廻：二箱桁断面の耐風安定性に関する検討、土木学会第 57 回年次学術講演会、2002. 9 Ⅰ-488