

CFDによる橋桁基本断面のガスト空気力の検討

(株) I H I 正 員 ○上島秀作

(株) I H I 正 員 黒田眞一

立命館大学理工学部 正 員 小林紘士

1. はじめに 橋桁のガスト応答解析の精度向上に向けて解決すべき問題の一つとして、空力アドミッタンスの評価の精緻化が挙げられる。空力アドミッタンスは断面固有の値であるため、本来風洞試験によって精度よく実測することが望ましいが、実際には困難な場合が多い。著者らは風洞試験の代替手段として、CFD による空力アドミッタンスの推定法を検討してきた¹⁾。本稿では、橋桁基本断面の揚力ガスト空気力に着目した検討結果を報告する。

2. 解析手法 CFD によるガスト空気力の推測手法は、一般的に行われている風洞試験法を模したものである。図-1 に示す解析領域の流入境界から鉛直流速変動を含む気流を流入させ、静止角柱に作用する非定常揚力を算出した。このとき、流速の主流方向成分は一定である。レイノルズ数は $Re (UB/\nu)=1.4\times10^5$ とした。また、流速変動は単一振動数成分のみの正弦波ガストと自然風のパワースペクトルを模した不規則波ガストの2種類とした。生成された気流は、流入境界での流速変動がほとんど減衰することなく、その空間的特性を保持しながら平均流に乗って流下する特性がある。

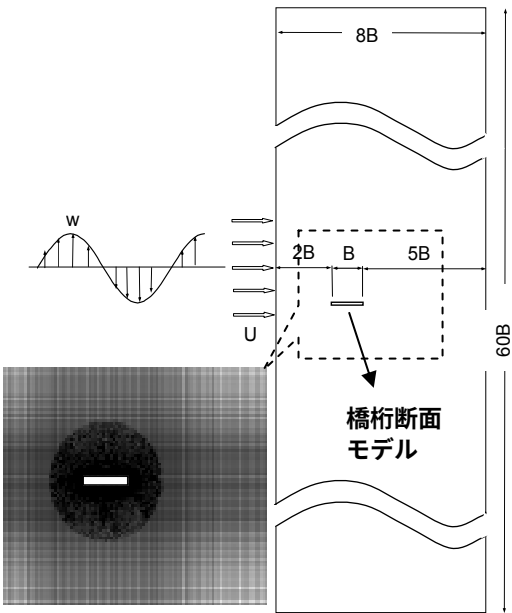


図-1 解析方法

CFD の解析手法に関しては、支配方程式として二次元非圧縮 Reynolds-Averaged Navier-Stokes 方程式、乱流モデルには $k-\omega$ SST モデルを用いた。また、対流項の評価には5次精度風上差分、時間積分には2次精度の陰解法を用いた。解析格子は図-1 に示すようなH型の背景格子と物体近傍のO型格子を組み合わせた複合格子法を用いた²⁾。

3. 解析結果 表-1 に示すように辺長比 $(B/D)=5$ 角柱および扁平6角の2種類の断面について検討を実施した。図-2 に揚力変動の時刻歴波形を示す。揚力変動は流速変動に比例する成分と剥離渦に起因する成分の和で構成されている。流速変動に比例する成分の大きさや剥離渦成分の周波数などの特性は断面形状に依存し特性が大幅に異なっている。図-3 に CFD によって算出したガスト揚力を用いて評価した空力アドミッタンスを示す。空力アドミッタンスの算出に際しては、橋桁断面モデルを設置しない状態における流速変動および CFD によって評価した揚力係数勾配を用いた。辺長比=5 矩形断面では、剥離渦が卓越する周波数と $k (= \omega b/U)=0.3$ ($b=B/2$) を中心とする低周波数域のピークが特徴である。一方、扁平6角断面については Sears 関数と類似の空力アドミッタンスを呈する。辺長比=5 矩形断面などの

表-1 解析条件

断面形状		B/D=5 矩形	扁平 6 角
解析格子	物体近傍格子	293×45 (周×径)	265×43 (周×径)
	背景格子	294×459 (横×縦)	
解析時間刻み ($\Delta t U/B$)		0.01	
レイノルズ数 ($Re=UB/\nu$)		1.4×10^5	
乱れ強さ (I_w)		不規則波ガスト: 2.1% (迎角変動振幅 0~6.3deg)	
		正弦波ガスト: 2.2% (迎角変動振幅 2.0deg)	

キーワード：ガスト空気力, CFD, 空力アドミッタンス
連絡先：〒235-8501 横浜市中区新中原町1 (株) IHI 電話 045-759-2826 FAX 045-759-2208

鈍い断面では断面上下に大きな剥離せん断層が形成され、この挙動が鉛直流速変動に起因するガスト空気力を増幅させていると考えられる。一方、偏平6角断面では前縁からの剥離が抑えられ、結果的に平板とよく似た空気力特性となる³⁾。図-3よりCFDによって評価された空力アドミッタンスは風洞試験結果と良く一致していることが分かる。これより、本手法は橋桁の空力アドミッタンスの推定手法として有望な手段であると考えられる。

辺長比=5 断面について、乱れ強さが空力アドミッタンスに及ぼす影響について検討を行った。図-3より乱れ強さの大きい正弦波ガスト($lw=8.8\%$)の場合、空力アドミッタンスは小さい値を取る。奥村ら³⁾も同断面を対象とした風洞試験の結果、同様の傾向を報告している。図-4に断面に対する気流の相対迎角と揚力の関係を示す。周波数と流速変動振幅に依存したガスト空気力の非線形性が原因となり、乱れ強さの増加に伴って空力アドミッタンスが低下する特性がみてとれる。

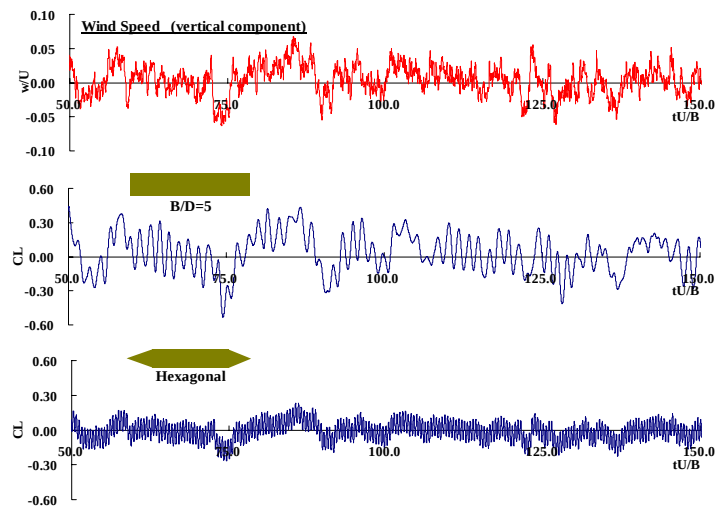
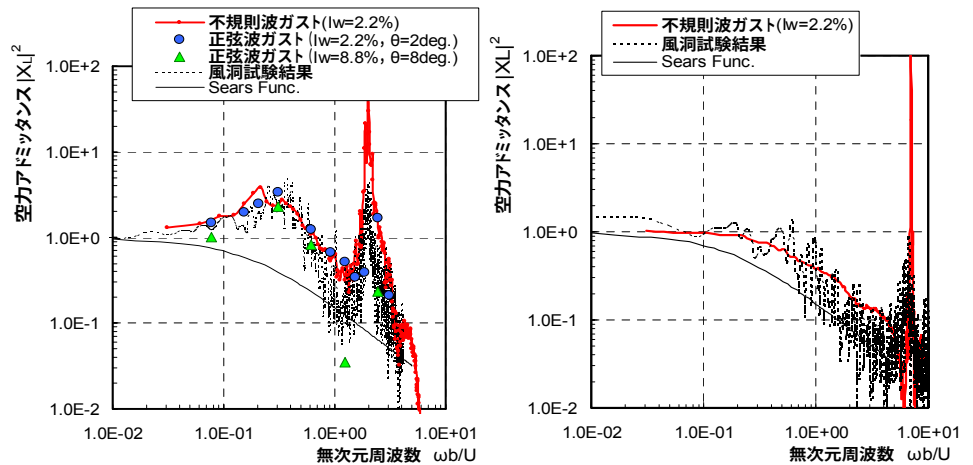


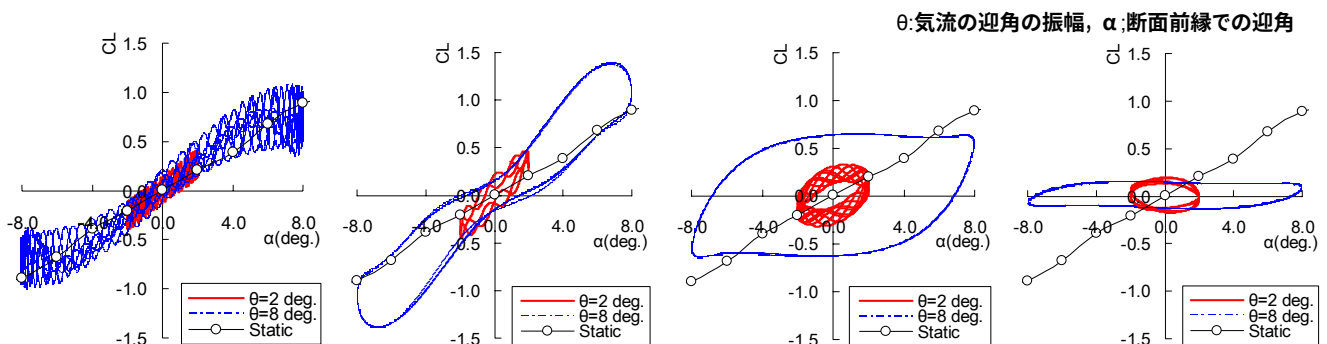
図-2 CFDによるシミュレーション(時刻歴波形)



(1) 辺長比=5矩形断面

(2) 偏平6角断面

図-3 空力アドミッタンス



(1) $k=0.077$

(2) $k=0.31$

(3) $k=0.61$

(4) $k=1.23$

図-4 揚力のリサージュ(正弦波ガスト)

4. まとめ CFDを用いて橋桁基本断面のガスト空気力の推定を行った。評価されたガスト空気力特性は風洞試験結果と整合し、CFDによる評価法の有望性が確認された。

[参考文献]

- 1) 上島ら：CFDによる空力アドミッタンスの評価，第64回土木学会年次学術講演会概要集，I-235，2006.9.
- 2) 黒田：2方程式乱流モデルを用いた長大橋非常空気力の数値計算，土木学会論文集 No.654, I-52, pp.377-387.2000.7.
- 3) 奥村ら：橋桁基本断面の空力応答関数に関する実験的研究，構造工学論文集, Vol.46A, pp.1029-1036, 2000.3.