

乱流中における橋桁の非定常空気力特性

IHI 正員 上島秀作 IHI 正員 松田一俊
IHI 正員 杉本高志

1. はじめに フラッター解析により実橋のフラッター特性を推測する手法は、長大橋の耐風性の基本検討段階において実用的な評価法として定着している。このとき、一様流中で計測された橋桁の非定常空気力を用いて実橋の解析を行いフラッター安定性を評価する。既往の風洞試験によると^{1,2)}乱流中ではフラッターは概ね安定化する傾向にあり、一様流中での結果に基いて照査を行えば設計上は問題ない。しかし、耐風設計手法をさらに合理化する上で、乱流中のフラッター応答を精確に評価し耐風設計に反映することは今後の課題の1つである。筆者らは、この課題に対する基礎的検討として矩形断面および流線形 BOX 断面を例に取り、一様流と乱流中で非定常空気力の計測を行ったので、その結果を報告する。

2. 風洞実験条件 検討対象とした橋桁断面は図-1に示す空力対策としてセンターバリアが付設された流線形 BOX 断面、辺長比 ($B/D=$) 10 の矩形断面である。一様流中および乱れ強さの異なる3種類の格子乱流中で、迎角 0 deg. の状態で非定常空気力を計測した。乱流の特性を表-1に挙げる。さらに、矩形断面については、模型上面に配した圧力孔を用いて加振時の非定常圧力分布を計測した。

非定常空気力係数 非定常空気力係数はTheodorsen関数を用いた平板翼の非定常空気力係数と同様に定義した。計測した非定常空気力の一例を図-2に示す。 $B/D=10$ 断面は一様流と乱流中とでは非定常空気力に大きな差異が確認できた。一様流中では C_M は正值となりねじれフラッターの発生を示唆している³⁾が、乱流中では負値に転じ、乱れが強くなるに従って平板の空気力特性に近づいている。一方、流線形 BOX 断面に関しては乱れ強さの変化に伴う明確な傾向は確認できなかった。

次に、計測された非定常空気力を用いて2次元のフラッター解析を行った。解析結果を図-3に示す。非定常空気力係数で確認された傾向に符合し、 $B/D=10$ 断面は気流の乱れにより大幅にフラッター安定性が向上している。一方、流線形 BOX 断面では一様流中と乱流中の中でフラッター限界風速が大きく変わらない。

4. 辺長比 10 矩形断面の非定常圧力 矩形断面で確認された非定常空気力に対する乱流効果に考察を加えるため、非定常圧力分布の計測を行った。ねじれ加振時における調和振動成分の変動圧力係数と圧力と変位の位相差を図-4に示した。位相差はねじれ変位最大点を基準に上面の正圧のピークまでの遅れを負の位相として定義している。剥離バブルによる変動圧力のピーク位置は乱れが強くなるに従って上流側に移動し、見かけ上 B/D が増加する効果が生じている。一方、圧力変動の大きさは乱れによる変化は小さい。

5. まとめ

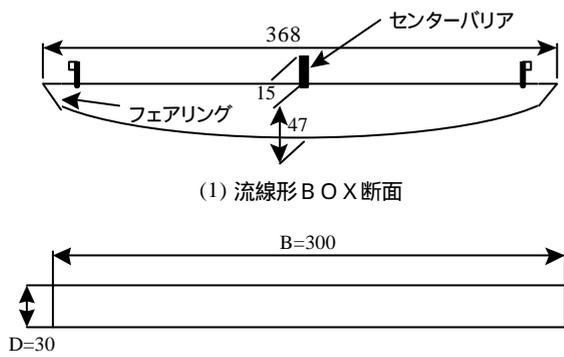
- (1) 乱流中において、 $B/D=10$ 矩形断面および流線形 BOX 断面の非定常空気力の計測を行った。 $B/D=10$ 矩形断面の場合、乱流中では一様流中に比べて明らかにフラッター安定性が向上する傾向が見られた。一方、流線形 BOX 断面では、乱流中においてもフラッター安定性の向上は確認出来なかった。
- (2) $B/D=10$ 断面では、前縁からの剥離バブルは乱れが強くなるに従って上流側に移動する。この効果でフラッター耐風性が大きく向上している。

参考文献

- 1)Fujino Y et al. 1988., Wind tunnel study of long span suspension bridge under smooth and turbulent flow, *Bluff body aerodynamics and its applications*
- 2)R.L.Wardlaw 1992., The improvement of aerodynamics performance, *Aerodynamics of large bridges*
- 3)松本ら：構造基本断面における連成フラッターの発生機構に関する研究，第13回風工学シンポジウム論文集，1994

キーワード 長大橋，フラッター，乱流，非定常空気力

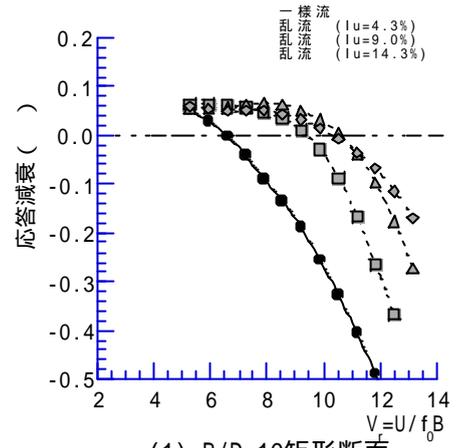
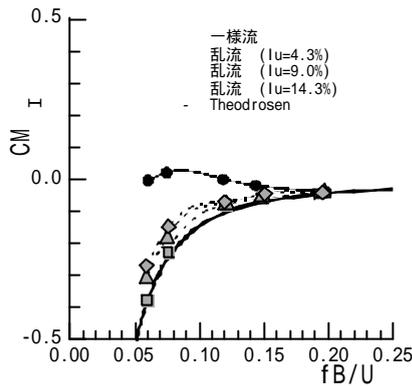
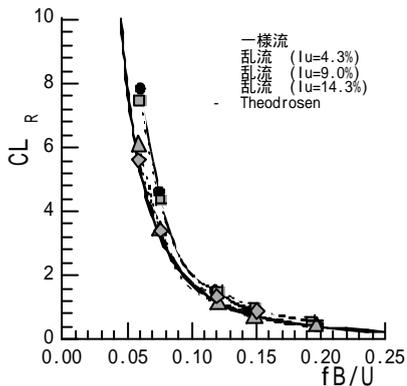
連絡先 住所：横浜市磯子区新中原町1 石川島播磨重工業（株）技術開発本部，TEL：045-759-2135，FAX：045-759-2183



(1) 流線形BOX断面
(2) B/D=10矩形断面
図-1 検討断面

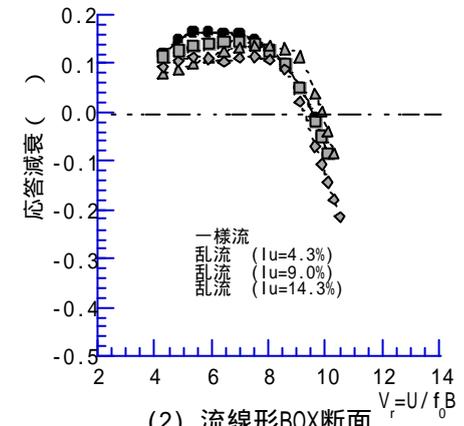
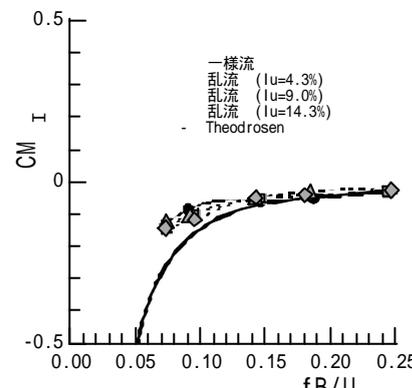
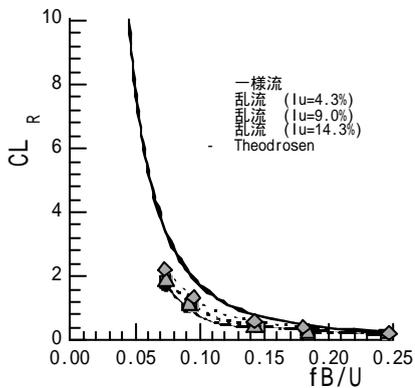
表-1 格子乱流の特性

	乱流	乱流	乱流
Iu (%)	4.3	9.0	14.3
Iw (%)	3.9	6.7	11.7
Lu (m)	0.074	0.291	0.064
Lw (m)	0.058	0.167	0.067



(1) B/D=10 矩形断面

(1) B/D=10矩形断面



(2) 流線形BOX断面

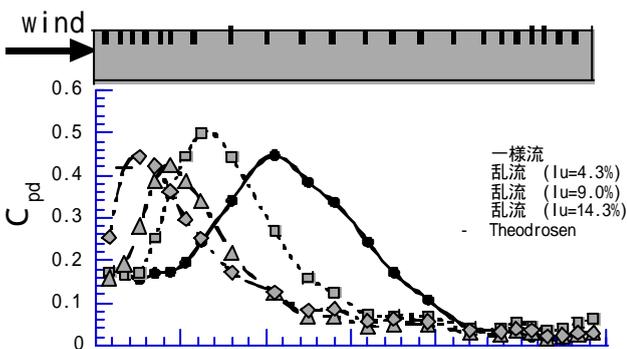
(2) 流線形BOX断面

図-2 非定常空気力係数の一例

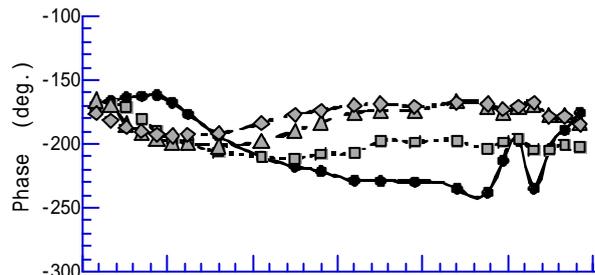
(CL_R , CM_I : ねじれ加振時の揚力 real 項, モーメント)

$F_1 = 1.32\text{Hz}$, $F_2 = 2.53\text{Hz}$,
 $m = 3.60\text{kg/m}$, $I = 0.682\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{m}$,

図-3 フラッター解析結



(1) 変動圧力係数



(2) 位相差

図-4 非定常圧力分布 (B/D=10断面, ねじれ加振, 片振幅=2deg., fB/U=0.06)