

I - 482

偏平な橋桁に作用するガスト空気力の特性

東京大学 学生員 田村 央
 川崎製鉄(株) 正 員 中村 聖三

東京大学 正員 木村 吉郎
 東京大学 正員 藤野 陽三

1. はじめに

自然風の風速変動により生じる長大橋梁のガスト応答を正確に予測することは、耐風設計上重要である。この予測は一般にガスト応答解析によって行われているが、その解析には(狭い意味での)ストリップ理論の仮定が用いられている。すなわち橋桁の一断面に作用するガスト応答を生じさせる変動空気力(以下「ガスト空気力」とする)は、橋梁のスパン方向に一樣な2次元変動風速場により生じる空気力と等しいという仮定が用いられている。しかし実際の変動風速はスパン方向に非一樣に分布しており、ストリップ理論の仮定は厳密には成り立たない¹⁾。そこで本研究では、偏平な橋桁に作用するガスト空気力を測定してその特性を明らかにし、ストリップ理論の仮定を用いた既往の解析法による結果と比較した。

2. 風洞実験

高さ180cm、幅108cmの測定部をもつエッフェル型風洞を用いた。偏平な基本断面をもつ橋桁のモデルとして、偏平六角形断面をもつ部分模型を使用した(図1)。2つの断面における変動圧力の分布を同時多点圧力計により計48点において測定し、各断面に作用するガスト空気力と、2つの断面に作用するガスト空気力の相関を求めた。乱流格子を用いて3種類の気流を生成した。変動風速の鉛直成分に対する気流の特性は、乱れの強さはほぼ8%強で等しいが、乱れのスケールは風速 $U=8.0\text{m/s}$ において、14.0、8.0、5.0cm(主流方向)ならびに14.0、9.0、5.5cm(主流直角方向)であった。さらに、2つの断面間の距離 Δy を8段階(10~200mm)、風速 U を3段階に変化させて測定を繰り返した。

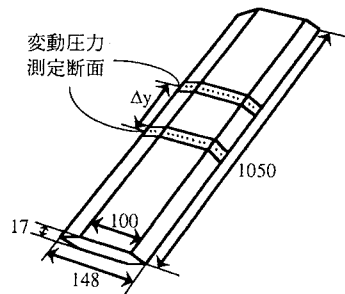


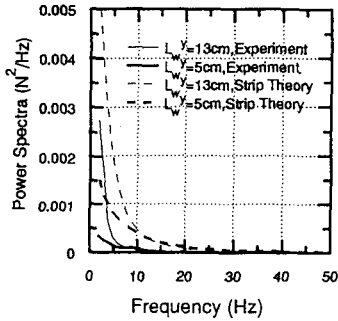
図1 模型の諸元(単位mm)

3. 実験結果およびその考察

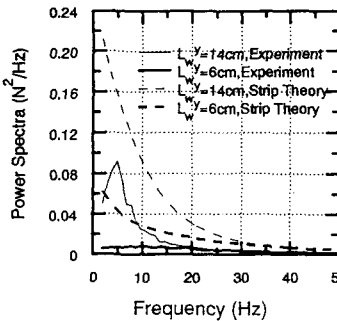
a) ガスト揚力のパワースペクトル

断面に作用するガスト揚力のパワースペクトルの測定値をストリップ理論の仮定を用いた既往の解析結果とともに図2に示す。解析に際しては、 $dC_L/d\alpha$ は一樣流中での測定結果を、空力アドミタンスは平板に対する理論値であるSears関数²⁾を用いた。測定結果を解析結果と比較すると、測定値の方が解析値よりも常に小さくなっている。既往の解析の前提であるストリップ理論においては、断面に作用する空気力をスパン方向に一樣な2次元変動風速場により生じる空気力と仮定している。しかし、実際の流れ場はスパン方向にも非一樣なので、模型のスパン方向に離れた領域における流れ場も断面に作用するガスト揚力に寄与するが、その割合が実際には小さくなる。したがって、断面に作用する空気力のパワースペクトルの測定値は解析値に比べて小さくなると考えられる。

次に測定結果と解析結果をより詳しく比較するために、無次元振動数に対する測定値と解析値の比を図3に示す。橋梁の耐風設計で重要となる無次元振動数が小さい領域(0.2以下)では、その比は無次元振動数の違いにより大きく変化している。これは、既往の解析がこの領域ではガスト揚力の無次元振動数に対する変化の傾向も再現していないことを意味する。また、この無次元振動数が0.2より小さい領域では乱れのスケールの違いによって測定値と解析値の比は異なった値となっており、既往の解析は乱れのスケールの影響についても適切に評価していないといえる。



(a) $U = 4.0$ m/s



(b) $U = 12.0$ m/s

図2 揚力のパワースペクトル

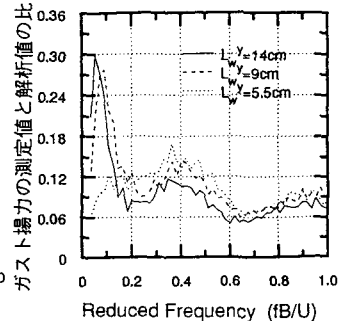


図3 異なる乱れのスケールでの測定値と解析値の比 ($U=8$ m/s)

b) ガスト揚力のルートコヒーレンス

2つの断面に作用するガスト揚力間のルートコヒーレンス(以下単に「コヒーレンス」とする)の測定結果を図4に示す。またストリップ理論の仮定を用いると、ガスト揚力の2断面間のコヒーレンスは2断面における鉛直変動風速のコヒーレンス(von Karman型のスペクトルに基づく表示式で近似した)と等しくなるが、それも同時に示す。ただし図の横軸は無次元振動数(fB/U)とすることで、風速の異なるケースのコヒーレンスを重ねて示している。図をみると、測定されたガスト揚力のコヒーレンスは、鉛直変動風速のコヒーレンスよりもかなり大きな値をとっている。

さらに、測定値を近似する実験式を以下のように求めた。すなわち、低振動数部分でのコヒーレンスが大きくなるように気流の乱れのスケールを4.5倍し、周波数の増加に伴うコヒーレンスの減少率を小さくするために振動数 f を $f^{0.74}$ として変動風速のコヒーレンスの表示式に代入して実験式とした。実験式と測定値の比較の一例を図5に示すが、異なる乱れのスケールや2断面間の距離におけるコヒーレンスに対しても実験式は少なくとも無次元振動数1.5以下では測定値と一致した。

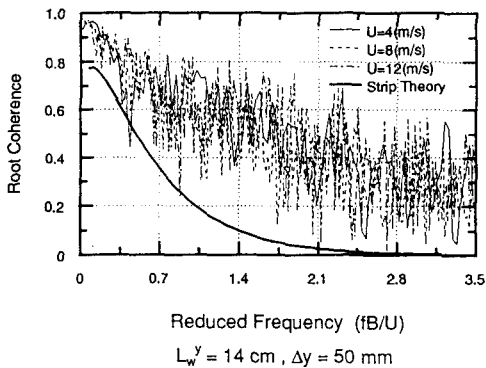


図4 無次元振動数に対する揚力のルートコヒーレンス

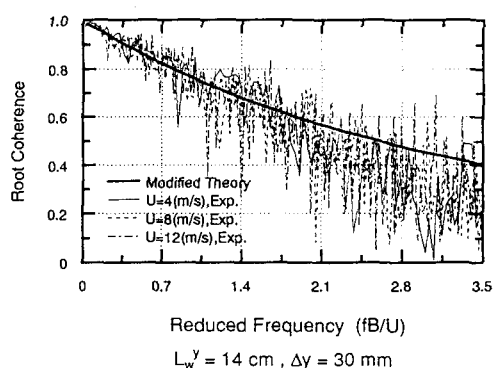


図5 無次元振動数に対する近似式と測定値

4. まとめ

ガスト空気力の特徴については、他の断面や抗力ならびに空力モーメント成分についてなどまだ明らかにすべき課題は多いが、本研究で対象とした断面に作用するガスト揚力の特徴はある程度定量的に示せたと考えている。

参考文献

- 1) 木村 吉郎、藤野 陽三：パフエティング応答解析におけるストリップ理論の仮定について、構造工学論文集Vol. 40 A、1994
- 2) Sears, W.R.: some aspects of non-stationary airfoil theory and its practical application, J. Aeronautical Science, Vol.8, No.3, pp.104-108, 1941