乱流特性が扁平矩形断面の変動空気力に及ぼす影響

徳島大学大学院 学生会員 油谷 晃佑 徳島大学 正会員 野田 稔株式会社フォーラムエイト 非会員 國家 逸冬 徳島大学 フェロー 長尾 文明

1 はじめに

建設分野において,橋梁では風の乱れによる不規則強制振動であるバフェッティングが引き起こされ,破壊には至らないが部材や継ぎ手,支承部などにおける疲労問題や走行車両の安定性の問題,橋梁架設時の作業性の問題などの様々な問題が懸念される.バフェッティングの応答推定方法としては,A.G.Davenportにより提案された周波数領域におけるガスト応答解析が一般的によく用いられている.そして,この手法の中では構造物の断面形状のみで決定されるはずの空力アドミッタンス(変動風速から変動空気力への伝達関数)を用いて解析を行っている.

そこで,本研究では風洞実験にて風洞内に格子を設けて条件の違う乱流をいくつか生成し,その乱流中に模型を設置し接近流の特性が変動空気力,空力アドミッタンスに及ぼす影響について検討する.

2 実験概要

本研究では,風洞内に格子を設置することによって等方性 乱流を生成し,これを接近流として風洞実験を行った.また, 本実験では用意した4種類の格子の格子幅(b),格子から測定位 置までの吹走距離(x)をそれぞれ変化させることによって表1に示す11種類の乱流を生成し,それぞれの気流について変動 風速の測定を行い,乱流特性を把握した.

ここに,表1にあるケース名についてはCに続く2桁の数字の1桁目が乱れ強さのグループ,2桁目が乱れのスケールのグループを表しており,それぞれの数字が指標の大きさを表す形となっている.

そして,風洞内に隔壁を設置し,図1に示す桁幅 $B(=351\mathrm{mm})$,版 桁高 $D(=27\mathrm{mm})$,圧力孔 $\phi(=1\mathrm{mm})$ の扁平矩形断面の圧力測定模型を設置し,模型表面に作用する圧力の測定を行った.

b30 20 50 75C41C43C44 20 C31x/b30 C34C22C21C2450 100 C12C14 C15

表 1 各条件ごとのケース名

図 1 圧力測定位置

3 変動圧力係数と空力アドミッタンスに対する乱流特性の影響

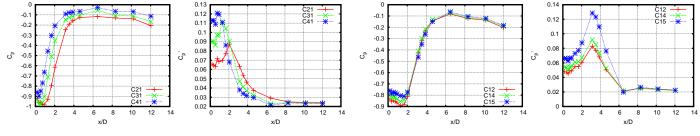
圧力測定模型を使用した実験によって得られたデータを基にして,注目する断面において乱れの強さ又は乱れのスケールが異なる気流のもとで得た平均圧力係数,変動圧力係数を比較し,接近流の乱流特性が圧力分布特性に及ぼす影響について検討する.また,接近流の乱流特性が空力アドミッタンスに及ぼす影響についても検討する.ここで,紙面の都合により同程度の乱れの強さで比較する場合は L_u/D , L_w/D がそれぞれ概ね1.2,0.5の $C21(I_u=7.87\%$, $I_w=7.09\%)$, $C31(I_u=13.3\%$, $I_w=11.6\%)$, $C41(I_u=18.9\%$, $I_w=15.0\%)$ について,同程度の乱れのスケールで比較する場合は $I_u\%$, $I_w\%$ が4%程度の $C12(L_u/D=1.70$, $L_w/D=0.78)$, $C14(L_u/D=2.40$, $L_w/D=1.11$), $C15(L_u/D=6.26$, $L_w/D=2.33$)についての考察とする.

3.1 圧力分布

平均圧力係数 C_p ,変動圧力係数 C_n' はそれぞれ以下の式によって定義される.

$$C_p = \frac{\overline{P}}{a}, C_p' = \frac{\sigma_p}{a} \tag{1}$$

ここで, \overline{P} :平均圧力, σ_p :変動圧力の標準偏差,q:基準速度圧である.



- (a) 上面平均圧力係数
- (b) 上面変動圧力係数
- 図2 圧力分布に対する乱れの強さの影響
- (a) 上面平均圧力係数
- (b) 上面変動圧力係数 図3 圧力分布に対する乱れのスケールの影響

乱れの強さを変化させた場合の圧力分布の変化の様子を図2に示す.この結果より,平均圧力係数は乱れの 強さが大きくなるにつれて負圧のピークの位置は圧力測定模型の前縁側へ移動しており,圧力回復の位置も圧 力測定模型の前縁側へ移動していることが確認できる.そして,乱れの強さが大きいほど平均圧力係数の値が 大きくなっている.また,変動圧力係数も乱れの強さが大きくなるにつれて変動圧力係数のピークの位置が圧 力測定模型の前縁側へ移動していることが確認できる.そして,乱れの強さが大きいほど変動圧力係数のピー クの値は大きくなっている.

次に,乱れのスケールを変化させた場合の圧力分布の様子の変化を図3に示す.この結果より,平均圧力係 数は乱れのスケールが大きくなるにつれて負圧のピークの値が小さくなる傾向にある.しかし,負圧のピーク の位置はあまり変化がないような結果となっている.そして,圧力回復の位置についても3つのケースでほぼ 一致している.また,変動圧力係数は乱れのスケールが大きくなるにつれて変動圧力係数のピーク値が大きく なっている.しかし,変動圧力係数のピークの位置は3つのケースでほぼ一致するような結果となっており, 平均圧力係数と同様に再付着領域はほぼ一致しているような結果となっている

3.2 空力アドミッタンス

空力アドミッタンス $|\chi(f)|^2$ は以下の式によって定義される.

$$|\chi(f)|^2 = \frac{1}{(\frac{1}{2}\rho UB\frac{dC_L}{d\alpha})^2} \frac{S_L(f)}{S_w(f)}$$
(2)

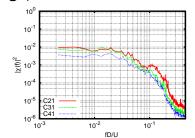
ここで,式2の各項は,ho:空気密度,U:平均風速,B:代表長, $rac{dC_L}{dlpha}$: 揚力係数勾配, $S_L(f)$:変動揚力のパワースペクトル, $S_w(f)$:変動風速 鉛直成分のパワースペクトルである.

乱れの強さを変化させた場合の空力アドミッタンスの変化の様子を 図4に示す、この結果より、乱れの強さが大きくなるほど空力アドミッ タンスが小さくなるような傾向が確認できる.

また、乱れのスケールを変化させた場合の空力アドミッタンスの変 化の様子を図5に示す.この結果より,乱れのスケールが大きいほど空 カアドミッタンスが大きくなるような傾向が確認できる.

4 おわりに

本研究では,接近流の乱流特性によって扁平矩形断面に作用する変動空 気力の圧力分布特性である平均圧力係数,変動圧力係数のピークの位置や



空力アドミッタンスに 対する乱れの強さの影響

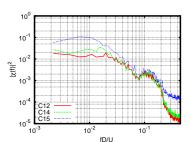


図 5 空力アドミッタンスに 対する乱れのスケールの影響

値,剥離バブルの大きさが変化していることが確認できた.また,空力アドミッタンスは断面形状によって決 定されるものであり乱流特性によって変化するものではないとされてきたが、乱流特性が空力アドミッタンス に影響していることが確認できた.