

I-A 227

強制加振法によるローター付偏平矩形柱の非定常圧力特性

駒井鉄工(株) 正 員 幽谷栄二郎
 (研究当時 九州工業大学大学院生)
 九州工業大学 正 員 久保 喜延
 (株)松尾組 松尾 智章
 九州工業大学 学生員 前島 稔

1. はじめに

近年の橋梁の長大化により、空力弾性振動制御が重要視されるようになってきている。空力弾性振動制御を行うためには、空力特性の向上による手法として、パッシブな手法とアクティブな手法がある。しかし、パッシブな手法による空力特性の改善は限界にきており、これ以上スパンが長くなる場合にはアクティブな手法での空力特性の改善が必要となってくる。そこで、回転ローターを用いてのアクティブな手法での桁の空力特性の改善により、桁のフラッター発振風速を高める制振法の検討を行うものである。既に、ねじれ1自由度フラッターに対するこの制振法の有効性については確認している。¹⁾

この制振法を発展させるためには、ローターによる空力弾性振動の抑制メカニズムを物体表面の流れとの関係で調べる必要がある。そこで、強制加振法により表面圧力の測定を行い、非定常空気の推定を行う。さらに、この推定された非定常空気を、2自由度応答に対するローターの制振効果に関する検討を併せて行っている。

2. 実験概要

非定常空気の推定を行うために、その発生源である非定常圧力の測定を行った。実験は、図-1に示す模型の矩形断面部分の模型表面に、圧力測定孔を上下面にそれぞれ16点、背面に1点、計33点設けたものを用い、ねじれ強制加振倍振幅を $2\phi=1.5^\circ$ として、迎角 $\alpha=+0^\circ, \pm 2^\circ, \pm 4^\circ, \pm 6^\circ$ で、風速に対する回転速度比($r=0, 0.6$)および風速を変化させて非定常圧力測定を行っている。また、2自由度フラッター解析を行うために、たわみ強制加振無次元倍振幅 $2A/D=0.2$ で、迎角 $\alpha=+6^\circ$ の非定常圧力測定も行っている。

3. 実験結果

1) 非定常圧力特性

フラッター制振効果が現われた実験ケースの中から、迎角 $\alpha=+6^\circ, +0^\circ$ での測定結果について述べる。まず、ローターの回転による物体周りの圧力の動きを把握するために、測定された非定常圧力分布形状を図-2に示す。図中の実線は、平均圧力係数を示し、圧力の作用する方向に値の大きさを表すことにしている。点線は、変動圧力係数を示している。また、ローターの回転方向は図に示すように時計回りとしている。

これらの図から、ローターによる境界層制御の効果を各迎角毎にまとめると次のようになる。

- a) 迎角 $\alpha=+6^\circ$ …風上前縁での負圧が減少し、圧力変動も全体的に小さくなっている。下面での影響はあまり見受けられない。
 b) 迎角 $\alpha=+0^\circ$ …上面前縁での圧力回復が顕著に現れており、風上前縁の大きな圧力変動が抑えられている。下面では、負圧が風上前方で多少大きくなっており、流れの再付着点も後方へ移動している。また、下面風上から2番目の測点での圧力変動もこれに伴い小さくなっている。

以上より、上面では境界層剥離の抑制効果、下面では境界層剥離の促進効果があることが確認できる。

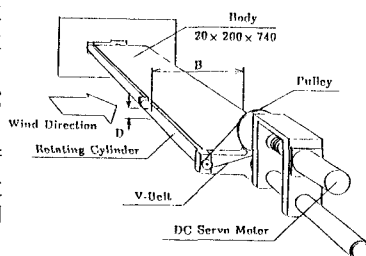


図-1 供試模型概略図

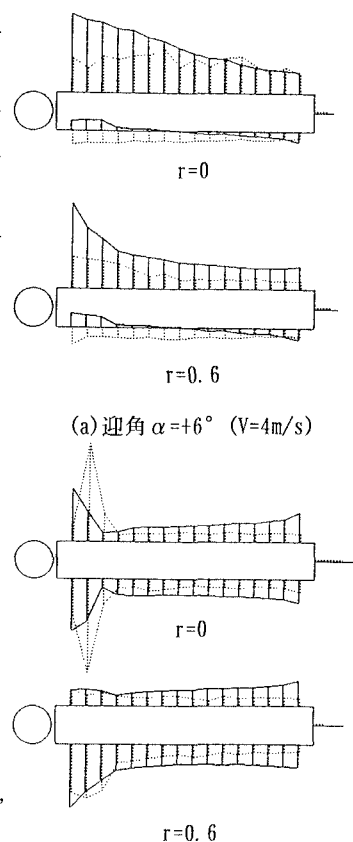


図2 表面圧力分布形状

2) 非定常空気力推定

次に、表面圧力測定結果からの非定常空気力推定結果について述べる。推定結果については、物体の振動変位と非定常空気力の位相差について述べる。図-3に迎角 $\alpha=+6^\circ$ （ねじれ加振時およびたわみ加振時）、 $+0^\circ$ の振動変位と非定常空気力の位相差を示す。

a) 迎角 $\alpha=+6^\circ$ …ねじれ強制加振時には、空気力のリフト成分およびモーメント成分ともに、励振力を与える位相差となっている。ここで、ねじれ1自由度振動実験結果のフラッター発振風速は、 $r=0$ で $Vr=120$ 程度、 $r=0.6$ で $Vr=200$ 程度であったので、 $Vr=120\sim 200$ の範囲の位相差に着目すると、 $r=0$ で $+90^\circ$ にかなり近い値をとっているのに対し、 $r=0.6$ では $+90^\circ$ から多少離れた値をとっている。よって、ねじれ1自由度振動実験でのフラッター発振風速の高風速化はこの影響であると言える。

また、たわみ振動時には、リフト成分は減衰力、モーメント成分は励振力となり得ることを示している。しかし、 $r=0.6$ のモーメント成分については、 $Vr=250$ 程度までは、物体に減衰力を与える位相差になっている。

b) 迎角 $\alpha=+0^\circ$ … $r=0$ においては $Vr=200\sim 400$ を除く範囲、 $r=0.6$ においては $Vr=0\sim 350$ 程度まで、減衰力を与える側の位相差になっている。これは、ねじれ1自由度振動実験結果の傾向と合致している。

今回の実験では、ローター部分の表面圧力測定を行っていないため、非定常圧力測定結果に、この影響がどの程度あるのかを把握するため定常圧力測定からの揚力係数および空力モーメント係数の算出を行っている。また、その結果と三分力天秤を用いての揚力係数と空力モーメント係数の測定結果の比較をしてみると、揚力係数についてはほぼ両者の一致は見られたが、空力モーメント係数については両者の一致は見られなかった。この検討結果は、あくまで定常的なものの見方ではあるが、非定常空気力の変動分にも、これと同じような影響があるものと推察される。すなわち、空気力のリフト成分にはローター部分に働く圧力の影響は少なく、モーメント成分に対してはこの影響が大きいものと考えられる。

3) 2自由度応答に関する検討

実験から推定した非定常空気力を用い、測定換算風速域内の2自由度解析を行った。ねじれ振動数 f_T とたわみ振動数 f_B の比が $f_T/f_B=0.9$ の解析結果を図4に示す。

図を見てわかるように、測定換算風速域内の2自由度フラッターの発生は認められなかった。また、ローターを回転させることにより、2自由度フラッターを誘発するような傾向は現れていない。

4. まとめ

①ローターによる境界層制御により、ある程度流れのコントロールが可能であるが、この制振法では非定常空気力の励振力を弱めることはできても、減衰力に変化させるまでには至らないことがわかる。

②2自由度応答に対する検討の結果、境界層制御により2自由度フラッターを誘発しないことが確認できた。

しかし、今回の実験では、ローター部分の表面圧力の測定ができなかったため、正確に非定常圧力を把握しきれなかった。

将来の展望

この制振法をさらに発展させるために、ローターの回転速度比を周期的に変化させる手法の検討を行う必要がある。この手法は、物体の振動変位に対する位相差をコントロールし、物体に減衰力を与える非定常空気力を意図的に作用させるものである。また、表面圧力測定結果から、このような非定常空気力操作ができる可能性が大きいことがわかる。

【参考文献】1) 幽谷、久保、加藤、森田：境界層制御による偏平断面柱のフラッター制振法、土木学会第50回年次学術講演会、1995.9

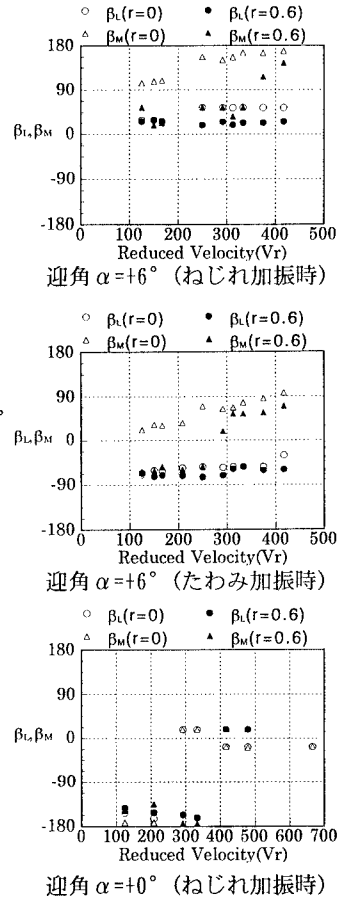


図3 振動変位と空気力の位相差

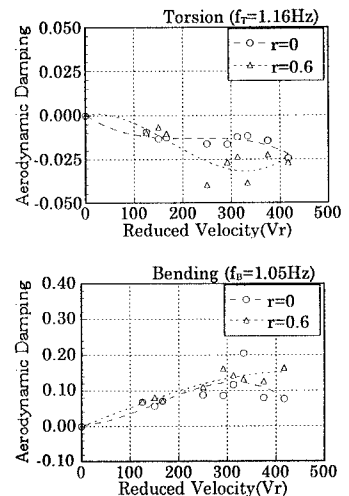


図4 2自由度解析結果