

やじろべえの原理を応用した非定常空気力測定法の検討

九州工業大学 大学院 学生会員○吉田通保 非会員 藤田基記
九州工業大学 正会員 久保喜延 正会員 木村吉郎 正会員 加藤九州男

1. はじめに

明石海峡大橋に代表されるように吊形式橋梁の長大化に伴い、その耐風安定性、特にフラッター特性の検討の重要性は増している。全橋模型を用いた風洞実験は、現在、最も信頼性が高い手法とされている。しかし、風洞施設や費用の制約等のためフラッター解析から橋梁全体系のフラッター特性を明らかにすることも行なわれる。フラッター解析には、橋梁断面に働く非定常空気力特性が必要となるが、非定常空気力測定法の精度に問題があり、フラッター解析結果と風洞実験結果の不整合の原因となっている可能性がある。

そこで本研究では、新たな非定常空気力測定法について検討を行い、その精度や問題点を明らかにする事を目的とする。

2. 測定法について

2.1 測定法の原理

非定常空気力測定法は強制振動法と自由振動法が一般的であり、本測定法は前者に属する。図1(a)に一般的な強制振動法の概略図を示す。全体系を強制加振させた場合にゲージ部に検出される力は模型に作用する非定常空気力(F_a)と模型の慣性力(F_{im})である。後に何らかの方法で F_{im} を差し引かなければならないが、 F_{im} は F_a に比べ非常に大きな力であり、また2力には位相差もあるため F_a を精度良く取り出すことは難しいと考えられる。そこで、図1(b)に示すような空気力がほとんど作用しないカウンターウェイトを用い、機械的に F_{im} を点Aにおいてキャンセルさせ、ゲージ部に空気力のみを検出するシステムを考えた。検出の際に F_{im} の影響を受けないため、高精度が期待される測定法と考えられる。

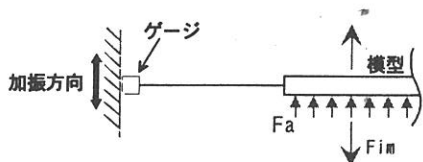
2.2 解析によるシミュレーション

図2に装置の概略図を示す。装置の妥当性を検討するために解析ソフトY-FIBER3Dを用い、動的解析によるシミュレーションを行った。カウンターウェイトの質量を変化させ、上下振動時に生じるセンサー部のひずみ波形の振幅を抽出した。その結果、図3に示すようにカウンターウェイトの質量とセンサー部に生じるひずみ振幅は比例関係となった。カウンターウェイトの質量が1268gの時にひずみ振幅が 1.52×10^{-13} と非常に小さいものとなり、カウンターウェイトによる模型の慣性力のキャンセルは可能であると判断できた。

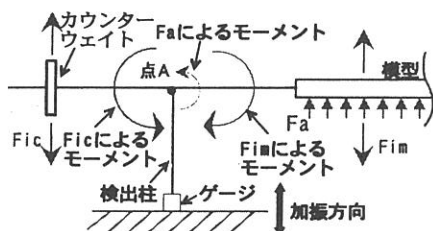
3. 実験方法

本研究ではTheodorsenの平板翼の理論値と比較するために平板模型を対象として上下加振時の非定常空気力を測定した。

3.1 模型の慣性力のキャンセル測定



(a) 従来の測定法



(b) 本測定法

図1 測定法の比較

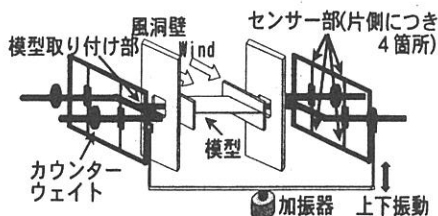


図2 実験の概略図

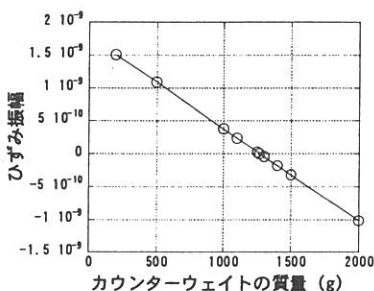


図3 動的解析結果

強制加振時にほとんど空気が作用せず、また平板模型と同じ慣性力が得られるように質量を等しくした剛性棒模型を使用して、剛性棒模型の慣性力がキャンセルされるようにカウンターウェイトの位置および重量を調整した。

3.2 非定常空気の測定

3.1 で求めた模型の慣性力をキャンセルしたと考えられる状態で、無風時および一様流中で平板模型に作用する非定常空気の揚力成分およびモーメント成分を測定した。模型に作用する空気がより生じるひずみを、図2に示すように計8箇所のセンサー部においてひずみゲージより検出した。測定は、加振倍振幅を 2mm とし、加振振動数 2, 3, 4Hz と変化させて行った。

4. 実験結果および考察

4.1 模型の慣性力のキャンセル測定結果

模型の慣性力のキャンセル測定結果を図4に示す。どの加振振動数に対しても、測定結果から得られる回帰直線は、センサー部のカウンターウェイトの自重によるモーメントが 50.1 gf・m 付近でひずみが0となった。この値を模型の慣性力のキャンセル値とし、カウンターウェイトを設置した。

4.2 非定常空気の測定結果

非定常空気力測定の揚力成分およびモーメント成分の結果と Theodorsen の理論値と比較したものを図5および図6に示す。図5を見ると、(a) 揚力で実験値は理論値と近い値を示しているが、換算風速 15~20 付近では差がみられる。(b) 位相差は換算風速の低域では実験値と理論値は異なり、換算風速 10 付近で近い値となるが、換算風速 13 より高風速域で再び異なる傾向を示す。図6を見ると、(a) モーメントで実験値は理論値と似た傾向を示したが、風速が大きくなるにつれ理論値と異なっている。(b) 位相差は (a) と同様に実験値は理論値と似た傾向を示したが、風速に関係無く理論値とほぼ一定の差がみられた。

以上の実験値と理論値の差の要因は、装置がシミュレーション通りに設計・製作されていないためと考えられる。解析モデルにはピンを用いているが、装置ではその部分にベアリングを用いた。しかし今回の実験では、ベアリングが完全なピンの機能を果たせず、実験値と理論値の間に差が生じたと考えている。

5. まとめ

今回の実験結果は Theodorsen の理論値と傾向は似ているが、多少の差がみられた。ピンをどのように装置に設けるか工夫することで、より高精度な測定を行なえるようにしたいと考えている。

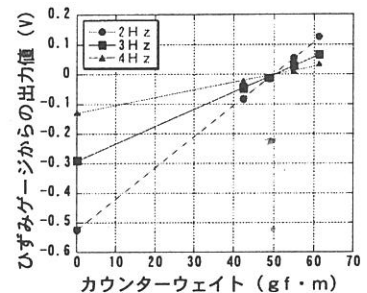


図4 慣性力のキャンセル位置

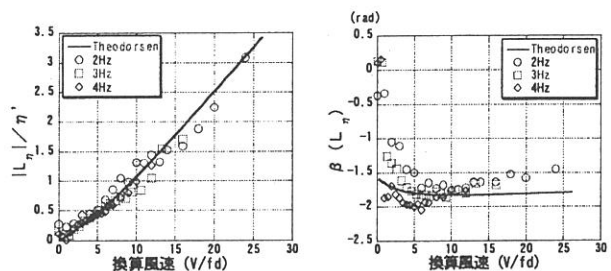


図5 実験値と理論値の比較 (揚力成分)

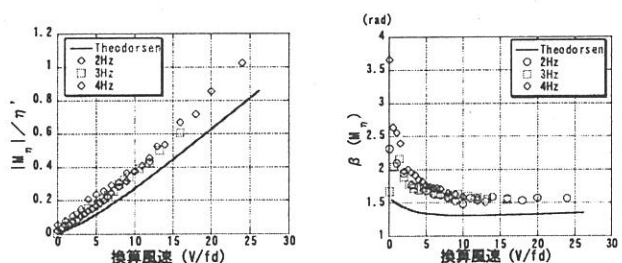


図6 実験値と理論値の比較 (モーメント成分)