

I-231 同定手法による平板状角柱の動的空気力推定問題に関する研究

首都高速道路公団 正員 市川 衡
 (研究実施時、横浜国立大学大学院)
 横浜国立大学 正員 山田 均
 横浜国立大学 正員 宮田 利雄

1. まえがき 橋桁に作用する空気力の評価は、部分模型を弾性支持して自由に振動させる状態で求める自由振動法と、加振機などによって強制的に振動させる状態で求める強制振動法がある。これらにもいくつか提案されている方法があり、曲げと捩れの連成空気力を求めるには例えば自由振動減衰・発散履歴を用いた中村らの方法がある[1]。しかし、いずれも測定手法上の制約で、曲げ振動と捩れ振動それぞれに関する空気力の重ね合わせで連成した空気力が表現されている。そして、常に空気力の重ね合わせの可否が問題となっており、これらの連成空気力は既往の研究によれば曲げおよび捩れのそれぞれの振動に関する空気力の重ね合わせが自由振動法と強制振動法を用いて有効であるものであるとされている[例えば2]。しかし各種手法で測定された空気力を直接比較した研究例はなく、空気力の重ね合わせの問題は別としても二自由度振動状態で連成空気力を計測する手法を確立することは非常に有用である。

本研究では、平板状の模型を振動させ、振動波形を用いて空気力係数を推定する。推定方法として、拡張カルマンフィルターに重みつきグローバルな繰り返し法を付加したシステム同定手法を用い、振動方程式を直接組み込み空気力係数を推定する方法(EKWGI法[3])と、振動方程式を自己回帰過程にモデル化し自己回帰過程の係数の推定を行い、この係数と振動パラメーターとの間に成立する関係式を解くことにより空気力係数を推定する方法(AR法)の2つの手法を用いて、空気力測定に適用する上での手法の妥当性を検討した。

2. 空力弾性振動の運動方程式 空気力係数は平板翼理論にならない次のような形に表した。

$$\ddot{u} + \omega_y^2 u = \frac{\pi \rho b^2 \omega^2}{m} \left\{ L_{yR} u + \frac{L_{yi}}{\omega} \dot{u} + L_{\theta R} \theta + \frac{L_{\theta i}}{\omega} \dot{\theta} \right\}$$

$$\ddot{\theta} + \omega_\theta^2 \theta = \frac{\pi \rho b^4 \omega^2}{I} \left\{ M_{yR} u + \frac{M_{yi}}{\omega} \dot{u} + M_{\theta R} \theta + \frac{M_{\theta i}}{\omega} \dot{\theta} \right\}$$

ここで、 u, θ はそれぞれ曲げ変位とねじれ変位、 ω_y, ω_θ はそれぞれ無風時の曲げおよびねじれの固有円振動数、 b は桁の半幅、 ρ は空気の密度、 m, I はそれぞれ桁の単位長さあたりの質量および極慣性モーメント、 ω は連成振動時の円振動数である。また、 $L_y, L_\theta, M_y, M_\theta$ はそれぞれ無次元化された空気力係数であり、添え字のR, Iはそれぞれ複素数の実数部と虚数部を表している。

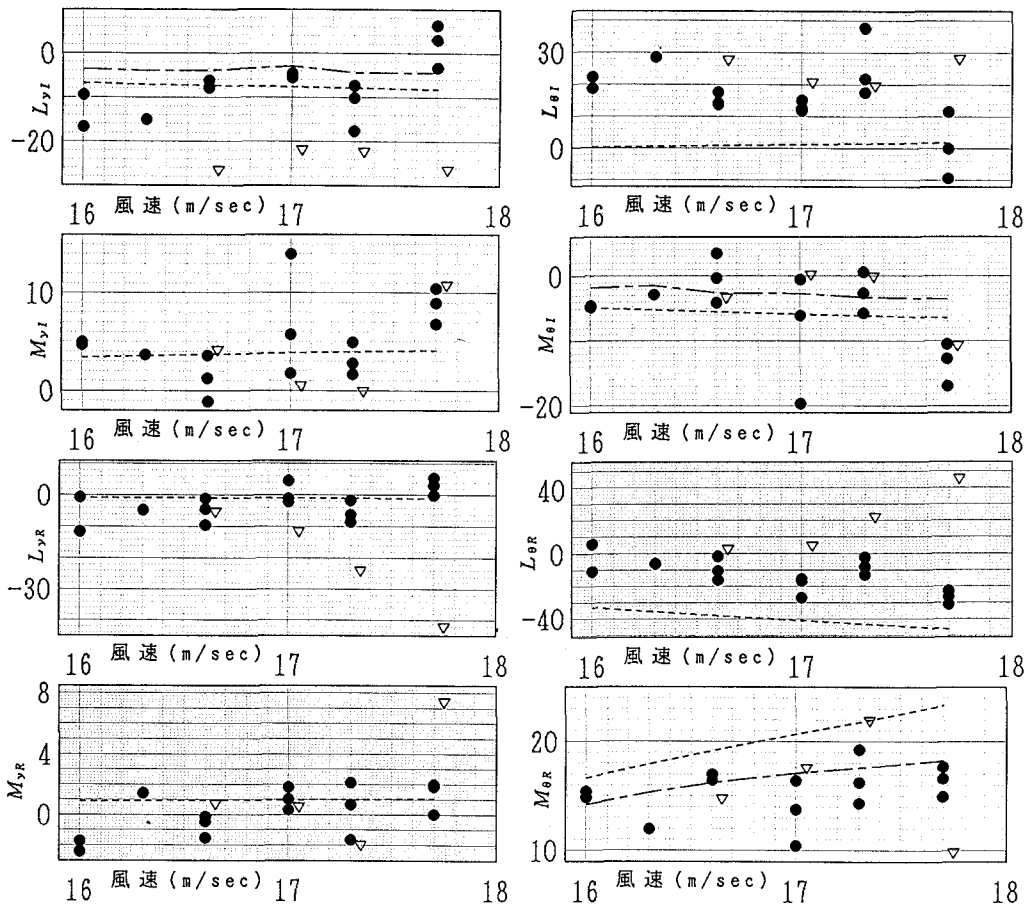
3. 推定方法 EKWGI法による推定は、上述の運動方程式を直接EKWGIアルゴリズムに組み込むことにより行われる[3, 4]。次に、もう一つの方法であるAR法による推定法の概略を述べる。上式はいわゆるMCK型の自励振動方程式であるので簡単に自己回帰過程に変換することができる。そしてそのAR係数をEKWGIを用いて推定する。最後に推定されたAR係数を関係式により空気力係数に逆変換(固有値解析)することにより推定値を得ることができる。

4. 推定結果 推定は空気力モデル化の問題により曲げとねじれが十分連成している風速域においてのみ行っている。AR法により推定された、データ長が3波、サンプリングインターバルが5msec、重みが5.0の場合の推定結果の例を図に示す。EKWGI法による推定結果も同様であるが、ユニークな空気力係数を推定することは難しかった。一般的に行われるパネ吊り式の風洞試験では振動波形にカルマンフィルターでは除去する事が難しい外乱が混入する。この外乱がない部分の振動波形のみを用いているため、結果として十分長いデータ

長と成り得ずに推定結果がばらついてしまったと考えられる。得られた結果を平板翼理論と比較してみると、 $L_{\theta I}$, $L_{\theta R}$ を除くとかなりの一致がみられる。また、比較のため従来法(中村の方法)でも推定を行ったが、推定結果は、若干の差があるものの平板翼理論と傾向は一致していることが認められる。そして、平板タイプと風抜き穴を開けたものとは空気力係数の風速に対する変化の傾向がはっきりと異なることも認められる。

5. 結論 連成空気力係数推定問題に新たにAR法を用いたが、実験上の制約からきれいに連成した振動波形を十分長く得ることができず、安定したユニークな推定を行うことは難しかった。しかし推定方法としてはEKWGI法と比べて初期設定が簡単で収束性が良い上、計算時間がかかり短くて済み、かつ推定結果のばらつきが小さくAR法の優位性を認めることができた。きれいな連成振動波形を十分長く取ることができれば、より安定した推定結果を得ることができると思われる。

参考文献 1) Nakamura; J. of Sound and Vibration, 1978. 2) 田中: 東京大学学位論文, 1968. 3) 星谷、斎藤: 土木学会論文集, 1983. 4) 市川、宮田、山田: 第11回風工学シンポジウム論文集, 1990.



AR法による推定結果の例

----- Theodorsen ● 平板タイプ
 ———— 中村の方法 ▽ 風抜き穴付き