

川崎重工業 正員 高橋 昌規

(研究実施当時、横浜国立大学大学院学生)

横浜国立大学 正員 宮田 利雄

横浜国立大学 正員 山田 均

1.はじめに 長大橋梁の耐風設計において、超長大化にともない、連成フラッター検証のために構造物に作用する動的な空気力を表現する非定常空気力係数を精度良く推定する重要性が増しつつある。非定常空気力は、従来、曲げとねじれ別個の1自由度自由振動応答とそれらの連成した2自由度自由応答を組み合わせた自由振動法、再現する振動状況は同じであるが、強制的に振動させ、その反力として空気力を捕える強制振動法がある。長大橋に見られる振動状況は非常に複雑であり、より柔軟な非定常空気力係数の推定方法の開発も重要になっている。さて、ここでは星谷らによって開発されたEKWGI法を、パラメータ同定問題として、非定常空気力推定に組み込み、その際発生する諸問題を提起する。

2.非定常空気力係数が作用する2自由度系の定式化と問題点 非定常空気力係数の定式化は2自由度連成振動の場合、無次元化された定係数を持つ形で定式化されるのが一般的であり、ここでは翼の空気力表現に倣い、次のようであるとする。

$$m(\ddot{z} + \omega_z^2 z) = \pi \rho B^2 \omega^2 \left\{ L_{zR} \dot{z} + L_{zI} \frac{\dot{z}}{\omega} + L_{\theta R} \dot{\theta} + L_{\theta I} \frac{\dot{\theta}}{\omega} \right\} \quad I(\ddot{\theta} + \omega_\theta^2 \theta) = \pi \rho B^4 \omega^2 \left\{ M_{zR} \dot{z} + M_{zI} \frac{\dot{z}}{\omega} + M_{\theta R} \dot{\theta} + M_{\theta I} \frac{\dot{\theta}}{\omega} \right\}$$

ここでの非定常空気力係数は換算風速(U/fB)をパラメータとしている。この1セットの組み合わせから得られる2つの固有振動数の解は、当然ながら1換算風速のものとなるが、換算風速と固有振動数の関係から、異なる風速での実現値となる。したがって、上記の運動方程式をほとんどそのまま状態方程式として組み込み、ある風速での観測状況に適用すると不整合が起きることになる。これが第1の問題点となる。つぎに、フラッターの発生している状況を考慮すると、2自由度系で2つある固有振動モードのうち、ねじれの卓越する固有振動モードはフラッター発生状況にあり、負減衰の発散振動となる。

いっぽう、曲げの卓越する他方の振動モードはかなり強い減衰振動モードとなることが一般的である。したがって、観測状態として連成フラッターが、きれいに観測されている場合には、曲げ卓越モードは減衰して存在せず、ねじれ卓越モードのみを見ていることになる。このときに、パラメータ同定が十分な精度で可能だが、2つ目の問題点となる。ここでは、上記の運動方程式をベースにし平板翼の理論非定常空気力を適用したシミュレーションを実施した。したがって、観測状況と状態定義に食い違いがあると第1の問題点は、該当しない。

3.使用する時系列データの状況と推定されるパラメータの精度 図1および図2に同じシミュレーション元波形を用い、イテレーションの初期値を変更した事例を示す。発生させたシミュレーション波形では、比較的初期には曲げモード卓越の成分、ねじれモード卓越の成分を含むが、曲げモードは急激に減衰し、すぐにねじれモードに比べ小さく消滅する状態である。さて、図1であるが、同定するパラメータの初期値として、正解を用いた場合であり、結果としての収束はきわめて良好に見える。図2は同じ元波形に体し、同定するパラメータの初期値を正解の2倍を用いたものである。元波形の比較的初期のものを用いた場合には、初期値によらず正解に収束しているように見えるが、そのほかの場合では、同定手法のパラメータの調整によっても、同定パラメータとしては良好な状態で収束した場合であっても(ほとんどが同定パラメータによって元波形を良好に再現できる)、正解には収束しない。他の解析例も含めると、元波形の2つのモードの含まれる度合、イテレーションの初期値の設定の仕方に、かなり左右され、元波形の情報量により解の一意性は失われるように見える。

参考文献 星谷ほか、土木学会論文集、344、I-1、1984。

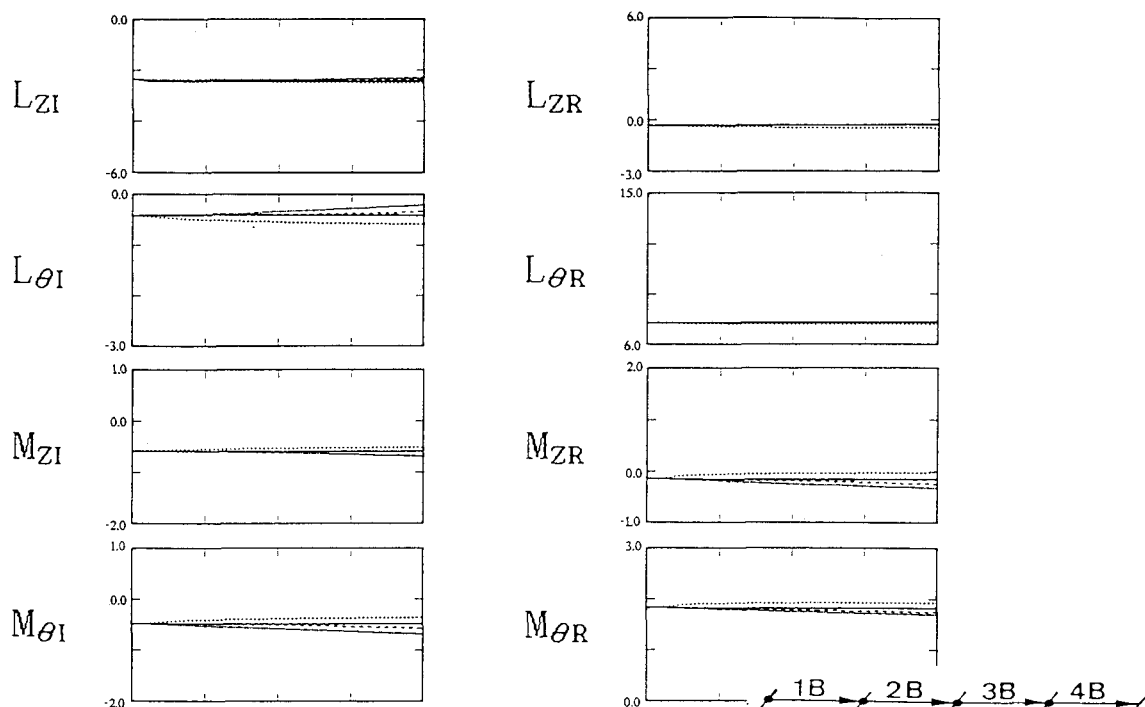


図1 初期値を目的の値とした場合の収束状況

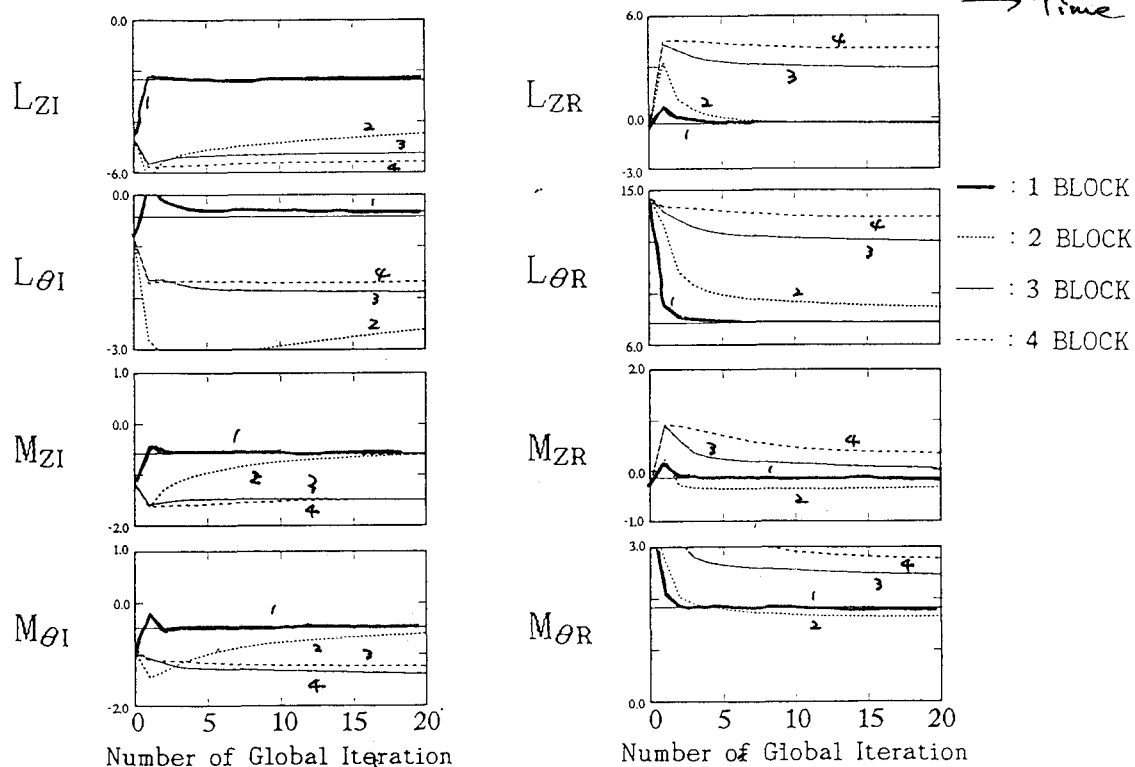


図2 初期値を目的の値の倍とした場合の収束状況