

I - B77

新手法により測定した非定常空気力とその空力弾性応答に関する研究

横浜国立大学大学院 学生会員 須藤 享
 横浜国立大学 正会員 宮田 利雄
 横浜国立大学 正会員 山田 均

1. はじめに

橋梁の長大化に伴い、耐風設計上の問題、その中でも特に鉛直曲げ、ねじれ、水平曲げ振動を伴う3自由度連成フラッター現象が重要な課題となる。3自由度連成フラッター現象に対する耐風安定性の照査には、従来、構造解析の結果を風洞試験に反映させる方法が用いられてきた。また、現在では風洞試験の結果を空力弾性応答解析に反映させ、本来の意味での空力弾性応答問題として取り込まれる方向にある。この空力弾性応答解析とは、3次元構造解析とそこに作用させる空気力の双方を考慮したものである。そのため、精度良く解析を行うためには、解析モデルに作用させる3自由度系非定常空気力の正確な把握が必要とされる。非定常空気力の測定手法には強制振動法や自由振動法などが挙げられるが、現状では、強制振動法の中のある一手法のみ用いられているようである。しかし、そこに疑問点がないわけではなく、また、現状ではそれと対比させる方法が無いために、その結果の評価には疑問が残る。そこで、本研究では新たな非定常空気力測定手法として、自由振動法をベースとした、モード分解再構成法（Modal Decomposition and Reassembly Method; M.D.R. Method）を提案し、その有効性を検証するために、本手法より得られた非定常空気力を用いて空力弾性応答解析を行った。

2. モード分解再構成法の要点および手順

非定常空気力は換算風速 $U_R (=U/fB)$ で定義されており、そのため振動方程式から得られる3組の固有値はそれぞれ異なる風速での状態を表していることになる。しかし、ある同一の風速において観測された波形から固有値を求めると、観測状態と非定常空気力の定義との間に表現上の不整合が生じることになる。モード分解再構成法は、このような表現上の不整合を解消することに特徴がある。その手順は、第1段階として、鉛直曲げ、ねじれ、水平曲げの各振動モードに対する複素振動数と複素モード形を、ある風速において観測された時系列応答波形より求め、各モード毎の情報に分解する。第2段階では、各振動モードについて同じ換算風速となるように複素振動数と複素モード形を整理し、新たに換算風速ベースの振動方程式を再構築する。しかし実際には、全く同じ換算風速の組み合わせを得ることは困難であり、この際ある程度の組み合わせ誤差を許容している。

3. 非定常空気力の測定

本研究では、2000m級のトラス形式補剛桁吊橋設計案の2次元剛体模型を対象として3自由度系非定常空気力の測定を行った。実験に際しては、従来の2自由度に加え水平曲げ方向への振動を許す3次元弾性支持装置を用いた。測定の結果、僅かにばらつきが確認されるものの、各係数の傾向を把握するにあたり、十分有効な結果が得られた。また、ここで強制振動法及び準定常理論の結果と比較したところ、 $D_{\theta R}$ 、 $M_{\theta R}$ において明確な違いが確認された。

表1 3自由度トラス断面模型実験諸元

模型全長 l (m)		1.250
全幅 B (m)		0.355
桁高 D (m)		0.140
鉛直方向質量 m_y (kg/m)		4.512
水平方向質量 m_z (kg/m)		4.175
極慣性モーメント I (kg・m ² /m)		0.100
固有振動数 (Hz)	鉛直曲げ	1.369
	水平曲げ	1.098
	ねじれ	3.011
対数減衰率	鉛直曲げ	0.030
	水平曲げ	0.009
	ねじれ	0.007

空力弾性解析、3自由度系非定常空気力、3次元構造解析、モード分解再構成法、モードトレース法

〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5 TEL 045-339-4042 FAX 045-331-1707

4. 測定空気力を用いた空力弾性解析

ここでは解析手法として、新しい手法であるモードトレース法を採用した。その理由には、ある振動モードについての根軌跡が明確に表せること、さらに、興味ある一つのモードについてのみ解析を行うことができ、計算処理上効率的であることが挙げられる。また、解析モデルには、側径間960m、中央径間1990mのトラス形式補剛桁吊橋を設定した。今回は、非定常空気力係数の値の違いが動特性に与える影響を見ることを目的としているため、強風による静的変形の影響は無視している。解析の結果、強制振動法等の結果を用いた場合と比較すると、大きな違いのあることが分かった。そこで、非定常空気力を測定した際、強制振動法等の結果との間に明確な違いの見られた $D_{\theta R}$ 、 $M_{\theta R}$ の値を、それぞれ強制振動法の結果に置き換えて解析を行ったところ、 $D_{\theta R}$ を置換した場合ではあまり変化が生じないのに対し、 $M_{\theta R}$ を置換した場合では根軌跡及び限界風速において大幅な変化が見られた。 $M_{\theta R}$ を置換することにより、その結果が強制振動法等を用いた場合の解析結果に近づき、この係数が空力弾性応答解析に与える影響の少なくないことを示している。

5. 結論

今回、モード分解再構成法が3自由度系非定常空気力の測定において、十分な安定性を持つ方法であることが確認された。しかし、その結果には実験装置及び動特性の非線形性によると思われるばらつきが僅かながら認められた。強制振動法等の結果との比較に関しては、空力弾性応答解析の結果、大きな違いが現れた。また、非定常空気力測定の際に明確な違いが確認された係数の中でも、特に $M_{\theta R}$ の値の差が、空力弾性応答解析において強制振動法等の結果との間に差を生む大きな要因であることが判明した。

参考文献

- [1] 山田 均、宮田 利雄、モード分解再構成法による三次元非定常空気力係数測定に関する研究、土木学会論文集、No.543/I-36,pp.209-216,1996,7
- [2] 山田 均、宮田 利雄、中島 洲一、送風時の振動モード情報を利用した非定常空気力推定法の開発、土木学会論文集、No.537/I-35, pp.183-190,1996.

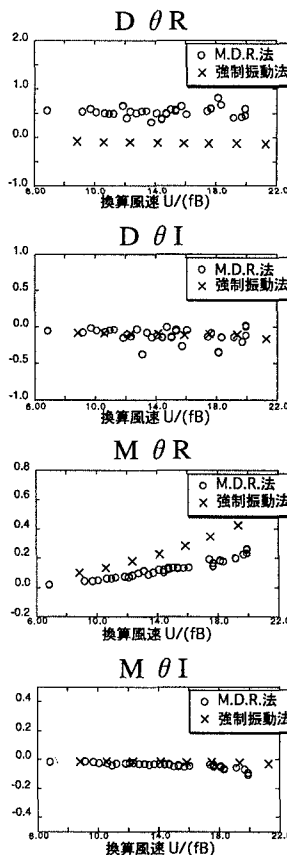


図1 非定常空気力測定結果

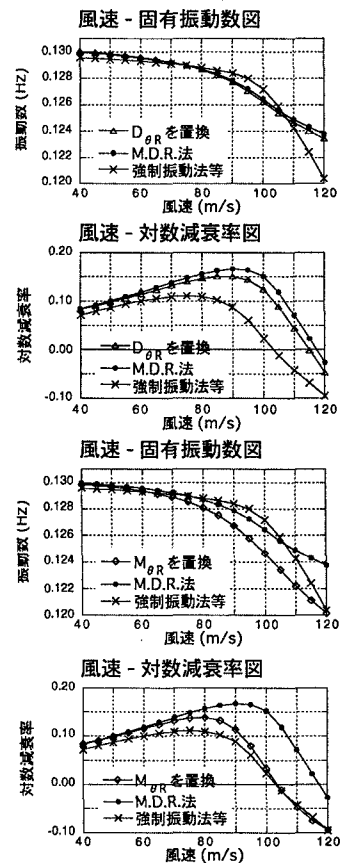


図2 空力弾性応答解析結果