

[別紙 1]

論文の内容の要旨

論文題目 A Time Domain Analysis of Ambient Vibration of a Suspension Bridge
and the Effect of the Aerodynamic Forces on the Dynamic Parameters
(和訳 吊橋の常時微動解析と動特性に及ぼす空力的影響)

氏名 Metwally Mahmoud Metwally
(メトワリー マホムッド メトワリー)

近年の情報機器ならびに構造診断技術の発展により、構造物をオンラインで統一的に可能な限り自動で診断する新たな技術の開発が着目されている。構造物中に複数のセンサーが配置されている場合を考えると、これらのデータが構造内部の情報を精緻に反映している場合には、対象構造物を適切に診断できる可能性を有している。これらのデータを効率的に処理することで、可能な限り人為的な手間を省略し、構造診断を行える可能性がある。

実物大の構造物で載荷実験を行うことは、構造物の数学的モデルを構築する上で用いた仮定の信頼性を評価する方法の1つである。また、実構造物での実験から、固有振動数、モード形および減衰比など構造物の動的な性質を把握する場合においても有用なデータを得ることができる。

環境振動を計測したデータは、構造物の健全性を評価あるいはモニターする上で非常に有用な材料となる。具体的な手法は、構造物に設置された加速度計から振動データを記録し、動特性を同定するという手順で行う。これら動特性の時間的な変動は、構造物の変化（部材の劣化、ダメージ）および環境的の変化（風速、温度、湿度）により影響を受ける。

本研究では、実構造物で計測された環境振動データを用いて構造診断を行うための解析システムを構築することである。本解析システムは、主として時間領域での評価手法を用い、構造物の固有振動数、モード形、減衰比、位相などの動特性を同定するためのものである。

まず、"Random Decrement Signature technique"を利用して計測データからノイズの除去を行っている。次に"Ibrahim Time Domain method"を用いて白鳥大橋の鉛直およびねじれに関する動特性を同定する。ここでは、高周波成分を除去する手法ならびに"time shift method"を用いて高次モードまでの同定を行っている。これらの手法により、同定した結果と有限要素法による解析結果を比較した

ところ、どちらの手法を用いた場合にも有限要素解と一致した結果が得られた。上述した両手法では、どちらも定性的には似通った結果を得ることができるが、“the time shift method”が実際の適用においては、効率的であることがわかった。

次に空気力が、構造物の動特性に与える影響について検討した。その結果、鉛直応答のうち、特に低次モードに対応した固有振動数が、空気力の増加により減少することがわかった。このような固有振動数の減少は、風洞実験で得られている既往の結果と比較すると全く逆の現象であり、橋梁に設置されている支承の剛性の影響であると予測される。一方、風速が増加すると、減衰比が減少する傾向がみられ、このことは風洞実験で得られている結果と一致している。ねじれ変形については、風速の増加に対し、固有振動数は概ね一定値を示し、減衰比は減少する傾向を示した。また、モード形については、風速の増加に対し、鉛直モードについてタワー周辺において、ねじれモードについてスパン中央部において特に著しい変化を示した。特に反対象モードは、対象モード形と比較して風速の変化に対する感度が大きいことがわかった。モードの位相については、風速がある一定値に増加するまでは、ねじれ、鉛直モードともに遅れが生じることがわかった。

最後に橋梁全体を非比例減衰系のモデルによりモデル化し、上部構造の動特性に影響する量の変動を、回転・並進運動について剛性および減衰を付加して逆解析により同定している。その結果、風速の変化により回転剛性は増加し、並進の剛性および減衰はともに減少する傾向がみられた。一方、空力剛性および空力減衰については、風速の増加に従い、ともに増加する傾向にあることがわかった。

以上より、環境振動を計測し、そのデータを解析することで、構造物の動特性を精度よく同定できることがわかった。このことは、本研究で提案した手法が信頼性の高い構造診断に適用できる可能性を示している。