

## 論文の内容の要旨

### 論文題目 Experimental Study on Wind Effects on Vehicles Passing in the Wake of Bridge Towers

(橋梁主塔まわりの気流が自動車の走行に及ぼす影響に関する実験的研究)

氏名 Songpol PHONGKUMSING

強い横風時に橋梁上を走行する自動車は、橋梁主塔の後流通過時に、大きな横風荷重の変動を受けるため、運転ミスや横転事故が生じる可能性がある。対策として、強風時の通行規制や、主塔周辺の風速変化の割合を低減するための防風柵の設置などが行われてきたが、後流通過時に自動車に作用する空気力の特性が明らかではないため、そうした対策の効果を定量的に明らかにすることはできなかった。そこで本研究では、風洞実験により、主塔後流通過時に自動車に作用する空気力の特性を明らかにすることを目的とした。また、そうした空気力の予測方法を提案し、その適用性について検討した。得られた空気力の特性を用いて自動車の応答シミュレーションを行い、応答に及ぼす影響についても調べた。

風洞実験においては、風速、風向、主塔の形状、自動車の形状をパラメータとして、自動車模型に作用する空気力を測定した。走行する自動車模型に作用する空気力を測定するために、慣性力の影響などによるノイズが極力小さくなるような測定装置を開発し、後流通過時の変動横力と変動ヨーイングモーメントについて、十分な精度のデータを取得することができた。

測定された空気力の特性を、自動車模型の定常空気力係数と主塔後流中の風速・風向分布に基づいて準定常的に計算される予測値と比較した。その結果、横力については自動車の重心位置における相対風速に基づいて算定される通常の準定常空気力でも測定値と大きな誤差はなかったが、ヨーイングモーメントについては、測定値と全く異なる傾向を示した。これはヨーイングモーメントにおいては、自動車の各部分の場所によって作用する風速・風向が異なっているという風速・風向分布の影響が大きいためである。こうした風速・風向分布の影響を予測においても考慮するために、相対風速を自動車の各部分で評価し、それにもとづいてその部分に作用する空気力を算定し、それらの総和によって

自動車全体に作用する空気力を予測する手法を提案した。提案された手法に基づく予測結果は、ヨーイングモーメントの測定値を定性的に再現することができた。測定値と予測値は、ケースによっては定量的には十分に一致するものではなく、特に風速分布の非一様性が強い場合に不一致の程度が大きかった。自動車に作用する空気力は、自動車を各場所に静止させた状態においても測定したが、この「静的実験」の結果も予測結果は定量的には十分に再現できていない。一様な気流中で測定される定常空気力係数を用いた解析による予測の限界を示していると考えられる。走行状態の自動車模型に作用する空気力を測定した「動的実験」の結果は、ケースによっては、解析による予測値よりも、静的実験における測定値との適合性がより良い場合もあった。

得られた空気力特性を用いて、自動車の応答シミュレーションを行った。運転者のハンドル操作を考慮しない、「操舵固定」シミュレーションでは、応答横変位・ヨー角は、シミュレーションの開始時点をどこに取るかによって結果が大きく影響されるため、応答横加速度、ヨー角速度、ヨー角加速度を用いて結果を比較することとした。風速や車速が大きくなると、自動車の応答が大きくなること、風向が橋軸直角方向から30度程度傾いて自動車進行方向から吹く場合に応答が最大となることなどが示された。また、運転者の操舵特性を含めた、「運転者操舵」応答シミュレーションも種々試みたが、風速、車速、風向など種々のパラメータを変化させたすべての場合に対して妥当な応答特性をもつような操舵特性をシミュレーションにおいて再現することは困難であることがわかった。そのため、運転者操舵シミュレーションを用いた各ケースの比較は十分には行えなかった。

防風柵の設置により、風速の場所による変化の割合が緩やかとなることが実験によって確認された。また、自動車に作用する空気力の場所による変化の割合も低減することがわかった。防風柵の設置が自動車の応答に及ぼす影響について、操舵固定シミュレーションを用いて検討すると、防風柵を設置した場合の方が応答加速度が小さくなることが示された。防風柵の効果については、事故が操舵ミスによっても生じることを考えると、操舵シミュレーションにより検討することがより望ましいが、上述のシミュレーションの精度の問題により困難であった。