

審査の結果の要旨

氏名 野口 雄平

本研究は、「横風下の鉄道車両に作用する空気力ならびに空気力評価手法に関する研究」と題し、鉄道車両運行の安全性を評価する上で重要となる走行状態の横風の影響について、地上構造物の影響を踏まえた流れ場によって発生する空気力の評価および評価手法に関する研究である。

運転中の鉄道車両の安全性評価を行うにあたり、風から車両が受ける力を評価することを目的に風洞実験がこれまでに多数行われてきた。しかしながら、地上構造物なども含めた流れ場と車両に加わる空気力との関係性については十分な調査が行われておらず明らかになっていない。

本研究では、地上構造物の影響と走行状態の影響を加味した横風下における鉄道車両の空力特性の解明を目的に、数値流体解析を用いて横風下の車両に加わる空気力と流れ場との関係性を明らかにするとともに、現在、標準的に実施している静止車両模型を用いた風洞実験の妥当性について、数値流体解析を用いて空気力を評価する際の実験要件を示している。

以下、各章の概要について紹介する。

第1章では、横風に対する鉄道車両の安全性評価、走行車両が受ける相対風の性質および空気力評価手法、横風下の車両空力特性に関する実験および数値解析、また自動車、土木建築分野における空力特性に関する数値解析の既往研究をまとめ、研究目的、研究範囲を設定している。

第2章では、過去の風洞実験結果から、地上構造物により空気力が変化すること、車両の走行状態と相まって変化し、安全性評価で重要となる風向角と横力係数 CS の関係について整理し、検討すべき条件を設定している。

第3章では、風向角 90 度における横風下の中間車両の空力特性の解明を目標に、鉄道車両および高架橋や盛土形状を簡略化した条件において、数値流体解析を実施している。車両と高架橋の隙間と流れ場の関係を調査し、狭い隙間幅では両者を一体の構造物と見なすことができ、広い場合には車両を模した正方形角柱の抗力係数は偏り流れの影響を大きく受けることを示し、風向角 90 度において、地上構造物により中間車両に加わる空気力が変化するメカニズムを明らかにしている。

第4章では、幅広い風向角における横風下の先頭車両の空力特性の解明を目標に、形状を簡略化した鉄道車両および高架橋、盛土、平地を想定した条件下で数値流体解析を行っている。風向角 90 度から風向角が小さくなるにつれて、車両風下側の三次元的な渦構造への高架橋の影響が大きくなることが示されている。また、盛土条件では、車両底面の隙間が狭い場合に、風向角 60 度と 50 度で車両風下側の流れの構造が大きく変化し、他の地上構造物と比較して風向角 90 度の場合で規格化した横力係数 $CS(\beta)/CS(90^\circ)$ が大きくなることが示されている。第3章、第4章より、既往の風洞実験で得られた特定の地上構造物で車両に加わる空気力が増大するという事実に対し、流れ場の観点からそのメカニズムを明らかにしている。

第5章では、横風下の車両の空気力を精度よく評価する際に必要となる静止車両を用いた風洞での実験要件を明らかにすることを目標に、盛土上の車両を対象とした風洞実験を模擬した数値流体解析を行い、盛土模型風上側の側端部において発生する縦渦が車両風下側の流れ場に影響を及ぼすことを明らかにしている。したがって、風洞実験では、この縦渦が影響しないように、プラントルの独立原理が盛土上の流れ場において近似的に成り立つ箇所に車両模型を設置することを、空気力係数を評価する際の実験要件として定めている。

第6章では、車両模型走行装置を用いた風洞実験を模擬した数値流体解析を実施し、空気力係数および流れ場について静止車両条件との比較を行い、現状、標準的に実施されている静止車両模型を用いた風洞実験の妥当性を検証している。平地条件および盛土条件ともに空気力係数は、揚力係数を除き、乱流境界層中を走行する場合と静止している場合で同程度となり、車両周りの流れ場についても走行の有無によらずおおむね一致することを示している。揚力係数について、床下面の圧力分布に走行による差異が生じるが、その差はわずかであり、走行の有無が風下レール周りのローリングモーメント係数に及ぼす影響は小さいことを明らかにしている。したがって、盛土条件の風洞実験で静止車両模型を用いる場合であっても、第5章に示した実験要件を満たす場合には、車両に加わる空気力を正確に評価可能であることを示している。

第7章では、本研究で得られた知見を纏めている。

以上のように、本研究は、横風下を走行する鉄道車両について、地上構造物の影響も考慮した流れ場の数値解析により、走行条件によって変化する空気力の発生メカニズムを明らかにするとともに、その空気力を精度よく計測するための風洞実験の条件を明らかにしており、鉄道車両工学の発展に大いに寄与し、鉄道の安全性向上にもつながる工業的にも価値のあるものである。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。