

氏名	うえにしこうろう 上西甲朗
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第2517号
学位授与の日付	平成17年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科精密工学専攻
学位論文題目	自動車の前面衝突における衝撃吸収特性に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 松久 寛 教授 吉村 允孝 助教授 宇津野 秀夫

論文内容の要旨

本研究は自動車の前面衝突において、乗員への衝撃を緩和できる最適な車両特性の解明を目指して力学モデルによる理論構築と実験的検証をおこない、次の7章からなっている。

第1章は緒論であり、今日の自動車における前面衝突特性に関する問題を提起し、本研究の狙いを論じている。

第2章では、シートベルトが車体になす仕事に着目した新たな見地から、ライドダウン効果に関する理論を構築した。車体と乗員の2質点力学モデルにより車体前部の座屈特性をパラメータにした数値解析をおこない、これまで十分検討がなされていなかったライドダウン効果と乗員減速度との関係を明らかにした。その結果、乗員の最大減速度を低減するには、矩形波やライドダウン型波形のように車体前部の剛性が衝突初期段階で硬く、その後には軟らかくなる非線形な座屈特性が良いことがわかった。これを車体と乗員の挙動から見ると、車両停止時に乗員がまだ前方へ移動しているような車体特性の場合、ライドダウン効果の指標と最大乗員減速度との間は線形関係であった。一方、車両停止時にすでに乗員がシートベルトの復元力で車室内後方へ移動しているような場合、最大乗員減速度が最小となる車体特性が存在する。よって、この最小値を目指して車体特性を設定すると乗員への衝撃がもっとも緩和できることがわかった。

第3章では、第2章で構築した理論を車体と乗員の2質点力学モデル模型により実験的に検証した。矩形特性をもつ構造については、ばね定数の異なるばねを直列に配置して片方のばねに予圧を与えることで実現した。本構造において最大車体変形量が一定のもと初期減速度が高くなるほど最大乗員減速度が低くなることを確認した。また、ライドダウン型特性は、ばねを並列に接続して衝突途中にヒンジによって一方のばねが切り離される構造で実現した。これにより座屈特性における荷重の落とし込み時の車体変形量を大きくしていくと、最大乗員減速度に極値が存在することを確認した。また、車体速度がゼロに達した時、すでに乗員がシートベルトの復元力で車室内後方へ移動している様子を高速ビデオによって可視化した。これらの模型による実験結果は理論と定性的な一致が見られた。加えて、本模型実験と同一条件での数値解析をおこない、実験の妥当性も同時に確認した。

第4章では、情報の少ない初期設計段階で前面衝突の重要な評価指標である胸部減速度の予測を可能とするために、車体1剛体、乗員3剛体に単純化した力学リンクモデルを提案した。乗員モデルの関節を表す回転ばねにはヒステリシスを持つ非線形特性のばねを適用した。首と腰関節特性は衝突用ダミー人形の特性から、シートベルト特性は矩形波の車体減速度を与えたスレッド実験から同定した。本モデルの解析とライドダウン型車体減速度波形を持つスレッド実験との比較をおこなった結果、ダミー各部位の減速度の初期立ち上がり及び、胸部減速度の最大値が一致した。これにより、構築したダミーの単純化モデルおよび非線形ばねのヒステリシスモデルは汎用性の高いモデルであることがわかった。

第5章では、第4章で構築した4剛体の車体—乗員力学モデルを用いて、車体衝突特性と胸部減速度の関係について解析した。その結果、矩形波やライドダウン型波形のように減速度が急激に立ち上がった後に低減速度になり、車体が停止するまで持続するような波形が本モデルにおいても乗員保護に有利であることを確認した。また、ライドダウン効果の指標と最

大胸部減速度や水平移動量との関係には極小値が存在し、理想的にはこの極小値あたりに車体特性を設定することが乗員保護上望ましいことがわかった。次に、この力学モデルを基本としてFL(フォースリミッター)機構のモデル化をおこない、シートベルトが胸部減速度に及ぼす影響について解析した。その結果、FL機構付シートベルトは最大胸減速度の低減に効果があるが、胸部水平移動量を増大させるためステアリングホイールと胸部の衝突を考慮する必要があることがわかった。また、FL機構装着時におけるライドダウン効果の指標と最大胸部減速度や水平移動量の関係はFL機構を装着しない場合と同様に極小値が存在することがわかった。これらより、衝突安全性能上の最適な車両特性に関する知見を導出した。

第6章では、車対車衝突において自己保護性能を有する小型自動車の車体特性について検討をおこなった。小型自動車の座屈特性が矩形を有し一定荷重が持続する場合、相手車両の剛性が相対的に高くなり相手車両の減速に使用されるため、小型自動車の変形量が増大することがわかった。そこで、本研究では矩形またはライドダウン型特性の後に高剛性となる車両の座屈特性を提案した。この特性は車体変形量のある程度抑制しながら最大乗員減速度の低減でき、小型自動車が目指すべき車体特性であることを示した。そして、さらに最大乗員減速度の低減および最大車体変形量の抑制を可能とする方策として、自車車両の車体から客室が移動することによって、客室減速度がライドダウン型特性を形成するモデルを提案した。

第7章は結論で、本論文で得られた成果と今後に残された課題についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、自動車の前面衝突において乗員への衝撃を緩和できる最適な車両特性の解明を目指した研究であり、力学モデルによる理論構築と実験的検証をおこなっている。得られた成果の主たるものは以下のとおりである。

1. シートベルトが車体になす仕事に着目した見地から、車体前部の剛性が衝突初期段階で硬く、その後には軟らかくなると乗員に与える衝撃が緩和できるというライドダウン効果に関する理論を構築した。車体と乗員の2質点力学モデルにより車体前部の座屈特性をパラメータにした数値解析をおこない、これまで十分検討がなされていなかったライドダウン効果と乗員減速度との関係を明らかにした。その結果、乗員の最大減速度を低減するためには、矩形波やライドダウン型波形のような非線形な座屈特性が良いことがわかった。また、理論的に得られた特性を模型実験により検証した。
2. 情報の少ない初期設計段階での前面衝突の重要な評価指標である胸部減速度の予測を可能とするために、車体1剛体、乗員3剛体に単純化した力学リンクモデルを提案した。乗員モデルの関節を表す回転ばねにはヒステリシスを持つ非線形特性のばねを適用した。本モデルによる解析とダミー人形を使った衝突実験との比較をおこなった結果、胸部減速度の最大値が概ね一致した。これにより、構築したダミーの単純化モデルおよび非線形ばねのヒステリシスモデルは汎用性の高いモデルであることを示した。
3. 4剛体からなる車体一乗員力学モデルを基本としてFL(フォースリミッター)機構付シートベルトの力学モデル化をおこない、シートベルトが胸部減速度に及ぼす影響について解析した。その結果、FL機構付シートベルトは最大胸減速度の低減に効果があるが、胸部水平移動量を増大させるためステアリングホイールと胸部の衝突を考慮する必要があることがわかった。また、FL機構装着時におけるライドダウン効果の指標と胸部の最大減速度や水平移動量の関係はFL機構を装着しない場合と同様に極小値が存在することがわかった。これらより、最適な衝突安全性能をもつ車両特性に関する知見を導出した。
4. 車対車衝突において自己保護性能を有する小型自動車の車体特性について検討をおこなった。特に本研究では矩形またはライドダウン型特性の後に高剛性となる車両の座屈特性を提案した。この特性は車体変形量のある程度抑制しながら最大乗員減速度の低減が可能であることを示した。

以上、本論文は自動車の前面衝突における衝撃吸収特性について研究したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年2月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。