331 車両前面特性が歩行者傷害に及ぼす影響に関する実験的検討

Experimental Study of Effect of Vehicle's Front-End Properties on Pedestrian Injuries

○正 速水 則行（豊田中央研究所） 佐久間 茂（豊田中央研究所）
林 貞幸（豊田中央研究所）

Noriyuki HAYAMIZU, Toyota Central R&D Labs., Inc., 41-1 Yokomichi, Nagakute, Aichi
Shigeru SAKUMA, Toyota Central R&D Labs., Inc.
Sadayuki HAYASHI, Toyota Central R&D Labs., Inc.

Key Words : Impact biomechanics, Safety, Pedestrian, Dummy, Injury

1. 緒 言

国内における交通事故死亡者のうち、歩行者は約3割を占めており、歩行者保護は重要な課題の一つとなっている。

本研究では、車両の前面形状と剛性、および歩行者の体格の違いが傷害に及ぼす影響を実験的に明らかにするために、車両諸元が変更可能な衝突試験用模擬台車を開発し、この模擬台車と2種類の歩行者ダミー^{(1),(2)}を用いた衝突試験により、車両前面の特性と歩行者傷害の関係について検討した。また、新しい計測手法として、モーションキャプチャシステムを用いたダミー挙動の計測を試みた。

2. 衝突試験方法

2.1 衝突試験用模擬台車 開発した模擬台車を図1に示す。この模擬台車は、バンパ中心高さ、フードエッジ高さ、バンパリードについて形状が変更可能であり、バンパとフードエッジの剛性はコイルスプリングで調整可能である。

Fig.1 Test Buck

Table 1 Parameters of vehicle

Parameter	Abbr.	Unit	Sedan type	SUV type
Bumper Center Height	BCH	mm	300, 400, 500	500, 600, 700
Hood Leading Edge Height	LEH	mm	600, 700, 800	900, 1000, 1100
Bumper Lead	BL	mm	100, 150, 200	—
Bumper Stiffness	BS	N/mm	100, 200, 400	—
Hood Edge Stiffness	HES	N/mm	100, 200, 400	—

2.2 車両前面特性と傷害パラメータ 車両の前面形状と剛性は、表1に示したようにセダンタイプとSUVタイプに分割し、いずれも5要素の3水準とした。また、歩行者の体格の違いを考慮するために、大人と6歳児相当の2種類の

歩行者ダミーを用いた。

実験計画法により試験回数を各タイプ、各ダミーごとに27回とし、各車両特性パラメータの傷害に及ぼす影響の強さを試験結果より評価した。衝突時の歩行者ダミーの姿勢は、右足を約一歩前に出した状態で、右側方より模擬台車を速度25km/hで衝突させた。

2.3 新しい計測手法 従来の衝突試験では、ダミーの挙動などは、主に高速ビデオで計測を行っている。しかし、ビデオによる計測では、詳細な挙動を解析することは困難である。近年、人間の運動などを計測するために用いられているモーションキャプチャシステムの性能が向上し、高いサンプリングレートでの計測が可能となったことから、このシステムの衝突試験への応用を試みた。

本研究では、モーションキャプチャシステムとしてEAGLE DIGITAL SYSTEM (MotionAnalysis社製)を用いて、歩行者ダミーの衝突時の挙動を計測した。このシステムは専用マーカの3次元位置を計測するため、図2のように歩行者ダミーにマーカを取り付けた。

Fig.2 Makers for Motion Capture System

3. 衝突試験結果

3.1 歩行者ダミーの衝突挙動 ダミーの衝突挙動の計測結果の一例を図3に示す。

子供の場合はフードエッジ高さが700mm以下、大人の場合はフードエッジ高さが1000mm以下の条件では、ダミーの重心位置より下側にフードエッジが衝突するため、フードエッジを支点に下肢が跳ね上げられて上体がフードトップに衝突する挙動を示すが、フードエッジ高さがそれ以上になると、車両前面により前方に押し出される挙動を示した。

また、子供の場合、バンパ中心高さが600mm以上では、バンパの下端が膝中心より上方に位置するため、下腿部がバンパ下部に潜り込む挙動を示した。

3.2 モーションキャプチャシステムによる計測

モーションキャプチャシステムにより計測した結果を図4に示す。従来の高速度ビデオによる計測では、図3のように2次元的なデータしか得られない。複数台のカメラを用いて3次元計測することも可能であるが、十分な精度が得られないことが多い。これに対し、モーションキャプチャシステムでは、マーカを取り付けなければならないが、3次元位置を計測しているため、ダミーの平面的な挙動だけでなく、ねじりなどの3次元的な動きも計測可能であることがわかった。

しかし、現状のモーションキャプチャシステムと高速度ビデオでは計測に必要な光量が異なることから、同時に使用することが難しい。また、マーカを衝突部分に取り付けられないなどの問題があるが、詳細な動きを計測するための有効な方法の一つと考えられる。

3.3 車両特性の影響 歩行者ダミーで計測した傷害パラメータの全試験の平均を図5に示す。異なる次元の値を比較するために、傷害パラメータは耐性値で正規化した。つまり、パラメータが1より大きいものは傷害発生の可能性が高いことを示す。

Fig. 5 Test results

Fig. 3 Response of pedestrian dummy

Fig. 4 Response of pedestrian dummy measured by motion capture system

図5より全体的な傾向として、セダントタイプよりSUVタイプの方が同じ衝突速度の場合、傷害が発生する可能性が高いことが示されている。また、大人では胸部、子供では腰部で傷害発生の可能性が高い。

同様に、車両パラメータ毎に、傷害パラメータへの影響についても検討した。詳細な結果は紙面の都合により掲載できないが、セダントタイプでは、バンパ高さが低くなると、子供の脚部、大人の頭・胸部での傷害発生の可能性が高くなる。また、SUVタイプでは、バンパ高さが高くなると、大人の脚部の傷害の可能性が高くなり、子供の場合ではバンパ下部へ潜り込む可能性が高くなる。剛性は形状に比べると傷害パラメータへの影響は小さいが、衝突部位へ直接的に作用するため、低剛性化は重要と考えられる。

4. 結 言

車両特性が変更可能な歩行者衝突試験用模擬台車を開発し、歩行者ダミー（大人と6才児相当）を用いた衝突試験により、車両前面形状と剛性の違いが歩行者傷害におよぼす影響について検討した結果、以下のことが分かった。

大人歩行者の場合、セダントタイプでは頭部・胸部、SUVタイプでは胸部で傷害が発生する可能性が高い。子供歩行者の場合、セダントタイプでは腰部、SUVタイプでは胸部・腰部で傷害発生の可能性が高い。

バンパにより下肢が跳ね上げられフードトップに倒れ込む挙動と、車両前面で前方に押し出される挙動に大別され、その境界は、フードエッジ高さが子供の場合で700-800mm、大人の場合で1000-1100mmであった。

モーションキャプチャシステムを用いた計測では、(株)ナックイメージテクノロジーの協力を得た。ここに謝意を表する。

【参考文献】

- (1) 服部ら：歩行者と自動車の衝突に伴う歩行者傷害の評価手法に関する考察，自動車自衛会 2000 年秋季大会前刷集
- (2) 速水ら：子供の歩行者傷害に関する実験的研究，自動車技術会論文集，Vol.34, No.3 (2003)