3308 鉄道車両と人の衝突事故に関する研究

Study of Train to Pedestrian Impact

○中根 大祐 (名古屋大院) 正 水野 幸治 (名古屋大学)

Daisuke NAKANE, Nagoya University, Furo-cho Chikusa-ku Nagoya

Koji MIZUNO, Nagoya University

Trail-pedestrian collisions can lead to large human and cost problems. Based on the accident analysis, about 45% of railway injuries and fatalities are from train-pedestrian collisions. In order to clarify the injury process of the pedestrian, multi-body simulations were conducted. The head and chest of the pedestrian are directly impacted by the train, and the pedestrian is projected forward the train. Modifying train front geometry can prevent running over of pedestrian, though it is still difficult to prevent injuries to pedestrian from the ground contact.

Key words: Impact, Train accidents, Pedestrian, injury, MADYMO

1. はじめに

鉄道における人身事故では、人が重篤な傷害を受ける危険性が高い。また事故が発生すると、事後処理に多くの時間と費用を要し、運行が高密度である現在においては重大な影響を及ぼす。そこで本研究では、人身事故被害軽減の基礎資料とするため、鉄道事故データの分析によって、人身事故の発生状況を検討し、さらにマルチボディシミュレーションプログラムMADYMOによる鉄道車両と人の衝突シミュレーションから、受傷のプロセスを調べた。

2. 事故データの分析

鉄道事故は鉄道運転事故と運転障害事故の2つに大別される。図1に運転事故件数の推移を示す。事故件数は長年にわたり減少傾向にあるが、近年は横ばいで推移している。次に、2000年度の事故種類別の運転事故発生状況を図2に示す。運転事故の種類としては、踏切障害事故が約49%を占め、ついで人身障害事故が36%となっている。このうち踏切障害事故の衝突物別内訳を図3に示す。この内訳によると、自動車が65%と高い比率を占め、歩行者は約17%である。これらから、鉄道車両と人の衝突事故は、全運転事故の約45% $(=36+49 \times 0.17)$ となり、人と鉄道車両の衝突

Fig. 1 Number of operation accidents

事故が大きな割合を占めていることがわかる。

運転障害事故件数は2000年度では926件発生している。これは1990年度の約2倍であり、年々増加傾向にある。運転障害事故の主な要因は自殺や妨害である。

Fig. 2 Distribution of cause of operation accidents

Fig. 3 Distribution of cause of crossing accidents

3. 計算機シミュレーションによる鉄道事故の検討

現在、鉄道車両と人の衝突事故における、事故発生状況や人体傷害の発生状況は必ずしも明確に示されていない。そこで本研究ではマルチボディシミュレーションプログラムMADYMOを用いて、鉄道車両と人の衝突事故における人の挙動、傷害リスクについて検討した。人体モデルは、MADYMO データベースより 50th percentile Hybrid III standing male dummy model を用いた。列車モデルはE231系通勤形電車の形状を基に8個の楕円体と10個の平面によりモデル化した。人体各部と鉄道車両の衝突特性は、自動車と歩行者の衝突シミュレーションに使用される荷重-変形特性を用いた。衝突速度は40 km/hとした。また、傷害値としては、生命に影響を及ぼす指標として、頭部傷害基準であるHIC (Head Injury Criterion)と胸部加速度3 ms (持続時間3 msにわたる最大加速度)を使用した。

衝突時の歩行者の挙動を図4に示す。歩行者は上腕部と下肢部、腰部、頭部の順に車両と接触し、前方へ投げ出さ

れる。その後線路上へ倒れ、車両により軋轢される。図 5 にこの時の頭部、胸部の加速度時間履歴を示す。まず胸部が車両と接触することにより、加速度の上昇が見られる。頭部は 30 ms に車両と接触し、加速度もその時刻近くで最も高い値を示している。HIC は 1464、胸部加速度は 67.3 G であった。HIC、胸部加速度ともに傷害の閾値を超える高い値を示している。これは、車両との直接の接触により、人が重篤な傷害を受ける危険性が高いことを示している。また、胸部、頭部ともに 500 ms でも加速度が高くなった。これは地面との二次衝突によるものであると考えられる。

以上より、歩行者は鉄道車両との衝突時にまず重度の傷害を受け、さらにその後、前方へ投げ出されることにより、車両によって軋轢される危険性が高いことが推測される。

Fig. 4 Kinematics of pedestrian

Fig. 5 Acceleration-time histories of pedestrian head and chest

4. 車両形状と歩行者の挙動

自動車における歩行者事故研究においては、車両前面形状が歩行者の挙動に及ぼす影響が大きいことが知られている⁽³⁾。そこで、鉄道車両においても車両前面形状が人の挙動に与える影響を検討した。

まず車両前面に、鉛直方向 45 度、水平方向 20 度の傾き、高さ 1 m の衝突面を設置し、シミュレーションを行った。衝突面は平面によりモデル化した。衝突時の人の挙動を図 6 に示す。人の体幹は衝突後、衝突面に沿って移動し、車両側方へ誘導された。この時傷害値は、HIC が 341 と低い値を示し、胸部加速度は 60G であった。頭部は車両と直接、衝突しなかったため、HIC が低くなったと考えられる。以上より、衝突面に角度をつけることで、衝突時の人体の挙動をコントロールし、車両と人の直接の接触による傷害値を低減し、車両による人体の軋轢を防止できると考えられる。しかし、路面との二次衝突の防止は困難であり、人体への傷害発生が予測される。

Fig. 6 Kinematics of pedestrian in contact with modified

5. おわりに

今回の研究では、マルチボディシミュレーションプログラム MADYMO を用いて、鉄道車両と人の衝突シミュレーションを行った。車両形状の変更により、車両による歩行者の軋轢は防止できることがわかったが、歩行者の傷害防止には至らなかった。今後、歩行者の傷害値を低減できる装置について検討する予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局監修，平成 11 年度 鉄道統計年報
- 2) 運輸省鉄道局監修，数字で見る鉄道 2000
- 3) Koji Mizuno, Junusz Kajzer, Toshiki Aiba, Influences of Vehicle Shape on Injuries in Vehicle-Pedestrian Impact, SAE Paper 9942493