通勤車両に衝撃が発生した際の乗客挙動解析

○中井一馬、小美濃幸司、斎藤綾乃、遠藤広晴 ((財)鉄道総合技術研究所)

Behavior Analysis of the Passengers on a Commuter Train at the Time of Impact

Kazuma Nakai, Koji Omino, Ayano Saitoh, Hiroharu Endoh (Railway Technical Research Institute)

1. はじめに

鉄道における乗客の安全性を高める為に、事故を未然に防ぐことを目的とした研究が行われてきている。しかし事故が起こった際に乗客被害を最小限にするシステム作りも並行して行っていく必要がある。この考えを基にして鉄道総合技術研究所において衝突による衝撃が発生した際の乗客被害の低減を目的として、着座乗客の安全性の検討を実験やシミュレーションを用いて行ってきた^①。

過去の乗客被害の調査研究^②から、衝撃時の車両内における乗客の姿勢の崩れ方は押し潰されたり、押し流されたりというように、人の干渉が関与していたものが少なくないという知見を得ていたが、通勤時に衝撃が発生した際の乗客同士が接触するような状況を想定した解析はコンピュータの性能により行うことが困難であった。しかし、近年のコンピュータの進歩によりこのような状況のモデル解析が可能になりつつある。そこで、本研究では、車両に側面衝撃が発生した事故を想定し、大人数の人体モデルを用いてその挙動解析を行った。

2. 方法

人体の挙動解析にMADYMOと言うソフトを用いた。この中には、複数の人体モデルが用意されており、自動車業界において事故時の人体挙動解析に用いられるソフトの一つである。本研究においては、ダミーモデル (HybridIII 50%tile) を模擬したマルチボディモデル (以下人体モデル) を用いた。このモデルは全身が37の剛体で表現されており、各剛体間はジョイントで結合されている。

実際の鉄道車両データを基に車両内構造物 (床、壁、ロングシート、握り棒、袖仕切り、網棚、つり革) の形状・材料特性を決定し車両をモデル化した。この車両モデル内の一部を仕切り、乗車率110% (立位乗客16人、着座乗客6人) 相当および200% (立位乗客32人、着座乗客6人) 相当の乗車状態になるように人体モデルを配置した (図1参照)。また、つり革の位置している直

下の人体モデルの手につり革を繋ぎ、392N (40Kgf) 以上の力が働いた際に離れるように定義した。図2に示すような加速度を車両モデルの側面に入力することにより、側面衝突をシミュレートした。

3. 結果

挙動解析の結果を乗車率別に図3に示した。いずれの乗車率においても衝突面に近い側にいる乗客の頭部が車体側面にぶつかるため、頭部傷害値 (頭部傷害の起き易さの指標) が高い傾向にあった。また、衝突面とは反対側に着座している乗客が体ごと前に投げ出されて、頭部を立位乗客の胴体部にぶつける、立っている乗客が他の乗客に乗りあがることで、網棚に頭部をぶつけるというような現象がみられた。

解析全般において、乗車率200%のほうが110%よりも傷害値の平均値が低く、乗客間の傷害値の差が小さくなる傾向もうかがわれた。

図1 車両内構造物と人体モデルの配置
(乗車率 110%)

図2 入力加速度波形

図3 車内数値シミュレーションによる側面衝突を想定した乗客挙動解析例
(車内一部を仕切り、乗車率相当の人員を配置した状況の俯瞰図)

4. 考察

車体側面の衝突安全性という観点から、衝突面側にいる乗客の頭部保護や、ロングシート上の網棚の形状・材質・高さについての検討、また着座乗客が頭部から投げ出される動きを防ぐ検討が必要であると考えられる。また、立位乗客が着座乗客に乗りあがり、網棚に頭部をぶつけるという現象は解析前に想像できなかった。この現象については今後検討を深めていく必要があるが、同時に今回のように解析で気付くような現象も存在することから、引き続き、様々な状況において解析していく事は乗客の挙動把握に有効である。

5. まとめ

今回の研究においては、乗客の傷害を挙動シ

ミュレーション及び頭部傷害値のみで評価を行った。しかし、人が人の上に重なることにより発生する傷害については評価していない。今後、数値シミュレーション方法について深度化し、今回の結果も含めてさらに被害軽減対策の検討を進めていく。

なお、本文に記載した研究は、国土交通省の補助金を受けて実施した。

参考文献

- 1) 小美濃幸司他:「人体挙動解析による着座乗客の衝突安全性の検討」, 鉄道総研報告, Vol.21, No.5, 23-28, 2007
- 2) 小美濃幸司他:「列車衝撃時の乗客被害の特徴に関する調査研究」, 人間工学, Vol.33, No.5, 271-279, 1997