シミュレーションを用いたホーム柵に作用する群集推力の推定

○榎並 祥太、中井 一馬、山本 昌和 ((公財) 鉄道総合技術研究所)

An Estimation of Crowd Pressure on Platform Barrier Using Simulation

Shota ENAMI, Kazuma NAKAI, Masakazu YAMAMOTO (Railway Technical Research Institute)

1. はじめに

ホームからの転落事故防止にはホーム柵等の設置が有効である。しかし、ホーム柵設計時に想定される外力のうち、旅客が過度に密集したときにホーム柵に作用する水平荷重（以下、群集推力）を実験によって算出するには様々な制約がある。

そこで本研究ではダミーモデルを用いたシミュレーションにより、まず吉村が行った群集密度と群集推力の関係を調べる詰め込み実験¹⁾の再現解析を行い、モデル適用の可否を確認した。次にホーム狭隘部で旅客が密集する状況を再現し、ホーム柵に作用する群集推力を解析的に試算した。

2. 詰め込み実験の再現

シミュレーションにはTASS International(株)製の数値解析ソフトMADYMOを使用した。マルチボディダイナミクス理論に基づいて剛体運動を数値解析するためのソフトウェアである。本解析で使った図1に示す人体ダミーモデルは、MADYMOデータベースにある衝突実験用人体ダミーモデルを、重心位置となる腰部のパーツの動きを並進、及び地面に垂直方向を軸とした回転運動のみに制限することにより、自立可能に改良したものである。

吉村の実験では被験者は日本人大学生28人、平均体重は64.2kgであった。一方ダミーモデルは米国人男性の平均的な体格で、体重は78kgである。体格差を考慮するため、人体の比重が水とほぼ同等であることから、体重比=体積比と仮定した。日本人大学生28人の体積はダミーモデル23体分に等しいと考え、ダミーモデル23体で解析を行った。シミュレーションの画像を図2に示す。ホーム上で想定される群集密度約8~12人/m²（ダミーモデルに換算して約6~10人/m²）となる範囲で解析を5条件行った。解析で得られた床面積に対する正面推力を図3に、側面推力を図4に示す。このとき最終的なダミーの姿勢により解析結果が異なることから、ばらつきを再現するため同じ床面積に対

図1 人体ダミーモデル

図2 詰め込み実験再現シミュレーション

図3 正面推力再現シミュレーション結果

図4 側面推力再現シミュレーション結果

して床の摩擦を変化させることによりダミーの姿勢に変化を与えながら解析を行った。

結果を比較すると、床面積2.45~3.10m²（群集密度9.0~11.4人/m²）の範囲で解析が実験を再現できていることが確認できるが、床面積2.25m²において解析結果が実験結果よりも大きな値を示している。これはダミーモデルが衝突実験に準じた接触特性を持つため、ダミーに静荷重を与えた場合、人体よりも大きな反力が発生してしまうためと考えられる。

3. ホーム狭隘部シミュレーション

詰め込み実験の再現ができた床面積2.45～3.10m²の範囲において解析をおこない、ホーム狭隘部における旅客の密集を想定したときのホーム柵にかかる群集推力を試算した。

ホーム狭隘部の概略図を図5に示す。ホーム狭隘部は片側を人体の身長より高い壁とし、ホームの外側の高さが1.3m、内側の高さが1.2mのホーム柵を壁から1.1m離して設置した。この間にダミーモデル23体を配置し、ホームの床面積が2.45～3.10m²になるよう前後から板により圧力をかけて、ホーム柵にかかる推力をダミーモデルがホーム柵に接触した際に発生する反力の合計から求めた。このとき、ダミーモデルの並べた際の向きを一方向と向かい合わせの二種類用意した。解析の画像を図6に示す。

ダミーモデルの向きが一方向と向かい合わせのときのホーム柵にかかる群集推力の解析結果を図7、8に示す。このとき、ダミーと壁・ホーム柵及びダミーと床面の摩擦係数を各々0.0～0.9の範囲で変化させて1群集密度あたり11条件で解析を行い、群集推力のばらつきを確認した。

以上、シミュレーションによる試算でも群集推力が群集密度の増加に伴い増加することを確認した。また、試算で得た最大の群集推力は、向かい合わせの場合で群集密度11.4人/m²（ダミーの群集密度で9.4人/m²）のときで約55kgf/mであった。

4. まとめ

シミュレーションにより、群集密度9.0～11.4人/m²の範囲で既往の実験結果を再現できることを確認した。また、ホーム狭隘部の混雑を再現し、群集密度11.4人/m²のときホーム柵に作用する群集推力が最大で約55kgf/mとなる試算結果を得た。

謝辞

再現解析において吉村英祐教授（大阪工業大学）には未公開の関連データを提供いただきました。ここに記して深甚の謝意を表します。

図5 ホーム柵概略図

(a) 一方向 (b) 向かい合わせ

図6 ホーム狭隘部シミュレーション

図7 旅客が一方向を向いているときのホーム柵に作用する群集推力の試算結果

図8 旅客が向かい合わせているときのホーム柵に作用する群集推力の試算結果

参考文献

- 1) 吉村 英祐：“群集事故を解析する一明石歩道橋事故での群集圧力と群集密度の推定”，生産と技術，第59巻，第3号，2007。