

鉄道車両内における吊り革およびポール配置の検討

校條大成¹, 川口寿裕¹

¹関西大学 社会安全学部 安全マネジメント学科

概要

本研究では、満員電車（ロングシートタイプ）が急ブレーキをかけた際の乗客の状況をシミュレーションした。シミュレーションには離散要素法(DEM)を用いた。乗客が慣性力に耐えようとする様子は、粒子にバネの張力を加えることで表現した。シミュレーションの結果、吊り革やポールを配置することで乗客の負担を軽減できることがわかった。また、様々なポールの配置を比較することで、ポール配置が乗客にかかる負担への影響について調べた。

Study on Arrangement of Straps and Poles in Train

Taisei Menjo¹, Toshihiro Kawaguchi¹

¹Department of Safety Management, Faculty of sociated Safety Sciences, Kansai University

Abstract

In this study, the condition of passengers in a crowded train when a train (long seat type) suddenly brakes was simulated. DEM(Discrete Element Method) was used for the simulation. The passengers' attempts to withstand the inertial forces were represented by adding spring tension to the particles. The simulation results showed that placing poles can reduce the load on passengers. Also, by comparing various pole arrangements, the effect of pole arrangement with the least load on the passengers was investigated.

1 はじめに

鉄道車両が急停止すると、乗客は進行方向に大きな慣性力を受ける。特に、混雑時にはそれによって多くの人が危険に晒されることになる。電車の本数を増やすなどの解決策が考えられるが、人件費や製造費の問題から、現実的に実現は難しい。こうした現状の中で、井原ら[1]は、吊り革の増設による被害軽減効果を示した。そこで、ポールの増設も吊り革と同様に、容易に行えるのではないかと考えた。

本研究では、電車の内部を再現し、急停止により乗客が慣性力を受ける様子を離散要素法(DEM)[2]を用いてシミュレーションする。そして、吊り革やポールの設置による効果やその配置による違いを検証し、電車の急停止の際に、乗客に作用する力の観点から安全性について検討する。

2 計算方法

本研究では、離散要素法(DEM)を用いてシミュレ

ーションを行う。その際の計算条件は、近畿日本鉄道より提供を受けた電車の設計図や急停止の際の加速度を参考にした。

本シミュレーションでは、人を円形粒子で簡略化して表現する。成人男性の肩幅が50cm、胸厚が20cm程度であることから、長径が0.5m、短径0.2mの楕円の面積円相当径として0.32mを粒子直径に設定した。質量は60kg、粒子数は、232人とした。

本シミュレーションに用いる車両を図1に示す。電車は、近畿日本鉄道の列車が走行中に非常ブレーキを使用して停車することを想定する。電車の進行方向を正とすると、非常ブレーキは加速度 -4.0km/h/s を与える。吊り革、ポールを持つ乗客は、慣性力を受ける直前の座標へと戻るように張力を働かせることで表現する。また、何も持たない乗客や座席利用者も非常ブレーキがかかる際に、踏みとどまろうとする。その様子を再現するため、吊り革使用者と同様に張力を働かせる。粒子への作用力が大きくなり、限界を超えると張力を0にする。限界作用力は何も持たない乗客と座

席利用者に対して 50N、吊り革使用者とポール使用者に対して 500N に設定した。

3 結果と考察

本研究では、11 パターンの車両でシミュレーションを行う。図 2 は吊り革とポールの設置場所の例を示したものである。2 本の横線は吊り革、円は直径 5cm のポールを示す。車両 A は設置なし、B は吊り革と 5 本のポールを設置した車両である。急停止後、粒子が慣性力を受けてから、20 秒後の平均作用力を記録した。平均作用力とは、全粒子にかかる作用力の平均値である。シミュレーションは 100 回試行し、その平均をとっている。結果を図 3 に示す。また、車両 A、B における急停止から 10 秒後の粒子の分布例を図 4、粒子の色の区別を表 1 に示す。

図 3 を見ると、吊り革を設置すると、平均作用力が小さくなっていることがわかる。また、ポールが設置された場合も同様に小さくなっており、多く設置されるほど、小さくなっていることがわかる。これは、限界を超えて動いてきた粒子を、吊り革やポールを持つ粒子が支えることで、それより先の粒子にかかる力を抑制できるためである。また、図 4 の A を見ると、粒子のほとんどは黒になっているが、B では、ポールの周りにはいる粒子の一部が白や黄色になっている。したがって、ポールを設置することで急停止時の乗客の負担を軽減できると推測する。また、ポールの設置数が 0 本から 5 本までは、1 本設置ごとに、平均作用力が約 5.4%低下し、5 本以降はグラフがほぼ横ばいになっている。よって、電車の急停止時の乗客の負担を軽減するには、5 本以上のポールを配置することが効果的であると言える。

4 まとめ

本論文では、急ブレーキ作動時の鉄道車両内の乗客の様子を再現し、通常の DEM 接触モデルに加えて、吊り革やポールを持つ粒子のモデルを導入したシミュレーションを行った。吊り革やポールを設置することによる効果や、その配置による違いを明らかにすることを目的として研究を行った。その結果から、吊り革やポールを配置すれば乗客の負荷の軽減ができること、5 本以上のポールを設置することで、効果的に急停止時の乗客の負担を減らすことができることがわかった。

参考文献

- [1] 井原毅、沼田宗純、目黒公郎、生産研究 62 巻 4 号、91、2010
- [2] 鈴木輝一、粒子個別要素法、森北出版株式会社、2014

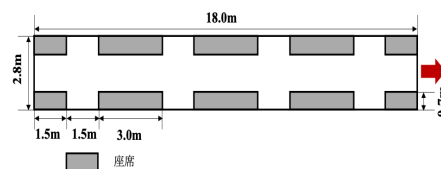


図 1 本シミュレーションにおける車両

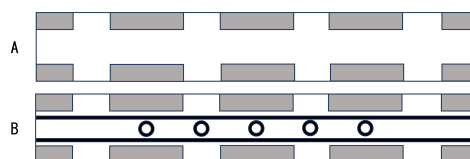


図 2 シミュレーションに用いるポールの配置例

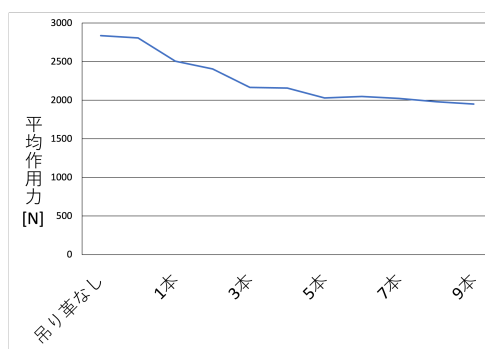
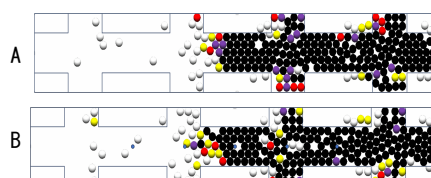


図 3 車両別平均作用力

表 1 作用力の大きさによる粒子の色の区別

作用力	粒子の色
~300N	白
300N~600N	黄色
600N~900N	赤色
900N~1200N	紫色
1200N~	黒



● ポール

図 4 急停止後 10s 経過粒子分布例