

B-13

ローラーコースターの台車の動的移動が架構に及ぼす影響に関する基礎的研究

Basic Study on Effect of Dynamic Movement of Trucks of Roller Coaster on Skeleton Structure

○清田久智³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²*Hisatoshi Seita³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

Abstract :By law revision of 2007, to amusement rides and devices over 60m, confirmation of safety with the time history response analysis have been required in Japan. Therefore, after the law was changed, amusement rides and devices over 60m have not been constructed in Japan. In this paper, for the purpose of establishment of the design approach of the amusement rides and devices over 60m, acceleration of the truck from carried out a study in dynamic movement analysis about the impact on the skeleton structure.

1. はじめに

近年, ローラーコースター (Fig. 1) に代表される遊戯施設の大型化・高速化が進んでいる。遊戯施設は, 建築基準法で工作物として規定されており, 規模等によっては建築物と同様の構造安全性の確認が求められる^[1]。特に, 主要な支持部分(客席部分を支える構造上主要な部分)の構造については, 平成19年の告示改正によって, 高さが60mを超える場合には時刻歴応答解析による安全性の確認が求められることになった。しかし, 告示では客席部分(以下, 「台車」と称す)の荷重について加速度の評価方法等が明確にされておらず, 告示改正以降は高さ60mを超えるローラーコースターの新規建設がなされていないのが現状である。現在明らかとなっていない主な事柄として以下の2点が挙げられる。

- ① 加速度変化を伴う台車の移動が支持部分に及ぼす影響を考慮した荷重の評価方法
- ② 地震荷重と台車荷重の加速度応答の組合せに対する支持部分の設計手法

また, 複数の台車が連結されたローラーコースターの先頭車両と最後尾車両では走路の同一地点における速度, 加速度, 遠心力などの値が異なる。そのため台車の連結数により支持部分が受ける影響も異なると考えられるが, 複数の台車を対象とした研究は著者らの知る限り, 未だ報告されていない。

以上を踏まえ, 本論では, 複数の台車の移動が支持部分に与える影響について, 数値解析的に検討を行い, 荷重評価のための知見を得ることを目的とする。

2. 検討モデル(U字型コースター)の設定

本研究では, 一般に「ハーフパイプ」と呼ばれているU字型コースターを検討モデルとする。本モデルの特

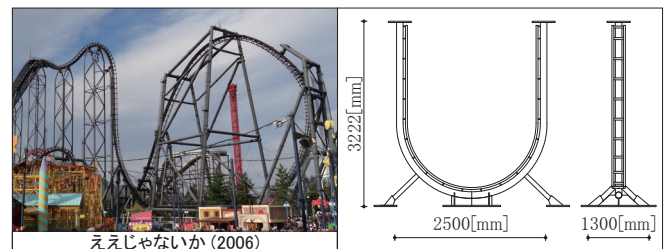


Fig.1 Example of Roller Coaster

Fig.2 Experimental Model

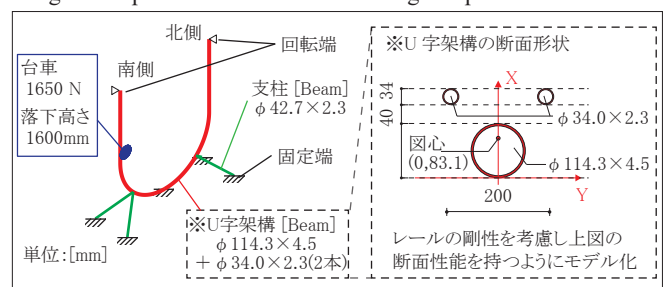


Fig.3 Outline of Analysis Model

徴として, ①直線と半円から構成されるため, モデルの簡略化が可能であること, ②台車が半円部分を移動している間はレールに加わる荷重が時々刻々と変化し, 一般的なローラーコースターの特徴も十分踏まえられていること等が挙げられる。移動する台車を考慮した数値解析モデルは, 既往の研究^[2]に用いられた65mの実規模モデルを実験用に縮小した高さ約3mの試験体 (Fig. 2) とし, 既報^[2]の実験結果と比較することでその妥当性の検討を行った。

3. 台車の移動を考慮した数値解析

3-1. 解析概要

台車の移動を考慮した数値解析(以下, 「移動解析」と称す)の概要をFig. 3に示す。U字型コースターの数値解析モデルに, 質量1650Nの台車を模擬した要素を片側(南側)の架構に配置し, 高さ1600mmから自由落下させた。この時, 2本のレール部材は, 移動解析では1本の部材と

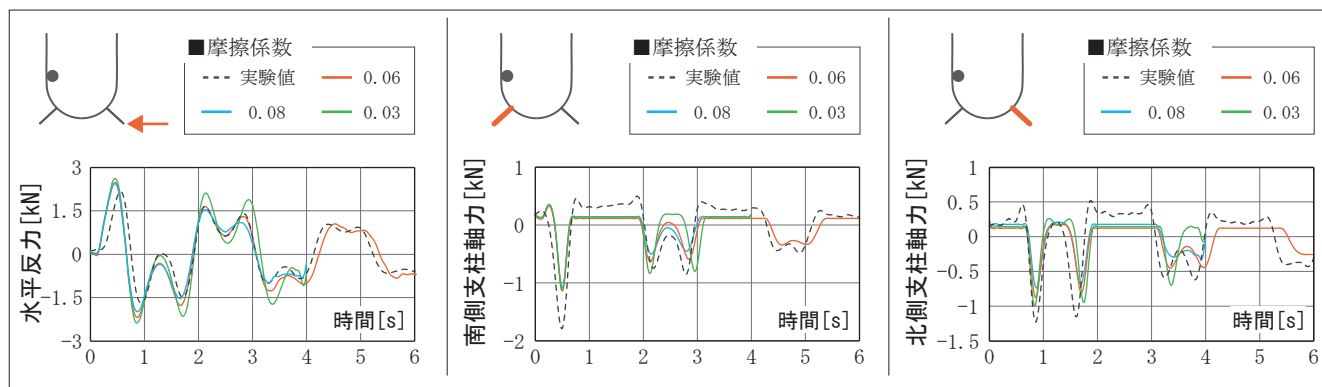


Fig4 Result of Movement Analysis

してモデル化を行った。また、解析値と実験値の整合性を確認するために、レール部材と台車の摩擦係数(0.03, 0.06, 0.08)を検討パラメータとした。

3-2. 解析結果と考察

解析結果と実験値を併せてFig. 4に示す。解析値と実験値を比較すると、水平反力、各支柱軸力において概ね同様な傾向を示し、移動解析手法の妥当性が確認された。また、摩擦係数が小さくなるに伴い応答値が大きくなる性状が得られたが、特に摩擦係数0.06を用いた場合、数値解析と実験値が良い対応を示す結果となった。

4. 台車の連結数の違いによる検討

台車の連結数の違いが支持部分へ及ぼす影響の把握を目的として、台車の連結台数をパラメータとして検討を行う。

4-1. 解析概要

解析パラメータをFig. 5に示す。台車の編成は、1台から4台までの計4ケースとした。台車の質量はそれぞれの編成で合計で2000Nとし、台車同士の連結はTruss要素の仮想材で繋ぎモデル化した。なお、台車とレールの間の摩擦係数は0.06とした。

4-2. 解析結果と考察

解析結果をFig. 6に示す。1編成の各台車が移動する際に水平反力、南側支柱軸力共に値の変動が確認され、1台編成において最も大きな値を示した。編成数1台と4台を比較すると水平反力は約1.03倍、支柱軸力は約1.2倍大きくなることが確認された。これは、台車が南側支柱上のレールを通過する際に一度に通過する台車の質量が大きいくほど支持部分に大きな影響を与えているためと考えられる。このことから、1編成の総質量を1つにまとめたモデルを用いることで、安全性評価が可能であることが示唆された。

5. まとめ

本論では、数値解析を用いてU字型コースターにおける台車の移動による主要な支持部分への影響の検討を行った。数値解析モデルの妥当性を把握するために解析値と実験値の比較を行い、摩擦係数0.06を用いることで数値解析上で実験を模擬できることが

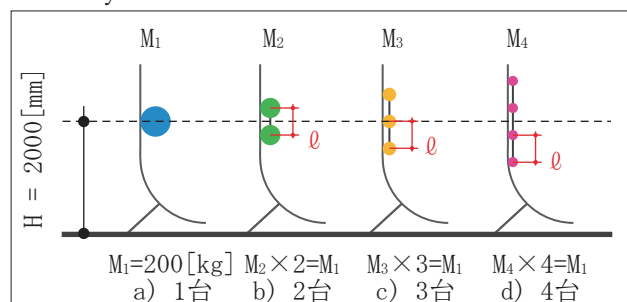


Fig.5 Outline of Truck Constitution

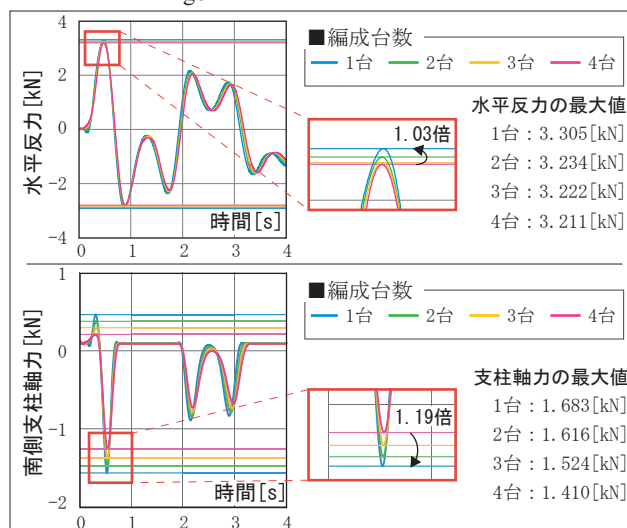


Fig6 Movement Analysis Results by Truck Number

把握された。また、台車の編成台数による影響の違いについての検討では、編成台数が増える事で台車ごとの支持部分への影響は変動するが、総質量を1台にまとめることで、支持部分に与える影響を評価可能であることが示唆された。

今後、今回検討を行った数値解析モデルを用いて台車の移動と地震波を組み合わせた際の検証や実規模モデルを用いた移動解析、U字型コースター以外の形状のローラーコースターに対する検討を行う予定である。

6. 参考文献

- [1] 日本建築設備・昇降機センター：「遊戯施設技術基準の解説」, 2010
- [2] 前田, 岡田, 秦, 宮里, 廣石：「U字型コースターの地震時挙動に関する基礎的研究」日本建築学会技術報告集, Vol. 22, No. 51, pp. 453-458, 2016