

B-10

高さが60mを超える遊戯施設の主要な支持部分の構造設計手法に関する研究
(その1)小規模試験体を用いたU字型コースターの実験的検討

Study on Structural Design Method of Main Supporting Part of Amusement Rides and Devices Over 60m
(Part1)Experimental Study of U-shaped Coaster Using Small-Scale Model

○菅野貴行³, 岡田章¹, 秦一平¹, 宮里直也¹, 廣石秀造², 前田浩靖³

*Takayuki Kanno³, Akira Okada¹, Ippei Hata¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi², Hiroyasu Maeda³

Abstract : By law revision of 2007, to amusement rides and devices over 60m, confirmation of safety by the time history response analysis have been required in Japan. Currently, the influence of acceleration due to movement of the coaster has on the main frame is not clear. Therefore, after the law was changed, amusement rides and devices over 60m have not been constructed in Japan. In this paper, with small-scale model vibration experiments for the purpose of establishing a design method of amusement rides and devices that height is greater than 60m, intended for the U-shaped coaster, consider the influence of movement of the coaster has on the main frame.

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年の法改正によって、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となった。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が明確にされておらず、法改正以降は高さ60mを超える遊戯施設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事柄は、主に以下の2点である。

- ①台車から架構に及ぼされる加速度を考慮した荷重の評価方法
- ②地震荷重と台車荷重による2つの加速度応答の組合せに対する考え方

本研究では、高さ60mを超える遊戯施設の設計手法の確立を目的とし、台車の加速度が主要な支持部分に与える影響を検討する。(その1)では、検討モデルの設定及び、小規模模型振動実験による検討を行う。

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対象モデルとする。本モデルの特徴として、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する、ローラーコースターの特徴を十分踏まえていること、等が挙げられる。まず許容応力度法を用いて高さ60mを超えるU字型コースターの試設計を行った。実規模モデルの概要をFig. 2に示す。

3. 小規模模型振動実験

小規模模型振動実験に用いる試験体は、縮尺を実規模モデルの約1/20とした(Fig. 3)。固有周波数特性同調解析型手法^[2]による相似則計算を行い、振動装置の性能を考慮した上で、断面形状を決定した。また、架構にはレールを設置し、台車にはベアリングを設けることで、実際に走行可能な試験体を設計した(Fig. 4)。

Fig. 5に実験概要を示す。振動台には高速載荷アクチュエータ装置を用いた。試験体には、相似則の関係によ

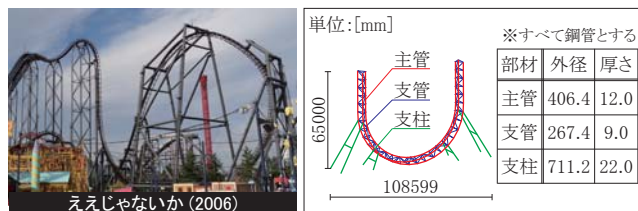


Fig.1 Example of Roller Coaster

Fig.2 Full-scale Model

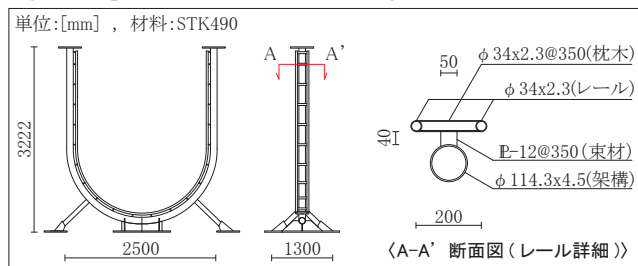


Fig.3 Experimental Model

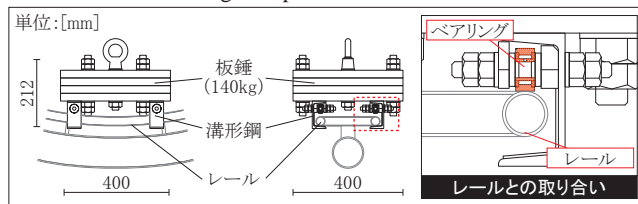


Fig.4 Outline of Bogie

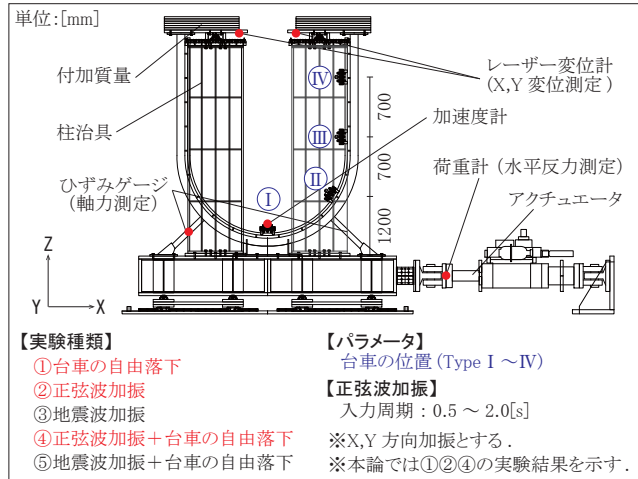


Fig.5 Outline of Experiment

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院(前)・建築

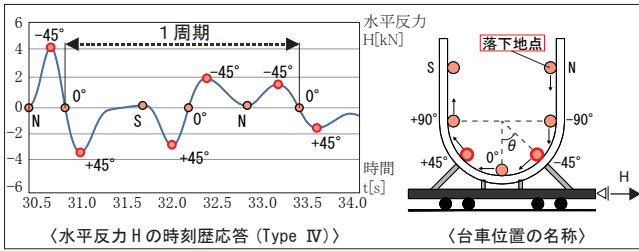


Fig.6 Time History Response of Horizontal Reaction

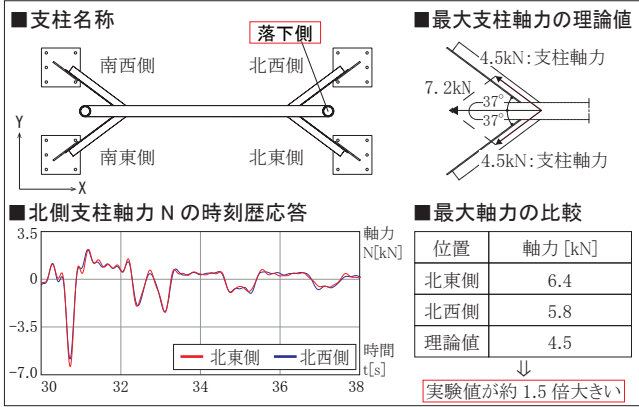


Fig.7 Axial Force of Strut

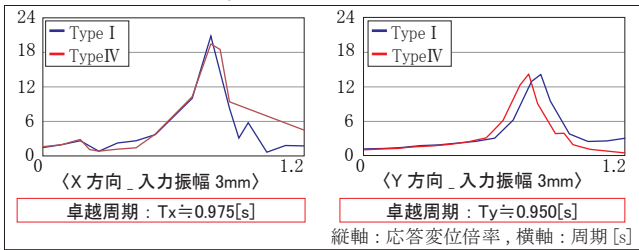


Fig.8 Resonance Curve

り、頂部に付加質量として錘を33kNずつ設け、実規模モデルの固有周期に近いモデルとした。また、柱治具と上部リニアガイドを設置し、試験体には水平方向のみ慣性力が働くようにした。実験より得られる時刻歴応答波形にはノイズが含まれるため、適宜フーリエ変換によるフィルター処理を行った。なお、本論では Fig. 5の実験①②④についてのみ報告する。

3-1. 台車の自由落下実験

3-1-1. 実験概要

台車の加速度が架構に及ぼす影響を把握するため、振動台を加振しない状態で、①台車の自由落下実験を行った。パラメータは台車落下位置 (Fig. 5, Type II ~ IV) とし、X 方向水平反力 H と支柱軸力 N の時刻歴応答を計測した。

3-1-2. 実験結果及び考察

Fig. 6 に Type IV から台車を自由落下させて得られた水平反力の時刻歴応答を示す。グラフと台車位置の関係から、台車が角度 45 度付近にある場合に水平反力が最大となることが把握された。Fig. 7 に各支柱名称、北側支柱軸力の時刻歴応答、最大軸力を示す。最大軸力に関して、実験値と理論値を比較すると、実験値の方が約 1.5 倍大きくなっていることが確認された。なお、支柱軸力の理論値は、台車自重の法線方向成分と遠心力により算出した。

3-2. 正弦波加振実験

3-2-1. 実験概要

試験体の振動特性を把握するため、②正弦波加振実験を行った。X・Y の 1 方向ずつ行い、卓越周期近傍では適宜周期範囲を狭めて加振し、パラメータは台車固定位置 (Type I ~ IV) とした。

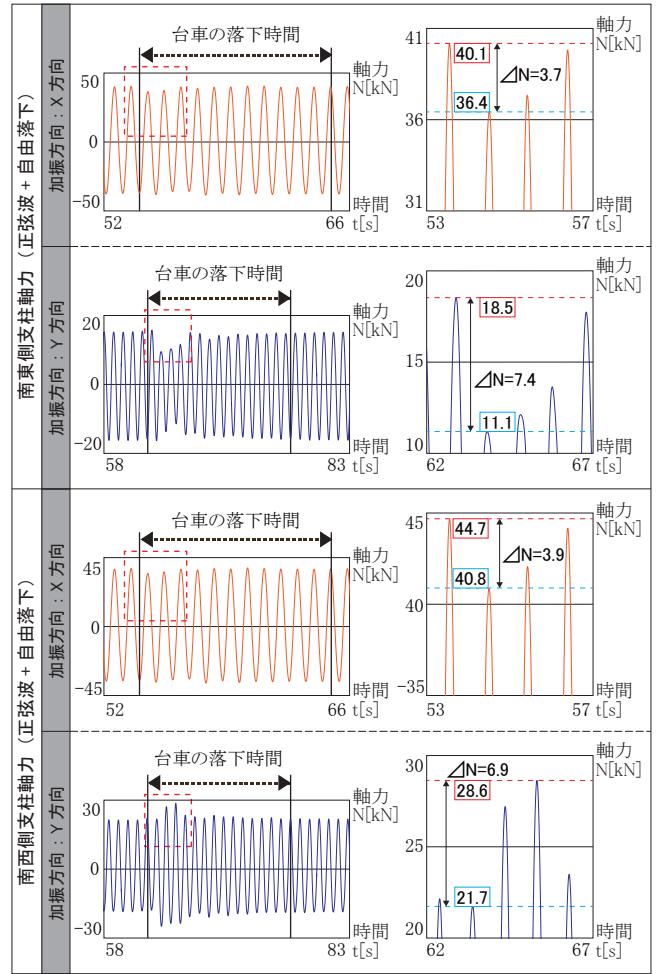


Fig.9 Result of Free Falling Bogie in Vibration Sine Wave Pressure

3-2-2. 実験結果及び考察

Fig. 8 に Type I・IV の実験結果より得られた共振曲線を示す。台車位置により振動特性の差がほとんど生じないことが確認され、他の Type でも同様の傾向が見られた。

3-3. 正弦波加振時の自由落下実験

3-3-1. 実験概要

2 つの加速度応答の組合せによる影響を把握するため、④正弦波加振+台車の自由落下実験を行った。前項より得られた卓越周期の正弦波を入力した状態で、台車の自由落下実験を行い、支柱軸力の変動を計測した。

3-3-2. 実験結果及び考察

Fig. 9 に実験より得られた南側支柱軸力の時刻歴応答を示す。図の左側には台車が落下している時間帯の軸力を、右側には最も変動が大きくなった時間帯の軸力を取り出した。3-1-2 項の結果と比較すると、X 方向加振時の軸力変動は約 4kN となり、Fig. 7 の理論値とあまり差がみられない。一方、Y 方向加振時は軸力変動が約 7kN と、Fig. 7 の理論値および実験値と比べ大きな変動を示した。これより、地震荷重と台車荷重の 2 つの加速度応答の組合せは、単純な線形和では評価できない可能性が示唆された。

4. まとめ

本論では、U 字型の検討モデルを対象として、実験的検討を行った。自由落下実験より、台車の位置と水平反力の関係を把握した。正弦波加振時の自由落下実験より、2 つの振動の組合せは単純な線形和では評価できない可能性が示唆された。今後の検討及び参考文献は (その 2) に示す。

【謝辞】本実験は、国土交通省建築基準整備促進事業の補助を受けて実施したものである。