

B-1

キャメルコースターの動的応答性状に関する基礎的研究

Basic Study on Dynamic Response Characteristics of Camel Coaster

○菅野貴行<sup>3</sup>, 岡田章<sup>1</sup>, 宮里直也<sup>1</sup>, 廣石秀造<sup>2</sup>

\*Takayuki Kanno<sup>3</sup>, Akira Okada<sup>1</sup>, Naoya Miyasato<sup>1</sup>, Shuzo Hiroishi<sup>2</sup>

Abstract : After the Building Standards Law was revised 2007, in designing of amusement rides and devices over 60m, confirmation of safety with the time history response analysis has been required in Japan. But it is complicated to construct an entire model for the time history response analysis. Therefore, in late years, amusement rides and devices over 60m have not been constructed in Japan. In this paper, for the purpose of simplification a design method of amusement ride that higher than 60m, the authors consider response of the amusement ride at the time of earthquake with dynamic analysis.

1. はじめに

1-1. 研究背景

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, 規模によっては建築物と同等の構造安全性の確認が求められる<sup>1)</sup>。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となった。しかし, 遊戯施設は複雑な形状を有する場合が多く, 全体を包括する解析モデルの構築は煩雑であり, 告示改正以降は高さが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。

本研究は, 高さ60mを超える遊戯施設の設計手法の簡略化を目的としたものである。本論では, 基礎的研究として地震時における遊戯施設の応答性状について解析的に検討を行う。

1-2. 検討モデル(キャメルコースター)の設定

本研究では, 検討対象としてローラーコースターの一つである「キャメルコースター」と呼ばれる山なりのコースターを取り出す。本モデルの特徴として, ローラーコースターの最も基本的な形状であること, 高低差のある複数の山から構成されること, 等が挙げられる。

2. 試設計とモデルの定義

数値解析に先立ち, 従来の遊戯施設技術基準<sup>2)</sup>に従い許容応力度計算を用いて, 大小二つの山を有する, 高さ60mを超えるキャメルコースターの試設計を行う。荷重は, 運行時(強風時), 地震時, 暴風時とし, 落下部(二つの山に挟まれた谷の底部)の高さが0mと10mの2つのモデルに対して検討を行った。検討モデルの概要をFig.2に示す。ここで, 大きい山の頂点をA点, 小さい山の頂点をB点とする。

3. 固有値解析

動的応答性状の検討にあたり, 検討モデルの基本振動特性の把握を目的として固有値解析を行った。落下



Fig.1 Example of Roller Coaster

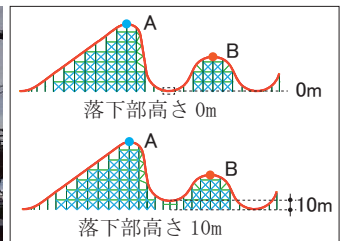


Fig.2 Analysis Model

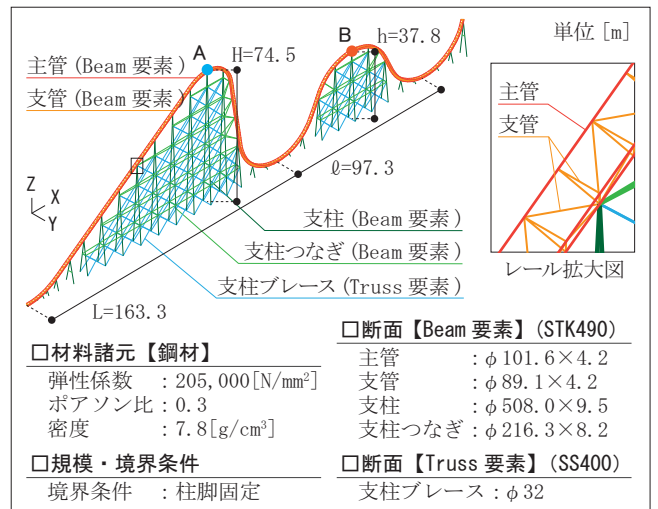


Fig.3 Outline of Numerical Analysis

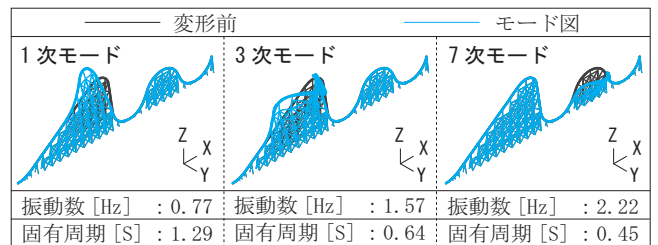


Fig.4 Result of Eigenvalue Analysis [0m Model]

部高さ0.0mモデルの数値解析概要をFig.3に示す。

Fig.4に落下部高さ0mモデルの固有値解析の結果を示す。1次モードでは, Y方向(面外方向)の変形が卓越した。

4. 各頂点部の地震時応答性状の比較

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

地震時におけるキャメルコースターの応答性状を把握することを目的として、時刻歴応答解析を行った。なお、本論では応答が大きいY方向の結果についてのみ報告する。

4-1. 数値解析概要

入力地震波はBCJ-L2波 (Fig.5) とし、モデルの境界部を強制変位させることにより地震波を入力した。また、モデル全体の減衰定数はRayleigh減衰を用いて2.0%とした。

4-2. 時刻歴応答解析の結果及び比較

Fig.6に入力波形と各頂点部応答波形の加速度フーリエスペクトルの比による伝達関数を示す。実線がA点、点線がB点の加速度応答倍率を示す。グラフより、A点とB点では卓越周期が異なる事が確認された。また、固有値解析の結果と比較すると、固有周期と卓越周期が対応していることが確認された。

応答倍率の最大値を比較すると、A点に比べB点の方が約1.2倍大きくなる事が把握された。

5. モデルの抽出方法による影響の把握

5-1. 数値解析概要

キャメルコースターの設計手法の簡略化を目的として、コースターの一部を抽出して評価することを試みる。一部を抽出した解析モデルを構築した後、時刻歴応答解析を行い最大支柱軸力と頂点部の加速度応答倍率を比較する。抽出方法をFig.7に示す。抽出方法は、キャメルコースターの各山を取り出すもの (抽出①) と、各頂点を含み抽出①の質量の約50%となるよう取り出したもの (抽出②) の2種類である。

5-2. 時刻歴応答解析の結果及び比較

Fig.7に最大支柱軸力の時刻歴とA・B点の加速度応答倍率を示す。加速度応答倍率の卓越周期は、固有値解析より得られた固有周期とほぼ同様の値となった。

グラフより、基本モデルと抽出モデル①で軸力、応答倍率共に大きな差は見られなかったが、抽出モ

デル②では差が生じた。基本モデルと抽出モデル①は同じ性状を示すことから、キャメルコースターの検討を行う際、各山を取り出すことで全体の挙動を模擬できる可能性が示唆された。

6. まとめと今後の検討

本論では地震時におけるキャメルコースターの応答性状について解析的に検討を行った。頂点部の加速度応答より、各山部が当該部分の固有振動数で励起される性状が得られた。このことから、コースターから一つの山を取り出して挙動の把握が可能であることが示唆された。今後の検討として、台車の移動を考慮した解析や、精度の高い簡略化手法の提案、等が挙げられる。

【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」, [2]大崎順彦:「新・地震動のスペクトル解析入門」, 鹿島出版会,1994, [3]U字型コースターの地震時挙動に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 構造II, P849-854, 2015.9

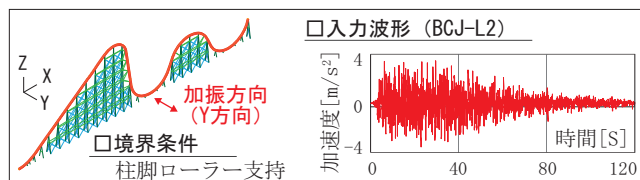


Fig.5 Outline of Seismic Response Analysis

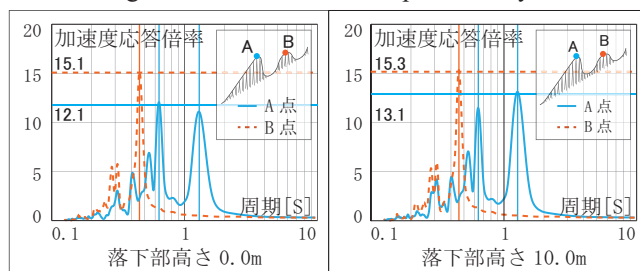


Fig.6 Result of Seismic Response Analysis

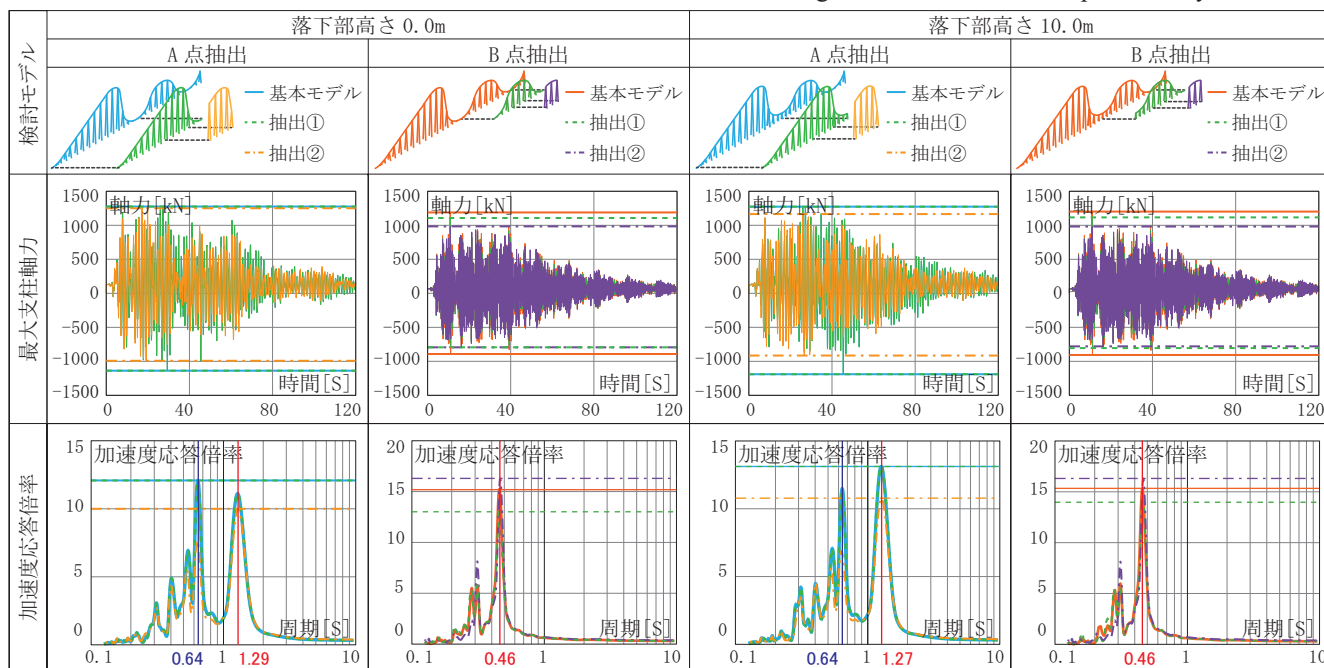


Fig.7 Analysis Model and Result of Dynamic Analysis