

立体駐車場における積載物の滑り具合と地震応答

岐阜工業高等専門学校 学生員 山田 暁 岐阜工業高等専門学校 学生員 加藤 直貴
 岐阜工業高等専門学校 正会員 広瀬 康之 岐阜大学 工学部 正会員 中川 建治

1. はじめに

構造物が地震動をうける場合に床面と積載物が固定されているよりも滑動することが可能な方が耐震工学上より安全側の挙動を示すことが実験や数値解析によって明らかにされている。これは構造系が共振現象に近づいて過大な加速度を受けるとき積載物が滑動することによって共振現象が回避されるためであると判断される。

今回は3種類の規模の異なる立体駐車場で、積載物が無積載及び満載の状態での滑動するときの周期応答曲線と静摩擦係数、動摩擦係数の関係を報告する。

2. 解析方法

構造物を2次元骨組み構造として、剛性マトリックス、質量マトリックスから固有値と固有ベクトルを求め、それより減衰マトリックスを推定し振動方程式を作成する。これを微小時間間隔 ΔT ($=0.001\text{sec}$)でNewmarkの β 法を用いて数値積分する。

積載物 m は最初自重 M と一体扱われるが、慣性力が静摩擦抵抗の限界を超えると独立な質量として滑動を開始する。静摩擦係数を μ_{sj} 、動摩擦係数を μ_{sj} 、重力の加速度を g とすると

$$\text{滑動開始条件: } (m/g) \ddot{y}_j \geq m \mu_{sj} \quad (1)$$

滑動中に作用する力:

$$\dot{y}_j - \dot{u}_j > 0 \quad \text{なら} \quad F_j = m \mu_{sj} \quad (2)$$

$$\dot{y}_j - \dot{u}_j < 0 \quad \text{なら} \quad F_j = -m \mu_{sj} \quad (3)$$

という外力で積載物は運動するが、柱に衝突したり落下はしないものとする。本体の方では積載物の質量を自重から切り放す代わりに床面で $-F_j$ という外力を受けることになる。滑動開始後に再び床と一体運動する条件は次のように設定する。

$$\text{滑動停止条件: } |\dot{y}_j - \dot{u}_j| < \varepsilon \quad \text{かつ} \quad (4)$$

$$|(m/g) \ddot{y}_j| \leq m \mu_{sj} \quad (5)$$

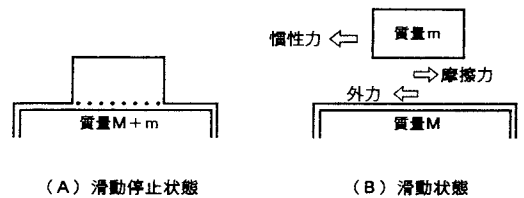


図1 動的滑動状態

3. 解析条件

解析を行うモデルは図2、図4、図6の3つを使用し、入力加速度は周期0.1~1.0secの定振幅の正弦波を与え、最大加速度は300galとする。床面の静摩擦係数は0.1、0.3、0.5の3通りで計算を行い動摩擦係数は静摩擦係数の90%とする。

4. 解析結果と考察

図3、図5、図7は各モデルの無積荷、満載状態に各周期の加速度を入力したときの柱脚の最大応答軸力を表したものである。図3、図5、図7の(B)はそれぞれのグラフのY軸を拡大したものである。

構造物は地震動などの外力加速度を受けると構造物自身の固有周期にあわせて共振現象が起こることが知られているが、図3、図5、図7より、A、B、Cどのモデルにおいても無積載、満載の各固有周期にあわせて共振現象が起きていることがわかる。しかし満載滑動時にはどのモデルにおいても応答が抑えられ共振現象が回避されていることがわかる。また静摩擦係数の値が小さいほど無積載時の共振曲線に近くなり、値が大きいくほど満載固定時の共振曲線に近くなっていることがグラフよりわかる。

以上のことより構造系の規模、形にかかわらず積載物の滑動によって共振現象が回避されるということが推定できる。

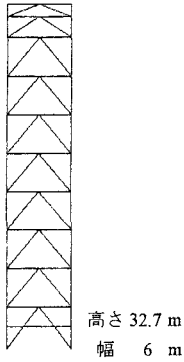
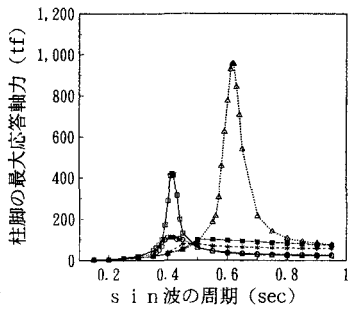
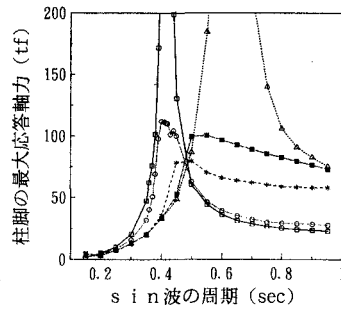


図2 解析モデルA



(A)



(B) Y軸を拡大

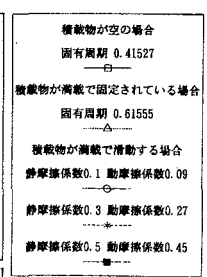


図3 モデルAのSIN波入力による共振曲線(周期-応答)

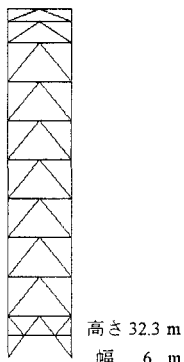
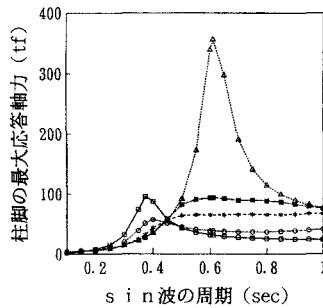
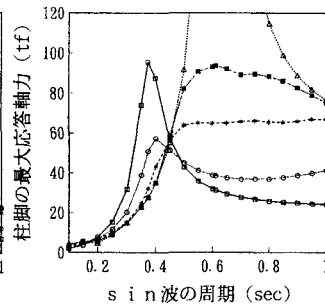


図4 解析モデルB



(A)



(B) Y軸を拡大

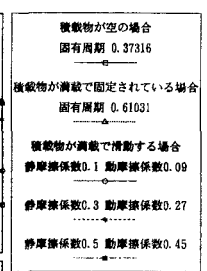


図5 モデルBのSIN波入力による共振曲線(周期-応答)

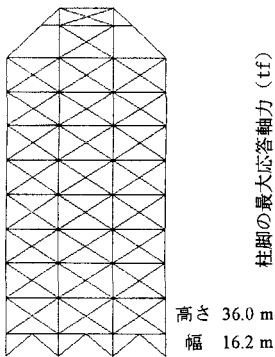
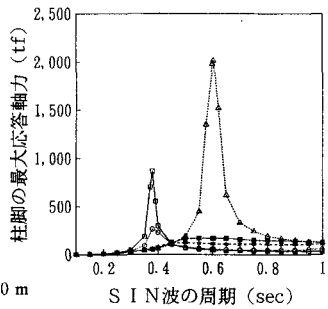
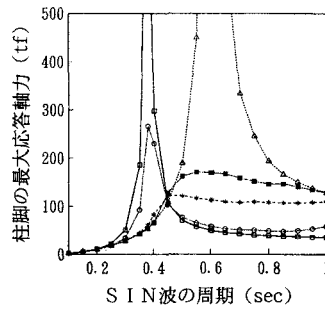


図6 解析モデルC



(A)



(B) Y軸を拡大

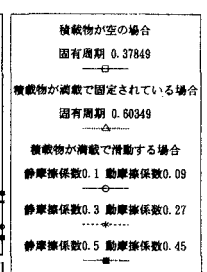


図7 モデルCのSIN波入力による共振曲線(周期-応答)

参考文献

- 1) 広瀬康之・中川建治: 積載物が滑動する系の動的特性に関する研究、土木学会中部支部平成4年度研究発表会講演概要集
- 2) 加藤直貴・広瀬康之・中川建治: 立体駐車場における積載物の滑り具合による耐震性への影響、土木学会中部支部平成8年度研究発表会講演概要集
- 3) 加藤直貴・広瀬康之・中川建治: 積載物と滑り具合による立体駐車場の耐震性への影響、第51回土木学会年次学術講演会講演概要集、1996.9