

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

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 廣瀬 康之

岐阜大学 工学部 正会員 中川 建治

1. はじめに

現在都市部の土地不足に加えて急速な自動車台数の増加によって立体駐車場の需要が増大し、あらゆる所で立体駐車場が建設されるようになってきた。その安全性を考える上で自重あるいは積載物による静的荷重も重要であるが風や地震に対する動的特性の検討は不可避である。構造物が地震動を受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。

今回は立体駐車場に定振幅の正弦波加速度を与えたときの周期応答曲線を求め、静摩擦係数と動摩擦係数の違いによる共振現象回避の程度を報告する。

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もとめ、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 $DT(=0.001\text{sec})$ 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 と一体に扱われるが、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。静止摩擦係数を μ_s 、動摩擦係数を μ_d 、重力の加速度を g とすると

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

滑動中に作用する力:

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

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

という外力で積載物は運動するが、柱に衝突したり落下しないものとする。本体の方は積載物の質量から自重を切り放すかわりに床面で $-F_j$ 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。

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

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

3. 解析条件

【解析モデル】

解析を行う立体駐車場は図1のモデルを使用する。縮約点は黒丸で示した点とする。積載物が満載の場合の固有周期は 0.61555sec で積載物が空の場合の固有周期は 0.41527sec である。

【入力加速度】

周期 $0.15 \sim 0.95$ (sec) の定振幅の正弦波を与える。最大加速度を 300gal とする。

【構造条件】

静摩擦係数は $1 \sim 0.1$ の幅で設定し、動摩擦係数は静摩擦係数の 90% と 80% とする。

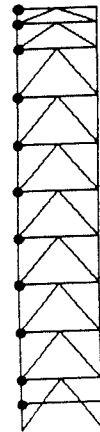


図1 解析モデル

4. 解析結果と考察

図3は満載固定時と無積載時と満載滑動時の各周期における最大応答軸力を表したものである。図4は満載固定時の固有周期 0.61555sec と無積載時(構造物自身)の固有周期 0.41527sec の各静摩擦係数における最大応答軸力を表したものである。

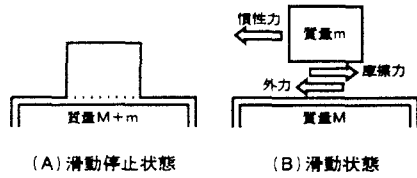


図2 動的滑動状態

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きることが知られている。これは図3からもわかり、満載固定時、無積載時に共振現象が起きている。満載滑動時には応答が抑えられ共振が回避されることがわかる。静摩擦係数が0.1、0.3、0.5のうちで、こ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る。図4から、入力加速度が満載固定時の固有周期 0.61555sec のときは静摩擦係数・動摩擦係数と最大応答軸力にはほぼ比例関係があり、動摩擦係数を減らすと最大応答軸力は減少する。入力加速度が無積載時の固有周期 0.41527sec のときは静摩擦係数が0.95 から 0.45 までは最大応答軸力がほぼ一定であるが 0.45 以下になると最大応答軸力は増加して、動摩擦係数を減らすと最大応答軸力は増加する。入力加速度が 0.61555sec のときに静摩擦係数・動摩擦係数が増加するほど最大応答軸力が増加するのは摩擦が増加すれば積載物が満載で固定されている場合の条件に近づいてくるからだといえる。逆に入力加速度が 0.41527sec のときに静摩擦係数・動摩擦係数が減少すると最大応答軸力が増加するのは積載物が空の場合の条件に近づいていくからだといえる。よってこの2つのグラフが低レベルのところは2つの周期で最小の最大応答軸力であり、その時の摩擦係数が耐震上最適であると推定される。

参考文献

西尾浩二・廣瀬康之・中川健治：垂直循環式立体駐車場の周波数応答特性の解析、土木学会中部支部平成6年度研究発表会講演概要集
 廣瀬康之・中川健治：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

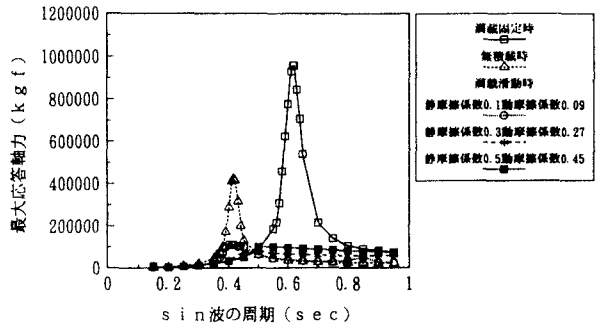


図3 sin波入力による共振曲線(周期-応答)

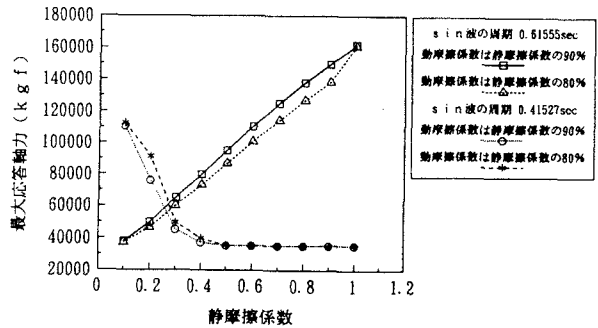


図4 最大応答軸力と静摩擦係数・動摩擦係数の関係