

I-B 322 積載量と滑り具合による立体駐車場の耐震性への影響

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加し、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。

今回は積載物が無積載、満載、半分積載の3つの状態の周期応答曲線から積載量と静摩擦係数、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 $DT(=0.001\text{sec})$ 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。静摩擦係数 μ_s を、動摩擦係数 μ_d を、重力の加速度 g をとすると

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

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。

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

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

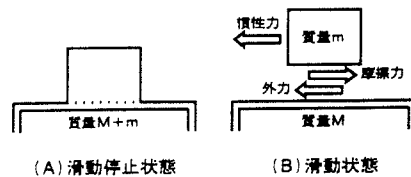


図1 動的滑動状態

3. 解析条件

【解析モデル】

解析を行う立体駐車場は図2のモデルを使用する。高さ32.7m、幅6.0mである。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、積載物が空の場合の固有周期は0.41527sec、積載物が半分の場合の固有周期は0.52481secである。

【入力加速度】

周期0.15~0.95secの定振幅の正弦波を与える。最大加速度は300galとする。

【構造条件】

静摩擦係数は0.1~1とし、動摩擦係数は静摩擦係数の90%と80%とする。

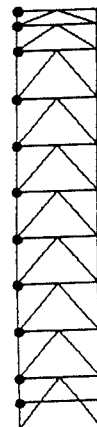


図2 解析モデル

4. 解析結果と考察

図3は満載固定時と無積載時、半分積載固定時の入力加速度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は図3のY軸を拡大したものである。図5は満載時と無積載時、半分積載時の固有周期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。

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。図3からも満載固定時、無積載時、半分積載時の各固有周期で共振現象が起きていることがわかる。しかし、満載滑動時、半分積載滑動時には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。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、値が大きいほど満載固定時、半分積載固定時と各状態での固定した場合の共振曲線に近くなる。図4から半分積載時には摩擦係数の違いによる共振曲線のピークが余り変化せずに推移しているのに対し、満載時にはある程度の幅を持ち変化している。これは、半分積載時と無積載時、満載時と無積載時の固有周期の差によるものであり、差が大きい場合には無積載時と満載時の中間の状態ができ軸力のレベルが低く抑えられている。また半分積載時の共振曲線は無積載時の共振曲線に満載時より近づくため入力加速度の周期が短い場合には不利であるが、逆に長い場合は有利になる。図5から入力加速度が無積載の固有周期の時、満載時の場合と半分積載時の場合と比べると半分積載時の方が軸力が大きいことが分かる。これは、静摩擦係数の値が小さいときには半分積載時の方が満載時に比べより無積載時の共振曲線に近づくからであり、値が大きい場合には各状態の共振現象に近づくため固有周期が無積載時に近い半分積載時の方が軸力が大きくなる。

以上のことより、積載物が満載の方が耐震工学上有利な場合があると考えられる。

参考文献

- 1) 西尾浩二・廣瀬康之・中川建治：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
- 2) 廣瀬康之・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
- 3) 加藤直貴・廣瀬康之・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

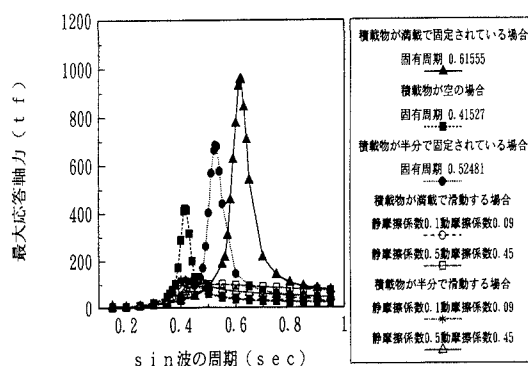


図3 sin波入力による共振曲線（周期－応答）

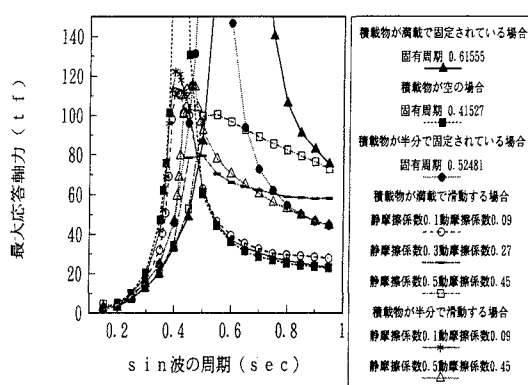


図4 sin波入力による共振曲線（周期－応答）

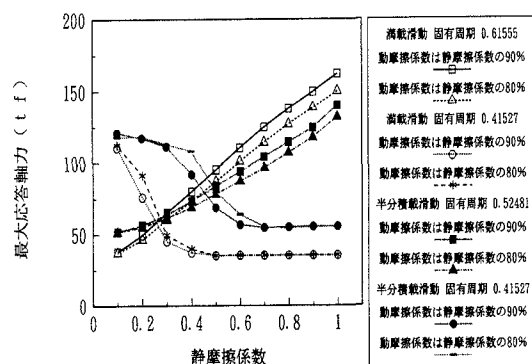


図5 軸力と静摩擦係数・動摩擦係数の関係