

I - 456

垂直循環式立体駐車場の周波数応答特性の解析

岐阜大学大学院 学生員○西尾 浩二
 岐阜工業高専 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。

立体駐車場は形鋼からなる骨組構造で外壁も非常に薄くたわみやすい構造であり、満載時には構造部材の自重よりも積載車両の挙動が構造物全体に与える影響の方が大きい。過去の研究からエレベーター式の立体駐車場が地震動を受けた場合、積載物（パレットを含む）が床面を滑ることにより、共振現象を回避できることが明らかにされている。

今回は垂直循環式の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もとめ、ゴンドラの揺れ及び構造物とゴンドラの衝突によって起こる共振現象の回避について解析結果を報告する。

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以下の振動方程式を作成する。

$$[M]\{\ddot{y}\} + [C]\{\dot{y}\} + [S]\{y\} = -[M]\ddot{z} \quad (1)$$

ここで Z は地震加速度である。

これを微小時間間隔 $\Delta T (=0.001\text{sec})$ でNewmarkの β 法 ($\beta = 1/6$) を用いて数値積分する。その際、各ステップ毎に各層のゴンドラと構造物の衝突の有無を調べ、補正を加えながら解析を行う。しかし、実際に応答解析を行う場合、この振動方程式をそのまま使用すると多大な計算容量が必要となり、また計算時間も長くなる。そこで振動方程式を縮約して解析を行うことにする。以下に縮約について示す。

各節点毎に（水平、垂直、回転）の3つの自由度があるが、水平変位に比べ垂直、回転変位は微小なものである。また各層毎の節点の水平変位の差も微小なものと考えられるので、各層毎に1つの節点に着目する。質量マトリックスの各要素も着目する節点に集中させ、着目しない節点の慣性力が生じなくなると自由振動方程式は

$$\begin{bmatrix} M_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

となる。ここで $S_{11} \sim S_{22}$ は S を並び替えたもので u_1 は着目する節点変位、 u_2 は着目しない節点変位である。

これから $u_2 = -S_{22}^{-1}S_{21}u_1$ が導かれ、式(2)に代入すると

$$[M_1]\{\ddot{u}_1\} + (S_{11} - S_{12}S_{22}^{-1}S_{21})u_1 = \{0\}$$

となる。その結果、下線のマトリックスを新たな質量マトリックス、剛性マトリックスに置き換えて式(1)の振動方程式を作成し直し解析する。

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てある点とする。

【入力加速度】 共振現象の回避がわかりやすい周期応答曲線をもとめるため、周期0.30～0.95 (sec) の定振幅の正弦波を与える。

【構造条件】 複振子系であるゴンドラと構造物の側壁のガイドレー

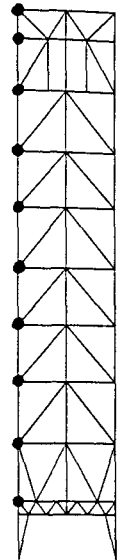


図1 解析モデル

ルとの空隙を 0(cm) (ゴンドラと構造物が一体化) ~ 30(cm) (ゴンドラが構造物に衝突しない長さ) にする。

4. 解析結果

一般に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ることが知られている。図2と図7を見ればわかるように、空隙が0(cm)の場合は構造物本体と積載物の重量を加えた質量マトリックスを用いて計算した固有周期 0.75(sec) で共振現象が見られ、空隙が30(cm) 場合も同様に、構造物本体の重量のみの質量マトリックスを用いて計算した固有周期 0.55(sec) で共振現象が見られる。ゴンドラが揺れているので共振現象を抑制する力が働いているが揺れ幅があまり大きくないので実際の解析結果には顕著に現れていない。

次にゴンドラが揺れ、構造物本体と衝突を起こす場合については図3～図6からわかるように空隙が狭いものは、ゴンドラが揺れない場合ほどではないが共振現象が見られる。これはあまりに頻繁に衝突してしまい構造物本体と接触している時間が長いため、構造物本体と一体化しているものと近似してしまっていると思われる。空隙がある程度広くなるにつれて共振現象が回避されていることが認められる。しかし空隙を広くとりすぎた場合は衝突が起らず、共振現象が現れてしまう。よって共振現象を回避するためにはゴンドラを揺らし、あまり頻繁でない程度で衝突させることが望ましいと推定される。

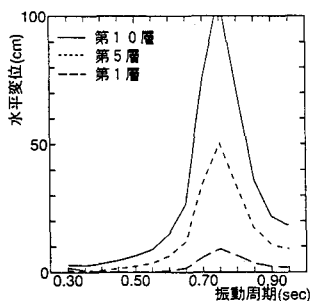


図2 ゴンドラと構造物が一体化している

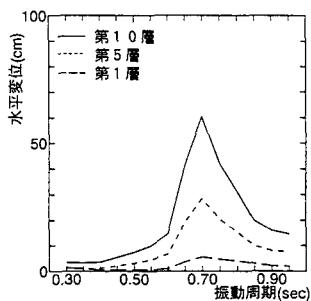


図3 空隙1 cm

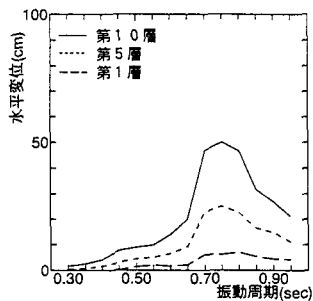


図4 空隙6 cm

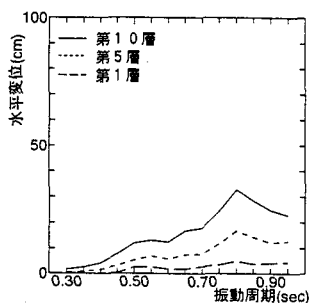


図5 空隙10 cm

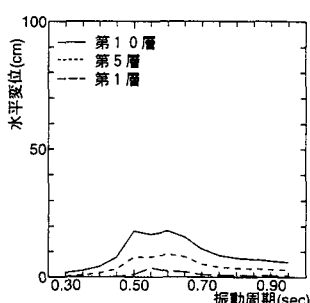


図6 空隙16 cm

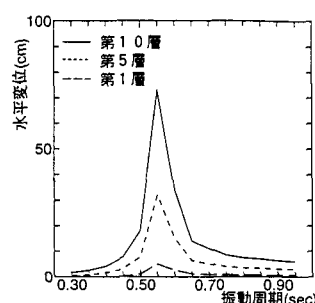


図7 空隙30 cm

5. おわりに

今回は構造物を2次元骨組み構造物として解析を行ったが、今後は3次元のままの現実に近い条件で解析を行い比較検討する予定である。

参考文献

- 1) 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3年度研究発表会講演概要集、1992 3