

# 垂直循環式立体駐車場の地震応答解析

(ケージの揺動と衝突を考慮に入れたモデル)

岐阜大学大学院 ○学生員 中谷俊一  
 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

都心部における駐車場不足を解消するため、近年多数の立体駐車場が建設されている。これら立体駐車場のうち、多数を占める機械式立体駐車場は鉄骨骨組構造の柔構造で自重に対する自動車などの積載重量の割合が非常に大きい構造物である。そのため地震外力が作用した際、地震外力に対して構造物が共振現象を起こし易く非常に大きな揺れ応答変形を示す特性を持っているように思われるが、実際には機械式立体駐車場では地震外力が作用した場合、一般の柔構造物に比べて大きな揺れ応答変形がみられない。これは機械式立体駐車場においては車と車を収納するケージが構造物に対して固定されていないことによる。ケージが固定されていないため、地震外力が作用したときケージが構造物の応答変形に付随せず遅れながら個々に揺動し、このケージの揺れの反作用により構造物の応答変形が抑制されるのである。

機械式立体駐車場の特徴である地震外力が作用したときのケージの揺動による構造物の応答の抑制をここでは垂直循環式立体駐車場に対して検証する。

## 2 解析方法

垂直循環式立体駐車場の最も大きな特徴はエンドレスチェーンとそれに付けられたケージである。エンドレスチェーンは上下の歯車により張られており、チェーンガイドの内側で循環しているため、ほとんど変形しない。それに対して自動車を収納するケージはチェーンに対してピン結合されていて、ケージの両側には一定の間隔でケージのストッパーが設けられているだけで固定されていない(図1)。そのためケージは外力が作用した際ストッパーのクリアランス内で自由に揺動する。そこでケージを一定のクリアランスを持つ単振り子として、二次元平面構造にモデル化を行う(図2)。そのうえで複数個の水平変位を自由度とする系に縮約を行い、解析モデルとする。この解析モデルに対し振動方程式を立て Newmark's  $\beta$  Method を用い逐次積分を行う。解析に際して構造物の最大応答以外に各ステップ毎の応答を記録保持して解析を行うことにより垂直循環式立体駐車場の構造上の特徴である自動車収納用のケージがいかにかに構造物の応答に対して影響するか、また、いかにすれば最も効果的に応答を小さくすることが出来るかを明らかにする。

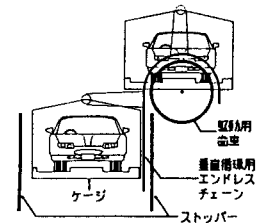


図1-機構図

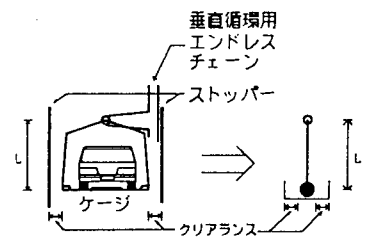


図2-ケージのモデル化

## 3 解析例

高さ30.735m、幅5.5m、駐車台数32台の既存の標準的な垂直循環式立体駐車場を10個の代表点に縮約を行い解析モデルとする(図3)。地震外力として1940年5月18日のIMPERIAL-VALLEY地震のEL-CENTROでの地震加速度記録を用い、最大加速度を300galとして1/1000秒間隔で解析を行ったものが次の解析例である。

解析例として、次の3タイプのモデルを考える。

- (1) ケージとストッパーとの間のクリアランスを0cmとして構造物とケー  
ジとが一体となったモデル。固定モデル。
- (2) 左右のクリアランスを大きくとり、ケージとストッパーとの間で衝  
突が発生せず、ケージが自由に揺動するモデル。衝突無しモデル。
- (3) 左右のクリアランスを変化させ、跳ね返り係数0.4でケージがストッ  
パーに衝突するモデル。衝突ありモデル

これらのモデルに対して比較検討を行った。なお、この構造物の固  
有周期は第1固有周期で構造物の重量のみを考慮した場合0.55(sec)、  
構造物の重量とケージの重量を考慮した場合0.75(sec)となっている。

#### 4 解析結果

固定モデルと他のモデルとの比較を行い、ケージの揺動による応答  
の変化をみる。図4は構造物最上部の第10代表点での3モデルの変位  
応答を比較したものである。クリアランス0cmとしてケージを固定し  
たものとクリアランス15cmとしてケージが自由に揺動する衝突無しモ  
デルとを比較する。どちらのモデルも地震外力によって大きな変位応  
答を示すが、ケージを固定していない方がケージの揺動により応答が  
小さく表れているのが確認できる。次にケージの衝突

が発生する場合について比較を行ってみる。衝突の発  
生頻度を変えるためクリアランスを変化させ解析を行  
い、最大応答を比較すると図5のような応答が得られ  
た。そこで変位応答が最小となるクリアランス 8cmを  
衝突ありモデルの比較対象とした。衝突無しモデルと  
を比較すると衝突の発生により応答が単純な波形から  
ずれ始め、やがて波形が凹凸を持つ複雑なものへと変  
化していく。このときのケージの相対変位を示したも  
のが図6である。ケージがクリアランスサイズである  
8cmまで揺れて、ストッパーとの間で頻繁に衝突を繰  
り返し始めると同時に変位応答の波形が凹凸を持つ複  
雑なものへと変化していったことが確認できる。  
このようなケージの衝突により、構造物の変位応答が  
衝突無しモデルよりさらに小さく表れた。このように  
構造物の重量に対して積載物の重量の非常に大きい機  
械式立体駐車場のような立体骨組み構造物において、  
積載物を固定させず一定の範囲で自由に揺動させ、衝  
突を許容することは耐震工学上非常に有効な手段であ  
る。

ポスターセッションにおいてはケージの揺動により  
構造物の応答が抑制される様子を、パソコンを用いて  
シュミレーションする。

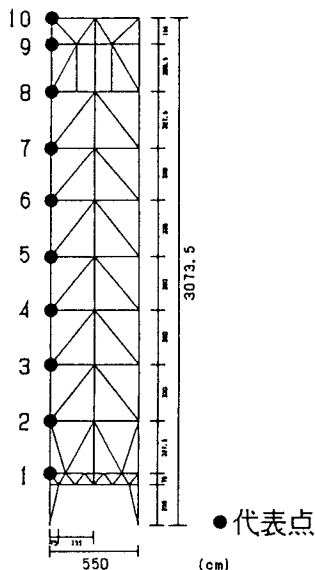


図3 - 骨組図

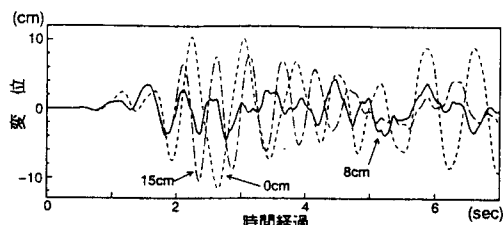


図4 - 第10代表点の変位応答  
(クリアランスの違いによる応答の変化)

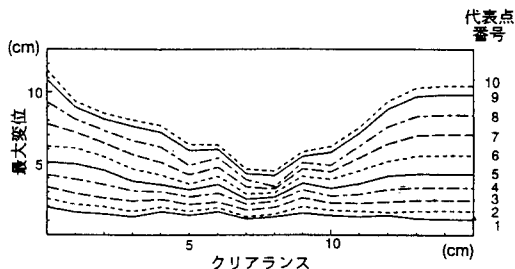


図5 - 各クリアランスにおける最大変位

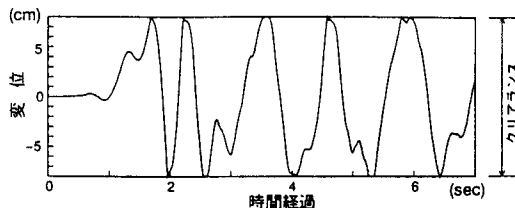


図6 - 第9代表点のケージの相対変位  
(クリアランス 8 cm)