

(I - 40) ゴンドラ式立体駐車場の振動解析

株式会社 オリエンタルコンサルタンツ 正会員 堀 恒

1. はじめに

現在の大都市では、狭い土地を有効に活用することのできる立体駐車場の需要が年々高まっている。立体駐車場は一般的に鉄骨骨組みによる柔構造であるが、積載物の重量が大きいと、地震力が作用すると変形が大きくなる特徴がある。わが国では、地震が頻繁に起こるため、立体駐車場に対しても十分な耐震設計が必要である。

本稿では、立体駐車場の一例として図-1（次項）のような垂直循環式ゴンドラタイプの駐車場を対象とした。この駐車場は、車両を載せるゴンドラがチェーンにピン結合されてブランコ状になっており揺れやすい。ゴンドラの両側にはガイドレールがあり、クリアランス以上の大きな振動が生じると、ガイドレールに衝突し、ゴンドラの変位が抑制される。この反力が、構造全体に作用するため、地震による自己振動を助長したり抑制したりすることになる。本稿は、このクリアランスの変化が、駐車場構造物の振動にどんな影響を与えるかを数値解析により調べたものである。

2. 検討方法

立体駐車場を二次元骨組み構造とみなし、水平方向のみの地震力と衝突力を受けるものと考えてNewmarks^{*} β 法を用いて動的解析を行った。ゴンドラとガイドレールとの衝突は、振子運動の水平成分のみを考慮し、あたかもゴンドラが横に滑るかのような仮定をおいた。衝突の影響は、構造物本体と車両を積載したゴンドラの運動量を保存し、反ね返り係数を $e=0.4$ と仮定することで考慮した。解析は、ゴンドラとガイドレールの間のクリアランスを変化させることにより衝突頻度（または時間間隔）を変化させ、種々の振動数のsin波を構造物本体基部に入力することにより周波数応答関数を求め、最も安全性の高いパターンを検討した。

3. ゴンドラの状態の違いによる構造系全体の振動特性

ゴンドラが自由に振動していない状態と振動している状態について、構造系全体の固有周期の変化について調べた。ここで、車を積載したゴンドラの質量を m 、構造本体の質量を M とする。

状態①：ゴンドラに生じる慣性力が小さく摩擦力を越えない場合や、慣性力が大きくゴンドラが構造本体を押し続ける場合には、ゴンドラは振動せず、質量が $M+m$ の振動系となる。

状態②：構造系が大きな加速度を受けるなどして、ゴンドラの慣性力が支点部の最大静止摩擦力（滑動開始条件）以上になるとゴンドラは動き出す。ゴンドラの慣性力が小さくなり、ゴンドラと構造本体の相対速度が十分に小さいならば（滑動停止条件）、ゴンドラは自由な動きを停止する。ここで言う停止とは、ゴンドラと構造本体の相対速度がゼロとなり静止摩擦が発揮される状態である。振動している状態では、ゴンドラは構造物本体と同一の動きではなくなり、それ自身の慣性力と摩擦力で構成される運動方程式に則して振動する。構造本体は、質量 M の振動系となるが、時々ゴンドラの衝突による反作用としての外力が作用する。

停止状態（初期状態）から加振された場合、はじめは $M+m$ の振動系（状態①）として振動するが、共振に近づくると必然的にゴンドラの応答加速度が大きくなり、ゴンドラが自己振動を開始する（状態②）と振動系全体の固有周期が変化する。

前述の状態①、②について固有値解析を行った結果を表-1に示す。

表-1 構造本体の固有周期(sec)

	状態①: (ゴンドラの自己振動なし)	状態②: (ゴンドラの自己振動あり)
1次	0.753	0.551
2次	0.266	0.182
3次	0.134	0.094
4次	0.087	0.058
5次	0.064	0.041
6次	0.050	0.031
7次	0.042	0.029
8次	0.037	0.026
9次	0.035	0.023
10次	0.031	0.023

4. 解析結果

図-2にクリアランスを0cm~17cmまで変化させた場合と衝突のない場合の、各層の最大変位を表した周波数応答関数を示す。クリアランスが0cmや1cmのように構造本体とゴンドラとが一体となって振動したり、すぐ衝突する場合は、状態①での1次固有周期で共振が起こる。逆に、クリアランスが大きく衝突なしのように構造本体とゴンドラとが一体となって振動しない場合は状態②での1次固有周期で共振が起こる。このような共振を回避する方法として、13cmや17cmのようにあるクリアランスを設けて適度な衝突を起こさせることが有効であることがわかる。

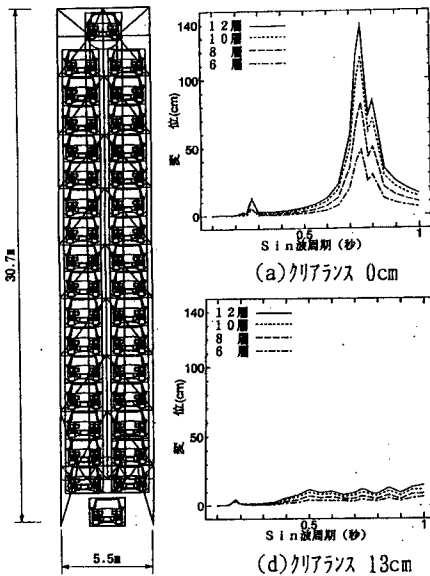


図-1 構造図

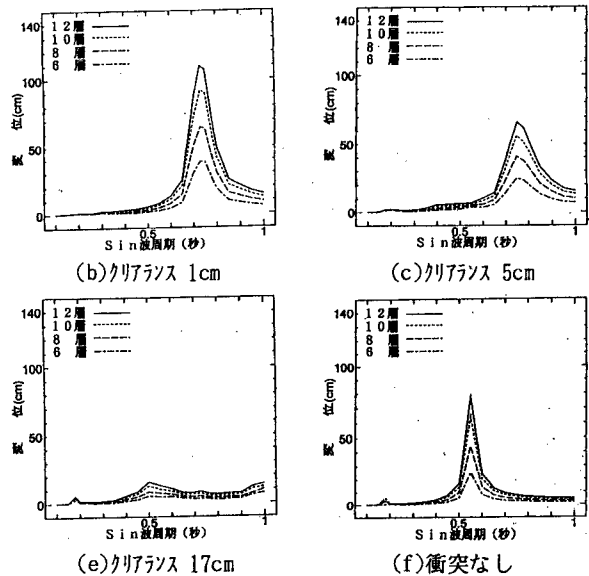


図-2 変位の周波数応答関数

5. まとめ

本研究の解析により、ゴンドラが構造本体に衝突することによる制振効果を確認することができた。地震のように入力周期が刻々と変化する場合は、ゴンドラの振動も複雑になり、効果が十分期待できない可能性があるが、少なくとも風荷重による共振に対しては効果があると考えている。

6. 謝辞

本研究にあたっては、岐阜大学工学部の中川建治教授に終始ご指導いただき、まとめることができました。ここに記して感謝の意を表します。