

床に段差を有する鉄骨造立体駐車場建物の振動特性に関する研究

T O 6 K 7 1 1 B 増田祐也
指導教員 土井希祐教授

1. 研究背景・目的

現在コスト削減などの面から床に段差を有する鉄骨造立体駐車場建物が増えている。しかし、床に段差を有する建物の構造的な特性が明確になっていないため、統一的な設計方法が存在していないという問題がある。

本研究では、床に段差を有する鉄骨造立体駐車場の3次元フレーム解析を行うことにより建物の振動特性を検討し、静解析との比較を行うことを目的としている。

2. 検討対象建築物

床に段差のある2層3段の鉄骨造の立体駐車場とする。ただし、高床部と低床部が段差部において構造的に一体となったものとする。(図1、参照)。

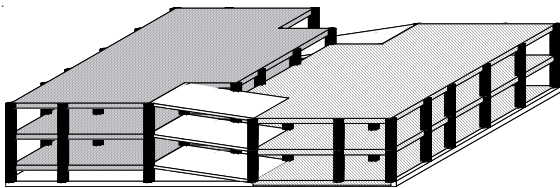


図1. 検討対象駐車場外観パース

3. 建物のモデル化

3次元フレーム解析ソフトMultiflame4Dを用いてモード解析、静解析および振動解析を行う。その際の検討対象建物のモデル化の手法を以下に示す。

鉄骨部材は中心軸を通る線材としてモデル化する。合成スラブで作られた床を剛床と仮定し、高床と低床を別々に、その階の全ての節点を同一変位グループとした。部材の質量は解析ソフトの既定の部材断面を用いるので、単位長さ重量が自動的に入力される。柱および梁以外の固定荷重および地震時の積載荷重は柱の支配面積に応じて節点質量として分配する。スロープ部はブレースに置換した。

4. 解析方法

【モード解析】

解析ソフトを用いて、固有値及びモード形状を求める。モード解析は10次モードまで行う。

【振動解析】

El Centro、Kobeの2種類の地震波を用いる。最大加速度を200galに修正し解析を行う。地震波の作用のさせ方は6パターンあり、計12ケースの振動解析を行った。地震による減衰はRayleigh型減衰とし、モード解析の結果より減衰係数を定義する。

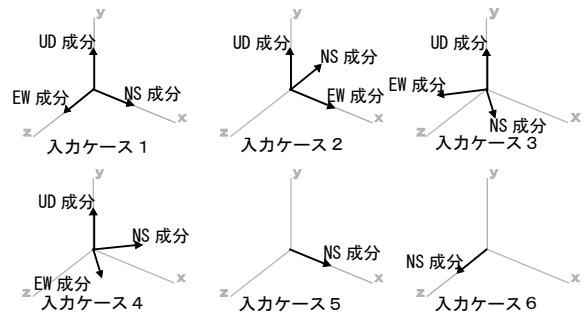


図2. 地震波入力パターン

【静解析】

静解析では各階に A_i 分布に基づく水平力を作用させる。 A_i 分布の計算方法は2種類とした。高床側と低床側を別個の3層と2層の建物として A_i を求めるものと、高床と低床を一体の5層の建物として A_i を求めるものの2種類である。前者の A_i による層せん断力を用いての解析を静解析1、後者の A_i による層せん断力を用いての解析を静解析2とする。層せん断力の計算に用いた標準層せん断力係数 C_0 は0.2とする。荷重の作用のさせ方は図2の6パターンとし、計12ケースの静解析を行った。

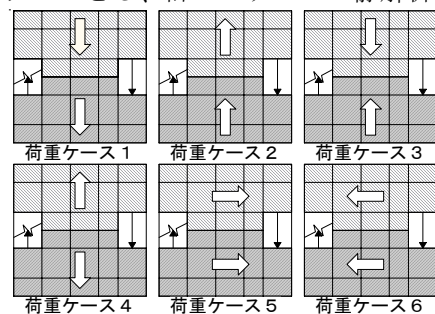


図3. 静解析荷重パターン

5. 結果および考察

【振動モード】

モード解析を行った結果、1次固有周期が建築基準法の略算式を用いた値0.225秒よりも少し長くなった。また1次モードでは高床側、低床側ともにねじれが生じた。2次モードでは段差平行方向への並進となった。

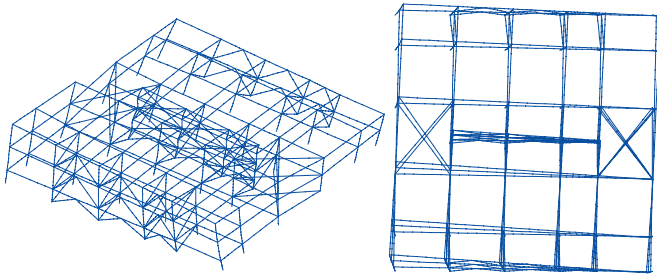


図4. 1次モード形状

表1. モード解析結果

モード次数	周波数 (Hz)	周期 (秒)	刺激係数x	刺激係数y	刺激係数z	モード質量
1	2.922	0.342	0.28	0.003	-1.13	3.58×10^3
2	4.437	0.225	1.003	-0.002	0.56	7.78×10^3

モード解析の結果より、振動解析を行うときの減衰係数は $\alpha = 0.071$ 、 $\beta = 0.005$ となる。

【最大変位】

主な解析での最大変位を表2に示す。2種類の地震波で最大加速度を統一しても結果に大きな差が生じた。全ての解析パターンにおいてKobe波を作用させた時の方が、El Centro波の時よりも変位が大きくなった。これは地震波の特性が影響していると考えられる。また、どの振動解析においても段差直行方向（Z軸方向）の変位の方が段差平行方向（X軸方向）の変位より大きかった。それは段差平行方向のみに地震波を作用させても同様であった。静解析1と静解析2を比較すると静解析2の方で変位が大きくなった。しかし、段差直行方向において高床側と低床側で逆向きに力のかけた場合は、差が小さかった。振動解析と静解析の結果を比較すると、振動解析の結果の方で変位が大きくなった。しかし、静解析2の場合とEl Centro波による振動解析の段差平行方向における変位では値が近くなった。

表2. 最大変位

解析パターン	dx(cm)	dy(cm)	dz(cm)	θ_x (deg)	θ_y (deg)	θ_z (deg)
El Centro-3	0.838	0.217	1.634	0.249	0.291	0.098
Kobe-3	1.154	0.276	2.176	0.287	0.429	0.119
El Centro-4	0.604	0.161	1.034	0.159	0.213	0.072
Kobe-4	1.326	0.380	2.658	0.350	0.511	0.145
El Centro-5	0.597	0.111	0.695	0.109	0.129	0.060
Kobe-5	0.685	0.144	1.181	0.165	0.225	0.069
静解析1-1	0.085	0.002	0.713	0.115	0.030	0.017
静解析2-1	0.122	0.042	1.083	0.197	0.069	0.029
静解析1-5	0.563	0.000	0.114	0.025	0.017	0.002
静解析2-5	0.818	0.008	0.062	0.025	0.075	0.013

【層間変形】

段差直行方向の層間変形は図5や表3のようになり、どの解析でも一次設計での許容層間変形角1/200を超えるところはなかった。しかし、Kobe波を用いた時では層間変形が大きくなり、変位が許容値近く値になる部分もあった。静解析では上階ほど層間変形角が小さくなり、振動解析とは上階ほど差が大きくなった。また、静解析では、同一階ではほぼ変位が一樣になるのに対して、振動解析では変位が大きい部分と変位が小さい部分が存在し、ねじれが生じていた。段差平行方向では静解析、振動解析ともに段差直行方向に比べて層間変形角が小さくなった。このことから、変形に関しては段差直行方向に関して問題が発生しやすいと言える。

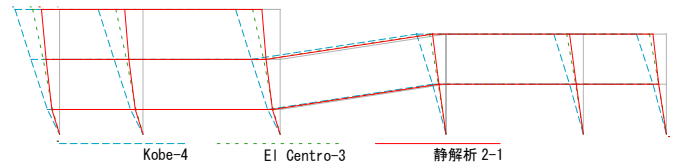


図5. 層間変形

表3. 層間変形角

解析パターン	高R階	低R階	高2階	低2階	高1階
El Centro-3	2.15×10^{-3}	1.81×10^{-3}	1.89×10^{-3}	1.50×10^{-3}	2.81×10^{-3}
Kobe-4	3.11×10^{-3}	3.24×10^{-3}	3.29×10^{-3}	2.66×10^{-3}	4.91×10^{-3}
静解析2-1	8.43×10^{-4}	1.28×10^{-3}	1.22×10^{-3}	1.45×10^{-3}	3.09×10^{-3}

【最大応力】

表4は主な解析パターンでの柱及びブレースの最大軸力とその時の応力度を示したものである。値は引張を正としている。軸力はEl Centro波を用いた時に小さくなり、Kobe波を用いた時に大きくなった。全ての解析パターンにおいて降伏応力度を超える部材は無かったが、Kobe波を用いた時には降伏応力度近く値となることもあった。また、ブレースの軸力は段差直行方向の部材で大きくなった。

表4. 最大応力

解析パターン	柱最大軸力 (t)	柱応力度 (t/cm ²)	ブレース最大軸力 (t)	ブレース応力度 (t/cm ²)
静解析2-2	-92.5	-1.80	-58.6	-1.48
El Centro-3	52.0	1.01	46.3	1.17
Kobe-4	95.9	1.87	91.5	2.31

6. まとめ

- モード解析の結果、対象の建物はねじれを生じやすいということがわかった。
- 振動解析の結果は段差直行方向の変位が大きかった。また、Kobe波を用いた時で変位、応力が大きくなった。そのため地震波の特性の影響について今後検討の必要がある。
- 振動解析の方が静解析より最大変位が大きくなった。