

地下街の地震時応答に及ぼす入力地震動の加振方向の影響

弘前大学 学生会員 ○樽井 紀和
弘前大学 非会員 八木橋 怜
弘前大学 フェロー会員 有賀 義明

1. まえがき

一般に、地上に比べて地下では地震動の加速度振幅が小さい傾向があるため、地下は耐震上有利であると思われる。しかし、地盤と構造物の相互作用や隣接する構造物間の相互影響等によっては、地下構造物の耐震性に大きな影響が及ぶことが想定される。東京、名古屋、大阪等の大都市では地下空間の利用が進んでいるが、首都圏直下地震や南海トラフ巨大地震を想定した場合には、地下街や地下鉄等の地震時安全性の確認と確保が重要な課題になる。本研究では、構造物の耐震性能評価の精度・信頼性の向上を目的として、地下街の地震時応答に及ぼす地震動の加振方向の影響について三次元動的解析により検討した。

2. 三次元動的解析による検討

2.1 概要

地下構造物と地上構造物の地震時の相互の影響を検討することを目的として、地下鉄の上方に地下街があり、その地下街の両側に高層ビルが建っている場合を想定して、入力地震動の加振方向が地下街の地震時応答にどのような影響を及ぼすかについて比較検討した。

2.2 三次元動的解析モデル

解析モデルの全景を図-1 に示す。また、地盤を省略し構造物（地下街、地下鉄、高層ビル）のみを表示した解析モデルを図-2 に示す。高層ビルは、地上高さ 60m、地下の深さ 15m とし、形状は図-2 に示したように設定した。地下街と高層ビル等の動的物性値を表-1 に、地盤の動的物性値を表-2 に示す。高層ビルの動的せん断剛性の値は、一次の固有周期が概ね 1.2 秒になるように設定した。解析モデルの側方境界は粘性境界、下方境界は剛基盤とした。節点数は 35080、要素数は 30880 である。解析プログラムは DIANA を用いた。

2.3 入力地震動

入力地震動は、図-3 に示したように、土木学会コンクリート標準示方書耐震性能照査編¹⁾に例示されているレベル2地震動基盤波の 0 秒～15 秒の区間を使用し、下方剛基盤から入力した。

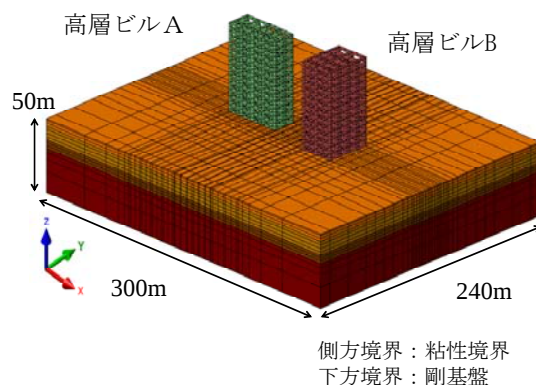


図-1 解析モデルの全景

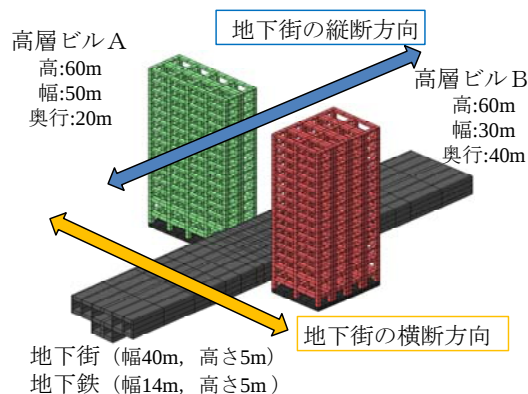


図-2 構造物のみを表示した解析モデル

表-1 構造物の動的物性値

項目	高層ビル		地下街 地下鉄
	A	B	
せん断剛性 (N/mm ²)	14,600	14,600	9,000
密度 (g/cm ³)	2.3	2.3	2.3
ポアソン比	0.2	0.2	0.2
減衰定数	0.03	0.03	0.03

表-2 地盤の動的物性値

層 No.	層厚 (m)	せん断剛性 (N/mm ²)	密度 (g/cm ³)	ポアソン 比	減衰 定数
1	5	340	2.1	0.40	0.05
2	9	560	2.2	0.35	0.05
3	6	840	2.3	0.35	0.05
4	30	1250	2.5	0.25	0.03

キーワード：地下街、高層ビル、三次元動的解析、地震時挙動、相互影響

連絡先：〒036-8561 弘前市文京町 3, 弘前大学大学院理工学研究科地球環境学コース Tel・Fax 0172-39-3608

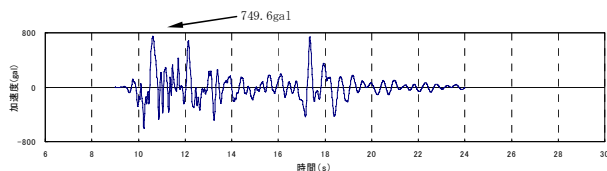


図-3 入力地震動

2.4 解析結果

(1) 加速度応答

ビル A の頂部で最大加速度が発生した時刻の加速度分布を図-4 に示す。また、図-5 に示した 代表出力位置の最大加速度を表-3 に示す。地下街周辺部の加速度応答は、横断方向加振の方が大きい傾向が見られる。

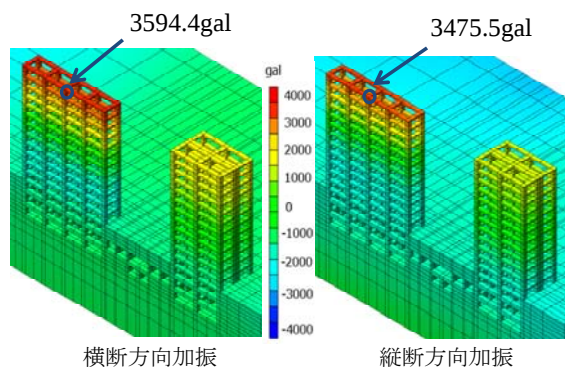


図-4 ビル A の加速度が最大になった時の加速度応答

表-3 代表出力位置の最大加速度

出力位置	最大加速度 (gal)	
	横断方向加振	縦断方向加振
1	749.6	749.6
2	1418.7	1420.7
3	1485.7	1459.6
4	1596.9	1546.1
5	1603.9	1534.0
6	1744.1	1575.7
7	1784.5	1625.0
8	1999.2	1850.3
9	1369.7	1331.1
10	1864.4	1830.0
11	3594.4	3475.5
13	1362.3	1306.0
14	2107.5	1712.0
15	6546.0	3730.7

(備考：出力位置は図-5 参照，太字は地下街周辺部)

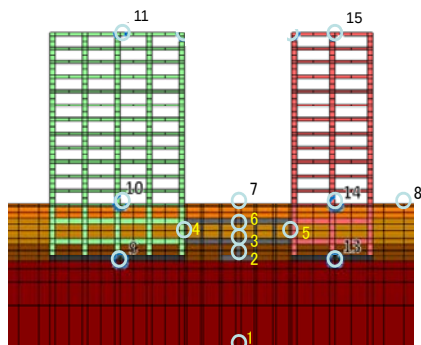


図-5 加速度の代表出力位置

(2) 地震時応力

最大地震時応力の分布を図-6 に示す。横断方向加振では引張応力，縦断方向加振ではせん断応力を表示した。また、図-7 に示した代表出力位置の最大地震時応力の値を表-4 に示す。図-6 より、横断方向加振では高層ビルと地下街の接続部で大きな地震時応力（引張応力）が発生しているのに対して、縦断方向加振では地下街の中柱で大きな地震時応力（せん断応力）が発生していることが分かる。加振方向によってビルの地震時挙動が変化し、その影響が地下街とビルの接続部や地下街の中柱に及んだのではないかと考察される。

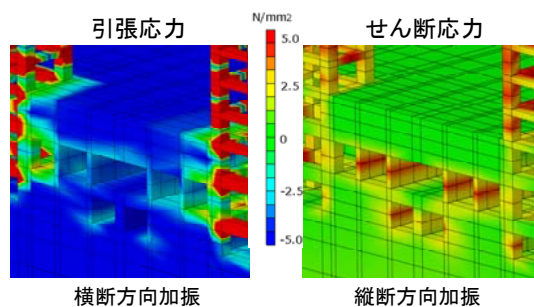


図-6 全時刻を通しての最大地震時応力の分布

表-4 代表出力位置での地震時応力の最大値

出力位置	地震時応力(N/mm²)	
	最大引張応力	最大せん断応力
	横断方向加振	縦断方向加振
点 1	2.97	2.56
点 2	3.09	1.45
点 3	0.13	3.77
点 4	0.15	3.82
点 5	3.28	1.25
点 6	3.94	2.05

(備考：出力位置は図-7 参照)

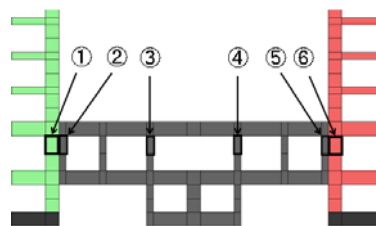


図-7 最大主応力の出力位置

3. あとがき

大都市では、地下街と高層ビルが連結されていたり、地下街や地下鉄の直上に高層ビルが建っていたりする場合が想定される。地震被害は、構造物の連結部や剛性の変化部等で生じる危険性が高いので、このような場合は、異種構造物間の地震時の相互影響を考慮した耐震性能評価と地震対策が必要である

参考文献

1)土木学会:コンクリート標準仕方書耐震性能照査編, p47, 2002