高層ビルの地震時挙動が地下街の耐震性に及ぼす影響について

弘前大学　　○フェロー 有賀 義明　平野 悠輔
（株）ＪＰビジネスサービス　　正会員　浅賀 裕之
ＪＩＰテクノサイエンス（株）正会員　竹原 和夫

1. はじめに

世界有数の地震被災国である我が国では，地上空間，地下空間を問わず，大地震時の安全性の確認と確保は大変重要な課題である．一般的に地上に比べて地下では地震動の振幅が小さい傾向があり，地下空間は耐震上有利であると思われている．しかし，地盤や構造物の動的相互作用によっては地震時の加速度や変位が局所的に増幅したり減衰したりすることも想定され [1]，地下構造物と地上構造物の相互影響によっては双方の耐震性に大きな影響が及ぶことも想定される [2]．そこで，単純化した解析モデルを設定して三次元動的解析を行い，地下構造物と地上構造物の地震時の相互の影響について検討した．

2. 三次元動的解析による検討

2.1 検討の目的

地下構造物と地上構造物の接続部で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面を想定して，高層ビルの地震時挙動が地下街の耐震性にどのような影響を及ぼすかについて検討した．

2.2 三次元動的解析モデル

図-1 と図-2 に解析モデルを示す．地下鉄は，幅 14m，高さ 5m，奥行 200m，地下街は，幅 40m，高さ 5m，奥行 200m とした．高層ビルは，地上の高さ 60m，地下の深さ 15m とし，図-1 の左側のビルＡの平面形状は 50m×20m，右側のビルＢは 30m×40m とした．地盤は，幅 300m，奥行 240m，深さ 50m の領域をモデル化した．ビルは直接基礎を想定し，地表の地盤の S 波速度は 400m/s を仮定した．解析モデルの節点数は 35080，要素数は 30880 である．地下鉄，地下街，高層ビルの動的物性値は表-1 に，地盤の動的物性値は表-2 に示すとおりである．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．解析プログラムは DIANA を使用した．

2.3 入力地震動

入力地震動は，土木学会コンクリート標準示方書耐震性能照査編 [3]に例示されているＬ２地震動基盤波（Ｌ２スペクトルⅡ）の 0 秒～15 秒の区間（図-3 参照）を用い，下方剛基盤から入力した．

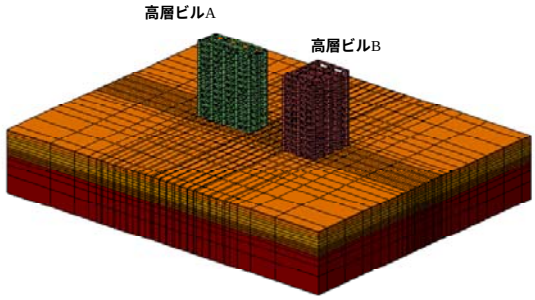

図-1　三次元解析モデルの全景

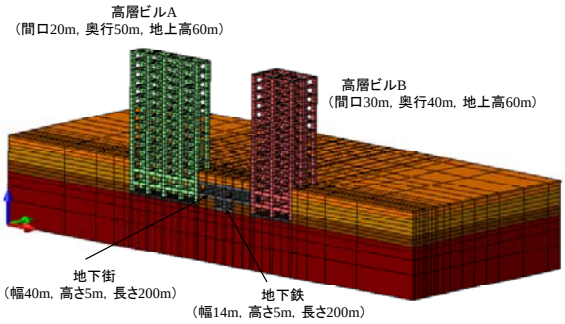

図-2　解析モデルの中央の横断面

表-1　地下および地上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/mm²)	6700	6700	9000
密度(g/cm³)	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)	S 波速度 (m/s)	密度 (g/cm³)	ポアソン比	減衰定数
1	5	400	2.1	0.40	0.05
2	9	500	2.2	0.35	0.05
3	6	600	2.3	0.35	0.05
4	30	700	2.5	0.25	0.03

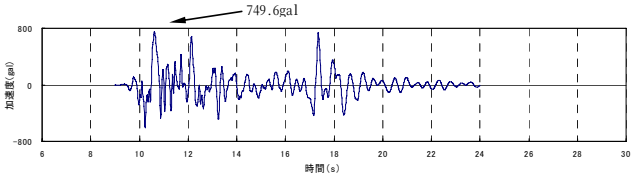

図-3　入力地震動

キーワード：地下街，高層ビル，接続部，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

2.4 解析結果

地下街の横断面方向（地下街の長軸直角方向）に地震動を作用させた時の解析結果の一例を次に示す．

(1)ビルの変位挙動

2 棟のビルの頂部が最も近づいた時の変位挙動を図-4 に示す．この時の 2 棟のビルの頂部の相対変位は 23.2cm であった．同様に，2 棟のビルが最も遠ざかった時の変位挙動を図-5 に示す．この時のビル頂部の相対変位は 27.3cm であった．これらの結果から，2 棟のビルはいつも同位相で挙動するわけではなく，互いに逆位相で変位挙動することが理解できる．

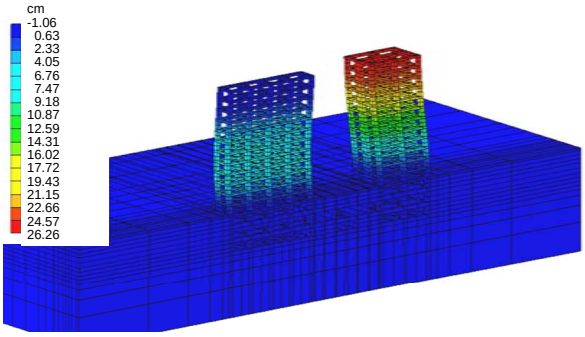

図-4 ビル頂部が最も近づいた時の変位挙動

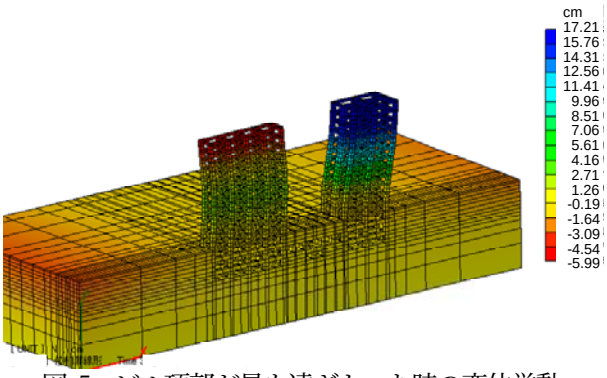

図-5 ビル頂部が最も遠ざかった時の変位挙動

(2) 接続部の地震時応力

全時刻を通しての地震時の最大主応力分布を図-6 に，代表出力位置での地震時の最大主応力の値を表-3 に示す．本研究では，地下街とビルの接続部に着目しているが，地下街とビルの接続部の最大引張応力は 4.90N/mm² であった．これらの結果から，地下街と高層ビルの接続部での地震時応力は，高層ビルの地震時変位挙動の影響を受けて変化すると考察することができる．

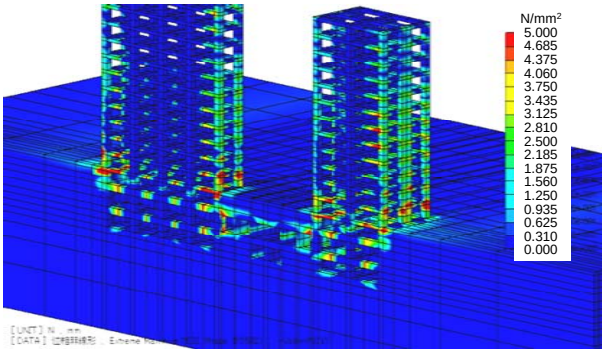

図-6 地震時の最大主応力の分布

表-3 代表出力位置での地震時の最大主応力

出力位置	最大主応力(N/mm²)
点 1	-0.53
点 2	4.01
点 3	-0.47
点 4	0.54
点 5	4.90
点 6	3.55

（備考：出力位置は図-7 参照．正は引張，負は圧縮）

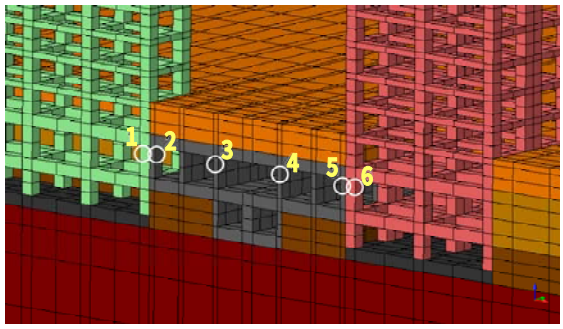

図-7 最大主応力の出力位置

3. おわりに

近い将来，東海地震，東南海・南海地震，首都圏直下地震等の発生が想定されている．これらの地震が想定されている本州太平洋側には，東京，横浜，名古屋，大阪などの大都市があり，地下街や地下鉄等の利用が高密度で進展している．地下構造物の耐震性能照査の精度・信頼性を向上させるためには，個々の構造物のみに着目した，個別的な照査では不十分であり，隣接する構造物との大地震時の相互の影響を考慮した，総合的な照査が必要であると考えられる．大規模な地震災害の特徴は広域性と同時多発性にあると考えられ，大都市では地下と地下を問わず様々な構造物や施設が複合的に混在している場合が多いので，隣接した構造物群の地震時の相互影響を考慮した耐震性能照査が必要であると考えられる．

参考文献

1) 有賀義明：軟弱地盤を利用した免震効果の可能性について，土木学会第 20 回地震工学研究発表会，No.56, p.221-224,1989.

2) 有賀義明，浅賀裕之：地下空間と地上構造物の地震時の相互影響に関する基礎的検討，土木学会地下空間シンポジウム論文集，第 11 巻，A3-2，p.89-97，2006

3)土木学会:コンクリート標準仕方書耐震性能照査編,p.47,2002