弘前大学大学院理工学研究科 学生会員 ○樽井 紀和 弘前大学大学院理工学研究科 フェロー 有賀 義明 札幌市水道局 正会員 猪子 敬之介

1. はじめに

異種構造物の接続部や構造変化部では、地震時の相 対変位や応力等の増大によって被害が発生しやすいと 考えられる.しかし、従来、構造物の耐震設計は個別 に行われており、耐震性能照査も個々の構造物のみに 着目して実施されているが通例である.

本研究では,異種構造物間の相互影響を考慮した耐 震性能照査技術と地震対策技術の確立を目的として, 地下街と高層ビルの接続部における両者の相互影響に ついて三次元動的解析により検討した.一般的に地下 街等の線状構造物に関しては,構造物の横断方向(長 軸直角方向)に加振して検討するのが通例であるが, 本研究ではこれまでの研究^{1),2)}を踏まえ,縦断方向(長 軸方向)に加振した場合について検討した.

2. 三次元動的解析

2.1 概要

地下構造物と地上構造物の接続部での地震時の相互 影響を検討するために、地下に地下鉄と地下街があり、 地下街の両側に高層ビルが接続されている場合を想定 して三次元動的解析を行った。解析には、解析プログ ラム DIANA を使用した.

2.2 三次元動的解析モデル

解析に用いた有限要素モデルの全体図は、図-1に示 すとおりである.また、地下街・地下鉄・高層ビルの 形状と配置は、図-2に示すとおりである.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の高層ビルAの平面形状は50m ×20m、高層ビル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.境界条件 は側方を粘性境界、下方を固定境界とした.

2.3 構造物と地盤の動的物性値

構造物の動的物性値は,表-1に示すとおりである. 高層ビルは,高さ60mで12階建てを想定し,ビルの動 的せん断剛性に関しては,一次固有周期が1.2秒にな るように逆算的に設定した.地盤の動的物性値は,大 都市域の堆積地盤を想定して,表-2に示したような動 的物性値を仮定した.

2.4 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³⁰に例示されている、L2 地震動基盤波の 0秒から15秒までの区間を使用し地下街の縦断方向に 入射した.入力地震動波形は図-3に示すとおりである.



図-2 地下街・地下鉄・高層ビルの配置

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	
	А	В	地下鉄	
せん断剛性(N/mm ²)	6700	6700	9000	
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 S波速度 地盤 層厚 密度 ポアソ 減衰 ン比 (m) (m/s) (g/cm^3) 定数 Soil1 5 400 2.1 0.40 0.05 Soil2 9 500 2.2 0.35 0.05 2.3 Soil3 6 600 0.35 0.05Soil4 30 700 2.5 0.250.03



Keyword:構造変化部,三次元動的解析,有限要素法,せん断応力

·連絡先:青森県弘前市文京町3 弘前大学大学院理工学研究科 mail: h12gs408@stu.hirosaki-u.ac.jp

3. 解析結果

3.1 高層ビルの変位挙動による影響

地下街の縦断方向に地震動を入力した場合,ビルA 頂部とビルB頂部が最も遠ざかった時刻での変位挙動 (倍率:50倍)とせん断応力分布をそれぞれ図-4と図-5 に示す.図-4より,2棟のビルは逆位相で挙動するこ とがあることを理解することができる.この時の両ビ ル頂部の相対変位は25.61cmであった.ビルが逆位相 で挙動した場合,地下街と高層ビルの接続部で大きな せん断応力が発生するのではないかと思われるが,今 回の結果では、その傾向は特に見られなかった.



図-4 2棟のビルが最も遠ざかった時刻での変位挙動 (倍率:50倍)



図-5 2棟のビルか取も退さかった時刻での せん断応力分布

3.2 地下街・接続部における応力状態

全時刻を通しての地下街と高層ビルの接続部での地 震時の最大せん断応力の値を表-3に示す.代表出力 位置は、図-6に示すとおりである.地震時の最大せ ん断応力は、地下街と高層ビルの接続部である、位置 5 では2.43N/mm²,地下街の中央部である、位置 4 では 3.89N/mm²となり、接続部よりも地下街の中央部で大き い結果となった.今回の解析では、地下街と高層ビル の接続部は連続体として解析しており、このような場 合は、両端を高層ビルで連結された地下街全体が構造 変化部に相当するようになるのではないかと思われる. 接続部での影響については、接続部にジョイント要素 を配置し、接続部の剥離や滑動を考慮した比較解析を 行い詳しく検討することが必要と考えている.

表-3 各出力位置での発生位置とせん断応力値

出力 位置	発生位置	せん断 応力値 (N/mm ²)
位置1	ビルAと地下街の接続部(ビルA側)	1.62
位置2	ビルAと地下街の接続部(地下街側)	2.12
位置3	地下街の中柱(ビルA側)	3.74
位置 4	地下街の中柱(ビルB側)	3.89
位置 5	ビルBと地下街の接続部(地下街側)	2.43
位置6	ビルBと地下街の接続部(ビルB側)	1.83



図-6 せん断応力の出力位置

4. まとめ

本研究では異種構造物間における地震時の相互影響 の解明を目的として、地下鉄と地下街と高層ビルを配 置した解析モデルを作成し、地震動を地下街の縦断方 向(長軸方向)に入力して三次元動的解析を行った.

その結果は、以下のとおりである.

・地下街の縦断方向に地震動を入力した場合, 地下街 の両側に接続されている高層ビルは互いに逆位相の挙 動をすることが確認できた.

・過去に実施した,地下街の横断方向に加振した解析 では,地下街と高層ビルの接続部で引張応力の増大が 見られたが,縦断方向に加振した場合は,接続部およ び地下街中央部でせん断応力の増加が見られた.

・形状や規模,動的変形特性等が相異なる,異種構造物が連結された構造系の耐震性能を照査する際には,構造物の横断方向(長軸直角方向)のみならず縦断方向(長軸方向)における影響も考慮した評価が必要であると考えられる.

5.おわりに

今後の課題としては、地下街と高層ビルの接続部の 非連続挙動(剥離・滑動)の影響、地盤および構造物 の動的非線形性(ひずみ依存性)の影響、地震動特性 (長周期成分等)の影響等について検討の必要がある と考えている.より現実に即した解析評価が可能にな るよう、更に研究を深めて行くつもりである.

参考文献

- 有賀義明・平野悠輔・猪子敬之介・竹内幹雄・小黒明・浅 賀裕之・村上正明:地下街の耐震性に対する高層ビルの 地震時挙動の影響, 土木学会論文集 A1, Vol66, た No. 1, pp. 208-215, 2010
- 2) 有賀義明・柿崎辰圭・猪子敬之介・竹内幹雄・小黒明・浅 賀裕之・依田昌宏・竹原和夫:地盤のS波速度を変化させ た場合の地下街と高層ビルの地震時相互影響について,土 木学会論文集 A1, Vo168, No. 4, I_766-I_773, 2012
- 3) 土木学会:コンクリート標準示方書耐震性能照査編, pp. 47, 2002