

I-42

表層地盤・微地形を考慮した
市街地の地震時挙動解析

東北大学工学部 学生員 ○名取 美咲
 東北大学大学院 学生員 車谷 麻緒
 東北大学大学院 正 員 寺田 賢二郎
 東北大学大学院 正 員 山田 真幸

1. はじめに

近年の耐震・防災意識の向上を背景として、国や地方公共団体の地震防災対策の整備や大規模計算機を用いた数値解析による地震災害予測システムの構築が急速に進んでいる。中でも地震ハザードマップは我々に身近な地震防災対策であるといえるが、同一区分に属す地点であっても実際には近接する地震災害には大きな差があることが報告されている。この要因として、近年の数値解析に基づいて作成された地震ハザードマップに用いられている数値地図や地理情報システム（GIS）上のデータの解像度が50m程度であることが挙げられる。そのため、それより小さい領域内での地形の情報や建物群の存在は考慮されておらず現在の地震被害予測は大域的な検討結果の代表値程度にとどまっており、より局所的な地形や近隣の建物群などの影響を考慮する必要がある。

そこで本研究では、既存の地盤や建物群、局所的な地形の差異を考慮した市街地の地震時挙動の有限要素解析を行い、表層地盤・微地形が地震応答に及ぼす影響を評価する。

2. 表層地盤への影響を考慮した地下構造を含む建物群の地震応答解析

地震災害に影響を及ぼすと考えられる建物群の表層地盤への影響について、仙台市内の市街地をモデルに地下構造を考慮した地震応答解析を行い、建物の上部構造の振動特性と建物群の相互作用がどのような影響を及ぼすか調査する。形状モデリングには3D-CADを用い、これをVOXELCON²⁾でVOXELメッシュ分割し有限要素解析を行った。

2.1 解析モデルと解析条件

本解析では建物群が表層地盤に与える影響に着目するとともに、建物群の上部構造の振動特性や相互作用の影響を評価する。サイトは仙台市の市街地をモデルとした1区画とし、入力する各材料定数も仙台市内で得られたデータを用いることとした。解析モデルおよび材料定数を図-1、表-1に示す。この解析モデルは地盤3層と建物群18棟からなり、そのうち地下構造を有するものは7棟である。これらの建物群による影響を比較・考察するために図-2に示す解析モデルを設定した。ここで、設定した4パターンのモデルは図-1に示した全体モデルAに加えて、B：地盤と建物1棟のモデル、C：地下構造を含み上部構造の重量を加えた地盤モデル、D：地盤のみのモデルの4つである。解析は、サイトの外圍の影響を低減する目的で導入した粘性境界の有効範囲を考慮して評価対象領域：120×100×60[m]に対して計算必要領域：300×250×60[m]の解析モデルを設定して線形動的陽解法による並列計算を行った³⁾。なお、建物群の材料定数は等価材料定数（ヤング率： 2.52×10^8 [MPa]、

表-1 材料定数

層	材料名	高さ [m]	ヤング率 [Pa]	密度 [kg/m ³]
地盤1	表土	3	1.92×10^7	1.39×10^3
地盤2	砂礫	4	1.26×10^7	1.89×10^3
地盤3	砂礫	13	2.84×10^8	1.89×10^3
道路	コンクリート	1	2.00×10^{10}	2.50×10^3
構造物	コンクリート	10~40	2.52×10^8	4.21×10^2

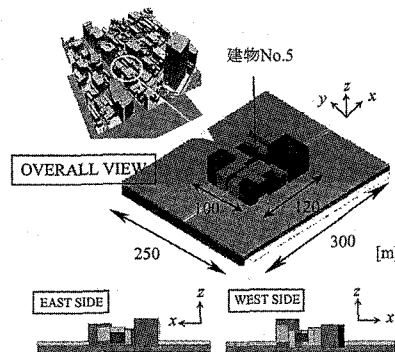


図-1 地下構造を考慮した地盤と建物群の解析モデル

ポアソン比：0.2）を解析的に求め同一の値を建物全てに用いた。

また入力地震波は、1978年の宮城県沖地震の際に住友生命仙台中央ビル地下2階で取られた加速度データを変位に変換し、主要動を含む5秒間を抽出して入力波として用いることとする。この地震波の加速度データはスペクトル解析を行った結果、NS成分に0.44[s]、EW成分に0.52[s]の卓越する周期を持つことがわかっている。

2.2 モデルBとDによる解析結果および比較・考察

まず、解析モデルBとDの結果を比較することで建物の有無が表層地盤の地震動へ与える影響を調査する。両者で得た結果のなかで、図-3に図-1で示した地下構造を有しない建物No.5基部の表層地盤上におけるx方向およびy方向の加速度の応答スペクトルを示す。ここで、示した値はモデルDの結果で正規化したものである。この建物No.5は高さ25[m]で、簡易計算式を用いて設計用1次固有周期が $T = 0.50$ [s]であることがわかっている⁴⁾。

図-3において、x（NS）方向では建物1棟を有するモデルBと地盤のみのモデルDは両者ともほぼ1に近い値を示しており全体的な差はみられない。一方で、図-3中に示したBy（モデルBのy方向成分）の加速度応答スペクトル値は全固有周期について大きな値を示し、建物No.5の固有周期が0.5[s]近傍でピークをもっていることがわかる。

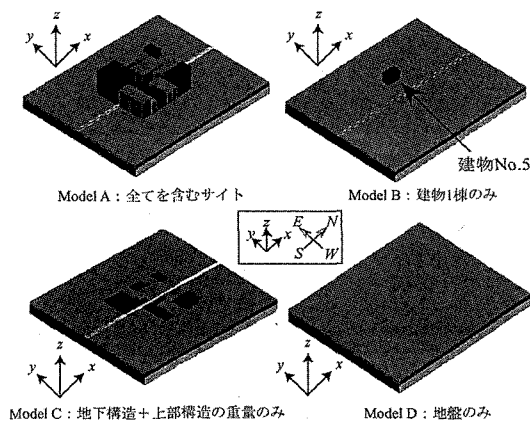


図-2 各解析モデルA～D

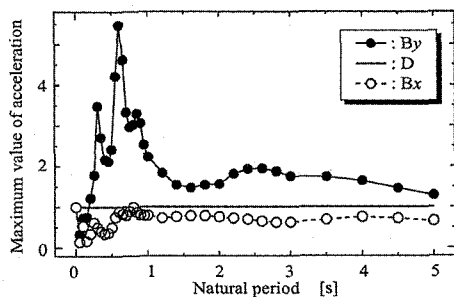


図-3 モデルB・Dでのx, y方向加速度応答スペクトル

以上から建物1棟が建つことでx方向成分は地盤の震動特性は地盤のみの場合と比較して変化しないが、y方向成分はほとんど全ての固有周期の建物を振動させる震動特性をもっていることがわかる。特に後者の原因としては建物No.5の固有周期が入力地震波のy方向成分の卓越する周期により近いことが挙げられる。そして、建物が共振に近い挙動を示すことにより、地盤のy方向の震動特性も建物の固有周期成分が卓越するものと考えられる。

2.3 モデルAとCによる解析結果および比較・考察

本節では、解析モデルAから建物群の高さ成分を取り除き、同じ質量を与えたモデルBを2.2項と同じく評価点を建物No.5の基部に取って比較することとする。モデルDの結果で正規化したx, y方向加速度の応答スペクトルを図-4に示す。

図-4よりモデルAではx方向について大きな差はない一方で、y方向では固有周期1[s]以下の応答スペクトル値が大きな値を示し、0.5[s]付近にピークがみられた。また、モデルCでも固有周期1[s]以下で比較的大きな応答スペクトル値を示すが、x, y方向ともにモデルAの結果ほどの大きな差異はみられない。また、図-3でBy(モデルBのy方向成分)は大きなピークをもち、全固有周期において1以上の値を示したのに対して、Ay(モデルAのy方向成分)で固有周期1[s]以上で1程度の値をとる。このこ

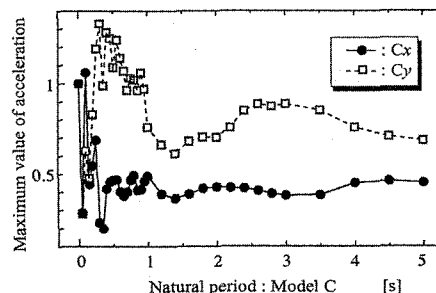
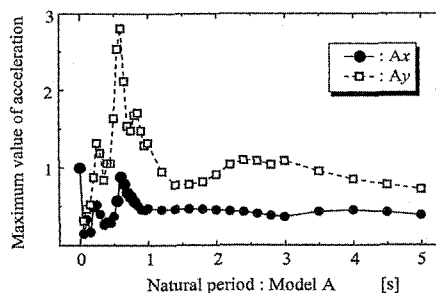


図-4 モデルA・Cでのx, y方向加速度応答スペクトル

とは、固有周期1[s]以上で地盤のみの地震動と同等の応答を示すことを意味する。

図-4上図において固有周期0.5[s]近傍で応答スペクトル値が1～3の値を示すことから、建物の固有周期が入力地震波のy方向成分の卓越する周期により近かったためy方向に建物の振動が励起され、これを反映して地盤のy方向の震動特性も建物の固有周期成分が卓越するものと考えられる。この傾向は2.2項の結果と同じであり、建物が1棟だけでなく群として存在する場合でも不変であることがわかる。すなわち、建物同士の相互作用と比較して、建物自身のもつ固有周期が地盤の震動特性に大きな影響を及ぼすことが示された。

3. おわりに

本研究では、建物群の影響を考慮した地震応答解析を行うことによって表層地盤上の地震応答が建物群に与える影響を調査した。振動の相違は、建物が1棟で存在する場合や群として存在したときの両者においても地震波の卓越する周期と建物のもつ固有周期が近い場合には建物自身の揺れが大きくなるだけでなく、地盤の震動特性においてもその固有周期に対応する成分が卓越する。

参考文献

- 1) 松山智恵, 福和伸夫, 飛田潤: 強振観測・強制振動実験・常時微動計測に基づく隣接する中低層建物の振動特性, 日本建築学会構造系論文集, 第545号, pp.87-94, 2001.
- 2) 石井恵三, 中里力: イメージベースモデリング/解析システムの開発, 計算工学講演会論文集, Vol. 3, pp.385-386, 1998.
- 3) 生出佳, 寺田賢二郎, 山田真幸: 市街地の地震時挙動における地下構造物の影響評価の試み, 日本計算工学講演会論文集, Vol.10, pp.339-342, 2005.
- 4) 柴田明徳: 最新建築学シリーズ 最新耐震構造解析 第2版, 森北出版株式会社, 2003.