

京都大学工学部 学生員 ○村井 竜也  
京都大学工学研究科 正会員 清野 純史  
京都大学工学研究科 正会員 小野 祐輔

1. はじめに

現在気象庁によって公表されている震度階級は、気象庁もしくは地方自治体による器械計測に基づいている。この計測震度は地面の揺れを単一の特性量で表しているため、簡潔で分かりやすい半面、単一の特性量であるがゆえに周囲の様々な事物の影響を受け易いという欠点も併せ持っている。例えば大きな建造物の近傍に設置されていたり、段差のある地盤の端に設置されている場合なども多く見受けられる。そこで本研究では、2次元FEM解析を用いて地震計設置位置周辺をモデル化し、建物や地形条件を変えることによって、特に最大加速度や震度という単一の特性量にどのような影響が表れるのかを検討する。

2. 解析モデルの概要

本研究では、2次元有限要素法解析コード7S-II<sup>1)</sup>を用いて解析を行った。解析の全体モデルを図1に示す。宮城県北部地震は2003年7月26日の0時13分、7時13分、そして16時56分に前震・本震・余震がそれぞれ発生するという珍しい地震であった。このうち前震の震央位置は北緯38.26度、東経141.10度、マグニチュードは5.5であり、各地で大きな揺れが観測された。中でも宮城県桃生郡鳴瀬町小野付近で最も大きな加速度が観測され、同地点での計測震度は5.9、震度階級は6弱であった。現地調査の結果、鳴瀬町役場の震度計が盛土の端に設計されていることがわかった。そこで最大加速度や震度が建物や地盤のローカル特性にどの程度の影響されるのかを解析するために、鳴瀬町の震度計が設置してある場所の付近を実際に踏査するとともに、図面や地質図<sup>2)</sup>を基にモデル化を行った。

実際の震度計付近の環境は、鳴瀬町役場の庁舎から約6メートル離れた所に設置されており、さらにその横は傾斜面になっていて約2メートル下がったところに水路が存在していた。また、震度計のすぐ横には、通信ケーブル用の電柱（直径約12cm）が立っていた。そこで本研究では、地形条件の違い、建造物の有無などが観測記録にどのような影響を与えるのかを調べるために、地表面に段差がなくフラットな状態、建物を取り除いた状態、電柱を取り除いた状態の3つを仮定して、鳴瀬町小野の震度計周辺を次に挙げる6つの条件によってモデル化した。そして、2次元FEMにより、震度計がある位置等での各条件による解析結果の違いを比較した（表1、図2）。

表 1: モデル化の概要

|      |        |        |        |
|------|--------|--------|--------|
|      | 建物無し   | 建物有り   | 建物有り   |
|      | 電柱無し   | 電柱無し   | 電柱有り   |
| 段差無し | Model1 | Model2 | Model3 |
| 段差有り | Model4 | Model5 | Model6 |

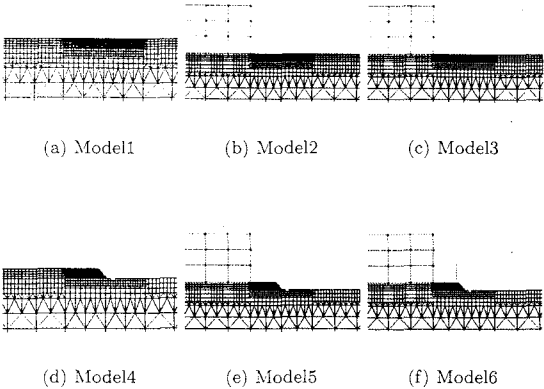


図 1: モデル全体図

図 2: 各モデルの震度計付近の拡大図

3. 解析結果

本研究では、前述のように2003年7月26日0時13分に起こった宮城県北部地震（マグニチュード5.5）における宮城県桃生郡鳴瀬町小野付近をモデル化しているが、同地点の震度計の地震波記録は残存していないため、その代替として、鳴瀬町の東隣にある石巻市泉町に設置されているK-NETの強震計のデータを使用した。

まず、段差の有無が与える影響を調べるためにModel3とModel6を比較した。その結果、最大加速度は段差の有る時の方が大きな値を示した。また、段差が有る方が無いものよりも高周波成分を多く含む応答波形が得られた。

次に建物の有無によって生じる観測記録の違いについて検討するために、Model4とModel5を比較した。最大加速度は、建物が無い方が大きな値をとる。また、時間軸の5秒あたりまでは建物が有る時の方が高周波成分が見られるが、それ以降は建物が有る方が低周波が卓越しており、加速度応答の値も建物が無い場合に比べて大きくなる傾向が見られる。これは、入力地震動後半部分の卓越周期とほぼ一致するためと考えられる。

さらに、電柱の有無によって生じる観測記録の違いについて検討するために、Model5 と Model6 を比較した。最大加速度値は電柱の有る場合の方が無い場合よりも多少大きめの値が得られた。したがって、震度計位置では電柱の水平方向の振動の影響を強く受けるため、若干大きな加速度応答値を示す可能性がある。

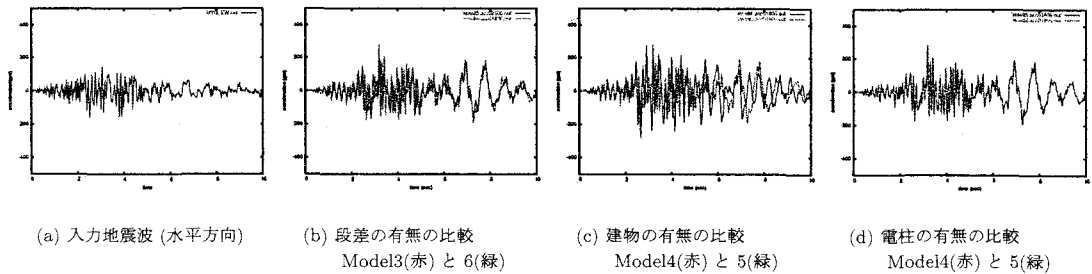


図 3: 入力地震波 (石巻) と震度計位置での加速度記録の比較

次に、計測震度を比較する。震度計位置を  $x = 0$ 、建物の位置を  $-51.9 \leq x \leq -5.5$  として、地表面各点での計測震度をプロットしたものが図 4 である。図 4 より、盛土の端の周辺では観測される計測震度が最大 0.1~0.2 程度小さくなる傾向が見られた。また、計測震度は建物の中央部分で大きな値を取り、建物から離れるに従って地表面に建物が無い場合の計測震度に近付いて行く傾向が有る。したがって、フリーフィールドの地面の揺れを基準と考えるのなら、当然のことながら計測震度は構造物の影響が無視できるようにある程度離れた場所で観測することが望ましい。例えば、本研究で扱った場合に限れば 25~30m 程度離れる必要が有る。さらに図-4 の (a) の Model2 と Model3、(b) の Model5 と Model6 をそれぞれ比較すると、電柱の有無は計測震度にほとんど関係がないことがわかる。

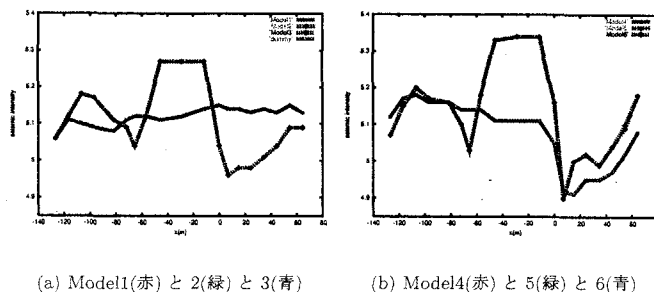


図 4: 計測震度の比較

## 5. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。

1. 震度計の横に段差が有る場合には、盛土上部が全体として振動するために、地表面がフラットで地表面全体として振動する時よりも震度計位置での加速度応答は高周波帯域が卓越し、また、盛土の側面がフリーであるため振動に対する拘束が少なく、大きな加速度応答値が観測される。
2. 建物が存在し、入力との共振が生じる場合には、建物の固有周期が卓越してくるので周辺の地盤の振動にもその影響が現れる。また、震度計の横に電柱が有る場合には、電柱の水平方向の振動の影響を受けて高周波の大きな加速度応答値を示すが、計測震度に与える影響は少ない。
3. 今回の計算の例のように、盛土の端の周辺では観測される計測震度が小さくなる傾向が有るため、盛土の端部周辺の計測震度の値を取り扱う場合にはこのことを十分に考慮する必要が有る。
4. 計測震度は建物内部では建物の固有周期の影響を受ける。したがって、フリーフィールドの地面の揺れを基準とする場合には、構造物から 25~30m 程度離れた場所で観測することが望ましい。

本研究では、石巻での観測記録のみを使った解析となったが、他の解析モデルや地震波を用いて解析した上で、最適な震度計設置位置について検討を行う必要が有る。

## 参考文献

- 1) 土岐憲三・三浦房紀: 地盤-構造物系の非線型地震応答解析, 土木学会論文報告集, 第 317 号, pp.61~68, 1982.
- 2) 宮城県: 宮城県地震地盤図作成調査報告書, 1985.