

盛岡市域における微動アレー探査地点での模擬地震動を用いた地震 応答解析*

岩手大学工学部 ○佐藤博希, 山本英和, 佐野剛

1. はじめに

近い将来高確率で起こると予想される大地震に備えるため、地震防災に役立つ資料の作成にあたっては、地下の地盤構造の推定が大変重要である。最近までは、盛岡市の地下地盤構造は明らかではなかったが、山本ほか(2007)による、盛岡市域における微動アレー探査により、地下のS波速度構造が推定された。このため、本格的な地震防災に関する研究が可能となった。本研究では、この地下のS波速度構造の推定結果を用いて、探査地点での地震の地盤の周波数応答関数を計算し、さらに、大崎スペクトルを用いた模擬地震動を作成し、応答させ、応答前後の波形より震度を計算し、基盤と地表での震度の差より震度増幅を計算した。また、2003年宮城県沖地震の盛岡市域におけるアンケート震度と比較し、本研究が適当かどうかを検討することとした。

2. 周波数応答関数の散乱減衰係数 α の決定

本研究では、地震の地盤の周波数応答関数を計算するにあたり、大崎(1994)によるプログラムを使用した。プログラムを使用する際に、減衰定数 h を設定する下記の式(1)中の散乱減衰係数 α 、材料減衰係数 β の値を定めなければならない。

$$h = \alpha / \omega + \beta \quad (1)$$

ω : 円振動数

ここで、 β に関しては、使用例を参考に0.02とした。一方、 α の値は以下の方法により決定した。まず、基盤までのボーリングデータのある宮城・岩手県内のKiK-net観測点より、2005年の宮城県沖地震の観測地震動加速度波形から基盤と地表での震度を計算する。さらに、2005年宮城県沖地震と同じ震源位置・マグニチュードで模擬地震動を作成し、 α を0.5, 1.0, 1.5と仮定し、KiK-net観測点の各点でのボーリングデータを参考に応答解析させ、応答前後の模擬地震動加速度波形より震度を計算する。KiK-netで実際に観測された波形から計算した震度(実測値)と、プログラムを使用して計算した震度(計算値)の基盤と地表での震度差より震度増幅を計算し、比較し、最も一致した散乱減衰係数を採用することとした。比較結果を図1と表1に示す。図1では値の大ききずれていた、玉山と田老の結果を除外して

* Seismic response analyses at the microtremor array observation sites in Morioka area by using simulated earthquake ground motion
by Hiroki SATO, Hidekazu YAMAMOTO and Tsuyoshi SANŌ

ある。図1より α は0.5とすることとした。また、KiK-netの地下での波形データは地表からの反射波を含むので、実測値は若干過小評価となっていると思われるが、本研究では、そのままの結果を参考にした。

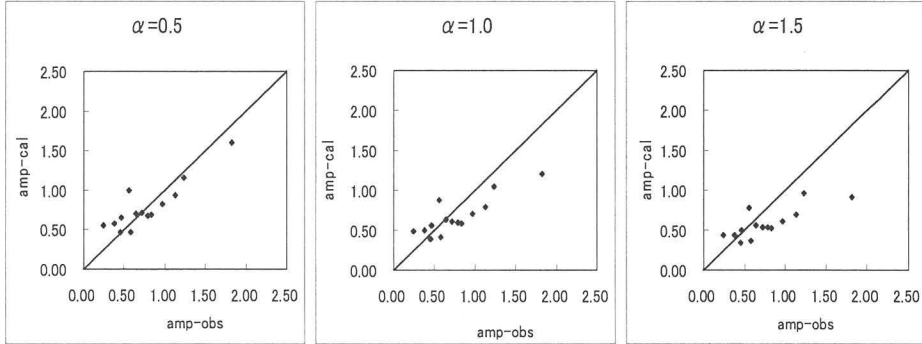


図1 震度増幅の計算値と実測値の比較。左から、 $\alpha=0.5, 1.0, 1.5$ 。

表1 全地点での震度増幅の実測値と $\alpha=0.5, 1.0, 1.5$ での計算値

	KiK-net	$\alpha=0.5$	$\alpha=1.0$	$\alpha=1.5$
河北	0.83	0.69	0.59	0.53
志津川	0.46	0.65	0.56	0.50
唐桑	0.58	0.47	0.41	0.37
東和(宮城)	0.64	0.70	0.63	0.56
仙台	1.82	1.60	1.21	0.92
藤沢	0.97	0.83	0.71	0.61
陸前高田	1.23	1.16	1.05	0.96
釜石	0.72	0.71	0.61	0.54
住田	1.13	0.94	0.79	0.70
川井南	0.79	0.68	0.60	0.54
川井北	0.45	0.47	0.39	0.34
田老	1.66	0.69	0.59	0.54
岩泉	0.56	1.00	0.88	0.78
玉山	2.34	1.03	0.90	0.81
葛巻	0.24	0.56	0.49	0.44
久慈南	0.38	0.58	0.50	0.44

3. 模擬地震動を用いた応答解析

模擬地震動作成にあたっては、大崎(1994)によるプログラムを使用した。模擬地震動のモデルは、地震調査研究推進本部が、30年発生確率99%と予想している宮城県沖の地震とした。選定理由としては、盛岡市域に大きな揺れを与えるであろう大地震の中で最も近い将来高確率で起こると予想されているからである。震源位置は想定範囲の中で盛岡に最も近い点(北緯38度30分、東経141度48分)とし、マグニチュードは単独の場合を想定し、7.5と設定した。模擬地震動震源位置を図2に示す。



図2 模擬地震動震源位置。図中の星が震源位置、黒い四角形が震源位置の想定範囲。
盛岡市は灰色の部分。

解析地点は、盛岡市域の微動アレー探査を行った24ヵ所であり、図3と図4に、一例として盛岡北高校と岩手大学付属中学校でのS波速度構造と、それより計算した地震の地盤の周波数応答関数、応答前後の模擬地震動加速度波形を示す。盛岡北高校では、周波数応答関数を見ると、1.0Hzの周波数での増幅率が7.65となっている。加速度波形より震度を計算すると、応答前では3.05、応答後では4.21となり、震度差から震度増幅は1.16と大きい。一方の岩手大学付属中学校では、周波数応答関数を見ると、5.3Hzの周波数での増幅率が20.83と盛岡北高校より大きい。しかし、加速度波形より震度を計算すると、応答前では3.10、応答後では3.68となり、震度差から震度増幅は0.58と盛岡北高校より大きい。この結果の原因としては、まず、震度計算時に加速度記録に施すフィルターが考えられる。震度計算のフィルターを図5に示す。これにより、1.0Hz付近に大きい増幅率があると、震度計算結果も大きくなるといえる。また、もう1つ原因として、大崎スペクトルを用いた模擬地震動であることも考えられる。大崎スペクトルは、今回の解析では、0.5Hz～3.0Hzの周波数範囲で卓越する地震動加速度波形であるため、その範囲で大きい増幅率があると、計算震度も大きくなると思われる。これら二つの原因と、解析した全地点の周波数応答関数、震度増幅から考察すると、だいたい1.0Hz～2.5Hzの周波数範囲付近で大きな増幅率を見せる地点で計算震度が大きくなるようである。

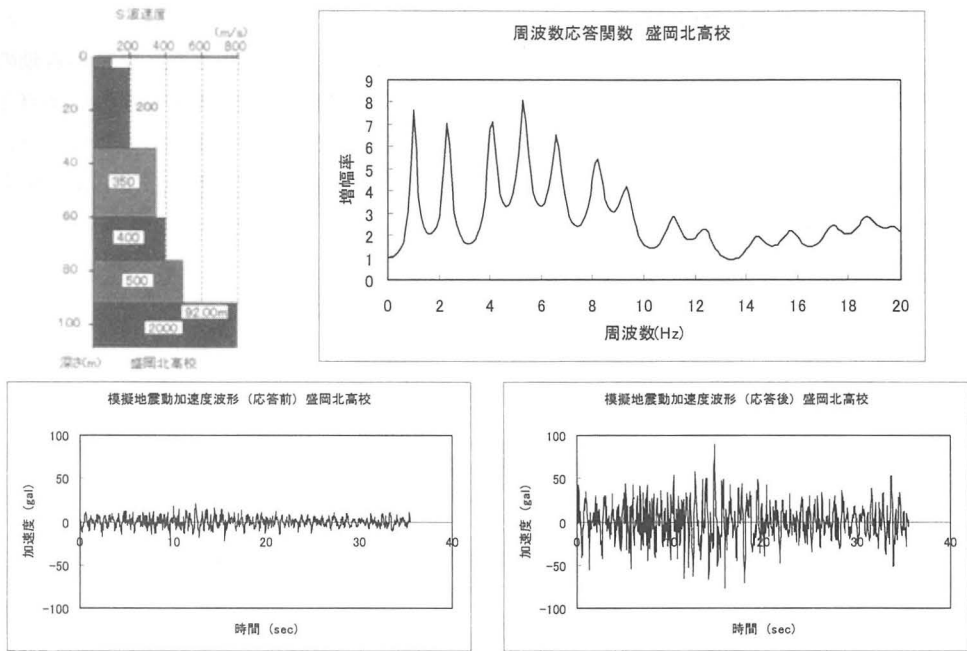


図3 盛岡北高校の、S波速度構造、地震の地盤の周波数応答関数、応答前後の模擬地震動加速度波形

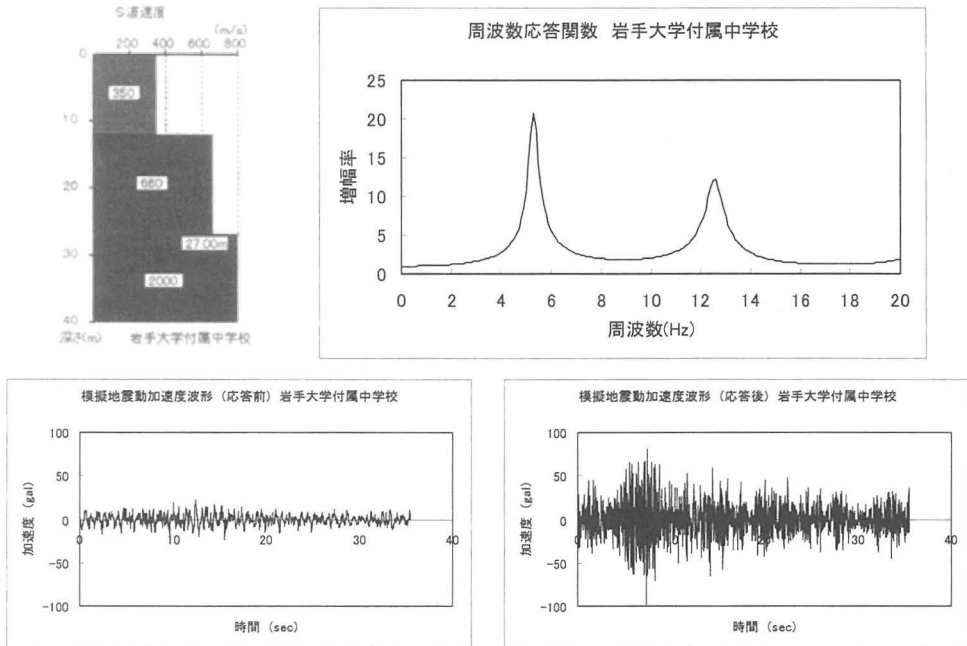


図4 岩手大学付属中学校の、S波速度構造、地震の地盤の周波数応答関数、応答前後の模擬地震動加速度波形

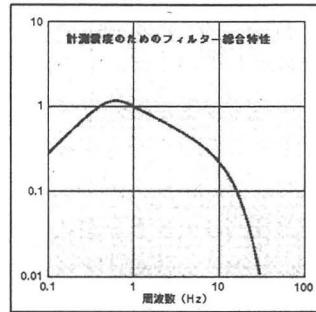


図5 震度計算時に加速度記録に施すフィルター
(東京大学地震研究所地震予知研究推進センターより引用)

4. 盛岡市域全地点での模擬地震動より計算した震度とアンケート震度との比較

盛岡市域の解析した全地点での、応答後の模擬地震動加速度波形より計算した震度を図6に示す。図6を見ると、北部では震度が大きく、南西部になるにつれ小さくなるのがわかる。また、中央部の一部地域で大きい震度を示すのが見てとれる。図6で示した震度は、水平動1成分波形より計算しているので、実際の震度より若干低い値となることが予想される。また、図7に佐野ほか(2005)による、2003年の宮城県沖地震でのアンケート震度を示す。

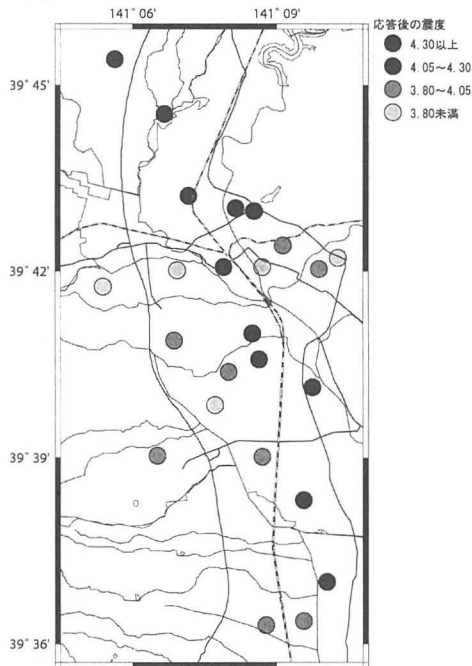


図6 盛岡市域全地点の応答後の模擬地震動加速度波形より計算した震度

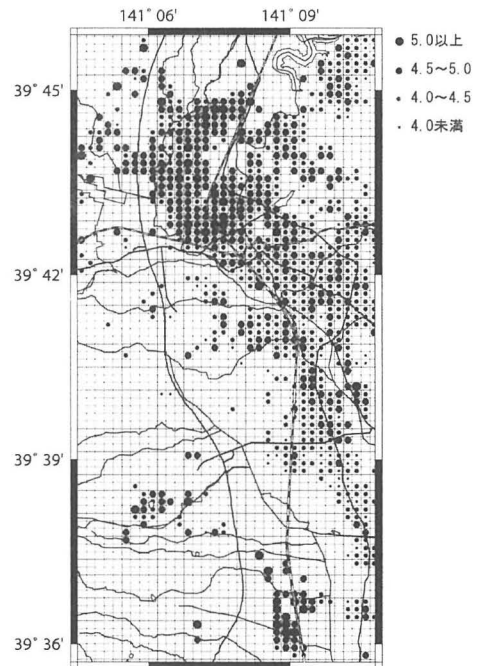


図7 2003年の宮城県沖地震での盛岡市域のアンケート震度

模擬地震動から計算した震度と、アンケート震度を比較してみると、北部の震度が大きい部分では一致し、全体的に傾向は類似しているが、中央部では模擬地震動での震度のほうがアンケート震度よりやや大きくなっていて、南部では全く逆の結果となっている。このように、一致しない地域のある原因としては、2003年宮城県沖地震の周波数スペクトルと大崎スペクトルとの相違があるのではないかと考えられる。そして、もう一つ、アンケート震度は実際に人の感じた揺れの大きさを基に作成されていることから、若干の個人差がある場合がある。しかし、大都市の地震被害想定のように狭い地域で地震動の揺れを調査するにはアンケートは有効であると考えられる。このことから、計算震度と実際に人間の感じる揺れの大きさは一対一に対応しない場合があり、計算震度と実際に人間の感じる揺れの大きさに関しては今後も検討が必要である。

5. まとめ

盛岡市の、微動アレー探査により地下S波速度構造を推定した地点において、宮城県沖を震源と仮定した模擬地震動を応答させ、震度増幅を求めた。その結果、1.0Hz~2.5Hzの周波数範囲付近で大きな増幅率を示す地点では、応答後の加速度波形から計算した震度は大きくなることが分かった。また、その震度分布は、実際のアンケート震度とある程度傾向が類似していることが示された。

しかしながら、アンケート震度との比較結果から、計算震度の大きさと地震災害の大きさが比例関係にあると言い切れないところがあり、震度指標をそのまま地震防災の指標として使うには少し問題点が残されていると思われる。地震防災に役立つ資料作成のためには、実際の被害状況と地震波形の関係をさらに研究する必要があると考える。

謝辞

(独)防災科学技術研究所の基盤強震観測網(KiK-net)の強震波形記録を使用させていただいた。また、一部の図の作成には、福山大学の鎌田輝男先生作成のソフト白地図 KenMap Ver. 8. 3、地盤特性解析システム GRDAMP を使用させていただいたことを、記して感謝いたします。

参考文献

- ・山本英和, 貝沼敬太, 小淵卓也, 佐野剛(2007) 盛岡市域の3成分微動アレー探査によるラブ波位相速度分散曲線の推定 社団法人 物理探査学会 第116回(平成19年度春季) 学術講演会 講演論文集 pp. 21-24
- ・大崎順彦(1994) 新・地震動のスペクトル入門 鹿島出版会 pp. 299
- ・(独)防災科学技術研究所 地震ハザードステーション (<http://www.bosai.go.jp/>)
- ・佐野剛, 山本英和, 齋藤徳美, 齊藤裕輔(2005) アンケート方式による2003年5月26日の宮城県沖の地震における盛岡広域圏, 大船渡市における詳細震度分布 地球惑星科学関連学会 2005年合同大会 S046-P003
- ・東京大学地震研究所地震予知研究推進センター (<http://wwweprc.eri.u-tokyo.ac.jp/CSS/shindo.html>)