

全国地形分類図による周波数特性を考慮した 表層地盤特性について

正会員 久保 智弘*
同 久田 嘉章**

地形分類 周波数特性 表層地盤による増幅率
フーリエスペクトル比 地盤分類 地盤の非線形

1. はじめに

様々な構造種別の建物の被害推定をするためには、周期特性を考慮した表層地盤の増幅率が必要である。現在、地震調査推進本部¹⁾は、周波数特性の考慮されていない増幅率²⁾を用いて、強震動評価を行っている。この評価方法では、工学的基盤までの強震動評価には異なる2つの方法を用いている。ひとつは理論的な手法を用いて、工学的基盤までの地震波形を求める詳細法と、もうひとつは経験的手法を用いて、工学的基盤までの最大速度を求める簡便法である。

一方で、周期特性を考慮した増幅率の研究には以下のようなものがある。内山・翠川(2003)³⁾は、米国のNEHRP⁴⁾で提案されている平均S波速度(以下、AVS(30))に応じた5種類の地盤分類(Table.1)に加えて、7種類の地盤に対するB種地盤を基準としたフーリエスペクトル比で与えられた短周期領域(0.1~0.5sec)の増幅度 F_a と長周期領域(0.5~1.5sec)の増幅度の F_v について検討している。そこで、彼らは鳥取県西部地震と芸予地震の地震記録、及び、全国のPS検層データを用いて非線形応答解析を行い、非線形性を考慮した7種類の地盤分類に対する経験式を提案している。

本研究では、まず、内山・翠川(2003)の方法を利用し、B種地盤に対するフーリエスペクトル比について、彼らの結果を参考に非線形性の確認を行う。次に著者らが作成した全国の表層地盤特性のデータベース⁵⁾にある地形分類(8種類)ごとに分け、周波数特性を考慮した増幅率について検討を行う。

2. 研究の手法

非線形性の確認を行うのに使用した、内山・翠川(2003)の方法は以下のとおりである。まず、地震記録が得られた観測点を伝播経路とdirectivityによる影響を最小限にするために断層方向に従って方位各22.5°距離25kmピッチのボックスでゾーニングを行う。次に、B種地盤に対するフーリエスペクトル比を求めるために、このボックスに含まれるNEHRPのB種地盤に当たる観測点と同一ボックス内のほかの観測点とフーリエスペクトル比を求める。ここで、このフーリエスペクトルは、バンド幅0.25HzのParzen windowで平滑化した水平2成分の相乗平均から求め、断層面からの最短距離を用いて幾何減衰の補正を行ったものである。

次に、この方法で得られたB種地盤に対するフーリエスペクトル比をとり、それを地形分類ごとに分け、周波数特性を検討した。

Table.1 平均S波速度に基づく地盤分類

Site Class	NEHRP	内山・翠川(2003)
A	1500 > AVS30	1500 > AVS30
B	760 < AVS30 ≤ 1500	760 < AVS30 ≤ 1500
C1	360 < AVS30 ≤ 760	460 < AVS30 ≤ 760
C2		360 < AVS30 ≤ 460
D1	180 < AVS30 ≤ 360	250 < AVS30 ≤ 360
D2		180 < AVS30 ≤ 250
E	AVS30 ≤ 180	AVS30 ≤ 180

3. 検討した地震

本研究で検討に使用した地震は、Table.2にある7の地震で、震源情報はF-Net⁶⁾の値を用いた。検討するためにはNEHRPのB種地盤に当たる観測点が必要であり、この種別に当たる地盤はK-Net⁷⁾にほとんどない。しかし、KiK-Net⁸⁾にはB種地盤に当たる観測点が多くあることから、KiK-Netで観測された地震を中心に検討に使用した。ここでは、検討した全ての地震の図と使用した観測点を記載できないため、宮城県北部地震について使用した観測点と震源の位置をFig.1に示す。Fig.1の四角は対象とした観測点で、丸印が基準観測点、星印が震源位置である。

Table.2 本研究で検討した地震

Earthquake	Date	Longitude	Latitude	Depth (km)	Mw	Mjma
鳥取県西部地震	2000/10/6	133.4	35.3	11	6.6	7.1
芸予地震	2001/3/24	132.7	34.1	50	6.8	6.4
宮城県沖地震	2003/5/26	141.8	38.8	74	7.0	7.0
宮城県北部地震(前震)	2003/7/26	141.2	38.4	5	5.5	5.6
宮城県北部地震(本震)	2003/7/26	141.2	38.4	5	6.2	6.1
十勝沖地震(本震)	2003/9/26	144.2	41.7	23	8	7.8
十勝沖地震(余震)	2003/9/26	143.8	41.7	53	7	7.3

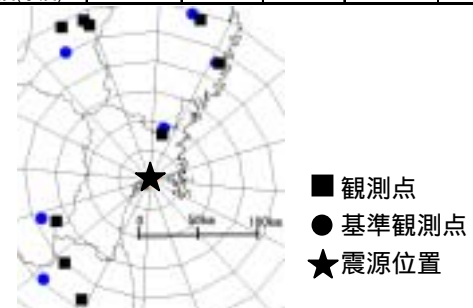


Fig.1 宮城県北部地震で使用した観測点

4. 結果と考察

4.1 既往の研究結果との比較

内山・翠川(2003)の結果と本研究で得られた結果を、Table.1のC1とC2、D1、D2種地盤における F_a (0.1~0.5sec)、 F_v (0.5~1.5sec)について、非線形性の確認を行った。Fig.2は、縦軸にB種地盤に対するフーリエスペクトルの増幅率をとり、横軸に入力加速度をとったものである。ここで、図中の丸印は内山・翠川(2003)の結果を示し、ひし形は本研究で得られた結果を示し、太線は、内山・翠川

(2003) で提案されている式を示し、細線は本研究の近似曲線を示す。C1 種地盤では、内山・翠川(2003) の結果と比べ、入力加速度が大きくなると Fa の増幅率が低下する傾向が見られた。しかし、ここで、入力加速度が大きいデータは宮城県沖地震のデータで、入力加速度の短周期成分が卓越したためと考えられる。D2 種地盤では、データ数が少なかったために傾向はつかめなかったが、C2、D1 種地盤では、内山・翠川(2003) の結果と近い結果が得られた。

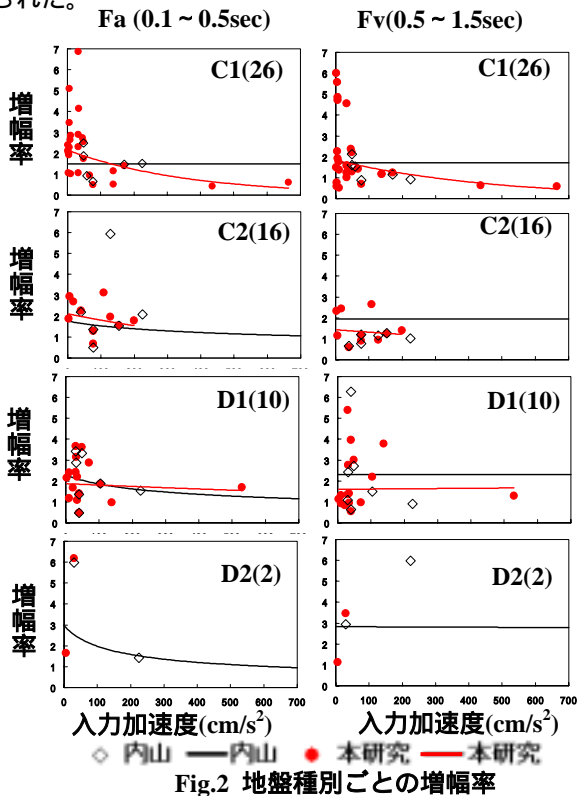


Fig.2 地盤種別ごとの増幅率

4.2 地形分類ごとの比較

次に、周期特性を考慮した表層地盤特性について、上記の方法で得られた B 種地盤におけるフーリエスペクトルの増幅率を地形分類ごとに分け、その増幅率が地形分類で分類できるかについて検討を行った。Fig.3 は縦軸にフーリエスペクトルの増幅率をとり、横軸に周期をとり、地形分類ごとに分けたものである。この図は、4.1 で非線形性が見えたデータは除き、各地形分類での増幅率の平均値と ± を示し、図中の数値は検討に使用した母体数を示す。ここでは、得られたデータの多かった 4 種類の地形分類についてのみ検討を行った。三角州は母体数が少ないため、結果にばらつきバラツキが大きい。山地では、ほぼ一定の増幅率になっており、台地では 0.2 秒付近で大きく、扇状地では、0.1 秒から 1 秒付近まで約 2 倍になっており、増幅率はあまり大きくないものの、山地に比べ、1 秒付近ではやや大きくなっている。これは、使用した地盤分類のデータ構成が、C1 と C2 種地盤が多く、山地と同じような構成になったためと考えられる。

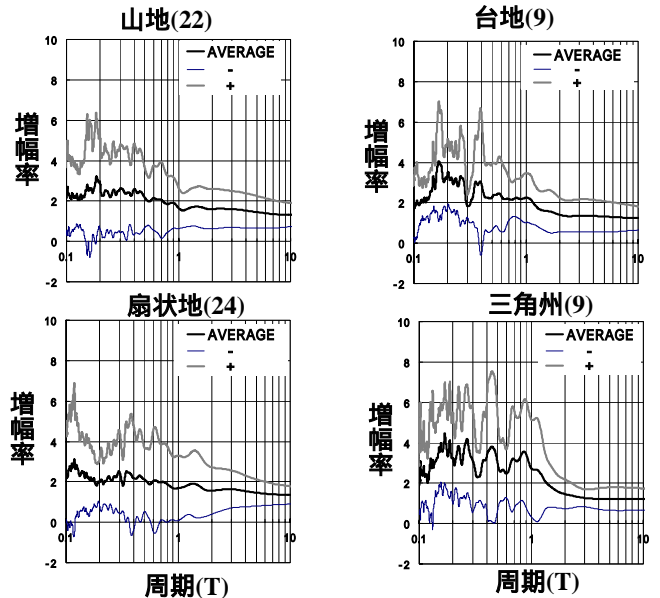


Fig.3 地形分類ごとの増幅率

5.まとめ

本研究では、B 種地盤に対するフーリエスペクトルの増幅率について、非線形特性と地形分類ごとに分けた周波数特性に関して検討した。その結果、本研究では、C1 種地盤では、Fa について非線形性が見られた。また、表層地盤特性に関しては、地形ごとに分類することで、周波数特性を考慮した増幅率に一樣の傾向が見られた。しかし、母体数が少ないものや、観測記録の得られなかった地形もあった。そのため、今後は検討に用いる地震を増やし、観測記録と母体数を増やすとともに、理論的なモデルを用いて比較検討する必要がある。

謝辞

本研究は、文部科学省による「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」、科学技術振興事業団・計算科学技術活用型特定研究開発推進事業による「地震災害予測のための大都市圏強震動シミュレータの開発(平成 13 年度)」による研究助成によって行われました。また、K-Net 及び、Kik-Net、港湾広域強震観測網の強震観測データを使用させていただきました。さらに大成建設内山泰生氏に、貴重なデータを提供していただきました。ここに記して感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1): 地震調査推進本部、(<http://www.jishin.go.jp/main/>)
- 2): 藤本一雄・翠川三郎、日本全国を対象とした国土数値情報に基づく地盤の平均 S 波速度分布の推定、日本地震工学会論文集、第 3 巻、第 3 号、1-15、2003
- 3): 内山泰生・翠川三郎、地震記録および非線形応答解析を用いた地盤分類別の地盤増幅率の評価、建築学会構造系論文集、No. 571、pp87-93、2003、9
- 4): Building Seismic Safety Council: NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulation for New Buildings and Other Structures, Part1 Provision FEMA302, Federal Emergency Management Agency, 1997
- 5): 久保智弘他、全国地形分類図による表層地盤特性のデータベース化、および、面的な早期地震動推定への適用、地震 第 2 輯、第 56 巻(2003)、21 - 37 頁
- 6): 防災科学技術研究所、F-Net、(<http://www.fnet.bosai.go.jp/freesia/index-j.html>)
- 7): 防災科学技術研究所、K-Net、(<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>)
- 8): 防災科学技術研究所、Kik-Net、(<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>)

*ABS コンサルティング 工修

**工学院大学 教授・工博

* ABS Consulting, M Eng.

** Prof., Kogakuin University, Dr. Eng