

地震観測記録を用いた地盤増幅率の広域評価に向けた基礎検討

千葉大学大学院工学研究科 学生会員 ○酒本 真先

千葉大学大学院工学研究科 正会員 丸山 喜久

1. はじめに

現在までに、表層地盤の増幅特性について、国土数値情報の土地分類データ等を利用して、日本全国や特定地域の表層地盤の増幅度を推定する研究が行われており¹⁾、工学基盤に対する地盤種別ごとの増幅率が提案されている。しかし、PGVなどの指標の増幅率のみでは、地震動の周期特性を十分に考慮することは難しいこともある。山内ら²⁾は、気象庁の87型地震計で1988年から1996年までに観測された1020地震記録を用いて応答スペクトルの距離減衰式を構築し、その地点補正項³⁾を地形・表層地質ごとに整理し、揺れやすさの周期特性を評価している。研究当時、気象庁87型地震計の総数は77箇所と多くなく、平均的な傾向を把握するのに充分ではなかった。現在では、K-NETやKiK-netが整備され、2011年東北地方太平洋沖地震でも稠密に地震動が観測された。

そこで、本研究では表1に示す東北地方太平洋沖地震の本震、その前震および東北地方太平洋沖地震によって誘発されたといわれる2地震のK-NETとKiK-netによる観測記録を用いて、応答スペクトルの距離減衰式を構築し、これによって推定される地点補正スペクトルを既往の研究結果⁴⁾と比較する。既往研究であるShabestari and Yamazaki⁴⁾は、1996年5月から1998年12月の間に、K-NETによって観測されたM5.0～6.6の94地震の記録をもとに応答スペクトルの距離減衰式を構築している。東北地方太平洋沖地震は、モーメントマグニチュード(Mw) 9.0の巨大地震であり、この地震記録を考慮することで強震時の震動特性をより強く反映した地点補正スペクトルが得られるものと考えられる。

表1 本研究で観測記録を使用した地震

	発生日時	震源地	Mw	深さ(km)
前震	2011/3/9	三陸沖	7.3	8
本震	2011/3/11	三陸沖	9.0	24
地震1	2011/4/11	福島県浜通り	6.6	6
地震2	2011/4/12	千葉県東方沖	6.4	26

2. 速度応答スペクトルの距離減衰式

本研究では、最大加速度が 5cm/s^2 以上を記録した計939地点のK-NET, KiK-net観測点で得られた1865個の地震記録を以下の関数形を用いて回帰分析した。

$$\log_{10} y(T) = b_0(T) + b_1(T)Mw + b_2(T)r + b_3(T)\log_{10} r + b_4(T)H + c_i(T) \quad (1)$$

ここで、 $y(T)$ は速度応答スペクトルの水平2成分の合成値 (cm/s), r は断層最短距離 (km), H は震源深さ (km), $b_i(T)$ は周期 T ごとの回帰係数である。ただし、 b_3 は-1に固定する³⁾。また、 $c_i(T)$ は観測点 i の地点補正項であり、その観測点における地盤条件、地形効果、地震計の設置条件などの影響が重なったものと考えることができる³⁾。なお、地点補正の平均値は0となる。

3. 地点補正に関する検討

3.1 地点補正と地中—地表間の伝達関数の比較

本研究では、地点補正が各地点の震動特性を表わすものとして妥当であるか、KiK-net観測点における地中—地表間の地震動伝達関数と比較することで検証を行う。伝達関数 $H(f)$ は、以下の式で算出した⁵⁾。

$$H(f) = \frac{S_{xy}(f)}{S_{xx}(f)} \quad (3)$$

ここで、 $S_{xx}(f)$ は地中における加速度波形のパワースペクトル、 $S_{xy}(f)$ は地中と地表加速度のクロススペクトルであり、バンド幅0.2HzのParzenウィンドウ⁶⁾で平滑化している。

KiK-net 芳賀(TCGH16)は、本震で最大加速度(3成分合成値) 1196.7 cm/s^2 、計測震度6.5を観測した地点である。図1に示す通り、地点補正と伝達関数の周期特性は概ね一致している。このことから、周期特性を考慮した地盤増幅率の推定に地点補正スペクトルは有効であると考えられる。

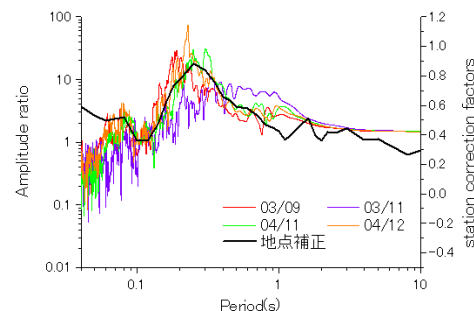


図1 KiK-net 芳賀における地点補正と伝達関数の比較

Key Words: 東北地方太平洋沖地震, 速度応答スペクトル, 距離減衰式, 伝達関数, 地点補正スペクトル

連絡先: 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻 TEL043-290-3555

3.2 既往研究の地点補正との比較

K-NET 築館(MYG004)について、本研究の地点補正と既往の研究結果との比較を行った。図2に示す通り、既往研究の K-NET 築館における地点補正は周期 0.1-0.5 秒の範囲で小さくなっていく周期特性を示しているが、本研究の4地震から推定される地点補正は、周期約 0.3 秒まではあまり低減しない。これは、K-NET 築館では、既往研究で推定されるよりも、実際は周期の長い成分を多く含んだ地震動が観測されたとも解釈でき、従来の結果よりも強震時の震動特性を推定するのに有用なものと考えられる。

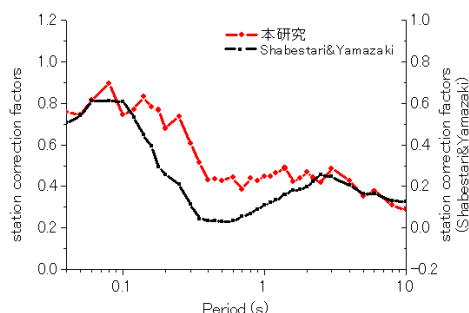


図2 K-NET 築館における地点補正の比較

3.3 周期ごとの地点補正の比較

本研究で得られた地点補正を周期ごとに空間的に比較する。全地点の地点補正の平均値 μ は0となるため、地点補正が正の値を示せばその観測点は平均よりも揺れやすい点であると解釈できる。逆に負の値を示せば、平均よりも揺れにくい観測点となる。

図3に、周期0.2秒、1.0秒としたときの地点補正を地図表示する。各周期を統一の尺度で比較するため、標準偏差(σ)の0.5倍ごとにクラス分けし比較を行った。図3を大局的に見ると、関東地方では周期が長くなると、東北地方の太平洋側では短周期の方が、相対的に揺れやすいという傾向が見られる。これは、東北地方太平洋沖地震の際に東日本で観測された地震動の分析結果と調和的である⁷⁾。

4. まとめと今後の課題

本研究では東北地方太平洋沖地震の本震、前震およびそれによって誘発されたといわれる2地震における K-NET, KiK-net 観測点の地震記録を使用して速度応答スペクトルの距離減衰式を構築し、それによって得られる地点補正スペクトルの検討を行った。

本研究の方が既往の研究と比較して、マグニチュードの大きな地震データを用いて距離減衰式を構築しているため、従来の結果よりもやや長周期側で大きな地点補正が得られていた。既往の研究では1998年までの観測記録が使用されているが、それ以降マ

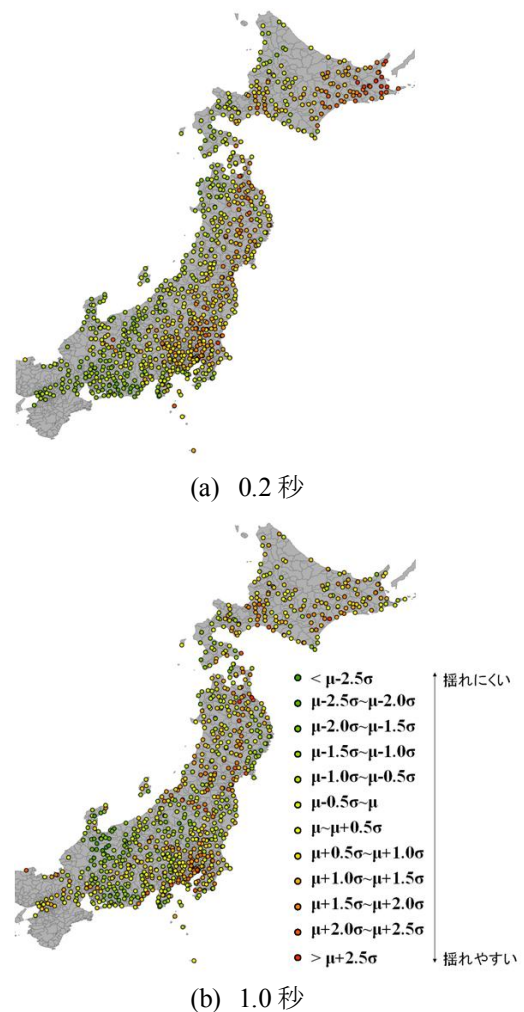


図3 周期ごとの地点補正の比較

グニチュードが大きな地震が複数発生している。このことをふまえると、新たな地震データで強震時の地盤増幅特性を再評価し、面的に周期ごとの地盤増幅特性を明らかにすることも、地震被害の分析や被害予測の高度化に有効であると思われる。

参考文献

- 1) 松岡昌志, 翠川三郎: 国土数値情報を利用した広域震度分布予測, 日本建築学会構造系報告集, No. 447, pp. 51-56, 1993.
- 2) 山内洋志, 山崎文雄, 若松加寿江, K.T.Shabestari: 応答スペクトルの距離減衰式に基づく地点増幅特性と地形・表層地質分類との関係, 土木学会論文集, No.682/I-56, pp.195-205, 2001.
- 3) Molas, G.L. and Yamazaki, F.: Attenuation of earthquake ground motion indices in Japan including deep focus event, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 85, pp. 1343-1358, 1995.
- 4) Shabestari, K.T. and Yamazaki, F.: Attenuation relation of response spectra in Japan considering site-specific term, Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering, ref. No. 1432, 2000.
- 5) Lu, L., Yamazaki, F. and Katayama, T.: Soil amplification based on seismometer array and microtremor observations in Chiba, Japan, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 21, pp. 95-108, 1992.
- 6) 大崎順彦: 新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, 1996.
- 7) 後藤浩之: 地震及び地震動の特性, 土木学会東日本大震災被害調査団緊急地震被害調査報告書, 第4章, 2011.