

液状化発生有無における強震動と地盤特性の研究

木更津高専 学生会員 ○吉崎 健司

木更津高専 正 会 員 鬼塚 信弘

1. はじめに

2011年3月11日に発生した三陸沖を震源とする東北地方太平洋沖地震では、震源近傍から関東地方までの広い範囲にわたり地盤の液状化が発生し、住宅や道路をはじめとするライフライン等に多大な被害が及んだ¹⁾。現在までに液状化が発生する要因として地盤特性が大きく影響することは知られているが、本地震のマグニチュード9.0による大きな揺れや長い継続時間などの強震動の項目が新たに要因として考えられる。そこで、本研究は東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いながら、強震動と地盤特性を関連付けて、液状化の発生に影響を及ぼす項目を明らかにすることを目的とした。

2. 解析方法

本研究は防災科学技術研究所のK-netが公開している観測記録および土質柱状図と速度検層データを用いて解析した。研究を進めるにあたって、K-net観測点を液状化・非液状化観測点に分ける必要がある。今回は、以下の基準によって観測点を選定した。

(1) 文献調査によって得られた液状化発生地点と

K-net観測点をフリーソフトkenmapの白地図上にプロットし、発生地点から5km以内に位置する観測点を液状化観測点として選定。

(2) 南北、東西、上下成分のいずれも100galに満たない観測点は除外。

(3) 液状化観測点の最も長い震央距離が385kmのため、400km以上の非液状化観測点は除外。

これらの基準により選定された液状化46観測点と非液状化73観測点をもとに解析を進めていく。

3. 地盤分類

地盤分類を行う上で、土質柱状図と速度検層データの中からN値とS波速度に着目した。これらの表層下の平均値は地盤強度を表す指標としてよく用いられている。平均N値の計算は深度20mまでの相加平均として求め、平均S波速度は[1]式を用いた²⁾。

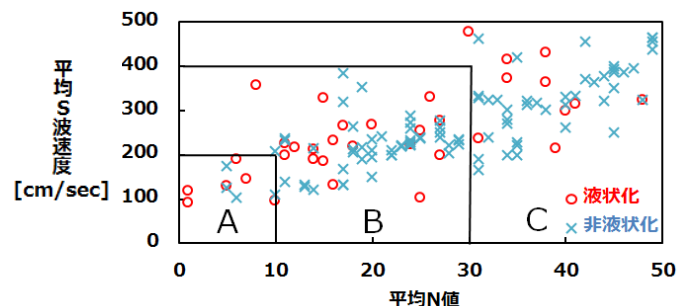


図-1 平均N値, 平均S波速度による地盤分類

$$AVS = 20 / \sum_{i=1}^n \left(\frac{H_i}{V_{Si}} \right) \quad [1]$$

ここで、nは深さ20mまでの層数、 H_i は第i層での層厚、 V_{Si} は第i層でのS波速度である。ただし、20mまでのデータが公開されていない場合は、相当する深さを分子に入れて対応させる。平均S波速度と平均N値を軸にとりA(軟弱)、B(中位)、C(硬質)を表す数値を対応させて、3つにエリア分けをした(図-1)。

4. 地盤種別による最大加速度と継続時間

液状化、非液状化観測点の地盤種別による継続時間と最大加速度の変化について調べる。最大加速度は3成分波形(南北、東西、上下)をベクトル合成し、その最大値を採用した。継続時間は水平成分波形(南北、東西)をベクトル合成し、初めて50galを記録した時刻から最後に50galを記録した時刻の差を採用した³⁾。横軸に震央距離を取ってグラフ化した(図-2, 図-3)。

図-2, 図-3を見るとどちらも震央距離が長くなるとともに縦軸の値は減少していることがわかった。また、C地盤の液状化、非液状化観測点ともに比較的小さい500gal以下となっている。しかし、地盤強度の違い、液状化発生有無の違いで異なる傾向は見られなかった。このことから、最大加速度や継続時間は液状化の発生に影響を及ぼさないことが示唆された。

5. 地盤種別、震央距離別によるフーリエスペクトル

観測地点のデータをK-netからダウンロードしたsmda2を使用して求めた。地盤を3種類、震央距離は

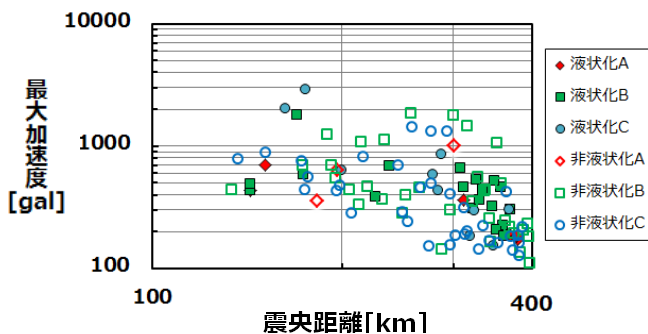


図-2 最大加速度の距離減衰

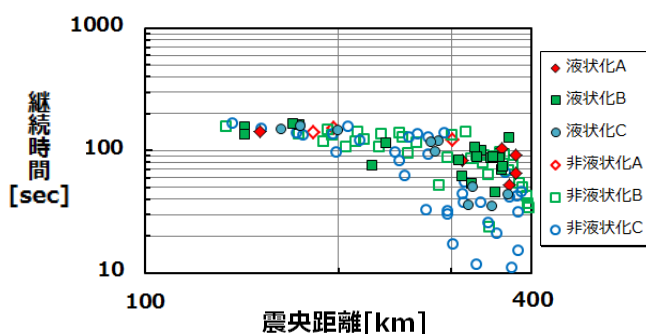


図-3 継続時間の距離減衰

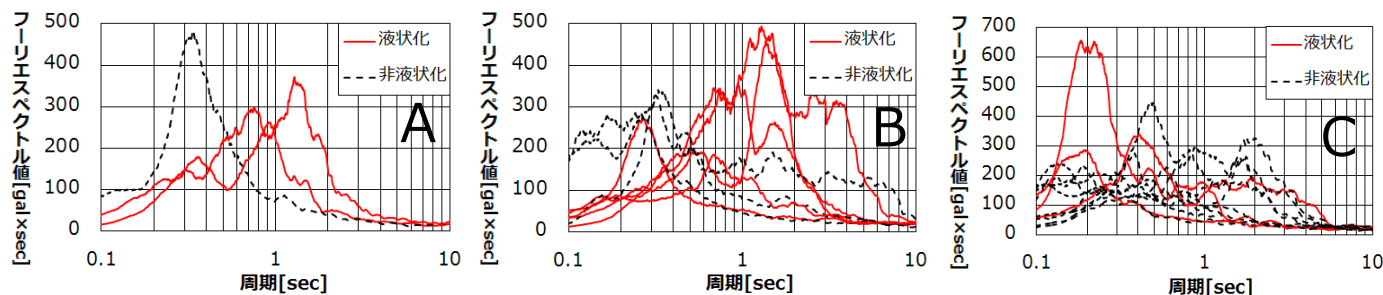


図-4 140-200km 区間のフーリエスペクトル

140-200, 201-250, 251-300, 301-350, 351-400km の5つの区間に分け、横軸に周期を取った。その中で、比較的傾向が見られた140-200km, 351-400km 区間について考察する。

図-4を見ると、液状化観測点はA, B地盤に比べてC地盤の卓越周期が短周期側に推移していて、非液状化観測点はB地盤に比べてC地盤の帯が広くなり、長周期側に推移していることが分かる。しかし、B地盤の土質柱状図を見ると、液状化、非液状化の地盤構造は異なっていた。この結果から、震源に近い区間は震源特性の影響を強く受けていると考えられる。

351-400km 区間では、A地盤液状化、B地盤液状化、C地盤非液状化はフーリエスペクトルの波形が全体的に類似していることが分かった。この波形が類似している観測点の土質柱状図を見ると、含まれている地盤構造の砂質土等の種類や層厚が類似していることが分かった。図-5はその一例である。これより、震源から遠い区間は地盤構造の影響を強く受けていると考えられる。

6. まとめ

本研究を行った結果、最大加速度と継続時間は液状化の発生に影響を及ぼさないことが示唆された。また、フーリエスペクトル解析では、卓越周期、波形、地盤構造の間にわずかな傾向を解明できたが、どの周期が液状化の発生に影響を及ぼすかは解明できなかった。

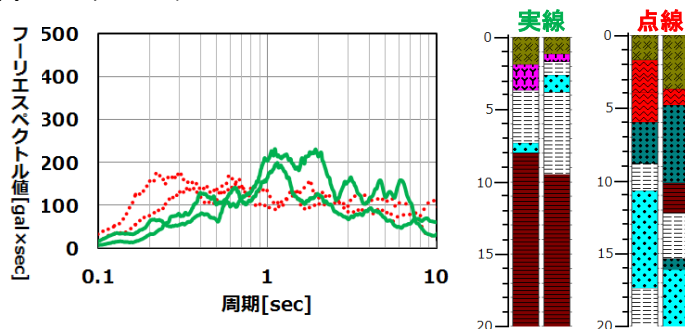


図-5 351-400km 区間のフーリエスペクトルと土質柱状図

そこで、液状化地点から観測点までの距離の違い、詳細ではない土質柱状図を用いたなどの問題点を改善し、地盤構造と卓越周期の関連をフーリエスペクトルで解析し、液状化が発生しやすい周期を見つけることが今後の課題である。

【謝辞】本研究実施にあたり、防災科学技術研究所の観測記録と各観測点の表層地盤情報を利用させていただきました。ここに感謝の意を表します

【参考文献】

- 1) 関東地方整備局：東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000043569.pdf
- 2) 紺野克昭ら：横浜市高密度強震ネットワーク観測点における微動を用いた地盤の平均S波速度の推定 土木学会論文集 A Vol.63 No.4,639-654
- 3) 気象庁：東北地方太平洋沖地震による地震動 http://www.jice.or.jp/sonota/t1/pdf/01_shiryou2.pdf