

地震動記録を用いた液状化判別手法の再評価

千葉大学 学生会員 ○川井 修

千葉大学 正会員 丸山 喜久, 山崎 文雄

1. 研究の背景と目的

近年、2007 年新潟県中越沖地震をはじめとする地震時に、液状化現象の影響で市民生活に重要なライフラインのガス・水道等の埋設管や港湾構造物等に被害が生じている。液状化の発生は地震動波形にも特徴的に現れるため、地震記録のみから液状化発生の有無を判定する研究^{1),2)}も行われている。

Kostadinov and Yamazaki¹⁾は、強震記録の卓越振動数の変化と振幅について解析し、液状化判定手法を提案している。また、鈴木ら²⁾の手法は、東京ガスの防災システム SUPREME で使われている新 SI センサーの液状化判定機能として、現在運用されている。

過去に比べ現在では強震計の数が膨大に増え、多くの地震記録が得られる。これらの強震記録を解析し、地震計周辺の液状化発生の有無と比較することにより、液状化判定手法の精度向上につながると考えられる。そこで本研究では、地震動記録のみを用いた液状化判別手法を行うことにした。

2. 液状化の判別方法

地震記録の卓越振動数の時間変化を把握するために着目し、ランニングスペクトルを計算した。2007 年新潟県中越沖地震時の、K-NET 柏崎での加速度波形を図-1(上)に、北陸自動車西山 IC での加速度波形を図-2(上)に示す。本研究では、宮島ら³⁾の方法を参考にして、時刻 t までの 2.5 秒間についてバンド幅 0.4Hz の Parzen ウィンドウで平滑化したフーリエスペクトルの最大値を示す振動数を時刻 t の卓越振動数とし、0.1 秒毎に卓越振動数を求めた。ここで、図-1(下)、図-2(下)に液状化・非液状化波形の卓越振動数の時間変化をそれぞれ示す。液状化地点における水平成分の長周期化があらわれている。

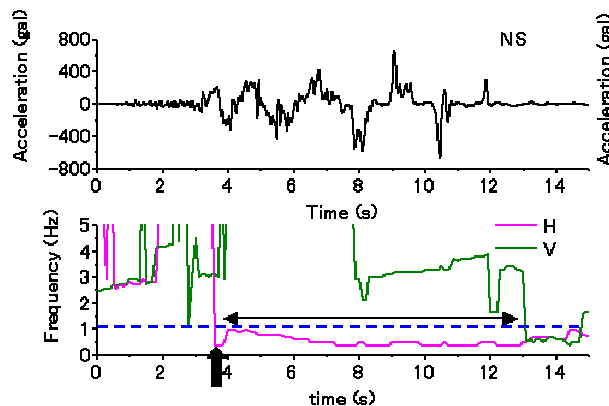


図-1 K-NET 柏崎記録と卓越振動数の時間変化

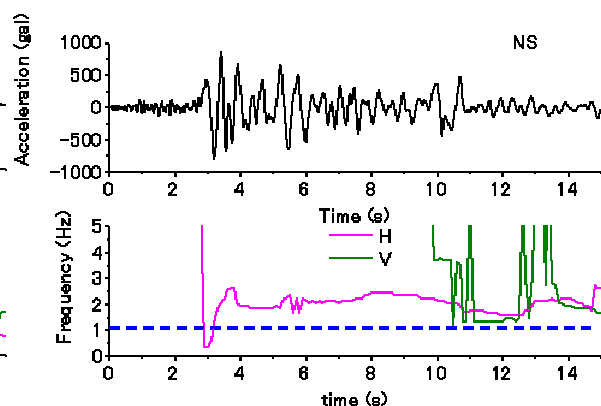


図-2 西山 IC 記録と卓越振動数の時間変化

液状化判別フローを図-3 に示す。既往の研究では、最大加速度または最大速度が指標として多く用いられており、この 2 つを乗じたものは計測震度と相関が高いことが翠川ら⁴⁾によって示されているため、計測震度を第 1 条件とした。次に、液状化地点の強震記録は、ランニングスペクトルにおいて、水平方向の卓越振動数 f_H (図-1,2(下)赤線) の急激な低下がみられるので、その値が 0.7Hz 以下になり、その時刻から 1 秒間以上 1Hz 以下の卓越振動数となることを第 2 条件とする。ただし、この条件において上下方向の卓越振動数 f_V (図-1,2(下)緑線) は 1.5Hz 以上とする。これは、表面波の到来を液状化と判断しないためである。また、キラーパルスによる誤判別を避けるため水平方向の卓越振動数が低下した後、2 秒以上 1Hz 以上になる場合第 2 条件のやり直しとする。ここで、第 2 条件の閾値は図-4 を

キーワード 液状化, 卓越振動数, 計測震度, フーリエスペクトル

連絡先 〒263-8522 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 TEL043-290-3557

もとに決定した。図-4は、最大加速度の発生時刻以降における水平方向の卓越振動数の最小値(ただし上下方向の卓越振動数は 1.5Hz 以上)と計測震度の関係である。Kostadinov and Yamazaki¹⁾が使用した液状化・非液状化記録(黒塗り)に加えて、2007年新潟県中越沖地震など、2000年以降の液状化・非液状化記録(白抜き)についても検討している。これによると、液状化地点すべてを含む範囲が、 0.7Hz 以下の最小振動数を示している。またこの図から、第1条件の計測震度の下限を 5.0 とする。

3. 判別結果

表-1に液状化判別の結果を示す。Kostadinov and Yamazaki¹⁾のデータベースに本研究で新たに加えた2000年以降の強震地震の記録では、噴砂・マンホールの浮き上がりなどの液状化痕跡の報告⁵⁾がない場合、非液状化地点とした。図-4のSUSは、地震計設置位置が液状化したという報告はないが、周辺に液状化の痕跡が見られる地点である(表-1の△)。

4. まとめ

本研究では、地震動記録よりランニングスペクトルを求め、上下・水平方向の卓越振動数と計測震度に着目し、液状化発生の判別を行った。概ね大体正しく判別されていたが、誤判別しているところもあった。これは、各観測点の近くで液状化現象の痕跡がみられ、その地点では地中内部で液状化している可能性もある。今後更なる検討を加え精度を高めれば、リアルタイムでの液状化判別が可能になり、さらには地震被害の低減にも役立つことが期待される。

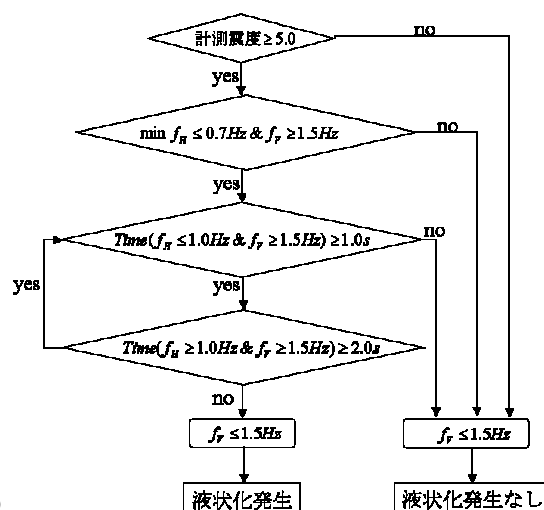


図-3 液状化判別フロー

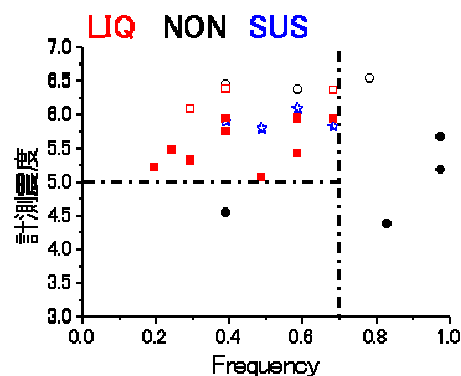


図-4 計測震度と水平最小振動数の関係

表-1 液状化判別結果

観測点	地震名	報告	液状化判別結果	観測点	地震名	報告	液状化判別結果
八郎島	1983年日本海中部地震	○	○	K-NET米子	2000年鳥取県西部地震	△	○
Wadif	1987年Superstition Hills Earthquake	○	○	K-NET江府	2000年鳥取県西部地震	×	×
東神戸大橋	1995年兵庫県南部地震	○	○	K-NET直別	2003年十勝沖地震	○	○
尼崎	1995年兵庫県南部地震	○	○	K-NET小千谷	2004年新潟県中越沖地震	×	×
尼崎-NO.3	1995年兵庫県南部地震	○	○	川口町役場	2004年新潟県中越沖地震	×	×
ポートアイランド	1995年兵庫県南部地震	○	○	K-NET長岡支所	2004年新潟県中越沖地震	×	×
神戸LIS	1995年兵庫県南部地震	○	○	長岡市役所山吉支所	2004年新潟県中越沖地震	×	×
JMA根室	1993年釧路沖地震	×	×	K-NET十日町	2004年新潟県中越沖地震	×	×
JMA寿都	1993年北海道南西沖地震	×	×	刈羽村役場	2007年新潟県中越沖地震	○	○
JMA釧路	1994年北海道東方沖地震	×	×	K-NET柏崎	2007年新潟県中越沖地震	○	○
JMA根室	1994年北海道東方沖地震	×	×	柏崎C	2007年新潟県中越沖地震	△	×
JMA苫小牧	1994年北海道東方沖地震	×	×	上越市柏崎区総合事務所	2007年新潟県中越沖地震	△	○
JMA浦河	1994年北海道東方沖地震	×	×	柏崎C	2007年新潟県中越沖地震	△	×
JMA八戸	1994年三陸沖地震	×	×	長岡市中之島支所	2007年新潟県中越沖地震	×	×
JMA神戸	1995年兵庫県南部地震	×	×	中之島IC	2007年新潟県中越沖地震	×	×
JMA大阪	1995年兵庫県南部地震	×	×	柏崎市西山町事務所	2007年新潟県中越沖地震	×	×
K-NET阿久根	1997年鹿児島県北西部地震	×	×	西山IC	2007年新潟県中越沖地震	×	×
K-NET加世田	1997年鹿児島県北西部地震	×	×	刈羽柏崎原子力発電所1号機	2007年新潟県中越沖地震	△	×
K-NET宮之城	1997年鹿児島県北西部地震	×	×	地震観測小屋			
K-NET大口	1997年鹿児島県北西部地震	×	×	刈羽柏崎原子力発電所サードビル	2007年新潟県中越沖地震	△	○
K-NET川内	1997年鹿児島県北西部地震	×	×				

参考文献

- 1) M. Kostadinov, F. Yamazaki: Detection of Soil Liquefaction from Strong Motion Records, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 30, 2, 173-193, 2001.
- 2) 鈴木崇伸, 清水喜久, 中山涉: 液状化地盤における強震記録の特徴について, 第10回日本地震工学シンポジウム, 1223-1228, 1998.
- 3) 宮島昌克, 野津智, 北浦勝, 山本真樹: 強震記録を用いた液状化検知法に関する基礎的, 研究土木学会論文集, No.647, pp.405-414, 2000.
- 4) 翠川三郎, 藤本一雄, 村松郁栄: 計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係, 地域安全学会論文集, Vol.1, pp.51-56, 1999.
- 5) 若松加寿江, 吉田望, 規矩大義: 2004年新潟県中越地震による液状化現象と液状化発生地点の地形・地盤特性, 土木学会論文集 C, Vol.62, No.2, 263-276, 2006.