

2003 年十勝沖地震における強震記録を用いた液状化判定

金沢大学大学院 学生会員 ○ 稲垣 聖示
 金沢大学工学部 正会員 宮島 昌克
 金沢大学工学部 フェロー 北浦 勝

1. はじめに

2003 年 9 月 26 日午前 4 時 50 分に十勝沖を震源（深さ 42 km）とするマグニチュード（ M ）8.0 の地震（2003 年十勝沖地震）が発生した。本地震により、強震動による構造物の損傷、地盤破壊、津波による被害等が多数報告されている。ここでは本地震の地盤破壊による被害として液状化に着目し、著者らが開発した強震記録を用いた液状化判定プログラム¹⁾を用い、北海道全域における液状化検知を行った結果と実現象を比較することで、本プログラムの問題点と今後の課題について明らかにした。

2. 液状化検知指標

著者らが開発した液状化判定プログラム¹⁾は、強震記録を用いた液状化検知指標の計算により、地震発生直後から解析を始め、地震が終わるのを待たずに液状化を検知するためのリアルタイム液状化センサーである。このセンサーによる液状化判定に用いる液状化検知指標は以下の 2 つである。

1) 平均周期

液状化が発生すると水平方向加速度が長周期化するという振動数特性に注目する。水平方向の加速度記録において、ゼロクロッシング法で求めた周期を 5 個ずつ平均していき、その時刻歴を求めた「平均周期の時間変化」を用いる。平均周期が 1.0 秒以上になった時点で「液状化地盤」と判定し、計算を終了する。

2) 上下／水平比

液状化が発生すると水平成分加速度が減衰するが、上下成分にはそのような傾向はみられないという振幅特性に注目する。上下・水平方向の加速度記録において、0.3 秒間隔でそれぞれの絶対値の最大値を求め、その比「上下／水平比の時間変化」を用いる。上下／水平比が 5.0 以上になった時点で「液状化地盤」と判定し、計算を終了する。

いずれの指標も水平 2 方向それぞれについて、水平方向最大加速度観測時刻以降において判定を行う。また判定の終了時刻は、上下／水平比を計算する際に求めた 0.3 秒間隔の水平方向加速度絶対値の最大値が 10gal を下回る時刻とする。

3. 液状化判定結果

液状化判定に用いた強震記録は、2003 年十勝沖地震の本震（4 時 50 分）、余震（6 時 8 分）において北海道全域の K-NET、KiK-net 観測点の地表面で記録された強震記録のうち、水平方向最大加速度が 80gal 以上の計 135 個の強震記録である。液状化判定には東西、南北、上下の 3 成分の強震記録を用いる。

図 1 に平均周期を用いた液状化判定結果を示す。図 1 より、本地震が M 8.0 という規模の大きな海洋型地震であること、北海道において軟弱地盤が多く分布することから平均周期が全体として長い結果となっている。既往の研究においても軟弱地盤において平均周期が 1.0 秒に非常に近い値を示した事例がある¹⁾。今後、海洋型地震における液状化検知指標としての平均周期の特性、軟弱地盤と液状化地盤との区別を考慮した平均周期の液状化判定値の再検討が必要であると考えられる。

図 2 に上下／水平比を用いた液状化判定結果を示す。図 2 より、最大上下／水平比が 5.0 を超える強震記録は白糠郡音別町字直別（直別）、十勝郡浦幌町（浦幌）の K-NET 観測点、阿寒郡阿寒町鶴居南（鶴居南）の KiK-net 観測点の 3 点で得られた強震記録である。これら 3 点の強震記録は全て本震の記録である。強震

観測点付近の液状化被害の報告として、直別では強震計設置点が埋め戻し土の液状化により傾斜するという被害²⁾、浦幌では強震観測点周辺の基地内において液状化被害の報告²⁾がある。したがって、直別、浦幌の2点に関しては上下／水平比が液状化発生を捉えていると言える。鶴居南については、周辺の液状化被害が不明なため、今後詳細な被害調査が必要となる。また、強震計設置点付近の液状化被害が、浦河郡浦河町（浦河）におけるK-NET 強震観測点付近で報告されている。浦河では、本震での液状化は発生しなかったが、余震において液状化が発生したとの報告がある。余震における浦河の強震記録を用いた判定結果において、最大上下／水平比が4.0であり、液状化判定値5.0に近い。本震での最大上下／水平比は1.9であるため、上下／水平比が余震での液状化発生を捉えていたのではないかと考える。

また、既往の研究において、最大上下／水平比が3.0～5.0の範囲は液状化地盤の明確な区別が難しい範囲であった¹⁾。既往の研究において判定に用いた強震記録は兵庫県南部地震を中心とする直下型地震において得られた強震記録が多いため、液状化検知指標とその液状化判定値が本地震のような海洋型地震の特徴を十分に考慮したとは言い難い。本地震においては、十勝・釧路地方を始め北海道東部沿岸地域に液状化被害が多く、最大上下／水平比が3.0を超える地点はこれと同様な範囲に位置する強震観測点に多い。例として中川郡豊頃町（豊頃）では、噴砂痕や埋設管の浮き上がり被害、住宅の不同沈下等多数の液状化被害報告²⁾がある。豊頃町内に位置するKiK-net 観測点を用いた液状化判定では、最大上下／水平比が3.4であるが、平均周期は1.0秒と液状化判定値と同値である。このような液状化被害事例をさらに収集するとともに強震観測点との位置関係について検討していく必要がある。また、海洋型地震への液状化検知指標の適用方法について検討する予定である。

謝辞：防災科学技術研究所 K-NET, KiK-net データを利用させて頂きました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 山本真樹：強震記録を用いたリアルタイム液状化センサーの開発に関する研究，平成13年度金沢大学大学院修士学位論文，2002。
- 2) 防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター：<http://www.edm.bosai.go.jp/>。

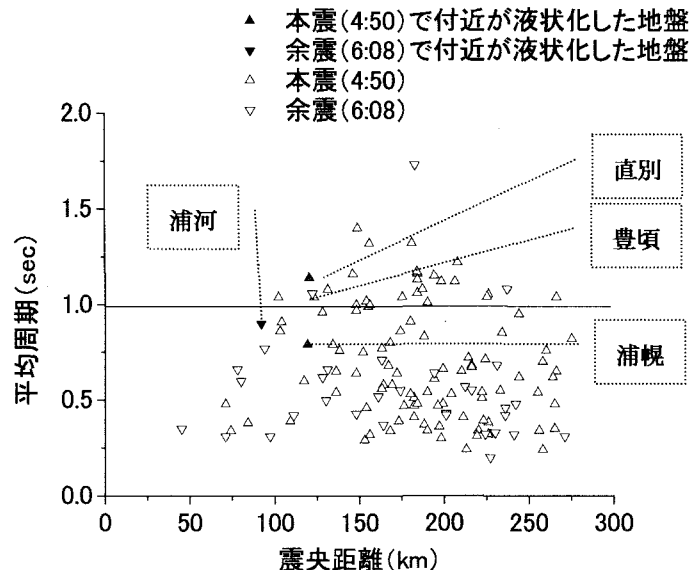


図1 平均周期を用いた液状化判定結果

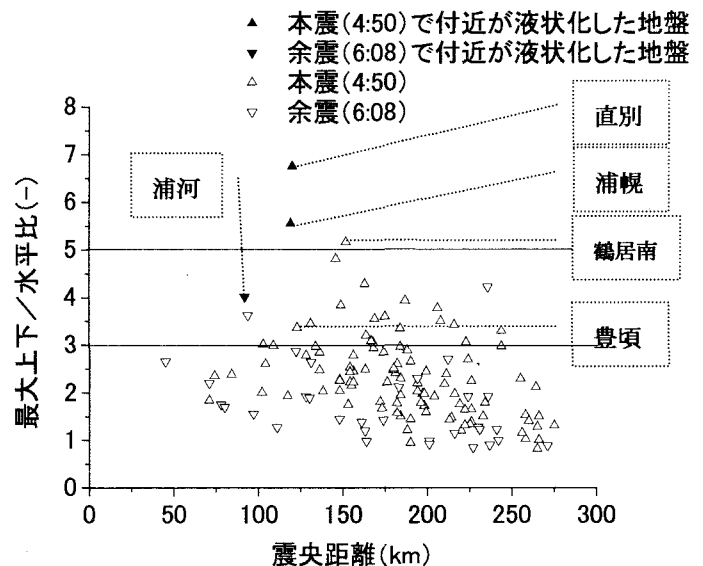


図2 上下／水平比を用いた液状化判定結果