

強震計で得られる加速度記録を用いたリアルタイム液状化検知

金沢大学工学部 ○渡辺海奈都
 金沢大学大学院 学生員 山本真樹
 金沢大学工学部 正会員 宮島昌克
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1. はじめに

地盤の液状化は、一般にライフライン施設の地震被害における大きな要因の一つであることが知られている。したがって、地震発生後に液状化の発生状況をリアルタイムに把握できれば、緊急を要するガスシステムなどへの対応が早期にでき、2次災害を防止するとともにその後の復旧活動に役立てることができる。そこで、本研究では著者らが提案している、強震計で得られる加速度記録を用いた液状化検知指標¹⁾をリアルタイムなものにするための検討を行った。

2. 液状化検知指標

これまでに提案されている液状化検知指標には、液状化地盤における強震記録の振幅特性に注目した「最大上下/水平比」と、振動数特性に注目した「強震時の平均卓越振動数」、「卓越振動数変化率」がある。

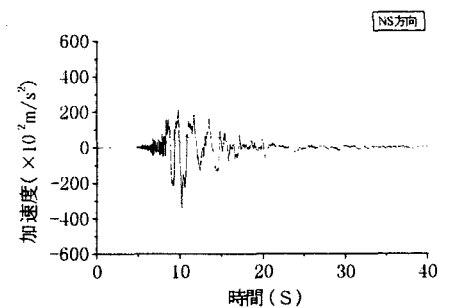
(1) 最大上下/水平比

まず、水平・上下方向の加速度記録において 0.3 秒間隔でそれぞれ最大値を求め、その比（上下方向最大加速度/水平方向最大加速度）の時刻歴を表したものを上下/水平比とする。その中から初期微動などの影響を考慮して、水平方向の加速度が最大を記録した時刻以降の上下/水平比より最大値を探し、最大上下/水平比とする。そして、最大上下/水平比の値が 4.0 以上の場合を液状化地盤として判断している。0.3 秒という値は、軟弱地盤や後続波などの影響を含んだ液状化地盤以外の強震記録についても解析し、液状化判定のために最も適当であると決められた値である。なお、水平方向の強震記録は 2 方向(方位差 90°)あるため、同時刻における水平 2 方向の最大加速度のベクトル和を新たに最大加速度とし、上下/水平比を計算した。

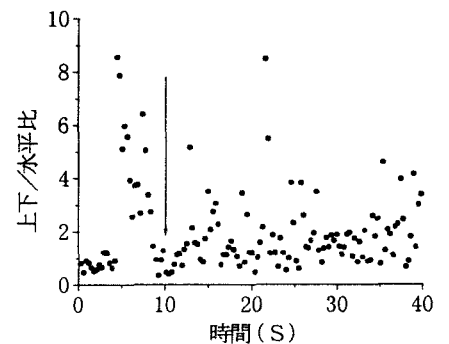
今回はデータを連続的に捉え一般性を高めるために、従来は 0.00~0.30 秒で 1 つ、0.30~0.60 秒で 1 つというように上下/水平比を求めていたのを、0.00~0.30 秒で 1 つ、0.01~0.31 秒で 1 つというように 0.01 秒ずつずらして上下/水平比を求めていくように改善した。1995 年兵庫県南部地震において得られた液状化地盤であるポートアイランド(地表面)の強震記録によって求めた結果を図 1 に示す。図中の矢印は水平方向最大加速度を記録した時間である。

(2) 強震時の平均卓越振動数、卓越振動数の変化率

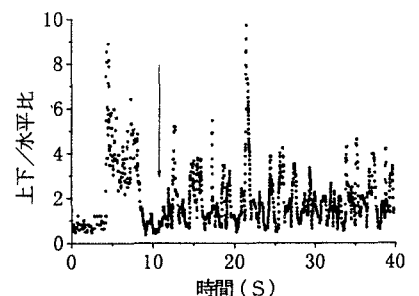
まず、水平方向加速度記録において、ある時刻 t を中心とした 5 秒間における加速度のフーリエスペクトルを求め、その最大値を示す振動数を時刻 t における卓越振動数とし、その 0.5 秒毎の時間変化を求めたものを卓越振動数の時間変化とする。なおここでも、同時刻 t における 2 方向の卓越振動数の平均値を、時刻



(a) 強震記録



(b) 従来の上下/水平比



(c) 新しい上下/水平比

図 1 ポートアイランド(地表面)

t の卓越振動数とした。次に、卓越振動数の時間変化より強震時の卓越振動数の平均値を求め、強震時の平均卓越振動数とした。ここで「強震時」とは、水平方向最大加速度を記録した時刻からフーリエスペクトルの最大値が 10cm/s 以下になる時刻までと定義した。また、初期微動時(フーリエスペクトルの最大値が 10cm/s を越えてから水平方向最大加速度を記録するまでの時間)と強震時における平均卓越振動数を求め、その比を卓越振動数変化率とした。そして、強震時の平均卓越振動数は 1.0Hz 以下、卓越振動数変化率は 10 より大きい場合に液状化していると判断している。1995年兵庫県南部地震において得られたポートアイランドと大阪市阿倍野区(非液状化地盤)の卓越振動数の時間変化を図2に示す。

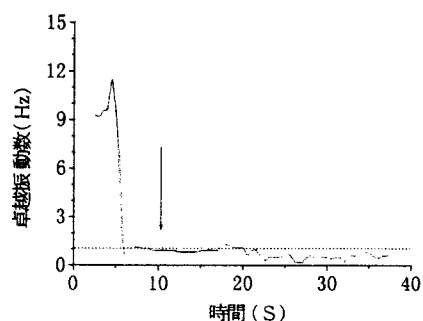
しかし、これらの液状化検知指標は強震記録が全部示されてからしか計算できないため、リアルタイムに液状化を検知しているとはいえない。そこで、液状化すると加速度記録が長周期化するという振動数特性に注目し、簡単に周期を計算できるゼロクロッシング法を用いることにした。ゼロクロッシング法とは強震記録がゼロ線をクロスする点の時間間隔を測り、それを2倍することによって周期を見出す方法である²⁾。今回はゼロクロッシング法により周期 T (秒)を求め、周期 T_1 (秒)から T_5 (秒)までの平均をとり時間 t_1 (秒)の周期とし、周期 T_2 (秒)から T_6 (秒)までの平均を取り時間 t_2 (秒)の周期とした。その結果をポートアイランドと大阪市阿倍野区について図3に示す。図中の矢印は水平方向最大加速度を記録した時間である。

図2より卓越振動数は液状化が起こると 1.0Hz よりも小さくなるが、非液状化の場合はそのような傾向が現れていないことがわかる。また、図3にも図2と同様に液状化地盤と非液状化地盤の違いが現れている。液状化地盤の方は加速度が長周期化しているが、非液状化地盤の方は長周期化していない。厳密に言えば非液状化地盤において25秒あたりから長周期化している。しかし、これは後続波の影響であると考えられる。そのため、ゼロクロッシング法で求めた周期を新しく液状化検知指標に加えるには、さらに改善を加え定量化しなければならないと考えられる。

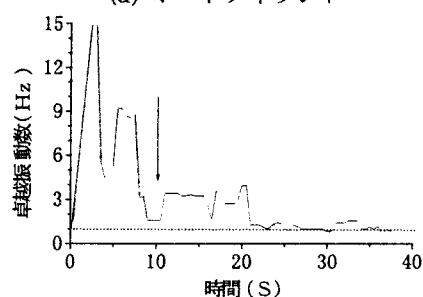
3. おわりに

今回はリアルタイムに液状化を検知できるようにするためにゼロクロッシング法を用いて周期を求めたが、この方法により水平方向最大加速度を記録する時刻が、長周期化する時刻と対応することがわかった。そのため、先に周期を求め、長周期になった時刻から上下/水平比を求めるようすれば、強震記録全体から水平方向最大加速度を記録した時刻を探し、その時刻以降で最大上下/水平比を求めるといった方法より、リアルタイムに液状化を検知することができると考えられる。

- 参考文献 1) 山本真樹・野津智・宮島昌克・北浦勝：強震記録を用いた液状化検知指標の提案とその検証、第25回地震工学研究発表会講演論文集、No.1、pp.417~420、1997.7
2) 大崎順彦：地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版、pp.17~25、1978.3

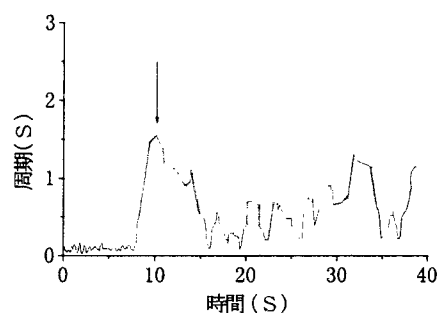


(a) ポートアイランド

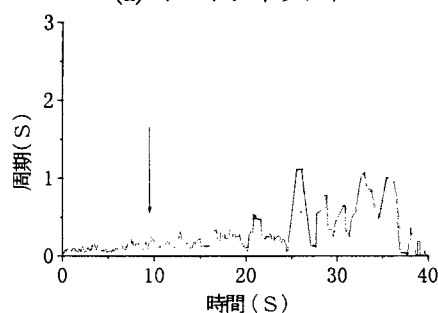


(b) 大阪市阿倍野区

図2 卓越振動数の時間変化



(a) ポートアイランド



(b) 大阪市阿倍野区

図3 周期の時間変化