

2001年芸予地震における強震記録を用いた液状化判定

金沢大学大学院自然科学研究科 ○山本真樹
 金沢大学工学部 正会員 宮島昌克
 金沢大学大学院自然科学研究科 フェロー 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、二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。

2. 液状化検知指標

著者らが開発したリアルタイム液状化センサーは、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センサーである¹⁾。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1ポイントを加算して計算を終了する。

(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1ポイントを加算して計算を終了する。

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。

2つの液状化検知指標を総合的に捉えるために、合計ポイントによる総合的液状化検知法により液状化を判断する。これにより強震計設置地点付近の液状化発生は0~2の3段階で表されることになる。合計ポイントが2ポイントの場合「液状化」、1ポイントの場合「液状化の可能性あり」、0ポイントの場合「非液状化」とであると判定する。

3. 2001年芸予地震における液状化判定

2001年3月24日に瀬戸内海の安芸灘を震央とする芸予地震が発生した。この地震においては多くの地点で強震記録が得られている。そのうち広島港と松山港の強震記録²⁾については液状化が疑われるような長周期の揺れが見られた。また広島港湾空港工事事務所強震計小屋周辺の被害状況として「強震計小屋は被害無し。隣接工事事務所の南側端が10cm程度沈下した。液状化による不同沈下と推定される。」²⁾という液状化によるものと思われる被害報告がある。そこで液状化

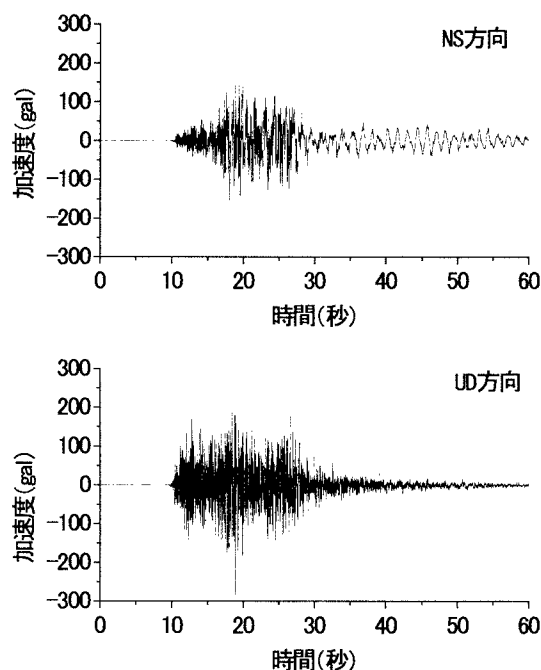


図1 広島港の強震記録

検知指標による液状化判定を行った。

図1に広島港の強震記録を示す。図1においては35秒付近から水平方向加速度が長周期化し、以降長周期の波が続いている。また水平方向加速度振幅において減衰が見られる。表1に液状化検知指標の計算結果を示す。今回の計算のうち液状化地盤であると判定されたのは広島港の最大上下/水平比であった。広島港の平均周期については0.64秒となっており、長周期化しているにもかかわらず非液状化と判定される値となった。

図2に平均周期（図中点線矢印は判定開始時刻と終了時刻）、図3に上下/水平比を示す。図3を見ると30秒付近で値が大きくなっている。これは図1のNS方向において、30秒付近に見られる加速度振幅の減衰と一致している。これまでの統計的研究から上下/水平比は観測点直下で液状化が発生している場合のみ、値が大きくなるということが分かっている。そのため広島港観測点直下においては液状化が発生していた可能性があるといえる。広島港は合計ポイントが1であり「液状化の可能性あり」と判定された。松山港については合計ポイントが0であり「非液状化」と判定された。「松山港湾空港工事事務所強震計小屋、被害無し」²⁾と松山港付近の液状化被害報告が無いことから、この結果は妥当なものであるといえる。

現在の手法においては判定の終了を、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を下回る時刻を用いて行っている。しかし広島港のように主要動が収まる頃に強震記録の水平方向成分が長周期化する場合は、上下方向成分を用いる方が妥当ではないかと考えられる。上下方向成分を用いた計算の結果、広島港の平均周期の値のみが変化し1.09（EW方向34.08秒）となり液状化と判定される値となった。この判定終了時刻の妥当性については、これまで研究に用いてきた強震記録のデータベースによりさらに統計的な検討を行う必要がある。

4. おわりに

広島港における液状化判定では「液状化の可能性あり」と判定されたが、実際の液状化発生の有無は明確でない。また、判定終了時刻の決定方法に課題が示された。一方、松山港については強震記録の水平方向成分に長周期化が認められたものの、液状化時の振動数特性としては認められず「非液状化」と判定され、実際の地盤状況の一致した結果が得られた。

<参考文献>

- 1) 宮島昌克, 渡辺海奈都, 北浦勝: リアルタイム地震防災のための強震記録を用いた液状化の早期検知, 第2回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集, pp. 33-40, 2000.
- 2) 独立行政法人・港湾空港技術研究所ホームページ: <http://www.pari.go.jp/index.html>

表1 液状化検知指標の計算結果（()内は観測時刻）

	平均周期 (秒)	最大上下/水平比
広島港	0.64 (28.80)	5.85 (29.73)
松山港	0.94 (30.70)	1.95 (27.70)

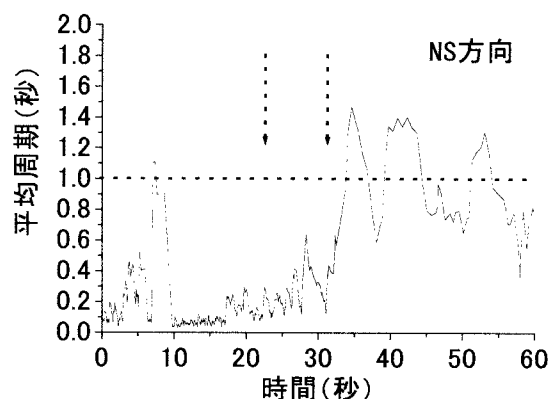


図2 広島港の平均周期の時間変化

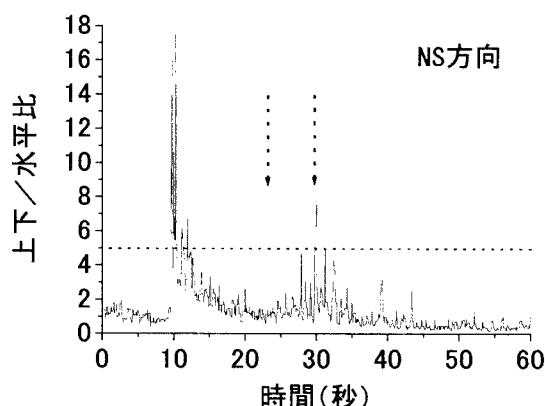


図3 広島港の上下/水平比の時間変化