

2001年芸予地震における強震記録を用いた液状化判定

液状化, 現場計測, 地震観測

金沢大学工学部 正会員 宮島昌克
石川県土木部 山本真樹

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。このような観点から著者らは、リアルタイム液状化検知手法をこれまでに提案している¹⁾。本文では、この手法を2001年芸予地震に適用し、その検知精度について検討する。

2. 液状化検知指標

液状化判定に用いる液状化検知指標としては以下の2つを用いる。

(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。水平方向の強震記録において、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・水平方向の強震記録において、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。これを逐次計算で行うために以下の手法を用いる。まず、水平方向加速度記録より振幅の絶対値を求める。そして、1周期ごとに振幅の最大値を探し、それを3秒間隔で平均値をとり平均振幅とする。液状化検知指標の計算においては、平均振幅が最大値を記録した時刻、すなわちグラフが下降し始めた時刻を水平方向最大加速度観測時刻として用い、液状化判定を始めることにする。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「液状化の可能性が高い地盤」、1ポイントの場合「液状化の可能性のある地盤」、0ポイントの場合「非液状化地盤」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。この地震において強震記録が得られた広島港と松山港については、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。そこで液状化検知指標による液状化判定を行った。

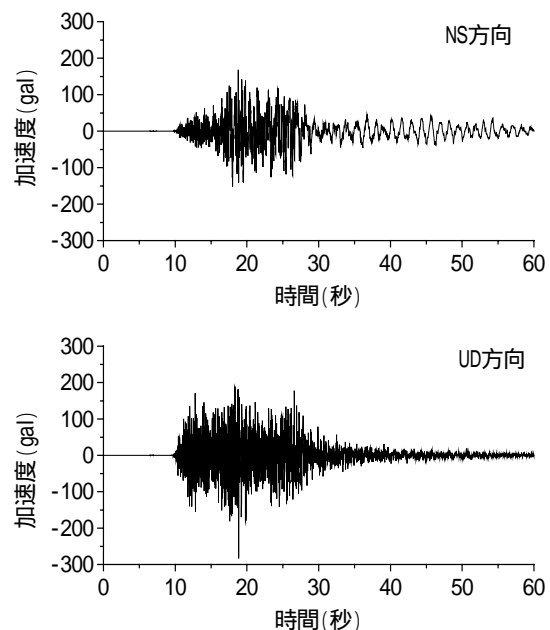


図1 広島港の強震記録

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)	上下 / 水平比
広島港	1.09 (34.08)	5.85 (29.73)
松山港	0.94 (30.70)	1.95 (27.70)

図1に示した広島港の強震記録では、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、30秒付近において水平方向加速度振幅の減衰が見られる。図2に周期の時間変化(図中点線矢印は判定開始時刻と終了時刻)、図3に上下 / 水平比の時間変化を示す。図2を見ると35秒以降で周期が大きくなっている。これは図1の35秒以降において水平方向加速度が長周期化する現象と対応している。また、図3においては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おり、液状化地盤の振幅特性をとらえていると考えられる。

同様な検討を松山港で得られた強震記録についても行った。表1に広島港と松山港の液状化判定結果を示す。両地点のうち、液状化地盤であると判定されたのは広島港の平均周期と上下 / 水平比であった。広島港は合計ポイントが2であり「液状化の可能性が高い地盤」と判定された。図4に広島港のボーリング柱状図と液状化に対する抵抗率 F_L 値を示す。なお、同図の太線は地表面最大加速度を、細線は最大加速度を0.65倍したものをそれぞれ用いた結果である。4~7mに N 値の小さい砂地盤が存在し、この層において F_L 値が1を下回っているため、液状化の発生した可能性が大きい。しかし、表層に4m盛土があるので、液状化の影響が地表面に現れなかったものと考えられる。一方、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⁾と報告されており、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といえる。

<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, 土木学会・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>

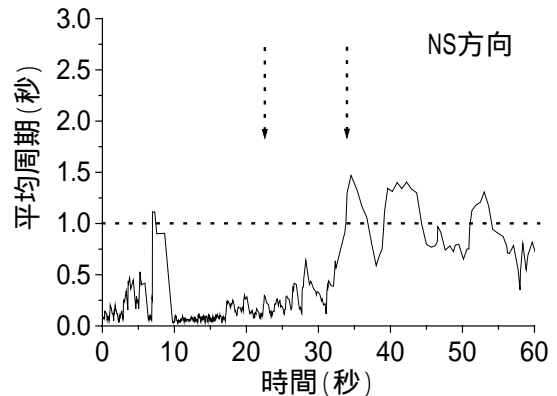


図2 広島港の周期の時間変化

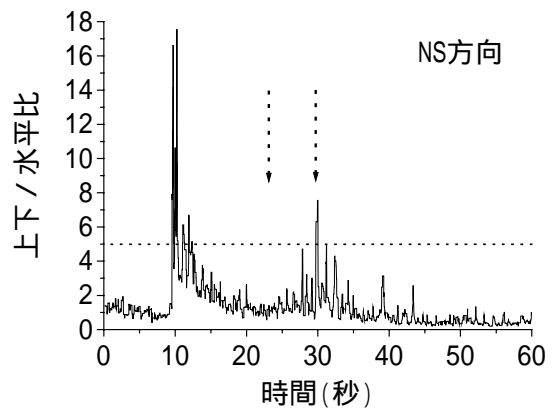


図3 広島港の上下 / 水平比の時間変化

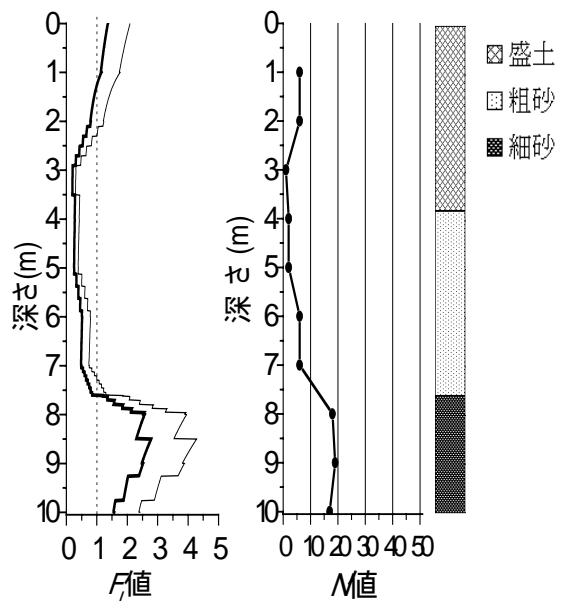


図4 広島港のボーリング柱状図と F_L 値