

I - B 429

強震記録に反映される液状化時地盤動特性の定量的検出

金沢大学工学部 正会員 宮島昌克
 金沢大学大学院 野津 智
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 真柄建設（株） 正会員 安達 實

1. はじめに

阪神・淡路大震災以降、地震動の強震観測が各地で大規模に整備されてきており、地震発生直後にきめ細かな震度情報を知ることができるようになってきている。本研究では、さらにこれらの強震記録から地盤破壊の状況をも把握できないかと考え、地盤の液状化に注目し、強震記録から液状化地盤特有の地盤動特性の検出を試みる。強震記録から液状化の発生の有無を地震直後に把握することができれば、被害把握の精度が向上し、早期の救援、復旧活動に大きく貢献できるものと考えられる。

2. 液状化地盤における強震記録の振幅特性

液状化地盤においては、地盤応答加速度の水平成分が減衰するが、上下成分は減衰せず、むしろ増幅することが知られている。そこで、強震記録において0.2秒間隔で上下方向、水平方向それぞれの地盤応答加速度の最大値を求めて上下/水平比の経時変化を求めたところ、水平加速度が最大値を示す以前の上下/水平比のピークは液状化の発生の有無に関わらずに生じるが、水平加速度が最大値を示した以降は、液状化地盤のみで上下/水平比が大きくなることを既に報告している¹⁾。ここでは、表1に示すような強震記録を用いて、液状化地盤を判別するための定量的検討を行う。図1は、水平加速度が最大値を示した以降における上下/水平比の最大値（以後、最大上下/水平比と呼ぶ）を示したものである。表1に示した地点以外でも同様な検討を行ったところ、最大上下/水平比が2.0以上であれば周辺地盤が液状化している可能性が高いという結果が得られた。

表1 解析対象地点

地盤情報	観測地点名	観測地震
液状化が発生した地盤	ポートアイランド	兵庫県南部地震(1995.01.17)
	六甲アイランド	"
	青森港	十勝沖地震(1968.05.16)
付近に噴砂後などがあり軟化が起こったと考えられる地盤	JR鷹取駅	兵庫県南部地震(1995.01.17)
	千早赤阪	"
	阿倍野	"
	堺	"
	室蘭港	北海道南西沖地震(1993.07.12)
非液状化地盤		

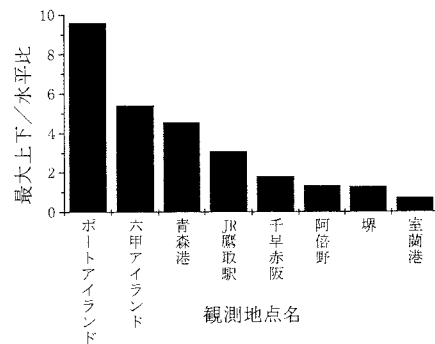


図1 最大上下/水平比

3. 液状化地盤における強震記録の振動数特性

まず、液状化地盤では低振動数成分が卓越することが知られているので、フーリエスペクトルに着目し、フーリエスペクトル全体の面積と低振動数成分の面積との比を求めた。低振動数成分を定義するために若干の検討を行い、ここでは、2.0Hz以下を低振動数成分と考えることにした。すなわち、フーリエスペクトルにおける2.0Hz以下の面積を全体の面積で除したものをフーリエスペクトル面積比として解析を行った。図2に、表1に示した強震記録のフーリエスペクトル面積比を示す。これら以外の強震記録でも同様の検討を行ったところ、フ

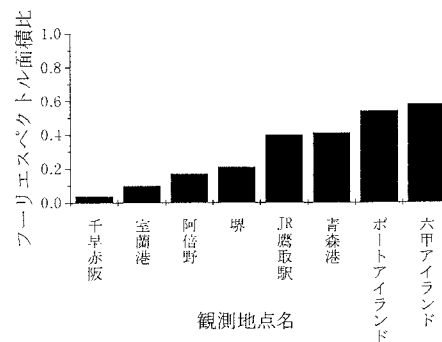


図2 フーリエスペクトル面積比

キーワード：強震記録，液状化，モニタリング

連絡先：〒920-8667 金沢市小立野2丁目40番20号 TEL. 076-234-4656, FAX. 076-234-4644

ーリエスペクトル面積比が0.25以上では周辺地盤が液状化している可能性が高いという結果が得られた。しかしこの方法では、後揺れ波などの表面波の影響による長周期化や、非常に軟弱な地盤における長周期成分の卓越などと、液状化による長周期化を明確に判別することができない。

そこで、液状化の発生により地盤の卓越振動数が急激に低下することに注目し、卓越振動数の時間的変化率を次のように定義し、解析を行った。すなわち、5秒ごとに強震記録のフーリエスペクトルを求め、それぞれの卓越振動数から時間変化率である負の傾きを計算し、その絶対値の最大を卓越振動数の時間変化率と定義した。表2に6地点における卓越振動数の時間変化率を示す。同表によれば、液状化地盤でなくても卓越振動数の時間変化率の大きい場合が見られ、この指標だけから液状化地盤を判別することはできない。そこで、液状化による長周期化の影響も同時に考慮するために、5秒ごとに求めた卓越振動数の平均値を求め、平均卓越振動数として表2に合わせて示した。同表によれば、平均卓越振動数が小さく、卓越振動数の時間変化率の大きい場合に地盤が液状化していることがわかる。さらに、これら以外の観測点についても同様の解析を行ったところ、液状化地盤においては平均卓越振動数が2.0Hz未満で、卓越振動数の時間変化率が1.0Hz/s以上であった。また、平均卓越振動数が2.0Hz未満で、卓越振動数の時間変化率が1.0Hz/s未満の場合は、地盤が最初から軟弱であったり、地盤の軟化の起こった可能性のある地点が多かった。

表2 平均卓越振動数と卓越振動数の時間変化率

観測地点名	平均卓越振動数(Hz)	卓越振動数時間変化率(Hz/s)
ポートアイランド	1.9	4.2
六甲アイランド	1.8	5.0
阿倍野	2.4	2.6
忠岡	2.4	1.4
尼崎	0.8	0.2
JR鷹取駅	1.0	0.2

表3 液状化発生の有無と液状化判定指標

液状化報告	場所	観測地震	液状化判定指標
○	Wildfire	Superstition Hills地震(1987.11.23)	
○	ポートアイランド	兵庫県南部地震(1995.01.17)	3
○	六甲アイランド	"	3
○	東神戸大橋	"	3
○	青森港	十勝沖地震(1988.05.16)	
△	尼崎	兵庫県南部地震(1995.01.17)	2.5
△	JR鷹取駅	"	2.5
○	函館港	北海道南西沖地震(1993.07.12)	2.5
△	釧路港	釧路沖地震(1993.01.15)	2
×	神戸大学	兵庫県南部地震(1995.01.17)	1.5
×	青森港	日本海中部地震(1983.05.26)	1.5
×	宝塚	兵庫県南部地震(1995.01.17)	1.5
×	阿久根	鹿児島県北西部地震(1997.03.26)	1.5
×	川内	"	1.5
×	弥生	兵庫県南部地震(1995.01.17)	1.5
×	堺	"	1
×	与野	"	0
×	奥村組筑波実験所	茨城県南西部地震(1993.07.12)	0
×	茨城	兵庫県南部地震(1995.01.17)	0
×	阿倍野	"	0
×	室蘭港	北海道南西沖地震(1993.07.12)	0
×	本山	兵庫県南部地震(1995.01.17)	0
×	千早	"	0
×	忠岡	"	0

液状化報告

- : 液状化が起きたとされる地盤
 △ : 軟化現象が起きた、または、付近に噴砂跡などがある地盤
 × : 非液状化地盤

4. 液状化判定指標

上述の3つの指標にはそれぞれ液状化を誤判断する要素を持っているので、それらを補完するために、3つの指標を用いた総合判定指標を以下のように考えた。すなわち、最大上下/水平比が2.0以上の場合に1ポイント、フーリエスペクトル面積比が0.25以上の場合に1ポイント、平均卓越振動数が2.0Hz未満の場合には0.5ポイントとし、なおかつ卓越振動数の時間変化率が1.0Hz/s以上の場合には1ポイントとし、それらの合計ポイントを総合判定指標とした。いくつかの強震記録で解析を行った結果を、実際の液状化発生の有無とともに表3にまとめた。同表によれば、総合ポイントが2.0以上の場合には液状化が起きた可能性が高く、3.0以上の場合には液状化が起きた可能性が非常に高いと判断できる。今後はさらに多くの強震記録を用いて検討するとともに、ポイントの与え方など、定量化の方法を改善していく予定である。

謝辞：本研究ではたくさんの方の強震記録を利用させて頂きました。強震記録を提供して頂きました、建設省土木研究所、運輸省港湾技術研究所、科学技術庁、(財)震災予防協会、関西地震観測協議会、神戸市開発局、JRを始めとする関係機関の各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献：1) 宮島昌克・野津 智・北浦 勝：強震記録の上下/水平比を用いた液状化判定法に関する一考察、土木学会第52回年次学術講演会講演概要集、第1部(B)、pp.526-527, 1997。