

強震記録を用いた液状化センサーの開発に関する基礎的研究

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 宮島 昌克
 金沢大学大学院自然科学研究科 野津 智
 金沢大学工学部 ○井口 展明
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 真柄建設株式会社 正会員 安達 實

1. はじめに

地震時における液状化の発生が構造物や地中埋設管に多大な影響を及ぼすことはよく知られている。したがって、液状化地域の早期発見は地震直後の復旧・救援活動に寄与することができる。本研究では、地表面に設置している強震計の記録から液状化の発生の有無を早期判定する方法を考える。

2. 振動数特性に関する解析

液状化が起これると、地盤が軟化するため地震波の高振動数成分が減衰し、低振動数成分が増幅することが知られている。したがって、高振動数成分の減少を検知できればその地盤の液状化の有無が判定できると考えられる。そこで、本研究では解析方法としてランニングスペクトルを用いる。ランニングスペクトルとはフーリエスペクトルの時刻歴である。液状化地盤の例として兵庫県南部地震におけるポートアイランドの強震記録のランニングスペクトルを図 1 に示す。x 軸は時間(s)、y 軸は振動数(Hz)、z 軸はフーリエスペクトルを各記録における最大値で基準化したものである。図 1 を見るとやはり、高振動数成分が減少し、低振動数領域に収まっている。この傾向は、他の強震記録においても同様に見られた。これらの液状化地盤、非液状化地盤のランニングスペクトルの違いを数量化するため、グラフの低振動数領域の体積と全体の体積との比をとることにした。もし、地盤が液状化しているのであれば、グラフの全体に占める低振動数領域の体積が大きくなり、この値は大きくなるはずである。そこでまず、低振動数領域の境界となる振動数を変化させてランニングスペクトルの体積比を求めた。その結果を図 2 に示す。これには、兵庫県南部地震以外の強震記録を用いた解析結果の値も併せて示してある。これを見ると、地盤の液状化が起こったといわれている六甲アイランド、ポートアイランド、東神戸大橋、それと付近に噴砂後などがあり液状化が起こった可能性が高い JR 鷹取駅、尼崎は、1, 2Hz あたりから急激に増加し、急なカーブを描いている。それに比べると、阿倍野、千早赤阪、JR 加古川駅、堺、忠岡などの液状

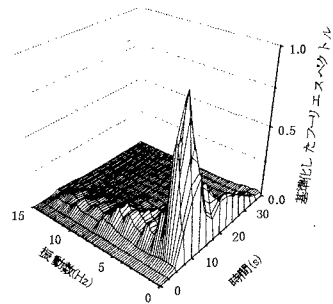


図 1 ポートアイランドのランニングスペクトル

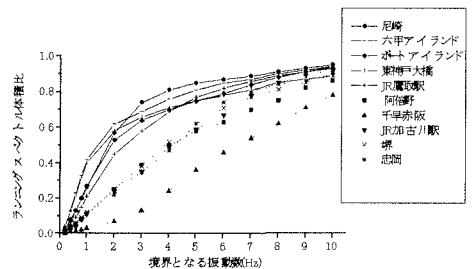


図 2 ランニングスペクトル体積比の変化

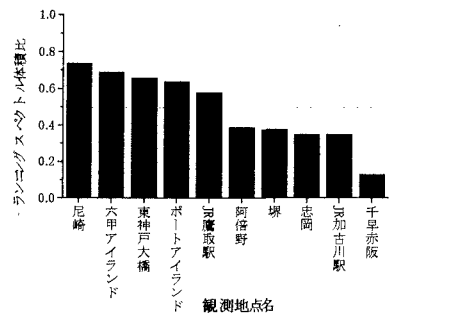


図 3 各観測地点のランニングスペクトル体積比

化被害が報告されていない観測地点での値は、直線的に変化している。本解析では、図 2 より液状化地盤と非液状化地盤とのランニングスペクトルの体積比の差が大きい 3Hz を境界として低振動数領域を決定した。図 3 に各観測地点でのランニングスペクトルの体積比を示す。これを見ると、液状化地盤では体積比が 0.5 以上になっており、非液状化地盤の値と比べると大きな値となっている。以上より、ランニングスペクトルの全体に対する低振動数領域の割合が液状化判定に有効であると考えられ、今回の解析結果からは、3Hz 以下を低振動数成分としたときのランニングスペクトルの体積比が 0.5 以上の場合には液状化の可能性が大きいといえる。しかしながら、強震記録が表面波や、後揺れ波の影響による長周期化が起こっている場合にも、液状化したと判定してしまう可能性もあるため、他の液状化判定との組み合わせによって、総合的に判断していかなければならないと考えている。

3. 振幅特性に関する解析

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し、上下成分が増幅することが知られている。したがって、上下／水平比（ $<$ 上下方向地盤応答加速度の最大値／水平方向地盤応答加速度の最大値 $>$ を表す）が、液状化地盤では大きくなると考えられる。この特性から液状化が検知できると考え、本研究では 0.2 秒ごとの上下／水平比を求めた。しかし、地震動は初期段階では上下動の方が大きい傾向があり、その結果、この初期段階の上下／水平比は液状化と関係なく大きく現れている。したがって、本解析では水平方向地盤応答加速度の最大値を記録した時間を矢印点線で表し、その時刻以後のみに注目した。液状化地盤の例として、ポートアイランドの地表面における強震記録の上下／水平比の解析結果を図 4 に、液状化していない地盤として、千早赤阪の地表面における強震記録の解析結果を図 5 に示す。これを見ると、やはり液状化地盤での上下／水平比は大きくなり、非液状化地盤では小さくなった。他の強震記録においてもこの傾向は確認された。つぎに、この傾向を明確にするため各観測地点における上下／水平比の最大値をとり、図 6 に示す。これより、今回の解析結果では、最大上下／水平比が 3 以上の場合に液状化が起きた可能性が大きく、3 未満で液状化が起きた可能性が小さいといえる。

4. おわりに

本研究ではつぎのようなことが明かになった。

- (1) 地表面の強震記録のランニングスペクトルにおいて高振動数成分が全体に比べ小さく、低振動数成分に偏っている場合、その地盤は液状化している可能性が高い。
- (2) 水平地盤応答加速度が最大値を生じた後に上下／水平比が大きい値を示した場合、その地盤は液状化している可能性が高い。

なお、今後はサンプル数を増やし、信頼性を高めるとともに、総合的かつ定量的に液状化の判定ができることを目指していく予定である。

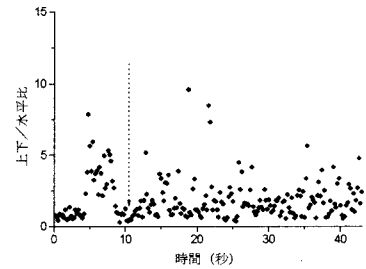


図 4 ポートアイランドでの上下／水平比

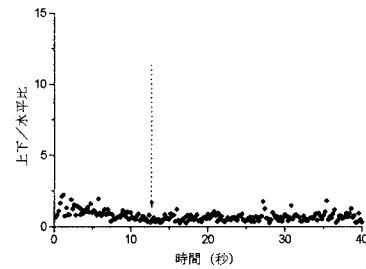


図 5 千早赤阪での上下／水平比

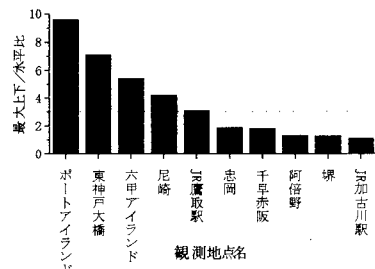


図 6 各観測地点での最大上下／水平比