単一の地震計を用いた地盤の液状化判定手法の開発

前橋工科大学　学生会員　○相田　俵吾
前橋工科大学　　正会員　　森　　友宏

１．研究背景と目的

ミサワホームでは戸建住宅の基礎部に小型地震計を設置する事により，地震時の上屋の損傷度や，宅地地盤の傾斜を判別して居住者に通知するサービスを提供しているが，将来的に液状化判別のサービスを提供予定である．本来，地盤の液状化判定は，地震計によるアレイ観測網や，基盤と地表などの複数地点の地震動記録を用いて，判定が行われる．しかし今回は住宅基盤に設置された単一の地震計のみで液状化判定を行わなければならない．本研究では K-net や Kik-net のデータを用いて，実際に液状化発生地域および液状化の未発生地域の地震波の解析を行うことにより，単一の地震計による加速度記録から液状化発生の有無を判別する手法を検討する．

２．研究の流れと手法

本研究で液状化判別のために実施した加速度記録の加工のフローチャートを図 1 に示す．

まず，加速度波形（10Hz のローパスフィルター，基線補正の加工済み）に高速フーリエ変換（以後 FFT）を施し，地盤の卓越周波数の経時変化（ランニングスペクトル）を求める．FFT をかける際に，計測時間によるスペクトル形状を把握するべく，ある時間間隔ごとにデータを切り抜く．本研究では時間間隔を 6 秒（600 データ）と一定にし，3 秒ごとずらして加速度データを切り抜く．この処理により得られるランニングスペクトルをランニングスペクトル 1 とする．次に，スペクトル強度に対する入力地震動の大きさの影響を小さくするために，ランニングスペクトル 1 に対して，それぞれの時刻帯における加速度波形の積分値で除算を行う．これにより得られるものをランニングスペクトル 2 とする．液状化の判別においては，低周波域のスペクトルの増加分の把握が重要であるため，ランニングスペクトル 1，ランニングスペクトル 2 において，主要動初期の時刻帯の加速度データ（初期波データ）の 1 次卓越周波数より低周

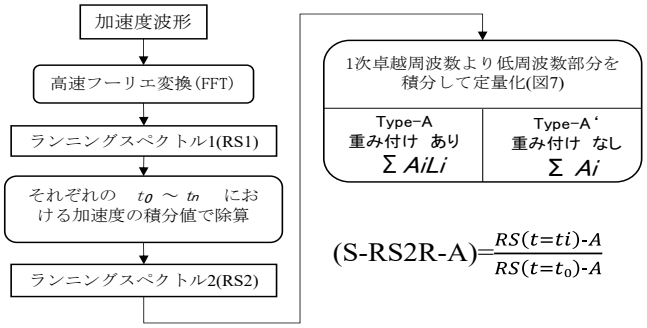

図 1　単一の地震計による加速度分析フロー

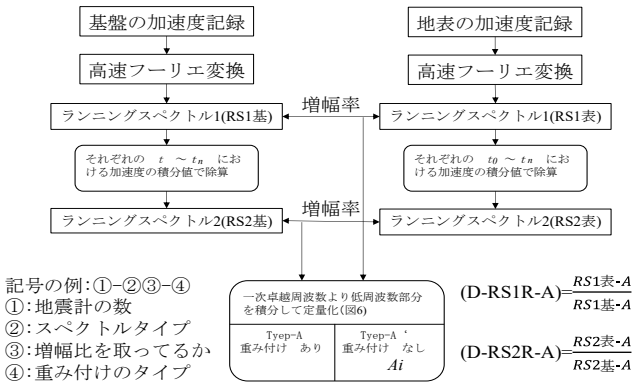

図 2　2 つの地震計による加速度分析フロー

波数部分を積分して定量化を行う．定量化を行うにあたって，積分値に 1 次卓越周波数からの長さを掛けることにより重み付けを行う．これにより，初期の 1 次卓越周波数がより大きく変化したものに対して，より大きな重みを与えることができる．重み付けを行ったものと行わないものを作成し．それぞれの初期波データとの倍率を取り，液状化判定を行う．

一方，K-net や Kik-net のように基盤と地表面の双方の加速度記録を持つデータに関して，基盤と地表を比較することによる液状化判定の加工フローチャートを示す（図 2）．ここでは基盤と地表の加速度記録（図 4）に対しそれぞれ FFT を行い，フーリエスペクトルの増幅率を取ることにより液状化の有無を確認する．ランニングスペクトル 1，ランニングスペクトル 2，増幅率それぞれの積分値，重み付けした積分値を求め面積比較を行うことにより，液状化判定を行う．

キーワード　地震計　宅地地盤　液状化判定　卓越周波数　高速フーリエ変換
連絡先　〒371-0816　群馬県前橋市上佐鳥町 460 番地 1　前橋工科大学　TEL:027-265-7308　E-mail:mori@maebashi-it.ac.jp

３．結果と考察

東北地方太平洋沖地震により液状化が発生したひたちなか（観測点の諸元は図 3 に示す）の加速度記録（図 4）を例に見ていく．まず，ランニングスペクトルを取らずに地震が起こっている時間全体に FFT を行い増幅率を取ったもの（図 5）を見てみる．液状化発生地域のひたちなかと未発生地域の高萩を比べてみると，ひたちなかの方が低周波数側のスペクトルが大きくなっているものの，この図だけから液状化の発生を判別することは困難である．

次に，基盤と地表の加速度記録を用いた同時刻帯のランニングスペクトルごとの増幅率（地表／基盤）を図 6 に示す．ランニングスペクトルはデータ No.1 を初期波（No.1: t=40～45.99 秒）とし，以降 3 秒ずつずらした（データ No.2: t=43～49.99 秒，データ No.11: t=73~79.99 秒）．図 6 の横軸はランニングスペクトルのデータ No.，縦軸は増幅率（地表／基盤）を示す．各プロットを示す記号は図 2 を参照．

一方，単一の地震計のみの加速度記録を用いたランニングスペクトルの増幅率（ある時刻／初期）を図 7 に示す．各プロットを示す記号は図 1 を参照．

図 6 と図 7 を比較すると，図 6 のプロット D-RS2R-A(赤)と図 7 の S-RS2R-A(青)は同様の傾向を示している．このことより，従来の方法である 2 つ以上の地震計を用いたスペクトルの増幅率による評価手法と，本研究が提案する単一の地震計を用いた手法は，地盤の周波数変化の評価に関して同等の性能を持っていると言える．

４． まとめ

本研究によって単一の地震計により得た加速度波形から液状化発生の有無（周波数特性の経時変化）を判別する手法を提案できた．多くの地震データを分析してデータを蓄積することで，増幅率の変化量から液状化の程度を定量評価する期待がもたれる．

地震名	東北地方太平洋沖地震	
深さ	Vp	Vs
(m)	(m/s)	(m/s)
1	400	180
185	3400	1600
470	3700	2000

図 3　Kik-net ひたちなかの地盤の諸元

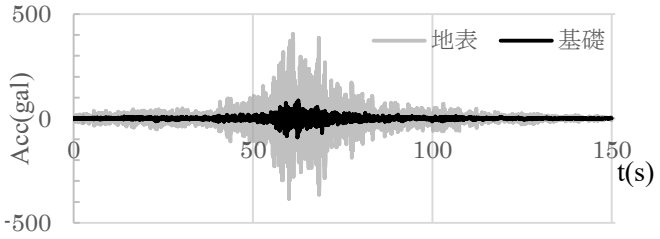

図 4 ひたちなかにおける基盤と地表の加速度記録

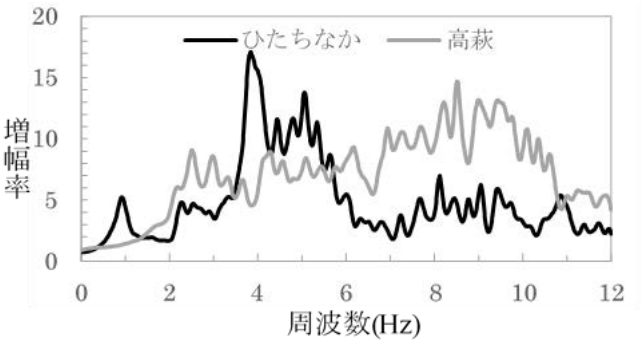

図 5　全時刻帯でのフーリエスペクトルの増幅率

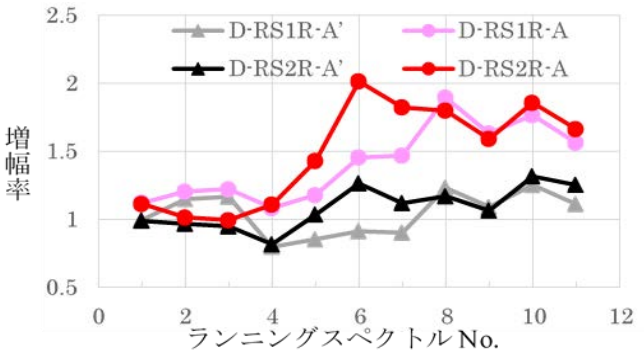

図 6　2 つの地震計を用いた増幅率(地表/基盤)の経時変化(ひたちなか)

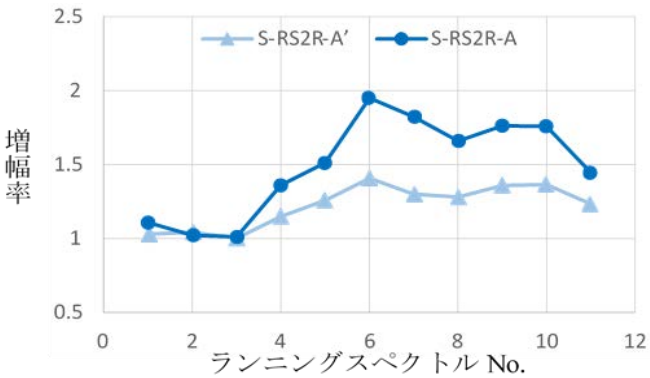

図 7　単一の地震計を用いた増幅率（ある時刻/初期）の経時変化（ひたちなか）

謝辞

本研究は，ミサワホームによる「小規模構造物における基礎地盤の安定化手法に関する研究」の支援を受けました．ここに記して謝意を表します．