

## 1. はじめに

近年、耐震設計における動的解析の重要性が高まってきている。動的解析結果には、入力地震動の選定が耐震性能に大きく影響するため、その評価は重要であると考えられる。従来から用いられてきた Fourier 変換による方法では、波形の時間的変動を捉えることは困難である。そこで、本研究では、時間一周波数解析を行うことができる Wavelet 変換を用いて地震動波形の解析を行い、その評価を試みることにした。

## 2. Wavelet 変換

関数  $f(t)$  に対して Mother-wavelet  $\psi(t)$  を用いて、Wavelet 変換  $(W_\psi f)(b, a)$  は、次式<sup>(1)</sup>のように定義される。

$$(W_\psi f)(b, a) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot \overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt \quad (1)$$

ここで、 $a$ 、 $b$  はそれぞれ、スケールパラメータ、シフトパラメータであり、本研究で用いた離散 Wavelet 変換では、パラメータ  $a$ 、 $b$  を整数  $j$ 、 $k$  を用いて、 $(b, 1/a) = (2^{-j}k, 1/2^j)$  とおいて離散化し、次式のように表される。

$$d_k^{(j)} = (W_\psi f)(2^j k, 2^j) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot \overline{\psi_{j,k}(t)} dt, \psi_{j,k}(t) = 2^{-j/2} \psi(2^{-j} t - k) \quad (2)$$

ここで、 $d_k^{(j)}$  は Wavelet 係数である。また、整数  $j$  は、level を示し、関数  $f(t)$  は、次式のように分解することができる。

$$f(t) \equiv f_0(t) = g_1(t) + g_2(t) + \dots + g_j(t) + f_j(t), \quad g_j(t) = \sum_k d_k^{(j)} \cdot \psi_{j,k}(t) \quad (3)$$

$g_j(t)$  は、ウェーブレット成分と呼ばれ、 $j$  の値が大きいかほど長周期成分を持ち、各 level の周期領域は、次式で示される。

$$2^j \Delta t \leq T_j \leq 2^{j+1} \Delta t \quad (4)$$

本研究では、数値解析ソフト MATLAB を用いて、地震動波形の離散 Wavelet 変換を行い、ウェーブレット成分  $g_j(t)$  を計算し、検討を加えた。

## 3. 解析結果および考察

本研究では、鳥取県西部地震ならびに芸予地震時に強震観測網 (K-NET) によって観測された地震動記録を全データの平均値が 0 となるように基線補正を行ったデータを用いた。また、離散 Wavelet 変換で使用した Mother-wavelet 関数は、図-1 に表されるような形状を持つ dmey wavelet (Discrete Meyer) であり、 $j=8$  まで level の分解を行った。

離散 Wavelet 変換の結果として、芸予地震における大野 (広島県, HRS014) と江府 (鳥取県, TTR007) で観測された N-S 成分に対するウェーブレット成分を、それぞれ図-2 および図-3 に示す。なお、図の縦軸は加速度を表す任意スケール、横軸はデータ個数を表している。また、それらの観測点での地盤データを図-4、図-5 に示す。

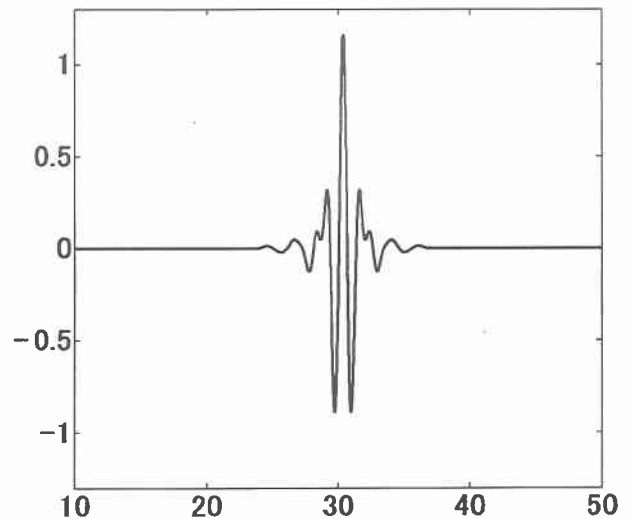


図-1 dmey の Mother-wavelet 関数

図-2では、level 2～6（周期 0.04～1.28 秒）のWavelet 成分が目立ち、特に level 3～5（周期 0.08～0.64 秒）のWavelet 成分が大きく、振動時間も長くなっている。また level 4（周期 0.16～0.32 秒）の時のWavelet 成分が最大となっている。図-4より、地盤のほとんどが砂質土からなっており、N 値も低く比較的軟弱な地盤である。

図-3ではスケールが 50、と図-2のスケールより小さいものとなっている。これは震央距離が 150km と遠く、図-5より地盤状況がほぼ岩盤で構成されていて N 値も高いために、振動が小さくなったためと思われる。level 3～5（周期 0.08～0.64 秒）のWavelet 成分が多く、その中でも、level 4（周期 0.16～0.32 秒）での振動が強いことが解った。

## 5. まとめ

ウェーブレット変換によって、周波数帯ごとの時間的な変動をみることができた。岩盤と違って砂質地盤では長周期成分（level 6, 7）が含まれており、土質特性によって波形の時間的な変動が違ってくるようになった。

**謝辞** 本研究には、独立行政法人・防災科学技術研究所の強震観測網(K-NET)の観測記録と観測点の土質データを利用させて頂きました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1)中野宏毅・山本鎮男・吉田靖夫, ウェーブレットによる信号処理と画像処理, 共立出版株式会社, pp.49, 1999.
- 2)伊山 潤・桑村 仁, ウェーブレット逆変換による模擬地震動の作成, 日本建築学会構造系論文集, No.502, pp.47-54, 1997.12.

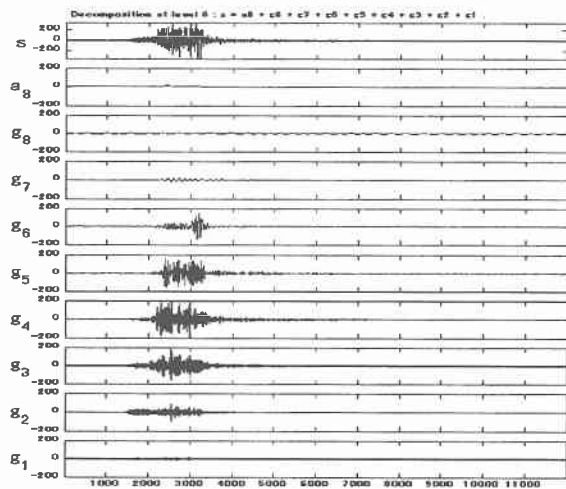


図-2 HRS014のウェーブレット成分

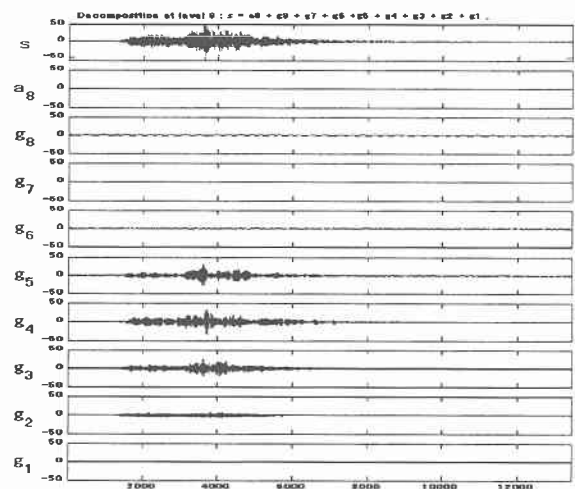


図-3 TTR007のウェーブレット成分

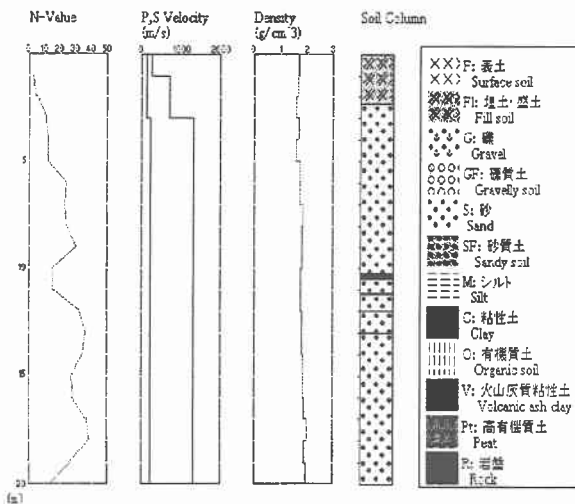


図-4 HRS014（広島県大野）の地盤

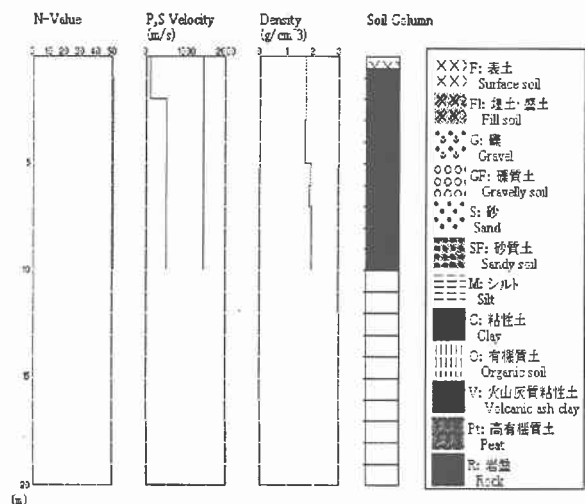


図-5 TTR007（鳥取県江府）の地盤