

I-1 Wavelet 変換を用いた地震動解析に関する基礎的研究

阿南高専専攻科

学生員 ○宇山和彦

阿南高専

正会員 笹田修司

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⁽¹⁾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。

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

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。

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

$g_j(t)$ 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。

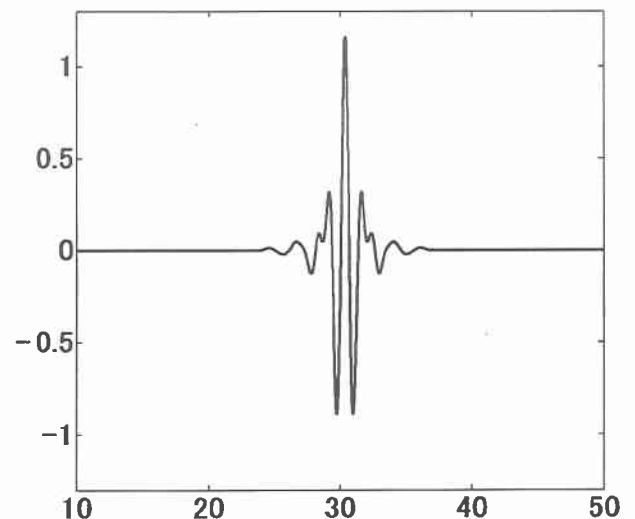


図-1 dmey の Mother-wavelet 関数

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えることが明らかになった。

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.

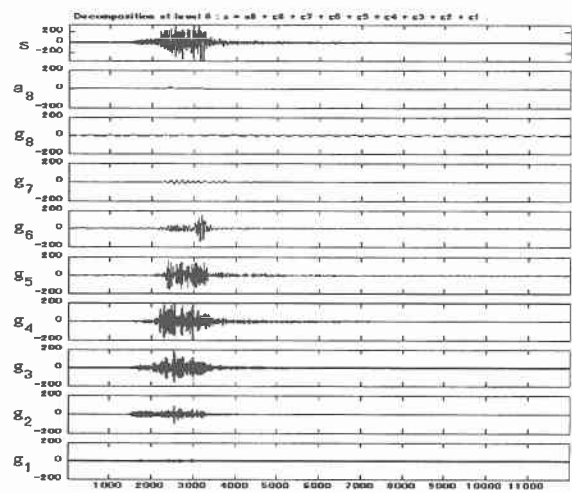


図-2 HRS014 のウェーブレット成分

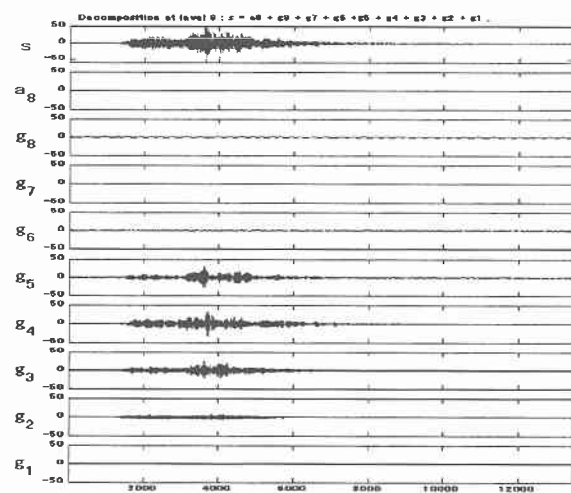


図-3 TTR007 のウェーブレット成分

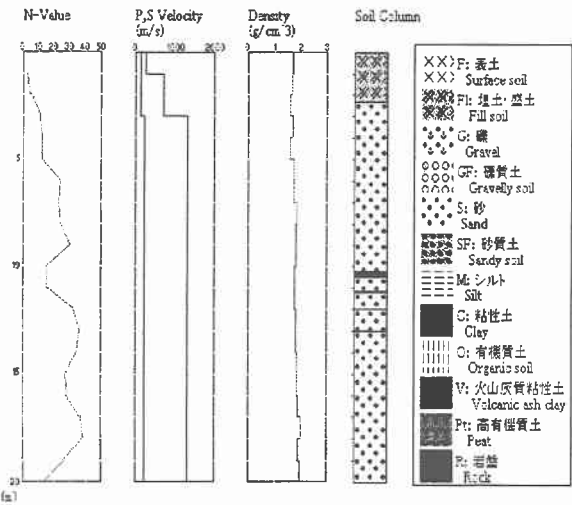


図-4 HRS014（広島県大野）の地盤

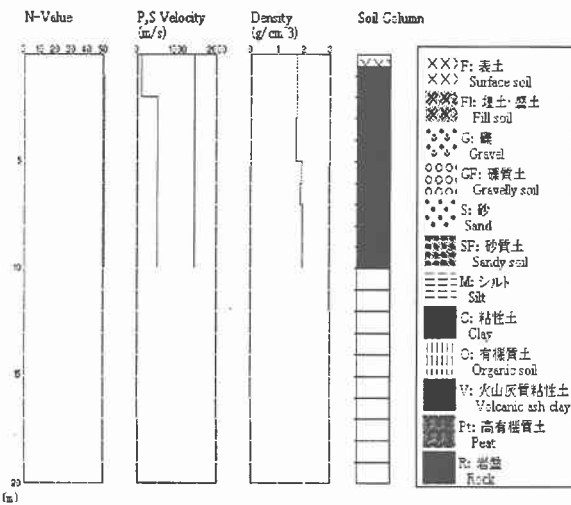


図-5 TTR007（鳥取県江府）の地盤