

1-19 ウェーブレット変換を用いた鉛直アレー観測記録の分析

阿南高専専攻科

学生員○原 直樹

阿南高専建設システム工学科

正 員 笹田 修司

1. はじめに

近年、構造物の設計基準が限界状態設計型から性能照査型設計型へと移行しつつあり、耐震設計において構造物の保有している性能の照査には、非線形動的解析を中心とした方法を活用していく方向性が強くなってきている。この非線形域の変形特性も考慮した動的解析においては、地震動の振動特性の時間的な変化は、その解析結果に大きく影響するため、入力地震動の選定は、非常に重要である。さらに、地盤との動的相互作用を考慮するために構造物-基礎-地盤の全体系の動的解析には、地盤内における入力地震動を用いる場合があるため、地盤内の地震動の挙動を把握しておく必要がある。そこで、本研究では地盤内における地震動の挙動を把握することを目的に、兵庫県南部地震時のポートアイランドで観測された鉛直アレー観測記録¹⁾に対して、フーリエ変換²⁾及びウェーブレット変換³⁾を用いて地震動を分析し考察した。

2. 離散ウェーブレット変換とウェーブレット係数

関数 $f(t)$ に対してマザーウェーブレット関数 $\psi(t)$ を用いたウェーブレット変換は、式(1)で定義される。

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

ここで、 $(W_{\psi} f)(b, a)$: ウェーブレット係数、 $\psi(t) a$: スケールパラメータ、 b : シフトパラメータである。

離散ウェーブレット変換では、パラメータ a, b を整数 j, k を用いて、 $(b, a) = (2^j k, 2^j)$ とおいて離散化すると、式(2)のように改められる。

$$\left. \begin{aligned} d_k^{(j)} &= (W_{\psi} f)(2^j k, 2^j) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot \overline{\psi_{j,k}(t)} dt \\ \psi_{j,k}(t) &= 2^{-j/2} \psi(2^{-j} t - k) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここで、 $d_k^{(j)}$: ウェーブレット係数、 j : レベルである。さらに、関数 $f(t)$ は、次式のように分解することができる。

$$\left. \begin{aligned} f(t) &\cong f_0(t) = g_1(t) + g_2(t) + \dots + g_J(t) + f_J(t) \\ g_j(t) &= \sum_k d_k^{(j)} \cdot \psi_{j,k}(t) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで、 $g_j(t)$ はウェーブレット成分と呼ばれ、 j の値が大きいほど長周期成分を持ち、各レベルの周期範囲は、式(4)で示され、各レベル(j)と周期範囲及び後述の解析結果の図中の記号の関係は表-1 のようになる。

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

本研究では、数値解析ソフト MATLAB を用いて、地震動の鉛直アレー観測記録に対して、離散ウェーブレッ

表-1 図中の記号と周期範囲の関係

レベル, j	図中の記号	ウェーブレット成分の周期範囲
1	d1	0.01(sec)~0.02(sec)
2	d2	0.02(sec)~0.04(sec)
3	d3	0.04(sec)~0.08(sec)
4	d4	0.08(sec)~0.16(sec)
5	d5	0.16(sec)~0.32(sec)
6	d6	0.32(sec)~0.64(sec)
7	d7	0.64(sec)~1.28(sec)
8	d8	1.28(sec)~2.56(sec)
-	a8	2.56(sec)以上
-	s	d1+d2+d3+d4+d5+d6+d7+d8+a8

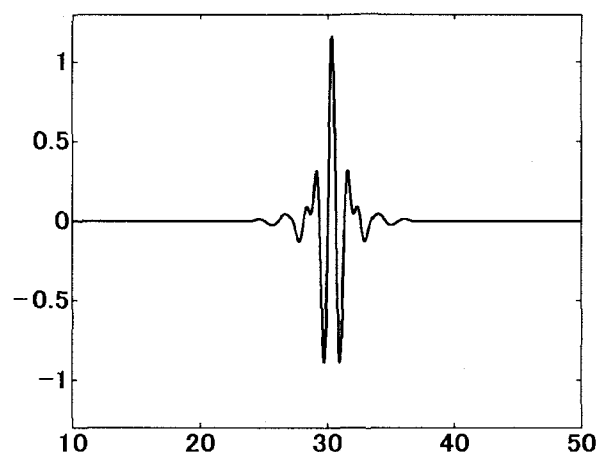


図-1 マザーウェーブレット関数
Discrete Meyer (dmey)

ト変換を行ってウェーブレット成分 $g_j(t)$ を求め、その結果を比較検討した。

3. 解析結果及び考察

本研究で解析した地震動波形は、ポートアイランドの鉛直アレー観測記録であり、GL-0m, GL-16m, GL-32m, GL-83m の4点で観測された加速度記録である。また、使用したマザーウェーブレット関数は、図-1に表されるような形状を持つ Discrete Meyer (dmay) 関数であり、 $j=8$ のレベルまでの分解を行った。図-2は、GL-0m, GL-16m 及び GL-83m 位置の N90E 方向の成分に対するウェーブレット成分を示している。図の縦軸は加速度であり、横軸は継続時間を表している。図-2の(a)GL-0m と (b)GL-16m では、 $d_4 \sim d_7$ の振幅が他のレベルに比べて大きく、継続時間も長くなっている。また、

(c)GL-83m を (a)GL-0m と (b)GL-16m と比較して見てみると、 d_7 の振幅が小さく、 $d_1 \sim d_5$ の振幅は逆に大きくなっており、地表に近い程、長周期の加速度振幅は増幅され、逆に短周期の加速度振幅は減少している傾向を示している。また、 d_6 のウェーブレット成分が、(b)GL-16m の場合に振幅が大きく、また、継続時間も長くなっているが、これに比べ (a)GL-0m の d_6 では、8秒付近から振動が減少している。この理由として、ポートアイランドでは液状化が生じたと報告されていることから、この影響によるものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、兵庫県南部地震の際にポートアイランドで記録された鉛直アレー観測記録に対して、ウェーブレット成分およびフーリエスペクトルを求め、比較検討した。その結果、地表面と地盤内部での加速度振幅の大きさの違いを確認し、地表面の加速度に対するウェーブレット成分の結果から、レベル（振動数帯域）によっては、継続時間の途中から加速度振幅の大きさが変化する場合があることが明らかとなった。

参考文献

- 1) (財) 震災予防協会: 強振動アレー観測, No3. 1998.
- 2) 大崎順彦: 地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版, 1976.
- 3) 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), 1999.

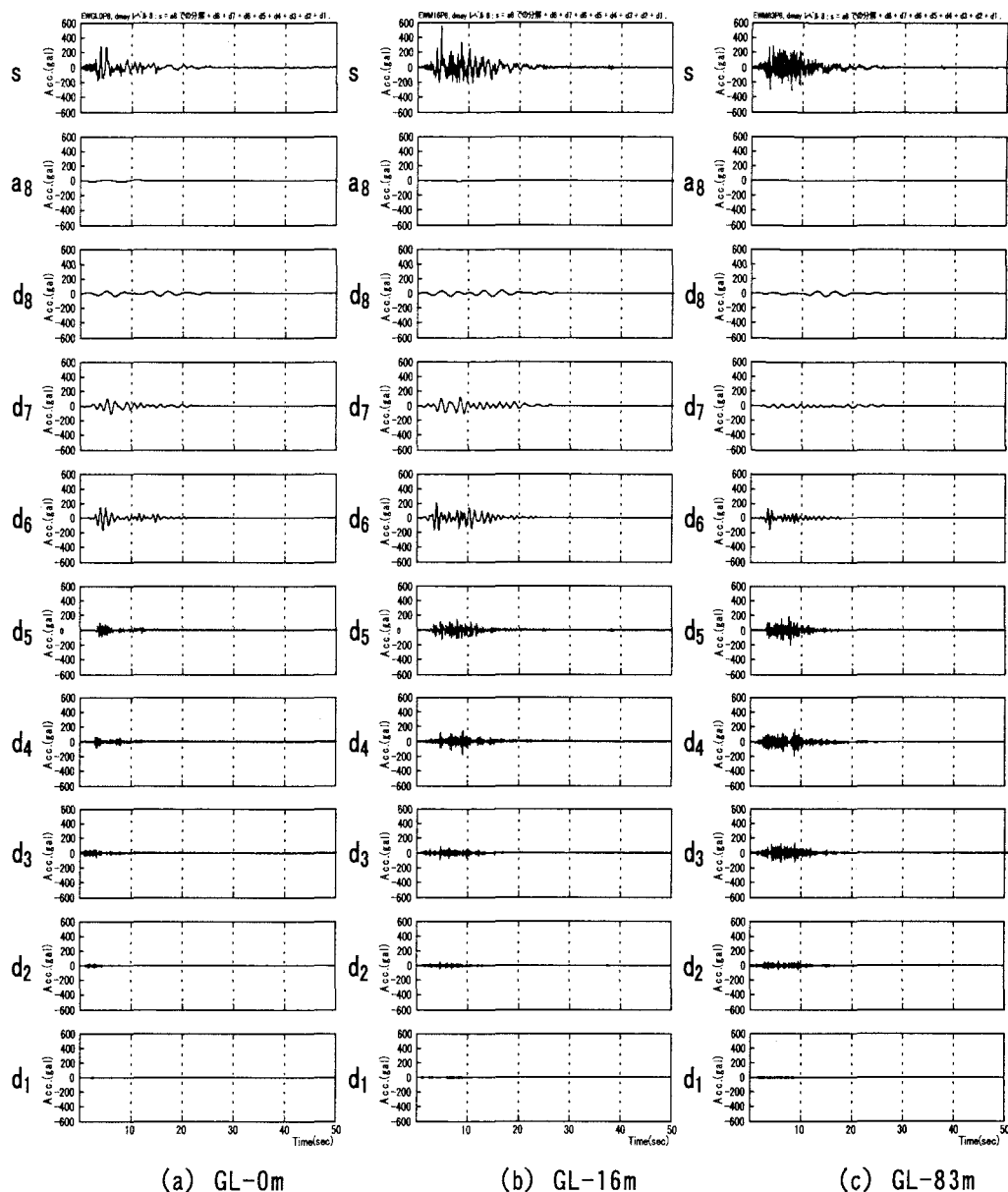


図-2 ウェーブレット成分(ポートアイランド N90E 成分)