

大阪産業大学 学生会員 ○前川 広基
 大阪産業大学 正会員 山下 典彦
 元大阪府立高専 宮脇 幸治郎

1. はじめに

不規則な時系列の現象を把握する手法として、フーリエ解析が種々の形で多方面に用いられている。しかし、この手法において、フーリエスペクトルは積分核が周期性と相似性の両方の性質を持っていることにより、現象の生じた時刻に関する情報の欠点を持っている。これを改善手法としてウェーブレット変換が注目されている¹⁾。肥田²⁾らは、RC 柱振動台実験データのウェーブレット変換から特異点を検出し、すべての特異点が損傷の影響であるといえないが、損傷検知の可能性が示されている。本研究では、道路橋を 1 自由度系とし、復元力特性を変えて非線形応答解析を行い、加速度データにウェーブレット変換を適用することでバイリニアとトリリニアのループの設定の違いを検出する。

2. ウェーブレット変換

ウェーブレット変換は時間領域での周波数解析を行うことができ、またスケールを変えることである時間データ領域の変換も可能である。ここで用いる離散ウェーブレット変換は、以下の基礎式で表される。

$$F(Y)\Phi_j(Y) = F(Y)\Phi_{j+1}(Y)\tilde{H}(2^{-j-1}Y) \quad (1)$$

$$F(Y)\Psi_j(Y) = F(Y)\Phi_{j+1}(Y)\tilde{G}(2^{-j-1}Y) \quad (2)$$

これらは離散量に対してそれぞれフーリエ変換を施している。

$$D_{jm} \equiv \langle f(u), \psi_{j,m}(u) \rangle = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \tilde{g}(2m-k) \langle f(u), \phi_{j+1,m}(u) \rangle \quad (3)$$

ここで、 j , m は分解係数、時間のパラメータ、 D がウェーブレット係数である。

3. 1 自由度系の非線形復元力特性

図 1 のように復元力はバイリニアを基本とし、 u_y に対して $a=0.5$, $b=2.0$ より $u_1 = au_y$, $u_2 = bu_y$ としたトリリニアを用いる。表 1 に示すパラメータを用い、道路橋示方書にある東北地方太平洋沖地震の新晩翠橋と兵庫県南部地震の神戸海洋気象台の NS 成分を入力地震動とした。図 2 に神戸海洋気象台の降伏震度と最大応答変位の関係を示すが、降伏水平震度は塑性率 1 から引かれた 2 本の線のうち、鉛直方向の直線は変位一定則が成り立つときの応答変位であり、青線はエネルギー一定則が成り立つとしたときの応答変位である。黒線の非線形応答変位とこれらの線の間には、固有周期が長くなると、応答変位は弾性時の変位あるいはそれよりも小さくなり、変位一定則の適用性がよいことがわかる³⁾。

表 1 1 自由度系のパラメータ	
質量	$1129.6 \times 10^3 (kg)$
減衰係数	0.05
ばね定数	$75432.8 \times 10^3 (N/m)$

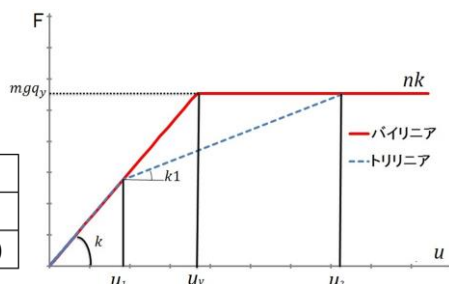


図 1 非線形復元力特性

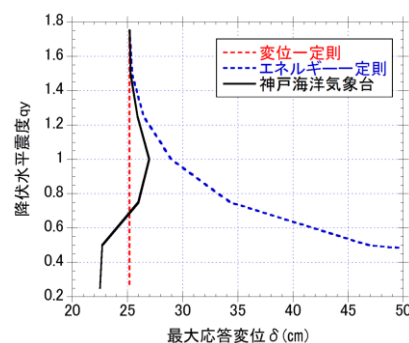


図 2 降伏震度-最大応答変位の関係

4. バイリニアとトリリニアによる復元力特性の違いの検証

図3に神戸海洋気象台で降伏震度0.25のときの変位、復元力、ばね定数、履歴ループと絶対加速度とウェーブレット変換およびフーリエ変換を示している。ウェーブレット変換は縦軸が周波数、横軸が時間で色の変化がウェーブレット係数を示している。ウェーブレット変換によってバイリニアとトリリニアを比較すると2~3秒で1.56Hzの波がトリリニアよりウェーブレット係数が大きく、バイリニアとトリリニアでどちらも1.56Hzでウェーブレット係数が6秒で大きく出ていることがわかり、これは絶対加速度見るとそれぞれの最大応答を示していることがわかる。また、9秒ではトリリニアで3.125Hzのウェーブレット係数が大きく出ている。これらのウェーブレット係数の違いは変位などより違いが確認できた。

5. まとめ

1 自由度系の非線形応答解析の絶対加速度データのウェーブレット変換からバイリニア、トリリニアによる復元力特性違いを検出した。違いが検出された時刻について、変位、復元力とばね定数に違いが見られたことからウェーブレット係数により損傷程度が把握できる可能性がある。

参考文献 1) 宮脇幸治郎, 土岐憲三: ウェーブレット解析による地震波特性に関する一考察, 土木学会論文集 No. 525, 1995.
2) RC柱振動台での非線形地震応答波形からのウェーブレット変換による状態変化の検出, 土木学会第66回年次学術講演会, 2011.
3) 大塚久哲: 実践耐震工学, 共立出版株式会社, pp140-142, 2004.

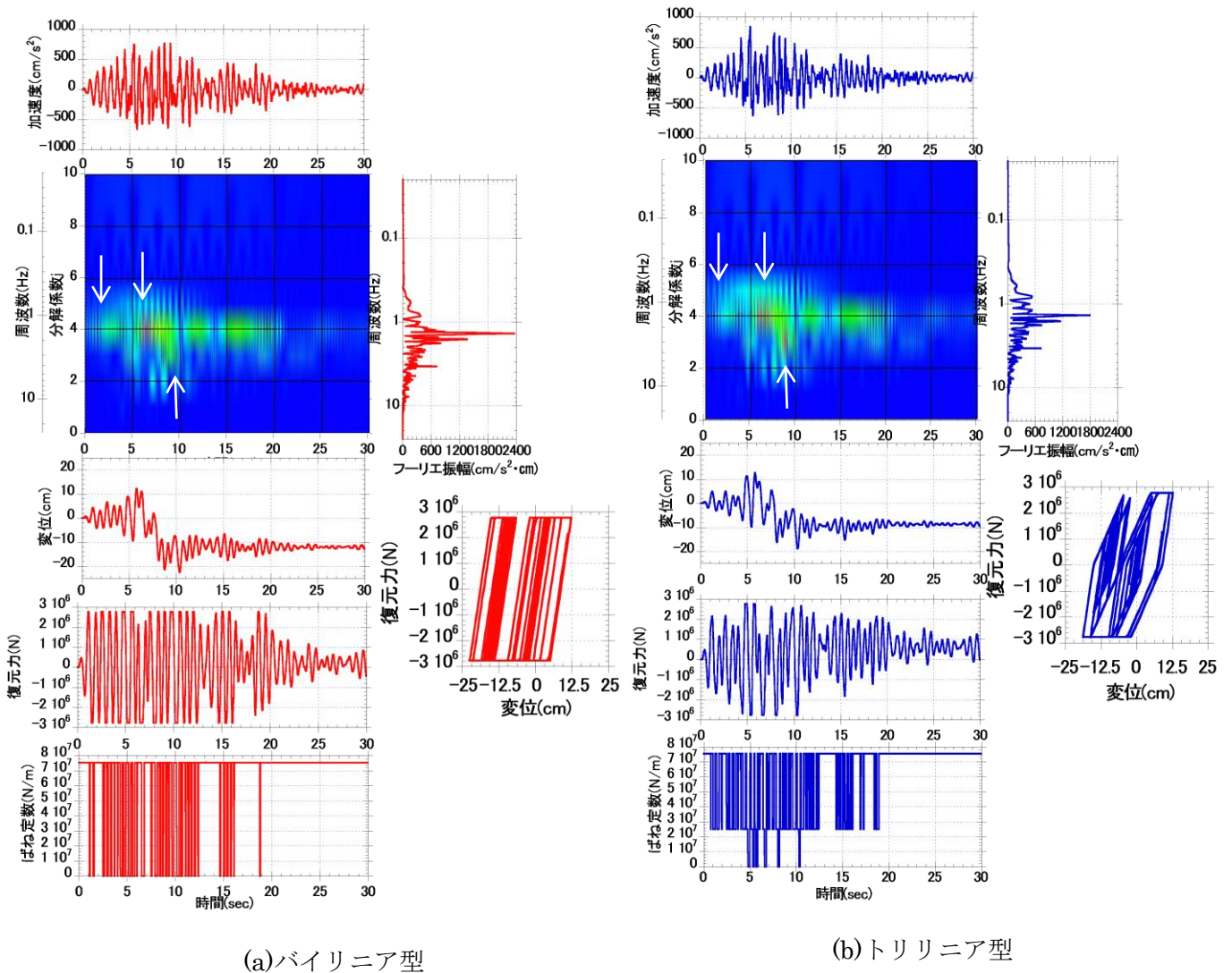


図3 ウェーブレット変換と非線形応答解析結果の比較