第Ⅰ部門　　ウェーブレット変換によるSRモデルの滑り・剥離現象の特徴抽出

大阪産業大学大学院　学生会員　○大西　祐哉　　大阪産業大学　　正会員　　山下　典彦
大阪産業大学　　学生会員　　甲田　啓太　　元大阪府立工業高専　　宮脇　幸治郎

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震で基礎の浮き上りにより構造物の被害軽減の事例がある．近年の研究では，井上・三神[1)]による基礎の浮き上りによる断面力低減効果が報告されている．本研究では，道路橋を基礎－地盤－構造物系の SR モデルを含む 3 自由度で表現し，基礎底面バネに滑り・剥離現象をモデル化[2)]し，非線形応答解析を行い，上部構造物の絶対加速度波形に離散ウェーブレット変換を適用することで，滑り・剥離現象の特徴抽出が行えるか否かについて検討した．

2. 解析手法

2.1 解析モデル

解析対象として**図-1** に示す山下ら[3)]のモデル 3 を用い，SR モデル（上部構造物の回転運動，基礎の回転運動と水平運動）にモデル化を行った．地盤については，土木学会耐震工学委員会[4)]の成果物を参考に，地表面から支持地盤までは N 値 10，支持地盤は N 値 34 として求めた．

解析では，基礎固定（ケース 1），基礎底面バネを線形（ケース 2），基礎底面の滑りを考慮（ケース 3），基礎底面の滑り・剥離を考慮（ケース 4）とした 4 ケースで行った．

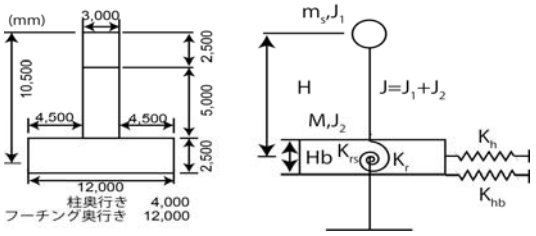


図-1 解析モデル

以上のモデルによる応答解析は増分法（β＝1/6）で，時間刻みを 0.001 秒とし，減衰にはレーリー減衰を使用，入力地震動は平成 7 年兵庫県南部地震における神戸海洋気象台記録 NS 成分を用いた．対象としたケースの固有値解析結果は，ケース 1 では 0.273(sec)であり，ケース 2～4 では 1 次モードから順に 0.556，0.217，0.134(sec)であった．

滑り現象は，基礎底面の復元力を完全弾塑性とし，剥離現象は基礎回転が降伏をむかえることで剥離が生じ，基礎底面の地盤との接地面積が減少することにより基礎底面バネの降伏点変位が小さくなることで表現した．基礎回転及び基礎並進の復元力についてはトリリニアモデルで評価した．

2.2 離散ウェーブレット変換

本研究に用いるウェーブレット変換は，設定したウェーブレット関数の影響を分離することなく変換データが得られ，解析に用いるデータが有限離散量であるので，正規直交基底を構成している離散ウェーブレット変換を用いる．

本研究では Mallat のウェーブレットを採用する．演算フローは，離散データ $f(t)$ に対して，ファーザーウェーブレット ϕ で構築された正規直交基底関数 $\phi_{j,m}(u)$ によりフーリエ変換を介してリゾリューション変換が行われる．添え字 j,m は離散データの時間刻み及びデータ数によって決まる値で，それぞれ振動数，時間に対応した値を示している．次に，マザーウェーブレット関数 ψ で構築された正規直交基底 $\psi_{j,m}(u)$ に同様に介してウェーブレット変換が行われる．

3. 滑り･剥離現象の特徴抽出

図-2 にケース 2 とケース 3 での非線形応答解析によって得られた絶対加速度波形，絶対加速度波形のウェーブレット変換とフーリエスペクトル，基礎底面の変位波形及び履歴ループを示す．**図-2** に示す絶対加速度波形の最大値(m/s²)は，ケース 2 で-6.52(4.96s)，ケース 3 で-6.50(4.96s)であった．基礎底面の最大変位(m)はケース 2 が 0.0095，ケース 3 で 0.0104 であり，滑りが生じることにより最大変位が増加している． ウェーブレット変換から，ウェーブレット係数(m/s²･s)の最大値はケース 2 で 0.70(j=4)，ケース 3 で 0.69(j=4)であった．

図-3 に滑りが生じた 4.9～5.0 秒の前後の 4～6 秒の基礎底面の復元力, ウェーブレット係数 j=0～4 の波形をケース 2 とケース 3 で重ね合わせたものを示す．復元力で 5.0 秒付近に滑りによる違いが確認できる．その時刻のウェーブレット係数を分析すると，j=3,4 では変化がほとんど現れてないが j=0～2 でその時刻に現象の違いが現れている．ウェーブレット変換では分解係数が 0 もしくはこれに近い分解係数において，不連続な時刻の抽出が可能である．このため，滑りが生じることにより不連続点ができたため，分解係数 j＝0～2 に

Yuya OHNISHI, Norihiko YAMASHITA, Keita KODA, Kojiro MIYAWAKI
s16mk01@ge.osaka-sandai.ac.jp

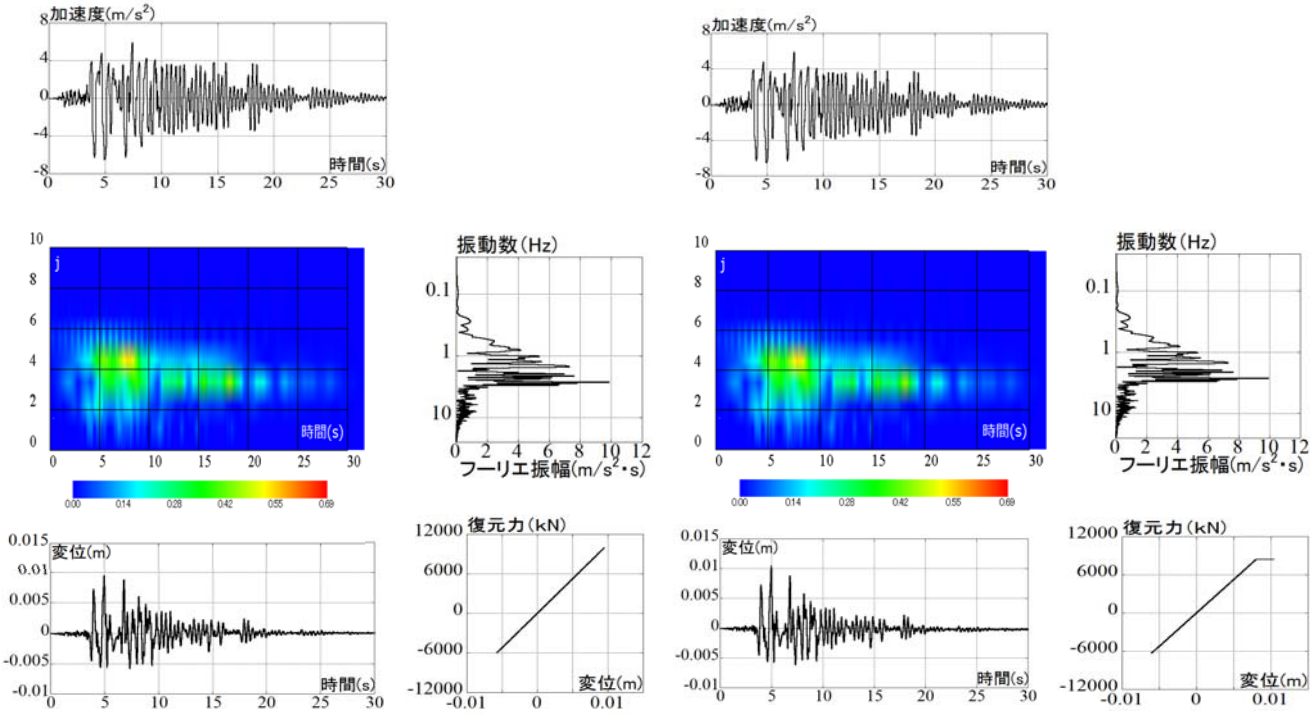
滑りの特徴が現れた．また，分解係数の j=2 は振動数 6.25(Hz)に値し，周期で 0.16(sec)に相当するため構造物の固有周期である二次モードと三次モードが関わっているとも考える．

4. まとめ

非線形応答解析から基礎底面の滑り現象によって，復元力に違いが生じた時刻と同時刻の範囲でウェーブレット係数でも違いが生じている分解係数があった．そのため，上部構造物の絶対加速度波形にウェーブレット変換を適用することにより，滑り・剥離現象の特徴抽出が行える可能性がある．

【参考文献】

1）井上貴文，三神厚：基礎の浮き上がりと地盤の材料非線形による橋脚の断面力低減効果の検討，地盤工学ジャーナル Vol.10，No.1， pp.1-16，2015. 2）山下典彦，原田隆典：基礎－地盤－構造物系の非線形動的相互作用を考慮した応答スペクトルに関する研究，構造工学論文集，Vol.47A，pp.591-598，2001. 3）山下典彦，前川広基，宮脇幸治郎，太田充紀，三浦輝之：ウェーブレット変換による RC 橋脚をモデル化した回転 1 自由度系の経年劣化抽出，土木学会工学論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.72，No.4，pp.I_842-I_855，2016. 4）土木学会耐震工学委員会　動的相互作用小委員会：基礎・地盤・構造物系の動的相互作用－相互作用効果の耐震設計への導入－，［設計例］p.1-20，1992.



(a)ケース 2　**図-2** 時刻歴応答解析とウェーブレット変換の結果　(b)ケース 3

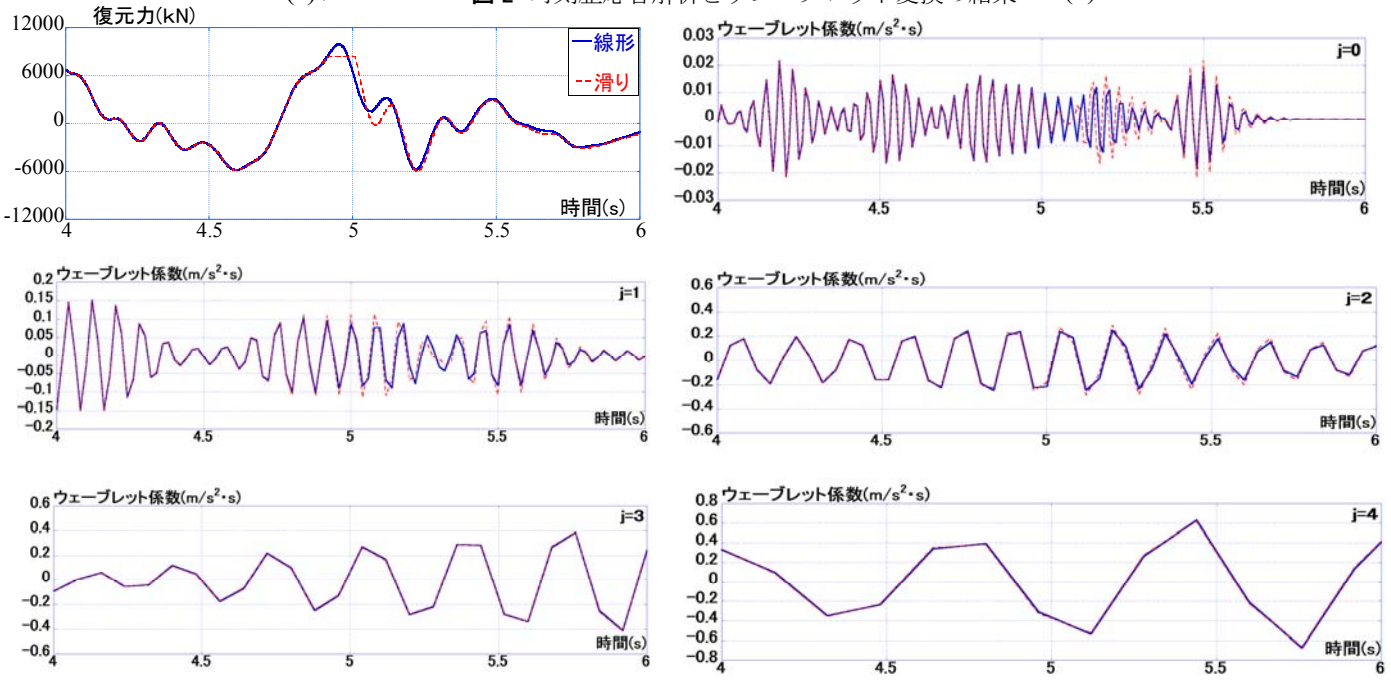


図-3 4～6 秒における基礎底面復元力と絶対加速度のウェーブレット係数