

ウェーブレット変換による道路橋を対象とした 回転1自由度系の経年劣化抽出

大阪産業大学大学院 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
大阪産業大学 正会員 太田 充紀

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落という欠点を持っている。これを改善する手法としてウェーブレット解析が注目されている¹⁾。本研究では、単柱RC橋脚を対象とし道路橋示方書耐震設計編(H24年版)で耐震設計²⁾を行い、得られた柱基部での曲げモーメント-曲率関係(M-φ)を回転1自由度系³⁾の曲げモーメント-回転角関係(M-θ)に適用し、ウェーブレット変換により加速度波形の特徴抽出を行った。その際、M-φ関係に経年劣化を考慮し、曲げモーメントと曲率を両軸を基に1/n倍と仮定することで耐震性能の変化を検出できるかについて検討した。

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。

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

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

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。

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

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. 橋脚のモデル化

地震時の挙動が複雑でない場合、RC橋脚の照査には、レベル1の地震動に対する耐震性能1では許容応力度法による安全性の照査、レベル2地震動に対する耐震性能2,3では、塑性変形を考慮した保有水平耐力および許容塑性率に基づく安全性の照査法を適用している。ここでは、図1に示すRC矩形柱橋脚を設定⁴⁾し、「橋脚の設計(フォーラムエイト)」を用いて橋軸直角方向の柱基部でのM-φ関係を求め、橋脚高さ5mから、M-θ関係を求めた。これを図2(a)に示し、経年劣化を考慮するためM-φ関係の両軸を1/n倍(nは1.0から0.7の0.1刻み)したものを図2(b)に示す。質点に上部工反力、梁重量と橋脚重量を考慮した集中質量として529.9t、減衰定数は5%、入力地震動は、時間刻みを0.005秒に線形補間した兵庫県南部地震の神戸海洋気象台NS成分を柱基部に作用させた。

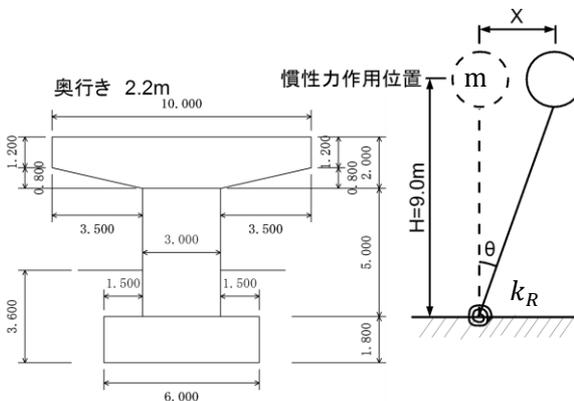
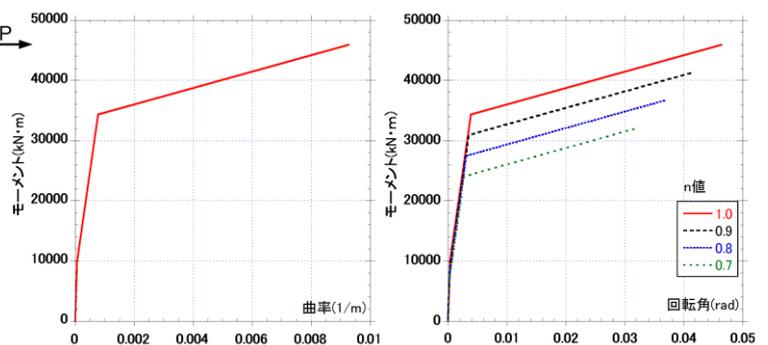


図1 RC矩形柱橋脚



(a) M-φ関係 (b) M-θ関係
図2 橋軸直角方向の骨格曲線

キーワード ウェーブレット変換, 回転1自由度系, 動的的非線形応答解析

連絡先 〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1 前川 広基 TEL 072-875-3001(内線 3725)

4. 解析結果

図3はnを1.0と0.8とした場合の解析結果で、ウェーブレット変換の上側が絶対加速度波形、下側が変位波形とその履歴ループ、右側がフーリエスペクトルを示し、それぞれの最大値を表1に示した。

絶対加速度波形より、波形形状の違いは確認できないが、最大値はそれぞれ-546.0cm/s²と567.0cm/s²となっている。また、フーリエスペクトルは振幅の最大値が生じる周波数は、それぞれ7.9Hzと4.4Hzとなり、履歴ループからも大きな非線形挙動を示し、経年劣化により周期が伸びていることが読み取れる。

ウェーブレット変換より、ウェーブレット係数が最大を示す所(矢印①)は、n=1.0の場合、周波数6.1Hz、時間8.28s、n=0.8の場合、周波数6.1Hz、時間8.32sで変化がみられない。n=0.8の場合、矢印②の所で周波数3.0Hz、時間8.72sでウェーブレット係数が大きくなっている。さらに、変位波形の最大値はn=1.0の場合、8.79sで5.3cm、n=0.8の場合、8.80sで8.4cmとなり、ウェーブレット係数の差異により、経年劣化の影響を抽出できたと考えられる。これにより、絶対加速度波形のウェーブレット変換と変位波形に相関性があると推察できる。

5. まとめ

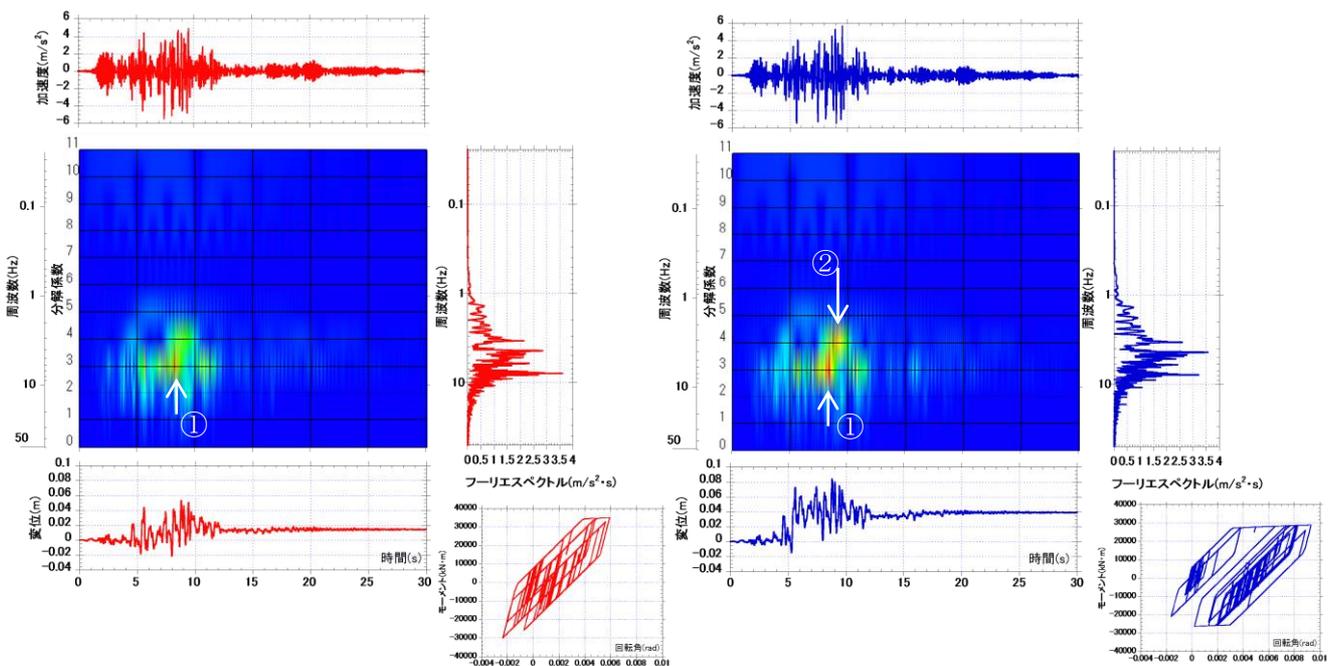
単柱RC橋脚を対象とし道路橋示方書耐震設計編(H24年版)で耐震設計を行い、得られた柱基部でのM-φ関係を回転1自由度系のM-θ関係に適応し、ウェーブレット変換により加速度波形の特徴抽出を行った。その結果、絶対加速度波形では経年劣化の影響を確認できなかったが、ウェーブレット変換により時刻領域でその影響が確認できた。さらに、最大変位が生じた時刻でウェーブレット係数の差異があり、それらに相関性があると推察できた。したがって、構造物の維持管理においてウェーブレット変換を用いて経年劣化を推定できる可能性がある。

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/I-33, pp. 261~274, 1995. 2)山下典彦, 原田隆典: P-Δ効果が1自由度系の非線形応答に与える影響, 土木学会地震工学論文集 CD-ROM, pp. 1~8, 2003. 3)園田恵一郎:

表1 解析結果による最大応答

	n=1.0	n=0.8
絶対加速度(cm/s ²)	-546.0 (7.46s)	567.0 (9.57s)
変位(cm)	5.3 (8.79s)	8.4 (8.80s)
フーリエスペクトル(cm/s ² ·s)	361 (7.9Hz)	357 (4.4Hz)
ウェーブレット(Hz)	6.1 (8.28s)	6.1 (8.32s)

“道路橋示方書, 耐震設計編(H24版)の理解を深めよう” 資料 FEM 勉強会(H24.9.29) [http://femst.softevolution.jp/bs/femst14/FEM勉強会\(H24.9\).pdf](http://femst.softevolution.jp/bs/femst14/FEM勉強会(H24.9).pdf). <2015.2.19アクセス> 4)土木設計研究会:基礎構造物の設計入門, オーム社, pp. 50~77, 2006.



(a) n = 1.0

(b) n = 0.8

図3 回転1自由度系の応答波形とその特徴抽出