

時間領域における基盤入力地震動同定手法の基礎的研究

法政大学院 学生会員 ◦鈴木 亜季
法政大学院 正会員 酒井 久和
首都高技術 非会員 隠田歩乃加

1. はじめに

近年日本は地震活動期に入ったと考えられており、地震後の構造物の健全性を把握することが急務となっている。特に目視観測が行いにくい杭基礎構造物の場合、非破壊のため損傷評価を行うには困難を伴う。そこで、被災メカニズムの解明に地盤と構造物の動的相互作用を考慮した地震応答解析が用いられる。地盤を含む構造物系の地震応答解析を行うには、基盤入力地震動が必要である¹⁾。しかし、当該地点において基盤入力地震動が記録されていることは稀で、一般的に地表の観測記録から算定される。算定は1972年に開発されたSHAKE²⁾に代表される周波数領域での解析に頼らざるを得ないが、強震時の算定精度が悪く、高精度の推定手法が長年切望され続けている。そのため本研究では、実用的な時間領域における基盤入力地震動の同定手法を確立することを目的とする。

2. 研究方法

まず地表の観測波を求める地震応答解析(図1左側)を用いて、推定ターゲットとなる目標基盤入力地震動と目標観測記録を設定する。次に目標観測記録のみ得られているとし、この状態で仮入力地震動を設定し、地震応答解析を用いて、地表の仮応答加速度波形を求める。このとき得られた仮応答加速度波形と、目標観測記録の波形が整合するまで繰り返し仮入力地震動の振幅を再設定し(図1右側)、基盤入力地震動を同定する。

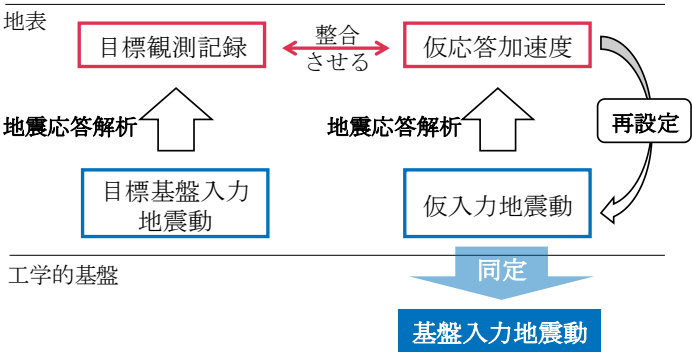


図1 基盤入力地震動の同定プログラムの概要

3. 基盤入力地震動同定手法

本研究ではNewmarkの β 法に基づく逐次積分法で同定手法を構築し、表1に示す解析条件を用いて手法の妥当性を検討した。使用した目標基盤入力地震動波形は周期2秒の正弦波である。

3.1 仮入力地震動の振幅調整法

本研究で用いた仮入力地震動の振幅調整法の手順を示す。まず目標観測記録から、目標基盤入力地震動の振幅の最大値、最小値を設定する。次に振幅の最大値、最小値の差分を20分割し、仮入力地震動の振幅値を21パターン設定する。設定した21パターンの仮入力地震動から各パターンの仮応答加速度を算出し、目標観測記録と誤差が少ない、目標観測記録と最も整合性が高いパターンを特定する。この時特定した、整合性が高い仮入力地震動の振幅値を中央値とし、目標基盤入力地震動の振幅の最大値、最小値

表1 解析条件

層厚 H	(m)	20.0
層数		10
同定時の計算時間間隔 Δt	(s)	0.001
単位体積重量 W_{unit}	(kN/m ³)	16.0
せん断波速度 V_s	(m/s)	200.0
Newmarkの β 法の積分パラメータ γ		0.5
Newmarkの β 法の積分パラメータ β		0.25

キーワード 基盤入力地震動, 地震応答解析, 時間領域, 同定手法

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学研究科 TEL 03-5228-1347

を再度設定する。この手順を目標観測記録と整合するまで繰り返した。結果を図2に示す。図より、同定波形は、振動特性、振幅特性ともにまったく異なる推定結果となっている。

3.2 整合性を評価する時間幅の設定

減衰を有する時刻歴応答解析の性質上、地表まで地震波が伝播する時刻以前に微小な応答を示すことから、各ステップの目標観測記録との整合性を評価する際に、地表に伝わるまでの伝播時間より長い10種類の時間幅で仮応答加速度の整合性を評価した。この際、目標観測記録と整合性を評価する方法として、設定した時間幅における目標観測記録との平均絶対誤差、二乗平均平方根誤差、標準誤差の3ケースで推定した。最も同定精度の良い二乗平均平方根誤差を用いた推定結果を図3に示す。図より、周期特性・振幅特性をとともに改善され、精度が格段に向上したが、時間が進むにつれ波形が乱れた。

3.3 整合性評価の時間幅に対する重み付け

波形が乱れる原因を分析した結果、いずれのケースにおいても、同定波形に高周波の誤差が生じる時刻と、最適解となるときの整合性評価の時間幅が大きくなる時刻が一致していた。二乗平均平方根誤差を用いた推定時に、最適解となる時の整合性評価の時間幅 STwidth の分布を図4に示す。このことから整合性評価の時間幅が小さい方が同定精度が高いと考えられ、各ケースに整合性評価の時間幅が小さい方が優位となる重み付けを行った。また、一般に観測記録は、0.01秒もしくは0.02秒で観測されていることが多いことから、0.01秒ごとにサンプリングした観測記録を、スプライン補間により補間した。同定結果を図5に示す。図より3~4秒で推定波形にわずかな乱れが生じたが、全体的に同定精度が大幅に向上した。

4. まとめ

本研究では、多自由度線形系の一様地盤に対して、周期2秒の基盤入力地震波の同定を時間領域で試みた。結果、限られた条件下ではあるものの、高精度の同定結果が得られた。今後、非線形地盤や多様な周波数特性に対する検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 吉田望: 地盤の地震応答解析, 鹿島出版会, pp.42-45, pp.175-177, pp.182-197, pp.204-207, 2010.
- 2) Schnabel, P. B., Lysmer, J. and Seed, H.B.: SHAKE-A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, EERC Report, Vol.72, No.12, University of California, Berkley, 1972.

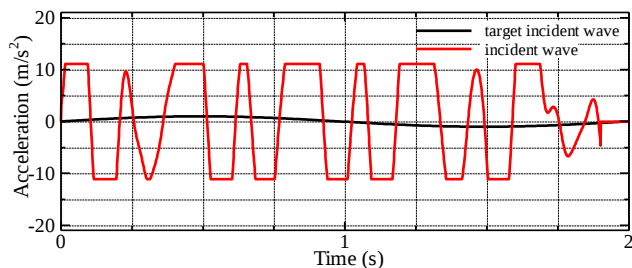


図2 推定基盤入力地震動(3.1)

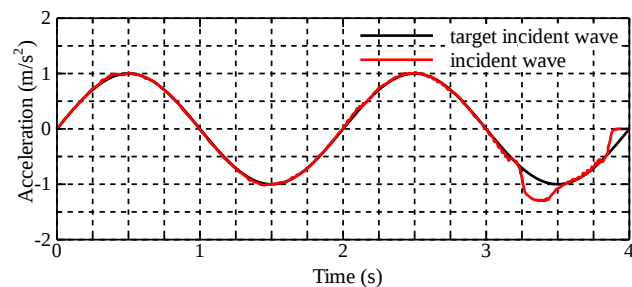


図3 推定基盤入力地震動(3.2)

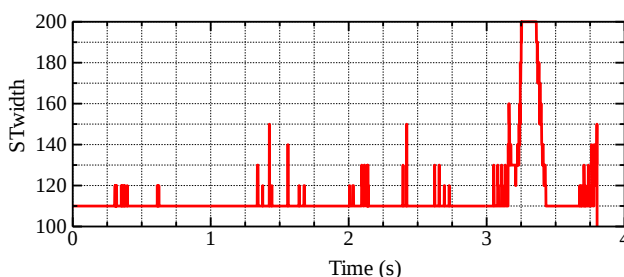


図4 最適解となる時の整合性評価の時間幅の分布

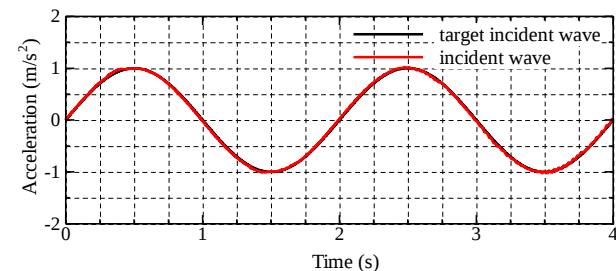


図5 推定基盤入力地震動(3.3)