

東日本大震災による逗子の表層地盤の応答特性

首都大学東京名誉教授・(株)アーク情報システム・地質計測株式会社技術顧問 フェロー会員 ○岩楯敏広
(株)バイブラントシステム開発 正会員 安藤幸治, 首都大学東京 正会員 小田義也

1. はじめに

首都大学東京では、1994 年より逗子の不整形地盤の地表 5 地点、地中 1 地点(深さ-30m)に地震計を設置して水平アレー・鉛直アレー地震観測を実施し、今まで 200 以上の地震記録を得てきた(図-1, 2)¹⁾。昨年 3 月 11 日に発生した東日本大震災(M=9.0)において、はじめて継続時間が極めて長い地震動を経験し、過去最大の加速度記録を得た。本研究では、今回観測された地震記録を用いて表層地盤の周波数特性および構造特性を同定し、過去の中小地震による同特性との比較を通して、大地震時の表層地盤の挙動について検討した。

2. 地震観測と観測データ

地震観測は、逗子地域の不整形地盤を対象に、田越川に沿ったEW方向の3地点(k1, k4, k5)とNS方向の2地点(k2, k3)およびk1直下の地中-30m(k6)で実施している。東日本大震災の時に、逗子小学校の地表(k1)と地中(k6)で得られた地震波形を図-3, 4 に示す。最大加速度は、それぞれ124.5gal(NS方向), 45.5gal(NS方向)である。

3. 表層地盤の周波数特性および構造特性—東日本大震災と過去の中小地震の比較

東日本大震災の地震データ(図-3, 4)および過去の中小地震データ(東京湾地震(8/29/98)と千葉県北西部地震(9/13/99))に対して時間領域のモード解析²⁾および数値モデル同定解析²⁾を行い、双方の地盤の周波数特性と構造特性について比較・検討した。解析手順は、①地震記録を使用してモード解析を行い表層地盤の固有値(固有周波数, 減衰定数)と固有ベクトルを求め伝達関数を計算する、②モード解析から求められた伝達関数を参照して表層地盤の物性値(せん断波速度と減衰定数)を同定する、である。

3-1. モード解析結果

表-1にモード解析結果を示す。中小地震は2つの地震を同時に処理して求められた平均値である。東日本大震災(A)の中小地震(B)に比較して、固有周波数 f (Hz)は小さい値($A/B=0.87$)が、減衰定数 h (%)は大きい値($A/B=1.42$)がそれぞれ算出され、地盤の非線形性が示された。図-5は、モード解析より求められた地表の加速度応答(k1のNS成分)と観測記録の比較図である。結果は良好である。同解析から求められた伝達関数(NS成分)と実測波のスペクトル比(k1/k6)は、図-6のようになる。解析結果はスペクトル比の卓越周波数を良く捉えていると言える。図-7は、双方の地震記録によるモード解析結果の比較図であるが、表-1に示した非線形性が周波数特性より確認される。

3-2. 同定解析結果

モード解析から求められた伝達関数を参照して同定された表層地盤の物性値(せん断波速度: V_s (m/s))を表-2に示す。東日本大震災による解析結果は、層厚の最も厚い第3層(16m)で、過去の中小地震に比べて約15.6%減少(せん断剛性28.8%減少)し、地盤の非線形性が認められる。

4. おわりに

以上の結果、今回の東日本大震災では、逗子の表層地盤においてもかなりの剛性低下が算定され、非線形の影響を強く受けていることが判った。現在、観測された地震観測記録を用いて、表層地盤の2次元、3次元の地震応答解析を実施中であり、これらの結果を踏まえて、都市の防災に役立てたい。

参考文献: 1) 岩楯敏広, 小田義也 強地震観測アレーがとらえたローカルサイトエフェクト-地震観測データに基づく逗子の不整形表層地盤の地震応答特性-, 都立大学総合都市研究80 号2003, p41-51

2) 安藤幸治・岩楯敏広: 時間領域のモード解析による振動系の動的特性の同定とその適用, 土木学会論文集, No.450/ I -20, pp.151~160, 1992.7

キーワード 東日本大震災, 地盤構造, モード解析, 同定解析, 地震応答解析, 逗子
連絡先: 〒234-0054 横浜市港南区港南台 7-37-17(自宅) Tel:045-832-0144

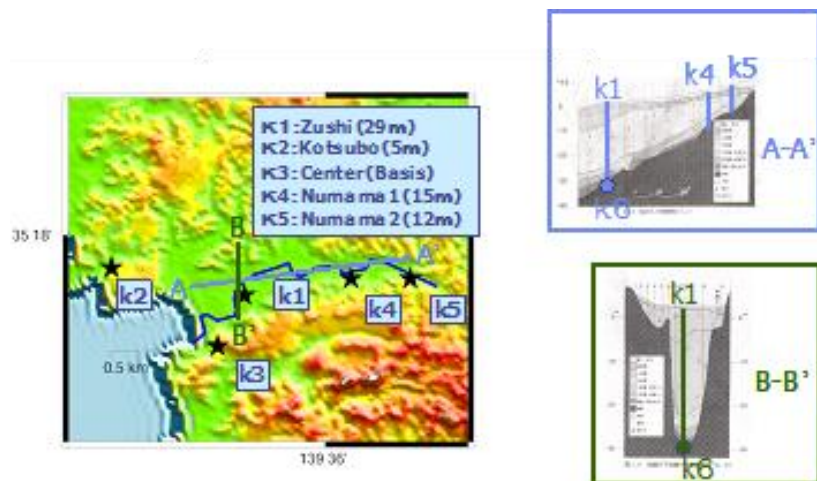


図-1 逗子の地震観測点(k1~k6)

max gal:124.45

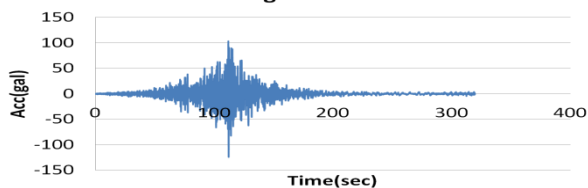


図-3 地表面の観測地震波形(k1)

地表面加速度応答: Zushi 20110311144546 G.L.0.0 NS

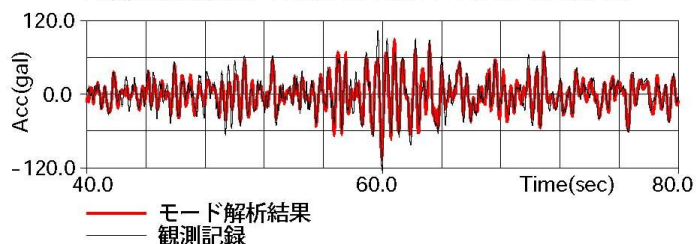


図-5 地表面の加速度波形の比較 (NS 成分)

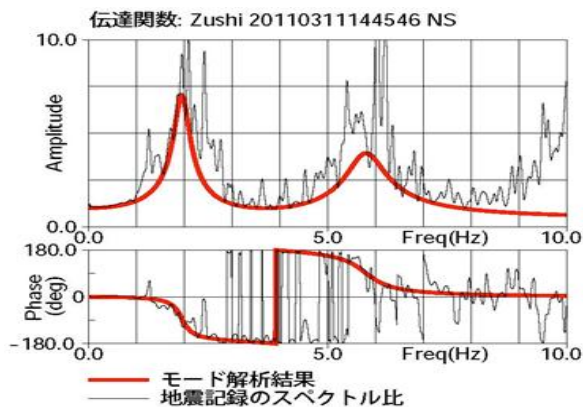


図-6 モード解析結果(NS成分:スペクトル比はf=0.1Hzの移動平均)

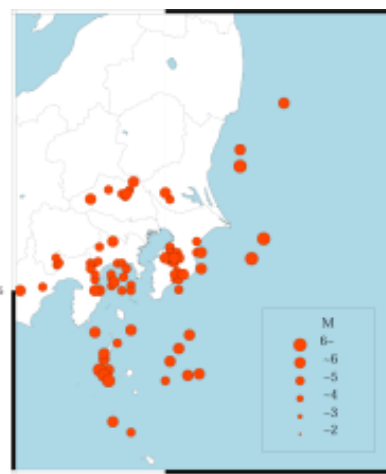


図-2 観測地震の震央分布

max gal:45.50

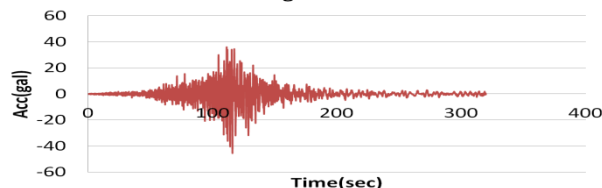


図-4 地中の観測地震波形(k6)

表-1 固有周波数と減衰定数の比較(NS成分)

No.	中小地震		東日本大震災	
	f(Hz)	h (%)	f(Hz)	h(%)
1	2.23	6.60	1.95	9.38
2	6.40	5.60	5.80	7.15

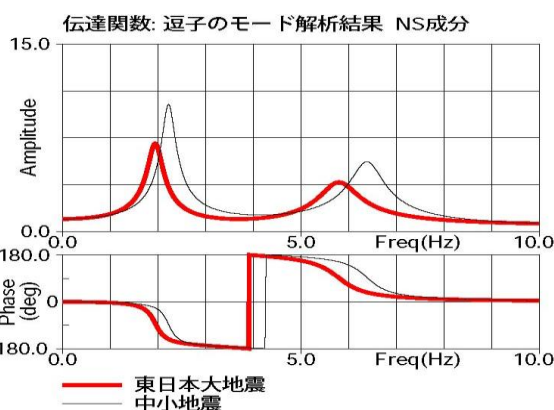


図-7 モード解析結果の比較 (NS 成分)

表-2 同定された物性値(NS成分)

No.	単位体積重量 (t/m³)	せん断波速度 Vs(m/s)		減少率(%)	深さ(m)
		中小地震	東日本大震災		
1	1.70	150.1	150.0	0.07	1.0
2	1.80	134.6	132.5	1.56	4.0
3	1.50	222.5	187.8	15.60	20.0
4	1.90	237.6	228.9	3.66	24.0
5	2.00	253.3	251.6	0.67	25.0
6	2.00	400.8	400.4	0.10	26.0
7	2.10	700.6	700.3	0.04	30.0