

逗子地域の不整形地盤の大地震時応答特性 3次元地震応答解析による検討・評価

首都大学東京名誉教授・地質計測株式会社技術顧問 フェロー会員 岩楯敬広
 株式会社アーク情報システム 正会員 内藤伸幸
 首都大学東京准教授 正会員 小田義也

1. はじめに

首都大学東京では、逗子の不整形地盤(図1)の地表(k_1)と基盤(k_6 : -30m)で、2013年3月11日の東日本大震災時($M=9.0$)に過去最大の加速度記録を得た(図2)。本報告は、観測した地震記録を用いて、地盤構造を同定するとともに、三次元地震応答解析を実施し、大地震時の表層地盤の応答特性を評価したものである。

2. 地盤構造の同定

既往の地盤調査により求めた地盤物性値を初期値として地盤構造をモデル化し、東日本大震災の大地震観測データ(図2)およびその前後の中小地震データを用いて、逗子の地盤構造を同定した。図3にモード解析と地震データにより求めた表層地盤の伝達関数(k_1/k_6)を、また表1に、同定した地盤構造を示す。東日本大震災時では、中小地震による同定結果と異なり、特に、最も軟弱な第3層(-5m~-25m)では、地盤物性(せん断は速度: V_s m/s と減衰定数: h)に強い非線形特性が見られ、 V_s の約15%の低下と h の約20%の増加があった。しかし、地震後の余震では、大地震時以前の状態に回復している事が確認された(表1)。

3. 三次元地震応答解析

本解析では、東日本大震災の基盤の地震観測データ(k_6)と 同定した地盤構造モデル(モデルの寸法: NS方向(約1.2km)×EW方向(約3.5km)×深さ方向(40m))を用いて、TDAPにより、水平2方向入力(case-1)および水平2方向と上下動同時入力(case-2)による三次元地震応答解析を実施し、不整形地盤の応答特性、すなわち、水平地震入力による上下動の発生や上下地震入力による水平動発生等について検討評価した。さらに、側方境界の境界条件(水平ローラーと側方ダンパー)が地盤応答に及ぼす影響について検討・評価した。

4. 解析結果

水平2方向入力の場合(Case-1)では、地表面で最大で4.1倍(水平NS方向)~4.8倍(水平EW方向)の増幅が見られたが、上下方向成分も最大31.0gal(水平動の16%)が発生していることが確認された(図4-a, 図5-a)。上下動は、主として不整形性が顕著な盆地形状の断面(B-B'断面)に集中して発生していることが明らかになった(図4-a, 図5-a, 図7-a)。水平2方向入力+上下方向入力の場合(Case-2)について、Case-1と比較すると、地表の水平加速度応答値には殆ど差はなく、上下動入力が地表面の水平応答に及ぼす影響は小さいことが判明した。一方、上下動の応答は、不整形が顕著な断面で最大で $T_z=65.6$ gal(29.6gal入力)発生しているが、水平動による上下動の発生(31.0gal)を差し引くと、上下動による増幅は小さい(図4-b, 図5-b, 図7-b)。K1測線のA-A断面のせん断ひずみ z_x およびB-B断面のせん断ひずみ yz の深さ方向の分布を図6に示す。地盤中のせん断ひずみは、地盤の最も軟弱な第3層中(-10m~-20m)で最大となること、またCase-1とCase-2を比較すると顕著な差がみられず、上下動によるせん断ひずみの発生は、極めて小さい事が判った。側方境界(水平ローラーと側方ダンパー等)が、地盤応答やせん断ひずみの発生に及ぼす影響について検討したが、境界部を除き殆ど影響は無いことが判った(図6)。

参考文献

- ・ T. Iwatate, N. Naito, K. Ando & Y. Oda The seismic characteristics of surface ground of Zushi-site, 15WCEE, Paper No.0430(Poster) Lisbon, Portugal 2012,9

キーワード 東日本大震災,地震観測データ,同定解析,地震応答解析,逗子

連絡先 〒192-03972 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 Tel: 0426-77-

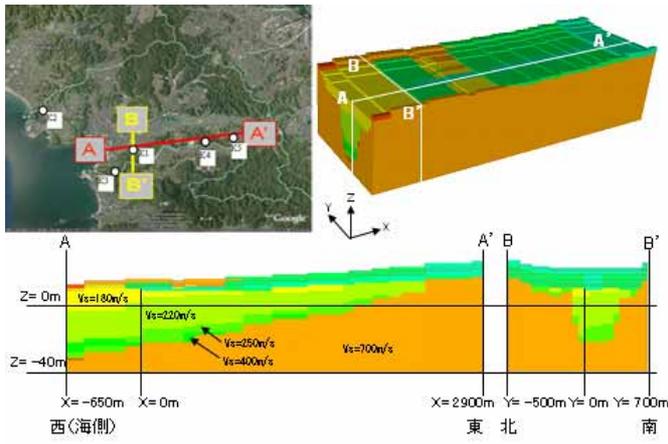


図1 逗子の地震観測点と地盤構造・解析モデル

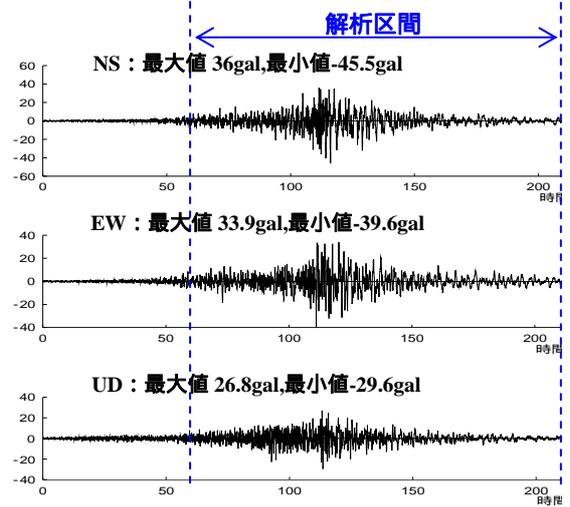


図2 地震観測波形(k6:基盤)

表1 地盤構造の同定結果(Vs & h)東日本大震災と中小地震との比較

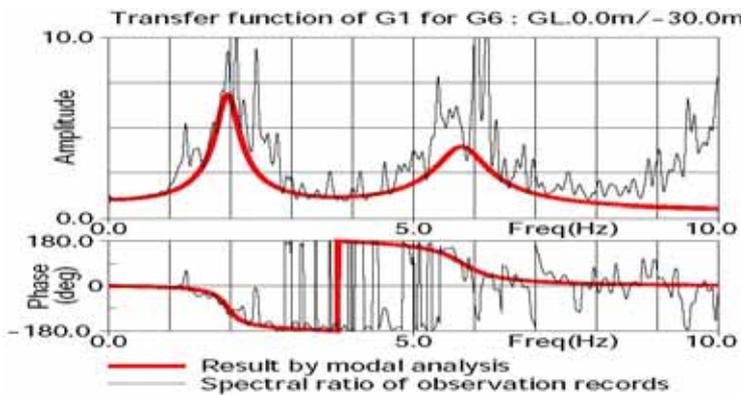
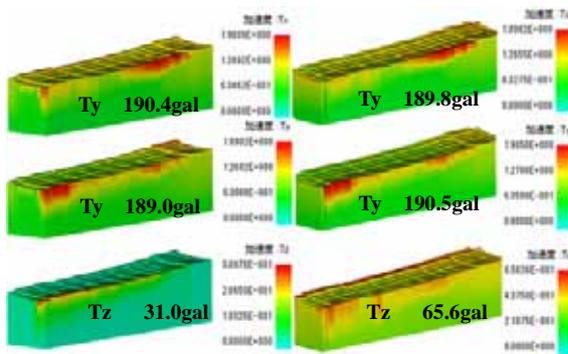
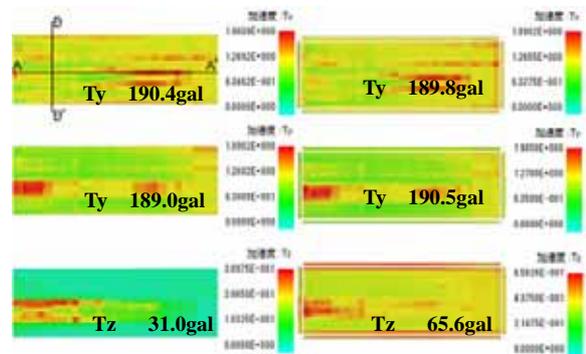


図3 伝達関数(k1/k6)(モード解析と地震観測結果との比較)

Layer No.	Unit weight (t/m ³)	Shearwave velocity & Damping factor Vs(m/s) & (h)			Depth (m)
		Case1 before EQ.3.11	Case2 EQ3.11	Case3 after EQ.3.11	
1	1.70	150.1(0.07)	150.0(0.14)	150.0(0.07)	1.0
2	1.80	134.6(0.08)	132.5(0.14)	134.1(0.08)	4.0
3	1.50	222.5(0.11)	187.6(0.14)	216.5(0.12)	20.0
4	1.90	237.6(0.04)	228.9(0.04)	236.0(0.04)	24.0
5	2.00	253.3(0.03)	251.6(0.03)	252.9(0.03)	25.0
6	2.00	400.8(0.03)	400.4(0.03)	400.7(0.03)	26.0
7	2.10	700.6(0.03)	700.3(0.03)	700.3(0.03)	30.0



(a)水平2方向入力 (b)(水平2方向+上下)入力
図4 表層地盤の3次元加速度応答分布



(a)水平2方向入力 (b)(水平2方向+上下)入力
図5 地表面の加速度応答分布

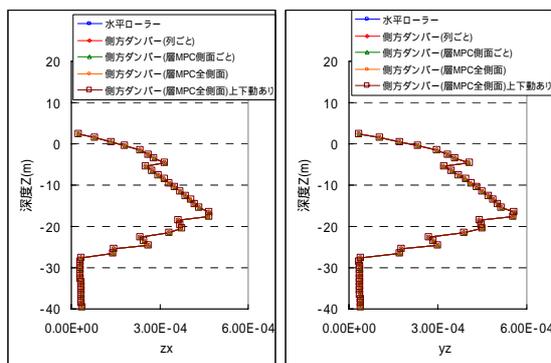
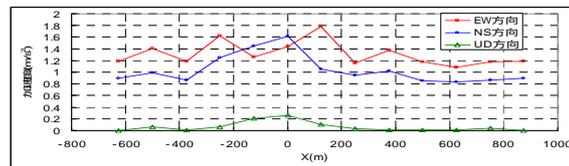
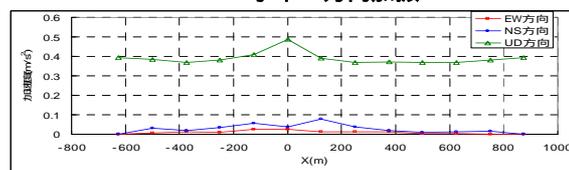


図6 せん断ひずみ分布(zx (A-A'断面), yz (B-B 断面))



7-a 水平2方向加振



7-b 上下方向加振

図7 加速度応答分布(B-B'分布)