

洪積丘陵地の表層地盤構造と地震動特性

正会員 ○木村 憲司*1 同 鈴木 彰弘*1
同 飛田 潤*2 同 福和 伸夫*3

表層地盤 強震観測 表面波探査 増幅特性 工学的基盤
1. はじめに

限界耐力計算の導入により、工学的基盤以浅の表層地盤振動特性を正しく評価することが必要となっている。一方、浅部表層地盤は場所による差が著しく、ここで扱うような洪積丘陵地では本来の地形の変化に加えて、人工的地形改変の影響も含まれるため、狭い範囲でも地盤状況を正確に把握することは容易ではない。本論では、名古屋大学東山キャンパスを対象とし、場所による地盤条件と振動特性の差異を検討する。このキャンパスの特性は文献¹⁾²⁾でも扱っているが、その後に蓄積された地盤上の多点同時強震観測記録や H/V スペクトルの利用、近年開発が進んでいる浅層表面波探査法の調査結果⁴⁾との比較などにより考察を加える。

2. 対象地域の地盤概要と地震観測

図 1 に、東山キャンパス内の PS 検層・ボーリング分布を示す。地表 14 地点、地中 4 地点で強震観測が行われ、中でも⑫地点の -57m 地点は、工学的基盤 (Vs=500m/s 以上) に達している。キャンパス内では約 200 ヶ所のボーリングと 10 ヶ所以上の PS 検層も行われており、その地盤データや地形などの情報をもとにキャンパス内の表層地盤を 4 グループに分類している。尾根に位置する A,C グループは切り土地盤で、表層はごく薄く、また砂礫を主成分とした洪積層が厚さ 20m 程度で堆積しており、比較的硬質の地盤である。一方、谷の B,D グループは盛り土地盤であるため、表土は比較的厚く、逆に洪積砂礫層はごく薄くなっており、風化した第 3 紀層が堆積して比較的軟弱な地盤となっている。表 1 に文献 1)、2)以降観測された主要な地震記録を示す。

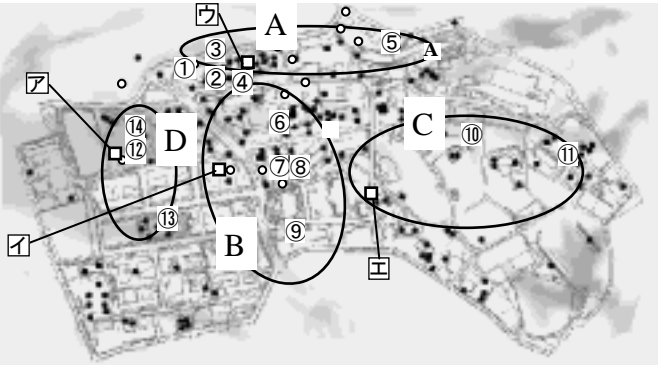


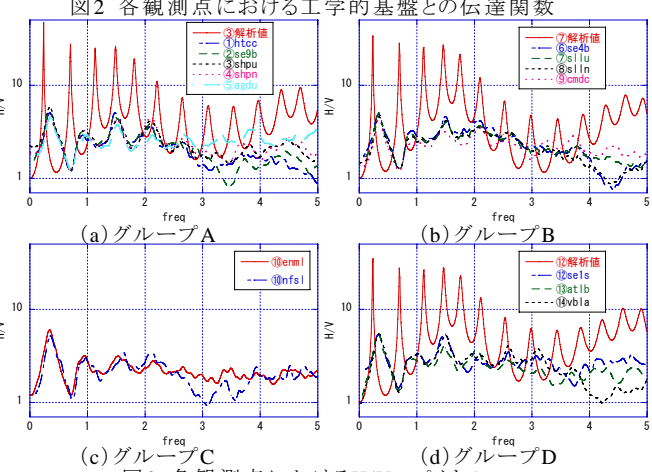
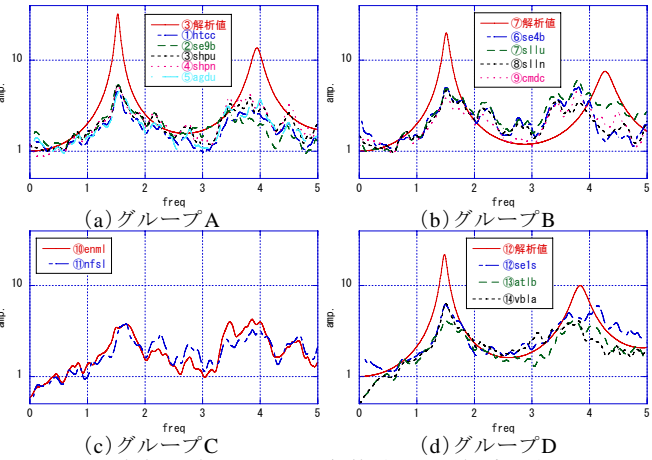
図1: 東山キャンパス内のPS検層・ボーリングの分布 (白い部分は切り土、色が濃くなるほど盛り土が厚くなる)
○: PS検層、●: ボーリング、□ア～エ: 短周期表面波探査
①～⑭: 強震観測地点

表1 主な地震記録の諸元(最大加速度は地点⑫の地表記録)

発生日時	緯度(N)	経度(E)	深度(km)	M	最大加速度	震源位置
2000/7/20	35.2	137.3	40.0	4.0	32.1	愛知県西部
2000/10/6	35.3	133.3	11.3	7.3	6.6	鳥取県西部
2000/10/31	34.3	136.3	43.1	5.5	16.2	志摩半島
2001/1/6	35.4	137.1	48.2	4.6	13.5	岐阜県美濃東部
2001/2/23	34.8	137.5	39.7	4.9	27.3	静岡県西部
2001/3/24	34.1	132.7	59.7	6.4	2.2	安芸灘
2001/4/3	35.0	138.1	33.2	5.1	10.5	静岡県中部
2001/8/1	35.0	138.1	32.0	4.8	3.4	静岡県中部
2001/8/25	35.1	135.7	9.5	5.1	3.3	京都府南部
2001/9/22	35.3	137.5	40.8	4.2	10.2	岐阜県美濃東部
2001/9/27	34.9	137.1	15.3	4.3	25.5	愛知県西部
2002/4/11	34.9	137.1	39.9	4.2	11.7	愛知県西部
2002/5/12	35.4	136.8	41.2	4.1	2.4	岐阜県美濃中西部
2003/5/26	38.8	141.8	60.0	7.0	2.0	三陸南

表2 地盤解析モデルの物性値(太線は工学的基盤)

Aグループ				Bグループ				Dグループ			
深度(m)	Vs(m/s)	ρ(t/m³)	h(%)	深度(m)	Vs(m/s)	ρ(t/m³)	h(%)	深度(m)	Vs(m/s)	ρ(t/m³)	h(%)
10	230	1.7	3.5	2	130	1.7	5.6	2	120	1.7	5.6
14	350	1.7	3.2	4	380	1.7	5.6	4	150	1.7	5.6
24	390	1.7	2.1	6	380	1.7	4.5	8	160	1.7	4.5
30	330	1.8	2.3	14	240	1.8	3.6	10	260	1.8	3.6
50	450	1.8	2.5	22	260	1.8	3.6	15	270	1.8	3.6
55	420	1.9	1.9	25	380	1.8	3.6	20	260	1.8	3.6
64	490	2	1.9	32	250	1.8	3.6	25	290	1.8	3.6
72	400	1.9	1.9	37	350	1.8	3.6	33	290	1.8	3.6
500	490	2	1	46	300	1.8	3.1	39	420	1.8	3.1
750	1600	2	1	47	520	1.8	3.3	48	300	1.8	3.3
	3000	2	1	51	400	2	1.9	49	530	2	1.9
				500	490	2	1	53	400	1.9	1.9
				750	1600	2	1	57	530	2	1.9
				3000	2	1		58	530	2	1.9
								500	490	2	1
								750	1600	2	1
								3000	2	1	



3. 表層地盤増幅特性

図2に各観測点における工学的基盤(⑫-57m)との伝達関数を、図3に各観測点における地震動H/Vスペクトル(時間区間:0~81.92秒)を示す。実測値は各地震記録をサンプルとしてアンサンブル平均により求めたものであり、解析値は1次元重複反射解析による伝達関数である。図2より、工学的基盤以浅の観測1次周期はおおむね1.5Hzで共通している。図3のH/Vスペクトルでは、より長周期の0.3Hz、1Hzにもピークがあり、より深い地盤の周期に対応する。グループA、B、Dの地点では工学的基盤までのボーリングデータがあるため、表2の太線までモデル化して求めた伝達関数をあわせて示した。これによると4Hz付近の2次ピークのばらつきがあり、高振動数領域になるほど、同じグループ内でもばらつきが見られる。図3には、地震基盤までのモデルによる伝達関数を示す。工学的基盤以浅は近傍のボーリングデータを基に作成し、深部は濃尾平野地下構造調査の反射法断面を参照した。H/Vの0.3Hzのピークは地震基盤以浅の1次周期であるが、1Hzのピークはこのモデルでは表現できず、地震基盤から工学的基盤までの間の地盤構造の検討が必要である。

4. 短周期表面波探査による地下構造推定結果の検討

図2、3で、短周期側のばらつきが大きいことから、ごく表層の地盤振動特性とその変化を明確にする必要がある。ここでは短周期表面波探査手法³⁾を用いて深度20m程度までのS波速度構造を2次元的に推定し、既存の地盤データとの比較を行った。対象とした地点は、PS検層地点に近いDグループの地点アおよびBグループの地点イである。図4にS波速度構造推定結果と近傍ボーリングデータ、S波速度をあわせて示す。地点アでは、S波速度の大きさに多少の差は見られるが、表土・粘土層では速度が低く、その下にある砂層では高い様子がとらえられており、速度分布はほぼ対応していると考えられる。同様に、地点イでは全体的に200~300m/sで分布している様子がとらえられており、PS検層と対応していると考えられる。以上から、短周期表面波探査を用いて求めたS波速度構造推定結果は、対象地盤のS波速度をよく表していると考えられる。Aグループ(地点ウ)およびCグループ(地点エ)のS波速度構造を図5に示す。先に示したグループA、Cの特徴をよくあらわしており、また、2次元的に大きく変化していることもわかる。ボーリングデータの少ない地点ではこのような調査結果も考慮に入れて分析することが有効と考えられる。

5. まとめ

丘陵地の高密度地震観測から、地点によるばらつきの

様子を検討した。また浅層表面波探査から表層地盤の構造の2次元的な変化が大きい様子を確認した。これらに基づいて丘陵地の振動特性をさらに詳細に検討していく予定である。

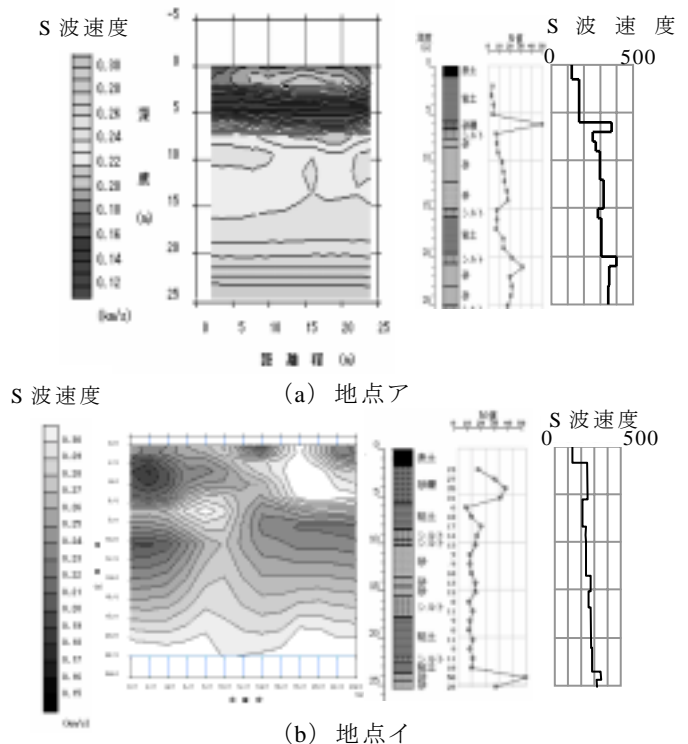


図4 地下構造推定結果およびPS検層データの比較

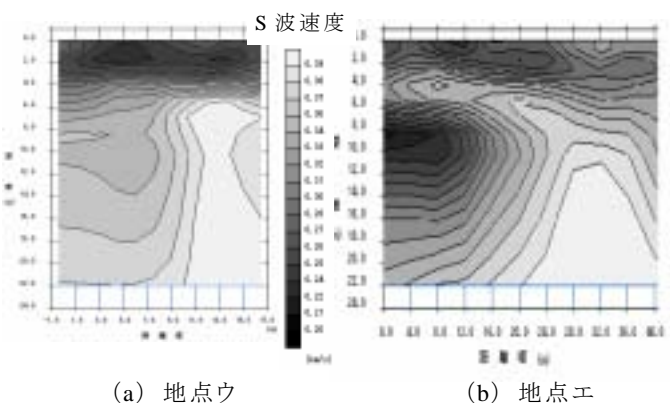


図5 地下構造推定結果

参考文献

- 1) 昇佐智夫 他:地震記録に基づく名古屋大学東山キャンパス内の表層地盤震動特性、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp227-228、1999。
- 2) 昇佐智夫 他:局所的な地形条件が表層地盤の震動特性に及ぼす影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp795-796、2001。
- 3) 林宏一 他:人工振源を用いた表面波探査の開発とその土木地質調査への適用、応用地質技術年報 No.21、pp.9~pp.39、2001。
- 4) 鈴木章弘 他:洪積丘陵地における短周期表面波探査の適用性の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、225-226、2003

*1 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生

*2 名古屋大学大学院環境学研究科・助教授・工博

*3 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

*1 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

*2 Assoc. Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*3 Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.