

六角川堤防下軟弱地盤における地震波記録とその振動伝播特性

佐賀大学大学院 学 ○神園 繁宏
佐賀大学理工学部 正 坂井 晃

1. はじめに

軟弱地盤の存在は、築堤及び構造物の安定に大きな影響を及ぼすことになる。耐震の観点からも、軟弱地盤地域に地震が発生した場合、粘性土地盤内で地震波が増幅され、軟弱地盤地域に多大な地震災害を引き起こす事が推察される。本研究は、六角川堤防の地震波記録を用いて振動伝播特性を分析し、この地域の基礎的な振動特性を明らかにした。

2. 地震波記録と振動特性

強震加速度計が設置されている佐賀平野の六角川堤防は、層厚約 17mの軟弱な有明粘土層(GL.-4m～GL.-21m)を有している¹⁾。深さ 4～15mの位置には3列改良体が粘土層途中まで打設されている。加速度計は地表面だけではなく、改良体上下面(GL.-4m, GL.-15mの2ヶ所)と深さ 53mの計4ヶ所に設置されている。

表-1は、この六角川堤防で記録された5ケース地震波の日付とそのときの地表面における最大加速度値を示している。深さ 53mにおける最大加速度は、1～6gal程度の小さな地震波であり、地表面(GL.0m)においても、4～5倍の加速度増幅(7～19gal程度)であった。振動方向別に見ると、堤防の横断方向に相当するEW方向が縦断方向のNS方向よりも大きな値を示している。また、鉛直方向の最大加速度は水平方向に比べて小さく、かつ深さ方向の増幅もほとんど生じていない。

図-1は、地表面と各深さ方向の最大加速度の比を示した深さ方向分布図である。上記にも示したように、地表面に近づくにつれて加速度が増幅していることが分かる。特に、有明粘土層中に対応するGL.-4m～GL.-15mの区間で大きい増幅が見られる。

図-2は、2001年3月24日に記録された地震波²⁾のEW方向の各深度における加速度応答スペクトルである。最大加速度を示す周期Tは、GL.-53mを除いてはT=1secであり、GL.-4m～地表面において最も大きな応答を示している。GL.-4m～地表面における応答値には、ほとんど差異は認められない。

表-1 地震波における地表面の最大加速度値

深さ (m)	方向	最大加速度 (gal)				
		1997/4/3	1997/5/13	1997/6/25	2000/10/6	2001/3/24
0m	NS	6.6	11.9	12.7	7.3	11.6
	EW	7.2	14.0	16.9	14.8	18.9
	UD	1.8	2.4	2.8	1.6	3.5

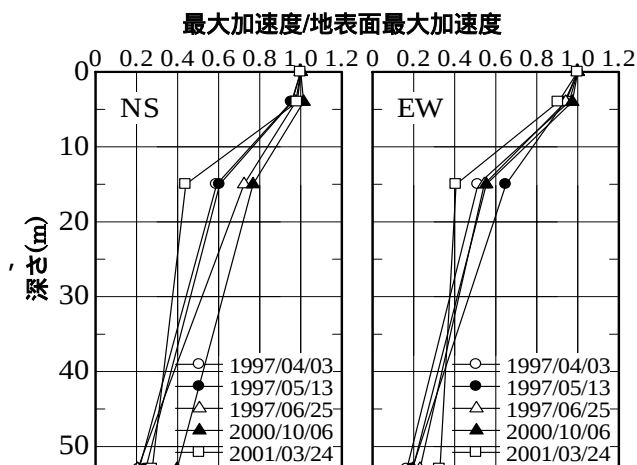


図-1 最大加速度/地表面最大加速度の深さ方向分布

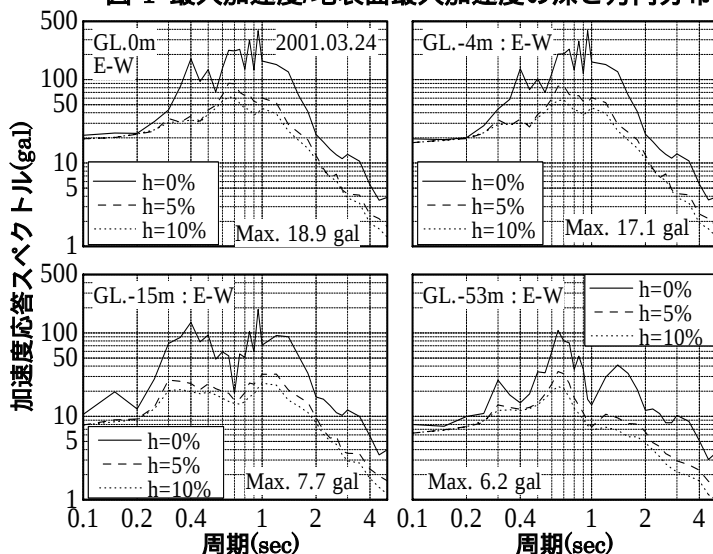


図-2 各深度における加速度応答スペクトル (2001.3.24 EW方向)

キーワード：軟弱地盤，地震波，加速度，応答スペクトル，伝達関数

連絡先（〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地 0952-28-8572, Fax0952-28-8910）

3. 重複反射理論による計算値と実測値との比較

対象とする地盤は、本六角川堤防地盤である。解析定数を用いて、重複反射理論により解析した。本解析は、文献 1) の地盤構成、 V_s 、 V_p 、 ρ_t を用いて、対象地盤を 23 層に区分し、それに対応する V_s の値として表-2 に示す値を設定した。また、最深の地震計が深さ 53m に設置されていることから、深さ 53m の位置に実測加速度波を入力値として与え線形解析を行った。

図-3 は、地表面の加速度波形(2001.3.24 E W 方向)の実測値と線形解析による計算値を示しており、ほぼ同じ結果が得られた。

図-4 は、最大加速度分布図である。線形解析による最大加速度応答値は、実測値の深さ方向分布とほぼ一致しており、加速度は有明粘土層 GL.-21 m から徐々に増幅され、GL.-4m ~ GL.-15m 付近の増幅が大きいことが分かる。

次に、各深さ方向の伝達関数を示した増幅スペクトル(実測値と計算値)を図-5 に示す。ここに、スペクトルの比を求める際にバンド幅 0.2Hz で平滑化をはかった。実測値においては、GL.-15m ~ GL.-53m の区間では、1Hz、2.5Hz 付近に大きなピーク値が見られる。また、3.5Hz 付近にも僅かながら小さいピーク値が見られる。同区間による計算値においては、1Hz 付近に実測値と同じように大きなピーク値を示しているが、それよりも大きな周波数領域では、実測値と幾分異なり、2.2Hz、3.6Hz 付近にも大きなピーク値を示している。次に、有明粘土層中の GL.-4m ~ GL.-15m 区間においては、実測値も計算値も同様に 1Hz 付近に大きなピーク値を示している。また、有明粘土層内 (GL.-4m ~ GL.-21m) の区間における解析による伝達関数を見ると、1.2Hz 付近に大きなピーク値、3.5Hz 付近に小さなピーク値が見られる。これらの伝達関数は、他のケースの地震波についても同様の傾向が認められた。

参考文献

- 1) 六角川堤防振動的解析検討業務報告書, 平成 8 年 3 月, 平成 10 年 3 月
- 2) 平成 13 年 3 月 24 日に発生した芸予地震で観測された国土交通省九州地方整備局武雄工事事務所(現 武雄河川事務所)管内六角川堤防観測所の強震記録

表-2 層分割と解析定数

深度 GL. (m)	標高 TP (m)	柱状 図	N 値 0 10 20 30 40 50	土質	S波速度 V_s (m/sec)	P波速度 V_p (m/sec)	層番号	深さ (m)	湿潤 密度 kN/m ³	せん断 波速度 (m/sec)
0				B	270	700	1	0.0~2.0	16.7	270
							2	2.0~4.0	16.7	270
							3	4.0~6.0	14.2	90
							4	6.0~8.0	14.2	80
				Ac	80	1090	5	8.0~10.0	14.2	80
							6	10.0~12.0	14.2	80
							7	12.0~14.0	14.2	90
							8	14.0~16.0	14.7	100
							9	16.0~18.5	14.7	100
							10	18.5~21.0	14.7	150
				Ds2			11	21.0~23.5	18.3	200
				Dg3			12	23.5~26.2	18.3	220
				Dc1	240	1490	13	26.2~27.9	16.7	150
				Ds1			14	27.9~29.7	16.7	150
				Dg2			15	29.7~31.9	18.8	240
				Ds1			16	31.9~34.4	19.1	300
				Dg2			17	34.4~36.9	19.3	350
				Ds1	400	1640	18	36.9~39.9	19.4	400
				Dc1			19	39.9~42.9	19.4	400
				Dg2			20	42.9~45.5	16.7	200
				Dc1			21	45.5~49.0	19.4	400
				Dg1	600	2160	22	49.0~50.8	16.7	200
							23	50.8~53.0	20.6	600

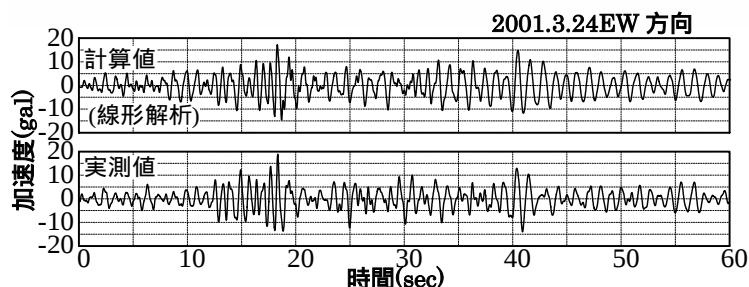


図-3 地表面の加速度波形(実測値と計算値)
最大加速度(gal)

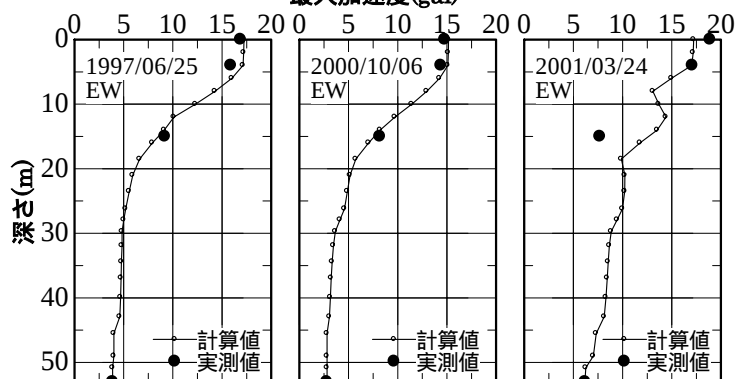


図-4 最大加速度分布(実測値と計算値の比較)

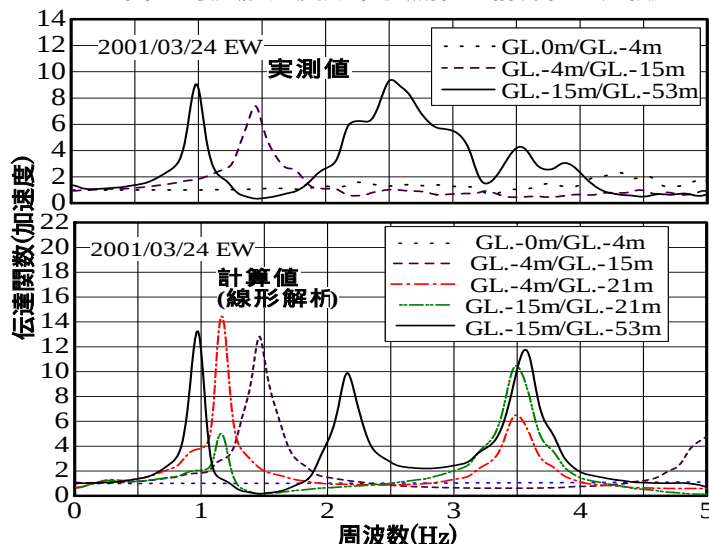


図-5 増幅スペクトル(2001.3.24EW 方向)