

## 地中における地震動加速度の実測と解析

建設省土木研究所 正員 栗林 栄一  
 同 正員 岩崎 敏男  
 同 正員 ○辻 勝成

### 1 まえがき

構造物の耐震設計を考える場合、地震力の評価がまず第一に問題となる。地震動がその付近の地盤特性に大きく影響されるといふ事は、これまでに行なわれてきた数々の調査・研究からも明らかな事であるが、今後は兩者について、定性的な相関関係に止まらず、さらに定量的な相関関係についても究明されねばならない。

地震動の調査としては、各種機関によって全国的な強震観測が続けられており、最近では大規模な構造物、例えば、長大橋<sup>1)</sup>、高層建築物<sup>2)</sup>、原子力発電所<sup>3)</sup>などの建設に際し、架設地点での地中地震動の観測が活発になってきた。

建設省においても東京湾環状道路耐震調査の一環として、図-1に示す東京湾沿岸の3地点で地中地震動の観測が続けられている。このうち、富津岬と浮島公園の地中地震計は、それぞれ昭和45年2月と3月に埋設され、観音崎では昭和46年3月に埋設された。

今回の報告は、上記3地点の観測点のうち、富津岬と浮島公園の2箇所を対象として、実測された地中地震動加速度について2、3の検討を試みたものである。

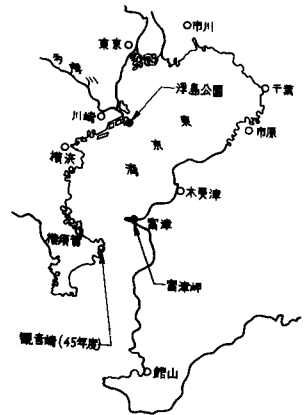


図-1 地中地震観測地点

### 2 観測地点の地盤概要

富津岬における観測地点付近の概略図および土質柱状図を図-2、図-3に示す。この地点はほぼ一様な砂質地盤と見なされる。

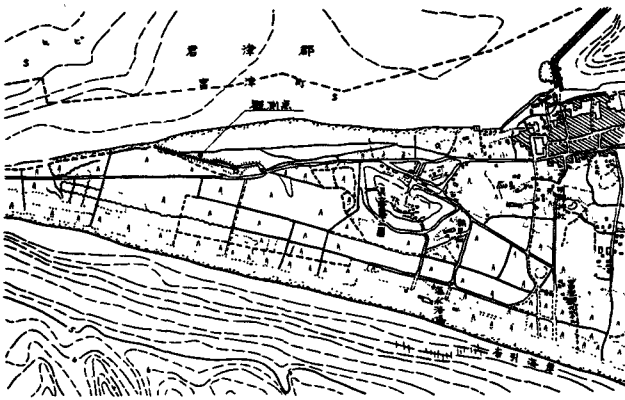


図-2 富津岬観測地点付近概略図

深 度 [m]	土 質 状 況	土質分類	記 事
0	1. 貝殻断片混り 硬 砂		地盤平均深さ約一 米観測深度に混り
10	2. 貝殻断片混り 中 砂		概し平均 貝殻断片混りに混り
20	3. 3-4土質細砂		
30	4. 3-4土質細砂		
40	5. 3-4土質細砂		
50	6. 砂 混		混 混り混り
60	7. 3-4土質細砂		
70	8. 3-4土質細砂		
80	9. 細 砂		
90	10. 中 砂		貝殻断片混り
100			
110			

図-3 富津岬埋設地点付近の土質柱状図

地中地震計は地表面より

70mと110mの2箇所に埋設されている。

一方、浮島公園における観測地点付近の概略図および土質柱状図を図-4、図-5に示す。この地点は多摩川河口部の埋立地で、上層より、埋立土層、シルト質土層、砂質土層という構成になっている。

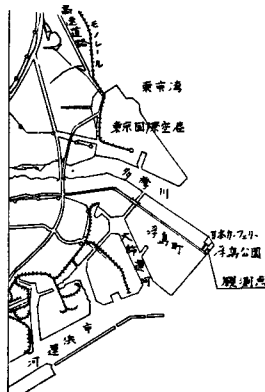


図-4 浮島公園観測付近概略図

地中地震計は地表面より、27m、67m、127mの3箇所に埋設されている。

### 3 地中地震観測装置の概要

浮島公園を例にとって、地中地震観測装置の構成要素と関連を図-6に示す。図中破線で囲んだ部分が地中に埋設されている換振器で、その他の観測機器は地上の観測小屋に納められている。電源部は、停電時でも蓄電池により2時間以上観測できるようになっている。

地中地震計の構造は、図-7に示すように全長2230mm、最大外径130mmの円筒型で、重量は約110kgである。内部の配置は、上部よりケーブル固定部、方位検出器、水平動換振器2成分および上下動換振器1成分となっている。このうち方位検出器は埋設後測定成分方向の方位を検出する装置である。表-1、表-2にそれぞれ地中地震計と地上用観測機器の性能と諸元を示す。

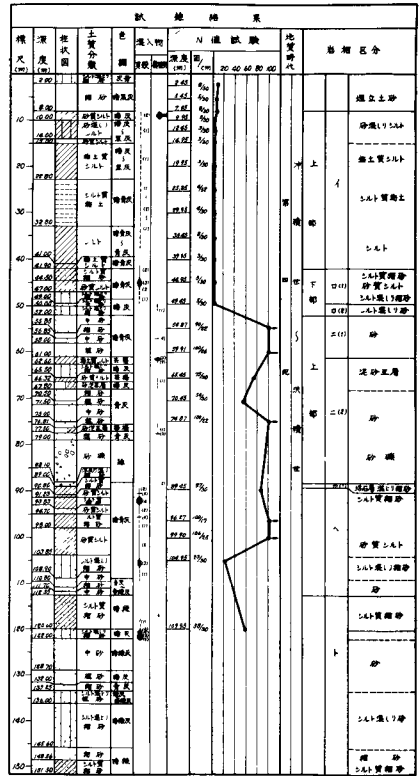


図-5 浮島公園埋設地点付近の土質柱状図

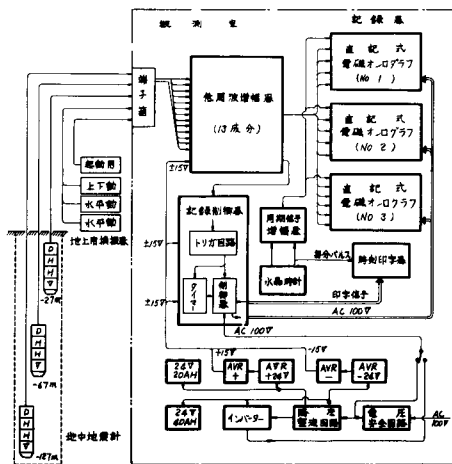


図-6 浮島公園設置の地中地震観測装置構成

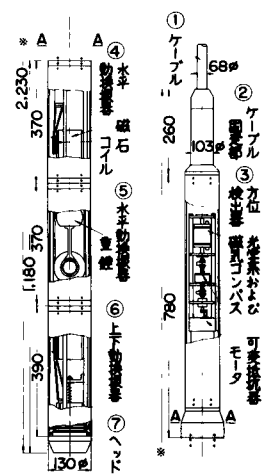


図-7 地中地震計の構造

表-1 地中地震計の性能, 諸元

品名	地中地震計	
製作台数	2 台	
寸法・重量	全長	2,230mm
	最大外径φ	130mm
ケーブル	方位検出器	790mm
	水平動換振器	370mm
	上下動 "	390mm
	全重量	約 110kg
	12対市内対ケーブル	
換振器	型式	電磁式速度変子増加速度換振器
	成分数	3成分 (水平動用2 (前後傾子型) 上下動用1 (グレイ種))
	固有振動数	4±0.2Hz
	検出振動電圧	0.5~30Hz
検定コイル	減衰定数	h=10
	最大加速度	±400gal
方位検出器	感度	7mV/gal 以上
	コイル抵抗	4.5kΩ
耐圧	外部制動抵抗	5kΩ
	コイル抵抗	2kΩ
外置体	材料	非磁性材料 (クロムメッキ)
	防油	ゴム系耐油塗布による防油処理
取付条件	深さ	海面下約 100m
	傾斜許容度	1本のケーシング孔に1台の地中地震計 3° 以内

表-2 地上設置用観測機器の性能, 諸元 (浮島公園)

地上用換振器	水平動換振器 2台 上下動換振器 1台	性能は地中地震計の換振器と同じ。
起動用換振器	上下動換振器 1台	
低周波増幅器	最大利得	60dB (1000倍) 以上
	利得調整	10dB 連続可変
記録器	感度切換	0.1, 1, 3, 10, 30, 100 gal/cm
	周波数特性	0.5~30Hz
	雑音	100μV 以下 (入力換算)
	ドリフト	20mV 以下 (出力にて)
記録制御器	入力抵抗	5kΩ
	適合ガルバ	G-100C (三栄測器)
記録器	直記式電磁オシログラフ	
	記録成分数	6
	光学系長さ	10cm
	光源ランプ	白熱灯 (タングステン)
水晶時計	紙送り速度	1, 5, 10, 50 cm/sec
	ガルバ感度	166mm/mA (G-100C)
同期信号増幅器	記録紙	92.1mm×305m
	記録器駆動	AC100V, 0.5A, 4口
時刻印字器	印字シグナル	無電圧接点
	タイマー設定時間	10秒~7分
電	出力波形	矩形波
	出力信号	10秒, 毎分の2種
時刻印字器	入力信号	10秒および毎分
	電流出力	上記の複合波
電	電圧	1cm/0.5V (G-100C)
	印字内容	月, 日, 時, 分
電	印字信号	無電圧接点
	入力電圧	AC100V
電	降圧整流	DC±24V
	A V R	入力電圧±24V, 出力電圧±15V
電	蓄電池	フローティング充電 20AH, 40AH 2回路
	インバータ	入力DC24V, 出力AC100V

4 地中地震観測結果

観測開始より昭和45年9月末までで得られた記録は、富津岬で6回、浮島公園で1回である。このうち昭和45年9月30日4時26分に多摩川下流で発生した地震は、浮島公園の観測地点より約10kmの地点で発生した地震で、富津岬の地表面で約30gal、浮島公園の地表面で約20gal程度の記録が得られた。

観測された地中地震動加速度的最大値を表-3に示す。波形の一例として、上記の多摩川下流地震による浮島公園での記録を図-8に示す。

上記地震による富津岬での記録は、同地点のスターターが上下動になっているため水平動の最大値付近からの記録しか得られていない。この点から考えても、スターターとしては、上下動、水平動いずれによっても可能とする必要があると思われる。

表-3 観測された地中地震動加速度

(1) 富津岬における地震記録 (単位 gal)

地震発生年月日時分	震源地 M	-110m			-70m			地表面		
		UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW
1970.2.24 11 57	房総半島 30	0.2	0.5	0.5	0.3	-	0.6	0.7	1.3	1.2
1970.5.17 23 52	浮島島沖 70	0.6	0.7	1.6	0.8	1.6	0.9	1.2	2.0	2.6
1970.5.27 21 06	小笠原北海 440	0.5	1.0	1.3	0.5	1.7	1.2	1.2	2.7	2.6
1970.6.10 22 54	茨城県沖 50	0.9	1.1	2.9	1.0	3.6	2.1	2.4	5.1	4.6
1970.9.14 18 45	千葉県沖 40	0.7	0.8	1.2	0.8	1.4	1.2	1.0	2.3	2.1
1970.9.30 4 26	多摩川下流 50	6.4	7.8	11.2	4.2	16.0	9.8	8.4	28.2	29.4



(2) 浮島公園における地震記録 \* 補正後の値

地震発生年月日時分	震源地 M	-127m			-67m			-27m			地表面		
		UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW
1970.9.30 4 26	多摩川下流 50	18	5.82	3.42	1.6	5.52	6.03	3.8	10.67	11.18	8.2	11.84	17.76

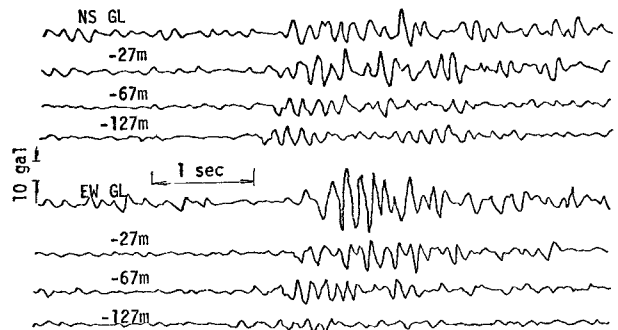


図-8 地中地震記録

5 観測結果の解析

観測によって得られた加速度記録の大部分は、地表面での最大加速度が5 gal 未満の小さいもので、波形解析の対象としては、図-8に示す昭和45年9月30日の多摩川下流地震による浮島公園での記録のうち水平2方向の記録を取りあげ、デジタル化した。記録の概要を表-4に示す。

(1) 深さ方向の最大加速度の分布

表-3に示す最大加速度について、地表面での最大加速度を1.0とした時の各深さでの最大加速度の分布を図-9に示す。図中の実線は富津岬の場合は、6地震の平均値を示す、いずれにせよ、地中部では何割かの加速度の減少はみられるが、その減少の様子は必ずしも深さ方向に一様ではなく、記録の成分方向によっても違う。

(2) 相関関数による波形解析

地中の深さ方向に異なる2点での相互相関関数の一例を図-10に示す。図中縦軸の大きさとしては、記録の遅延時間に対して、相互相関関数の値が最大になる点を1.0としている、またこの時の遅延時間が2点間を波動が伝播するのに要する時間と考えられるので、この時間と2点間の距離から求められる速度が横波の平均伝播速度Vsであるとみなしうる。浮島公園の観測地点においては弾性波試験は行なわなかったが、図-10中に示す速度は他の資料と比較して妥当な数値であると考えられる。

6 あとがき

紙面の都合で記録の解析結果について、特に周期特性について述べることができなかつたが、当日発表する予定である。また地中における波動の伝播について重複反射理論の面からも研究を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 藤原俊郎 他 日本地震工学シンポジウム (1966)
- 2) 大沢 胖 他 4 th W C E E (1969)
- 3) 多治見宏 他 3 th W C E E (1965)

表-4 デジタル化した地中地震記録

Index No	地震番号	観測時刻 (sec)	アンプ数	最大加速度 (gal)	観測深度 (m)
1001	2002-6L-1 E-W	20 06	535	17.76	4.86
1002	2002-27-1 E-W	20 00	486	11.18	5.06
1003	2002-67-1 E-W	20 00	517	6.03	4.47
1004	2002-127-1 E-W	20 10	499	3.42	4.49
1005	2002-6L-1 N-S	20 04	609	11.84	5.40
1006	2002-27-1 N-S	20 05	526	10.67	4.84
1007	2002-67-1 N-S	20 07	488	5.53	4.31
1008	2002-127-1 N-S	20 04	500	5.82	4.26

(注) 最大加速度は補正後の値

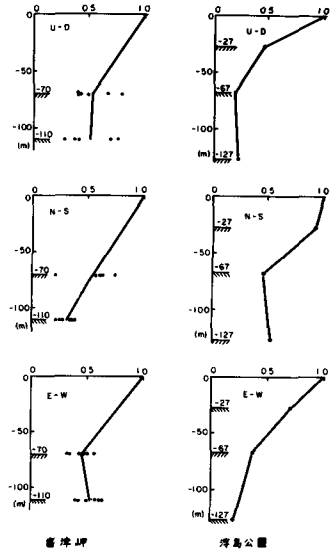


図-9 深さ方向の最大加速度の分布

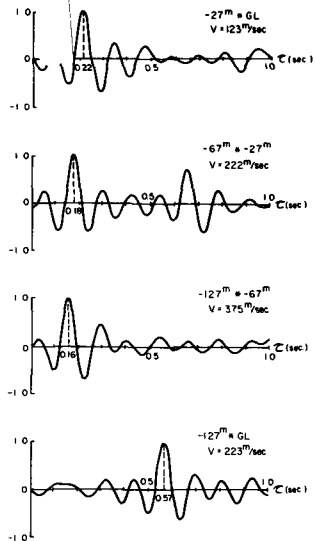


図-10 相互相関関数 (浮島公園 E-W)