

地盤内の地震動垂直分布

運輸省港湾技術研究所 正員 ○荒井秀夫, 中沢定男, 北島誠治

運輸省第2港湾建設局 岩測守義

1. はじめに

土で構成されている地盤内における地震動がどのようなものであるかを知っておくことは、地盤内の構造物の耐震性を検討する上に必要であり、ボーリング孔内に設置できる地中地震計が開発されてから地盤内の地震動を観測した研究が数多くなされてきている。われわれは、地震や地盤の相違による地盤内の地震動に関する資料を積み重ねることと目標に、港湾施設の基礎地盤を対象として地盤内の地震動を観測している。今回は、地盤の異なる5ヶ所の観測地点における地震動の垂直分布を調べた結果を報告する。

2. 観測の概要

観測地点は東京都辰巳排水機場構内、船橋市千葉県葛南土木事務所構内、名古屋市長古屋港管理組合浸没事務所構内、大阪市港湾局第1建設事務所構内、横須賀市入里浜港研野外実験場構内の5ヶ所である。観測地点の地盤状態は、速度検層から求めた横波速度で表わすと図7に示すようである。入里浜の他の4ヶ所の地盤には、深さ約3m, 20m, 50m, 90mにTUSS型といわれる上下、水平2成分の地震計検振器と、入里浜では嶋式地震計検振器の水平2成分のみと地表、深さ約5m, 10m, 15m, 20mの地盤内に設置した。両型式の検振器とも固有振動数 $f_0 = 5\text{Hz}$ 、減衰定数 $h_0 = 10 \sim 20$ であって、抵抗減衰器を通してガルバノメーターの固有振動数 $f_0 = 100\text{Hz}$ (TUSS型), 50Hz (嶋式)の電磁インシログラフに接続した。これら地震計の振動数特性は図1に示すようなものであつて記録振幅は1~6 Hz程度の地震動に対して地震動加速度に比例するが、約3 Hzより離れた地震動に対して位相差がかなり生ずる。感度はTUSS型で約

1 mm/gal, 嶋式で約0.8 mm/galである。

3. 観測した地震動

各観測地点において観測した地震のうち記録振幅の最も大きいものを選んで解析した。この地震は下記の通りである。

東京：1973年12月22日，
千葉県中部の地震，
深さ70 km

船橋：1973年3月27日，
東京湾南部の地震，
深さ70 km

名古屋：1973年11月25日，

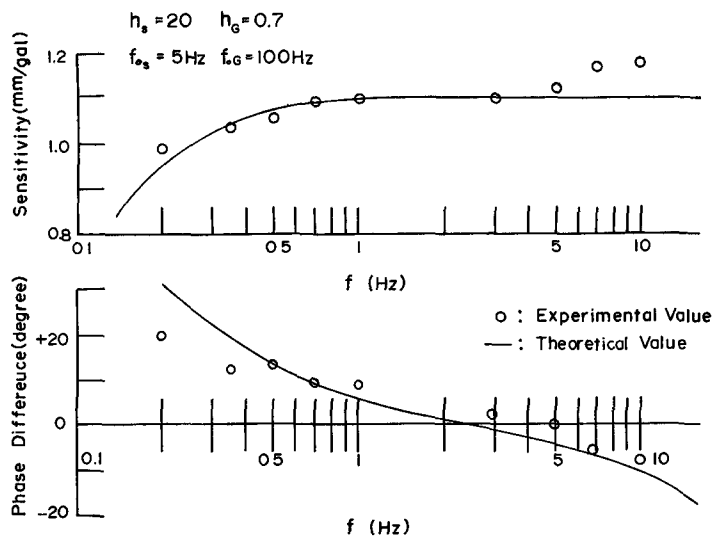


図1 地中地震計振動数特性の例

和歌山県中部の地震,

深さ 40 km

大阪: 1973年9月21日,

兵庫県西部の地震

深さ 10 km

又足淡: 1967年11月10日,

千葉県中部の地震,

深さ 80 km

観測した地震の最大動の地盤

内における分布を図7の印と行
けに示す。上下動は比較
的小さく、水平動は横波速度 V_h
が小さいところでは大きくなる傾
向がみられる。

観測した地震波形の代表例と
して東京のE-W成分を図2の實
線を示す。主要な波は地盤の下
部から上方に伝わっているの
がみられる。

地盤内地震動がどのように
増幅されるかを調べるため、
地震波形 $f(t)$ のフーリエ変換

と $F(f)$ を求めてみる。図3~6に最も深い観測点90mにおける波形の $F(f)$ と $2\pi f$ で除した速度波形
のスペクトルに相当するものと、3m, 20m, 50mにおける $F(f)$ の90mにおけるスペクトル $[F(f)]_{90}$
に対する比をとったものを示す。図にはE-W成分のみを示したが、N-S成分もほぼ同様の傾向のもの
である。90mの深さでは上層に比べてかなり剛性が高いので、上層の地震動による影響が比較的小さ
く、仮説のある速度スペクトル一定の条件が成立し易いものと思われる。名古屋の場合を除いて、速
度スペクトルが一定に近い傾向を示しているが、名古屋のような例もあるため、地震にも関係するの
ではなかろうかと考えられる。現段階では速度スペクトルが一定であることを確認するまでに至っていない。
スペクトル比をみると、東京、名古屋、大阪では低振動数の地震動が増幅され易く、船橋では中高
い振動数の地震動が増幅され易い傾向のあることが認められる。このことは、図7の地盤内における
横波速度の分布を参照することによって、東京、名古屋、大阪では上層に厚い軟弱な地盤が存在する
のに対して、船橋では比較的厚く硬い層が中層に存在することによるものと推定される。

4. 重複反射理論による地盤内地震動の推定

地表において観測した地震動から、重複反射理論によって地盤内の地震動を推定することか
が、推定した地震動と観測から得られた地震動を比較してみよう。計算に当たって、地表における地震動

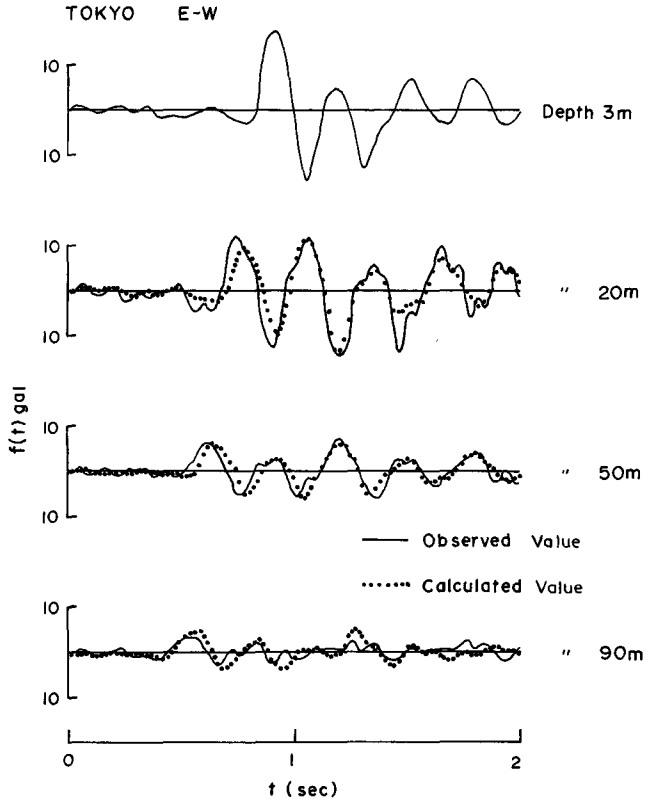


図2 地震波形の例

として深さ3mで観測した地震動を用い、地盤内を垂直方向に横波として伝わるものと仮定する。また、地盤内の横波速度は図7の点線で示すものとし、地盤の密度は単位体積重量の測定から求めらるものを用い、地盤の減衰は速いものと仮定する。

このように仮定の下に計算した地震波形の例として東京のEW成分を図2の点線で示す。この例は比較的単純な波形であるものの、最もよく観測波形と一致した場合があるが、大部分の場合、この例のように一致しない。次に計算した地震動の最大動をとり、その分布を図7の折線で示す。計算値と観測値とは、ほぼ同様の傾向を示している。

5. えさび

種々の地盤内において観測した地震動を記述しただけでは、地盤内において地震動を観測することによって、その地盤について、有益な情報を得ることができるといえる。

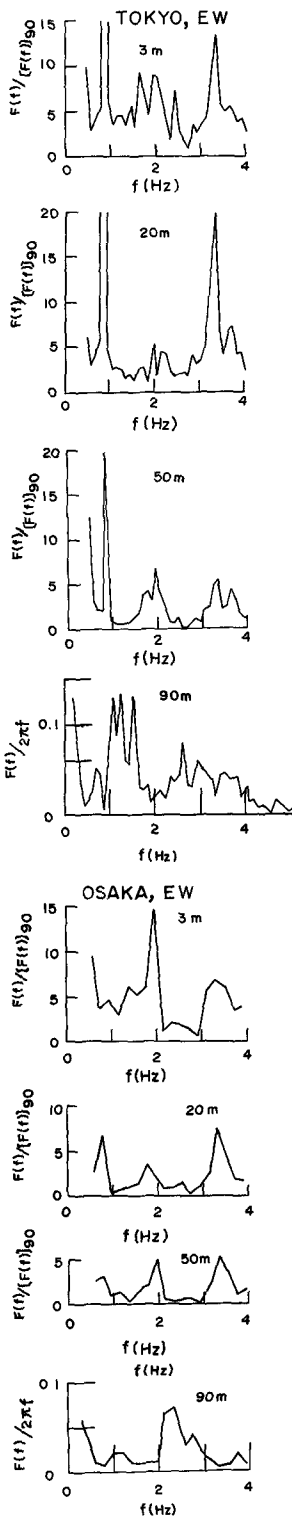


図.3

図.6

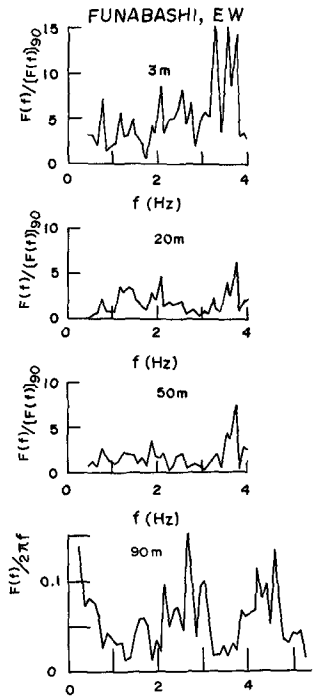


図.4

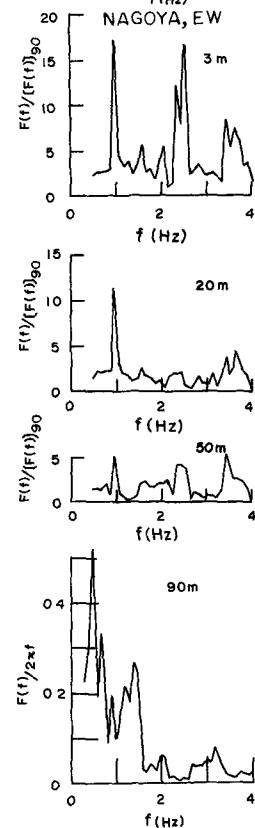


図.5

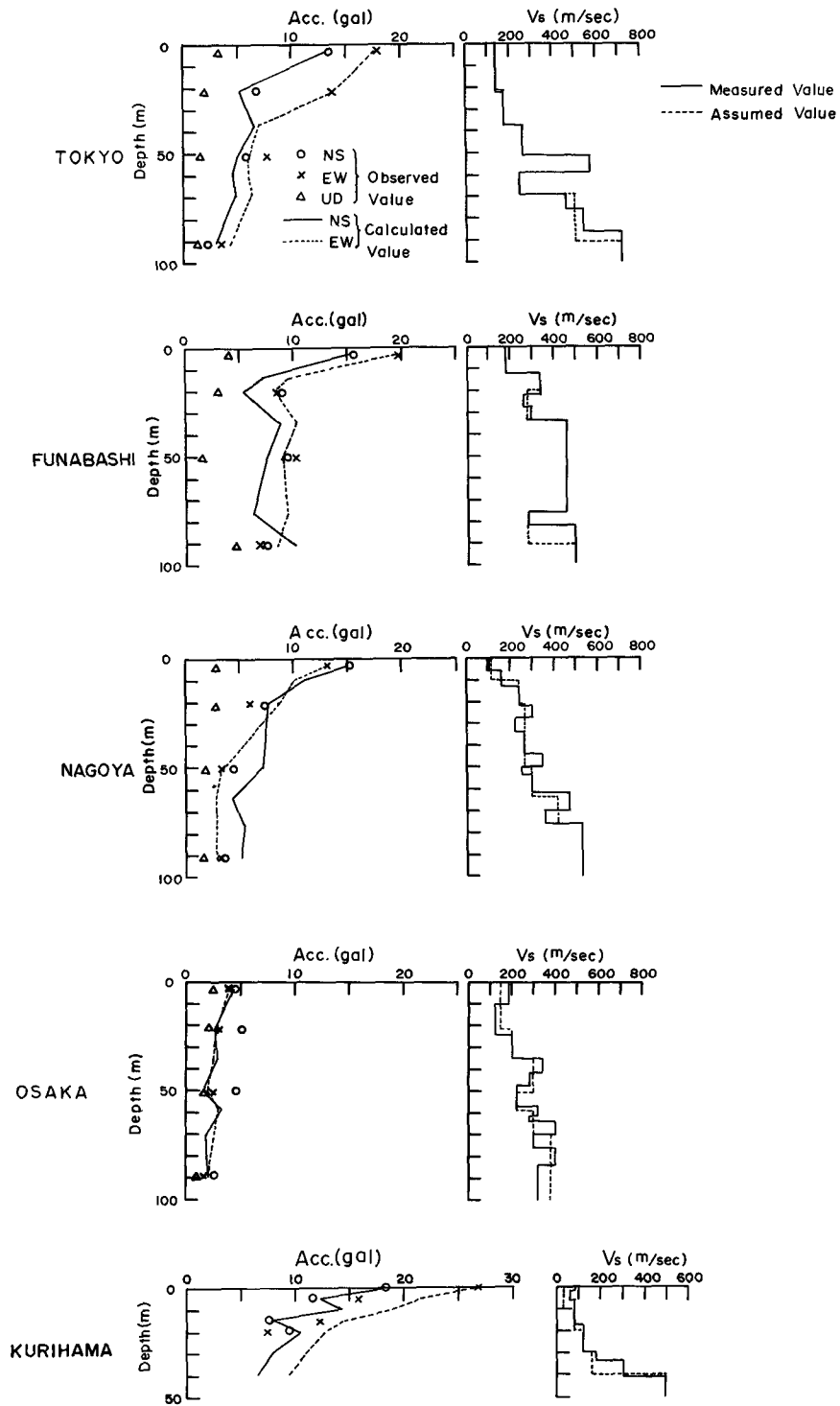


図7 地盤内における最大動の分布