

I-449

東京山の手での地震観測記録にみられる波動伝搬特性

東京ガス(株) 正員 中根宏行 (株)大林組 正員 若松邦夫

□1はじめに 東京山の手における地震観測結果を基に、鉛直入射の一次元波動理論および波線法によるシミュレーション解析を行い地震波動の伝搬特性について検討した。

□2地震観測概要 観測場所は図-1に示す東京の永福であり、そこでのPS検層・密度検層・粒度試験の結果を図-2に示した。同図から、本地盤はGL-7mに境界を有する2層構造を呈しており、表層部分はセン断波速度(V_s)約100m/s、また砂層を主体とする下層の東京層群は V_s 400~600m/s程度の比較的単純な構造である。観測位置はGL-1mおよびGL-80mであり、3成分のサーボ型加速度計が設置されている。その固有振動数は5.0Hzであり、0.1Hzまでほぼ平坦な特性を有している。

□3地盤の減衰定数 地震記録の内、主要動部分が明確なものを用い、その部分のスペクトル比(GL-1m/GL-80m)ピーク倍率より地盤の減衰定数の値を推定した。スペクトル比の一例を図-3に実線で示した。GL-80m以浅の1次周期(0.7秒付近)は主に東京層群の震動特性を反映したものであり、2次周期(0.3秒付近)は表層の1次振動に起因するものである。1次および2次周期の増幅率を地表での最大加速度に対してプロットしたのが図-4である。同図より、増幅率の値はかなりばらつくが、平均的には1次で約30倍、2次で16倍程度である。これらの値に対応するような理論増幅率を与える減衰定数は、表層および東京層群共に $h=2.5\%$ 程度となった。本減衰定数を用いたときの理論増幅率を前述の図-3に破線で示した。

□4一次元波動理論によるシミュレーション解析 特性の異なる代表的な地震として、図-1に示したa・bの2地震を選定した。両地震の地表および地中の観測波形を後述する解析結果と共に図-5、図-6に示した。同図にみられるように、aは震源が比較的浅く、後続位相に長周期成分が顕著にみられた地震である。また、bは深い地震で直下型に近く、短周期成分の卓越した地震である。図-2の層構造および前節で求めた減衰値を用い、GL-80mの観測波形を入力したときのGL-1mの応答を一次元波動理論により計算した。結果を前述の図-5、図-6中に示した。同図より、主要動部分は両地震とも良い対応を示し、bは地震動終期部まで調和的である。しかしながら、aに関しては主要動以降の後続部分で観測波と計算波の違いが著しく、後続部分が一次元の波動伝搬状態で震動していないことを示している。つぎに、aの地震に対して、S波が到達したと思われる時刻より5秒間毎に分割して取り出した記録に対してそれぞれ相互相関関数を計算し、波動の概略の伝搬状態を調べた。結果を図-7に示した。同図から、主要動初期より20秒程度までは短周期成分が顕著に認められ、地表と地中の記録には明瞭な時間差が認められるのに対し、1~2秒程度の長周期成分が卓越する後続部分では殆ど時間差はなく、表面波動的な伝搬性状を示しているものと考えられる。

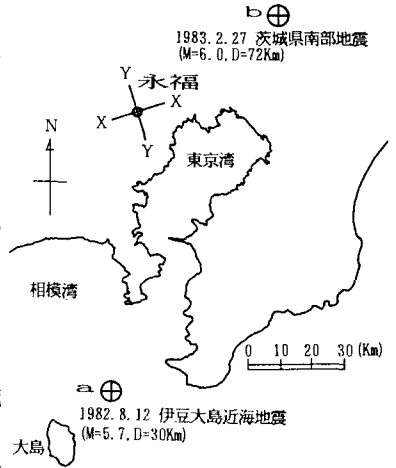


図-1

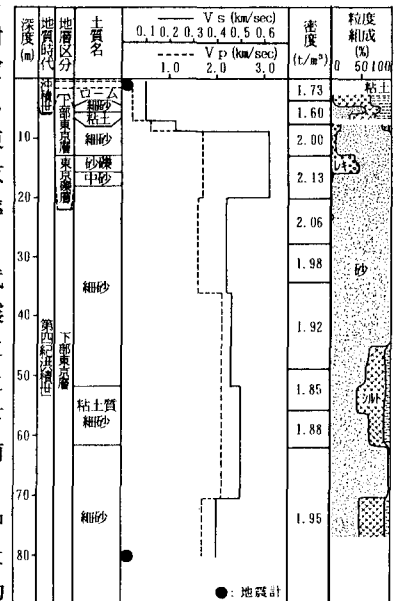


図-2

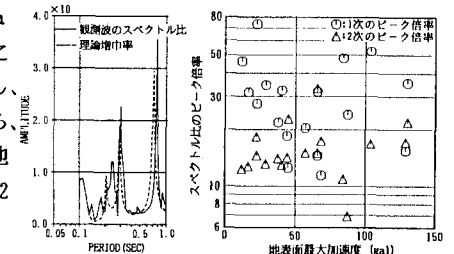


図-3

図-4

□5 後続位相に関する検討

a の地震の後続位相を波線法¹⁾により検討した。解析の対象としたX方向は図-1に示すように震央方向に対してほぼ接線方向であり、LOVE波の成分方向に近い。後続位相で卓越する1～2秒の周期に影響を及ぼすであろう地盤深さは、Vsを凡そ400m/sとすると、100～200m程度となる。東京付近では、洪積層に属する東京層群の下部に第三紀から初期洪積世に堆積した砂層を主体とする東久留米層、およびシルト層を主体とする北多摩層が厚く堆積しており、永福からやや北方の地盤断面が図-8²⁾のように示されている。同図より、永福付近での東久留米層最上部は地表より120～160m程度に存在すると思われる。また、既存のボーリング資料から、第三紀の土丹層は図-9に示すように、世田谷区等々力付近で露頭しており、永福より凡そ5km離れた用賀近辺から急激に深くなることが認められる。これらの資料を基に、永福から震央方向の2次元的地盤構造を図-10のように仮定した。尚、第三紀層のVsは600m/sとし、第1層の減衰定数は先に得られた2.5%とした。同図の境界部分における入射波は、GL-80mの観測波を入力したときの第三紀層上面（GL-150m）での上昇波とし、S波到達後の主要動部分約20秒間とした。永福における計算結果を1.5Hzのローパスフィルターを施した地表面での観測波形と時間軸を合わせて図-11に示した。同図より、観測波と計算波は良く調和しており、主要動以降に認められる後続位相を波線法により評価できることが認められる。但し、振幅に関しては5倍程度の差が認められ文献¹⁾と同様な結果が得られた。

□6 おわりに 本観測場所における地震記録は、主要動部分は一次元波動理論でほぼ解釈できる。また、主要動以降に認められる後続位相は、周辺の地盤構造および地盤の諸定数を適切に評価することにより、波線法で比較的良く説明される。現在当社では、当社管内の地震時の震動特性によるゾーニングを検討している。今後は、本研究成果を更に向上させゾーニングに反映させてゆくつもりである。

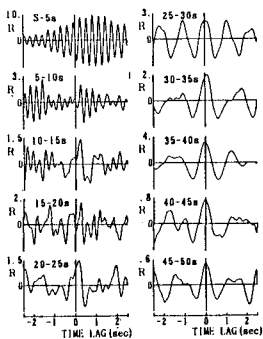


図-7

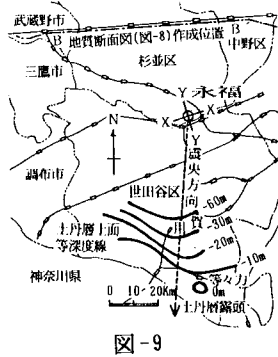


図-9

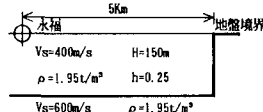


図-10

<謝辞> 本研究を進めるに当たり、大林組野畑有秀氏にご協力頂きました。ここに記して謝意を表します。

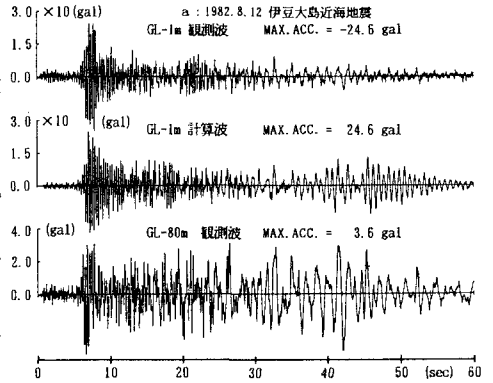


図-5

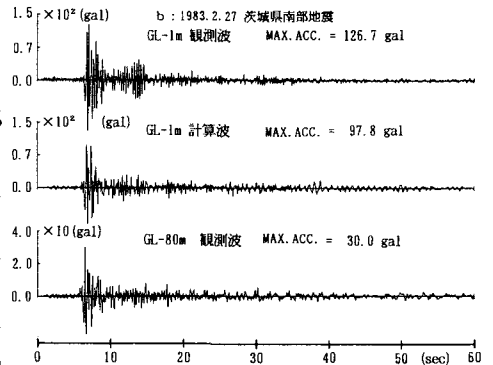


図-6

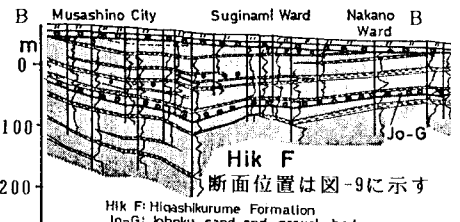


図-8（遠藤1978²⁾の一部）

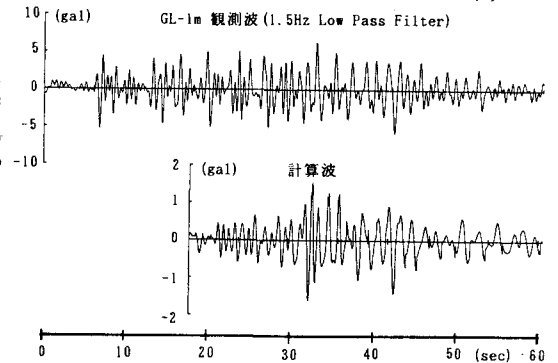


図-11

- <参考文献>
1) 潮尾 和夫：地下深部の地盤構造が地表面の地震動に及ぼす影響、昭和56年5月、東京工業大学博士論文。
2) 遠藤 毅：東京都付近の地下に分布する第四系の層序と地質構造、地質学雑誌 第84巻第9号、1978年9月