

軟弱地盤の地震応答について

東北工業大学 正員 浅田秋江

1) まえがき

地表面での地震動は表層が軟弱地盤である場合、とくにその性質による影響を強く受けることが、これまでの経験から知られている。それらの間の関係を求めるために最近地盤の応答解析が行われているが、実際の地震動の応答結果との比較検討は行われていない。

本報告は地盤構造のよく知られている軟弱地盤内に直接地震計を埋設し、地震観測を行なつてえられた結果と、重複反射理論にもとづいて行なつた応答解析結果とを比較検討したものである。

2) 軟弱地盤の地震動解析

地震計を埋設した軟弱地盤の土性は図-1に示すように、おおよそ三層に分けられ、-10~23mの厚さで軟弱地盤が堆積している。

地震計(固有周波数10%)は水平成分のみで、その埋設位置は-0.5、-13.2および-21.6mである。これまで観測した地震のうち比較的振中の大きい三つの記録(図-2)のそれぞれ主要部と思われる部分をスペクトル解析して求めたスペクトラムを図-3に示した。

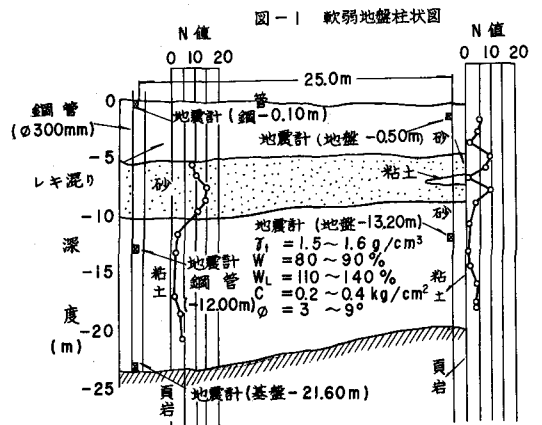


図-2b 地震 NO11 (42.1.17.金華山沖M)

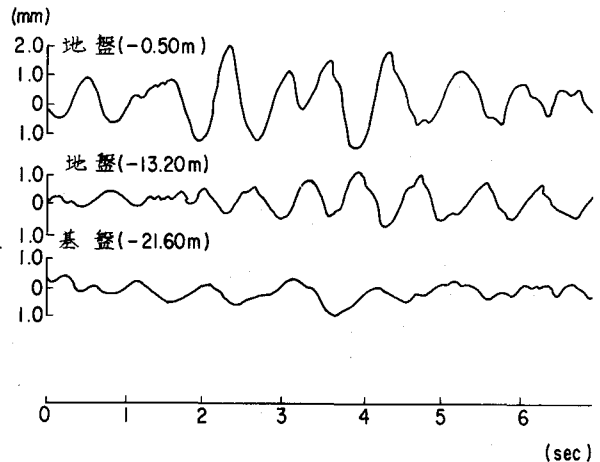


図-2a 地震 NO3 (41.6.24.金華山沖Ⅲ)

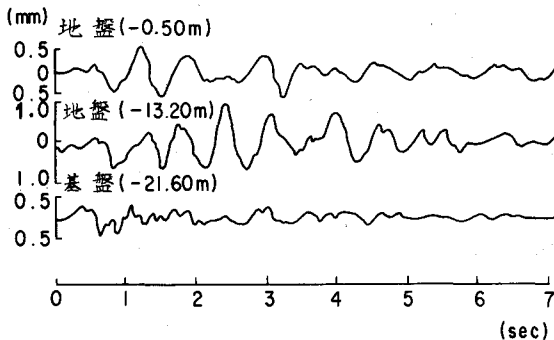


図-2c 地震 NO 19 (43.5.16+勝沖 V)

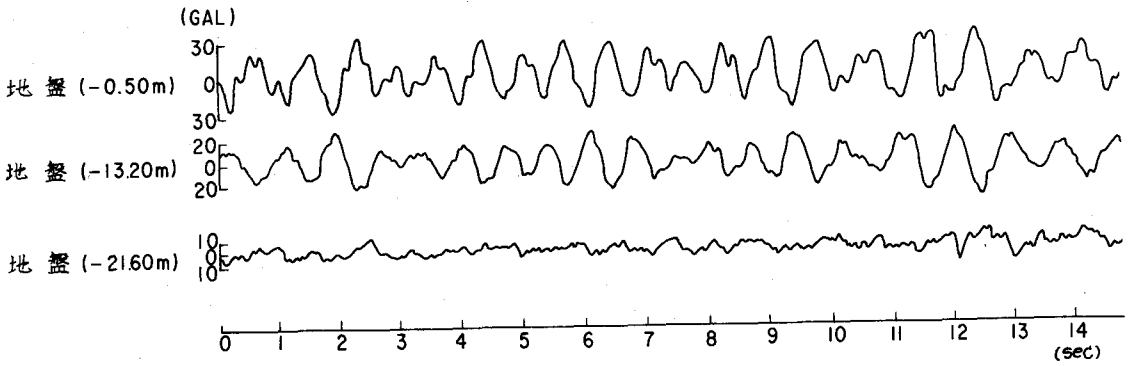


図-3a 変位スペクトル(地震 NO 3)

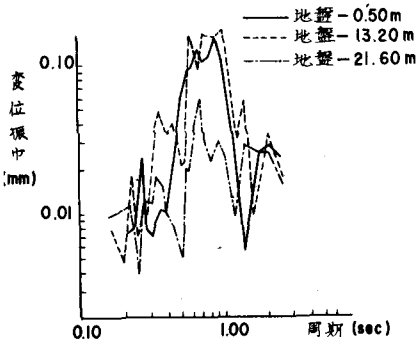


図-3b 変位スペクトル(地震 NO 11)

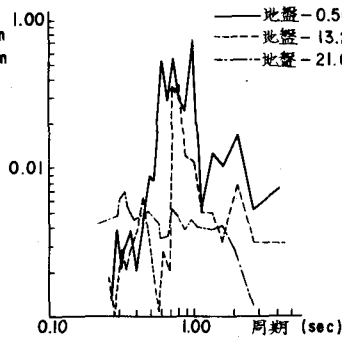
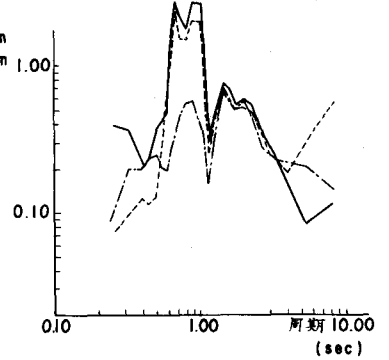


図-3c 加速度スペクトル(地震 NO 19)



3) 重複反射理論にもとづく応答解析

(3-1) 表面層を一層と仮定した場合

厚さ H の表面層が基盤上に存在するとき基盤における入射波の変位を $U_Z=0$ 、地表面における地震波の変位を $U_Z=H$ とすると、重複反射理論によって(1)式が成立つ。

$$U_Z=0\left(t-\frac{H}{V}\right)=\frac{1}{2}\left\{U_Z=H(\tau)+U_Z=H\left(\tau-\frac{2H}{V}\right)\right\} \dots\dots\dots(1)$$

今地盤を一層からなる表面層と仮定し、 H/V は慣用されている式 $T=4H/V$ から実測値 $T/4$ を代入して求めた。計算で求めた入射波と実測した入射波とを図-4に示したが、計算値と実測値が比較的一致していることがわかる。さらに計算で求めた記録をフーリエ解析してスペクトルを描くと、図-5に示すように、振幅は多少異なるが、周期は比較的一致していることがわかる。

図-4a 地震 NO3

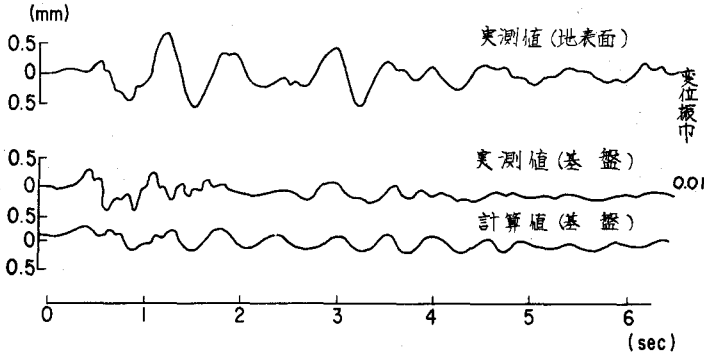


図-4b 地震 NO11

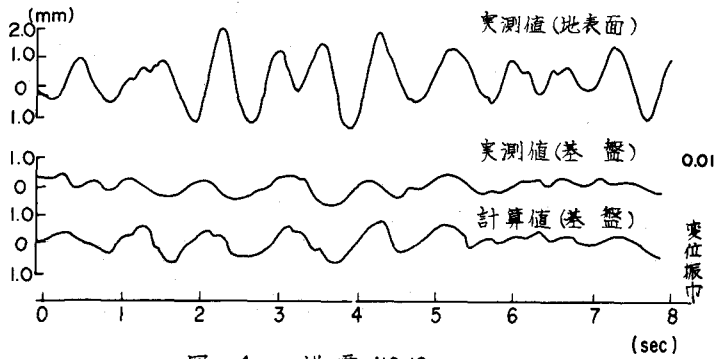


図-4c 地震 NO19

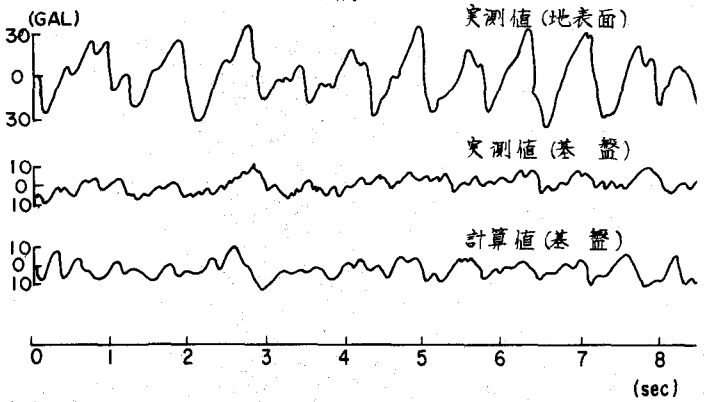


図-5a 地震 No.3

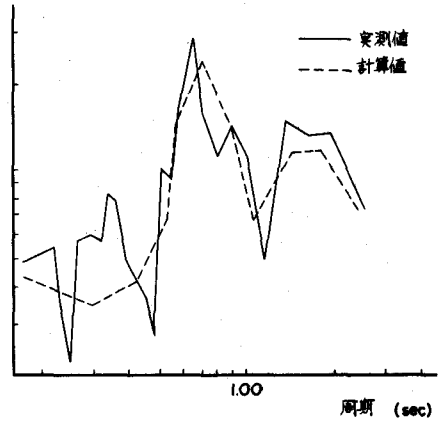


図-5b 地震 No.11

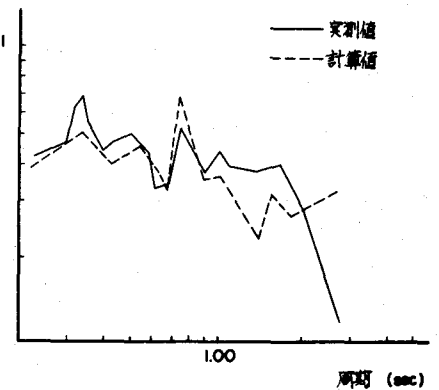
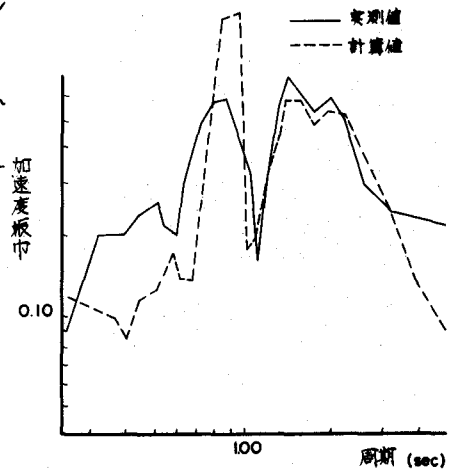


図-5c 地震 No.19



次に基盤に対する地表面の振巾比一周期曲線は(2)式より求めらる。

$$\frac{U_{x=H}}{U_{x=0}} = \frac{1}{\sqrt{\cos^2\left(\frac{2\pi H}{V_1 T}\right) + \alpha^2 \sin^2\left(\frac{2\pi H}{V_1 T}\right)}}$$

----- (2)

但し、上式における (H/V_1) および α は実測値より求めた。(2)式で計算した振巾比一周期曲線と実測値から求めた曲線を図-6に示した。

図-6 振中比-同期曲線の比較

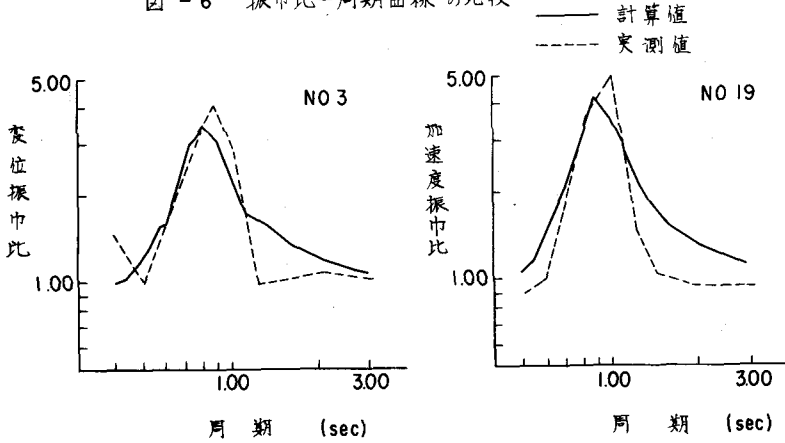
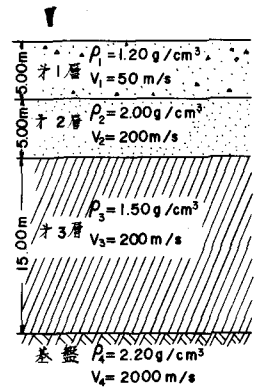


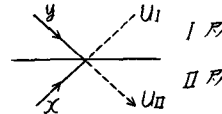
図-7 各層の密度及びS波速度



(3-2) 表面層を三層とした場合

多層を成している表面層の重複反射現象の問題は要するに境界面における透過反射の計算のくりかえしであるから(3)式から容易に計算される。すなわち I, II 両層の境界面からそれぞれ y および x なる振中の波が入射してきた場合に、 U_I ; I 層内を上に向いてゆく波、 U_{II} ; II 層を下に向いてゆく波とする。

$$\left. \begin{aligned} U_I &= B_{II} \rightarrow IX + A_I \rightarrow Iy \\ U_{II} &= A_{II} \rightarrow IIX + B_I \rightarrow IIy \end{aligned} \right\} \text{---(3)}$$



で与えられる

ここで $A = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} a$, $B = \frac{2}{1+\alpha} a$, $\alpha = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2 V_2}$ なる関係がある。各層の密度 ρ_i および速度 V_i はそれぞれ図-7 に示すようにえらんべ。計算結果は図-8 に示したが、比較的実測値と一致していることがわかる。詳しい結果の検討については当日発表したい。

図-8 三層地盤の地震応答記録の比較(十勝沖地震)

