

1. まえがき

構造物の基礎地盤として考えられる基礎が深い位置にある軟弱地盤において、比較的 N 値の大きい層が含まれる場合、それを橋梁等の基礎構造物の支持層とすることがある。埋設構造物は地震時に地盤から大きな影響を受けるから、このような地盤の振動応答特性を明らかにする必要がある。本文は、重複反射理論に基づく解析により、地表の応答に与える軟弱層の影響について検討を行ったものである。

2. 解析方法

基礎および軟弱地盤の各層の境界は全て互いに平行であるととし、基礎から SH 波が垂直に入射した場合、各層の応答は、重複反射理論から変位 u_m とすると、

$$u_m(x, t) = A_m e^{i(\omega t + x/V_m)} + B_m e^{i(\omega t - x/V_m)}$$

$$\begin{Bmatrix} A_m \\ B_m \end{Bmatrix} = [S_{m-1}] [S_{m-2}] \cdots [S_1] \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \end{Bmatrix} A_1$$

ここで、

$$[S_m] = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (1+d_m)e^{i(\omega H_m/V_m)} & (1-d_m)e^{-i(\omega H_m/V_m)} \\ (1-d_m)e^{i(\omega H_m/V_m)} & (1+d_m)e^{-i(\omega H_m/V_m)} \end{bmatrix}$$

$$d_m = \rho_m V_m / \rho_{m+1} V_{m+1}$$

となり、基礎の入射波の振中 A_1 が既知なら、地表と基礎入射波の周波数伝達関数は、周波数を ω とすると $H(\omega) = 2A_1/A_n$ で求まる。なお、減衰については、履歴型を考え、剛性率 G は、

$$G = G_0 (1 + 2\beta i)$$

となる。

3. 解析結果および考察

成層地盤を図-1に示すように、地表軟弱層、支持層（以下中間支持層と呼ぶ）、軟弱層（中間軟弱層と呼ぶ）および基礎からなっているとす。今、地表から基礎までを高々80mと考へ、地盤の諸定数を表-1に示す値と仮定する。即ち、軟弱層のみ物性が変わるものとする。また、減衰定数 $\beta = 0.05$ となるように $\beta = 0.05$ とした。表-1の速度は、減衰を考へていない値である。これらの表の値を用いて、基礎からの一定振中の入射波（変位）に対する地表の応答（共振曲線）を求めた。その一例を図-2に示す。この例からわかるが、一次、二次のピークは地と比べ大きな値を示している。以下、本文では、ピーク値の大きい一次の共振梁の振中倍率・周波数に限定して考察する。

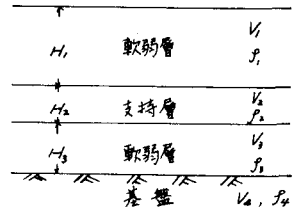


図-1 地盤モデル

表-1 地盤 諸定数

層番号	層 厚 (cm)	剪断波速度 (%)	密度 (%)
1	15, 20, 25	100	1.7 $\times 10^3$
		150	1.8
		200	1.8
2	15, 20, 25	500	2.0
		150	1.8
		200	1.8
3	5, 10, 15, 20, 25, 30	250	1.9
		200	1.8
		100	2.1
4	-	1000	2.1

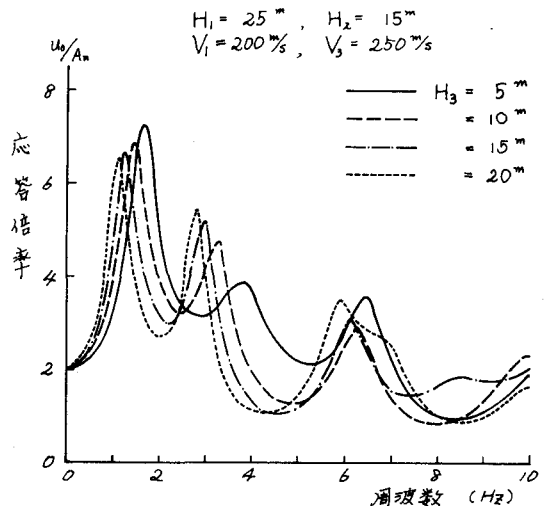


図-2 周波数伝達関数の例

1) 地表軟弱層の影響

地表軟弱層の厚さおよび速度（剛性）を変化させた場合の地表の一次共振振の倍率および共振周波数を、中間軟弱層厚に対してプロットしたのがそれぞれ図-3(1)、図-3(2)である。これによれば、地表軟弱層の剛性が小さい程、又、層厚が大きい程地表の応答倍率は大きくなることわかる。この傾向は、軟弱層の剛性に関しては、地表軟弱層厚の大きい方が、一方、層厚に関しては、軟弱層の剛性が小さく、中間軟弱層の厚さが大きい方が、顕著である。

次に、一次共振周波数に関しては、地表の剛性が大きい程、層厚が小さい程周波数は大きい。中間軟弱層が小さい方がこの傾向は顕著であり、中間軟弱層厚が大きくなると、その大きさに因らずほぼ一定の周波数となる。

なお、これらの傾向は、中間支持層厚が変わっても（15m～25mの範囲）同様の結果である。

2) 中間軟弱層の影響

中間軟弱層の剛性（速度）を変化させ、中間支持層厚の2種類に対する地表の応答倍率を図-4に示す。図-3、4から、地表の応答倍率は必ずしも、中間軟弱層厚が大きい方が大きくなるとは限らないことがわかる。即ち、二つの軟弱層が相互に関連している。次に、中間軟弱層の剛性の変化による倍率の増減は、軟弱層厚によって傾向が異なり、中間軟弱層の厚さが小さい（5～10m）場合は、剛性が大きくなると倍率は増大するが、層厚が大きくなると、逆に倍率は減小する傾向がみられる。この傾向が逆転する中間軟弱層厚は、地表軟弱層厚が大きくなると大きくなるようであり、一方、中間支持層厚にはほとんど影響を受けていないことがわかる。このように軟弱層厚によって傾向が異なるのは、減衰の効果について検討する必要があるものと思われる²⁾。

一次の共振周波数に対する影響は、図-3(2)から厚さが増すと、共振周波数は、厚さの増加に因らず一定となる。

4. あとがき

支持層を含んだ軟弱地盤の振動応答特性について調べた結果、中間軟弱層の剛性・厚さ等により大きな影響を受け、地表軟弱層と関連しながらその程度の大小が表われているようである。今後は更に、入射波の入射角・地震波に対する応答も検討する予定である。

参考文献

- 1) 柴田明徳：最新耐震構造設計，森山出版
- 2) 金井 清：地震工学，共立出版

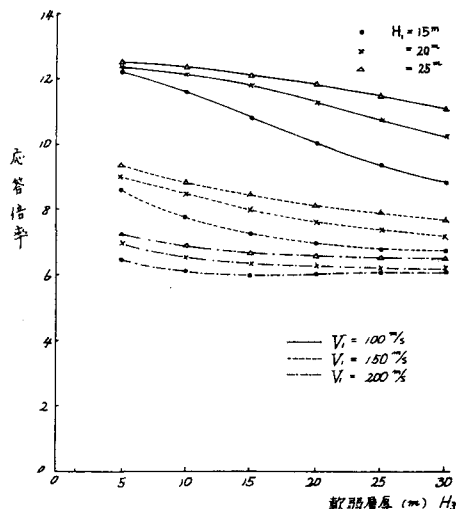


図-3(1) 地表軟弱層の応答倍率への影響 ($V_1=250\%$)

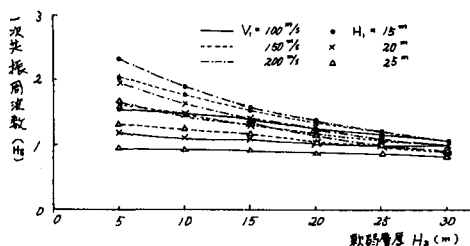


図-3(2) 地表軟弱層の共振数への影響 ($V_1=250\%$)

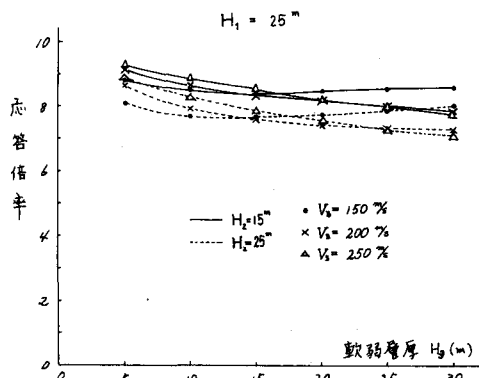
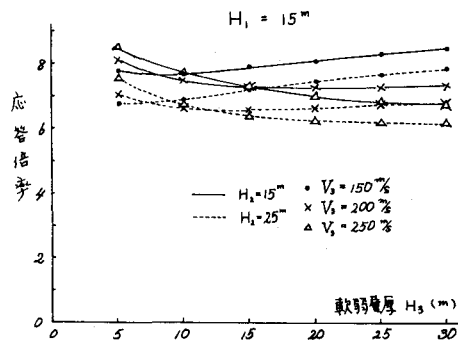


図-4 中間軟弱層の応答倍率への影響 ($V_1=150\%$)