

## まえがき

地盤特性を決定する為には、実測には起振機が、その解析にはレーレイ波の特性が良く利用される。その主な理由は、レーレイ波の特性は理論的に良く分っており、層状地盤であっても（一般にそうである場合が多いが）高次振動数を利用すれば層状地盤を半無限体とみなせることにある。しかし実測の挙動を正確に解析するには、レーレイ波の特性だけでは不十分で、層状地盤の特性を解明する必要がある。この論文では、層状地盤の一番簡単な場合に於ける一層地盤の特性を、FEM-Beam-Methodを使用して、求める。一層地盤の動特性は、その全地表面挙動（水平及び上下方向の振幅及び位相角： $|A_H|$ ,  $\phi_H$ ,  $|A_V|$ ,  $\phi_V$ ）を利用し、 $A_H/A_V$ を振動数 $n$ の関数として表現することで物理的に明白となる。

## 1. FEM-Beam-Method

地盤が動的な外荷重を受ける場合、解析方法としてFEMが良く用いられる。しかし、地盤の様に無限に広がる物体において、精度を損わない様に十分な要素数を取るのには、現在の計算機の容量としては困難な問題である。このような問題を解決する為、Waa'sは水平無限遠へのエネルギー一逸散が可能な薄層半無限体要素を導入し、FEM-Beam-Methodを提案した<sup>1)</sup>。この理論についての詳細な説明及びそのプログラムがWaa'sの論文に載っているので、又本論文における目的は現象解明にあるので、ここでは式の誘導には触れない。この解析に使用するモデルを図1に示す（一層モデル、平面歪系、点加振、ポアソン比 $\nu = 0.3$ 、密度 $\rho = 1$ 、せん断速度 $V_s = 1$ 、深さ $z = 1$ 、減衰定数 $\beta = 0.01 \sim 0.1$ ）。

## 2. 解析結果と考察

数値計算によって求めた地表面挙動（ $|A_H|$ ,  $|A_V|$ ,  $\phi_V$ ,  $\phi_H$ ）の一例を図2に示す。図中の地表面挙動は加振点からの距離 $R$ の関数として表現されている。これ等のハーモニックに変動する挙動の平均値を取り、加振点から十分遠い所の挙動を使用して、図3を作成した。同図においては、地表面挙動が $A_H/A_V$ （振動数 $n$ の関数）として表現されている。又、挙動を物理的に把握できる様に、同図に $|A_H|/|A_V|$ （波の楕円の形）及び $\phi_V - \phi_H$ （楕円の回転方向）が附加されている。上記表現は、地表面挙動を把握する上で、次の様な利点がある。

a) 全地表面挙動（ $|A_H|$ ,  $|A_V|$ ,  $\phi_V$ ,  $\phi_H$ ）が、楕円の形（ $|A_H|/|A_V|$ ）とその回転方向（ $\phi_V - \phi_H$ ）のみによって簡単に表現できる。

b)  $|A_H|/|A_V|$ の増幅、楕円の回転方向の急激な変化から $V_s/4\beta$ の正確な決定が可能である。

一方、レーレイ波の楕円の形（ $|A_H|/|A_V|$ ）及びその回転方向に於いては、半無限体理論から下記の実事から分っている。

$$a) |A_H|/|A_V| = (3^2 - 2) / 2 \sqrt{1 - 3^2}, 3^6 - 8 \cdot 3^4 + 8 \cdot 3^2 (3 - 2\alpha^2) - 16(1 - \alpha^2) = 0, \\ \alpha^2 = (V_s/V_p)^2 = (0.5 - \nu) / (1 - \nu).$$

b) 該当する楕円の回転方向は時計と逆回りである（ $\phi_V - \phi_H = 90^\circ$ ）。

数値計算結果においても、振動数 $n$ が増加するにつれて、上記レーレイ波特性に一致して、 $\phi_V - \phi_H = 90^\circ$ 及び $|A_H|/|A_V| = 0.67$ （ $\nu = 0.3$ における値）なる挙動が確認できる。ただし、 $|A_H|$ 及び $|A_V|$ はハーモニックに変動し、最大値と最大値の間隔が急激に小さくなるので、 $|A_H|/|A_V|$ より正確にポアソン比を求めるには応答を求める間隔を十

分小さく取りなければならぬ。最大値と最大値の間隔は波長長さの2倍である。

### 3. 結論

一層地盤の全ての地表面挙動 ( $|A_H|, |A_V|, \phi_H, \phi_V$ ) を,  $A_H / A_V$  (振動数  $n$  の関数) として表現すると, 一層地盤の特性は簡潔明解に把握できる。地盤特性を求める為に, 固有振動数  $V_s / 4h$  の近傍の挙動の急激な変化, ボアソン比の関数である (分散性の少ない振動数領域の) 振幅比  $|A_H| / |A_V|$  とその最大値と最大値の間隔 ( $2 V_s / n$ ) が利用できる。ただし, 地盤特性を求める際に挙動がハーモニックに変動し間隔が急激に変化する事を考慮する必要がある。当研究は比較的低位な振動数領域に限定した。更に振動数が増加すると, 挙動の変動としてハーモニックなものだけではなく, 分散と密接な関係にある beat 現象も発生することを附記する。

### 参考文献

1) W a a s, G.: Linear two-dimensional analysis of Soil dynamics, Problems in semiinfinite layered media, Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley, 1972.

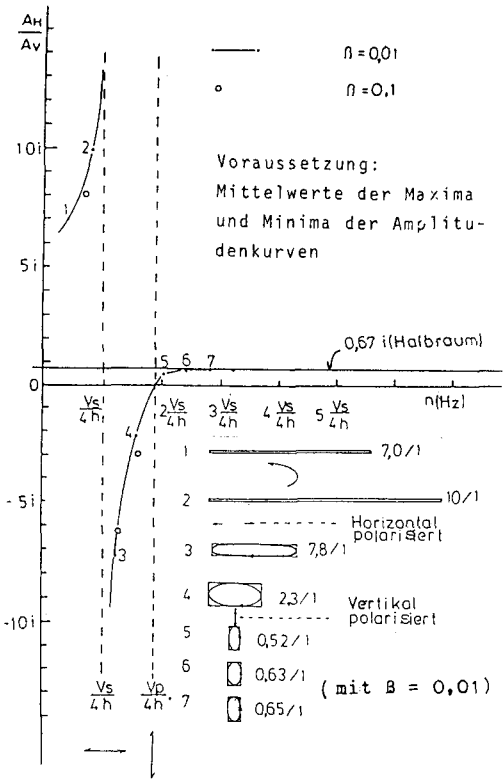


図 3:

Wellenfortpflanzungsrichtung und  $|A_H| / |A_V|$  über die Frequenz

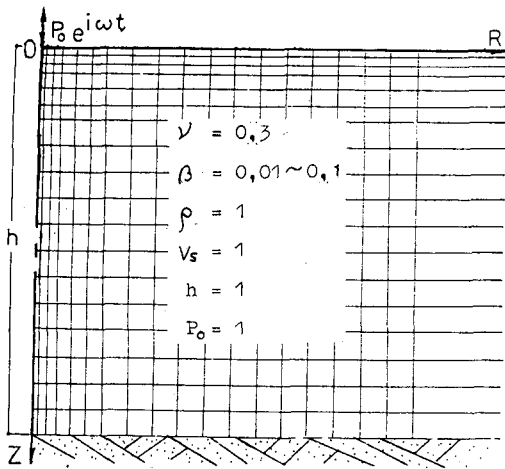


図 1: Modell mit Punkterreger

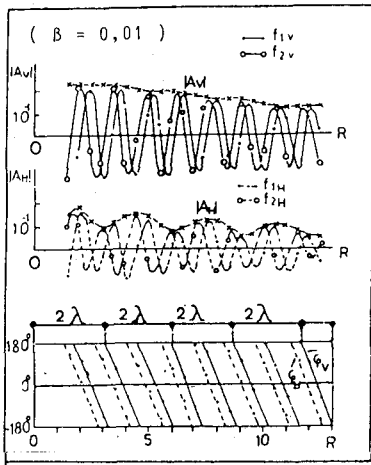


図 2:

Abstand der benachbarten Maxima und Minima der Amplitudenkurven ( $2 \lambda$ ), die zugehörige Phasenwinkel