

1. まえがき 機械が運転時に強力な加振力を発生する場合、周辺地盤中へ放射される振動が公害として問題となることがある。このような振動の予測あるいは防止を図るためには、地盤振動の発生・伝搬現象の合理的把握が不可欠であり、振動発生源としての基礎の運動が結果として地盤振動にどのように結びつくのかを容易に推測可能とする合理的でかつ見通しのよい方法論が必要とされる。筆者はこれまでに、上述の観点から地盤モデルを用いて実験、検討を行ってきた^{1)~3)}。特に前報³⁾では、地盤振動伝搬のより実用的モデルを探るべく、層状地盤モデルを用いて定常振動の発生・伝搬現象の測定・検討結果を報告した。本報では、前報に引き続き実用的モデルを探ると共に、基礎形状・寸法の地盤振動伝搬に及ぼす影響を調べる。

2. 実験方法 図1に実験方法と地盤モデルの概要を示す。模型基礎は円形基礎(半径 $r_0 = 1 \sim 4$ cm)、正方形(一辺が $2b$ 、 $2c$ で $c/b = 1$)及び長方形($c/b = 2$)のものを対象とした。基礎の材質は、アクリル製である。基礎はモデル表面に設置して垂直方向に定常加振し、伝搬する振動加速速度の垂直成分を測定した。ここで、図1において、 V_s = 地盤モデル媒質の横波速度、 ν = ポアソン比、 f_1 = 地盤モデルへの加振力、 α_0 = 基礎の振動加速度、 α = 地盤モデル表面の垂直方向振動加速度、である。

3. 結果と考察 図2は、地盤モデルのレイリー波の基本モード、2次及び3次モードの分散曲線を示す。80Hz、190 Hz及び280 Hz付近に各モードのエアー相のあることに注目したい。

図3は正方形基礎($b = 2$ cm)底面下の複素Compliance Y の虚数部 $-f_2$ を示す。図中の○印は層状地盤の測定値であり、 f_2 は、静 Compliance を Y_s とした時、次式の関係で規定される無次元量として得た。

$$Y = Y_s (f_1 + j f_2)$$

$$Y_s = (1 - \nu_1) / 4 r_e G_1$$

$$r_e = \sqrt{4 b c} / \pi$$

$$G_1 = \gamma_1 V_{s1}^2, \quad j = -1$$

Y_s は、表層厚 H が ∞ 、すなわち半無限地盤の場合の静 Compliance である。図中の実線は、同一基礎に対する半無限地盤の $-f_2$ である⁴⁾。 f_2 は振動の放射に起因し現われるものであり、基礎から地盤への放射パワーに直接関係するものと考えられるから、両者の比較により以下の指摘がなされよう。すなわち、層状地盤モデルの場合、周波数による変動が大きく、基本モード付近で強力な振動が放射され

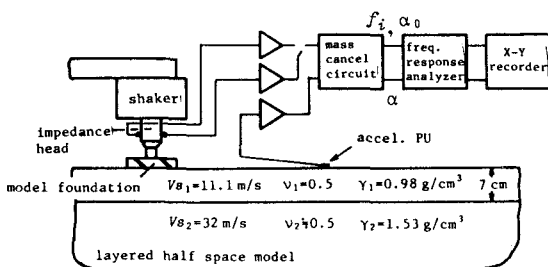


図1 実験方法

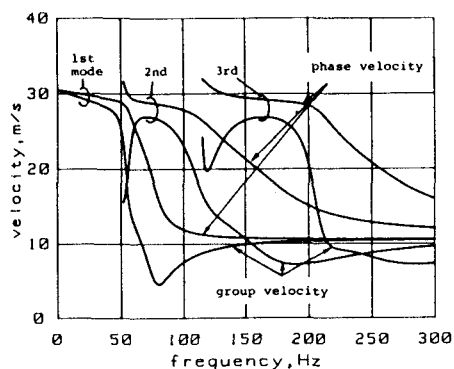
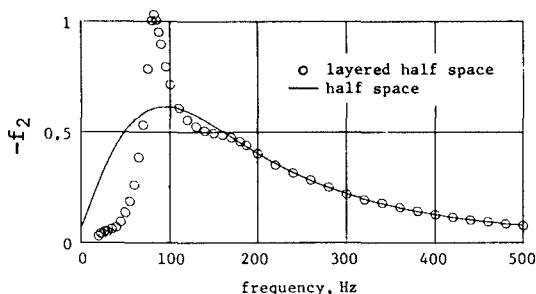


図2 レイリー波の分散曲線

図3 基礎底面下のCompliance ($c/b = 1$, $b = 2$ cm)

る反面、低周波数域では、振動が放射されないなど、層構造の影響が強く現われている。但し、高周波数域では、層構造の影響は現われていない。

次に、円形基礎からの定常振動の距離減衰特性の測定例を図4に示す。図4の実線、点線は各々層状、半無限地盤モデルの測定値である。ここでも、層構造の影響が強く現われていることが明確に認められる。そこで、図2に示す結果を参考にし、半無限地盤のレイリー波の近似解¹⁾である(1)式を基本モードのもの α_1 とし、2次モードの波動 α_2 を(2)式のように仮定して、試行錯誤的にパラメータ k 、 ϕ を変えて実線の傾向に合うようにカーブフィットさせた結果が図中の鎖線である。

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_0} = \frac{4 r_0}{1 - \nu} \sqrt{\frac{\omega}{2 \pi V_R r}} \exp\left(-\frac{\omega r}{2 V_R Q}\right) \cdot \exp\left(j \omega t - j \frac{\omega r}{V_R} - j \frac{\pi}{4}\right) \dots\dots(1)$$

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_0} = \left| \frac{\alpha_1}{\alpha_0} \right| k \exp\left(j \omega t - j \frac{\omega r}{V} - j \frac{\pi}{4} + j \phi\right) \dots\dots(2)$$

V_R = 半無限地盤モデルのレイリー波速度
 V = 層状地盤モデルの位相速度
 Q = 媒質のQ値、 ω = 加振周波数

120 Hzでは点線と実線でレベル差があり、(1)式を基本モードの解と考えるのは若干無理があるが、実測値の傾向はよく再現していると云えよう。

次に、基礎寸法の影響をみるために、 $r=50$ cmの位置における $|\alpha/f|$ を、周波数をパラメータとして r_0 に対し示したのが図5である。但し、同図では高周波数域でピーク、ノッチが強く現われる140 Hz、160 Hzの場合については、 $r=50$ cmの近く($r<50$ cm)で、 α の最大となる値を示している。基礎寸法の地盤振動への影響が明瞭に認められ、地盤振動は周波数が高くなる程大きく、また、基礎寸法が大きくなる程小さくなっている。半無限地盤の場合、振動の放射効率が小さくなる高周波数域を除けば、 α は r_0 に無関係であった¹⁾。

図6は、長方形基礎($c/b=2$ 、 $b=2$ cm)からの振動の距離減衰特性を方向別に示してる。基本的には同じ条件での半無限地盤モデルの場合²⁾と似た傾向を示している。すなわち、基礎の長辺に直交する方向で指向性が強く現われている。

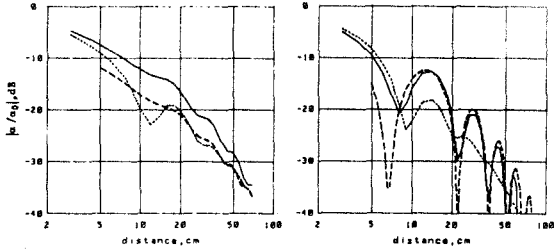


図4 距離減衰特性 (120 Hz及び160 Hz)

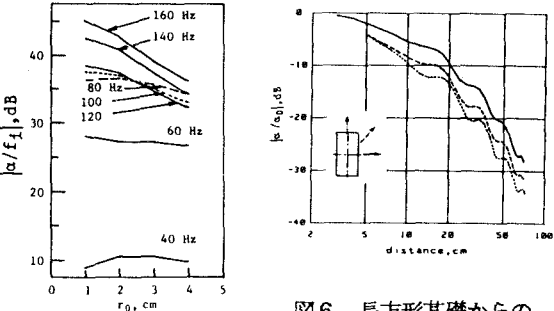


図5 基礎寸法の影響

図6 長方形基礎からの距離減衰特性

4. まとめ 層剛性比が約13の層状地盤モデルを用い、基礎から放射される定常振動の発生・伝搬特性及び基礎の形状・寸法の定常振動への影響を調べた。得られた結果を要約すると以下のようになる。

1. 定常振動の距離減衰傾向における特徴は、実験の範囲内ではレイリー波の基本モードと2次モードの波動の重ね合わせで説明可能であるが、基本モードを半無限地盤モデルの解で近似するのは、周波数によっては、若干無理がある。
2. 同一加振力で比較すると、地盤振動は基礎寸法と加振周波数に影響され、基礎が小さい程、また、周波数が高くなる程地盤振動は大きくなる傾向がある。
3. 長方形基礎から放射される振動には指向性があり、長辺に直交する方向で指向性が強く出る。

文献 1) 二井; 音響学会誌 Vol.39,1983,2) 二井; 音響学会誌 Vol.40,1984,3) 二井; 土木学会第41回年講概要集 I, 1986. 4) 二井; 土木学会第40回年講概要集 I, 1985.