

国鉄東京第三工務局 正員 新木良幸
 国鉄東京第三工務局 正員 坂田英洋
 国鉄鉄道技術研究所 吉岡 修

1. はじめに

列車走行に伴う振動は、基礎構造物と地盤の連成振動によって複雑な振動性状を呈している。そこで、基礎構造物から発生する振動の伝播に関する基本的性状、特に、その距離減衰特性を把握するために、2層3次元の地盤モデルを作成し検討を行なった。

2. 実験概要

地盤モデルは、沖積粘土層（N値0～5程度、 $V_p=1000$ m/s、 $V_s=100$ m/s）、洪積砂層（N値40～50程度、 $V_p=2000$ m/s、 $V_s=400$ m/s）の地盤を想定し、アクリルアミド系グラウト剤を主成分とし、珪藻土、ベントナイト、砂等を配合させ、縮尺率を長さ $L=1/80$ 、時間 $T=1/7$ 、密度 $\rho=1/2$ で模型化した。図-1に示す種類の地盤（A、B、B'モデル）を作成した。基礎構造物の模型は、底面積 120×90 mm、重量1.4 kgのアルミ製フーテングとし、杭は硬度60°のシリコンゴムを用いた。また、加振方法は、可動コイル型の加振器（フィリップス社製PR-9270型）を用い、地盤の弾性領域内で75、100、150、200、300 Hzの正弦波加振を行ない、試験は、図-2に示すように地盤加振とフーテング加振の2ケースについて行なった。また、受振器は圧電型加速度計（END EVCO 2222 B）を用いた。

3. 実験結果と考察

3-1. 伝播速度

図-3に各モデルで各周波数毎に実測された伝播速度とレイレー波の理論分散曲線（位相速度）とを比較して示す。伝播速度は、地盤加振、フーテング加振に関係なく、 M_{11} 波の分散曲線と一致している。従って、ここで測定した波動はレイレー型の表面波と考えられる。

3-2. 距離減衰

図-4にAモデルにおける周波数毎の振巾の距離減衰を示す。フーテング加振は、フーテング短辺の中央で直交する測線上の距離減衰であり、横軸距離はフーテング線からの距離で示してある。地盤加振時の距離減衰は若干の凹凸はあるがほぼ一様に減衰している。これに比べフーテング加振では、フーテングから10 cm位まではほとんど平坦になっており、フーテングからある距離までは線源平面波の減衰の様相を呈し、それ以降ではほぼ地盤加振時の距離減衰と同様な傾向を示している。

そこで、次式で表わされる距離減衰の式

図-1. 使用した地盤モデル

(Aモデル)				
F1層:	$V_p=100$ m/s、 $V_s=9.2$ m/s、 $\rho=1.14$	H=125 cm		
F2層:	$V_p=190$ m/s、 $V_s=37$ m/s、 $\rho=1.72$	H=45 cm		
(Bモデル)				
F1層:	$V_p=96$ m/s、 $V_s=7.6$ m/s、 $\rho=1.14$	H=6.25 cm		
F2層:	$V_p=190$ m/s、 $V_s=37$ m/s、 $\rho=1.72$	H=45 cm		
(B'モデル)				
F1層:	$V_p=103$ m/s、 $V_s=8.2$ m/s、 $\rho=1.14$	H=6.25 cm		
F2層:	$V_p=190$ m/s、 $V_s=37$ m/s、 $\rho=1.72$	H=45 cm		

但し V_p : P波速度 V_s : S波速度
 ρ : 密度 H: 層厚

図-2 試験方法

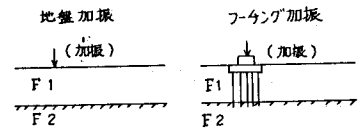
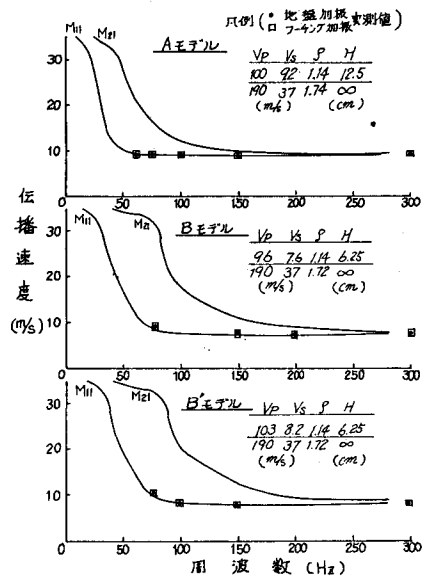


図-3 正弦波加振時位相速度-理論分散曲線



$$A = A_0 e^{-\alpha r} \cdot r^{-n} \quad \text{--- (1)}$$

ここに、 A ：振源からの距離 r 地点の振幅、 A_0 ：比例定数、 r ：距離、
 α ：地盤の内部減衰 ($\alpha = \frac{2\pi f \lambda}{c}$)、 f ：振動数、 n ：減衰定数
 c ：伝播速度、 n ：幾何減衰のパラメータ

を用いて、点源表面波 ($n = 1/2$) として計算した距離減衰と線源平面波 ($n = 0$) として計算した距離減衰とを実測値と併せて比較したものが図-5である。図中、実線は点源表面波の、破線は線源平面波の距離減衰を表わす。なお、 α の計算には $n = 0.03$ を使い、 c は理論分散曲線の値を用いた。

この図より、周波数によらず線源平面波の距離減衰より、点源表面波としたときの距離減衰に変わる距離 (R) が異なることに気がつく。また、これは同じ周波数の波に着目した場合、フーキングの辺の長さ (L) が変化すれば R も変化すると予想される。従って、 L と R との間には何等かの関係が存在するものと考えられた。そこで、各モデルにおける測定結果から L と R の関係を導くため、 L と R の両者を波長 (λ) で割って無次元化し、 R が明白に読み取れるデータだけをプロットしてみると図-6に示すような関係が導かれた。すなわち、

$$R/\lambda = (L/\lambda)^{1.75} \quad \text{--- (2)}$$

この式が物理的にどのような意味を持つものかについては理論的あるいは実験的にさらに検討を行なわなければならないが、式 (2) を求める場合に用いた A モデルにおける 75 Hz、および B モデル 200 Hz について式 (2) を用いて距離減衰を計算した結果、図-7に示すように、ほぼ減衰傾向は説明できているといえる。なお、 A モデル 75 Hz の場合の距離減衰には凹凸がみられるため、計算に当っては、 M_{11} 、 M_{21} 波を 3:1 の振幅比で合成した。

4. あとがき

以上のように、矩形基礎を加振した場合における地盤の振幅の距離減衰は、フーキング線より式 (2) の実験式で示す距離 R までは線源平面波的に、またそれ以後は点振動源から発生する表面波の振幅減衰として大略説明可能であると考えられる。なお、本実験には、応用地質調査事務所、吉村正義氏に多大なる協力を得た。ここに謝意を表する次第である。

参考文献

江島・吉岡・松岡他：模型地盤による構造物～地盤系の連成振動について，物探協会秋季講演会案，1977.10

図-4 距離減衰 (A モデル)
(地震加振) (フーキング加振)

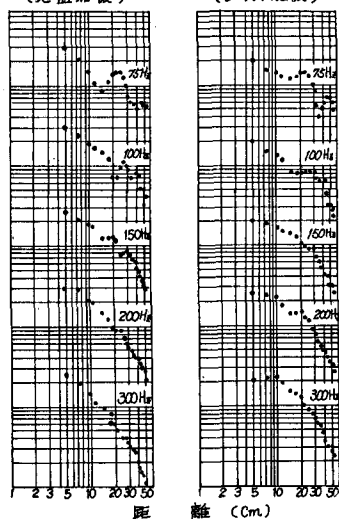


図-5 距離減衰
(B モデル)
(フーキング加振)

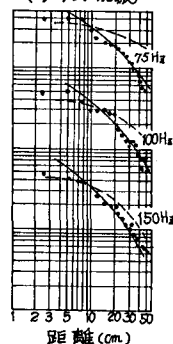


図-7 比較図
(● 実測値
--- 式(1)を用いたとき
--- 式(2)を考慮したとき)

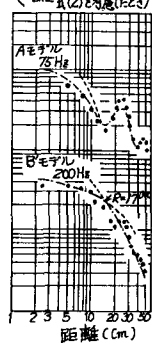


図-6 R と L の関係

