

III-154 波動伝播実験による土の内部減衰係数

佐賀大学 正会員 ○荒牧軍治
佐賀大学 正会員 古賀勝喜

1. まえがき

土の内部減衰機構については室内実験、現地試験等により次第に明らかになりつつある。しかし現地地盤において、異なった振動源による波動伝播の実測値より内部減衰係数を求め、その関係を求めたものは、そう多くない。また著者等の在住する佐賀平野は超軟弱な有明粘土層が広く、深く堆積している。この地盤は非常に振動しやすく、機械基礎、道路鉄道交通等による公害振動の問題が大きな問題となってきた。このような問題においては波動の伝播機構、特に距離減衰が最も重要な問題となる。そこで有明粘土地盤の距離減衰機構、特に土の内部減衰係数を求めるため、モデル実験と、鉄道振動による波動伝播調査を行なった。

2. 実験概要

行なった実験は大型鋼製ケーソンおよび地表面載荷板によるモデル実験と、在来線鉄道による波動伝播調査の2種類である。図-1に実験で用いたケーソンモデルと測線と示している。ケーソンモデルの頭部に起振機を取り付け、モデルを上下、水平に振動させた時の各測点における加速度レベルを測定した。載荷板モデルは直径50cmの円形コンクリート載荷板を上下、水平に加振した際の波動の加速度レベルを測定した。実験は振動数、基準点（いずれもモデル端より20cm）の加速度レベルを変化させ、計26種の実験を行なった。

在来線鉄道の振動調査は軟弱地盤で盛土部2測線、高架部3測線、平担部2測線、計7測線について行なった。さらに比較測線として砂地盤において2測線（盛土、平担）を設置し測定を行った。データとしては振動レベル（V.L.）の最大値を用いている。使用した器械はいずれもリヨンの公害振動計である。

3. 実験の整理方法

モデル実験の場合、地表面に発生する波動の大部分はほぼ Rayleigh 波であり振動源から距離の平方根に比例して減少することは良く知られている。しかし鉄道振動のように線条の通過交通の場合、距離の平方根に比例して減少するとは限らない。しかし殊に鉄道振動による内部減衰を求める際、 $1/\sqrt{F}$ に比例するとした式を示している。そこで本実験ではいずれの場合も土の内部減衰係数 α を用いて波動の距離減衰を次式で示した。

$$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{X}{X_0} \right)^{-0.5} \exp \left\{ -\alpha (X - X_0) \right\} \quad \text{---- (1)}$$

ただし A : 距離 X での加速度振中
 A_0 : ある距離 X_0 での加速度振中

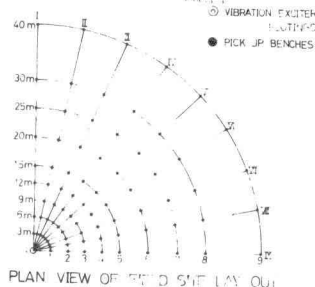
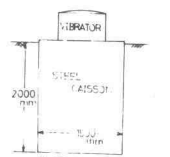


Fig - 1

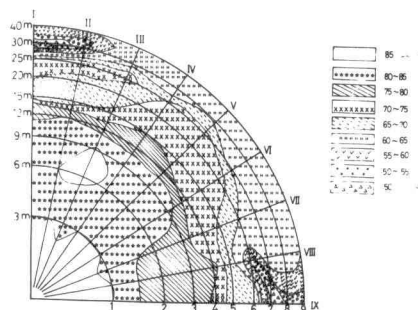


Fig - 2 VAL DISTRIBUTION

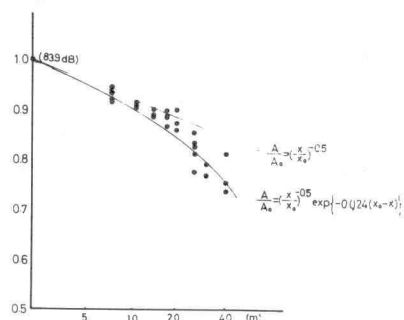


Fig - 3

α : 土の内部減衰による距離減衰係数 ($1/m$)

4. 実験結果および考察

図-2にケーソンモデルをロックイン振動させた時のZ方向加速度レベル分布の一例を示す。ロックイン振動なので対称とはならないが、測線中央部のⅢ~Ⅳ測線では等レベル線がほぼ平行になるので、その測線における加速度レベルとデータとして用いた。図-3に距離減衰の一例を示す。図より明らかに弾性体のRayleigh波の距離減衰を示す $(x/x_0)^{-0.5}$ よりいずれの場合も大きな減衰、すなわち内部減衰の効果を顕著に示し、式(1)の表示式が妥当であることを示している。図-4に距離減衰定数 α の振動数変化を示す。土の動的性質で良く用いられている減衰比 D と α との間には $\alpha = \frac{1}{2} D$ の関係があるので、 D が一定の場合、 α は振動数に比例して上昇する。モデル実験の全てのデータをプロットすると図-4のように分布するが、各振動数のヒズミの状態が異なっているので同一の条件とはなっていない。そこでTaylor-Parsonの減衰比 D の実験値を用いてヒズミ依存性を修正すると破線の領域にデータが集まってくる。平均的には D は1.6%程度となり室内実験で得られている実験値とほぼ良い一致を示している。図-5に減衰比 D の振動数変化を示す。 D は振動数に対しほぼ一定の値を示している。この事実も土の内部減衰を示すモデルとしては粘性Voigtモデルより非粘性モデルの方が妥当であることを示している。有明粘土地盤の波動伝播を示す式としては $D=1.6\%$ とし、 α を求めて式(1)を用いれば良いであろう。

図-6は列車振動のスペクトル解析より求めた減衰係数 α の振動数変化を描いたものであるが、モデル実験より得られた α より大きめの値を示している。図-7は軟弱地盤において得られた全減衰係数 α のヒストグラムである。平均値は $\bar{\alpha} = (1.6 \pm 0.2) \times 10^{-2} (1/m)$ である。比較地盤で同様の方法で平均値を求めると $\bar{\alpha} = (3.3 \pm 0.5) \times 10^{-2} (1/m)$ となり、砂地盤の方が2倍程度の減衰係数を有している。軟弱地盤での列車振動の卓越振動数が10%付近でのモデル実験の α の値は0.018なので2つの実験はほぼ良い一致を見せている。

5. 結語

モデル実験、列車振動調査といった異なった実験より土の内部減衰係数を求め、両者ほぼ良い一致を見た。土の内部減衰について室内実験より得られているいくつかの性質について、現場実験でも確認することができた。

参考文献

妹沢克惟: 「振動学」 岩波 1982

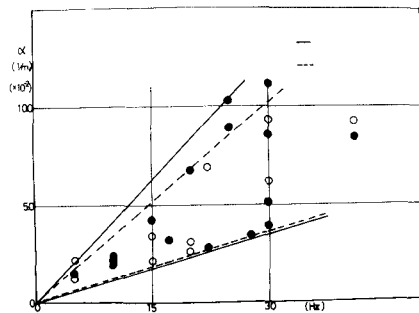


Fig - 4 DAMPING FACTOR

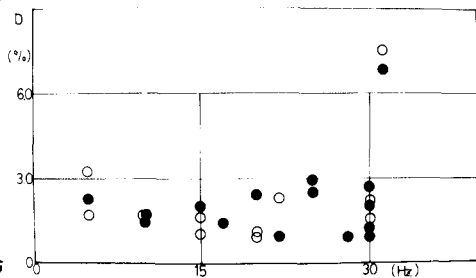


Fig - 5 DAMPING RATIO

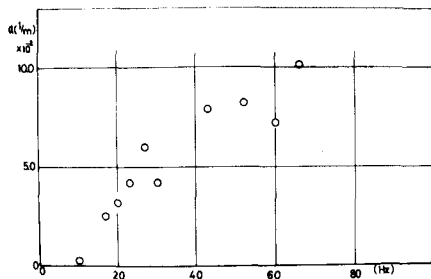


Fig - 6 DAMPING FACTOR (RAILWAY)

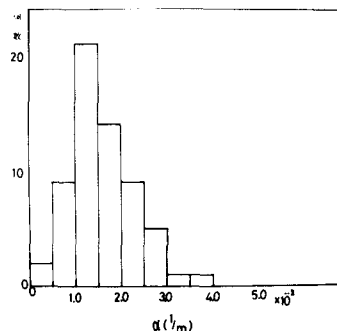


Fig - 7 HISTOGRAM OF DAMPING FACTOR (RAILWAY)