

建設省土木研究所 ○小笠原 久, 正員 佐々木 康, 正員 各口 栄一

# 1. まえがき

道路交通振動の距離減衰について筆者等が行なつてきた研究結果の一つとして、基準長(外側車線中央から道路直前方向に5mの地奥)の振動レベルが高い程、振動の距離減衰が小さくなる傾向が見られた。この結果について土質力学的な裏付けを得るために、ここでは起振機を振源とする現場実験を行なうと共に、その現場の地盤から採取した不攪乱試料を用いて、生振法土質試験により土の動的変形係数を求めた。以下に両者の結果を比較し、微小歪領域における地盤振動の距離減衰について考察を加える。

# 2. 実験方法

## 2.1 千葉県市川市における現場振動実験

千葉県市川市の平坦な空地において起振機による地盤振動実験を行なった。現場は埋立地であり、図-1に示すように厚さ20cmの埋土があり、深さ約6mまで軟弱なシルト質粘土層がある。表-1に示すように振動数と加振力を変化させて、37ケースの振動実験を行なった。地盤振動の測定方法は図-2に示すように、コンクリートブロック上に起振機を固定し、測点はブロック中央から40m地奥までは1m毎に40m、55に60m、80m地奥にそれぞれ各1箇所の公算用振動計を設置し、計42箇所の地盤振動の鉛直加速度を測定した。なお40mまでは奇数番目(1, 3, 5, …, 39m)と、偶数番目(2, 4, 6, …, 40m)を2回に分けて測定した。

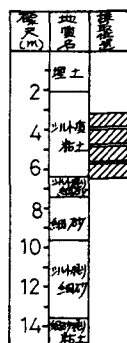


図-1 土層状況図

## 2.2 実験結果および考察

図-3は起振振動数を10 Hzとし、起振力を変化させた場合の距離減衰の一例であり、起振力が入るに程(基準長の加速度が大きくなる)距離減衰が小さくなる傾向が見られる。得られたデータを次式により近似し、距離減衰係数を計算した。

$$A = A_1 (r_1 / r)^n \exp\{-\alpha(r - r_1)\} \quad (1)$$

ここに A: 振動源より距離rの奥の加速度 n: 定数

A<sub>1</sub>: " r<sub>1</sub> " α: 距離減衰係数

観測されたデータは振幅速度、運動軌跡、地中分布等の奥からRayleigh波であると考えられるので、 $\alpha = 1/2$ とした。またαは一般に次のように表わされる。

$$\alpha = R \cdot \omega / U \quad (2)$$

R: 減衰比 U: 伝播速度 ω: 円振動数

さらに地盤振動のせん断係数は次のように表わされる。

$$\gamma = v / U \quad (3)$$

v: 変位の速度

これらの関係式より求めた5m地奥のγとα、U、vを示したものを表-1、また図-4、加振点

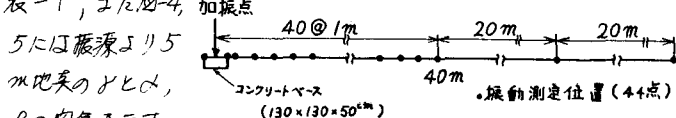


図-4, 5に示す 図-2 加振点及び振動測定位置

表-1 起振条件等

| frequency (Hz) | applied force (tonF) | r is not fixed (1/m) | r is fixed at 5m (1/m) | U (%) | shear strain at 5m (%) | r is not fixed at 5m (%) | h   |
|----------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------|------------------------|--------------------------|-----|
| 5              | 0.238                | 0.009                | 0.002                  | 98    | $3.54 \times 10^{-4}$  | 2.8                      | 0.6 |
|                | 0.187                | 0.007                | -0.006                 | "     | $2.76 \times 10^{-4}$  | 2.2                      | -   |
|                | 0.099                | -0.001               | -0.018                 | "     | $1.29 \times 10^{-4}$  | -                        | -   |
|                | 0.051                | -0.010               | -0.007                 | "     | $1.04 \times 10^{-4}$  | -                        | -   |
|                | 0.025                | -0.019               | -0.023                 | "     | $6.78 \times 10^{-5}$  | -                        | -   |
| 7.5            | 0.536                | 0.002                | -0.001                 | 80    | $9.30 \times 10^{-4}$  | 0.3                      | -   |
|                | 0.327                | 0.001                | -0.001                 | "     | $5.63 \times 10^{-4}$  | 0.2                      | -   |
|                | 0.114                | -0.008               | -0.001                 | "     | $2.02 \times 10^{-4}$  | -                        | -   |
|                | 0.057                | -0.018               | -0.007                 | "     | $1.17 \times 10^{-4}$  | -                        | -   |
|                | 0.023                | -0.018               | -0.021                 | "     | $5.32 \times 10^{-5}$  | -                        | -   |
| 10             | 0.953                | 0.012                | 0.011                  | 76    | $2.11 \times 10^{-3}$  | 1.5                      | 1.3 |
|                | 0.748                | 0.008                | 0.011                  | "     | $1.65 \times 10^{-3}$  | 1.0                      | 1.3 |
|                | 0.398                | 0.009                | 0.020                  | "     | $8.28 \times 10^{-4}$  | 1.1                      | 2.4 |
|                | 0.202                | 0.008                | 0.011                  | "     | $4.32 \times 10^{-4}$  | 1.0                      | 1.3 |
|                | 0.101                | 0.006                | 0.009                  | "     | $2.16 \times 10^{-4}$  | 0.7                      | 1.1 |
| 15             | 0.041                | 0.006                | 0.007                  | "     | $9.15 \times 10^{-5}$  | 0.7                      | 0.5 |
|                | 0.010                | -0.007               | -0.009                 | "     | $3.71 \times 10^{-5}$  | -                        | -   |
|                | 0.980                | 0.027                | 0.049                  | 84    | $3.03 \times 10^{-3}$  | 2.4                      | 4.4 |
|                | 0.677                | 0.022                | 0.044                  | "     | $1.95 \times 10^{-3}$  | 2.0                      | 3.9 |
|                | 0.454                | 0.022                | 0.046                  | "     | $1.25 \times 10^{-3}$  | 2.0                      | 4.1 |
| 20             | 0.274                | 0.023                | 0.050                  | "     | $7.19 \times 10^{-4}$  | 2.0                      | 4.5 |
|                | 0.183                | 0.025                | 0.049                  | "     | $4.71 \times 10^{-4}$  | 2.2                      | 4.4 |
|                | 0.046                | 0.019                | 0.042                  | "     | $1.28 \times 10^{-4}$  | 1.7                      | 3.7 |
|                | 2.330                | 0.035                | 0.026                  | 85    | $3.57 \times 10^{-3}$  | 2.3                      | 1.7 |
|                | 0.908                | 0.031                | 0.021                  | 84    | $1.70 \times 10^{-3}$  | 2.1                      | 2.1 |
| 30             | 0.647                | 0.030                | 0.031                  | "     | $1.31 \times 10^{-3}$  | 2.0                      | 2.1 |
|                | 0.486                | 0.032                | 0.031                  | "     | $9.85 \times 10^{-4}$  | 2.1                      | 2.1 |
|                | 0.324                | 0.030                | 0.032                  | "     | $6.66 \times 10^{-4}$  | 2.0                      | 2.1 |
|                | 0.162                | 0.028                | 0.035                  | "     | $3.31 \times 10^{-4}$  | 1.9                      | 2.3 |
|                | 0.081                | 0.031                | 0.035                  | "     | $1.90 \times 10^{-4}$  | 2.1                      | 2.3 |
|                | 0.041                | 0.030                | 0.036                  | 85    | $1.43 \times 10^{-4}$  | 2.0                      | 2.4 |
|                | 0.912                | 0.045                | 0.042                  | 92    | $9.76 \times 10^{-4}$  | 2.2                      | 2.0 |
|                | 0.700                | 0.048                | 0.039                  | "     | $6.60 \times 10^{-4}$  | 2.3                      | 1.9 |
|                | 0.548                | 0.047                | 0.031                  | "     | $4.59 \times 10^{-4}$  | 2.2                      | 1.5 |
|                | 0.365                | 0.046                | 0.030                  | "     | $2.72 \times 10^{-4}$  | 2.3                      | 1.2 |
|                | 0.183                | 0.048                | 0.024                  | "     | $1.67 \times 10^{-4}$  | 2.2                      | 1.1 |
|                | 0.091                | 0.046                | 0.022                  | "     | -                      | -                        | -   |

5m地先の歪が増加すると、 $\alpha$ は増大する傾向が見られる。従って加速度が大きい振動の方が、距離減衰が入さくなる原因として、土の減衰比の歪依存性を有していることが考えられる。なお、各振動レベルについては、10Hzの時の $\alpha$ が最も小さくなっている。

2.3 生振法土質試験

生振り試験機を用いて、現場振動実験を行った地盤の不規則粘性土の減衰比 $\alpha$ を測定した。試料は図-1に示す採取位置のシルト質粘土である。試料に載荷する拘束圧はすべての試料で零とし、 $\alpha$ が $10^{-6} \sim 10^{-4}$ の範囲の $\alpha$ を、自由振動記録より求めた。

2.4 実験結果

図-6に実験より得られた減衰比 $\alpha$ と、せん断歪 $\gamma$ の関係を示す。図-6より $\alpha$ が $10^{-6} \sim 10^{-4}$ の範囲では、 $\gamma$ の増加に伴って $\alpha$ が増加する傾向が見られる。ここで得られたデータは拘束圧が零の条件下のものであり、また歪のレベルについても、振動実験におけるRayleigh波が伝播する地表面の状態で対応している。従って図-5, 6と比較すると、加速度の大きい振動の方が、距離減衰が大きい原因が土の減衰比の歪依存性にあることが室内実験の結果からも裏付けられたことになる。また土の減衰比は拘束圧の影響を受けやすく、拘束圧が大きくなると $\alpha$ の値は減少し、歪の増加に伴う $\alpha$ の増加も小さくなる。なお、図-5と図-6の $\alpha$ の絶対値はあまり一致してはいないが、この原因としては拘束圧の影響が最も大きいと考えられる。

(参考文献) 1) 佐々木康他, "地盤振動の距離減衰に関する調査" 第14回土木工学研究発表会, 1979

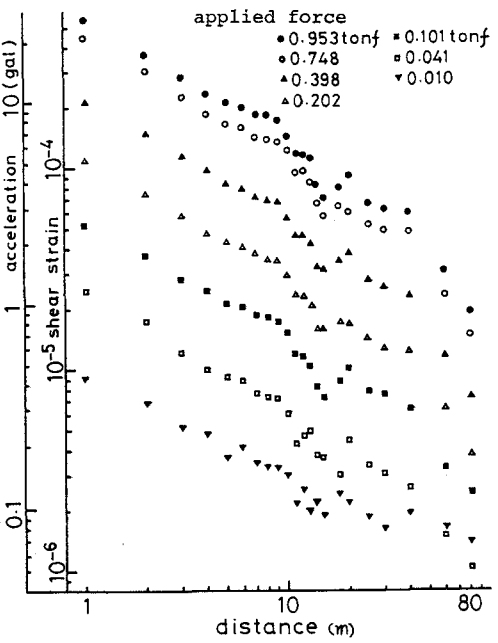


図-3 距離減衰 (10Hz)

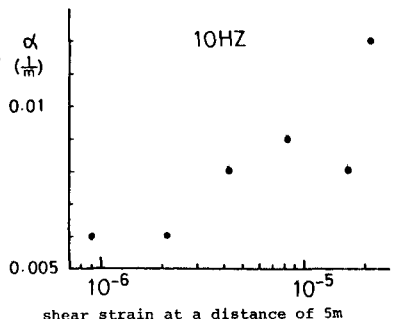


図-4 せん断歪と距離減衰係数の関係

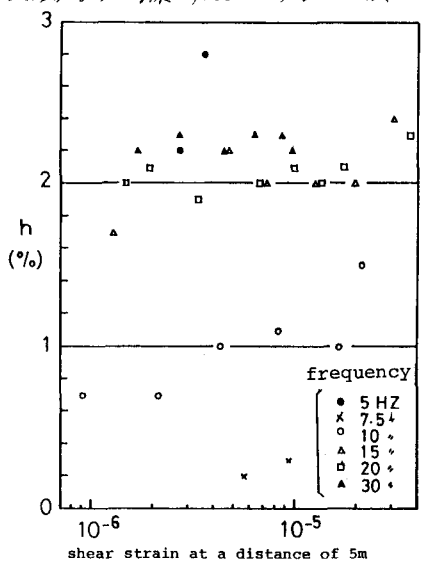


図-5 せん断歪と減衰比 $\alpha$ の関係 (現場振動実験)

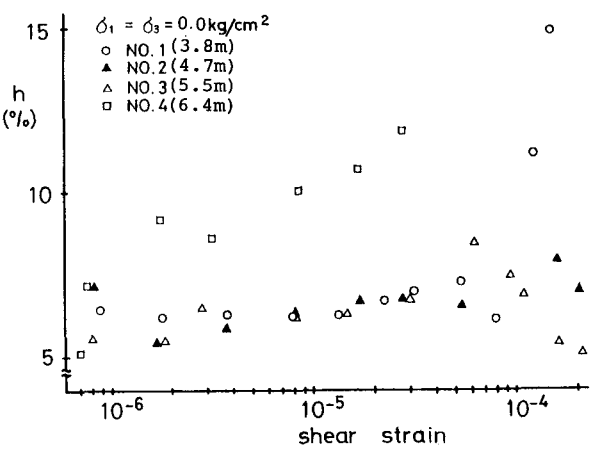


図-6 せん断歪と減衰比 $\alpha$ の関係 (生振法)