

粘性土中の波動伝播特性について

京都大学工学部 正 員 赤 井 浩 一
 京都大学大学院 学生員 岡 三 生
 京都大学大学院 学生員 〇米 田 治

1. まえがき

交通荷重や地震などの動的荷重が載荷したときの、土の動的挙動を明らかにするために、土の動的構成式を確立することが必要である。そのために筆者らは、衝撃波管を用いて、応力波伝播実験を行ってきた。本報告は、実験で得られたパルス波形をフーリエ変換することにより、粘性土の周波数依存性について検討したものである。

2. 実験方法

衝撃三軸装置に、径7.5cm、長さ120cmの供試体をセットして実験を行った。粘土試料は、乾燥深草粘土に十分な水で境はんし、約2kg/cm²の空気圧で、約2ヶ月圧密した飽和粘土である。この試料の物理定数を表-1に示す。また、間げき比は0.86~0.96であり、先行圧密荷重は0.83kg/cm²であった。供試体は、粘土試料を径7.5cmのシンワールサンプラーで抜き出し、長さ30cmのものに4本締結した。今回は、4個の土圧計を供試体内に埋め込み、間げき水圧計と4つのひずみ計(プロキシメーター)をセットした。側圧は、空気圧で1.0~3.0kg/cm²、バックアプレッシャーは0.5kg/cm²で、0.5~2.5kg/cm²の圧密圧力を得た。実験結果は圧密圧力をパラメーターとして整理した。実験における波動記録は多くの周波数成分を含んでいるため、フーリエ変換によって定常調和波の重ね合わせにおきかえた。波動方程式が線形¹⁾のとき、その解は調和解の重ね合わせで表現できる。調和解は式で表される。

$$u = A \exp\{i[\omega t + (\phi + i\alpha)]\}$$

ここで u は変位、 ω は角振動数、 A は振幅、 ϕ は波数、 α は減衰係数である。 u をフーリエ積分すると、

$$U(\omega) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t) \exp(-i\omega t) dt = A \exp(-\alpha x + \frac{i\omega x}{C})$$

ここで T は波の周期、 $C (= \omega/\phi)$ は位相速度である。フーリエ変換の絶対値は、フーリエスペクトルと称される。また、2点でのフーリエスペクトルの比より、次式で表される減衰係数 α_f が求められる。

specific gravity	2.67
L L.	57.5 ~ 60.5 %
P L.	25.5 ~ 26.5 %
P I	31.0 ~ 35.0
uniformity coefficient	2.8.13
water content	38.35 ~ 39.28 %
bulk density	1.78 ~ 1.87

表-1.

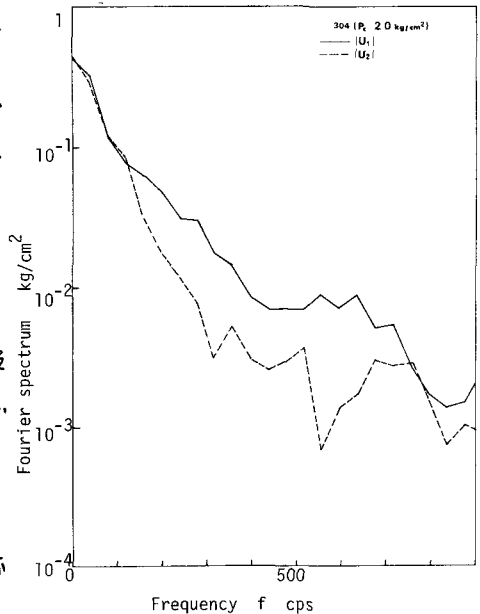


図-1

$$\alpha_f = -\frac{1}{R} \ln \left| \frac{U_2(i\omega)}{U_1(i\omega)} \right|$$

ここで R は 2 点間の距離である。応力波形は 0.4 msec ごとに 64 点を読んだので、 $T=25.2$ msec であった。フーリエ変換は、高速フーリエ変換を利用して行った。

3. 実験結果および考察

フーリエ解析の計算結果を加えて、若干の考察をする。

フーリエスペクトル 図-1 にフーリエスペクトルを示す。スペクトルは、振動数 f の増加とともに急激に減少する。これより、我の支配的振動数領域は $f=0 \sim 200$ cps と思われる。また、拘束圧が上がると、支配的振動数領域が広がる傾向がある。

減衰係数 図-2 に減衰係数 α_f を示す。減衰係数は振動数の増加とともに増加し、 $f=200 \sim 400$ cps でピークをもつ。また、拘束圧が上がると、減衰係数は減少すると思われる。計算において用いた 2 点間(約 30 cm)の波形のピーク応力は、ほとんど等しいものであった。実験における減衰係数の幾何学的分散効果の影響については、今後定量的に評価する必要がある。

波速 図-3 に位相速度 C を示す。縦軸は C/C_0 で整理してある。ここで、 $C_0 (= \sqrt{E/\rho})$ は波面の波速である。 $f=300 \sim 350$ cps 以下の振動数では、位相速度は波面の波速以下であり、それ以上の振動数では、波面の波速より大きくなる。また、拘束圧の増加にともない、波面の波速以下となる振動数は高くなる傾向がある。一方、平均波速は、拘束圧と

$$C_r = m P_c^n \quad (m=220 \text{ m/sec}, n=0.25)$$

なる関係がある。一般に、瞬間弾性を持つ線形粘弾性体では、位相速度は、振動数の増加にしたがい波面の波速 C_0 に漸近するが、 C_0 をこえることはない。この事実は、粘性土のもつ弾性的性質が、Voigt 型の遅延弾性的なものであることを示すものであるといえよう。

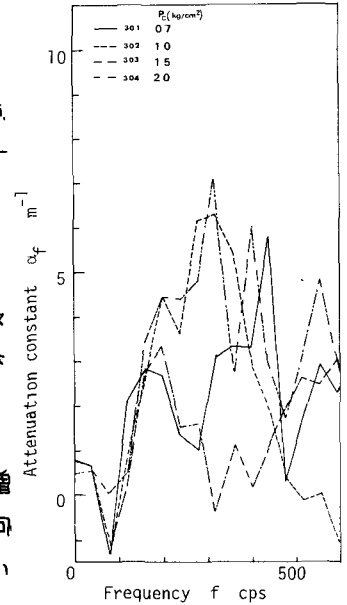


図-2

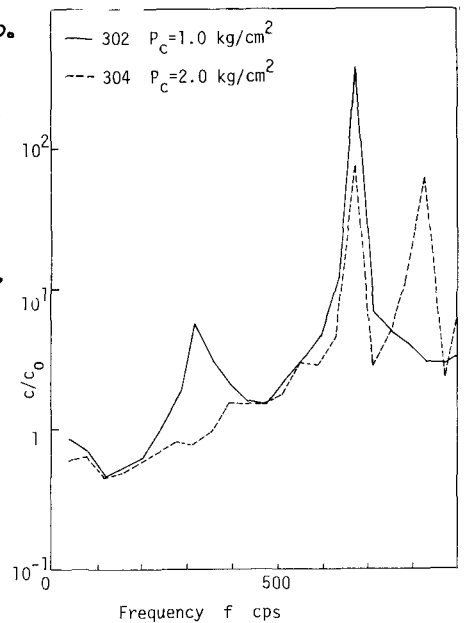


図-3

参考文献

- 1) Collins, F. and C. C. Lee: Seismic Wave Attenuation from Pulse Experiments, Geophysics, Vol. 21, No. 1, Jan., 1956, pp. 16~40.
- 2) 赤井, 堀, 岡: SHOCK TUBE による土中の波動伝播に関する研究; 第9回土質工學研究発表会講演集, 1974, pp. 403~406.