

舞鶴工業高等専門学校 正員 ○高谷 富也
 鹿 島 建 設 正員 網野 秀生
 神戸大学工学部 正員 北村 泰寿

1. まえがき

地盤は流体と接している場合が多く、地盤と流体の相互作用は大きな問題の一つである。この種の問題を境界要素法解析するための基本解を、本学会支部の年講¹⁾に発表した。本研究は、地盤-流体系への前報の解の適用例として、溝による振動遮断問題を取り上げたものである。本報では、溝の位置、地盤の透水係数をパラメータとして、流体の有無が溝の遮断効果に及ぼす影響に注目した。

2. 解析方法

本研究では、二次元半無限多孔質飽和弾性体に対する基本解を境界要素法に適用して、図-1に示すように深さおよび幅がそれぞれ $H_t=3.0\text{ m}$ 、 $D_t=1.0\text{ m}$ の溝による振動遮断問題の解析を行う。流体で満たされた溝のモデルについては、多孔質飽和弾性体と流体の境界において、以下に示す表面力と水圧に関する関係が成り立つものとして、多孔質飽和弾性体-流体系の境界要素法を適用する。

- 1) 多孔質飽和弾性体の表面力の法線方向成分と流体の水圧が釣り合う。
- 2) 流体が非粘性であることより、多孔質飽和弾性体の表面力の接線方向成分が零となる。
- 3) 多孔質飽和弾性体での水圧と流体の水圧は等しい。
- 4) 単位時間当たりの境界での流体の移動量は連続である。

なお、式展開に関する詳細は文献2)に譲る。

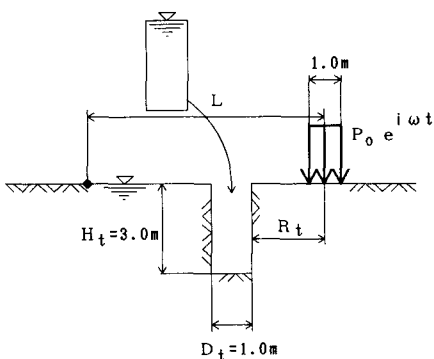


図-1 解析モデル

3. 数値計算結果とその考察

本研究での多孔質飽和弾性地盤における諸弾性定数および密度等については以下に示す値を用いる。

$G=8.0 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, $\nu=0.25$ (ポアソン比), $\nu_u=0.48$ (非透水状態でのポアソン比),
 $B=0.94$ (スケンプトン係数), $\phi=0.375$ (間隙率), $\rho_s=2,600 \text{ kg/m}^3$ (土粒子の密度),
 $\rho_f=1,000 \text{ kg/m}^3$ (間隙流体の密度), $\rho_a=150 \text{ kg/m}^3$ (質量連成係数), $P_0=1.0 \times 10^4 \text{ N/m}$ (加振力)

ここで、多孔質飽和弾性体の密度 ρ は土粒子の密度 ρ_s および間隙流体の密度 ρ_f との間には次式の関係がある。

$$\rho = (1-\phi) \rho_s + \phi \rho_f \quad \dots\dots (1)$$

また、液体の粘性による減衰係数 $\kappa (=k_0/\rho_f g, g: \text{重力加速度})$ は、加振振動数に依存しない形とする。地盤の透水係数 k_0 としては、 1.0×10^{-1} , 1.0×10^{-3} , $1.0 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ の値を用いる。

図-1に示すように、鉛直加振による鉛直変位を取り扱う。ここでは、次式に示す振動遮断効果を表わす「減衰率」を定義して、溝が振源近傍 ($R_t=2.5\text{ m}$) にある場合および受振点近傍 ($R_t=15.5\text{ m}$) にある場合の2つのケースについて振動遮断効果を調べる。

$$\text{減衰率} = \{ \text{溝がある場合の振幅} \} / \{ \text{溝が無い場合の振幅 (半無限多孔質飽和地盤)} \} \quad \dots\dots (2)$$

図-2～4は、地盤の透水係数がそれぞれのとき、振源からの空溝の位置が減衰率に及ぼす影響を図示し

たものである。また、振源から受振点までの距離 L は18.5, 21.5, 25.0m の3つの場合とし、加振振動数は5~50Hzとしている。これらの図より、いずれの透水係数においても、空溝が受振点近傍に位置する方が減衰効果が多少大きくなっており、振源近傍の場合に比べて高い振動遮断効果が得られることがわかる。空溝の効果については、深さが波長の約 $1/4$ のとき、振幅が $1/2$ になることは通説である。いま、骨格の物理定数をもつ弾性体を考えると、せん断波速度は約175m/secとなる。ここでは、溝の深さが3.0mであるから、これがせん断波の波長の $1/4$ になる振動数は、 $f \approx 15\text{Hz}$ となる。これから判断して、空溝が振源近傍に位置する場合、透水係数が小さくなるとともに遮断効果が低くなる傾向にあると言える。

図-5~7は、溝が水で満たされた場合について、溝の位置が減衰率に及ぼす影響を調べたものである。透水係数が小さくなるとともに、低い振動数において減衰率が1を大きく上回っている。この振動数領域は振動遮断効果を期待する範囲外であるため、とくに問題とはならない。しかし、これらの現象は地盤と流体の相互作用によるものと考えられ、遮断特性を波動論的に考察するためには、今後の検討課題であろう。また、溝が流体で満たされる場合、約20Hzより高い振動数では、溝の位置に関わらず空溝の場合に比べて高い振動遮断効果が得られていることは興味ある現象である。

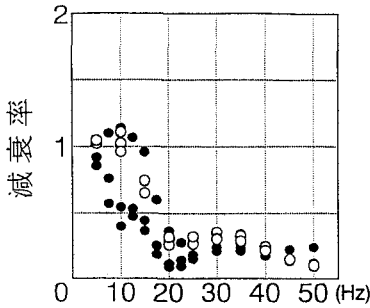


図-2 空溝による遮断効果
($k_0=1.0 \times 10^{-1} \text{ m/sec}$)

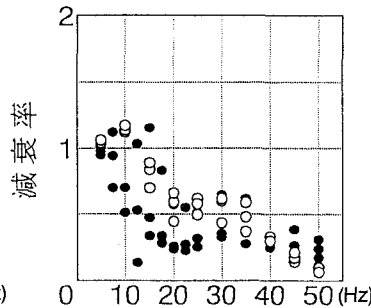


図-3 空溝による遮断効果
($k_0=1.0 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$)

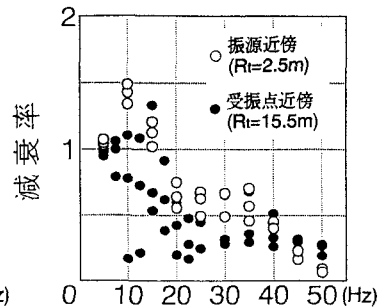


図-4 空溝による遮断効果
($k_0=1.0 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$)

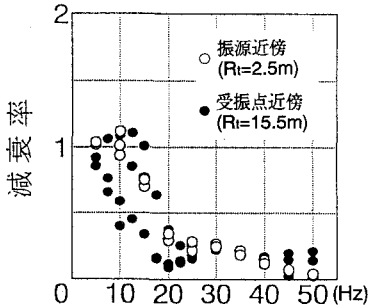


図-5 流体で満たされた溝による遮断効果
($k_0=1.0 \times 10^{-1} \text{ m/sec}$)

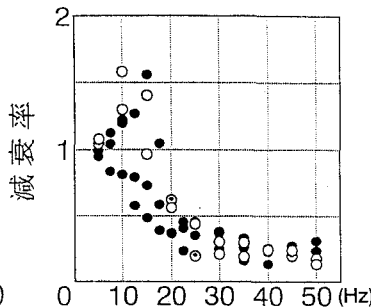


図-6 流体で満たされた溝による遮断効果
($k_0=1.0 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$)

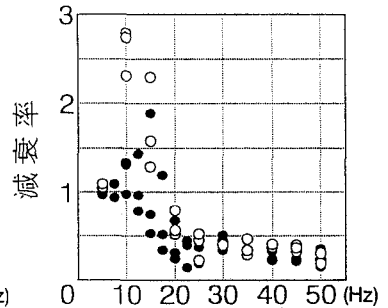


図-7 流体で満たされた溝による遮断効果
($k_0=1.0 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$)

4. あとがき

本研究では、多孔質飽和弾性体-流体系の例として、流体で満たされる溝の振動遮断問題を取り上げ、遮断効果について若干の検討を行った。今後は、海洋構造物やダムのような構造物の動的解析への本研究の内容を拡張して行きたいと考えている。

参考文献

- 1) 網野秀生・浅井 聡・北村泰寿：境界要素法への適用のための2次元半無限多孔質飽和弾性体の基本解の誘導、平成5年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集、1-78、1993。
- 2) 網野秀生：境界要素法を用いた多孔質飽和弾性地盤-流体系の動的解析、神戸大学大学院工学研究科修士論文、1993。