

神戸大学大学院 学○浅貝 弘二
神戸大学工学部 正 北村 泰寿

1. まえがき

近接加振源からの波動入射を受ける地表面の矩形剛構造物と地盤の動的相互作用を取り扱った一連の研究では、地盤を半無限弾性体にモデル化している。本研究では、地盤部分に薄層要素法を適用して、地盤の多層性が構造物およびその周辺地表面の振動特性に及ぼす影響を及ぼすか調べたものである。

2. 解析概要

図-1 に示す解析モデルにおいて、点加振力によって発生する波動が地表面の矩形剛構造物に入射する場合を考える。受振点の変位 $\{u\}$ は、構造物が存在しない自由波動場の変位 $\{u^i\}$ と構造物の振動によって生じる散乱波動場の変位 $\{u^s\}$ の和として得られる。いま、文献1)の提案に基づいて、 $\{u^s\}$ を変位 $\{u^D\}$ と $\{u^R\}$ に分けるとき ($\{u^s\}=\{u^D\}+\{u^R\}$)、これらの変位は次式の条件を満たすものとする。

$$\{u^i\}_s + \{u^D\}_s = 0, \quad \{u^R\}_s = \{u^R\}$$

ここに、下添字 S は構造物と地盤の接触面 ($c \times b$)、 $\{u^R\}$ は構造物の応答変位である。このとき、構造物底面の複素剛性マトリックス $[K]$ を介して、構造物の運動方程式が次式のように得られる。

$$[M]\{\ddot{U}^R\} + [K]\{U^R\} = -[K]\{u^D\}_s$$

ここに、 $[M]$ は構造物の質量マトリックス、右辺はドライビングフォースである。

散乱波動場において、 $[K](\{U^R\} + \{u^D\}_s)$ を合力とする構造物底面の接触圧を境界条件として、応力境界値問題を解けば受振点の変位 $\{u^s\}$ が求まる。なお、構造物底面の複素剛性が必要となるが、ここでは文献2)の数値解法を利用した。地盤部分については、図-2 に示すように薄層要素に分割して、地盤の多層性を取り込めるようにした。また、半無限地盤を模擬するため、最下層の境界には粘性境界を設けた。薄層要素法に関する詳細は文献3)に譲る。

3. 計算結果と考察

地盤条件以外の計算条件は、構造物は立方体 ($c = b = h = 5 \text{ m}$) で、単位体積重量は $\gamma = 2.0 \text{ tf/m}^3$ とする。加振源は $P = 1.0 \text{ tf}$ の鉛直点加振力とし、加振点から構造物底面の中心点までの距離は 7.5 m とする。計算結果については、構造物および構造物後面から後方 7.5 m 地点の変位の周波数応答を示す。

計算例1は2層地盤で、表層、下層ともに $\nu = 1/3$ 、 $\gamma = 2.0 \text{ tf/m}^3$ とし、表層厚を $h = 12.5 \text{ m}$ とする。結果は、表層の横波速度を $V_s = 200 \text{ m/s}$ とし、せん断弾性係数比 (μ) をパラメータとして示す。計算例2の地盤条件は、図-3 のような地層構成とし、他の地盤定数 (ν 、 γ 等) については講演時

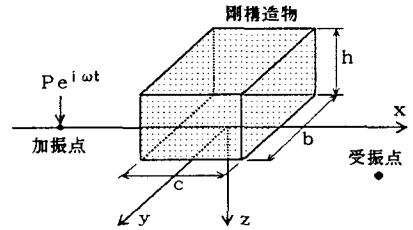


図-1 解析モデルと座標系

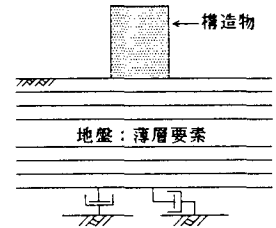


図-2 薄層地盤モデル

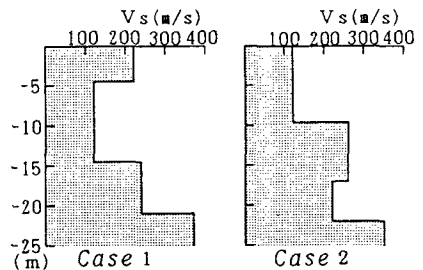


図-3 多層地盤モデル

に示す。なお、図-3の地盤モデルは、わが国の代表的な都市地盤とされるものから、表層が剛な層と軟弱な層を形成するものを選んだ。

図-4、5は計算例1に対する結果である。図-4より、水平変位のピークは、半無限地盤の場合にもピークが生じていることから、構造物系の共振と考えられる。一方、鉛直変位のピークは地盤の層状性の影響によるものと考えられる。これは、図-5に示す自由波動場の周波数応答からもわかる。この自由波動場の振動に、構造物の振動を発振源とする散乱波動場の振動が重なって全体波動場の応答が形成されていることから、図-5の応答特性に及ぼす地盤の多層性の影響が把握できる。なお、20Hz程度では構造物の応答に生じる入力損失効果の影響は現れていない。

図-6、7は計算例2に対する結果である。図-6より、構造物のピーク振動数は、Case1とCase2で逆の表れ方となっている。Case2の場合、鉛直変位のピーク振動数と水平変位のその関係は図-4と類似のものとなっているが、Case1のそれには中間の軟弱層が関与しているものと考えられ、今後の検討を要する。一方、図-7の地盤の応答については、自由波動場の応答と全体波動場の応答の関係に対する図-5と同様の考察から、地盤の多層性の影響が大きいことが理解できる。

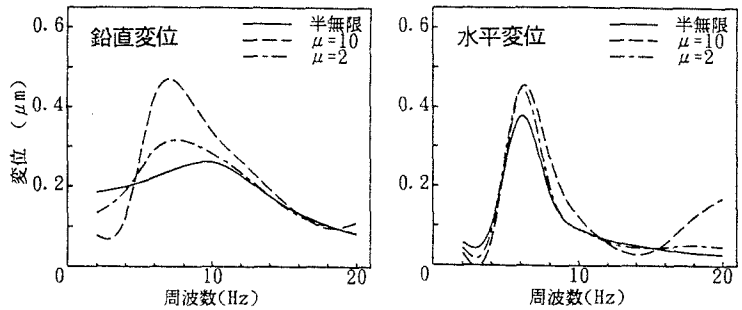


図-4 構造物の応答 (計算例1)

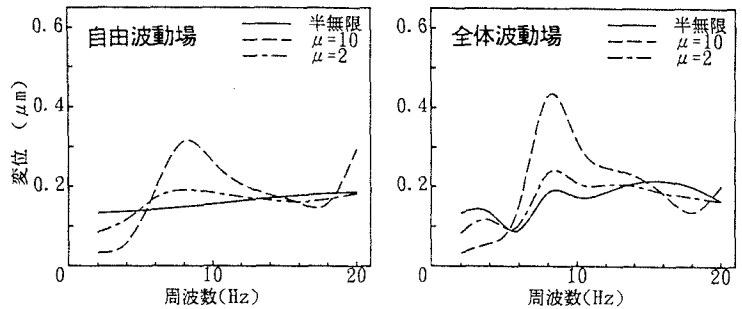


図-5 地盤の鉛直応答 (計算例1)

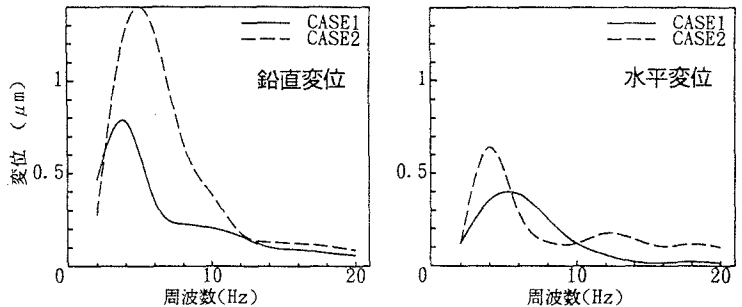


図-6 構造物の応答 (計算例2)

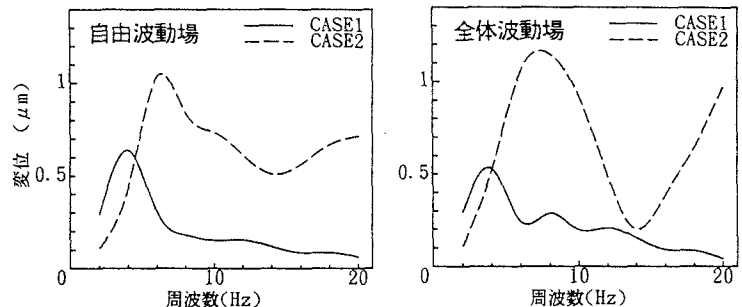


図-7 地盤の鉛直応答 (計算例2)

- 文献 1)Thau: J. Appl. Mech., Vol. 34, ASME, 1967. 2)北村・桜井: 土木学会論文集, 第290号, 1979.
3)北村・衣川: 建設工学研究所報告, 第28号, 1986.