

移動点加振源からの波動入射を受ける双設構造物周辺の地表面振動

神戸大学大学院 学生員 ○ 上坂 宜亮 神戸大学工学部 正会員 北村 泰寿
 静岡県 正会員 山本 和宏 神戸大学大学院 学生員 大国 晃之

1. はじめに

道路交通による建物周辺の地盤振動をシミュレーションする場合、既往の研究では加振源は固定されており、加振源が移動することによって生じる影響は考慮されていない。本研究では、数値シミュレーションによって、構造物近傍を移動する点加振源によって引き起こされる構造物周辺の地表面振動の時間応答を調べる。文献 1) に単独構造物の場合を報告しており、本報は同文献を双設構造物の場合に拡張したものである。

2. シミュレーションの概要

三次元半無限弾性体において、図-1 に示すように x - y 平面を地表面、 z 軸を深さ方向にとる。円振動数 p 、振幅 Q の調和振動荷重が一定速度 V で x 軸の正方向に移動する。シミュレーションを簡単にするため、双設構造物は地表面に存在し、同一サイズの立方体で剛体とする。また、加振源の走行路(x 軸)から等距離の位置に配置する。

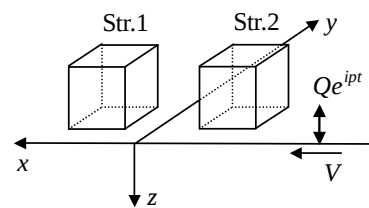


図-1 構造物 - 地盤系モデル

時刻 $t=0$ における加振源の位置を原点とする x 、 y 座標系において、移動点加振源に対する鉛直変位解を次式のような形で表す。

$$w(x, y, 0, t) = \sum_{n=-N}^N I_w e^{i\omega_n t} \Delta\omega \quad (1)$$

ここに、 ω_n は ω の離散値、 $\Delta\omega$ は T を有限な解析時間長とすれば、 $\Delta\omega = 2\pi/T$ で与えられ、 N は設定した周波数範囲を $\Delta\omega$ で分割した個数である。上式の I_w が周波数領域 (ω_n) における変位解を与えるが、詳細は紙面の都合上文献 1) に譲る。また、水平変位も同形で表すが、詳細は省略する。

つぎに、周波数領域 (ω_n) における構造物と地盤との動的相互作用解析には、全体波動場を自由波動場と散乱波動場に分ける手法を適用する。詳細は文献 2) に譲るが、散乱波動場における構造物の運動方程式は次式のように与えられる。

$$[M]\{\ddot{U}_o\} + [K]\{U_o\} + \{Q^p\} = 0 \quad (2)$$

ここに、 $[M]$ は構造物の質量と回転質量で構成される質量マトリックス、 $\{U_o\}$ は構造物底面中央点の変位で構成される変位ベクトル、 $[K]$ は構造物底面の複素剛性で構成される剛性マトリックスである。また、 $\{Q^p\}$ はドライビングフォースと呼ばれる。上式の複素剛性およびドライビングフォースを求めなければならないが、これは構造物底面の接触圧を未知量とする積分方程式を解く問題となる。この積分方程式は解析的に解くことができないため、本研究では文献 3) のグリーン関数の離散化手法に基づく数値シミュレーション法を利用している。

3. 計算結果とその考察

図-1 の構造物 1 (Str.1) と構造物 2 (Str.2) の間に設けた測線 (y 軸) 上の測点において、加振源の移動が鉛直変位に及ぼす影響を調べる。加振源の走行路 (x 軸) と測線 (y 軸) の交点を原点として、構造物 1 および構造物 2 をそれぞれの底面中央点の座標が $(7\text{m}, 15\text{m})$ 、 $(-8\text{m}, 15\text{m})$ となるように配置する。両構造物は $10\text{m} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$ の剛体、密度は地盤、構造物ともに 18kN/m^3 、地盤のせん断波速度は $V_s = 200\text{m/s}$ 、加振源の移動速度は 60km/h とする。また、解析時間長を有限としているため、地盤に若干の減衰 (10Hz で 1%) を付与して領域外からの波動の影響を減じる。

キーワード 移動加振、調和振動、動的相互作用、地盤振動、数値解析、弾性波動

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部建設学科 TEL 078-803-6024

図-2, 3 は, 構造物間に設けた測線 (y 軸) の 3 測点 ($y=10\text{m}$, 20m , 30m) における鉛直変位の時間応答を示したものである. 参考のため, 同図には構造物が存在しない自由地盤の場合と構造物 1 (Str.1) のみが存在する場合の応答も示した. なお, 時刻 $t=0$ のとき, 加振源は測線に最接近している.

加振源から 10m 地点を見通す線上には構造物は入らないが, 20m , 30m 地点の場合, 構造物によって振動の伝播経路が遮断されている. 10m 地点の応答には, 構造物の有無による顕著な差異は見られない. 一方, 20m 地点の応答は顕著な差異を示しており, 構造物 1 のみの場合は, 車両が遠ざかる側で小さくなる傾向を示し, 双設構造物の 10Hz では時刻 $t=0$ 付近で極端に小さくなっている. 双設構造物の相互作用効果と推察される. また, 30m 地点の応答はレベル自体が小さく大差ないように見受けられるが, 20m 地点の応答に近い現象が窺われる.

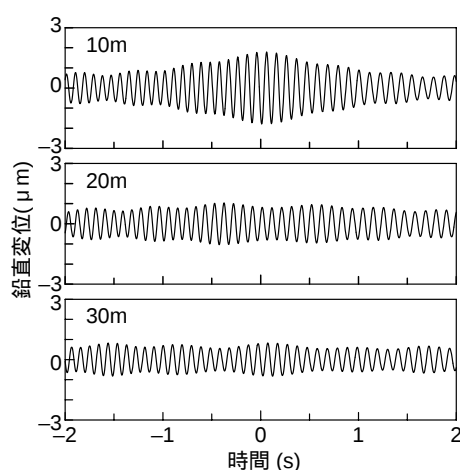
4. おわりに

本研究では, 点加振源が構造物の近傍を通過するとき, 構造物横の測線における地表面振動が構造物の存在によって時間的にどのような変化を示すか調べた. 構造物存在の影響を的確に把握するためには, 波動場全体の挙動を時間的な経過の中で調べる必要がある. また, 本研究を多層地盤上に複数の構造物が存在する場合に拡張し, 構造物間の連成振動が周辺地盤振動に及ぼす影響を時間的な経過の中で把握したい.

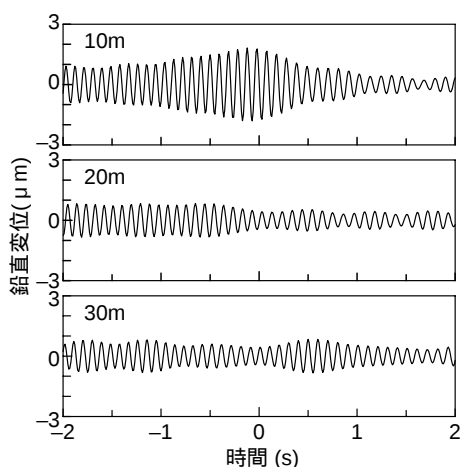
文献 1) 北村・山本: 地盤環境振動の予測と対策の新技术に関するシンポジウム, 地盤工学会, 2004.

2) 北村: 土木学会論文集, No.386/I-8, pp.369-375, 1987.

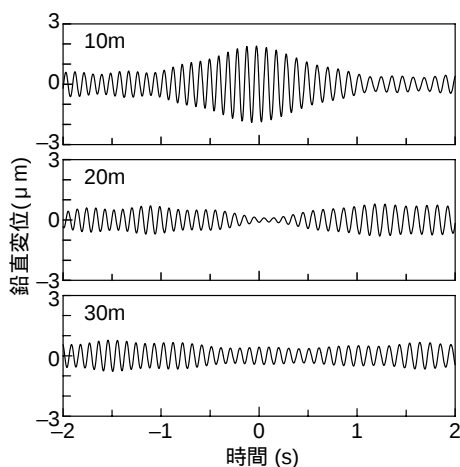
3) 北村・櫻井: 土木学会論文報告集, No.290, pp.43-52, 1979.



(a) 構造物無し

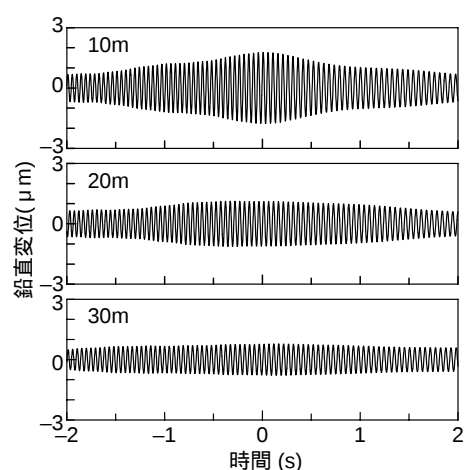


(b) 構造物 1 のみあり

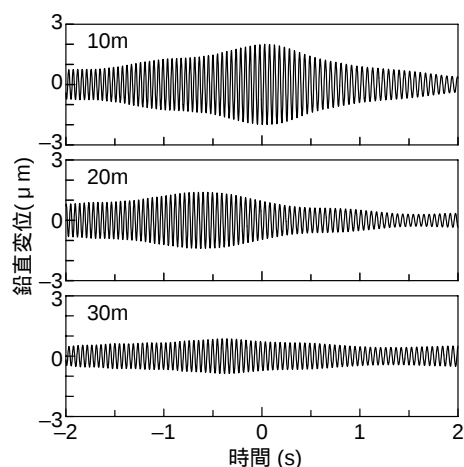


(c) 双設構造物在り

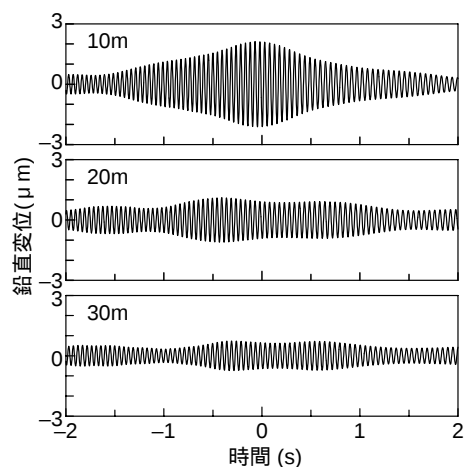
図-2 鉛直変位波形 (10Hz のとき)



(a) 構造物無し



(b) 構造物 1 のみあり



(c) 双設構造物在り

図-3 鉛直変位波形 (20Hz のとき)