

成層地盤の伝播特性に基づく地盤振動制御 (WIB 工法原理)

E&D テクノデザイン(株) フェロー会員 ○竹宮宏和

1. 目的

本論文は、地表面の動的外荷重による成層地盤の振動発生と伝播性状に注目したものである。成層地盤内の周波数に依存する分散性波動は、固有周波数で共振特性呈し、またそれ以下で遮断周波数が存在する。原地盤の振動性状の改善が求められる振動対策への応用として、筆者は、この特異現象を応用するため、地盤改良による WIB 工法を開発している。版状の見出し基盤をつくり、あるいは地盤内に中間改良層を設けて伝播ゾーンの高周波数化を図り、振動波の“伝播の場”を“非伝播の場”へ変える。以下、薄層要素法を適用したシミュレーション結果を参照して説明する。

2. 地盤改良による振動伝播場から非伝播場への制御

図 1(a)の原地盤(層地盤)に対して、改良地盤として同図(b)の地盤改良工による嵩上げと、同図(c)の中間改良のモデルをとる。これらの改良地盤の波動解析を3次元薄層要素法でシミュレーションする。

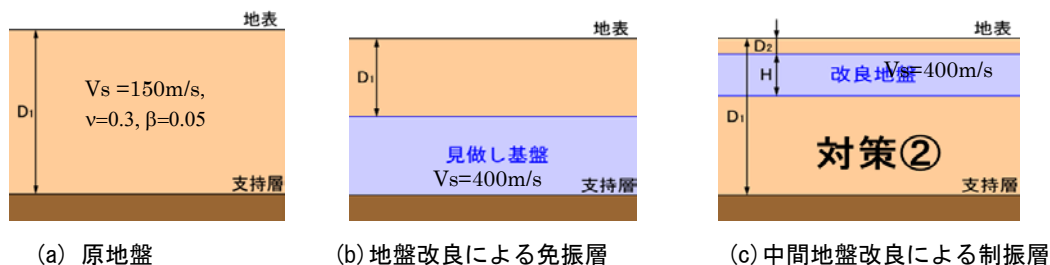


図1 解析対象地盤層

対策前の地盤層の伝播特性を周波数と波数の関係(位相特性)で求めると、図 2(a)のようになり、振動波の伝播する範囲が特定できる。動的外力に対して計測からの卓越振動数を参照にして目標遮断周波数域を設定する。

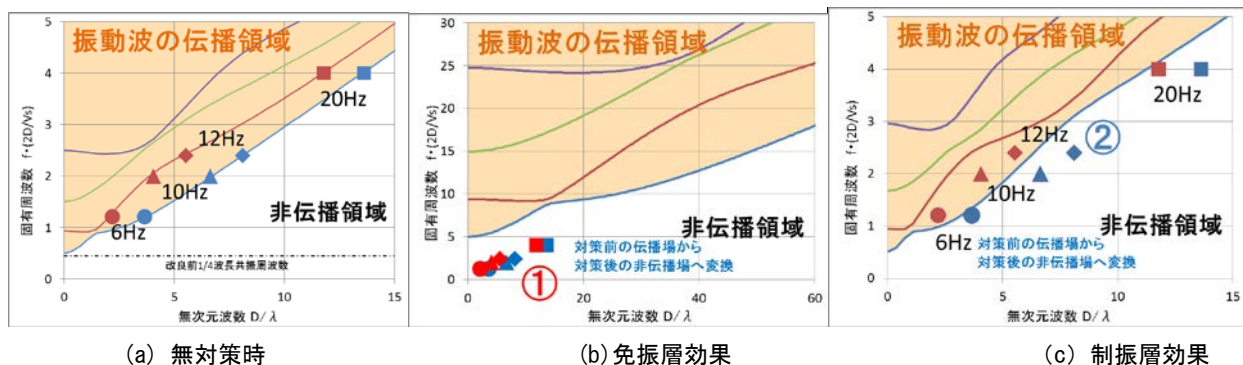


図2 振動波の伝播/非伝播性状

振動波の分散性： 対策法 ①で見出し基盤の創出による免振機能の効果を説明すると、浅い層厚状態では、伝播ゾーンから非伝播ゾーンへの状態転換(図2の①の状態)が見られる。しかし施工上、改良厚さが限られることが多く、深い軟弱地盤では現実には施工が不可能となり、一般には図1(c)の中間改良層の状況になる。改良地盤効果を調べるために、表面加振入力(の周波数を特定したときの振動状態を、1次モードのときは青シンボル、2次モードのときは赤シンボル、図2中に示した。共振特性線の高周波数域へのシフトになり、目標遮断周波数は、伝播ゾーンから非伝播ゾーンに状態変化となる。目標遮断周波数が表面波の2次モード近傍にあるときは、特性線から乖離し振動波は伝播しにくくなる。これらの性状変化を、加振解において確認をする。

キーワード 成層地盤, 分散性波動, 地盤免振, 制振機構, 振動制御

連絡先 〒160-0004 岡山市北区芳賀 5303 ORIC 109 (株)E&D テクノデザイン TEL 086-286-8519

免振機構： 成層地盤の共振時の増幅特性を評価するために、加振力に対する地表面応答加速度のアクセランス図 3 を半無限体の応答で正規化し図 4 に示した。加振周波数の正規化には、元的地盤の 1 次固有周波数 f_0 を採った。基盤層の嵩上げに従って、共振周波数が高周波数域へ移るため、目標減振周波数域が遮断域となる。

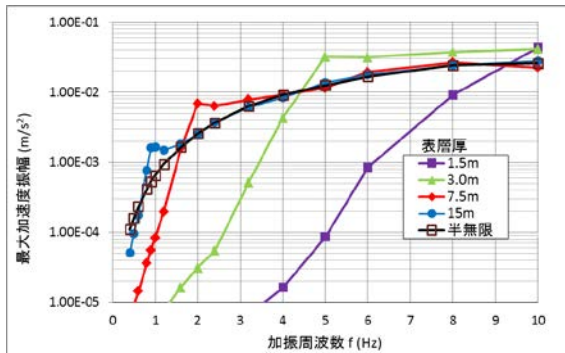


図 3 成層地盤 vs. 半無限地盤の定常加振解

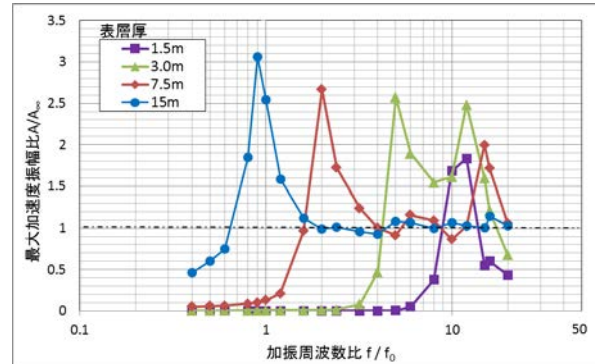


図 4 層厚/波長による定常加振解

制振機構： 深い軟弱層の中間改良では、加振周波数が 1 次共振よりも低い場合 ($f/f_0 < 1$) と、それより高い場合 ($f/f_0 > 1$) に分けて扱う。前者では、図 5 を参照して、改良深さに従って加振周波数が免振域に入り、応答低減がなされている。一方、後者では、1、2 次固有モードの固有周波数が上がり、応答低減域が特定される。

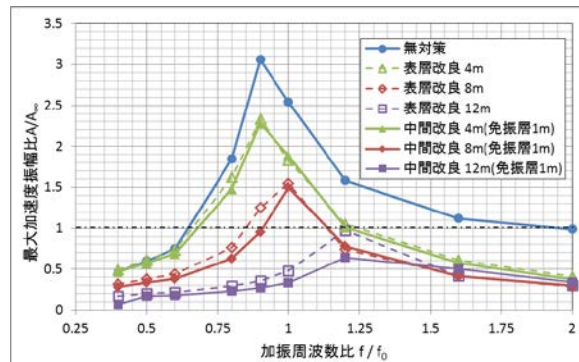
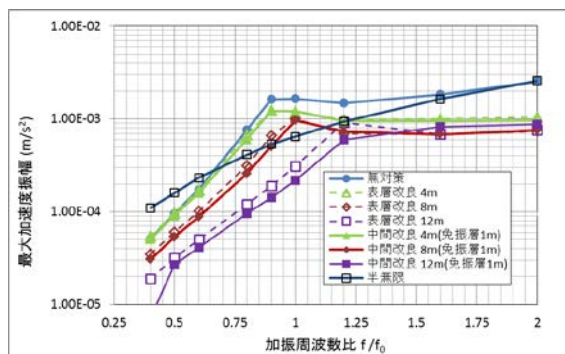


図 5 $f/f_0 < 1$ の低周波数域を注目したアクセランスと応答倍率、移動加振解

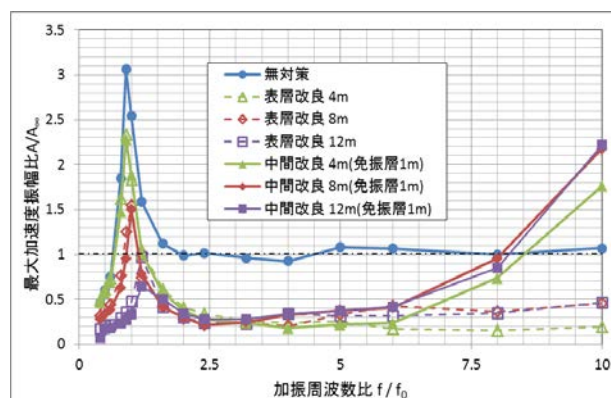
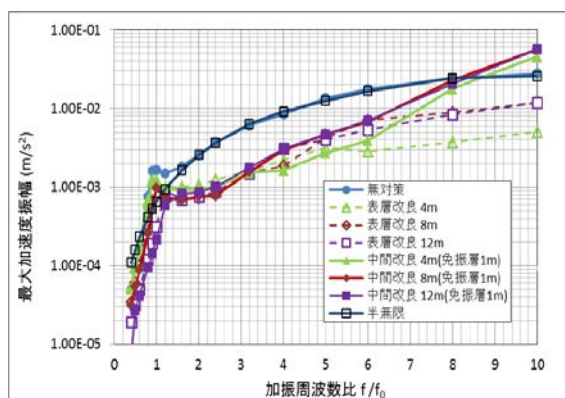


図 6 $f/f_0 > 1$ の高周波数域を注目したアクセランスと応答倍率、移動加振解

以上の減振原理の応用として、著者は WIB 工法を開発している。その最近事例を文献 1, 2 に示した。減振効果は、10dB 超になる。

3. むすび

- ① 嵩上げ改良の場合、表面波の 1 次モード周波数比 f/f_0 によって、振動波の免振効果を受ける。
 - ② 中間改良層の場合は、表面波の高次固有周波数が関係する周波数比 f/f_1^* によって制振効果を受ける。
- 改良地盤の減振効果は、免振層と制振層の総合されたものとなる。

参考文献 1) 竹宮、環境振動の地盤対策工の性能設計と実例、日本音響学会招待講演論文 2017

2) 竹宮他、道路交通振動の WIB 工法による対策事例土木学会論文集、Vol. 43, No. 2, 2017