

VII-265

薬液注入による地盤振動特性の変化

J R 東海 正会員 齋藤 一 J R 東海 正会員 関 雅樹
J R 東海 正会員 青柳 幸穂 中央開発 正会員 徳丸 哲義

1. はじめに

環境鉄道振動の研究においては地盤振動の周波数特性を把握する必要がある。具体的には、周波数特性として卓越周波数と増幅倍率がある。営業線路盤の振動特性を把握する方法として列車走行安全性及び経済性を考慮して常時微動によるQTスペクトルが有効であると考えた。本研究のテーマは2つである。第1は常時微動測定結果と起振機による計測及びS波速度を用いた地盤の動的解析結果の比較により、常時微動測定の有用性を検証すること。第2は洪積地盤上に層をなす相模原台地の関東ローム層にセメント系薬液を注入し、層間のインピーダンス比を小さくする。著者らはこれをコントラストを消し、ミラージュ化するという。つまり、地盤振動の周波数特性を変化させ、その結果を把握することにある。

2. 薬液注入施工

関東ローム層における薬液注入の実績はほとんどない。今回の薬液注入は地盤の強度向上を目的としたものではなく、地盤振動の周波数特性を変更する目的で行った。注入率(2~8%)と注入剤(デンカES、ハイブリットシリカ)を変えた4パターンについて実施した。図-1に施工箇所の平面図を示す。注入前後の地盤の物理特性の変化、及び注入後の実掘削により土壌硬度測定と目視観察を行った。その結果各パターン共、地盤内の注入剤がコーラル状に硬化した。特に地表面から3mまでの層と基盤までの層にS波速度の著しい変化がなくなった。

3. 路盤注入施工前後の地盤の周波数特性

(1) 常時微動測定による卓越周波数

地盤の周波数特性として卓越周波数、増幅倍率(QTスペクトル⁽¹⁾)を把握するため深夜の時間帯に常時微動測定を行った。図-2, 3に注入前後のスペクトル比(x/z)を示す。同図より、試験施工箇所の原地盤の卓越周波数は2つのピークがあり、4.0Hz付近及び9.5Hzである。また、増幅率は約6.5倍である。施工後では、9.5Hz近傍のピークが消滅し、4.0Hz付近の単一ピーク型となる。このとき、増幅率は6倍前後である。つまり路盤注入施工により9.5Hz前後のピーク値を消滅させる結果を得た。また、注入率が2%程度でも地盤振動特性を変更できることが分かった。

(2) 起振機実験による表層地盤の卓越周波数の測定

地盤の周波数特性を把握する上で、常時微動測定と併せて、起振機実験を行った。周波数を変えながら、地盤に強制振動を与え、そのときの振動応答(加速度、変位)から、表層地盤の卓越周波数を把握した。起振機につい

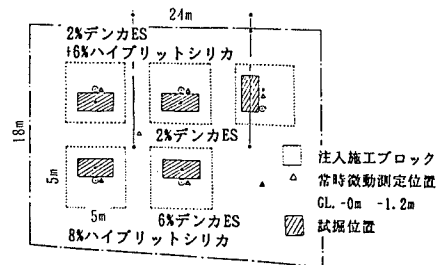
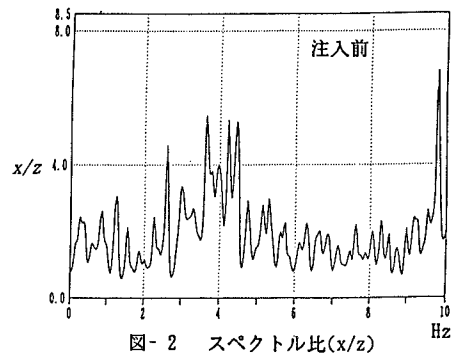
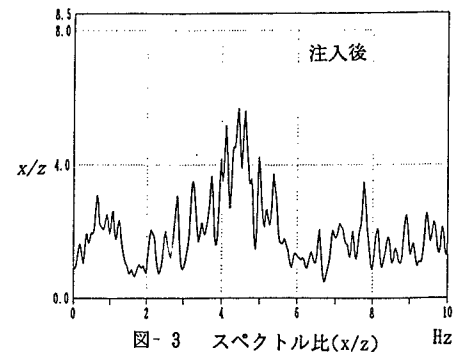


図-1 施工平面図

図-2 スペクトル比(x/z)図-3 スペクトル比(x/z)

ては、加振力が0.25tのものを用いた。図-4に起振機より1m離れた測点でのz成分の加速度の振幅振動線を示す。同図より、9.5Hz付近に1ピークがある。また、図-5に起振機際の振動加速度(z成分)を1.0として、1m離れた地点でのz方向の加速度比曲線を示す。同図より、5.2Hzと9.5Hzにピークがある。以上の結果から、浅い層の地盤の卓越周波数は9.5Hz程度と評価できる。

(3) S波速度構造による卓越周波数解析

ボーリング調査によって得られたPS検層結果を基に施工現場における表層地盤の卓越周波数の理論解を求めた。解析方法として、S波の重複反射理論を利用した地盤動的解析ソフト(SHAKE)により伝達関数を算出した。図-6に本解析で用いた2つのケースの地盤モデルを示す。ケース1はG.L.-3mまでの $V_s=100\sim 200\text{m/sec}$ のローム層の特性を、ケース2は地震基盤をN値50以上の砂礫層とした場合でのローム層の特性をモデル化した。解析に使用した基盤入力用地震動は、道路橋示方書のⅡ種地盤用標準波形を使用した。解析結果を図-7,8に示す。図-7より、1層表面/第3層の伝達関数曲線で、9.5Hz付近に鋭いピークがある。またケース1、ケース2の3層以上の解析結果も同様に9.5Hz付近に鋭いピークがある。図-8より、1層表面/基盤の結果においては、3.5Hz, 7.5Hz, 13.0Hz付近に3つのピークがある。つまり、S波速度構造による卓越周波数解析結果から、N値50以上の砂礫層までの地盤全体の周波数特性は、計算上3.5Hz近傍が卓越しており、G.L.-3mまでのごく表層のローム層の卓越周波数は9.5Hz程度である。

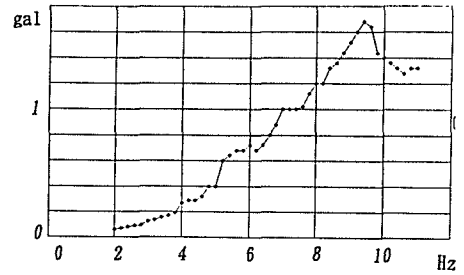


図-4 周波数～加速度振幅曲線

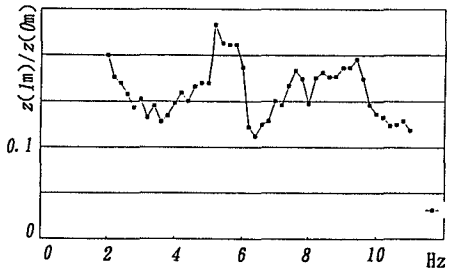


図-5 周波数～加速度比曲線

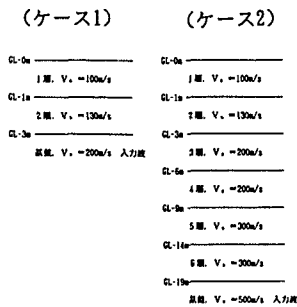


図-6 地盤モデル

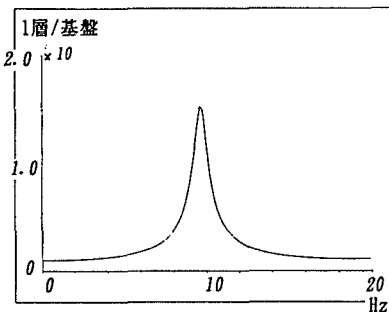


図-7 伝達関数曲線(ケース1)

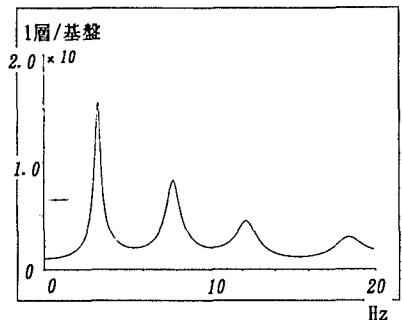


図-8 伝達関数曲線(ケース2)

4. まとめ

以上の測定・解析結果から、常時微動測定による地盤の卓越周波数の結果は起振機実験結果及びS波速度構造からの理論解と良く一致しており、その有効性が証明された。特に、G.L.-3mまでの浅い表層ロームの卓越周波数は、9.5Hzであり、地盤全体の卓越周波数は4.0Hz付近であった。注入により層区分が不明確となり(すなわちミラージュ化)、ピーク値が減じられたことが分かる。この結果、極めて少ない注入率の地盤注入でも表層部分の地盤振動の周波数特性の変更が可能であることが明らかになった。

参考文献 (1) 中村; 地震防災, 鉄道総研RRR, 1992. 9, pp10-16