

III-421 単線シールドトンネル周辺地盤における列車走行時振動の距離減衰

東京都立大学 学生会員 秋好 賢治

東京都交通局 正 会員 古田 勝

東京都立大学 正 会員 長嶋 文雄

1. はじめに

地下鉄列車走行時の地表部上下方向振動レベル(単位dB)の予測は、軌道付近の振動レベルに対する地表振動レベルの相対的な低下量を列車速度、軌道種別、トンネル重量、地盤種別、等をパラメータとして作られた予測式を用いて行なわれている¹⁾。この中で、地盤別種の項目はシールド外壁-地表間(地中)で失われる波動伝播エネルギーに関するもので、一般に距離減衰問題と称している。軟弱地盤における距離減衰の検討例は少なく、本報告ではこの点について1/3オクターブ分析手法を用いて考察した。

2. 列車走行時振動の測定およびデータの解析方法

図-1に示すようなN値0~9の軟弱な沖積地盤中に敷設された単線シールドトンネル(RCセグメント300mm厚、二次覆工コンクリート250mm厚、50Nコンクリート区間、コンクリート道床)において、列車走行時(6列車)の上下方向加速度をトンネル内と地表を中間換気所を利用して延長コードで結び、同時記録する方法をとった。

約2.7秒間のデータを1/1500秒刻みでA/D変換し、離散型平均パワーに継続時間を乗じたパワースペクトルを求め、スペクトルと周波数軸および遮断周波数で囲まれる面積を計算することによってISO規格の1/3オクターブ分析を90Hzまで行ない、各測点のバンド毎の振動加速度レベル(VAL)を計算した。また、この結果と相対レスポンス曲線を用いて公害振動計に相当する振動レベル(VL)も算定している。なお、デジタル量を用いた解析結果は振動レベル計で計測されたピークレベル値に良く対応し、その差は最大でも2dB程度であった。

図-2に軌道、地表25m、50m地点の1/3オクターブ分析結果(VALの例)を示す。軌道は周波数に対してほぼフラットな特性を示しているが、地表25m地点では50~63Hz、50m地点では50Hzの周波数帯の振動がそれぞれ卓越している。また、軌道に対して地表は、0.8~25Hzおよび80Hzの周波数帯が相対的に減衰が大きいことを示している。

図-3に、VAL、VLの計算結果を示す。6列車の平均値を表示しており、地表測点では25m付近にピークがある。地盤条件が良好な場合に比して振動が遠方まで伝播しており、従って、距離減衰

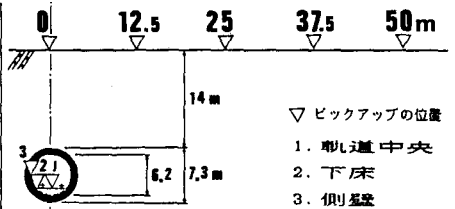
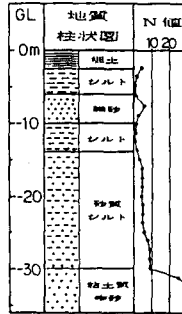


図-1 振動測定位置および地質柱状図

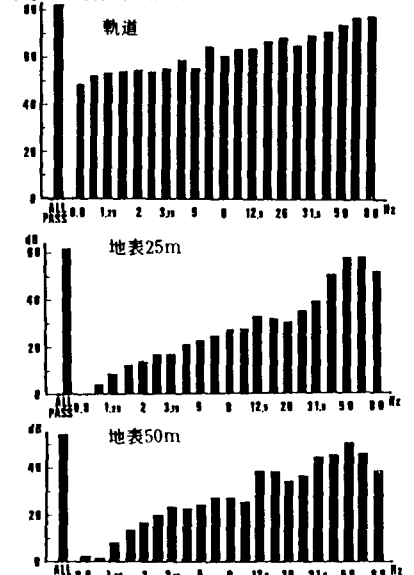


図-2 1/3オクターブ分析結果 (VAL)

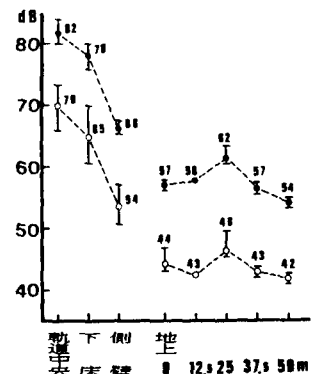


図-3 軌道および地表部の VALとVL

が小さいことが予想される。

3. 軟弱地盤における距離減衰

振源における、ある周波数の加速度振幅を a_0 、距離 x 離れた点の振幅を a とすると、両者の関係は一般に幾何減衰および内部減衰に対応するものを考慮して見かけ上の減衰とし、次式で表わしている²⁾。

$$a = a_0 \cdot x^{-n} \cdot \exp(-\alpha x) \dots\dots\dots (1)$$

振源からの相対振動レベルの低下量 ΔL は式(1)を用いて、 $\Delta L = 20 \log(a/a_0) = 20n \log x - 8.69 \alpha x \dots\dots (2)$ となる。1/3オクターブバンド毎の相対振動レベルの低下量 ΔL_i ($i=1 \sim 21$) についても同様に次式で表わされるものとする。

$$\Delta L_i = A_i \log x + B_i x \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $A_i = 20n_i$ 、 $B_i = -8.69 \alpha_i$ である。

A_i は幾何減衰に対応する係数である。これを各バンドにわたって一定であると仮定し、さらに B_i の項を無視して、オーバーオール振動レベルのデータから最小2乗法で求めると、シールド内で $A=-6$ 、地盤では $A=-5$ 程度となった。これに対応する n の値は $-1/4$ となり、 $-1.5\text{dB}/\text{倍距離}$ の減衰に相当する。この値は良好地盤に対して小さい。考えられる波動伝播経路の中で最短距離と相対振動レベルの低下量（実測）の関係を示すグラフと式(3)を用い、 $A_i=A=-5$ として各バンド毎の B_i を最小2乗法で求めた結果が図-4（a シールド内、b 地盤）である。シールド内の B_i は1～3Hz付近で多少ばらつきがある（軟弱地盤中に敷設されたシールドトンネルの1次固有振動数に相当するものと思われる）ものの周波数に対してほぼ一定とみなされるが、地盤では明瞭な周波数特性がみられる。

シールド外壁における1/3オクターブバンド毎の振動レベルが分かれば、地表における各バンド毎の振動レベルは式(3)を用いて予測でき、これからオーバーオール振動レベルも簡単に計算できる。

4. 振動レベルの予測例

B_i の近似として図-4-b中の実線で示した値を用いた時でもVAL、VLとも実測値に良く対応した。これを用いて、ほとんど同じ地盤条件の他地点の振動レベルを図-5aに示す伝播距離を仮定して予測した結果と実測結果を比較したのが図-5bである。両者は比較的良好な対応を示しているが、今後データ数が増えれば同じ手法を用いてさらに精度の良い予測ができるものと思われる。

参考文献 1) 風巻：地下鉄における防振工法、第1回環境ソシウム（交通機関と環境振動）建築学会、1983年2月。 2) 環境庁特殊公害課編：道路交通振動防止技術マニュアル、ぎょうせい、昭和55年。

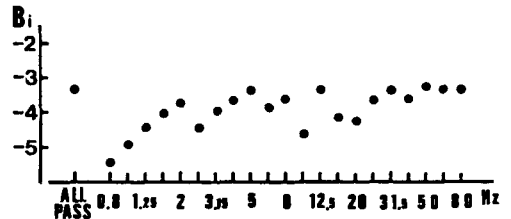


図-4-a シールド内の各バンドに対する B_i

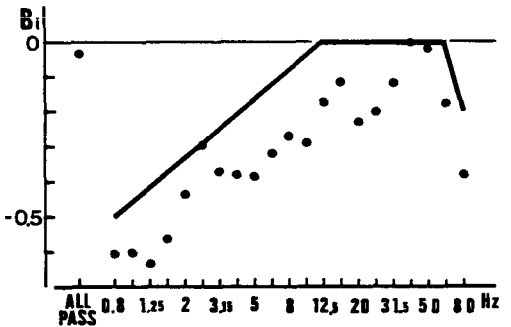


図-4-b 地盤の各バンドに対する B_i

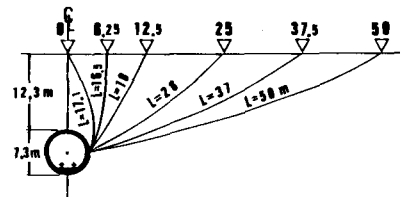


図-5-a 振動レベル予測例で用いた距離

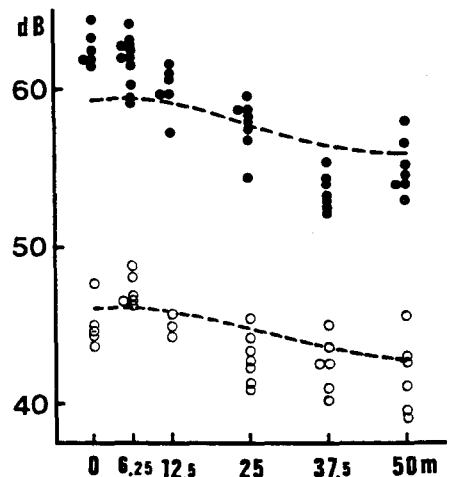


図-5-b 振動レベル予測例