

IV-200 鉄道振動の伝搬予測式に関する研究

㈸トーニチコンサルタント 正員 柳 沢 満 夫

1. はじめに

鉄道振動の予測手法としては、①類似事例の参照、②経験的回帰式、③振動伝搬理論式、④振動実験による方法、の4ケースが考えられる。現在行われている環境アセスメントでは、平坦区間あるいは高架橋区間において、①・②を単独あるいは併用している場合が多く見受けられる。しかるに最近では、③の振動伝搬理論式を用いるものも増加しているが、この場合には、式中に含まれる各種の定数をどのように決定するかの問題が残っている。ここでは、平坦区間におけるこれらの定数のうち、主として、距離減衰に関する検討結果について報告する。なお、④の方法について、ほとんど用いられていないようである。

関東地方の北西部にある台地上の、在来鉄道に関する既存の、振動測定結果を用いて以後の検討を行う。データの内容は、測定箇所は低盛土を含み、11測線×4 測点であり、全測定列車数は171 である。

2. 振動レベルの基準点の選定

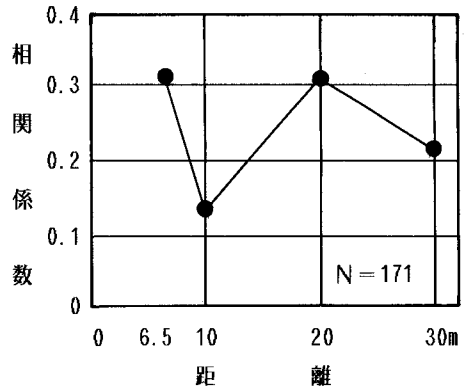
ここでは、下記の振動伝搬理論式を用いる。 VL_0 は基準点の振動レベルであり、距離減衰の基準値となり振動源の振動レベルを代表するものである。この基準点をどの位置に選定すべきかについて、振動レベルは列車速度（ V ）の関数であるという経験より、距離別の振動レベルと列車速度の関係を計算し、図-1に示す。

$$VL = VL_0 - 20n \log(R/R_0) - 8.68\alpha(R - R_0)$$

ここに、 VL ：振動レベル(dB) R, R_0 ：距離(m)

n ：幾何減衰定数 α ：内部減衰定数

図-1より、基準点としては6.5m地点を採用する。従って、 $VL_0 = VL_{6.5} = A + B \log V$ と表示出来る。

図-1 VL と V の相関関係

3. 距離減衰定数の解析

幾何減衰と内部減衰の和を距離減衰と定義する。距離減衰は地盤の影響を強く受け、地盤の土質構成はかなり複雑である。それ故、振動伝搬に関する定数を適確に決定することは困難であるが、ここでは、幾何減衰定数（ n ）と内部減衰定数（ α ）について、図-2に示す流れに従って、最適値を求めるものとする。その方法としては、各測線の平均振動レベルを用いて、各ステップ毎に統計的に計算を行い、 n と α の最適値に近付く方法を試みた。

ステップ①： 前述した振動伝搬式に測定値を代入することにより、最小二乗法による振動伝搬式の当はめを行った。従って、解は n と α の組合わせとして求まる。計算結果のうち、数学的には正しい解であっても、 $n > 1.0$, $n < 0.5$ あるいは $\alpha < 0$ のように、振動基礎理論の一般知識に違反するものを除外すると、 $n = 0.6 \sim 0.8$ と $\alpha = 0.05 \sim 0.07$ が求まる。次にその内容を検討する。解の求まったケースは11測線中 3測線と少ないが、距離減衰の傾向も考慮して、 $n = 0.7$, $\alpha = 0.07$ と $n = 0.6$, $\alpha = 0.05$ のグループに大別出来る。いずれにせよ、全ての測線に適用出来る定数を求める為に、次のステップに進むものとする。

ステップ②： α は土質に関係する定数であり、その範囲を検討の初期の段階で特定することは非常に困難である。従って、ここでは経験的に範囲を特定しやすい幾何減衰に着目して計算を進める。前項では、実際の振動伝搬は表面波と実体波の複合した波動であり、 $0.5 < n < 1.0$ であるという、振動基礎理論の一般知

識による条件を設定して計算結果の選別を行った。ここでは、 $n > 1.0$ の場合は $n = 1.0$ とし、 $n < 0.5$ の場合には $n = 0.5$ として、8 測線について α を再計算する。その結果から $\alpha < 0$ を除き、ステップ①で求めた理論的に適正と思われる 3 測線の解を加えた 10 測線について整理すると、 $n = 0.5 \sim 1.0$ の範囲であり、平均値は $n = 0.65$ となる。 α の範囲は $0.01 \sim 0.08$ であり、 0.01 、 0.04 と 0.07 のグループに大別出来る。未だ $\alpha < 0$ の測線があり、また n についても検討の余地があるので、次のステップに進むものとする。

ステップ③： n については、前述したように実際の振動伝搬では $0.5 \sim 1.0$ の範囲にあり、経験的には $n = 0.75$ 程度と考えられる。ここでは、ステップ②で求めた平均値 $n = 0.65$ をもちいて全測線について α を計算する。結果は、全ての測線で振動基礎理論の一般知識に適合するものとなった。即ち、 $n = 0.65$ において、 α の範囲は $\alpha = 0.0003 \sim 0.08$ となる。この α について、地形・地質及び距離減衰の傾向等を考慮すると、 0.01 、 0.03 、 0.05 と 0.07 のグループに大別出来る。図-3 に $\alpha = 0.01$ (—) と $\alpha = 0.07$ (---) の場合の距離減衰の計算値及び測定値の範囲 (□) を示す。計算値と測定値を比較すると、 $20m \cdot 30m$ ではかなり良く一致しているが、 $10m$ ではあまり良く一致していないと言える。

4. 考 察

この地域の一般的地質は文献より次のように想定出来る。全体としては、 $2m$ 程度の表土の下に硬い砂れき又は泥流堆積物のある地域であるが、特定の地域では岩盤も存在すると思われる。

これらの地質状況及び、 $\alpha = 2\pi fh/vr$ (ここに、 f : 振動の周波数、 h : 減衰比、 vr : 伝搬速度) より考察する。振動レベルの $f = 10 \sim 30Hz$ 、 $h = 0.02 \sim 0.04$ 、 $vr = 100 \sim 1000Hz$ と推定する。前述の $\alpha = 0.01$ のグループは岩盤、 $\alpha = 0.03$ のグループは硬い砂れきであり、 $\alpha = 0.05 \sim 0.07$ のグループは緩い砂れき又は、軟らかいシルトと思われるが、更に検討が必要である。

5. まとめ

幾何減衰定数は $n = 0.65$ が適当であり、内部減衰定数は土質により $\alpha = 0.01 \sim 0.07$ の範囲である事を示した。 α については、今後広い地域の各土質についての測定データを収集・解析する予定である。

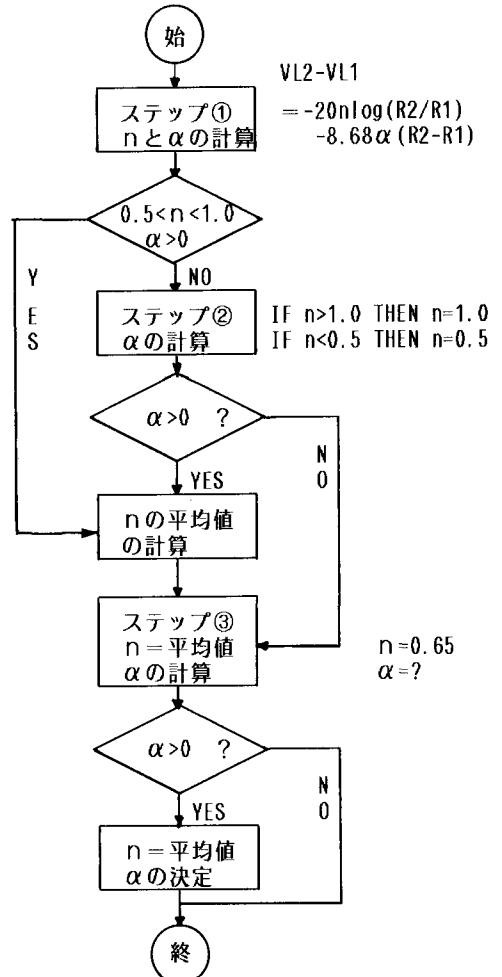


図-2 nとαの計算の流れ

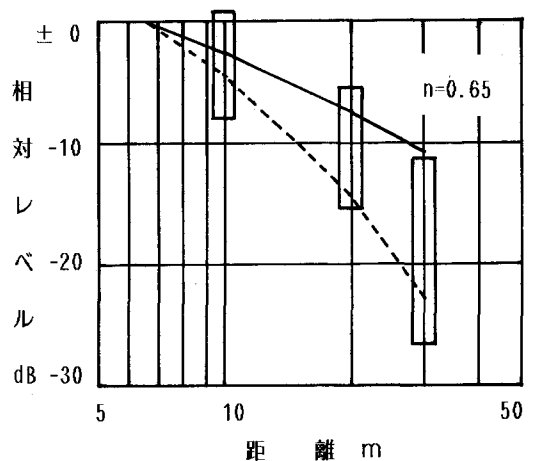


図-3 距離減衰図