

1. はじめに

大都市において、現在の地平の鉄道を高架化したり、又は高架鉄道を新設する場合には環境影響評価を実施する事が多い。その場合の環境要素（完成時の予測・評価項目）については、騒音・振動・日照障害・電波障害・景観が主要素⁽¹⁾と考えられる。これらのうち、騒音については既に報告⁽²⁾したので、ここでは、振動の問題、そのなかで特に予測方法について報告する。高架鉄道の振動の予測方法については、未だ明解な方法が確立しておらず、その為、環境影響評価書を作成する場合には、各種の方法により予測されているのが実情である。そこで、最近の評価書等において使用されている予測方法について調査し、次に、それらの方法に関する比較検討を行った。更に、その問題点について研究した。

2. 振動の予測方法

2-1 概要 —— 高架鉄道の環境影響評価書等において、最近はどのような予測方法が用居られているかを調査し、その結果を表-1に示す。表-1より、経験的回歸式が最も多く使用されている事が分る。この方法は、かなり古くから用いられており、未だに信頼されているものと思われる。次に、類似事例の参照が多く使用されている。経験的回歸式においても、データは類似地点のものが望ましい事を考慮すると、結局大部分の予測は類似地点のデータを基本としており、振動予測における実務レベルでは、理論的アプローチは未だ少ない事が分る。次に各方法について述べる。

2-2 類似事例の参照 —— 高架橋の構造・地質・列車速度・列車種別・列車の運行状況・軌道構造及び状況等、振動の予測結果に影響を及ぼすと考えられる条件が、予測する高架鉄道に類似した地点を見い出して実測を行い、その値をもって予測値とする。「類似」の程度が問題であり、類似地点を見つける事が困難な場合が多い。实际的にわ、同一線区内、又は同一地方において類似の構造物（型式、スパン等）を目標に選定する程度となる。その関係を図-1に示す。予測精度上、目的とする予測の為に測定した類似地点のデータを参照する事が望ましいが、広範囲にわたる既存のデータを参照する場合もある。

2-3 経験的回歸式 —— 既存の類似資料を多量に収集して、経験的に分っている諸要因間の関係の係数を統計的手法で決定する。類似資料の内容を吟味せずに無意識に利用する事はさける必要がある。しかし、その点に注意すれば、現段階では实际的であり、かつ有効な方法である。回歸式のタイプとしては、次の三種類が使用されている。

$$VL = a + b \log R \quad (1)$$

$$VL = a + b \log R + c \log V \quad (2)$$

$$VL = a + b \log R + d V \quad (3)$$

VL: 振動レベル (dB)
a, b, c, d: 係数
R: 線路と予測地点間の距離 (m)
V: 列車速度 (km/h)

注) 式①～③において、高架橋の構造、地質、軌道構造・状況は満足している事が前提となる。

式①は振動レベルの距離減衰にのみ着目した式であり、列車速度・列車種別・列車長等の条件が予測列車と同程の範囲にある事が必要であるが、实际的には、条件毎に回歸式を作成する事になる。式②は振動レベルを距離減衰と列車速度の関数として表現した式であり、列車種別及び列車長は予測列車と出来るだけ類似度の高いものが望ましい。式③は列車速度を振動レベルと一次的に対応させているが、その他の考え方は式②と同一である。列車種別・列車長毎に、式を作成する事も考えられるが、その事例はなかった。目的とする

表-1 予測方法

予 測 方 法	件数	備 考
1 類似事例の参照	3	
2 経験的回歸式	4	グラフを含む
3 伝搬理論計算式	1	
4 実験的方法	0	
合 計	8	

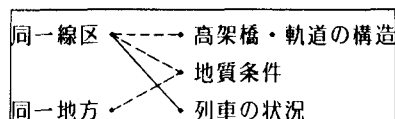


図-1 類似事例の条件

(注) ——— 類似性が高い
----- 類似性のある場合が多い
中距離通勤電車を想定

予測の為に測定した類似地点のデータを用いる事が望ましいが、広範囲の既存資料を用いる場合が多い。

2-4 伝搬理論計算式 —— 実際の地盤を伝搬する振動波は、土質・地下水位・周波数等により大きな影響を受けるので、現在、既に高架鉄道についての明確な伝搬理論式が解明されているとはいいたい。しかし、地表付近に点振動源があると仮定し、表面波としてレーリー波を考慮した式④を、振動伝搬予測式として用いる場合がある。

$$VL = VL_0 - 10 \log (R/R_0) - 10 \log e^{\alpha'(R-R_0)} \quad \text{④}$$
 式④は、式⑤のように変形した方が一般的である。なお、式④・式⑤の右辺、第二項は幾何減衰、第三項は内部減衰を示している。

$$VL = VL_0 - 10 \log (R/R_0) - 8.68 \alpha (R - R_0) \quad \text{⑤}$$
 式④・⑤において、④振動源を地表付近に仮定している為、深い杭基礎に対する適応性、及び、⑤高架橋の基礎を振動源とすれば、点振動源の集合である事を無視している点に、問題が残っている。これらについては、補正係数による整合も考えられるが、更に今後の研究が必要と思われる。

2-5 実験的方法 —— 現場での振動実験による予測は良い方法とおもわれる。高架鉄道において、実際に、この方法を用いて予測を行い評価書等をまとめた例は、今回調査した範囲では、見あたらなかった。

3. 予測結果の比較

3-1 距離減衰 —— 前項に記述した各種の予測方法により求めた振動レベルについて比較する為、列車速度 $V \approx 70 \text{ km/h}$ についての距離減衰図を、図-2に示す。なお、式②・③・⑤の如く、 V が予測式の中に変数として含まれている場合には、その V を用いて VL を求め、式①の如く V が式の中に含まれていない場合には、予測対象列車の設定速度を、その VL に対応する V とした。経験的回歸式のなかで、全般的に低レベルとなる A-3では、大体、倍距離(DD)当り3～4 dBの減衰を示す。一方、伝搬理論計算式では、約10m以下の近距離では4 dB/DD程度、約50m以上の遠距離では12dB/DD程度の減衰を示す。遠距離で減衰勾配が大きくなる傾向は、実測における経験とも一致し、内部減衰項を含む伝搬理論計算式の他の方法に対する優位性を示すものと考えられる。類似事例の参照による減衰傾向は、図より、経験的回歸式と伝搬理論計算式の中間にある。なお、異なる予測方法を用いた事により生ずる振動レベルの範囲は 5～10mの近距離では、13dB程度と大きな差異を有しているが、遠距離になるほど、その差は小さくなる。

3-2 列車速度の影響 —— 類似事例の参照による方法では、速度の影響は距離減衰の影響よりは小さいと見なして、比較的広範囲の列車速度(65～95km/h)に対して、一種類の振動レベルに対応させる場合がある。経験的回歸式及び伝搬理論計算式では、式により異なるが、70km/h から95km/h に列車速度が25km/h 増加した場合の試算では、振動レベルの増加は1～5 dBであり、かなり大きな差と考えられる。従って、列車速度の影響を無視することは、予測精度上、大きな問題となる。

4. むすび

現在良く用いられている予測方法は、経験的回歸式及び類似事例の参照の如く既存資料又は実測データを基本とするものであり、手法によっては、列車速度の扱い方に問題が残っている。他に、高架構造・地質・列車長及び種別・軌道構造及び状況の条件に関する問題が有る。伝搬理論計算式の使用例は少ない。

<参考文献>

- (1) 柳沢満夫：都市鉄道の環境影響評価における環境要素、第12回関東支部技術研究発表会、60年3月
- (2) 柳沢満夫：鉄道騒音の環境影響評価に関する二・三の問題、第40回年次学術講演会、昭和60年9月

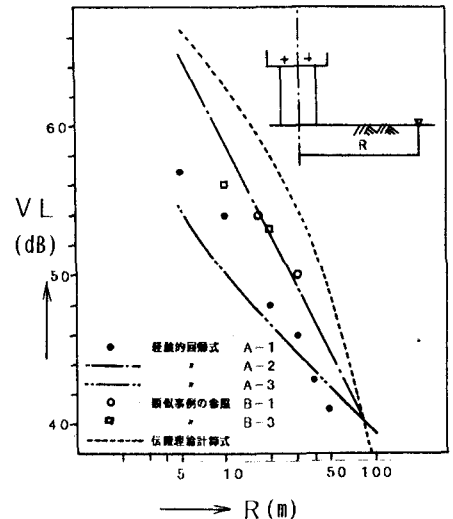


図-2 振動レベルの距離減衰図