

N-416

鉄道高架橋から伝搬する地盤振動の予測に関する研究

トニチコンサルタント 正会員 柳 沢 満 夫

1. はじめに

地上にある既設の鉄道を高架化する場合、事前に地上線の振動レベル及び減衰特性などを調査し、その結果に基づき高架鉄道の振動レベルを予測する。ここでは、対象地盤における振動の距離減衰特性及び、振動源(または基準点)の振動レベルが特定出来る場合の予測計算の方法について報告する。

2. 鉄道高架橋における連続点振動源モデル

2. 1 モデル構築のための条件

対象とする構造物は2線2柱式のラーメン高架橋とし、脚柱を支持する直接基礎または杭基礎(単杭、群杭)を点振動源と仮定する。その他、下記の条件を設定しモデルを構築する。

- ① 列車と高架橋(進行方向)の関係：走行列車によって発生する振動は、列車を載荷している高架橋の基礎のみから地盤に伝達される。なお、載荷区間における各基礎の振動レベルは全部同一とする。
- ② 列車と高架橋(直角方向)の関係：走行列車に起因する脚柱下端の振動レベルは、走行する上下線の区別にかかわらず、同一レベルとする。なお、着目点側の基礎のみを振動源とする。
- ③ 振動は地表の点振動源から伝搬する表面波とする。
- ④ 着目地点における最大振動レベルは、列車長の1/2が通過した時点で発生する。

2. 2 基本式及び計算手順

図-1に示すように振動源(基準点)を脚柱下端の地表面に設定し、点振動源に関するレイリー波の距離減衰式(1)を適用する。次に、式(2)によって着目点の合成振動レベルを計算する。

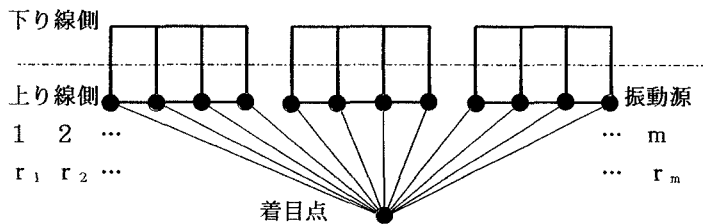


図-1 連続点振動源モデル(平面図)

$$VL(m) = VL_0 - 20n \log(r_m / r_0) - 8.68\alpha(r_m - r_0) \quad (1)$$

$$VL = \Sigma VL(m) = 10 \log(10^{VL(1)/10} + 10^{VL(2)/10} + \dots + 10^{VL(m)/10}) \quad (2)$$

ここに、 $VL(m)$ ：着目点における m 番目の振動源(基準点)に起因する振動レベル(dB)、 VL_0 ：振動源の振動レベル(dB)、 VL ：着目点の振動レベル(dB)、 r_0 ：構造物中心から振動源までの距離(m)、 r_m ：構造物中心(仮想)から着目点までの距離(m)、 n ：幾何減衰定数、 α ：内部減衰定数

図-1の振動源モデルと式(1)、(2)に基づく計算手順を次に示す。①列車長に対応する高架橋の位置関係を設定する。②既存資料より、振動源(橋脚位置)の振動レベルを設定する。③既存資料より、減衰定数 n 及び α ($0.5 \leq n \leq 1.0$, $0.01 \leq \alpha \leq 0.09$)を設定する。④振動源の振動レベルを基準値とし、式(1)によって各振動源から着目点に伝搬する振動レベルを計算する。⑤各振動レベルを式(2)によって合成する。

3. 振動レベルの計算(ケース・スタディ)

既設高架橋から伝搬する地盤の振動レベルは、次のように計算する。①高架橋の最近接測点における測定値から振動源のレベルを逆算する。②他の測点における計算値と測定値の乖離が最小となるように n と α を

キーワード：地盤振動、鉄道振動、連続点振動源、振動予測、高架鉄道

〒151 東京都渋谷区本町1-13-3 TEL 03-3374-3622 FAX 03-3374-4714

変化させ「繰返し計算」を行う。③故に最近接測点の計算値＝測定値となる。④他の測点の振動レベルを決定する。現地測定及び検証計算は下記の2地点で行い、その結果を表－1と表－2に示す。

A地点 主構造：2線2柱式RCラーメン高架橋（3.0m＋3×8.0m＋3.0m＝30.0m/ブロック），杭基礎
列車：通勤電車，90km/h，6輛編成（120m），場所：東京都

B地点 主構造：2線2柱式RCラーメン高架橋（2.5m＋3×8.0m＋2.5m＝29.0m/ブロック），杭基礎
列車：通勤電車，95km/h，11輛編成（220m），場所：千葉県

表－1 A地点の振動レベル

	測定値①	計算値②	①－②
振動源	---	66.3dB	---
4.12m	66dB	66dB	0dB
12.5m	60dB	61dB	-1dB
25.0m	58dB	56dB	+2dB
50.0m	44dB	46dB	-2dB
計算条件：n=0.5， $\alpha=0.04$ ，振動源=17点			

表－2 B地点の振動レベル

	測定値①	計算値②	①－②
振動源	---	77.6dB	---
6.5m	66dB	66dB	0dB
10.0m	55dB	62dB	-7dB
20.0m	48dB	51dB	-3dB
30.0m	45dB	42dB	+3dB
計算条件：n=1.0， $\alpha=0.08$ ，振動源=30点			

4. 計算結果及び連続点振動源モデルに関する考察

4. 1 A地点（表－1参照）

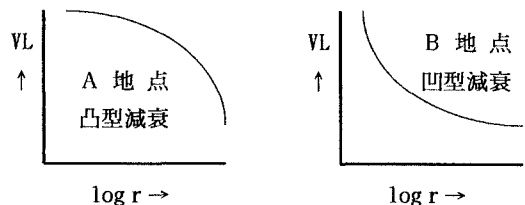
- ① 測定値の減衰特性は凸型（図－2）であり，式(1)の $\alpha > 0$ に相当する。
- ② 12.5～25～50m間の距離減衰量は，測定値で2～14dB/距離，計算値では5～10dB/距離である。
- ③ 12.5m測点の測定値と計算値の差は-1dBであり，25mと50m測点では±2dBである。
- ④ 各測点の計算値と測定値の差は±2dB以下である。従って，式(1)(2)は凸型減衰特性の地盤における振動計算式として適当である。

4. 2 B地点（表－2参照）

- ① 測定値の減衰特性は凹型（図－2）であり，式(1)の $\alpha < 0$ に相当する。
- ② 10m～20m間の距離減衰量は，測定値で7dB/距離，計算値では11dB/距離である。
- ③ 10m測点の測定値と計算値の差は-7dBであり，20mと30m測点では±3dBである。
- ④ 各測点の計算値と測定値の差は絶対値で3～7dBである。また，計算値（ $\alpha > 0$ ）と測定値（ $\alpha < 0$ に相当）の減衰傾向が逆方向である。即ち，式(1)(2)は凹型減衰特性の地盤には不適当である。

5. 今後の課題

高架橋から伝搬する地盤振動は，基礎位置を点振動源とする振動の合成値である。連続点振動源モデルが，凸型減衰特性の地盤に適当であることは明白に出来たが，測定値と計算値の整合程度をさらに向上する必要がある。また，引用した測定データの地形や地質に関する特異性の有無のチェックを行うと同時に，出来るだけ多くの測定データによる検証計算を行う必要がある。また，凹型減衰特性の場合は，式(1)を適用することが不合理なので，別途モデルを構築する必要がある。



図－2 測定値の距離減衰特性

<参考文献>

- ① 時田保夫：振動防止技術，音響工学講座⑤／騒音・振動（下），pp184～185，コロナ社，1982年1月
- ② 大友秀夫：地盤振動の予測の現状，地質学論集，第23号，pp81～90，1983年12月