

システム科学コンサルティング(株)の丸田俊文 建設省土木研究所 谷口栄一 (株)長大橋設計センター 草原義博

1. 目的

道路交通振動は振動公害としてとらえられているが、この交通振動が地盤を伝わるメカニズムには地盤の層構造土質条件の不均一性のため、不明点が多い。本研究は道路交通振動の距離減衰に影響を与える因子を考慮し、上で、振動の予測を行うことを目的としている。

2. 分析の手順及び方法

分析の手順は図-1に示すとおりである。

① データは建設省道路交通振動調査(昭和52年度)より得られた道路交通振動データ、振動の卓越周波数及び土質調査データを用いる。

② 道路交通振動の距離減衰式はG. Bornitzの減衰式及び倍距離に対する減衰式の2式を検討する。G. Bornitzの減衰式の基本式は次式のとおりである。

$$A = A_1(r_1/r)^n \exp\{-\alpha(r-r_1)\} \cdots \cdots (1)$$

ここにA:振源から距離rにおける振動加速度(cm/s^2) α :距離減衰係数(m^{-1})

A_1 :振動から距離 r_1 における振動加速度(cm/s^2) n :定数

式(1)の加速度A、 A_1 は各測点で周波数の変化が無いものとする。実効値に変換しても成立する。幾何減衰の定数 $n=0$ (線振動の場合のレイリー波)とすると式(1)は次式に変換される。

$$VL = VL_1 - 20\alpha(r-r_1) \log_e \cdots \cdots (2)$$

ここにVL:振源より距離r(振源より距離40m以内)における振動レベル(dB)

VL_1 :基準点(振源より $r_1=5\text{m}$ の地点)振動レベル(dB)

α :距離減衰係数($\frac{1}{\text{m}}$)

また、倍距離に対する距離減衰式は次式のとおりである。

$$VL = VL_1 - (\log_{10} r - \log_{10} r_1) \frac{\beta}{\log_{10} 2} \cdots \cdots (3)$$

ここにVL:距離r地点の振動レベル(dB)

VL_1 :基準点(振源より $r_1=5\text{m}$ の地点)振動レベル(dB)

β :倍距離に対する振動レベル減少量(dB)

③ 式(2)及び(3)における距離減衰係数 α 及び倍距離に対する振動レベル減少量 β を最少数乗法により推計し、これらと交通振動の距離減衰に影響する因子との関連を分析し、交通振動予測方式を設定する。

3. データ

交通振動データは北海道、北陸及び近畿の3地区でそれぞれ10、10、9測線を設定し、実交通(L10)を対象に観測したものである。観測用ピックアップの位置は図-2に示す通りである。交通振動の距離減衰に影響する因子として振動の卓越周波数及び地盤条件を取り上げたが、卓越周波数は大型車単一走行によるデータの測線別平均値とし、地盤条件は外側車線中央より20m地点のボーリングデータにより地表から10mまでのN値の平均値及び柱状図とする。

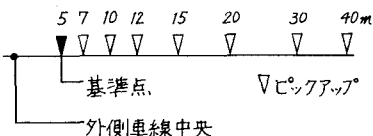


図-2 ピックアップ位置図

4. 距離減衰係数 α と倍距離に対する減少量 β の計算

距離減衰係数 α と倍距離に対する減少量 β の計算を行い、結果は図-3の通りである。

分析対象データ417データのうち、 $0.01 \leq \alpha < 0.04$ に72%が分布しており、 $1 \leq \beta < 4$ に69%が分布して

いる。

次にそれぞれの式のあてはまりの検討を相関係数の検定により行い、危険率1%の検定の結果有意となったデータの α 及び β をセレクトデータとした。セレクトデータは α で221個53%あり、 $0.01 \leq \alpha < 0.04$ に67%が分布しており、 β では234データ56%が有意であり、 $1 \leq \beta < 4$ に77%が分布している。検定の検果(3)式が(2)式よりわずかにあてはまりが良いが大きな差は見られない。しかし、式の単純性及びパラメータのわかりやすさから(3)式により以後の検討を行うこととする。

5. 倍距離に対する減少量 β と距離減衰影響因子

倍距離に対する減少量 β と卓越周波数及び基準点振動レベルの関係は表-1のとおりである。表はそれぞれの卓越周波数と基準点振動レベルのクラス別平均値及びデータ数である。表より卓越周波数が高くなると β が大となり、基準点振動レベルが大になると β が大になる傾向が見られる。しかし、データの片よりがあり β の傾向は明確に出ていない部分もある。

表-2は地盤条件により β を区分した表である。 N_{10} (地表より10mまでのN値の平均値)が $N_{10} \leq 4$ の場合はデータ数が少ないこともあり β と卓越周波数及び基準点振動レベルとの関係は不明確となっている。 $4 < N_{10}$ の場合には全データの場合と同様に、卓越周波数が高くなると β は大となり、基準点振動レベルが高くなると β が大となっている。また、 $N_{10} \leq 4$ と $N_{10} > 4$ を比較すると $N_{10} > 4$ の場合の β が大となっている傾向が見られる。

6. 結論

交通振動の予測を行う目的で、振動の距離減衰による予測方法の検討を行って来たが、距離減衰式としては、倍距離に対する減衰式がレイリー波式に比べ有効である。

また、距離減衰パラメータ β に関する因子には基準点振動レベル、卓越周波数、 N_{10} があげられるが3因子とも論理的にバランスのとれた形での β の設定は困難である。このため交通振動の予測は、基準点(外側車線中央から5m地点)振動レベルを与え、 β に関する因子の組合せにより表-3(a)卓越周波数と基準点振動レベルによる表、(b) N 値と基準点振動レベルによる表、(c)土質分類と基準点振動レベルによる表のいずれかを選び、 β を定め(3)式により計算を行うことにより可能となる。

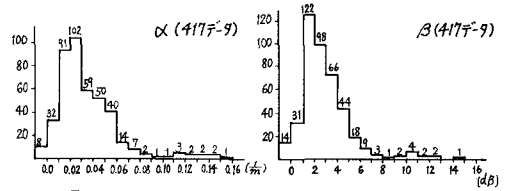


図-3 α 及び β の分布(全データ)

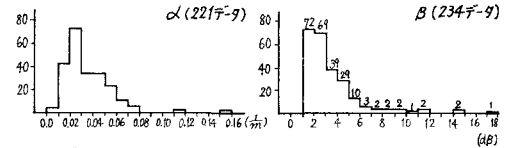


図-4 α 及び β の分布(セレクトデータ)

		(): データ個数					
Hz	VL	35.0 ~40.0	40.0 ~45.0	45.0 ~50.0	50.0 ~55.0	55.0 ~60.0	60.0 ~65.0
5.0~10.0	0.0 (0)	1.1819 (2)	1.8612 (5)	3.0102 (6)	4.5897 (2)	0.0 (0)	
10.0~15.0	0.3857 (5)	0.8832 (4)	2.0652 (24)	2.8162 (17)	4.6104 (6)	5.6865 (4)	
15.0~20.0	3.2868 (12)	4.2176 (24)	2.4476 (52)	2.7487 (53)	2.7963 (48)	3.5024 (4)	
20.0~25.0	2.5431 (15)	2.5658 (24)	2.6834 (28)	3.0748 (28)	10.7288 (6)	13.2685 (3)	
25.0~30.0	0.6209 (24)	2.5001 (14)	2.4210 (7)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	

表-1 倍距離に対する減衰量(全データ)

		(): データ個数				
Hz	VL	40.0 ~45.0	45.0 ~50.0	50.0 ~55.0	55.0 ~60.0	60.0 ~65.0
5.0~10.0	1.1819 (2)	1.8612 (5)	3.0102 (6)	4.5897 (2)	0.0 (0)	
10.0~15.0	1.6335 (14)	2.1294 (14)	2.5390 (14)	2.9604 (1)	0.0 (0)	
15.0~20.0	0.0 (0)	0.0 (0)	1.7097 (1)	2.0181 (13)	2.3626 (1)	
20.0~25.0	6.1225 (1)	3.2985 (12)	1.7452 (2)	0.0 (0)	0.0 (0)	

4 < No		(): データ個数						
Hz	VL	35.0 ~ 40.0	40.0 ~ 45.0	45.0 ~ 50.0	50.0 ~ 55.0	55.0 ~ 60.0	60.0 ~ 65.0	
10.0~15.0		0.3857 (5)	0.6331 (3)	1.9754 (10)	4.1101 (3)	4.9404 (5)	5.6865 (4)	
15.0~20.0		3.2868 (12)	4.2176 (24)	2.4476 (52)	2.7686 (52)	3.0853 (35)	3.8823 (3)	
20.0~25.0		2.5431 (15)	2.4111 (23)	2.2203 (16)	3.1771 (26)	10.7288 (6)	13.2685 (3)	
25.0~30.0		0.6209 (24)	2.5001 (14)	2.4210 (7)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	

表-2 β と N_{10} の関係

(a)卓越周波数と基準点振動レベルによる表

卓越周波数(Hz)	振動レベル(dB)	35 - 45	45 - 65
0	10	1.2	2.8
10	30	2.4	3.0

(b) N 値と基準点振動レベルによる表

N値	振動レベル(dB)	35 - 45	45 - 65
$N \leq 4$			2.5
$N > 4$		2.4	3.2

(c)土質分類と基準点振動レベルによる表

土質分類	振動レベル(dB)	35 - 45	45 - 55	55 - 65
砂		2.8	3.1	5.8
粘土		0.7	2.2	2.2

表-3 倍距離に対する減衰量予測表