

35. 建設騒音の予測(パワーレベルの推定)

建設省土木研究所 沢田茂良 太田 宏
境 友昭

1 まえがき

建設工事に伴って発生する騒音を事前に予測することは、騒音が周辺地域に影響を及ぼす範囲の判定や騒音対策技術の検討を行うための有力な手段となる。建設騒音を予測するには、まず工事に使用される建設機械のパワーレベルを把握しておくことが必要となってくる。建設機械の騒音のパワーレベルの測定方法としては、ISO/DIS4871 に基づく方法があり、機械のパワーレベルをかなり正確に把握することができる。しかしながら、この方法を建設機械に適用する場合、機械の定置状態でしか測定できないことや、莫大な労力を必要とするなど問題となる。

本報告は、建設省の各地方建設局技術事務所にて調査した道路建設工事、橋梁建設工事、河川水門及び区工事、築堤工事及び建築工事等300余現場における約4,000件に及ぶ騒音測定データから推定した建設機械に関する騒音のパワーレベルを統計的に解析し、建設機械の機種、規格、作業状態、方向及び測定方法等の諸要因の効果について明らかにしたものである。

2 建設機械騒音のパワーレベル

2.1 騒音のパワーレベルの推定式

建設工事現場で測定された実測値には、機械の稼動条件の違い、機械の個有差、測定点を含む音場の違い、規格の違い、あるいは測定方法、測定要領の違いによつて様々な値をとるため、実測値から基準レベルを推定する場合、変動要因を解析しなければならない。

建設機械の騒音が点音源の減衰に従うことは既知のことであるが、測定値から最小自乗法を用いて検定した結果、ここで用いるデータについても点音源の減衰に従うことが立証された。これより、建設機械が音響的に点音源と看做し得ることから、個々の測定値が全て騒音のパワーレベルを推定する独立した値として取扱ひ得る。よつてパワーレベルの推定は、点音源騒音の理論減衰式

$$WL = SL + 20 \log R + B \dots\dots\dots (1)$$

によつて可能である。しかし、個々の測定値は、建設機械側の要因として③建設機械の騒音指向性、④建設機械の種別および規格、⑤建設機械の稼動条件、また測定方法の要因として、⑥聴感補正回路、⑦騒音計の動特性、⑧平均値、 $L_{0.5}$ あるいはピーク値等のデータの取まとめ方などの原因によつて異なつた値を示し、測定値から騒音のパワーレベルを推定する場合は、これらの原因を分析し区分しなければならない。

騒音に対して、各々の変動要因は独立して寄与すると仮定して騒音のパワーレベルの構造を

$$WL = P_0 + kX + S(x) + P_d + P_h + P_t + A(t) + R \dots\dots\dots (2)$$

P_0 : 基準となるパワーレベル ($X = 0$ のときの値)

- X : 規格の呼び値 (k は回帰式の比例定数)
- $S_{(k)}$: 回帰式の直線回りの残差
- P_d : 指向性による方向差
- P_h : 聴感補正回路による差
- P_t : 平均化回路の時定数による差
- $\alpha_{(t)}$: 変動係数 (時間軸に対する分布関数)
- $S_{(R)}$: 残差の分布 (予測時のパワーレベルの精度)

また、規格と騒音のパワーレベルが無関係である場合は、 $K = 0$ であるから

$$W_{(M)} = P_d + P_h + \alpha_{(t)} + S_{(R)} + P_m \dots\dots\dots (2)$$

として示す。但し P_m は平均パワーレベルである。また、パワーレベルWLのサファイツクスMは、機械の種類、作業条件を示すもので表-1, 2に示すコード順に相当する。

2.2 各要因の解析方法

(1) 反射、回折の補正

建設機械の騒音が点音源と看做せることから、実測値に含まれる反射、回折等による誤差は、(1)式を用いて分析できる。即ち、反射が想定される場合の実測値は(1)式による推定値より高い値を示し、また回折が想定される場合の実測値はこれと逆の関係にあり、これらの要因による実現値の差数は、(1)式からの推定差として分析され、工事現場の音場と照合して妥当性を有するものであれば推定差を補正して、要因の寄与量を推定するとともに、実測値からその影響を除いた。

なお、反射の影響を受けていると推定される実測値は全測定数の6.4%、またその統計値は2.3dB ± 1.7dBであった。回折の場合は、全測定数の2.5%、また回折の行路差dとの関係では、騒音の損失レベルをLとして、 $L = 2.24 \log d + 6.6 \text{ dB}$ の関係が見出された。

(2) 指向性による差

建設機械の騒音のパワーレベルが(2)式で示されるように線形構造をとる場合、個々の要因の影響の度合は、対象とする要因の因子のみが異なる実現値の平均値の差として示されることから、各方向の測定値を L_{di} ($i = 1, 2, 3, 4$: 前左後右の方向を示す) その平均値を \bar{L}_d とすると、指向性による差 P_d は、

$$P_{di} = (L_{di} - \bar{L}_d) + N(0, \sigma_d^2) \dots\dots\dots (3)$$

で示される。ここで $N(0, \sigma_d^2)$ は $(L_{di} - \bar{L}_d)$ が各測定現場で異なつた値となる時の分散を示すものである。これより、 $(L_{di} - \bar{L}_d)$ を各測定現場のデータについて平均したものが P_{di} 、その分散が σ_d^2 として計算される。

(3) 聴感補正回路及び動特性による差 (P_h, P_t)

指向性による差の分析の場合と同じ手法に依ることができるが、騒音測定の場合 P_h, P_t の因子は、いずれも2因子である (聴感補正回路は、 $\gamma = A$ または 0 と A 特性、動特性は、Fast と Slow の2因子) ため、常用される方の因子 (聴感補正回路では A 、動特性では Slow) を基準として、他の

因子の影響の差を求めた。即ち、C特性とA特性の差を $(P_{hc} - P_{ha})$ とおくと、

$$P_h = (P_{hc} - P_{ha}) + N(0, \sigma_h^2) \dots\dots\dots (4)$$

また、動特性では Fast 及び Slow の測定値を各々 P_{tF}, P_{tS} とすると、

$$P_t = (P_{tF} - P_{tS}) + N(0, \sigma_t^2) \dots\dots\dots (5)$$

となり、(2)と同じ手法によつて分析される。

(4) 変動係数 $\sigma(t)$ の分析

騒音測定値の取まとめは、その騒音の時間変動のパターンに応じて JIS-Z-8731 に定められており騒音の時間変動が正規分布に従うとすれば、次の手法によつて時間変動を表示することが可能である。即ち、

$$\sigma(t) = N(0, \sigma_{time}^2) \dots\dots\dots (6)$$

とおけば、90%レンジの上端値と平均値の差は、 $L_{05} - L_{mean} = 1.64 \times \sigma_{time}$ 、また80%レンジ上端値は $L_{10} - L_{mean} = 1.28 \times \sigma_{time}$ で示され、これより(6)式の σ_{time} が計算される。また、平均値のみの測定データしかない場合定常騒音と見做し $\sigma_{time} = 1.0$ とした。

(4) 規格とパワーレベルの関係

建設機械の大きさ(規格)と騒音のパワーレベルの関係を

$$WL = k \cdot X + P_0 + S(r) \dots\dots\dots (7)$$

の1次回帰式で示し、最小自乗法で解析した。相関関係に有意性がない場合は、 $k=0$ として、規格と騒音のパワーレベルは独立とした。

2.3 騒音のパワーレベルの周波数構成

実測値のスペクトルを $1/3$ オクターブバンドのA特性スペクトルレベルに換算し、また(1)式を用いてこれからパワースペクトルレベルを推定した。周波数構成では、機種と作業条件以外は変動要因とならないと仮定し、機種、稼動条件ごとに平均スペクトルパターンを(2)式の基準レベルまたは、(2)式の平均パワーレベルと、そのオールパスレベル値を一致させることによつて、建設機械の騒音パワースペクトルレベルを計算した。

2.4 騒音のパワーレベルの推定の手順と推定結果

建設機械の騒音のパワーレベルの変動要因の分析は、計算機を用いて行い、その計算手順は図-1のフローチャートに示すとおりである。

騒音のパワーレベルの推定と変動要因の解析結果を表-1、また騒音のパワーレベルの周波数構成を表-2に示す。なお表は、53機種について分析したうちの代表的な20機種について示したものである。

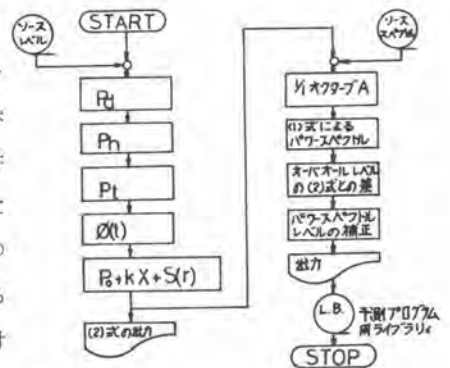


図-1 計算手順のフロー

表-1 建設機械騒音のパワーレベルの推定値

機械名	コード/規	規格 (X)	規格との関係		指向性			聴感補正 (F-0)	動特性 (F-0)	時間変動率	平均パワーレベル	偏差 (S _p)	
			P ₀ + k X	残差	前	左	後						右
ブルドーザ	101	ton	—	—	-1.3	1.8	-2.3	0.1	—	0.3	1.0	110.3	4.4
油圧ショベル	202	m ³	102.9+7.3X	7.3	-0.4	0.6	0.5	-0.7	—	0.4	3.5	106.4	7.4
ホイールローダ	302	m ³	—	—	—	—	—	—	—	—	1.7	110.6	1.1
クローラクレーン	503	ton	92.0+0.1X	4.3	2.7	-0.7	-1.7	1.2	—	0.4	2.2	97.1	5.0
ディゼルハンマ	601	ton	—	—	-0.3	0.9	-1.7	0.5	—	4.8	2.0	126.4	9.6
振動ハンマ	602	SW	108.8+0.1X	4.0	-0.5	0.9	-0.5	0.4	—	0.7	2.5	113.7	4.2
アースオーガ	603	cm	92.6+0.3X	6.7	2.0	2.5	-6.1	2.5	—	0.1	1.0	110.2	9.4
ベント掘削機	605	cm	75.9+0.4X	5.0	-0.8	0.3	1.4	-1.1	—	—	1.0	113.4	6.4
ドーナツオーガ機	607	cm	71.2+0.4X	1.7	-0.5	-0.8	0	1.4	6.0	0.6	1.0	102.2	2.7
中掘工法(既)	612:613	kW	—	—	-1.4	0.4	0.3	0.5	—	—	1.0	96.2	4.1
鋼矢板対策工法	611	kW	—	—	-2.3	1.5	—	0.7	—	—	1.0	110.2	3.9
ドロップハンマ	615	ton	—	—	0.9	0.4	-1.9	0.7	—	1.5	1.0	121.2	1.6
鋼矢板圧入工法	631	kW	—	—	0.1	0.7	-0.1	-0.6	—	1.5	1.0	99.7	2.7
コンクリートブレーカ	803	kg	—	—	0.3	-0.2	-0.3	—	—	2.7	1.0	113.8	8.1
ロードローラ	901	ton	—	—	—	0.5	—	-0.5	—	0.3	1.0	102.3	2.9
振動コンパクタ	904	ton	71.7+16.8X	1.4	-0.1	0	0.2	-0.1	—	0.3	1.0	99.2	8.8
振動ローラ	905	ton	104.3+1.2X	3.9	—	0.2	—	-0.2	—	0.4	1.0	108.5	5.3
コンクリートカッター	945	cm	—	—	-0.8	0	-1.1	0.9	—	0.8	1.0	113.8	3.9
路面修正機	946	cm	—	—	-3.2	2.1	1.1	—	—	0.6	1.0	105.6	1.1
空気圧縮機	951	cm ³ /min	—	—	-1.4	2.0	0.4	0.3	—	0.9	1.4	104.8	2.7

表-2 建設機械の騒音のパワースペクトルレベル

機械名	コード/規	オクターブ dB(A)	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
			Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
ブルドーザ	101	110.1	52.2	86.0	93.7	97.0	100.8	105.3	104.4	103.6	95.1
油圧ショベル	202	102.2	48.5	79.7	90.8	96.3	99.7	102.2	99.2	94.8	87.8
ホイールローダ	302	107.5	48.5	89.5	88.0	97.0	100.0	107.5	104.5	98.5	98.0
クローラクレーン	503	101.9	45.0	68.9	78.3	87.4	92.9	92.2	88.4	82.4	75.0
ディゼルハンマ	601	128.7	80.3	89.5	99.0	108.6	118.7	123.4	120.1	114.3	105.1
振動ハンマ	602	110.9	68.2	87.1	90.8	98.0	102.9	110.4	108.5	103.5	94.5
アースオーガ	603	105.4	79.2	90.2	93.7	100.7	99.2	105.2	104.7	99.2	91.7
ベント掘削機	605	115.7	57.1	84.9	95.6	104.9	108.3	109.1	104.4	99.3	86.9
リバス掘削機	606	103.1	54.9	76.7	85.6	93.4	96.0	100.2	94.4	87.4	—
中掘工法(既)	613:612	95.7	55.2	72.2	78.2	86.5	89.5	92.5	85.5	79.2	70.9
鋼矢板対策工法	611	104.7	60.4	89.4	88.4	92.4	95.4	102.4	96.4	89.4	80.4
ドロップハンマ	615	121.2	63.8	80.8	92.3	106.2	115.8	117.0	114.6	109.4	97.8
鋼矢板圧入工法	631	99.7	62.9	84.9	92.4	92.9	91.9	91.9	91.4	86.4	80.9
コンクリートブレーカ	803	113.8	68.0	89.0	94.7	100.1	105.7	109.8	107.9	104.2	96.6
ロードローラ	901	102.3	51.7	76.7	86.5	98.7	94.2	96.7	90.7	85.7	77.5
振動コンパクタ	904	99.2	48.5	67.5	82.0	90.3	90.5	93.5	90.3	94.0	—
振動ローラ	905	108.5	60.3	83.7	92.8	100.2	102.9	104.0	99.8	94.6	85.4
コンクリートカッター	945	113.8	59.0	79.2	93.1	101.7	104.6	107.7	105.7	109.6	98.1
路面修正機	946	105.6	63.3	84.7	94.1	96.5	98.4	101.7	97.5	89.8	81.2
空気圧縮機											

3 あとがき

本調査にて推定された建設機械の騒音のパワーレベルは、ライブラリーとして計算機に登録され、建設工事騒音の予測プログラムの入力として用いるものである。建設工事騒音予測プログラムは、ラプラスのポテンシャル方程式によつて解く方法を開発し、予測精度、出力方法について現在調査中であり別の機会に報告するつもりである。