

## ◆ 環境影響評価特集 ◆

## 工事中に発生する騒音の予測手法

新田恭士\* 村松敏光\*\*

## 1. はじめに

平成11年6月に施行された「環境影響評価法」では、建設工事騒音のアセスメントが義務付けられた。これに対応するため新たに事業計画段階での騒音予測評価手法の開発が求められている<sup>1)</sup>。

建設工事の騒音は、騒音規制法において規制されているが、建設工事現場では、様々な建設機械が使われ、コンプレッサからの定常的な騒音、杭打作業での衝撃性の高い打撃音など様々な変動特性を持つ騒音が発生している<sup>2)</sup>。

このため騒音規制法では、工事騒音は時間率騒音レベルやピークの平均値をベースに建設作業の内容毎に異なった指標 ( $L_{A5}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_{Amax5}$ ) で評価し、騒音レベルや作業時間の長さを規制している。

アセスメントにおいては、工事期間全体若しくは工事のある期間の建設機械の稼働状況を想定し、どの程度の騒音が工事現場から発生するのか、その影響を予測することが求められる。また、評価に当たっては、基本的に騒音規制法の指標で行うことが必要となる。

本文では、この観点からアセスメントの段階での計画熟度を考慮し、実用に耐えるエネルギー

表-1 建設工事騒音の種類と表現方法

種類	定常騒音	非定常騒音			
		変動騒音	間欠騒音	衝撃騒音	
				分離衝撃騒音	準定常衝撃騒音
JISによる定義	レベルの変化が小さく、ほぼ一定と見なせる騒音	レベルが不規則かつ連続的に、かなりの範囲にわたって変化する騒音	間欠的に発生し、一回の潜伏時間が数秒以上の騒音	一つの事象の潜伏時間が短く、個々の事象が独立に分離できる騒音	ほぼ一定レベルの個々の事象が極めて短い時間間隔で繰り返し発生する騒音
発生源の例	コンプレッサー	アースドリル	ダンプの通過	発破	削岩機
レベル変動パターン					
規制基準の表現	騒音計の指示値が変化せず、又は変動が少ない場合	騒音計の指示値が大幅に変動する場合	騒音計の支持値が周期的又は間欠的に変動し、①その指示値の最大値が概ね一定の場合 ②その指示値の最大が一定でない場合	騒音計の指示値が周期的又は間欠的に変動し、①その指示値の最大値が概ね一定の場合 ②その指示値の最大が一定でない場合	騒音計の指示値が周期的又は間欠的に変動し、①その指示値の最大値が概ね一定の場合 ②その指示値の最大が一定でない場合
規制法の表示方法	騒音計の指示値又はその平均値 ( $L_{A5}$ )	測定値の90%レンジの上端値 ( $L_{A5}$ )	①変動ごとの最大値の平均値 ( $L_{Amax}$ ) ②変動レベルの最大値の90%レンジの上端値 ( $L_{Amax5}$ )	①変動ごとの最大値の平均値 ( $L_{Amax}$ ) ②変動レベルの最大値の90%レンジの上端値 ( $L_{Amax5}$ )	変動ごとの最大値の平均値 ( $L_{A5}$ , $L_{Amax}$ , $L_{Amax5}$ )

Method for Predicting Noise from Construction Site

ベースの騒音の予測手法と等価騒音レベルから騒音規制法の規制基準に対応した騒音レベルへの換算手法を開発したので、これを報告する。

## 2. 予測手法の概要

工事現場においては様々な特性を有する騒音が発生しているが、これらの騒音は、そのエネルギー(パワーレベル)を基準にすることにより指標を統一して扱うことができる。また、騒音規制法の評価指標による騒音レベルとパワーレベルを基に換算した等価騒音レベルによる騒音は、伝達距離によらず、概ね一定の関係を有することが今回の実態調査で明らかになった。そこで、以下の手順で騒音予測・評価を行う(図-1)。

- ①現場実測データを基にした騒音発生地点におけるパワーレベルの設定
- ②距離  $r(m)$  離れた予測地点における等価騒音レベル ( $L_{Aeq}$ ) を予測計算式により算出
- ③予測地点の等価騒音レベル ( $L_{Aeq}$ ) を騒音規制法に対応した騒音レベル ( $L_{A5}$  等) へ換算

3. パワーレベルの設定<sup>2),3)</sup>

## 3.1 作業単位を考慮した機械の組合せ

アセスメント段階では、施工計画の検討は基本

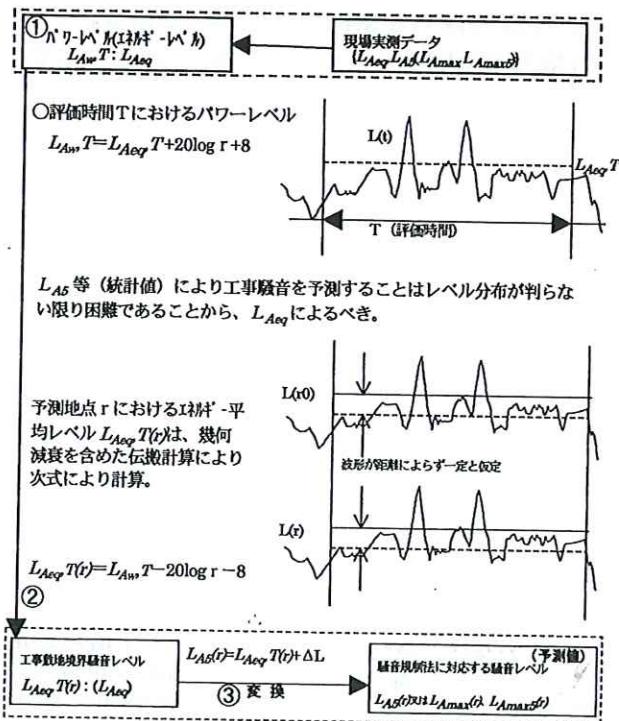


図-1 工事騒音予測フロー

的な事項に限られるのが通常であり、詳細な現場の条件や機械の稼働状況を予測することは難しい<sup>4)</sup>。このため工事工種体系の種別・細別レベルを基に標準的な機械の組合せ(ユニット)毎に設定することとした。なお、パワーレベルの設定は、各機械から発生する騒音を一箇所から発生するものと見なし、1つの点音源として取扱う。

### 3.2 評価時間

工事騒音は、一つの工種の中にも多様な変動パターンが混在する。例えば既製杭工の場合、オールが掘削時の変動騒音、溶接時の定常騒音、モンケン打撃時の分離衝撃騒音などがある。パワーレベルの評価時間は、最終的に $L_{A5}$ 等の騒音レベルに変換するため、施工サイクルの全体を対象にするのではなく、施工サイクルを代表する騒音が発生している作業工程に限定することとした。

### 3.3 パワーレベルの算出

パワーレベルの計算は、ユニットの各機械が工事ヤードを動き回ることから工事全体(期間を含め)として見た場合、音源には指向性が無いものとして考え、音響中心の周囲4方向に設けた測定点での等価騒音レベルから算出した。以下に騒音の種類毎に実測値による算出の考え方を示す。

#### (1) 変動騒音・定常騒音

変動騒音や定常騒音の場合、見かけのパワーレベルは、各測定点の等価騒音レベルからパワーレベルを算出し、その平均値により算出した。

$$L_{Aw} = L_{Aeqi} + 8 + 20 \log_{10} r_i \quad (1)$$

$$L_{Aw} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^4 L_{Aw} \right) \quad (2)$$

ここに、

$L_{Aw}$ ：ユニットのパワーレベル [dB]

$L_{Aw}$ ：測定点*i*から算出されるパワーレベル [dB]

$L_{Aeqi}$ ：測定点*i*での等価騒音レベル [dB]

#### (2) 衝撃騒音・間欠騒音

継続時間が短い間欠騒音や衝撃騒音の見かけのパワーレベルは、各測定点の単発騒音暴露レベルからエネルギーレベルを求め、標準的な発生回数を基に算出した。

$$L_{AJi} = L_{AEi} + 8 + 20 \log_{10} r_i \quad (3)$$

$$L_{AJ} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^4 10^{L_{AJi}/10} \right) \quad (4)$$

$$L_{AW} = L_{AJ} + 10 \log_{10} (N/T) \quad (5)$$

ここに、

$L_{AJ}$ ：ユニットのエネルギーレベル [dB]

$L_{AJi}$ ：各測定点でのエネルギーレベル [dB]  
 $L_{AEi}$ ：各測定点での単発騒音暴露レベル [dB]  
 $L_{AW}$ ：ユニットの見かけのパワーレベル [dB]

$T$ ：観測時間

$N$ ：観測時間内の発生回数

### 4. $L_{A5}(L_{Amax}, L_{Amax5})$ と等価騒音レベルとの変換値 $\Delta L$ の設定

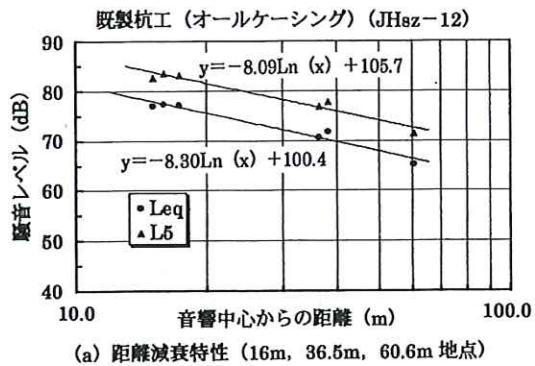
騒音規制法に規定された時間率騒音レベルは、一定時間内の大きさの順位やピーク値で評価する。また、等価騒音レベルは、騒音のもつエネルギーの大きさで評価するもので、定常騒音の場合、両者の値は一致するが、変動騒音や衝撃騒音の場合には全く異なる。しかし、工事騒音のように不規則に騒音が変化する場合でも、騒音レベルは正規分布し、時間率騒音レベルと等価騒音レベルの差( $\Delta L$ )は、レベル分布の標準偏差( $\sigma$ )をもって、ある程度の精度をもって推測可能である<sup>5)</sup>。

そこで、実測データを基に工事騒音について騒音レベル分布及び騒音レベルの距離減衰について調べた。以下にその結果を示す。

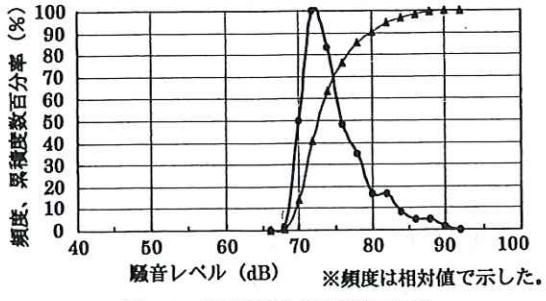
#### 4.1 $\Delta L$ の伝搬距離による特性

騒音レベル分布が伝搬距離により変化しなければ、 $L_{Aeq}$ と $L_{A5}(L_{Amax}, L_{Amax5})$ のレベル差( $\Delta L$ )も距離によらず一定と見なすことができる。そこで実測データより騒音パターン毎にこれを検討し、 $\Delta L$ が距離によらずほぼ一定であることを確認した。

図-2, 3 に変動騒音を発生する既製杭工(オール



(a) 距離減衰特性 (16m, 36.5m, 60.6m 地点)



(b) 16m 地点騒音レベル分布 (dB)

図-2 既製杭工(オールケーシング)による変動騒音の例

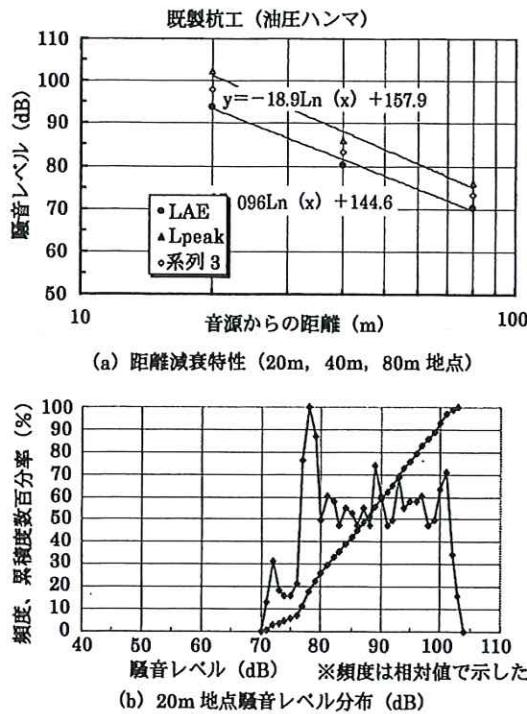


図-3 既製杭工（油圧ハンマ）による衝撃騒音の例  
ケーシングと衝撃騒音を発生する既製杭工（油圧ハンマ）の距離減衰特性と騒音レベル分布を示す。

#### 4.2 工事騒音のレベル分布と標準偏差 $\sigma$

騒音が正規分布する場合、変動幅を表す標準偏差 ( $\sigma$ ) と  $L_{AX}$  について以下の関係が成り立つ<sup>6),7)</sup>。

$$\sigma = (L_{A5} - L_{A95}) / 3.29 \quad (6)$$

これを用い各騒音のパターン（変動騒音、衝撃騒音）毎に代表的な工種について、実測データの標準偏差  $\sigma$  と計算式からの推計値の比較を行ったところ、その差は 0.5dB 以内であり式 (6) を用いた  $\sigma$  の推計により十分な精度を確保できることが判った。

#### 4.3 $\Delta L$ と標準偏差 $\sigma$ の関係

変動騒音について実測データを基に標準偏差  $\sigma$  と  $\Delta L$ （実測値）の関係を整理した（図-4）。

騒音レベルが正規分布する場合、 $L_{A5}$  と  $L_{Aeq}$  の関係は、一般に標準偏差  $\sigma$  を用いて式 (7) で与えられるが、標準偏差  $\sigma$  が 0~6 の範囲では、実測データの近似回帰曲線と理論値はほぼ一致している。

$$L_{A5} = L_{Aeq} + 1.645\sigma - 0.115\sigma^2 \quad (7)$$

この手法は、衝撃的な騒音についても適用が可能である。なお、準定常衝撃騒音については、一様分布で近似した場合の変動騒音と同様に相関が見られる（図-5）<sup>8)</sup>。

これらの関係に基づき、それぞれ、等価騒音レベルから規制基準への変換値 ( $\Delta L$ ) を標準偏差  $\sigma$  の値より簡易的に求められるように、次のとおり設定した（表-3）。

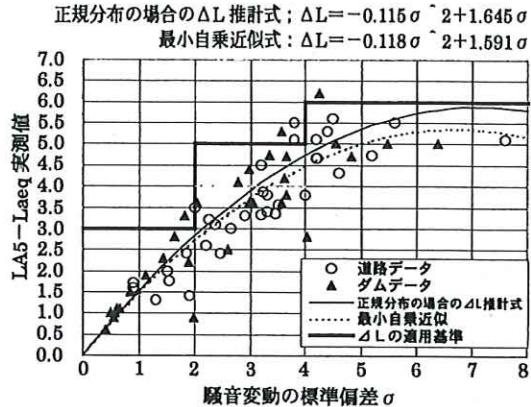


図-4 標準偏差  $\sigma$  と  $L_{Aeq} L_{A5}$  の関係（変動騒音）

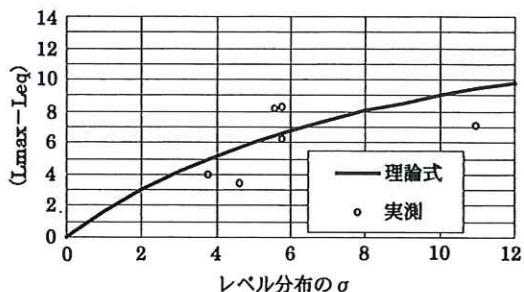


図-5 標準偏差  $\sigma$  と  $L_{Amax} L_{Aeq}$  の関係  
(準定常衝撃騒音)

表-3 騒音特性毎の  $\sigma$ 、 $\Delta L$

特性	$\sigma$	$\Delta L$
定常騒音		$\Delta L=0\text{db}$
変動騒音	$0 < \sigma \leq 2$	$\Delta L=3\text{dB}$
	$2 < \sigma \leq 4$	$\Delta L=5\text{dB}$
	$4 < \sigma$	$\Delta L=6\text{dB}$
衝撃・間欠騒音	$0 < \sigma \leq 4$	$\Delta L=5\text{dB}$
	$4 < \sigma \leq 8$	$\Delta L=8\text{dB}$
	$8 < \sigma$	$\Delta L=9\text{dB}$

#### 5. 予測計算式

予測計算は、建設機械の組み合わせ（ユニット）のパワーレベル LAW を試験施工若しくは既存文献等を参考に設定し式 (8)～式 (10) を用いて行う。予測計算フローを図-1 に示す。式 (8) により音源毎に減衰・地表面・回折効果を考慮し予測地点の等価騒音レベル  $L_{Aeq}$  を求め、式 (9) により各音源で足し合わせ予測地点の等価騒音レベル  $L_{Aeq}$  を求める。予測地点の騒音レベルは、等価騒音レベル  $L_{Aeq}$  に騒音の変動特性から求められる時間率騒音レベル又はピーク値と等価騒音レベルとの差である変換値  $\Delta L$  を加算した値である。図-6、図-7 に推計値と実測値の比較を示す。

$$L_{Aeqi} = L_{Aw} - 8 - 20 \log_{10} r_i + \Delta L_g + \Delta L_d \quad (8)$$

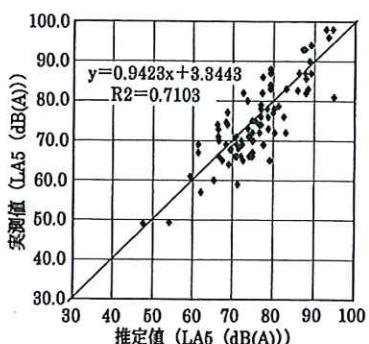


図-6 変動騒音における推定値と実測値の関係

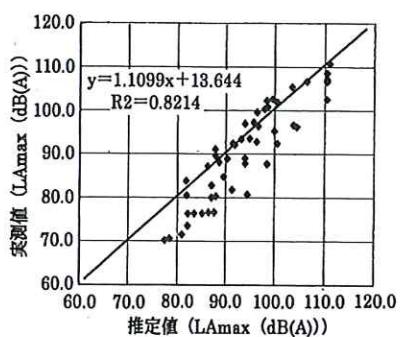


図-7 衝撃騒音における推定値と実測値の関係

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{L_{Aeqi}/10} \quad (9)$$

$$L_{A5} = L_{Aeq} + \Delta L \quad (10)$$

ただし、

$L_{Aeq}$ ：予測地点における等価騒音レベル (dB)

$L_{Awi}$ ：音源  $i$  のパワーレベル (dB)

$L_{Aeqi}$ ：音源  $i$  による予測地点の等価騒音レベル (dB)

$r_i$ ：音源  $i$  と予測地点の距離 (m)

$\Delta L_g$ ：地表面効果による補正量 (dB)

$\Delta L_d$ ：回折効果による補正量 (dB)

$L_{A5}$ ：予測地点での 5% 時間率騒音レベル (dB)

$\Delta L$ ：等価騒音レベルと  $L_{A5}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_{Amax5}$  との差 (dB)

## 6. 予測地点

騒音規制法(特定建設作業に伴って発生する騒音の規制)では、建設作業騒音は、工事の敷地境界において規制されている。このことから、建設作業騒音の稼働に伴う騒音の予測地点は、騒音規制法と整合できる工事敷地境界の地上 1.2m とすることを基本とした。なお、環境保全措置として遮音壁の効果を考慮する場合、敷地境界より離れたところで影響の最大値を予測し、その値を敷地境界の予測値とする。

また、敷地境界周辺に住居等の保全対象があり、遮音壁等の回避・低減に伴う環境保全措置の効果を把握する必要がある場合は、住居等が存在する

代表的な地点において予測することも可能である。ただし、この地点の予測指標は  $L_{Aeq}$  とし、評価においては騒音規制法との比較はせず、環境保全措置の有無による回避低減の効果を示すことも考える。

## 7. おわりに

従来の工事騒音の予測では、統計的な指標である騒音レベル ( $L_{Ax}$ ) が用いられていたため、理論的に騒音の合成が難しかった。今回、実測データを基に  $L_{Aeq}$  から  $L_{A5}$  ( $L_{Amax}$ ,  $L_{Amax5}$ ) への変換式等を検討し、エネルギー指標である等価騒音レベル ( $L_{Aeq}$ ) を導入したことにより、工事の実態に近い形での予測計算が可能になった。

なお、異なる変動特性を有する騒音間での合成方法や、稼働状態毎の騒音データの蓄積、工事騒音の指向性の検討などが今後の課題である。

おわりに、橋秀樹教授(東京大学生産技術研究所)をはじめ道路環境アセスメントマニュアル騒音検討委員会でご指導頂いた各委員の先生方、測定にご協力頂いた地方建設局、日本道路公団、首都高速道路公団、名古屋高速道路公社、および工事関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 朝倉義博、村松敏光、持丸修一、新田恭士：工事中の環境影響評価手法、土木技術資料、41-8, 1999.
- 2) 橋秀樹、山本貢平：建設工事騒音の伝搬計算方法の基本的考え方、音響学会講演論文集、1998.10
- 3) 日本規格協会：環境騒音の表示・測定方法 JIS Z 8731, 1999.
- 4) 新田恭士、村松敏光、三宅龍雄：建設工事騒音における等価騒音レベルの導入、音響学会講演論文集、1999.10
- 5) (社)日本音響学会：建設騒音振動の評価手法の開発に関する報告書、昭和 56 年
- 6) 高木興一：環境騒音の把握に関するいくつかの問題点とその考察、文部省環境科学特別研究、騒音の予測手法、1981.
- 7) 曽根、小林、二村：道路交通騒音の  $L_x$  と  $L_{eq}$  の関係について、音響学会講演論文集、1976.10
- 8) 三宅龍雄、高木興一、村松敏光、新田恭士：準定常騒音の等価騒音レベルと時間率騒音レベルの関係について、音響学会講演論文集、1999.10

新田恭士\*



建設省土木研究所材料施工部機械研究室研究員  
Yasushi NITTA

村松敏光\*\*



同 機械研究室長  
Toshiimitsu MURAMATSU