報文

建設機械の稼動に係る騒音・振動・降下ばいじんの予測手法

杉谷康弘* 山元　弘**

1. はじめに

道路などの環境影響評価において、工事中の騒音や振動を予測評価する場合には、「道路環境影響評価の技術手法[1)]（以下、「技術手法」という）」が一般的に使用されている。技術手法の内容はマニュアル的であり、事業毎に必要な調査や設定を行って、記載の予測式に設定してある諸数値を当てはめていけば、結果がでるようになっている。しかしながら、予測式や計算結果である評価量の持つ意味を十分に理解して予測評価を行うことが何より重要である。

本稿では、昨年、平成19年6月に技術手法の見直し作業を実施したため、その内容を中心に、技術手法には記載されていない、予測式や評価量（整合を図る基準として設定している物理量）の意味を理解する上で参考となる注意事項を述べることとする。なお、技術手法は国土技術政策総合研究所と土木研究所が項目毎に分担して作成しているが、本稿では土木研究所の担当する項目の一つである建設機械の稼動に係る項目について記載する。

2. 予測評価を行うに当たっての注意点

工事中の環境影響として予測する項目で代表的なものは、騒音、振動、粉じんである。これらは定量的に評価できるものであり、計算結果である評価量と整合を図る基準として定められた値（例えば規制値）とを単純に比較することにより評価を行うことができる。

ここで重要なことが2点ある。一つは、評価量の持つ意味である。物理量は測定方法や測定条件で変わってくるし、最大値なのか平均値なのかでも大きく意味が異なってくるが、評価量はこれらが明確に決まっている。評価は数値の大小だけで判断することが可能だが、その意味を理解していなければ、住民に対して十分な説明はできないであろう。二つ目は、技術手法の予測式やパワーレベル等の諸数値は、その評価量を求めることを前提に作成・設定されたものであり（諸数値を設定するための現場におけるデータ収集も評価量を前提に計測している）、その評価量を求める以外には使用できないということである。その他、各項目毎に注意すべき点があるが、それらについては後述する。

3. パワーレベル等の諸数値の改正内容

3.1　諸数値の設定のための調査

今回の技術手法の改正では予測式の基本的な考え方については変更していないが、予測式中のパラメータやユニット（作業単位を考慮した建設機械の組合せ）毎の発生量について、新しく調査したデータの解析により、多くの改正を行っている。

パワーレベル等の諸数値の設定は各地方整備局の技術事務所等において実施された実際の工事現場で収集したデータの解析により行っている。調査内容は環境監視的な視点ではなく、予測に使用する諸数値の設定に力点を置いたものであり、土木研究所において定めた調査実施要領に基づき、統一的な方法により実施されている。また必要に応じて、調査測定に対して技術的アドバイスを実施し、適切なデータの収集に努めている。これらにより集められたデータを土木研究所において精査分析し、諸数値を設定している。

3.2　建設機械の稼動に係る騒音

3.2.1　予測評価量

建設機械の騒音において整合を図る基準は、騒音規制法における特定建設作業の規制基準としている。注意すべき点は、騒音に係る環境基準の評価量である等価騒音レベルとは別物であることである。また、騒音レベルの時間的な変動の状態（一定レベルの騒音、不規則に変動する騒音、間欠的に発生する騒音、衝撃的な騒音など）によってその大きさの決定方法が異なる。例えば、不規則に変動する騒音（変動騒音）の場合には、測定時間のうちの5%の時間において超えている値

A Prediction Technique of Construction Noise ,Vibration and Dust Fall

(別の言い方をすれば上位5%の値を除外した最大値。通常L_{A5}と表記される）で評価するが、間欠的に発生する騒音（間欠騒音）の場合には、変動ごとの最大値の平均（最大値の値が概ね一定の場合）で評価する。また測定時間は環境基準のような昼間・夜間といった長い時間ではなく、10分程度の短い時間で評価されることが多い。つまり、1日の作業を通しての平均的な騒音レベルで評価されるわけではない。また、規制値の85dBは作業の種類毎に超えてはならない数値であり、現場全体から発生する騒音レベルの値ではない。

3.2.2 予測式

変動騒音の予測式は、下記のとおりである。

$$L_{A5} = L_{Aeff} + \Delta L$$

$$L_{Aeff} = L_{WAeff} - 20\log_{10} r - 8$$

L_{A5}：ユニット中心から$r(m)$における5%時間率騒音レベル(dB)

L_{Aeff}：ユニット中心から$r(m)$における実効騒音レベル(dB)

ΔL：補正値(dB)

L_{WAeff}：A特性実効音響パワーレベル(dB)

変動騒音以外で間欠的に発生する騒音の場合でも基本的な考え方は同じであり、L_{A5}を$L_{A,Fmax,5}$等に置き換えて計算する。ここで計算されるL_{A5}等の値は評価量（すなわち騒音規制法）に対応しており、計算過程で算出されるL_{Aeff}についても環境基準における等価騒音レベルとは評価時間が異なることから計算式が同じでも同意ではないことに注意が必要である。また、作業毎に評価するものであるので、現場内の異なるユニットの騒音レベルを合成することはできない。

3.2.3 データの測定・解析方法

データ測定は、対象とするユニットに対して、図-1のように騒音計を配置して測定している。建設作業騒音は図-2の例のように1サイクルの工程の中でも作業内容により騒音レベルが異なっているが、評価量と整合させるため、データの測定解析は騒音の影響が最も大きくなるような作業を対象に行っている。図-2の例では④の作業が測定解析の候補となる。測定結果は3.2.2の予測式に基づき解析し、L_{WAeff}及びΔLを決定する。

3.2.4 解析結果

解析結果の掲載例を表-1に示す。改正では、新たに5ユニットが追加され、全49ユニット分の諸数値を設定している。

表-1 騒音予測の諸数値例

ユニット	評価量	L_{WAeff} (dB)	⊿L (dB)
土砂掘削	L_{A5}	103	5
硬岩掘削	L_{A5}	113	6
油圧パイルハンマ	$L_{A,Fmax,5}$	121	8

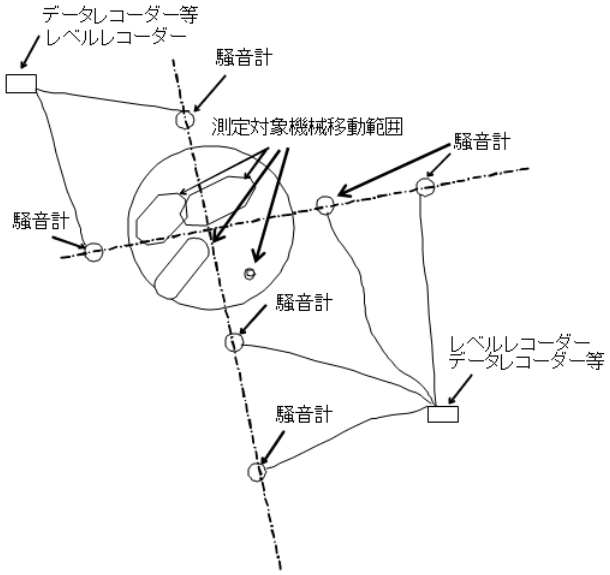

図-1 騒音データ測定配置図

3.3 建設機械の稼動に係る振動

3.3.1 予測評価量

建設機械の振動において整合を図る基準は、振動規制法における特定建設作業の規制基準としている。この評価量は鉛直方向の振動についてのみ規定しており、水平方向の振動については規定していないため、予測を行うのも鉛直方向の振動だけである。また、振動レベルの時間的な変動の状態（騒音と同様）によってその大きさの決定方法が異なる。例えば、不規則に変動する振動（変動振動）の場合には、測定時間のうちの10%の時間において超えている値（別の言い方をすれば上位10%の値を除外した最大値。通常L_{10}と表記される）で評価する。また、騒音と同様に10分程度の短い時間で評価されることが多く、1日の作業を通しての平均的な振動レベルで評価されるわけではない。規制値の75dBは作業の種類毎に超えてはならない数値であり、現場全体から発生する振動レベルの値ではないことも騒音と同様である。

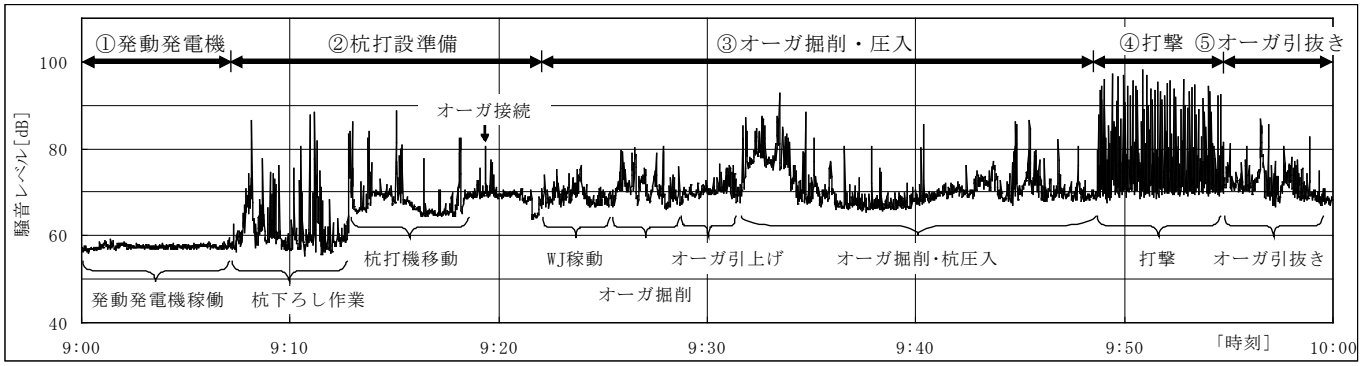

図-2　中堀工1サイクルの騒音レベル変動模式図

3.3.2　予測式

振動の予測式は、下記のとおりである。

$$L(r) = L(r_0) - 20n\log_{10}(r/r_0) - 8.68\alpha(r - r_0)$$

$L(r)$: 振動源から$r(m)$における振動ﾚﾍﾞﾙ(dB)

$L(r_0)$: 基準点(振動源からr_0(m))における振動ﾚﾍﾞﾙ(dB)

r_0 = 5m　　α : 内部減衰係数

予測式におけるnの値については、実体波（縦波・横波）ではn=1、表面波ではn=0.5となるが、建設振動の減衰がその中間的な性質を有するものと考えたため、n=0.75として予測することとしている。

技術手法では、ユニット毎に基準点振動レベルL(r_0)を設定しているが、それぞれ固結地盤における値なのか未固結地盤における値なのかを明示している。これは同一のユニットであっても、地盤の種類により振動量が異なるからであり、基準点振動レベルは未固結地盤の方が大きな値となる。未固結地盤の地点において予測する場合に、固結地盤の値を使用すると過小評価となる可能性があるので注意が必要である。また、評価量は作業毎に評価するものであるので、現場内の異なるユニットの振動レベルを合成することはできない。

3.3.3　データの測定・解析方法

データ測定の方法は、振動計を用いること以外については基本的に騒音と類似している。振動計の配置については図-1と同様である。1サイクルの振動変動についても図-2と同様に作業内容により振動レベルが異なっているが、評価量と整合させるため、データの測定解析は振動の影響が最も大きくなるような作業を対象に行っている。

測定結果は3.3.2の予測式に基づき解析し、L(r_0)及びαを決定する。ただし、予測式は地盤を等方等質の半無限弾性体とみなした場合の式であり、実際の地盤は一様ではなく、層構造等によって屈折や反射等が起こる。そのため、空気中を伝搬する騒音と比較すると、振動の測定値は予測式に厳密に従った値との誤差が生じやすい。実際のところ、基準点振動レベルL(r_0)、内部減衰係数αの2変数をユニット毎に解析した場合には、αがマイナス値になるなど解析結果として不適切な結果となるユニットもあった。そのため、内部減衰係数αについてはユニットによらず固結地盤と未固結地盤のそれぞれの平均的な値を算出し、その値に基づきユニット毎の基準点振動レベルを解析している。なお、内部減衰係数は周波数に比例して大きくなる性質があり、超高周波バイブロハンマ工についてはこの原理を応用して振動対策を行ったものであるため、他のユニットと比較して高周波成分が高いことを考慮し、別途単独で内部減衰係数を決定している。

3.2.4　解析結果

解析結果の掲載例を表-2に示す。改正では、新たに19ユニットが追加され、全42ユニット分の諸数値を設定している。

表-2　振動予測の諸数値例

ユニット	地盤の種類	評価量	内部減衰係数 α	基準点振動ﾚﾍﾞﾙ (dB)
硬岩掘削	固結	L_{10}	0.001	48
鋼矢板（ﾊﾞｲﾌﾞﾛﾊﾝﾏ工）	未固結	L_{10}	0.01	77
鋼矢板（超高周波ﾊﾞｲﾌﾞﾛﾊﾝﾏ工）	未固結	L_{10}	<u>0.14</u>	81

3.4　建設機械の稼動に係る粉じん等

3.4.1　予測評価量

建設機械の稼動に係る粉じん等（降下ばいじん

の量で評価する。）においては整合を図る基準がないため、参考値として10t/km²/月を独自に設定している。これは、スパイクタイヤ粉じんにおける生活環境の保全が必要な地域の指標である20t/km²/月及び降下ばいじん量の比較的高い地域の値である10t/km²/月との差を建設機械の稼動による寄与の上限としたものである。なお、降下ばいじんを測定する機器としてはダストジャーやデポジットゲージがあるが、デポジットゲージの方が小さい値として観測される傾向がある。参考値とした10t/km²/月は、ダストジャーによる計測を前提としたものである。また、騒音や振動の評価量と異なり、作業毎ではなく、現場全体からの発生量として考える必要がある。

3.4.2 予測式

降下ばいじんの予測式は、下記のとおりである。

$$C_d(x) = a \times u^{-1} \times x^{-c}$$

$Cd(x)$: 1ユニットから発生し拡散する粉じん等のうち発生源からの距離x(m)の地上1.5mに堆積する1日当たりの降下ばいじん量(t/km²/□/□□□□)

a : 基準降下ばいじん量(t/km²/□/□□□□)

u : 平均風速(m/s)　　c : 降下ばいじんの拡散を表す係数

発生源は季別の施工範囲として面的に設定し、発生源から予測点までの距離や風向風速を加味して施工範囲全体からの寄与を合計する。ただし、距離減衰が明確でないユニットについては距離によらず一定として計算することとしている。また、評価量は現場全体で評価するので、現場内で同時稼動するユニットがある場合に合算して評価する必要がある。

3.4.3 データの測定・解析方法

データ測定の方法は、発生源の風下方向に水を張ったバットを設置し、0.5日単位で降下ばいじん量を測定している。騒音・振動と異なり、1サイクルの工程の平均的な値として測定する。

測定結果は3.4.2の予測式に基づき解析し、基準降下ばいじん量a及び拡散係数cを決定する。以前はユニット毎にaとcの2パラメータで解析していたが、ユニット間における発生量の相対的な違いがわかりにくくなっていた。そのため、改正では、拡散係数cをユニットによらず全体で解析し、aについてはユニット毎に解析している。

3.4.4 解析結果

解析結果の掲載例を表-3に示す。改正では、新たに6ユニットが追加され、全27ユニット分の諸数値を設定している。

表-3　降下ばいじん予測の諸数値例

ユニット	基準降下ばいじん量 a	拡散係数 c	ユニット近傍での降下ばいじん量 (t/km²/8h)
硬岩掘削	110,000	2.0	－
硬岩掘削（散水）	30,000	2.0	－
高圧噴射撹拌	－	－	0.04

4. まとめ

ここまで工事中の騒音等において、技術手法を基に評価量を算出する場合の注意事項について述べてきた。繰り返しになるが、重要なのは数値だけでなく、その数値の持つ意味である。そういう観点で言えば、机上で数値を眺めているだけでなく、騒音計や振動計を使って実際にデータを計測することが、評価量の意味を理解する上でも役立つと思われる。機会があればぜひ実施して頂きたい。また、データ解析の内容は土木研究所資料[2]としてまとめているので、そちらも参考願いたい。

参考文献

1) 道路環境影響評価の技術手法（Ver.2-1)、土木研究所資料第4053～4065号、国土技術政策総合研究所資料第382～400号、2007
2) 山元弘、林輝、吉永弘志、吉田潔：建設工事騒音・振動・大気質の予測に関する研究（第三報)、土木研究所資料第4010号、2006

杉谷康弘*

独立行政法人土木研究所つくば中央研究所技術推進本部先端技術チーム主任研究員
Yasuhiro SUGITANI

山元　弘**

国土交通省大臣官房付（前独立行政法人土木研究所つくば中央研究所技術推進本部先端技術チーム主席研究員）
Hiroshi YAMAMOTO