

33. 建設機械の稼動に係る環境影響評価の研究現況について

独立行政法人土木研究所 先端技術チーム 主席研究員 山元 弘

主任研究員 ○杉谷 康弘

国土交通省国土技術政策総合研究所 建設システム課 主任研究官 吉田 潔

1. はじめに

独立行政法人土木研究所（旧建設省土木研究所含む。）では、建設工事中に発生する騒音や振動等の影響を、事業の計画段階で評価する一般的な手法を検討し、「道路環境影響評価の技術手法」（以下、「技術手法」という。）として平成13年から公表している。その後、技術手法は道路事業の環境影響評価を行う際のツールとして広く使用されている。建設騒音については、平成16年に評価手法の改正を実施しているが、その後得られた知見や関連する法令等の改正を反映させるため、昨年、平成19年6月に建設騒音を含むその他の項目についても改正を行っている。前半部では、その内容を報告する。

また、後半部では、技術手法にはまだ反映されていないが、現在検討を進めている内容について、その一部を報告する。

2. 建設工事による環境影響予測の課題

技術手法は調査から評価までの一連の作業について網羅されているが、評価する物理的な量が決まっているとすれば（環境基準や規制基準等）、特に技術的な調査研究が必要な部分は予測の方法に関するものである。

予測の基本は、騒音等の発生量がどの程度で、それが予測点までどのように変化（通常は減少。）するかを求めることである。建設工事では工事内容により様々な工種が存在し、発生量も異なることから、工種毎にパラメータを用意する必要がある。また、発生する物理量の質的なもの（騒音や振動においては周波数、粉じんにおいては粒径分布等。）や現場条件（地盤の種類等。）、予測条件（発生源や予測点の高さ、保全措置の有無等。）、によって予測点までの変化の量も異なるといわれており、それらを考慮しておく必要がある。

3. 技術手法の改正

(1) 建設機械の稼動に係る騒音

音の伝播理論に基づく予測式は(社)日本音響学会のASJ CN-Model2002によるものとしており、この点については改正していない。ただし、平成20年4月にASJ CN-Model2007が公表されており、近々これによるものとする時点修正を行う予定である。基本的な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 ：補正值(dB)

L_{WAeff} ：A特性実効音響パワーレベル(dB)

騒音源の発生量については、新たに得られた現場実測調査データの結果を反映させ、精度を高めている（例えば「土砂掘削」においては3現場から7現場へ解析データを増やしている。）とともに、新たな工種（ユニット）のパラメータを5ユニット追加し、全49ユニットとなっている。事例を表-1に示す。

表-1 騒音予測パラメータ

ユニット	評価量	L_{WAeff} (dB)	ΔL (dB)
ディーゼルパイルハンマ	$L_{A,Fmax,5}$	134	9
油圧パイルハンマ	$L_{A,Fmax,5}$	121	8
鋼橋架設	$L_{A,Fmax,5}$	118	8
コンクリート橋架設	L_{A5}	100	5
構造物取り壊し(火薬類、圧碎機除く)	$L_{A,Fmax,5}$	119	8
構造物取り壊し(圧碎機)	L_{A5}	105	5

なお、騒音の現場測定については複数の測定点を配置し、同一の現場で複数の測定を行っているとともに、

同種のユニットについて複数の現場で測定を行っていることから、パラメータを解析するに当たり、これらの測定値について dB 値をそのまま平均するか、エネルギー平均するかについてルールを定めておく必要があった。今回の解析では計測量から物理量を算出する段階（同一現場での当該ユニットの音響パワーレベルの算出するまで。）はエネルギー平均を行い、それぞれの現場の平均については統計的な代表値を決めるという観点から dB 値の算術平均を行うこととした。

(2) 建設機械の稼動に係る振動

予測の基本式は下記の Bornitz の式のまま変更はない。なお、技術手法においては n の値を 0.75(実体波 $n=1$ とレイリー波 $n=0.5$ の中間値。)として予測することとしているが、現場実測データの解析結果によれば $n=0.5$ として解析した結果と $n=0.75$ として解析した結果において精度的な差は小さい。¹⁾

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

$L(r)$: 振動源から $r(m)$ における振動レベル (dB)

$L(r_0)$: 基準点(振動源から $r_0(m)$)における振動レベル (dB)

$r_0 = 5m$ α : 内部減衰係数

振動源の発生量については、新たな調査データにより精度の向上や、新たに 19 ユニットのパラメータの追加を行い、全 42 ユニットとし、パラメータの充実を図っている。事例を表-2 に示す。

表-2 振動予測パラメータ

ユニット	地盤の種類	評価量	内部減衰係数 α	基準点振動レベル (dB)
硬岩掘削	固結	L_{10}	0.001	48
硬質地盤ホールディング	未固結	L_{10}	0.01	61
	固結	L_{10}	0.001	56
鋼矢板 (パイロハンマ工)	未固結	L_{10}	0.01	77
鋼矢板 (超高周波パイロハンマ工)	未固結	L_{10}	0.14	81
鋼矢板 (油圧圧入引抜工)	未固結	L_{10}	0.01	62

基準点振動レベルには適用する地盤の種類（固結地盤、未固結地盤の別。）を明示することとし、未固結地盤の基準点振動レベルを適用し固結地盤の振動を予測

すると予測値が大きめになることに留意する旨を記載した。

内部減衰係数 α については、ユニット毎に解析した場合に異常値をとることが多いため、固結地盤と未固結地盤それぞれで全ユニットの平均値を採用した。ただし、超高周波パイロハンマ工については内部減衰係数を意図的に高めて振動対策をした工法であるため、他のユニットと比較して周波数スペクトルの高周波成分が卓越していることを確認し、他のユニットとは異なる値とした。

(3) 建設機械の稼動に係る粉じん等

予測の基本式は下記の式のまま変更はない。

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

$C_d(x)$: 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 に堆積する旧当たりの降下ばいじん量 (t/km^2 / 日/ユニット)

a : 基準降下ばいじん量 (t/km^2 / 日/ユニット)

u : 平均風速 (m/s) c : 降下ばいじんの拡散を表す係数

降下ばいじんの発生量については、新たな調査データにより精度の向上や、新たに 6 ユニットのパラメータの追加を行い、全 27 ユニットとした。事例を表-3 に示す。

表-3 降下ばいじん予測パラメータ

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 ($t/km^2/8h$)
土砂掘削	17,000	2.0	—
軟岩掘削	20,000	2.0	—
硬岩掘削	110,000	2.0	—
硬岩掘削 (散水)	30,000	2.0	—
高圧噴射攪拌	—	—	0.04

これまでは現場測定データを a と c の 2 パラメータで解析していたが、粉じん発生量のユニット間の相対的な違いがわかりにくくなっていた。そのため、降下ばいじんの拡散を表す係数 c については、測定値の分布および重力沈降を考慮した拡散による計算値の双方から判断し、 $c=2.0$ で統一し、 a のみの 1 パラメータで解析している。

なお、粉じんの発生量が小さく距離減衰傾向が見られないユニットについては測定値の平均値を記載することとした。予測においては、その値に工事日数分を掛けることで算出する。

(4) 建設機械の稼動に係る $\text{NO}_2 \cdot \text{SPM}$

予測を正規型プルーム式及び積分型簡易パフ式で行うことに変更はない。パラメータについては二次排出ガス対策型の値を追加している。

(5) その他の改正点

関係法令等の改正により、整合を図る基準について、「工事の実施に当たって長期間にわたり影響を受けるおそれのある環境要素であって、当該環境要素に係る環境基準が定められているものについては、当該環境基準と調査及び予測の結果との間に整合が図られているかどうかを検討する」ことが求められることとなり、該当する項目について当該内容を追加している。

また、資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に係る騒音、振動、粉じん等、 $\text{NO}_2 \cdot \text{SPM}$ についても同時に改正を行っている。パラメータの更新や関係法令等の変更に合わせて修正を実施しているが、基本的な予測手法に変更はない。

4. トンネル発破騒音予測手法の検討

トンネル発破騒音について現場実測データの調査・解析を継続的に実施しており、それらの結果は ASJ CN-Model2007 で新たに提案された予測手法の検討の土台となっている。予測精度の向上や、多様な現場条件で適用できるようにするには更にデータの蓄積が必要であるが、これまで得られた結果を報告する。

(1) トンネル坑内における音響伝搬特性

- ・ 25Hz 程度以下の周波数については、覆工状況によらず坑口までほとんど減衰せずに伝搬する。
- ・ 1 次覆工区間において切羽から離れた位置で過剰減衰が生じる場合と生じない場合がある。過剰減衰が生じる場合、概ね 100Hz 以上の周波数で生じ、高音域になるほど切羽に近い位置から生じる。
- ・ 2 次覆工区間においては、200Hz 程度以下の周波数では、ほとんど距離減衰しない。それ以上の周波数においても徐々に減衰するが、5kHz 帯域においても倍距離-6dB 程度である。

(2) 発破音の音響エネルギーレベル

- ・ 5 現場において計測した結果（発破回数は合計 8 回）から算出された発破音の音響エネルギーレベルと総薬量の関係を図-1 に示す。音響エネルギーレベルの算出は、音響エネルギーレベルが既知な模擬音源を切羽位置において音を発生させ、発破音測定と同一地点にて測定を行い、その差を用いた。
- ・ A 特性では、総薬量の違いにより音響エネルギーレベルに差が生じる傾向にあるが、データの更なる追加が望まれる。C 特性においては薬量による差は少ない結果となった。

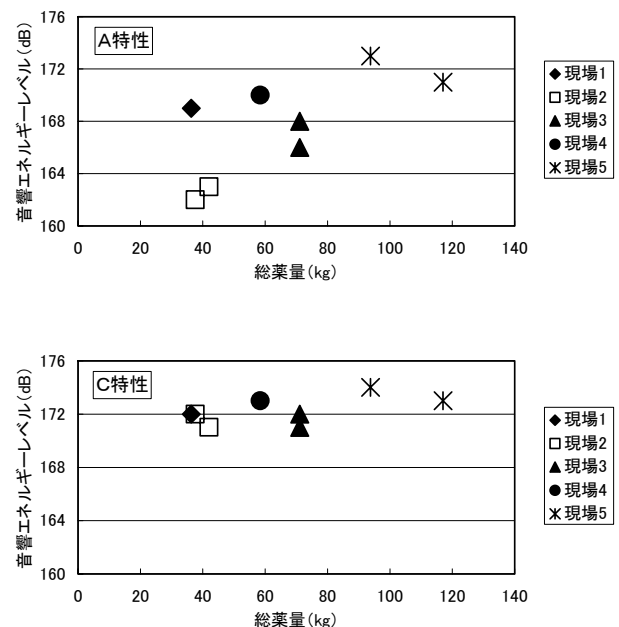


図-1 総薬量と音響エネルギーレベルの関係

(3) 単発音圧暴露レベルと音圧レベルの最大値の関係

トンネル坑外において、各種の時間重み付き音圧レベルの最大値 ($L_{A,Fmax}$ 、 $L_{C,Fmax}$ 、 $L_{A,Smax}$ 、 $L_{C,Smax}$) について単発音圧暴露レベル (L_{AE} 、 L_{CE}) との関係性を調べた。いずれの評価量も単発音圧暴露レベルと線形の関係が見られた。また、傾き 1 の回帰式としても相関が高いことから、 $L_{A,Fmax} = L_{AE} + \Delta L$ のように簡易な式として計算が可能である。

(4) 今後の課題

防音扉の遮音性能の評価、トンネル坑外における長距離伝搬特性の把握などが主な課題であるが、音響エネルギーレベルについてもこれまで測定していない条件下でのデータを充実させ、総薬量との関係などを明

確にすることが必要である。

5. プルーム式による降下ばいじん予測手法の検討

技術手法に掲載している降下ばいじんの予測式は3.(3)に示したとおりであるが、発生源が高所であったり（高架上での工事など）、予測点が高所（マンション高層階など）である場合や、仮囲いの効果（高さとの関係など）を予測する場合に、高さ方向に対するパラメータがないため、そういった条件に柔軟に対応することができない。そのため、現在、重力沈降を考慮したプルーム式（下記に示す。）を適用した予測手法を検討している。

$$C(x, y, z) =$$

$$\frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H+V_g \cdot x/u}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

C : 粉じん濃度 (mg/m³) Q : 粉じん発生強度 (mg/s)

σ_y, σ_z : y, z 方向の拡散幅 (m) u : 風速 (m/s)

H : 発生源の高さ (m) V_g : 沈降速度 (m/s)

降下ばいじん量は、粉じん濃度 C に沈降速度 V_g を掛けることにより求めることができるが、沈降速度についての検討状況を報告する。

(1) 降下ばいじん粒径による沈降速度

沈降速度については降下ばいじんの粒径から推測することができるが、現場で採取した降下ばいじんを粒径分析した例を図-2に示す。

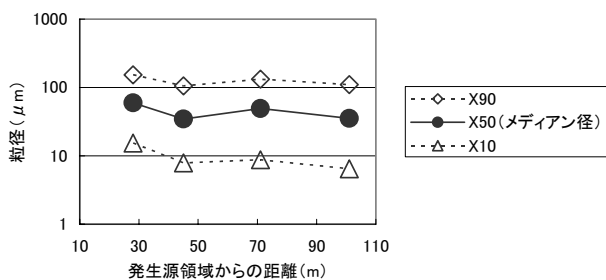


図-2 降下ばいじん粒径分布

メディアン径では50 μm 前後であり、概ね10~100 μm の範囲にある。また、粒径の大きいものほど早く沈降し、遠方ではピークが小さい粒径にシフトする傾向は顕著には見られない結果となっている。これらの粒径に対応する沈降速度 Stokes または Allen の重力

沈降速度式（図-3 に試算した結果を示す。）により求めることができる。粒径10~100 μm の場合、沈降速度は概ね0.01~1m/s であり、メディアン径の50 μm では約0.2m/s となる。実際に予測を行う際には粒径区分を幾つか設定し、その区分毎の代表沈降速度により計算を行うことなどが想定される。

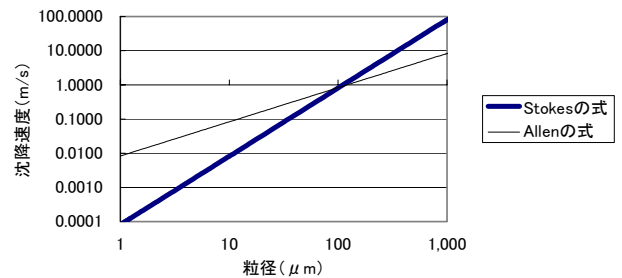


図-3 沈降速度

(2) 粉じん濃度と降下ばいじん量による沈降速度

図-2 の現場では粉じん濃度を同時に計測し、降下ばいじん量を粉じん濃度で割ることにより平均的な沈降速度を算出することを試みた。その結果は、0.069~0.269m/s であったが、これは粒径では概ね30~60 μm に相当し、降下ばいじんの粒径分析の結果からも概ね妥当な範囲となった。

(3) 今後の課題

沈降速度以外のパラメータについても調査解析を実施し、各パラメータの値を確定していく必要がある。また、重力沈降により煙軸が地表面に到達した後の取り扱いや反射の影響の取り扱いなど、予測モデルの全体の精度を高めることとしている。

6. おわりに

環境影響評価に関する項目のうち、建設機械の稼動に係る項目の検討状況を今回報告した。アセスメントの実施時期や実務を考慮すると、予測式の詳細すぎる条件設定や、精度向上に見合わない膨大な計算は避ける必要がある。予測精度の向上に関する検討を今後も進めるに当たっては、これらとのバランスを考えながら、完成度を高めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 吉永弘志、吉田正、林輝：工事振動の発生と伝搬、(社)日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集、2004.9