

## B-31 工事の実施に伴う粉じん・騒音・振動の予測

独立行政法人土木研究所技術推進本部

○吉永弘志

同上

林 輝

同上

山元 弘

## 1. はじめに

平成 11 年 6 月から全面的に施行された環境影響評価法に対応し土木研究所では環境影響評価に関する技術手法を平成 11～12 年度にとりまとめている。技術手法は知見の進展に伴い見直すこととしており、筆者らは工事の実施に伴う大気質・騒音・振動に関する研究を継続している。これらの予測法については分野ごとに精度向上の研究が行われているが、今回、これらが物質またはエネルギーの 3 次元的な拡散である点に着目し、距離による減衰について大気質・騒音・振動を横断的に考察した結果を報告する。

## 2. 粉じん

工事の実施に伴う大気質については降下ばいじんを標準項目として予測することとしており、現行の予測手法においては Fig.1 をモデルとした式(1)を基本としている。土木研究所では国土交通省の関係機関と協力し、工事由来の降下ばいじんを測定し、式(1)をあてはめ最小 2 乗近似でパラメータ  $a$ ,  $c$  を算出している。文献<sup>1)</sup>の記載値においては距離減衰に関するパラメータ  $c$  は工事の種類ごとに 1.0～2.8 の間に分布しているが、測定値の近似値のため真の値とは限らない。

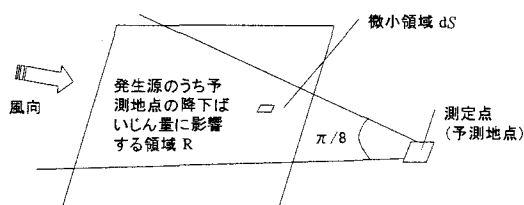


Fig.1 工事粉じんの予測

$$C_{d-ground} = \sum_{\text{directions}} \iint_R a \cdot u^{-1} \cdot x^{-c} dS \quad (1)$$

$C_{d-ground}$ : 工事 1 日の降下ばいじん量( $t/km^2 \cdot \text{日}$ ),  $\text{directions}$ : 風向  
頻度,  $R$ : 発生源のうち風向により予測地点の降下ばいじん量に  
影響する領域,  $a$ : 工事の種類ごとの定数,  $u$ : 風速( $m/s$ ),  $x$ : 微小  
領域  $dS$  から測定点 (予測地点) までの距離( $m$ ),  $c$ : 定数とし、測  
定点 (予測地点) に影響する範囲は  $\pi/8$  としている。

Table 1 は「粉体噴射攪拌工」について測定回ごとに拡散のパラメータを解析したものである。距離減衰に関するパラメータ  $c$  は 1.5～2.1 の間に分布しているが、距離減衰の係数の 0.5 程度の違いは近似結果には影響しないと考えられる。Table 1 でパラメータ  $c$  を 2.0 に統一して再解析し  $a$  の平均値を採用すると式(1)における「粉体噴射攪拌工」の代表値は( $a$ ,  $c$ )=(3,300, 2.0)となる。

一方、大気拡散については一般的にブルーム式で予測されており、重力の影響を受ける降下ばいじんは式(2)、式(3)で計算される。

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z - H_e + V_s \cdot x/u}{\sigma_z}\right)^2\right] \quad (2) \quad C_{dsec} = C \cdot V_s \quad (3)$$

$C$ : 粉じん濃度( $mg/m^3$ ),  $Q$ : 発じん量( $mg/s$ ),  $u$ : 平均風速( $m/s$ ),  $x$ : 風向に沿った風下距離( $m$ ),  $y$ :  $x$  軸に直角な水平距離( $m$ ),  
 $z$ :  $x$  軸に直角な鉛直距離( $m$ ),  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ : 水平( $y$ ), 鉛直( $z$ )方向の拡散幅( $m$ ),  $H_e$ : 発じん箇所の高さ( $m$ ),  $V_s$ : 落下速度( $m/s$ ),  
 $C_{dsec}$ : 降下ばいじん量( $mg/m^2s$ )

拡散幅に Pasquill-Gifford の拡散幅の近似式における大気安定度  $D$ 、落下速度を Stokes の式で比重を 3.0 として降下ばいじん量を試算し、距離減衰を(1)式のべき乗の形と比較した例が Fig.2 である。距離のマイナス 2 乗でよく表現できる。他の事例も同様の傾向であった。

以上から、降下ばいじんの距離による減衰は現場測定値および計算値の双方で発生源からの距離を  $x$  とすれば  $x^2$  で表現できると言える。

### 3. 騒音

騒音予測は騒音のエネルギーが Fig.3 のように半円球に拡散するとの仮定を基本としている。単位面積に音のエネルギーが集中した場合の音の大きさを  $I_w$  とすると音源からの距離  $r$  では面積比で  $r^{-2}$  に比例してエネルギーが減衰する。騒音はデシベルに変換して表現するので計算式は(4)になる。環境影響評価においてはこれに地表面効果および回折による減衰を加算している。日本音響学会の建設工事騒音予測モデル<sup>2)</sup>によると地表面効果および回折効果の計算式はそれぞれ式(5)、式(6)となる。回折による減衰量は騒音対策として遮音壁を設置した場合等においておおむね 10dB 程度以下であり影響が大きい、一般的な工事における地表面効果は式(4)の距離による減衰と比較して小さい。

各種の補正の計算方法があるが、騒音予測はエネルギーが発生源からの距離を  $x$  とすれば  $x^2$  に比例することを基本としており、評価ではこれを dB に変換している。

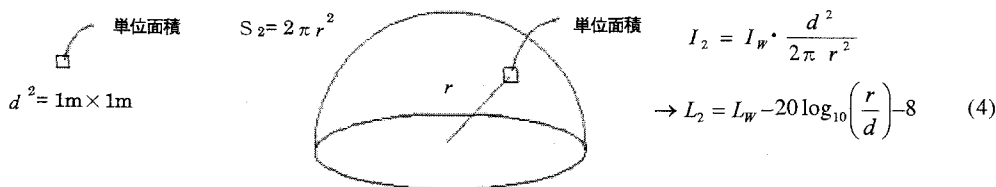


Fig.3 騒音の距離による減衰の考え方

$$\Delta L_s = \begin{cases} -K \log_{10} \left( \frac{r}{r_c} \right) & r \geq r_c \\ 0 & r < r_c \end{cases} \quad (5)$$

$K, r_c$ : 音源、予測地点の高さ、地表面の状態  
で決定される係数

$r$ : 発生源から予測地点までの距離(m)

$$ATT = \begin{cases} 18.4 + 10 \log_{10} \delta & \delta \geq 1 \\ 5 \pm \frac{13.4}{\ln(1 + \sqrt{2})} \sinh^{-1}(|\delta|^{0.42}) & -0.069 \leq \delta < 1 \\ 0 & \delta < -0.069 \end{cases} \quad (6)$$

ATT: 回折減衰量(dB),  $\sigma$ : 行路差(m)

### 4. 振動

振動も騒音と同様にエネルギーに比例する量を dB に変換して評価している。地盤を伝搬する振動に関しては等方等質の半無限弾性体とみなした波動方程式の解として P 波、S 波、レイリー波が存在することや内

Table 1 粉体噴射攪拌工の降下ばいじん解析値-測定現場ごとの解析値

|              | 測定<br>1 | 測定<br>2 | 測定<br>3 | 測定<br>4 | 測定<br>5 | 測定<br>6 | 測定<br>7 | 平均  |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| 発生源の面積 (㎡)   | 559     | 48      | 564     | 564     | 567     | 567     | 385     | 465 |
| パラメータ a      | 2,988   | 496     | 1,394   | 1,704   | 299     | 2,724   | 3,141   |     |
| パラメータ c      | 1.6     | 1.6     | 1.8     | 2       | 1.5     | 2.1     | 1.7     |     |
| 平均風速 (m/s)   | 2.4     | 3.8     | 1.5     | 3.1     | 2.2     | 3.8     | 7.9     | 3.5 |
| 平均日射量 (kw/㎡) | -       | 0.25    | 0.068   | 0.20    | 0.28    | 0.13    | 0.41    |     |
| 大気安定度        | C       | B       | C       | C       | C       | C       | D       |     |

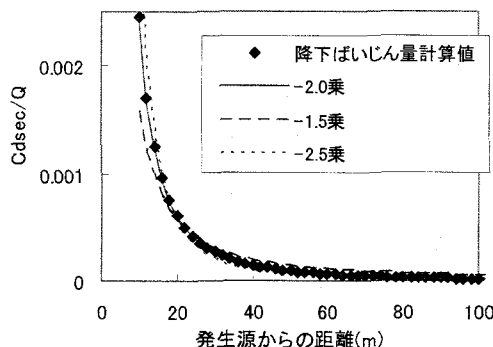


Fig.2 降下ばいじん計算例 ( $U=3\text{m/s}$   $50\mu\text{m}$ )

部減衰を経験的に取り入れた Bornitz の式で予測できることが知られている。工事振動の予測式は Bornitz の式で振動加速度を予測値とした式(7)を基本としている。

$$L_{va} = L_{va0} - 20n \log_{10}(r/r_0) - 8.68\alpha(r - r_0) \quad (7)$$

$L_{va}, L_{va0}$ : 振動源から距離  $r$ [m],  $r_0$ [m] における  
振動加速度レベル[dB]

技術手法<sup>3)</sup>等においては  $r_0=5\text{m}$  とし他のパラメータは測定値に基づき以下としている。 $L_{va0}$ : 工事の種類ごとの固有値,  $\alpha=0.001$  (固結地盤-岩, 玉石),  $\alpha=0.019$  (未固結地盤-粘性土, 砂質土),  $n=0.75$  (実体波  $n=1$  とレイリー波  $n=0.5$  の中間値)。

式(7)についての測定値は  $L_{va}$ ,  $r$ , パラメータは  $L_{va0}$ ,  $n$ ,  $\alpha$  である。筆者らは数多くの現場測定値を(7)式にあてはめ重回帰分析を行い幾何減衰係数  $n$  については従来の 0.75 とレイリー波を仮定した 0.5 で予測精度に差がないことおよび内部減衰係数  $\alpha$  は未固結地盤では振動対策を行った高周波パイプロ以外の平均値が 0.01 であることを報告している<sup>4)</sup>。高周波パイプロは振動の周波数を高くすることで内部減衰を大きくしたものであり、振動予測には(7)式の内部減衰のパラメータが不可欠であるが、一般の工事振動の予測においては内部減衰の項を省略することで測定値の近似を簡素化することができる。Fig.4 は土砂掘削工の振動のデータについて(7)式で近似したものと振動のエネルギーが距離のマイナス 2 乗に比例すると仮定し内部減衰の項を省略した(8)式で近似したものを比較したものである。グラフの形から後者でも振動予測には支障がないことがわかる。

$$L_{va} = L_{va0} - 20 \log_{10}(r/r_0) \quad (8)$$

## 5. まとめ

工事の大気質・騒音・振動の予測において、予測精度を向上させるためには各種の補正が必要であるが 100m 以内程度の比較的短距離の予測においては物質やエネルギーが 3 次元で拡散し距離の 2 乗の逆数で減衰すると仮定した(9), (10)で近似できると考えている。予測値点を風下と仮定したり、発生源を点発生源とみなす場合は  $\Sigma$  および積分が必要なくなり、計算式は非常に簡易なものとなる。簡易な計算式で予測結果のチェックや環境対策の見通しを立てることができれば、環境対策の進展に寄与できるものと考えている。今後、現場の実務者向けの簡易な計算方法を提示することも考えられる。

なお、壁の設置や振動の高周波化などの環境対策を行った場合には適切に補正量を計算する必要があるのは当然のことである。

$$C = \sum_{\text{directions}} \iint_R a \cdot x^{-2} dS \quad (9)$$

$$C_{dB} = 10 \log_{10} C \quad (10)$$

$C$ : 予測地点での測定値,  $C_{dB}$ : 予測地点での測定値(dB),  $a$ : 工事の種類ごとの定数,  $x$ : 発生源から予測地点までの距離,  $R$ : 発生源領域

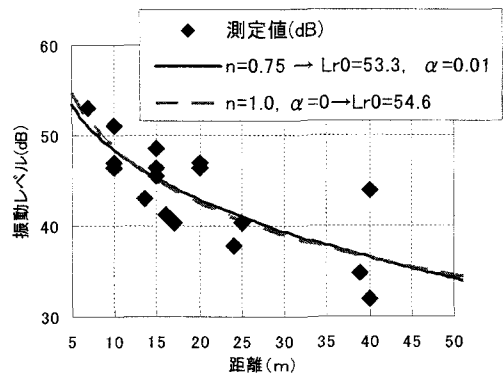


Fig.4 土砂掘削工振動測定値の近似の比較

## 参考文献

- 1) 建設省土木研究所：道路環境影響評価の技術手法（その1），土木研究所資料第 3742 号，2000.12
- 2) 日本音響学会建設工事騒音予測調査研究委員会：「建設工事騒音の予測モデル“ASJ CN-Model 2002”」，日本音響学会誌 58 巻 11 号，2002 年 11 月
- 3) 建設省土木研究所：道路環境影響評価の技術手法（その2），土木研究所資料第 3743 号，2000.12
- 4) 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