

泥土圧シールドにおける土砂運搬ベルコンの粉塵対策

鹿島建設(株) 正会員 ○高木賢二 末吉隆信 紀伊吉隆 生川寛之
阪神高速道路(株) 渡辺真介 松川直史

1. はじめに

泥土圧シールドでは、土砂運搬ベルコンからの粉塵が坑内環境を悪化させるため環境改善の対策が必要となる事例がある。ベルコンから粉塵が発生する場合は発生個所が広範であり、発生した粉塵を空気とともに限られた台数の集塵機で捕集することは難しい。一方で飛散した粉塵濃度を低減する方法としては、ミスト散布により粉塵をミストに吸着させて除去する方法がある。今回はこの対策を実際の現場（阪神高速道路(株)大和川シールドトンネル建設工事）で試行し、測定およびシミュレーション計算によりその効果を検討した。本報では、実際の現場での粉塵濃度測定とその結果に基づいて坑内の粉塵発生量を推定する方法を検討し、粉塵対策手法の粉塵低減効果を定量化した結果について報告する。

2. 坑内粉塵測定方法

2.1 ミスト散布装置

坑内に浮遊した粉塵を除去する目的でミスト散布装置を設置した。ミストはマイクロ EC ミストであり、帯電させたミストを散布するシステムである。切羽から 90m 後方の 5 号マシン台車手摺り（作業床から 6m）に 8 箇所のノズルを設置し、坑口方向に向けて噴射量 1.6L/min、噴射圧 2.5MPa でミストを噴射した（写真-1）。ベルコンとの位置関係を図-1 に示す。



写真-1 ミクロ EC ミストの噴射状況

2.2 測定方法

坑内の粉塵濃度の分布を把握する目的で移動測定を行った。計測は粉塵濃度を粉塵計（柴田科学製 LD-5）で測定した。このほか温度、湿度なども同時に測定した。測定は、ベルコン運転開始時から定めた経過時間後にミスト散布装置を設置した 5 号台車からの距離で定めた位置で行い、日毎に異なる粉塵発生状況下でできるだけ条件を揃えた。

2.3 測定結果

図-2 に移動測定による粉塵濃度のトンネル軸方向分布を示す。200m 地点の濃度が大きく低下しているが、ほかの地点では通常時と大きな変化は見られなかった。対策による粉塵低減効果が一部見られたが、測定日によってベルコン稼働状況が異なるため土砂輸送や換気の状態により粉塵発生量や粉塵濃度の分布が変動しており、局所的な測定値の比較だけでは定量的な効果の評価は難しいと考えられる。そこで、これらの粉塵濃度の分布から、粉塵拡散のシミュレーションを利用してトンネル全体の粉塵発生量を推定する方法を検討し、推定した粉塵発生量から定量的な効果の評価した。

3. 坑内粉塵発生量推定方法

3.1 坑内粉塵発生モデル

トンネル内ではベルコンからトンネル全域に粉塵が発生し、粉塵の発生と沈降は一樣と仮定する。トンネル坑内ベルコン全長からの粉塵発生量を $q(\text{mg/s})$ 、粉塵の沈降速度を $u(\text{m/s})$ 、換気による坑内風速を $U(\text{m/s})$ 、トンネル長を $l(\text{m})$ 、トンネル半径 $r(\text{m})$ とす

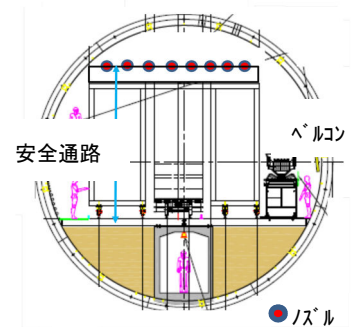


図-1 坑内断面

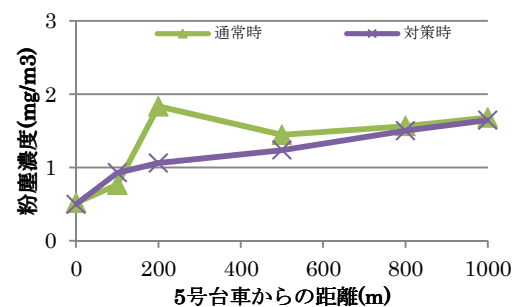


図-2 粉塵濃度軸方向分布

キーワード 粉塵, 拡散, シミュレーション, トンネル, シールド工事, 発生量, 推定

連絡先

〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-489-6203

ると、トンネル軸方向 $x(m)$ に 1 次元的に粉塵が拡散すると仮定した粉塵濃度 $C(mg/m^3)$ の収支は以下ようになる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -U \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{2}{\pi r} u C + \frac{q}{l \times \pi r^2} \quad (1)$$

上式の左辺は粉塵濃度の時間変化、右辺第 1 項は換気による粉塵の移流、右辺第 2 項は粉塵の重力沈降による減少、右辺第 3 項はベルコンからの粉塵発生である。計算は(1)式を差分近似して行う。シミュレーションでは、トンネル半径 r 、坑内風速 U 、沈降速度 u 、粉塵発生量 q 、換気の外気の粉塵濃度 C_0 を入力してトンネル軸方向の粉塵濃度 C を計算する。

3.2 坑内粉塵発生量推定手順

図-3 に粉塵発生量の推定手順を示す。粉塵の発生量推定は粉塵濃度測定値 C_m と上記坑内粉塵発生モデルにより計算した粉塵濃度 C との比較を行い、その誤差が最も小さくなる粉塵発生量 q をパラメータスタディにより推定する。この時の評価値は式(2)のような関数 δ を設定し、その値が最小となるように粉塵発生量 q を変化させた。この誤差が最小となる粉塵発生量は現状の粉塵濃度分布を再現できる発生量と考えられ、その発生量を実際の粉塵発生量と推定する。この粉塵発生量はミスト散布により除去された粉塵量を差引いた量となる。

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i - C_{mi}}{C_{mi}} \quad (2)$$

C_i : 各点の粉塵濃度計算値(mg/m^3)
 C_{mi} : 各点の粉塵濃度測定値(mg/m^3)

4. 粉塵発生量推定結果

図-4 に通常運転時のシミュレーション計算結果の一例を示す。ベルコン運転開始直後は粉塵濃度が上昇するが、運転開始後 60 分以降に土砂運搬が停止したため一度坑内粉塵濃度は低下し、90 分後以降に再び土砂運搬が始まり粉塵濃度が上昇している。

図-5 に対策時の粉塵発生量の推定結果を示す。左側の図は縦軸が(2)式に示す計算値と測定値の誤差であり、横軸が粉塵発生量を示す。誤差には粉塵発生量の変化に対する最小値が存在し粉塵発生量の推定が可能である。右側の図は誤差が最小の場合の計算値と測定値の比較を示し、推定した粉塵発生量でほぼ坑内環境を再現できた。

表-1 に各ケースの粉塵発生量と粉塵低減効果の一覧を示す。本方法で推定した粉塵発生量から粉塵対策の効果の評価すると、対策により粉塵の発生量が $130mg/s$ となり通常時の $180mg/s$ に比べて 28% 低減されていることが分かった。

5. おわりに

本検討では泥土圧シールド工事におけるベルコンからの粉塵発生量が推定され、ミスト散布による粉塵対策の効果は 28% 減であった。坑内ベルコンからの粉塵発生量は既往の文献もなく、今回得られたデータに加え今後も本手法によりデータの蓄積を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 池松ほか；帯電ミストによる粉じん除去システム（マイクロ E C ミスト）の開発，土木学会全国大会第 68 回年次学術講演会，2013.

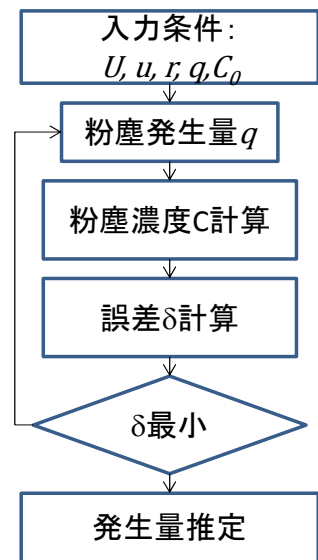


図-3 粉塵発生量の推定手順

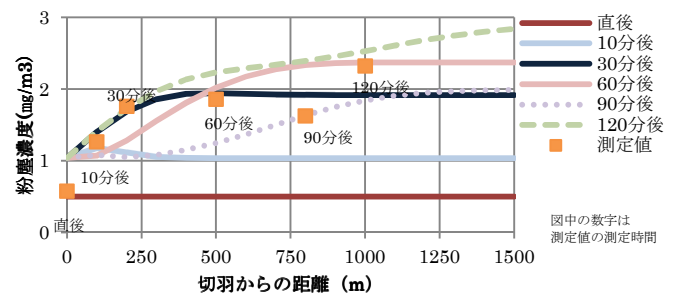


図-4 粉塵シミュレーション結果の例（通常時）

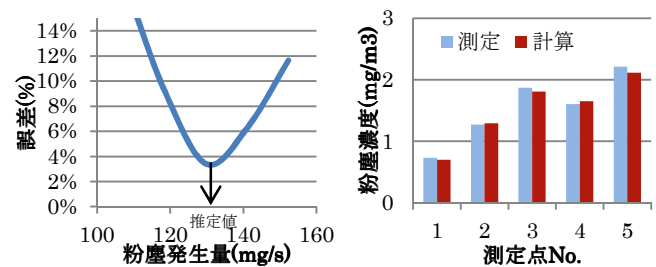


図-5 粉塵発生量の推定（対策時=130mg/s）

表-1 推定粉塵発生量

	粉塵発生量 (mg/s)
通常時	180
対策時	130