

シールドトンネルにおける帯電ミストの走行散布実績

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

1. はじめに

長距離のシールドトンネルでは、工事車両の走行粉塵により坑内環境が悪化することがあり、環境改善の対策が必要となる事例がある。車両からの粉塵は発生個所が広範となり、散水以外の対策を講じることが難しいことが多い。

本報文では帯電したミストを車両から発生させ、浮遊している粉塵をミストに吸着させて除去する方法を阪神高速道路の大阪府道高速大和川線シールドトンネル工事の現場で試行し、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結果について報告する。

表－1 実験条件

		Case1	Case2	Case3
ミスト 散布 条件	走行速度	ミストなし	5km/h	2km/h
	散布量		15L/min	
	散布時間		40 秒	
計測 項目	粉塵濃度	デジタル粉塵計		
	風速	手持ち式風速計		
	温湿度	手持ち式温湿度計		

2. 実験概要

実験はシールドトンネル坑内で 2017 年 12 月 13 日に行い、粉塵発生のための車両を走行させた後に帯電ミスト発生装置を搭載した車両（ミスト車両）を走行させた。実験の条件を表－1 に示す。

実験パラメータとしてはミスト散布量などいくつか考えられるが、実際の運用で重要な項目と考えられる車両速度に着目し、帯電ミストの発生量を同一とするためにミスト車両の走行距離を速度ごとに变えて実験を行った。粉塵発生のための車両走行、ミスト車両走行、粉塵濃度測定の順で行い、測定はトンネル中央路盤上 1.5m 高さで、1 分間の計測を約 2 分毎に行った。

ミスト散布状況を写真－1 に示す。帯電ミストはマイクロ EC ミスト¹⁾であり、ミストを散布するシステムとして、ミスト車両荷台の後方にファン型の帯電ミスト発生装置を 2 台設置しており、車両進行方向に対して逆方向に噴射量 15L/min、噴射圧 2.5MPa でミストを散布した。



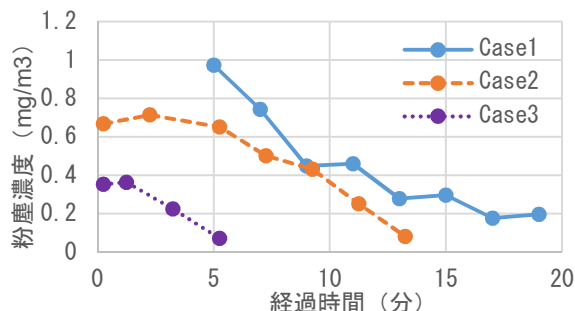
写真－1 実験状況

3. 実験結果

粉塵計測の結果を図－1 に示す。横軸は粉塵発生のための車両走行開始時からの経過時間である。ミストを散布しないケース（Case1）に比べ、ミストを散布したケースは浮遊粉塵の濃度が低く、ミスト車両の走行速度 5km/h よりもさらに速度を遅くした 2km/h（Case3）の方が粉塵濃度は低くなった。

一方で、対象領域の路盤条件による粉塵発生状況や計測時の風速が各実験ケースで変化していた。したがって、この結果だけでは帯電ミストの走行散布効果を定量的に評価することや環境の異なる他のトンネルでの帯電ミストの走行散布の条件を決定する根拠とすることは難しい。

そこで、トンネル内での帯電ミスト走行散布を前提としたシミュレーションモデルを構築し、本実験で得られたデ



図－1 粉塵計測結果

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

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

ータに基づいて精度検証を行い、実験では再現できなかった風速や粉塵発生量などの諸条件を同一としたシミュレーション結果から帯電ミスト走行散布の効果の評価した。

4. トンネル坑内の粉塵シミュレーション

車両走行およびミスト散布直後の粉塵の状況を以下のようにモデル化する。ここで、路盤から発生した粉塵は対象空間に均一に拡散すると仮定する。

$$V \frac{dC_d}{dt} = q_d \times w_d - S \times U \times C_d$$
$$-S_b \times u_{td} \times C_d - A \times s \times u_{tm} \times n_m \quad (1)$$

$$V \frac{dC_m}{dt} = q_m - S \times U \times C_m - S_b \times u_{tm} \times C_m \quad (2)$$

$$n_m = \frac{C_m}{\rho_m \times \frac{4}{3} \times \pi \times r_m^3} \quad (3)$$

ここで、 q_d ：車両粉塵発生量 (g/m)、 q_m ：ミスト散布量 (g/s)、 w_d ：車両速度 (m/s)、 C_d ：粉塵濃度(g/m³)、 C_m ：ミスト濃度(g/m³)、 A ：実験係数 (=0.36)²⁾、 V ：トンネル容積(m³)、 S ：トンネル断面積(m²)、 S_b ：トンネル底面面積(m²)、 s ：ミスト断面積(m²)、 U ：トンネル風速(m/s)、 u_{tm} ：ミスト沈降速度(m/s)、 n_m ：ミスト数密度(1/m³)、 u_{td} ：粉塵沈降速度(m/s)、 ρ_m ：ミスト密度(kg/m³)、 r_m ：ミスト半径(m)である。

以上の式から粉塵濃度とミスト濃度を差分近似して逐次計算した。粉塵発生量は計測値を再現するように設定し、坑内風速は計測値を用いた。図-2 に Case1 と Case2 の計算結果を示す。シミュレーション結果は計測値とほぼ一致し、現場の粉塵の状況を再現できた。

5. 帯電ミスト走行散布効果のシミュレーション

本シミュレーションを用いて同一の条件でミスト車両の走行速度 (10, 5, 2km/h) が粉塵除去に与える影響について検討した。粉塵発生量及び風速を 3. の Case1 と同一にした計算を行った。計算結果を図-3 に示す。この結果から帯電ミスト散布効果を粉塵濃度の最大値から半分の濃度になる時間 (半減時間) で評価すると、表-2 のようになり、ミスト車両の走行速度が遅くなるにしたがって半減時間も短くなり、2km/h の低速ではミストなしのケースに比べ 30%低下することが分かった。

6. おわりに

本検討により帯電ミスト発生装置を搭載した車両を走行させることによる粉塵除去効果が定量的に得られた。今後、本手法を活用して帯電ミストの他現場への適用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EC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。
2) 高木ほか；帯電させたミストによる浮遊粉じん除去効果の検討ー粉じん除去効果のモデル化ー，日本建築学会大会学術講演梗概集，2013，pp. 887-888。

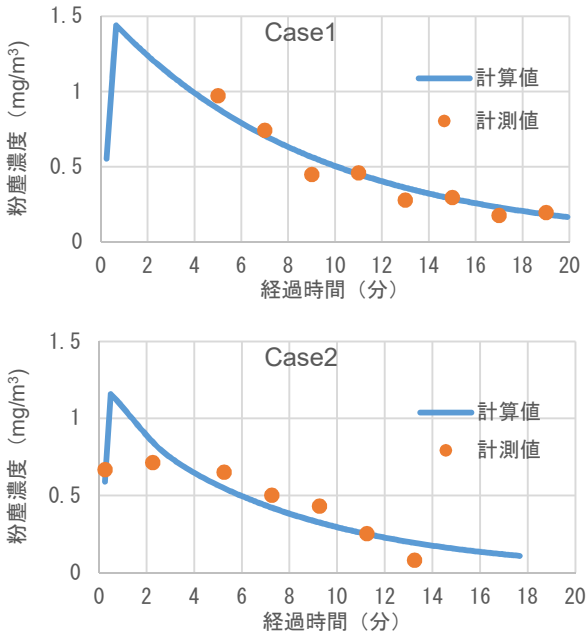


図-2 シミュレーション結果 (精度検証)

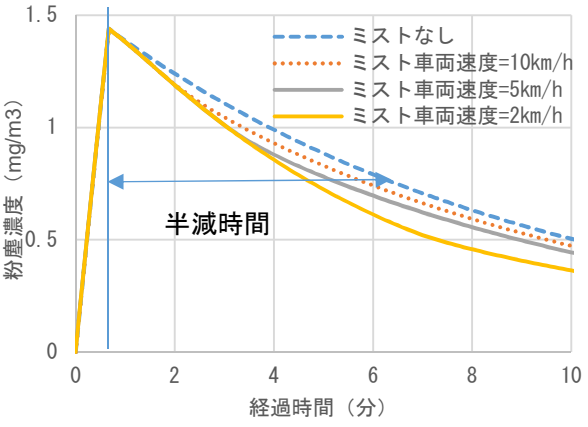


図-3 シミュレーション結果 (効果検討)

表-2 帯電ミスト走行散布効果

	半減時間(分)	低下率
ミストなし	6.2	—
ミスト車両：10km/h	5.6	9%
ミスト車両：5km/h	5.0	19%
ミスト車両：2km/h	4.3	30%