

インド開削現場における粉じんの分析と簡易粉じん測定

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○谷 純平

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 佐々木 雄紀

山口大学大学院理工学研究科 正会員 進士 正人

1. はじめに

近年、急激な都市開発に伴い、発展途上国を中心とした大規模な建設事業が増加している。しかし、それらの国々では、施工会社や作業員の安全環境管理に対する意識は低く、十分な対策が取られていない。特に建設現場で発生する浮遊粉じんは肺機能障害の原因物質であり、定期的な粉じん濃度測定及び対策が望まれている。そこで現在、JICAの技術協力の一環として、既往の研究であるモバイルカメラによる粉じん濃度測定が、インドの地下鉄建設現場で適用されている。この測定法は、モバイルカメラによってフラッシュ撮影を行うと、撮影画像に0.5～数 μm 程度の粉じんをフラッシュライトによる散乱光として確認することが出来る現象¹⁾を利用して、散乱光の輝度値を粉じん濃度に換算し測定を行っている。

既往研究では、トンネル坑内の吹付けコンクリート施工現場(写真-1(a))を測定対象箇所としている。それに対し、インドの適用現場では岩掘削現場(写真-1(b))を対象に測定を行っており、測定対象がこれまでと異なる。しかしながら、インドの岩掘削現場における粉じんの粒径や物性といった実態調査の事例がないため、粉じん測定が可能な粒径の粉じんが発生しているのか分かっておらず、既往研究のインドでの適用性について十分に検討されていないことが問題点であった。

本研究では、既往研究のインドでの適用性に対する検証を行うため、日本の吹き付けコンクリート施工現場とインドの岩掘削現場において浮遊する粉じんを採取する現場実験を行い、採取した粉じんの粒径および物性の調査を行った。

2. 現場実験

本実験には写真-2に示すローボリュームサンプラー(柴田科学製“MP-Σ3”及び“NWPS-254”)を用い、一定の吸引量(2.5L/min)で、90分前後空気を吸引し、装着したテフロンバインダーフィルター(柴田科学製“T60A20 φ25mm”，以下“フィルター”と略称する)により粉じん採取を行った。日本では山岳工法により施工中のトンネル建設現場において、吹付けコンクリート作業中に、切

羽から50m地点に機器を設置して行った。インドでは開削工法で施工中の地下鉄駅建設現場において、岩掘削作業中に、掘削地点の近傍において、作業員に機器を身体に装着して行った。また、採取前と採取後のフィルターの質量の差を総流量で除すことで、粉じん濃度を算出した。表-1に粉じんの採取状況および粉じん濃度結果、写真-3に採取結果を示す。写真より、採取後のフィルターは灰色に変色していることが確認できる。



(a) 吹付けコンクリート施工現場



(b) 岩掘削現場

写真-1 日本とインドの適用現場



写真-2 ローボリュームサンプラー

表-1 粉じんの採取状況および粉じん濃度

	FN	総流量(L)	粉じん濃度 (mg/m^3)	詳細
日本	1	201.7	9.42	吹付けコンクリート作業現場
	2	163	6.13	岩掘削現場 ジャックハンマー3台
	3	88.9	1.12	岩掘削現場 水を噴出する重機傍
インド	4	223	3.59	岩掘削現場 workerに装着
	5	162.8	4.91	岩掘削現場 workerに装着
	6	200.2	3.50	岩掘削現場 workerに装着



(a) 採取前



(b) 採取後

写真-3 フィルター比較

3. 粉じんの実態調査

(1) 概要

粉じん採取後のフィルターから、エネルギー分散型 X 線分析装置(日本電子製“JED-2200”)を搭載した低真空走査型電子顕微鏡(日本電子製“JSM-5600LV”, 以下“SEM”と略称する)を用いて、フィルターの表面観察、採取粉じんの粒度分布の作成、成分分析を行った。

(2) 結果

a) 粉じんの形状

SEM によるフィルター表面の観察画像を写真-4 に示す。写真より、吹付けコンクリート施工現場における粉じん(写真-4 (a))は球状であることがわかる。一方、岩掘削現場における粉じん(写真-4 (b))は角張ったものが多いことがわかる。

b) 粒度分布

図-1 に、フィルター表面観察画像から作成した粉じんの粒度分布を示す。両現場の粒度分布とも似たような挙動を示しているが、詳細に見ると、岩掘削現場の粉じんの方が粒径の大きいものを取り多く占めていることがわかる。これは岩掘削作業の直近で粉じんをサンプリングしたためであると考えられる。しかし、両現場の中位径とも約 $2.2\mu\text{m}$ であることがわかる。

c) 構成元素

X 線成分分析による粉じんの構成元素単体の質量パーセントの分析結果を図-2 に示す。(a)の吹き付けコンクリート現場については、採取した粉じんの構成元素には坑内作業車両のディーゼルエンジンから排出されと考えられるカーボンが混入しているものの、普通セメントとほぼ同様の構成である事がわかる。また、(b)の岩掘削現場については、採取した粉じんの構成元素は花崗岩とほぼ同様の構成である事がわかる。

4. 結論・今後の展望

写真-4 の形状、また図-2 の成分分析結果より、吹き付けコンクリート施工現場における粉じんは主にポルトランドセメントであり、岩掘削現場における粉じんは主に花崗岩であると考えられる。

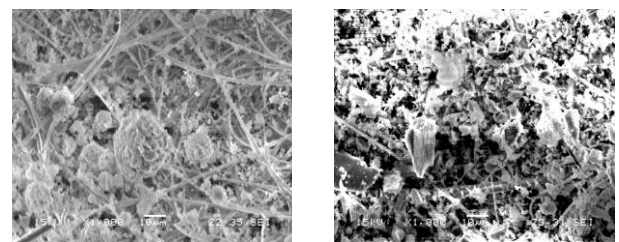
厚生労働省は、日本のトンネル建設現場の粉じん濃度を $3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下とする目標レベルを定めている。インドの岩掘削現場の粉じん濃度の多くは $3\text{mg}/\text{m}^3$ 以上であり、加えて、肺胞への沈着率が高い $0.5\sim 2.0\mu\text{m}$ の粉じんが全体の約 40%含まれている。更に、花崗岩の主成分は珪肺の原因物質である石英である。これらの結果からインド

の岩掘削現場において、多量の粉じんを吸入する事は危険であると考えられる。

また、両現場ともフラッシュライトにより散乱が起こる $0.5\sim$ 数 μm 程度の粒径の粉じんが存在する事から、両現場の粉じんの散乱光は同一であると考えられ、モバイルカメラによる粉じん濃度測定は岩掘削現場に適用可能であると結論付けられる。

参考文献：

- 1)Hecht,E(尾崎義治, 朝倉利光訳)：「光学 I - 基礎と幾何光学」p142, 丸善, 2008
- 2)岸田展明：「デジタルカメラを用いたトンネル坑内での簡易粉じん濃度測定法」, 平成 22 年度山口大学院博士論文



(a) 吹き付けコンクリート施工現場 (b) 岩掘削現場

写真-4 フィルター表面拡大画像(1000 倍)

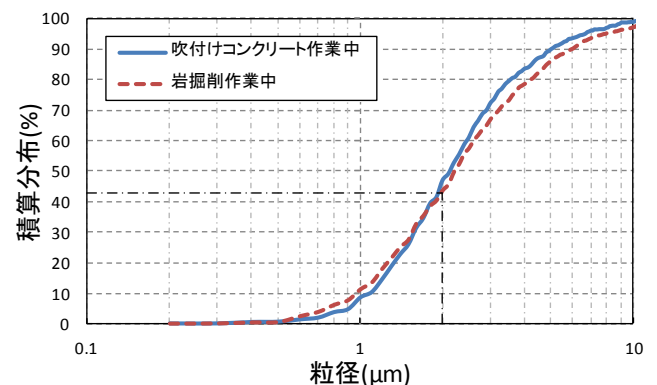
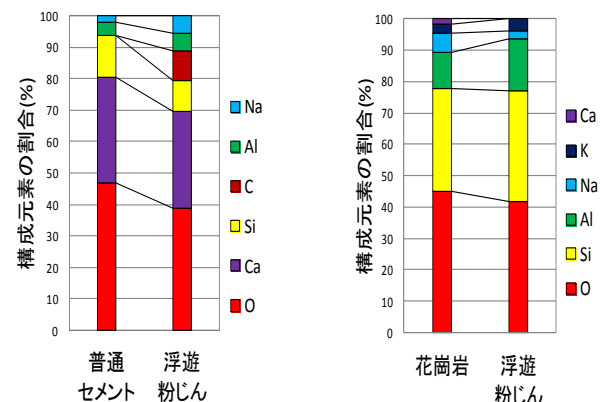


図-1 粒度分布



(a) 吹き付けコンクリート施工現場 (b) 岩掘削現場

図-2 浮遊粉じんの成分比較