

VI-17 トンネル坑内の粉じん濃度の測定について

西松建設技術研究部 正会員 稲葉 力
西松建設技術研究部 正会員 平田 篤夫

はじめに

トンネル坑内における吸入性粉じんの濃度の測定に関する報告である。著者らは、昭和59年の4月から当社の全国のトンネル坑内で質量濃度換算係数を中心として、粉じん濃度の測定を続けている。その結果、質量濃度換算係数（K値）の傾向が把握でき、測定技術についても方式が確立できた。遊離ケイ酸については著者らのデータと既発表のデータを比較する。最後に粉じんの許容濃度について考察する。

粉じん濃度の測定方法について

ローボリュームエアサンプラーは、KANOMAX社製のMODEL 3211(15ℓ/min)、光散乱式デジタル粉じん計は同じくKANOMAX社製のMODEL 3411を用いている。デジタル粉じん計は柴田化学社製のものも使用するが当然のこととしてキャリブレーションしてあれば、両種とも同じ粉じん濃度を示す。測定位置は作業によって多少異なるが、例えば吹付け作業の場合、図1に示すようである。サンプラーとデジタル粉じん計の高さは三脚と台を用いて路盤から50～100cmとした。フィルターは東洋ろ紙のGB1000R(Φ47)を2重にして用い、一枚を補正用にしているが変化がわざかなのでほとんど補正していない。フィルターの秤量は、使用前後ともデシケータ内（湿度45%）で24時間乾燥した後、ザルトリウス社製の2004MPで（読み取り値0.01mg）秤量している。流量補正是、フィルターを二重にして用いても圧力が30mmAq程度しか変化しないので不要と判断している。天秤の精度から、測定時間は短かくしても秤量可能であるが、精度の点と測定時間を短かくするとK値が増大した（原因は不明）経験から、少なくとも30～40分以上続けるようにしている。遊離ケイ酸については、堆積粉じんを用いてりん酸法で求めるようしているが、実際には発破後の岩碎が多く目的の岩種だけの値にはなっていないと考えられる。デジタル粉じん計で粉じん濃度を求める際は、同一の測定点で連続5回測定してから次の測定点に移動した。この測定方法には異論もあると考えられる。その他、パーソナルサンプラーで一方連続の作業を4度ばかり実施した。

測定結果のまとめ

1) K値について

K値の定義を示す。 $K = (\text{質量濃度}) / (\text{相対濃度} - \text{ダークカウント})$
各作業についての質量濃度と相対濃度の関係を図2に示す。この図によると相対濃度300cpmまで、吹付け作業時のK値はほぼ0.03と一定であるが、それより相対濃度が大きいと、K値も大きくなる傾向がある。

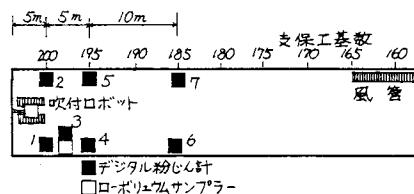


図1. 測定位置の例

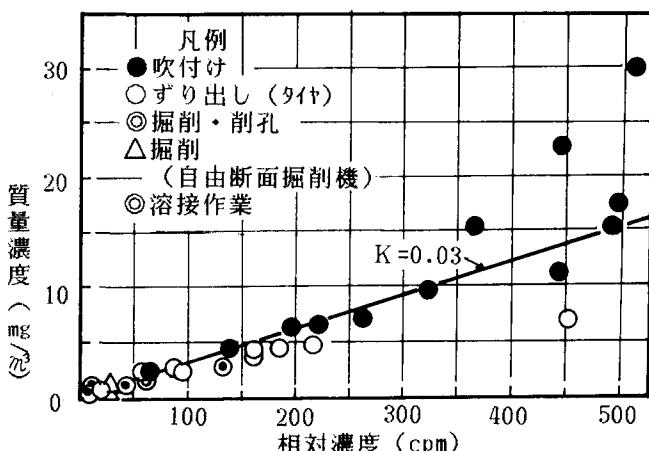


図2. 質量濃度と相対濃度の関係

あることがわかる。すり出し作業時のK値は、

吹付け作業時よりは小さく約0.025

位である。その他の作業についても、ほとんどが

0.025～0.03に収まっており、実用上は全作業につい

て同一のK値を使用しても差し支えないと考えられる。昨年報告した距離による影響は、以降のデータにより

ほとんどないと判断している。しかし、原因が不明であり図2にも記入していないが、測定時間を10分間として測定したものはK値が非常に大きくなつた。注意が必要であろう。

2) 粉じん濃度の分布

吹付け作業時とすり出し作業時の粉じん濃度の平面分布の一例を図3に示す。デジタル粉じん計での連続5回の測定値の平均にK値を乗じ、質量濃度に換算したものである。吹付け作業時は吹付け箇所だけ濃度が大きく距離に応じて減少するが、すり出し作業時には車両の排ガス（ダンプ）の影響でトンネル全線が均一に汚染されることが予想できる。その他の作業では、自由断面掘削機を使用するとき以外は、非常に低い発生値である。

3) 遊離ケイ酸分析結果の比較

表1に著者らの分析結果と房村による分析結果を比較して示す。房村のものはX線回折法によるものかりん酸法によるものか不明である。著者らのものは、岩種の同定が確実ではないと考えられる。表1によると著者らの結果は概ね房村の示す範囲内あると考えられる。重要なのは、石灰岩と吹付け材料（セメントとも）の遊離ケイ酸で、どのような結果でも約10%以下となっていることに注目したい。

浮遊粉じんの許容濃度について

現在、通常、吹付け作業は産業衛生学会の示す勧告値のI.に入ると考えられているが、著者らは遊離ケイ酸の分析結果からII.の第2種粉じんに入ると考える。同勧告値でもポルトランドセメントは第2種に入っている。同勧告値と労働省の通達に準拠すると、一日作業の場合一例として図4に示す管理水準図が得られる。Mは測定値の幾何平均、 σ は幾何標準偏差、Eは管理値である。Eとして産業衛生学会の勧告値を採用すべきであるが、図4は $E = 10 \text{ mg/m}^3$ として作図したものである。著者らは、トンネル坑内では支保工建込みから吹付け作業まで濃度の差が大きく、高粉じん下での作業が割合少なく、防じんマスクの着用が励行されていることを考えると、管理図を用いた方法は必ずしもトンネル坑内の環境管理には適していないと考える。そこで、総量規則的な次の方法は考えられないだろうか。この方法によると、マスクの着用は当然として、坑内作業全体での対策が可能である。

$$\sum \frac{C_i \cdot t_i}{\sigma a_i \cdot T} \leq 1.0$$

C_i : i 作業の粉じん濃度 a_i : i 作業の産業衛生学会による許容濃度の勧告値
 t_i : i 作業の作業時間 T : 全作業時間

参考文献 1) 作業環境の評価に基づく作業環境管理の推進について（労働省） 2) 許容濃度等の勧告（日本産業衛生学会） 3) 地下工事における粉じん測定の指針に関する中間報告書（建設業労働災害防止協会）

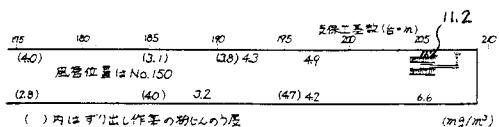


図3. 粉じん濃度の平面分布図

表1. 遊離ケイ酸含有率

岩種	遊離ケイ酸含有率(%)	
	当社の分析	房村による
片麻岩	0.5	17～37
板岩	11.4	25～65
砂岩	21.4～51.3	20～44
安山岩	10.7	0～8
石灰岩	5.8	5～34
頁岩	1.3～1.6	25～58
瓦砾	38.5	
自岩互層	48.2	18～23
凹縫ひん岩	26.3	17～50
吹付け材	0.4	

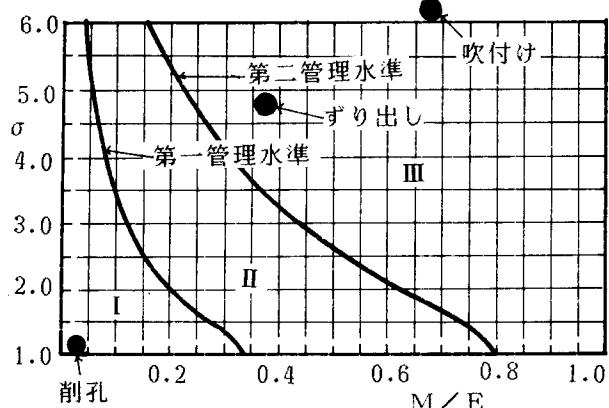


図4. 管理水準図（一日測定）