

第VI部門

トンネル機械掘削時の粉じん濃度と質量濃度換算係数K値との関係について

独立行政法人土木研究所 正会員 ○宇田川義夫
 独立行政法人土木研究所 正会員 大下 武志
 独立行政法人土木研究所 正会員 井谷 雅司
 独立行政法人土木研究所 正会員 徐 永強

1. はじめに

トンネル建設工事に伴って発生する粉じんに起因するじん肺症等の粉じん障害は、大きな社会問題となっている。特に機械掘削時には多量の粉じんが発生する場合がある。平成12年12月には労働省（現厚生労働省）より「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」¹⁾が策定され、発生粉じん濃度 $3\text{mg}/\text{m}^3$ の目標レベルが示されている。また、平成20年3月には「粉じん障害防止規則等の一部を改正する省令」²⁾が施行され、事業者は半月以内ごとに1回トンネル内の粉じん濃度を測定しなければならない。

独立行政法人土木研究所では、平成18年度4月から、「山岳トンネルにおける機械掘削時の粉じん低減に関する研究」について、財団法人先端建設技術センターおよび民間会社8社と共同研究を進めている。本論は、機械掘削時の粉じん低減技術の開発を目的とした、土木研究所内の建設工事環境改善実験施設（延長100m、断面積 80m^2 ）を利用した実物大トンネル模擬実験を行い、得られた実験結果から、粉じん濃度とデジタル粉じん計の質量換算係数（以下「K値」とする）との関係について整理し考察を加えたものである。

2. 実験の概要

機械掘削の試験体は、岩盤を模擬したコンクリート（一軸圧縮強度 30MPa ）を使用した。機械掘削機はロードヘッドRH-8Jを使用した。実験は、送風量、散水量、対策（伸縮風管・エアカーテン・ミストなど）の諸条件を変えて模擬岩盤を切削し、発生した粉じんを粉じん測定機器により計測した。粉じん測定機器の配置は図1に示すように、デジタル粉じん計LD-5Dを8台、LD-3Kを1台、ローボリウムサンプラー（LV-40BR）4台、アンダーセン式サンプラー（AN-200）1台により行なった。

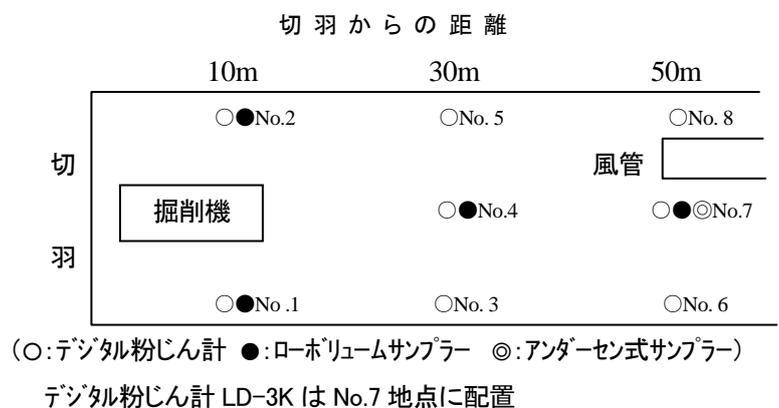


図1 粉じん測定機器配置図

3. 実験結果と考察

ガイドライン¹⁾によれば、粉じん濃度は次式で算定される。

$$\text{粉じん濃度}(\text{mg}/\text{m}^3) = \text{質量濃度換算係数}(K\text{値}) \times \text{光散乱方式デジタル粉じん計の相対濃度}(\text{CPM}) \quad (1)$$

ガイドライン¹⁾では、デジタル粉じん計LD-3KのK値は0.003という数値が示されている。また、高濃度環境（ $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以下）対応のデジタル粉じん計LD-5DのK値は取扱説明書³⁾で0.01（ $1\text{CPM}=0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ）とされている。実験では、(1)式においてローボリウムサンプラーから得られた粉じん濃度とデジタル粉じん計の相対濃度からK値を算定した。

粉じん濃度とLD-3KによるK値との関係を図2に、粉じん濃度とLD-5DによるK値との関係を図3に示した。図2からLD-3Kでは粉じん濃度10 mg/m³以下でK値はばらついており、粉じん濃度が増加するのにしたがいK値が大きくなる傾向にある。また図3から、LD-5Dでは全体にK値が大きくばらついている。

次に粒径11 μm以上の粉じん濃度を次式によって求めた。

$$\begin{aligned} & \text{粒径 } 11 \mu\text{m 以上の粉じん濃度}(\text{mg}/\text{m}^3) = \\ & \text{粉じん濃度}(\text{mg}/\text{m}^3) \times \text{アンダーセンサンプラーでの粒径 } 11 \mu\text{m 以上の} \\ & \text{重量百分率}(\%) \div 100(\%) \end{aligned} \quad (2)$$

図4・図5に、粒径11 μm以上の粉じん濃度とK値との関係を示す。これより粒径11 μm以上の粉じん濃度が増加するのにしたがってK値が大きくなっていることが分かる。

デジタル粉じん計の原理は、粉じんに半導体レーザー光を照射したとき、粉じんの物理的性質が同一条件であれば粉じんによる散乱光の量が質量濃度に比例することを利用して、空气中に浮遊している質量濃度を散乱光の強弱として測定することである。また照射光に対して粉じんの粒径が大きくなるほど前方散乱量が大きくなる傾向がある。

このような測定原理のため、粒径の大きな粉じんが増えるのにしたがって、前方散乱光の量が増加し受光側（照射光に対して135度）の散乱量（CPM）が相対的に低くなり、（1）式で求められるK値が大きくなるものと考えられる。

4. まとめ

実験結果より、粉じん濃度によってK値がばらつくことが分かった。特に高濃度環境対応型のLD-5Dでは大きくK値がばらついた。また、粒径11 μm以上の粉じん濃度では、粉じん濃度が増加するのにしたがいK値が大きくなる傾向が見られた。

デジタル粉じん計による測定では、粉じんの粒径による感度特性を考慮に入れたK値の評価が望ましいと考える。

最後に、共同研究メンバーである、(財)先端建設技術センター、鹿島建設(株)、カヤバシステムマシナリー(株)、清水建設(株)、菅機械工業(株)、西松建設(株)、日鉄鉱業(株)、(株)フジタ、(株)三井三池製作所の関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 労働省：ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン，2000年12月。
- 2) 厚生労働省：粉じん障害防止規則等の一部を改正する省令，2008年3月。
- 3) 柴田科学(株)：デジタル粉じん計LD-5D型 取扱説明書。

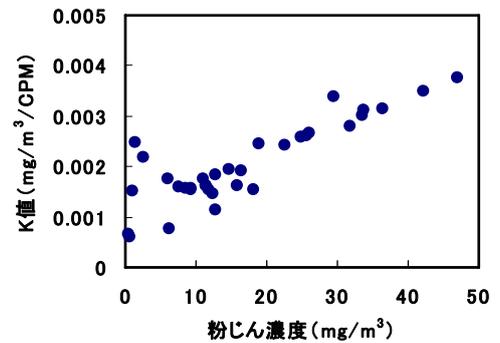


図2 粉じん濃度とK値の関係(LD-3K)

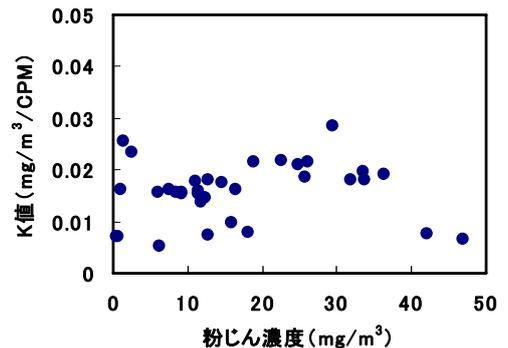


図3 粉じん濃度とK値の関係(LD-5D)

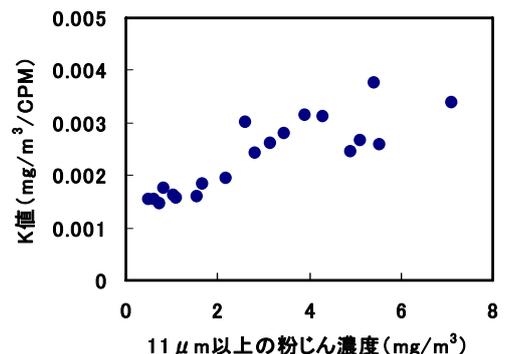


図4 11 μm 以上の粉じん濃度とK値の関係(LD-3K)

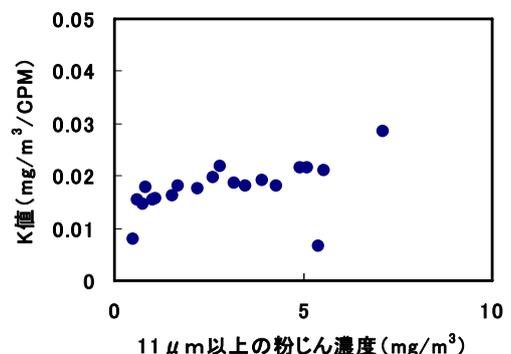


図5 11 μm 以上の粉じん濃度とK値の関係(LD-5D)