

飛島建設株式会社 正会員 木村勝利
同上 正会員 辻子雅則
同上 石本義持

1. はじめに

吹付コンクリートがトンネルの支保部材として使用される例は、年々急増している。しかし、トンネル内で吹付コンクリートを施工する際に粉じんが発生する為、作業環境を悪化させている。この粉じんは、主にセメント、砂の微粒子、粉末セメント等の粒子であり、人体に影響をおよぼす $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子と作業環境に影響をおよぼす $10\mu\text{m}$ 以上の目に見える大きさの浮遊粒子に分けられる。これらの粉じんの発生機構が、吹付方式（乾式、湿式）、コンクリートの特性等によってどの様な影響を受けるかを調査したものである。

2. 試験概要

粉じん測定は、JIS Z 8813 浮遊粉じん濃度測定方法通則に準拠し、吹付コンクリートの浮遊粉じん $10\mu\text{m}$ 以上と $10\mu\text{m}$ 以下を測定した。図-1に示す模擬トンネル（ $A=5.32\text{m}^2$ ）坑内で、 0.5m^3 吹付けを行なった時の粉じんを捕集して、その濃度を測定した。

試験に使用した材料および試験条件を表-1に示す。

3. 試験結果および考察

3-1. $10\mu\text{m}$ 以上と $10\mu\text{m}$ 以下の粉じん量の関係

吹付コンクリートの浮遊粉じんを、 $10\mu\text{m}$ 以上と $10\mu\text{m}$ 以下に分けて測定した結果を図-2に示したが粉じん量 $10\mu\text{m}$ 以上と $10\mu\text{m}$ 以下の比率は、ほぼ6:4の関係にあった。これより目に見える $10\mu\text{m}$ 以上の粉じんが多く発生すると、人体に有害な $10\mu\text{m}$ 以下の粉じんが多くなると云える。

3-2. 粉じん量とはね返り率

粉じん量（ $10\mu\text{m}$ 以上、 $10\mu\text{m}$ 以下）とはね返り率の関係を図-3に示した。同図より、各吹付方式共にはね返り率が多し程、粉じんも増加する傾向にあった。また、吹付コンクリートのはね返り率は、吹付方式とそれに使用するコンクリート性状の影響によって差が生じており、それらの吹付方式の特性が粉じんの発生に関連していると考えられる。

3-3. 粉じん量と水セメント比

吹付方式（乾式、湿式）の粉じん量（ $10\mu\text{m}$ 以上、 $10\mu\text{m}$ 以下）と水セメント比の関係を図-4、図-5に示した。

同図より粉じんに対して水セメント比は、乾式、湿式共にある程度の最適範囲が見い出せた。乾式の場合、粉じん量と水セメント比の関係は、観察結果をふまえて考察すると水セメント比 $\% = 40 \sim 50 (\%)$ の範囲が粉じんを最も少なくしていると思われる。また同様に湿式の場合でも

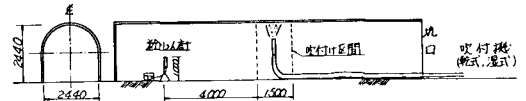


図-1 粉じん測定位置図

表-1. 使用材料及び試験条件

使用材料	セメント	普通ポルトランドセメント
	細骨材	鬼怒川産川砂 比重:2.59 F.M:3.25
	粗骨材	鬼怒川産砕石 比重:2.63 F.M:6.36
	急結剤	セメント系 1種類 アルミ硫酸系 2種類
吹付方式	乾式	ドライミックスコンクリート浮遊搬送
	湿式(1)	ウェットミックスコンクリート密着搬送
	湿式(2)	ウェットミックスコンクリート浮遊搬送
配合条件	乾式	$C=360 (\%)$, $S/A=60 (\%)$, $W/C=42 (\%)$ $G_{max}=15 (\text{mm})$
	湿式	$C=360 (\%)$, $S/A=70 (\%)$, $G_{max}=15 (\text{mm})$ $W/C=58.3, 62.5, 65.3 (\%)$, $S/A=8, 12, 15 (\text{mm})$

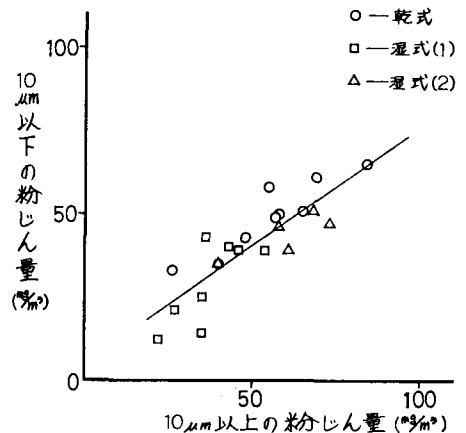


図-2 $10\mu\text{m}$ 以上の粉じん量と $10\mu\text{m}$ 以下の粉じん量の関係

粉じん量を最も少なくしている水セメント比は、 $\% = 60 \sim 63 (\%)$ の範囲であると考えられる。従って、ある適正な範囲の水セメント比以上になるとコンクリート中の水分の飛散が多くなりそれに伴って粉じんも多量発生している。一方水セメント比がある範囲より下がると微粒子表面の水分が少なくなり粉じんの発生が多くなるものと考えられる。

3-4. 吹付方式による影響

粉じんの発生状況は、吹付方式（乾式、湿式）によってもその差は大きく生じている。

吹付方式の特徴としては、

- (i) 乾式へ吹付機よりドライミックスコンクリートを浮遊搬送し、ノズル近傍で水を加えて吹付ける。
- (ii) 湿式へ吹付機でウェットミックスコンクリートを密充圧送し、ノズル近傍で圧縮空気を加えて浮遊搬送して吹付ける。
- (iii) 湿式へ吹付機よりウェットミックスコンクリートを浮遊搬送して吹付ける。

となっており、練り混ぜ機構からウェットよりはドライのコンクリートを使用した方が粉じんとしては発生しやすく、また、吹付機でコンクリートを搬送する方法によっても粉じんに影響を与えている。

4. まとめ

本試験で得られた結果をまとめると次の様なことが言える。

- (1). 粉じん量 $10\mu\text{m}$ 以上と $10\mu\text{m}$ 以下の発生状況に相関性があった。
- (2). 粉じん量は、はね返り状況によっても影響があり、はね返り率が多いと粉じんの増大する傾向がある。
- (3). 乾式、湿式共に粉じん量が最小となるのに適した水セメント比が存在する。ただし、本報告では、今回使用した材料での結果であり、使用材料および吹付け条件が変わるとそれに適した最少の水セメント比が得られるものと考えられる。
- (4). コンクリートの練り混ぜ機構、コンクリートの搬送方法等、吹付方式の相異によって発生する粉じん量に差が生じている。
- (5). 粉じんの発生に対する発着剤の種類による差は、ほとんど見られなかった。

5. おわりに

本報告は、吹付コンクリートの粉じん特性について調査したものであるが、現状の吹付け作業時には非常に多量の粉じんが発生しており防じんマスクを着用して吹付けを行なっている状況である。今後の対策としては、根本的な粉じん低減につながる改良、研究を進め粉じんの少ない環境にしなければならない。

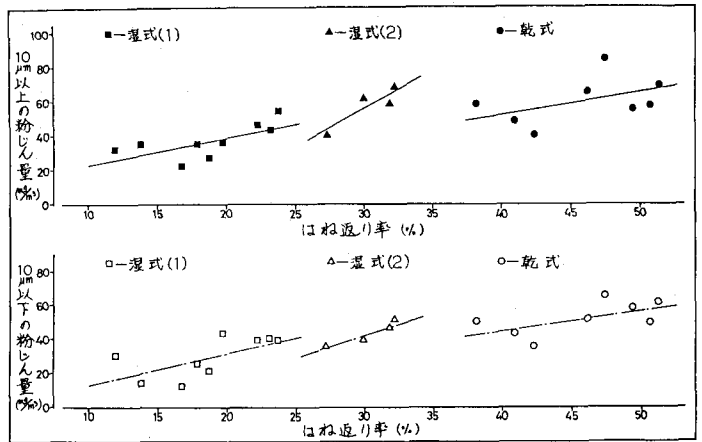


図-3 粉じん量(10 μm 以上、10 μm 以下)とはね返り率の関係

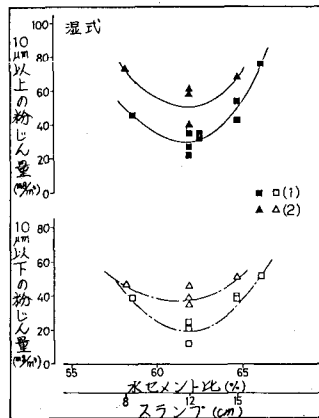


図-4 粉じん量と水セメント比(湿式)

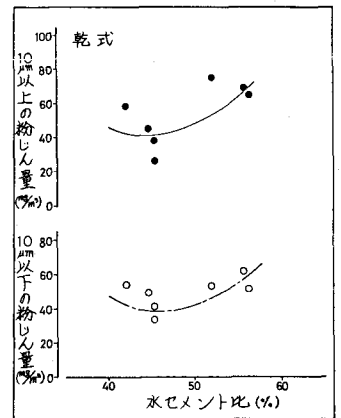


図-5 粉じん量と水セメント比(乾式)