

機関組 技術研究所○正会員 竹内 恒夫
機関組 技術研究所 木川田一弥

1. はじめに

吹付けコンクリート施工時に発生する粉じんは、作業環境を悪化し作業効率の低下に結びついたり、労働災害のじん肺の原因の一つとなっている。近年、トンネルにおけるNATM工法が標準化工法として定着している状況の中で、吹付けコンクリート施工時の発生粉じんを減じるための工法や材料の開発が行われているが、未だ、十分解明されていないのが現状である。

本研究は、湿式工法の吹付けコンクリート施工時に発生する粉じん量が、ノズルの構造や急結剤の種類によりどのように変化するかをスクイーズ式ポンプを利用した湿式吹付け機を用いて検討したものである。

2. 実験概要

表-1にノズルや急結剤の種類を変えた場合の組み合わせを示す。なお、図中の矢印は圧縮空気の添加位置を示す。表-2に使用したノズルの仕様を示す。

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は鬼怒川産および利根川産の粒調砂（比重2.60, FM=2.77）、粗骨材は鬼怒川産砕石（粗骨材最大寸法13mm, 比重2.70, FM=5.92）、急結剤はセメント鉱物系の粉体急結剤とアルミン酸塩系の液体急結剤を用いた。コンクリートの配合を表-3に示す。

図-1に機器の配置を示す。
測定項目はスランプ、吐出量および粉じん濃度とした。粉じん計は多段型分流装置付のローボリューム・エア・サンプラーとデジタル粉じん計（P-5L型）を用い、吹付け位置より3m後方で同時測定した。また、吹付け位置より5mと7m後方で模擬トンネル軸方向の粉じん濃度の経時変化を測定することとした。なお参考として、吹付け施工時の風速と粉じん粒径の大きさを電子顕微鏡

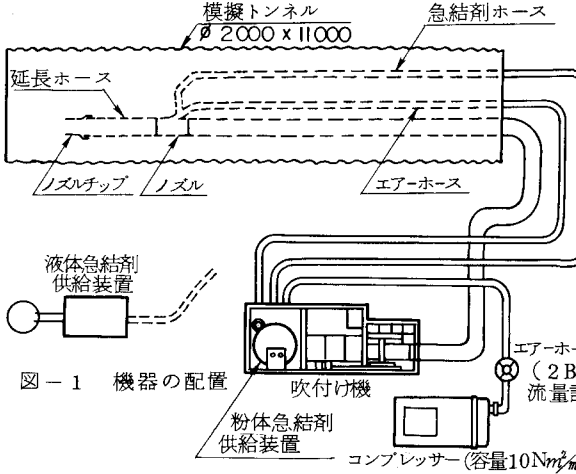


図-1 機器の配置

表-1 実験の組み合わせ

№	ノズルの種類および 圧縮空気の添加位置(↓)	急結剤の 種類
1	2.5B (A) 2B 20m	粉 体
2	2.5B (B) 2B 20m 2m	粉 体
3	2.5B (B) (C) 2B 10m 10m	液 体
4	2.5B (B) (C) 2B 20m 2m	液 体
5	2.5B (D) 2B 20m	液 体

表-2 ノズルの仕様

記号	ノズル内 径(インチ)	コンクリートに対し噴出する		
		孔の数	1孔の径(mm)	角度(度)
A	2.5	1	25	15
B	2.5	3	10	30
C	2	12	3	45
D	2	4	4	45

表-3 コンクリートの配合

Gmax	SL (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m³)			
				W	C	S	G
13	10±2	55	57	370	203	993	778

により測定した。吹付けコンクリート量は 1 m^3 とした。

3. 実験結果と考察

表-4に測定結果の一覧を示す。表中デジタル粉じん計のK値は次式によって求めた。

$$K = L / D$$

ここで、L：ローボリーウムエアサンプラの粉じん濃度

D：デジタル粉じん計の相対粉じん濃度

(1) 粉じん濃度

粉体急結剤を用いた試験№1の粉じん濃度は、約 $45\text{ mg}/\text{m}^3$ と他の方式に比べ最も高かった。しかし、試験№2のノズルBを用いると粉じん濃度は約 $16\text{ mg}/\text{m}^3$ と№1に比べ65%低下した。これはノズルBがコンクリートに対し急結剤を3方向から吐出できる構造となっているため、コンクリートと急結剤の混合がよくなり、粉じんの減少に結びついたものと考えられる。

試験№3はコンクリートを圧縮空気と比較的長い距離を運搬する方式を想定したもので、液体急結剤を用いると粉じん濃度は約 $21\text{ mg}/\text{m}^3$ となり、試験№1と比較すると約50%低下した。一方、試験№3のノズル位置をホース先端部(試験№4)に取り付けると、逆に粉じん濃度は約60%増加する結果となった。これは圧縮空気を用いてコンクリートを長い距離運搬すると、管壁による摩擦抵抗により、ノズル先端部でのコンクリートの吐出速度が減衰し、粉じんが低下したものと考えられる。

また、試験№5はできるだけ短い距離で吹付け施工する場合を想定したもので、粉じん濃度は約 $20\text{ mg}/\text{m}^3$ を示し、試験№3とほぼ同様の結果を示した。

(2) 粉じん濃度の経時変化

吹付け時の模擬トンネル内の風速は $0.1\text{ m}/\text{sec}$ 以下とほぼ無風状態であった。図-2に経過時間と粉じん濃度の一例を示す。粉じん濃度は吹付け開始とともに急激に増加した。

(3) 粉じんの粒径

写真-1は吹付け箇所から3m離れた地点で採取した、倍率5000倍の電子顕微鏡でとらえた粉じんを示す。粉じん粒径の分布をみると、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下がほぼ95%で、残りは $1\sim 4\text{ }\mu\text{m}$ であった。

4. あとがき

本実験は小断面の模擬トンネルを使用して、吹付けコンクリートの粉じんについて検討したが、今後実施工面にも反映していきたいと考えている。

最後に、実験に協力していただいた極東開発工業(株)、ボゾリス物産(株)各位に感謝する。

表-4 測定結果

№	粉じん濃度 (mg/m^3)	デジタル粉じん計の		スランブ (cm)	吐出力 (m^3/h)
		c pm	K 値		
1	44.57	—	—	13	5.1
2	15.69	1084	0.014	12.5	7.8
3	20.88	1992	0.010	11	5.7
4	33.03	1411	0.023	9	5.9
5	20.25	1496	0.014	8	—

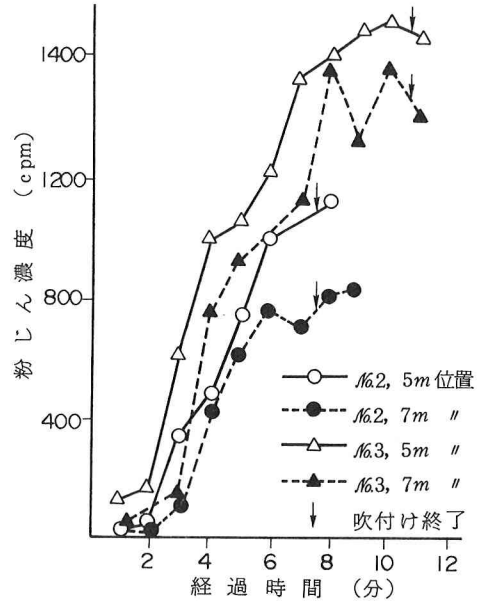


図-2 経過時間と粉じん濃度の一例

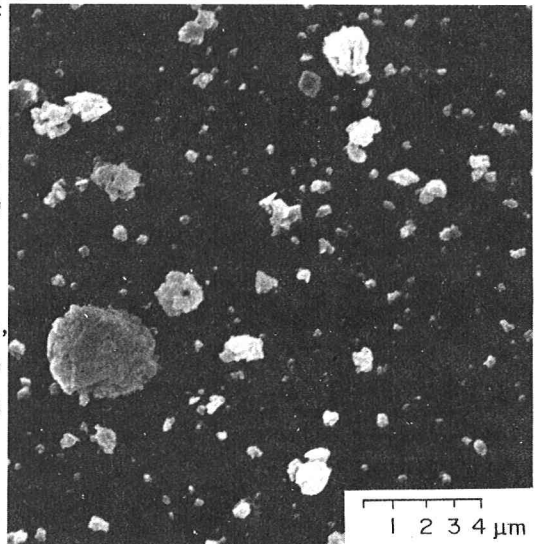


写真-1 粉じんの顕微鏡写真($\times 5000$)