

25. 安房トンネル吹付粉じん対策調査実験報告

建設省中部技術事務所 稲垣 学
建設機械化研究所 *橋元和男・谷口弘文

1. ま え が き

安房トンネルは、建設省高山国道工事事務所管内の一般国道158号線の長野、岐阜県境に計画されている全長4.3kmのトンネルである。このトンネルの一部は、高熱地盤となっており、その建設工事においては、強制送風による現場の冷却が必要なこと、および、NATM工法を採用することで吹付時の粉じん発生量が多大となること等を考え合わせると、切羽箇所でのコンクリート吹付作業員の作業環境は著しく悪化することが予想される。

一般に、NATM工法により発生する粉じんの除去対策としては、吹付方式の改善、粉じん低減剤の使用等の発生源対策から、集じん機を利用した切羽以降での捕捉除去、あるいは、集じんマスクの改善、吹付ロボットの採用等が考えられる。

本稿では、吹付作業員の暴露防止及び後方への拡散防止を目的として、ウォーターカーテン(ノズル噴射)を用いた場合の効果を調査するため、実験室内に設けた小規模風洞装置で実施した実験結果を報告するものである。

2. 実 験 内 容

(1) 実 験 概 要

安房トンネルでのコンクリート吹付工事を想定して、1m×1m×6mの小規模風洞を製作し、供試粉じん量、風速、水量等を本トンネル工事での想定条件に合わせて表-1のとおり変化させ、ウォーターカーテンの粉じん除去率、通気性、透視性等について調査を行ったものである。実験は、風洞の上流側から、供試粉じんを一定量供給して、途中に設置してある5枚の有孔板を通過させることによって強制攪拌後、ノズル噴射によるウォーターカーテンに衝突させて粉じんの挙動を調査した。

粉じん除去率の測定には、ウォーターカーテン前後に、それぞれ定点を決めてデジタル粉じん計を設置して、同時測定を行いカウント量の相対値より算出する方法を取った。

(2) 実 験 条 件

・ノズル；写真-3, 4, 5にみられるように3種類を選定した。(ミスト状D₁, D₂, 水膜D₃)

基本条件 項目 単位	トンネル 断面 積 A	平均 風速 V	吹付 粉じん 量 M	使用 水量 Q	粉じん の 成 分
	m ²	m/s (m ³ /min)	mg/m ³ (g/min)	ml/min (l/h)	—
本工事業と 実験の 分類					
本工事業の 想定条件	5.2	3 (7,200)	高70	1~3 (60~180)	セメント 雑砂 水分
風洞実験の 条件	1	1~3 (60~120)	100	0.1~0.3	セメント
			※調査データ	実験ではトンネル直径の比で考 える	実験では含水率 =0

表-1 基本条件



写真-1 風洞全景

・使用水量；本トンネルの想定条件1～3 (m^3/min)を参考に設定した。

D_1 : 0.05～0.10, D_2 : 0.04～0.13, D_3 : 0.08～0.19 (m^3/min)

・供試粉じん；高炉セメントを乾燥させたもの。供給量は $7\mu m$ 以下の粒子が $1m^3$ の空気の中に約100mgの割合で混合するようにした。

・風速；1, 1.5, 2 (m/s)とし、3 (m/s)は参考値とした。

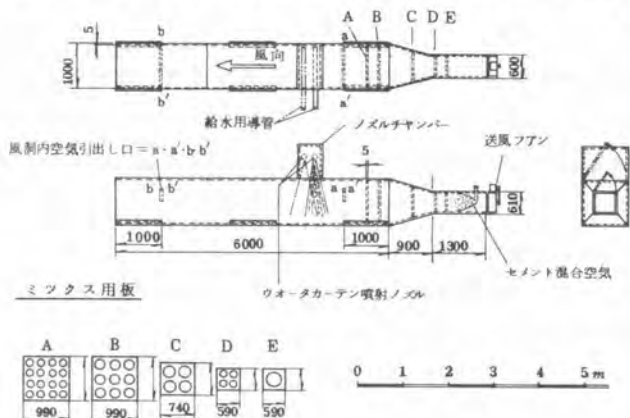


図-2 実験風洞

3. 実験結果

(1) 粉じん除去率

1) ノズルの種類による変化(D_1 , D_2 , D_3 , 図-3)

図-3は、風速を2 (m/s)とした場合の3種類のノズル(単列)の比較をしたものである。ノズルの違いによって流出抵抗が違うために、各ノズルの流量範囲が少々違っている。

この結果より、ノズルとしては、 D_1 が一番良く最大除去率としては、45%となった。 D_3 は、水の表面張力と速度水頭によりウォーターカーテンの形状として、下にいくほどカーテン面が狭くなり、この面から粉じんが流出して除

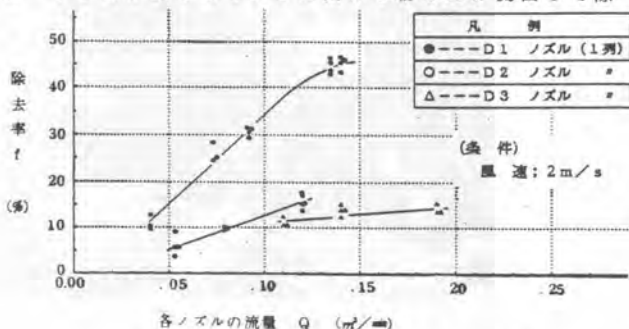


図-3 各ノズルの流量と除去率の関係



写真-2 ノズル D_1 , D_2 , D_3



写真-3 D_1 ノズルの噴射状況



写真-4 D_2 ノズルの噴射状況



写真-5 D_3 ノズルの噴射状況

去率が低くなったものと思われる。また、流量との関係は、本実験の範囲内では、直線傾向を示し流量の増大と共に除去率は向上している。ただし、その程度は、 D_1 、 D_2 、 D_3 の順に低下しており、 D_1 では流量の影響が顕著であるのに対し、 D_3 では、あまり大きな効果がみられない。

2) ノズルの重複配置による比較(D_1 の場合)

D_1 ノズルでの単列と複列の除去率の比較を図-4に示す。一般的には、接触面積が2倍になるので複列の方が除去率は、良い結果がでると思われたが、実際には、逆の結果となった。これは、ノズル間の間隔が近すぎて前後のノズルの水滴が相殺した結果により効果が減少したためと思われる。ノズル間の間隔を広げてやれば、重複効果は期待できると思われる。

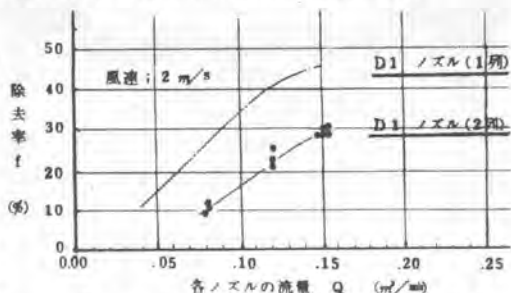


図-4 ノズルの重複配置による比較

3) ネット、泡等による効果(風速 1 m/s 以上)

水以外に、ネットと泡との併用等、補助操作についても写真-6に示すような実験を行った。その結果、写真のような泡層も瞬間的にはカーテンを形成しているが、すぐに破られ除じん効果は認められなかった。連続的に泡を供給した場合も同様であった。



写真-6 ネット、泡等による効果

4) 風速と除去率の関係

これまでの経過より一番良い結果がでていた D_1 ノズルの単列という条件で、風速と除去率の関係を比較したのが図-5である。この結果より、風速が 1 m/s になると除去率は最大の 55% となり、これより風速が増加するに従って粉じん除去率は低減する傾向にある。又、風速が 3 m/s となると極端に低下する。これは、ノズルで噴射した水滴が風で飛ばされ正常なウォーターカーテンを形成出来なかったためと思われる。

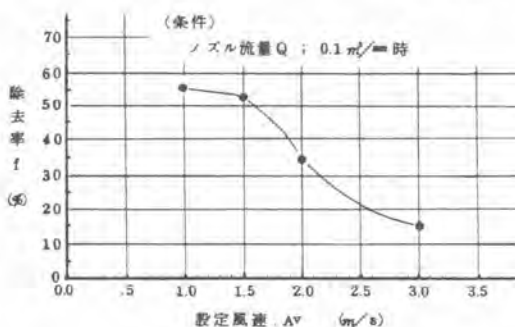


図-5 風速と除去率の関係

(2) 通気性

ウォーターカーテンを形成させることによって、通風時に抵抗となり一種の遮断効果の役目も果たす意味もあると考え、カーテン設置後の風速を測定し、その差を通気率として観察した。その結果は、使用水量が増加するに従ってやや減少する傾向にあるものの顕著な結果はみられなかった。

(3) 透視性

透視性については、写真-7(D_1)、写真-8(D_2)、写真-9(D_3)に示す。これから判断すると全てのノズルに関して、ウォーターカーテンの先にある物を見ながらの作業は不可能と思われる。 D_1 、 D_2 ノズルはスモッグ状となり、 D_3 ノズルは歪のある透明ガラス状となっている。

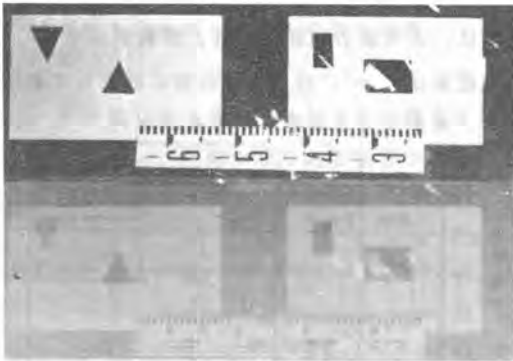


写真-7 D₁ノズルの透視性

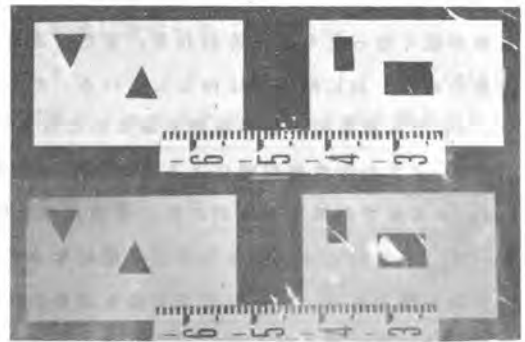


写真-8 D₂ノズルの透視性

4. ま と め

(1) 粉じん除去率が最も良いのは、D₁ノズルであり、水滴径はD₁とD₂では小さい方が良い。D₁ノズルで風速2(m/s)の条件では、ノズル流量が増加するほど除去率が良くなるが、実験では $Q=0.15(\text{m}^3/\text{min})$ で45%を示した。

(2) ノズルD₁で使用水量が増加すると通気性が若干低下する。

(3) 風速を1~1.5(m/s)以上にすると除去率は急速に減少する。

(4) ウォータカーテンによる気温冷却効果については、今回は実験中の水温と気温の差が小さかったため確認出来なかった。

(5) ウォータカーテンによる透視性は、かなり悪い。従って、切羽環境改善のために本方法を用いるとすると、吹付作業の自動化等が必要になると思われる。

5. あ と が き

今回の調査は、小規模な風洞装置を用いて実験したものであるが、当初期待していたほどウォータカーテンの粉じん除去効果がみられなかったのは残念である。しかしながら風速を1(m/s)に設定した時、粉じん除去率は最大55%が得られた。今後、除去率向上のためにノズルの種類、噴射方向および配置等を検討することによって、さらに除去率を向上させることは可能と考えられる。

これからの技術開発として切羽での吹付作業の自動化、吹付ノズルの改善等、粉じん発生源での除去対策、粉じん抑制工法等期待するところが大きいが、本調査がその一助となれば幸いである。

最後に、この調査を実施するにあたり御指導、御助言を頂いた関係各位に謝意を表する次第である。

参考文献

- ・トンネル粉じん処理実験(第1報) 高野, “奥村組”
- ・ “ ” (第2報) “ ”, “ ”
- ・安房トンネル調査坑粉じん測定結果報告書 58-8 鹿島技研