

## 22. トンネル工事用湿式集じん機 “ハイドロフィルター”の開発

鹿島建設 原田 実・横田 依早 弥  
古賀 幹 久

### 1. はじめに

トンネル工事では、さく孔、発破、ずり出しなど粉じんを発生する要因が多い。とりわけ最近では、NATMのコンクリート吹付けやブーム式掘削機による中硬岩掘削といった施工法の急速な普及により、粉じんが発生する工法がふえて作業環境の悪化に拍車をかけている。こうした粉じんは、視界を悪くして作業性や安全性を損うばかりでなく、人体にも有害でけい肺病の原因となる。

粉じんによる健康障害の防止については、これまでも労働安全衛生規則などで規制されていたが、昭和54年4月「粉じん障害防止規則」が労働省令で制定され、トンネル工事に対しても粉じん対策が義務づけられた。同規則では対策として、発生源の密閉化あるいは湿潤化、換気及び集じん機の設置をあげている。しかしトンネル内では密閉化のための囲い、湿潤化のための使用水量には制限があり、また従来の換気に対応しようとする膨大な風量が必要となる場合が多い。このためトンネル工事においては集じん機を積極的に利用しようという方向にあり、トンネル工事に適合した集じん機の開発が望まれていた。

トンネル工事用集じん機は、小型、高性能及び安全であり、保守が容易で高湿度状態でも使用でき、また低コストであることが求められる。今回紹介する湿式フィルター型集じん機「ハイドロフィルター」はこのような条件を満足することを目標とし、基礎実験の結果をもとに試作・実用化したものである。

本報文は、集じん機の機構、形状・寸法、性能試験結果及びトンネル工事のNATMのコンクリート吹付け粉じんに適用した結果の作業環境の改善の効果を紹介する。

### 2. 集じん機の機構

湿式フィルター型集じん機の概略構造を図-1に示す。この集じん機は、四角錐型スプレー、ハニカム状のプラスチック製フィルター、波形ミストエリミネータ及び下部の貯水槽から成る。

フィルターには上部からスプレー水が与えられ、一方粉じんを含んだ空気がフィルター下部から垂直に上昇する。このときフィルター中の水はその落下方向と逆向きの空気の流れにより

妨げられて、フィルターは十分に水を含んだ状

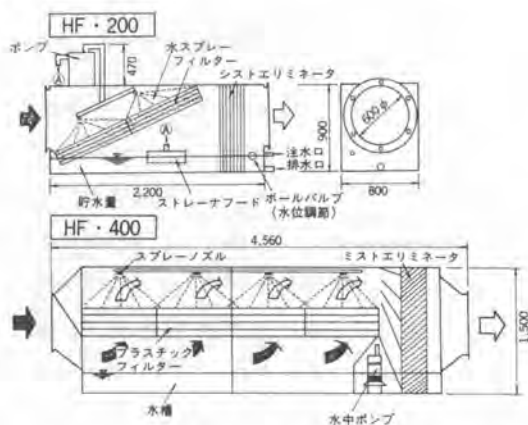


図-1 湿式フィルター集じん機の形状・寸法

態になっている。このフィルター中を粉じんが通過する際、粉じん粒子は水滴あるいは水膜との慣性による衝突、拡散による付着などにより捕集され、下部の貯水槽に落下し沈殿する。貯水槽の上澄水は水中ポンプにより再循環してスプレー水として供給される。また沈殿した粉じん（ヘドロ状）は、1～6カ月に1度ダスト取り出し口から排出する。本集じん機の諸元を表-1に示す。

### 3. 性能試験の結果

#### (1) 集じん効率の測定方法

図-2に性能試験の装置を示す。性能試験では、圧力損失、スプレー吐出水量などの測定とともに試験用粉体としてタルクを用い集じん効率の測定を行った。タルクはフィーダにより定量供給されるが、微細な粉じんを発生させるために凝集粒子を圧縮空気のジェット噴流により分散し、粉じん拡散室（ $6\text{ m}^3$ ）で粒径の大きなものを沈降させた。また集じん機の入口側、出口側にはダクトを設け、そのダクト内で粉じんの測定を行った。粉じん濃度はローボリュームエアサンプラ、粒径分布はカスケードインパクタによって測定した。

#### (2) 測定結果

集じん機の処理風量と集じん効率の関係を図-3に示す。処理風量 $Q$ を大きくすれば集じん効率 $\eta$ は良くなり、 $Q=440\text{ m}^3/\text{min}$ のとき $\eta=99\%$ であった。 $Q$ を大きくした場合、フィルターを通過する風速が増すため水滴あるいはフィルター中の水膜に対する粉じん粒子の慣性力が大きくなり、集じん効率が良くなるものと考えられる。さらに風量を $450\text{ m}^3/\text{min}$ 以上に増すと、ミストエリミネータでカバーしきれず水滴が集じん機の出口側から飛散するとともに、集じん効率も低下した。したがって、性能の安

表-1 湿式フィルター集じん機の諸元

項目	単位	HF-200型	HF-400型
処理風量	$\text{m}^3/\text{min}$	200	400
圧力損失	$\text{mmAq}$	70	200
循環水量	$\ell/\text{min}$	40	50
大きさ	高さ $\text{mm}$	1,370	1,500
	長さ $\text{mm}$	2,200	4,560
	幅 $\text{mm}$	800	910
重量	本体 $\text{Kg}$	300	800
	貯水量 $\text{Kg}$	500	800

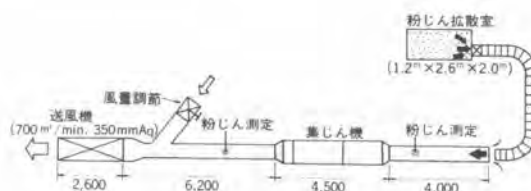


図-2 性能試験の装置概要

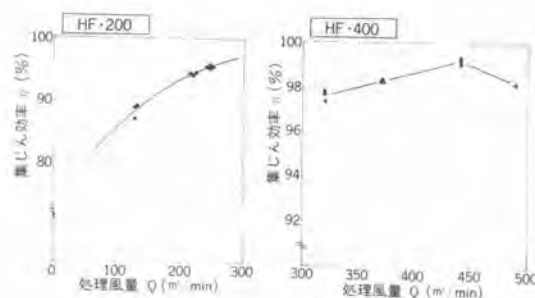


図-3 処理風量と集じん効率の関係

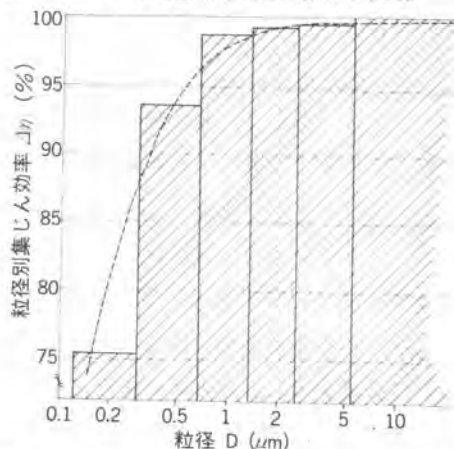


図-4 粉じん粒径別集じん効率 (HF-400)

定性を考慮すれば  $400 \text{ m}^3/\text{min}$  が適切な処理風量である。

また、粉じん粒径別の集じん効率  $\Delta\eta$  については、各種の集じん方式による集じん機でも一般に粒径が小さなものほど集じん効率が低下する。本機の場合は図-4に示すように  $5 \mu\text{m}$  より大きい粒子では  $\Delta\eta = 99\%$  以上であるのに対して、 $0.3 \mu\text{m}$  より小さい粒子では  $\Delta\eta = 75\%$  以下となった。なお、使用したタルク粉じんの集じん機入口側の平均粒径は  $4.4 \mu\text{m}$  であり、出口側では  $0.14 \mu\text{m}$  であった。

#### 4. 集じん機の適用方法

集じん機を掘削切羽やNATMの作業周辺で適用する場合の設置方法を図-5に示す。

集じん機による循環処理方法としては、吸出しあるいは吹込み循環方式がある。吸出し方式では、切羽で発生する粉じんを効果的に吸引するために吸出しダクト口を切羽から  $3 \sim 4d$  ( $d$ :ダクト径)以内に設置するが、そのような設置が困難な場合には吹込み方式となる。吹込み方式では粉じんを効果的に拡散し希釈するために吹込みダクトを切羽から  $5De$  ( $De$ :トンネル径)以内に設置する。

一方、換気との組合せで適用する場合は送気式と排気式の組合せがある。送気式は、坑外の新鮮空気をダクトを通して切羽で放出するため、切羽には新鮮空気が供給され、汚染空気が坑外に排出される。したがって、送気式との組合せは、切羽後方への粉じん拡散防止に効果的である。このときの集じん機の処理風量  $Q_2$  は送気量  $Q_1$  より大きい方がよい。また、排気式では切羽での粉じんの吸引効果が悪いため、一般に局所送気を行うが、切羽後方で粉じん発生量が多く、除じんした空気を切羽に送る場合に適する。

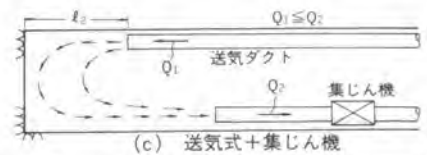
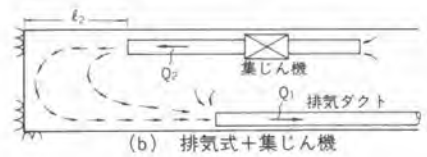
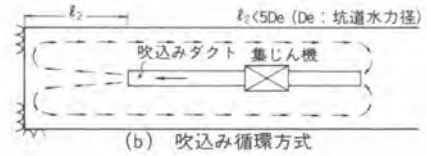
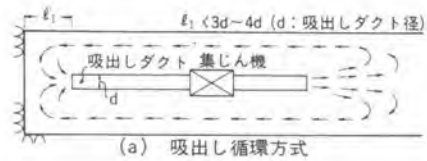


図-5 掘削切羽における集じん機の設置方法

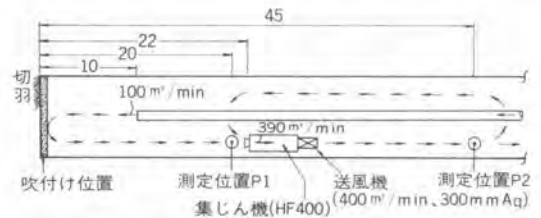


図-6 補助坑における集じん機の設置状況



写真-1 設置状況 (右側: 切羽, NATM工事中)

## 5. トンネル工事への適用効果

### (1) 集じん機の設置状況

恵那山トンネル工事の補助坑では、飯田方坑口から2000m点以奥の300m区間でNATMが採用され、この区間で集じん機が使用された。補助坑は、断面積24m<sup>2</sup>であり、全断面掘削されている。吹付機械はメナディエGM-76であり、吹付けにロボットが使用されている。吹付け時の粉じんは、主に吹付けノズル及び吹付け面から発生するが、吹付機械の周辺、急結剤の添加作業の周辺からも多少発生する。

集じん機は図-6に示すように、その吸込み口が切羽から20m後方に設置されており、また換気用ダクトの吹出し口が切羽から10m後方にある。各々の風量を測定した結果、換気風量は、100m<sup>3</sup>/minであるのに対し集じん機の処理風量が390m<sup>3</sup>/minであった。したがって、集じん機の処理風量のうち、290m<sup>3</sup>/minは再循環していることになる。

### (2) 作業環境の改善効果

集じん機を運転あるいは停止させて、作業環境の粉じん濃度を集じん機の後方に設けたP2点（図-6参照）でハイボリュームエアサンプラ（3紙式重量濃度計）により測定した結果、

a. 運転時： 1.25mg/m<sup>3</sup>

b. 停止時： 12.20mg/m<sup>3</sup>

となり、作業環境が1/10の濃度に改善された。なお、吹付け時の粉じん発生量は、集じん機の停止時における粉じん濃度と換気風量の関係から1,200mg/minとなる。

また、図-8は集じん機の運転時における粉じん濃度の経時変化をデジタル粉じん計（光散乱式相対濃度計）によって測定し、重量濃度に換算したものであり、集じん機の出口側における濃度は入口側に比べて約1/10となった。

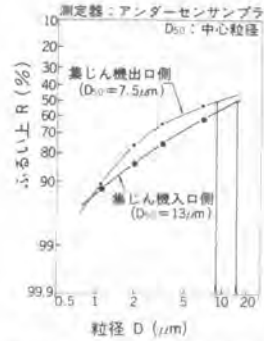


図-7 コンクリート吹付け粉じんの粒径分布

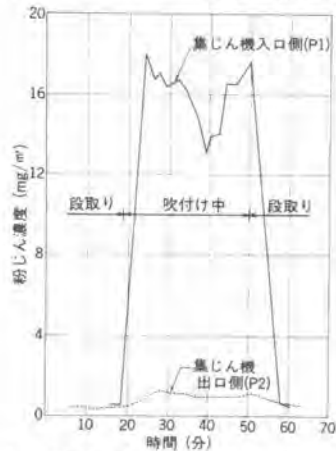


図-8 粉じん濃度の経時変化

## 6. おわりに

今回、試作機を実際のトンネル工事へ適用する場合、特に問題になったのは小型化についてである。大幅に小型にすると送風機動力（送風圧力）の増大や集じん効率の低下にも大きく関係するため、実現場での適用経験をしたことによって実用機としての見通しがついた。現在、標準化を目標に、トンネル断面積に合せた各種の処理風量による機種についての集じん機の主要諸元を作成中である。

また、集じん機をトンネル工事に適用する場合、換気との組合せが重要であり、模型実験によりこの適切な組合せ及び効果的な粉じんの吸引方法については実験的な研究を行っており、その結果は次の機会に報告する予定である。