

VI-82

ガラス繊維を混入した特殊吹付け工法の施工試験について

株式会社間組技術研究所 正会員 福留 和人

株式会社間組技術研究所 正会員 畠山 修

株式会社間組技術研究所 正会員 木川田一弥

1. まえがき

NATM工法において使用される吹付けコンクリート（以下ショットクリート工法と呼ぶ）は、狭小な作業空間や湧水箇所においては粉じんの発生やね返し量が多くなり、確実な施工が困難となる。一方、ガラス繊維を混入した特殊吹付け工法¹⁾（以下、ファイコン工法と呼ぶ）は、狭小な作業空間や湧水箇所においても確実な施工を可能とした工法である。今回模擬トンネルを用いてショットクリート工法およびファイコン工法の比較試験を実施したのでその結果について報告する。

2. ファイコン工法およびショットクリート工法の概要

ファイコン工法の施工概要を図-1に示す。図に示すようにセメントペースト、急結剤をそれぞれのポンプで圧送し、ノズル先端部で瞬間的に混合しながら、さらに耐アルカリガラスを加えて吹付けるものである。

ショットクリート工法としては、湧水箇所での施工性に優れているセミ湿式工法を用いた。

3. 試験条件

3.1 使用材料：試験に使用した材料を表-1に示す。

3.2 コンクリートの配合：ファイコン工法およびショットクリート工法のそれぞれの配合を表-2, 3に示す。

3.3 模擬トンネルの概要： 模擬トンネルは、直径4m、長さ30mの半円形コルゲート管（図-2）を用いた。なお、トンネル内の吹きつけ試験箇所には、事前にモルタルを吹付ける（厚さ3cm）ことによって模擬岩盤を作成した。湧水箇所での施工性を検討するために模擬岩盤内にあらかじめ小孔（3mm）を設けたガス管（径15mm）を埋めておき、これにより湧水状態を模擬した。水量は10ℓ/min.となるよう調整した。吹きつけ箇所には、狭小な空間や掘削機などが設置されている状況を模擬するために図に示すような障害物を設置した。

3.4 測定項目および方法

（1）粉じん測定：吹き付けにより発生する粉じん量をデジタール粉じん計により測定した。なお、測点1においてローボリュームエアサンプラーによる質量濃度の測定を行なう

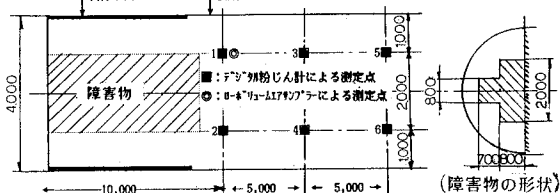


図-2 模擬トンネルの概要

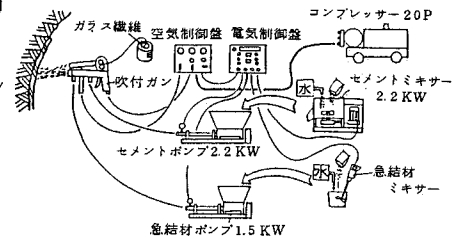


図-1 ファイコン工法の概要

表-1 使用材料

	種 類	備 考
セメント	普通ポルトランドセメント	比重=3.15
細骨材 (ショットクリート)	大井川産川砂	比重=2.57
粗骨材 (ショットクリート)	川部町産砕石	比重=2.73 最大骨材寸法: 15mm
ガラス繊維 (ファイコン)	耐アルカリガラス繊維	
混和急結剤 (ショットクリート)	アルミン酸塩	
和急結剤 (ファイコン)	加シム9147F3系	
剤高性能減水剤 (ファイコン)	ワタリシ333 酸変性ポリカルボン酸化合物	

表-2 コンクリートの配合（ファイコン工法）

水セメント比 W/C (%)	急結剤 添加率 Q/C (%)	ガラス繊維 混入率 F/C (%)	単 位 量 (kg/m³)				
			水	セメント	減水剤	急結剤	ガラス繊維
41	15	1.5	525	1284	7.7	193	20

表-3 コンクリートの配合（ショットクリート工法）

水セメント比 W/C (%)	細骨材 率 S/a (%)	急結剤 添加率 Q/C (%)	単 位 量 (kg/m³)				
			水	セメント	細骨材	粗骨材	急結剤
50	60	5.0	248	496	871	617	24.8

ことにより、デジタル粉じん計のカウント数と質量濃度の換算係数K値を求めた。測定点は図-1に示す通りで、地上1.5 m の高さで測定した。測定は、吹付け開始3分後に実施した。

(2) はね返り量測定：はね返り量の測定は、吹付け場所周辺にシートを敷き、吹付け終了後集積した吹付け材料の重量を測定することによって行なった。

(3) 若材令強度測定：吹付け材の若材令時の強度発現状況を調べるため経時的に強度試験を実施した。吹付け材の圧縮強度を直接測定するのは不可能なため、ここでは、あらかじめ埋め込んだ引抜ピンの引抜荷重および破壊面積から圧縮強度を推定する方法で測定した。試験器はカインドルメイコ式のブルアウト試験器を用いた。測定は1, 3, 6, 24時間後に実施した。

4. 結果および考察

4.1 粉じんの発生量：表-4に粉じん濃度の測定結果を示す。表からわかるように、ファイコン工法の場合、粉じん濃度は5~6mg/m³と極めて低く、ショットクリート工法の1/8~1/9程度の濃度である。これから、ファイコン工法は、狭小な作業空間での作業環境の改善が期待できると言える。

表-4 粉じん濃度測定結果

	粉 じ ん 濃 度 (mg/m ³)						
	測点1	2	3	4	5	6	平均
ファイコン工法	6.3	5.3	6.4	5.4	6.1	5.2	5.8
ショットクリート工法	58.1	49.4	48.8	41.4	50.7	47.1	49.0

4.2 はね返り量：表-5に、はね返り量の測定結果を示す。ファイコン工法の場合、はね返り量2%とほとんど材料のはね返りがなく、ショットクリート工法の36%と比較して格段に改善される。これは、ガラス繊維による吹き付け材料の補強効果により、吹付け直後の安定性が改善されるためであると思われる。

表-5 はね返り量測定結果

	はね返り 重量(kg)	吹付け重 量(kg)	はね返り 率(%)
ファイコン工法	18	771	2
ショットクリート工法	592	1625	36

4.3 若材令強度：図-3に若材令強度の測定結果を示す。図からわかるように材令1~3hrでは、両工法ともほぼ同様の強度発現を示し、6~24hrでファイコン工法の方が高くなっている。このように、今回の結果では、初期におけるガラス繊維による補強効果が明確に現れなかった。いずれにせよ、両工法とも若材令時の強度発現は高く、良好な吹付けができたものと考えられる。

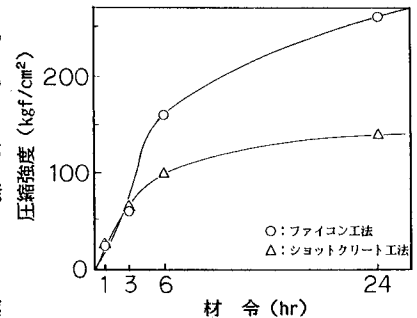


図-3 材令と強度の関係

4.4 施工性および湧水の影響：施工性については、ファイコン工法の場合、吹付け機械が小型のため、狭小な空間でも良好な作業性を有することが確認された。一方、ショットクリート工法の場合吹付け距離（1 m程度）および吹付け角度を一定に保つ必要があること、また、ノズルが大型であることなど狭い空間での施工には問題があると言える。湧水箇所における吹付け状況を目視により観察した。それによるとファイコン工法の場合、湧水箇所でも、水が流れる部分を残して十分吹付けることができた。一方ショットクリート工法では、湧水箇所の吹付け時に供給水量を絞るることによって（水セメント比を小さくする）湧水箇所を追い込むことができたが、ファイコン工法に比べて材料の流出が多かった。

5. まとめ

今回の試験結果をまとめると以下の様になる

- ①ファイコン工法は、10 l/min.程度の湧水があっても安定した吹付けが可能である。
- ②ファイコン工法は、ショットクリート工法に比べて吹付け機械が小型であるため施工性に優れている。
- ③ファイコン工法は、粉じん量の発生が極めて低く、作業環境の改善が期待できる。
- ④ファイコン工法は、吹付け材料のはね返りがほとんど生じない。

参考文献：1) 新しい湿式吹付け工法の研究，竹内他，土木学会第38回年次学術講演会概要集，1983年