

機関組 技術研究所 正会員 ○松垣 光威

" " 竹内 恒夫

" " 畠山 修

1. まえがき

最近、中硬岩盤を対象とする山岳トンネルの工事においては、機械化、経済化、急速化を目的にトンネルボーリングマシン（以下、TBMと称す）による施工が見直されてきている。しかし、わが国のように地質の変化が激しい岩盤をTBMで掘削するには、掘削直後の坑壁を早急に安定させる必要があるため、その成否はNATMの適用が大きなカギになると考えられる。ところが、TBMでの吹付け施工は、図-1に示すように、作業空間の大部分を機械本体が占めることから、従来の吹付けコンクリート工法では理想的な吹付け姿勢がとれないため、粉じんやはね返りが大量に発生し施工が困難である。また、はね返った材料の後始末の必要から進行を著しく遅らせる原因となり、さらに湧水箇所での施工が困難で、決め手になる工法の開発が遅れていた。筆者らは、これらの欠点を解決すべく特殊な吹付け工法を開発し、実用化に成功したので、その概要と実績を報告する。

2. 特殊吹付け工法の概要

本工法は、セメントを主材に、カルシウムサルフォアルミネート系の急結剤と、ガラス繊維の三つの材料を、専用の吹付けガンで瞬間的に混合しながら吹付けるもので、図-2にそのシステムを示す。吹付けガンは小型軽量で、吹付け距離を10cmから最大3m程度まで変化させてもはね返りはほとんど発生しない。また完全な湿式吹付けのため品質のバラツキが少なく、粉じんの発生も少ない。さらに瞬結性に優れているため、湧水箇所での施工にも強い特徴を有している。なお、本工法に使用している材料の基本的性質については、第38回土木学会学術講演会において詳しく報告しているので、省略する。

3. 特殊吹付け工法の試験結果

表-1に示す配合を標準配合として、巾30×長さ30×

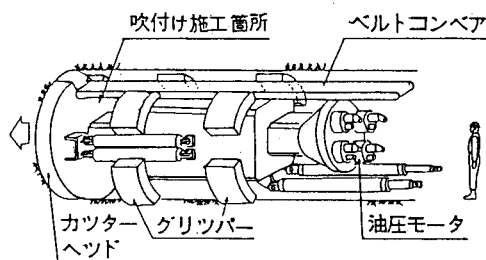


図-1 TBMでの吹付け施工

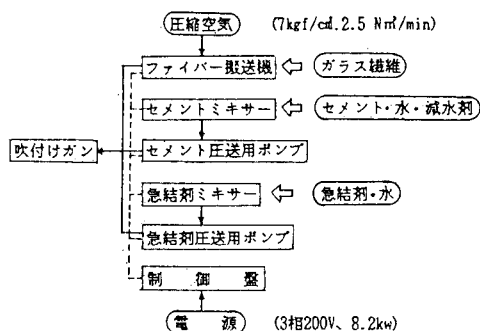


図-2 吹付けシステム

表-1 材料配合表

種類	内 訳	単 位 量 (kgf/m³)	備 考
セメント材	普通ポルトランドセメント	1,284	$\gamma=3.15$
	水	437	W/C=34%
	混和剤(減水剤)	7.7	A/C=0.6%
急 結 剤	特殊急結剤	193	$\gamma=2.9$
	水	81	W/Q=42%
ガラス繊維	耐アルカリガラス	10~20	$\gamma=2.54$ F/C=0.8~1.5%

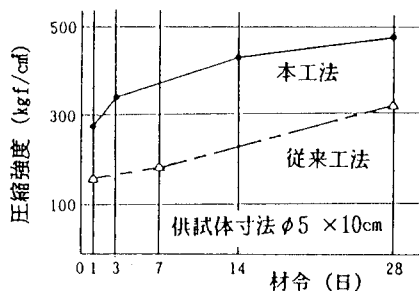


図-3 材令と圧縮強度

深さ30cmのコア箱に吹付けを行い、材令1日直前にコア抜きを行い、端面を整形した $\phi 5 \times 10$ cmの供試体を、JIS A1108 に準じて圧縮強度試験を行った。材令と圧縮強度の関係を図-3 に示す。なお図中の従来工法のデータは、アリバ260 の吹付け機による一般的な配合での試験結果である。

4. 特殊吹付け工法の施工結果

本工法を、当社で施工中のA現場に、企業先の了解を得て適用した。その結果、はね返り率は従来の乾式工法の1/8程度に改善され、また粉じん濃度も従来の湿式工法程度に納まった。写真-1は、同じく当社で施工中のB現場における、従来の乾式工法による湧水箇所での施工例である。 m^3 当たり毎分5 ℓ 程度の湧水量があり、湧水部分を中心に吹付けコンクリートのハク落が各所に見られ岩盤の露出が認められる。これに対し、同一箇所を、本工法で再施工した状況を写真-2に示す。岩盤の露出箇所は、なくなっており、ほぼ完全な仕上がり面が得られている。但し、湧水の浸出部分は最大径5cm程度の水孔が形成された。

A現場の施工実績は、吹付け施工数量にして約2万 m^3 を施工した。その結果、TBMによる掘削直後の地山に厚さ2~5cmの薄肉吹付けを行い、 m^3 当たり毎分15 ℓ 程度の湧水を伴う幾多の断層破碎帯を無事突破することができた。

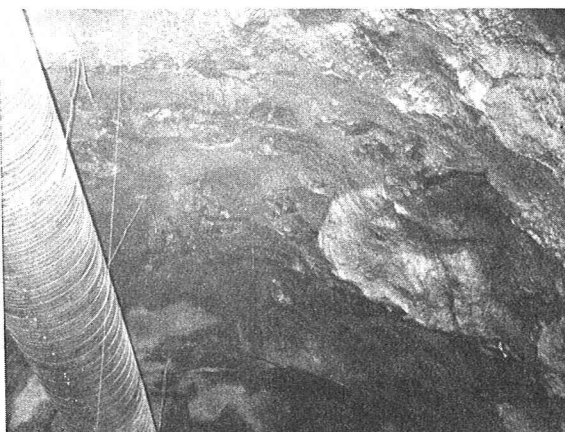


写真-1 湧水箇所での施工（従来工法）

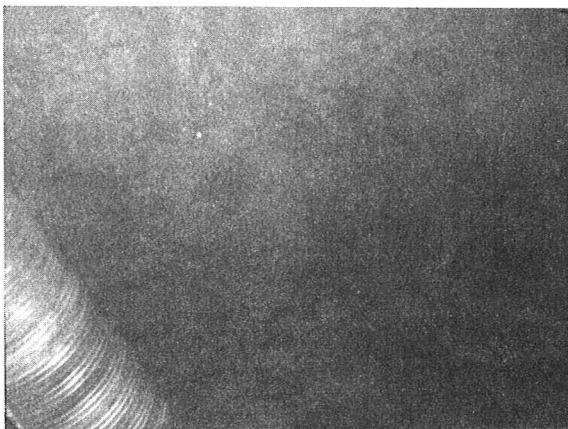


写真-2 湧水箇所での施工（本工法）

5. まとめ

以上の結果から本工法をまとめると、以下のようなことがいえると考えられる。

- ① カルシウムサルフォアルミネート系の急結剤は瞬結性に優れ、吹付け工法の急結剤として効果がある。
- ② 主材および急結剤を湿式にすれば、両者の混合は比較的容易になり品質管理や環境保全に効果がある。
- ③ 主材および急結剤をスラリー状にしてポンプで吹付けガンまで圧送し、最適なスプレー状態が得られるよう圧縮空気の圧力および流量をコントロールすることにより、吹付け面と吹付けガンとの距離が変化しても、はね返り量を少なくできる効果がある。
- ④ 湧水箇所での吹付けには、急結剤の効果ばかりでなく、ガラス繊維が付着効果に寄与している。

6. あとがき

今回TBM一次覆工用として適用した本工法は、吹付け材料および機械の両面から抜本的な研究を進めることによって、従来の吹付け工法の欠点がある程度、解決できたものと考えている。しかし、従来の吹付け工法に比べて施工費用がかなり高くなるという欠点を有しており、今後の課題といえる。

最後に、本工法の開発成果が現在実施されている他の吹付け工法の改善や改良に多少なりとも参考になり、トンネル工事の合理化に貢献できれば望外の喜びである。