

NATMトンネルにおける吹付コンクリートについて

建設省東北地方建設局 仙台工事事務所 佐々木 真

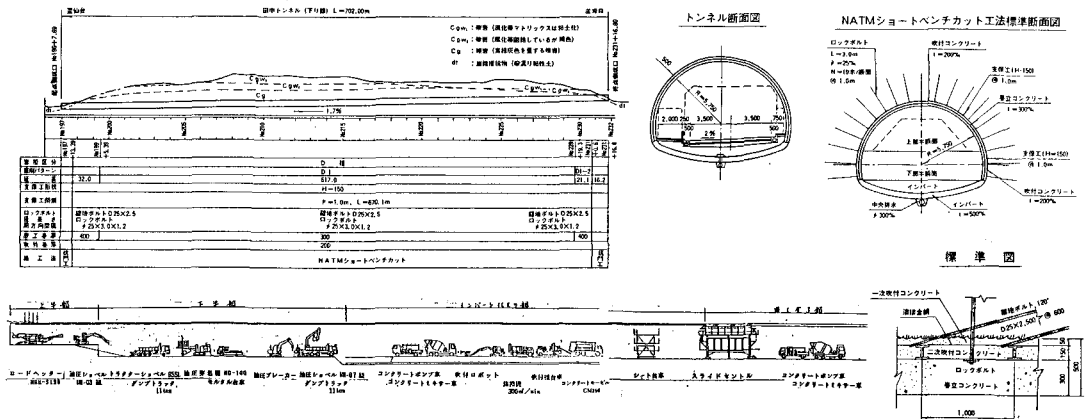
1 概要

近年トンネル工事においてNATM(New Austrian Tunnelling Method)が数多く採用される様になり、トンネル支保として吹付コンクリートが掘削工事の中で大きなウエイトを占めている。吹付コンクリートには粉塵発生に伴う作業環境の悪化、はね返りによる吹付材料のロス、そして施工の能力等解決すべき問題が多くあり、各方面で其の研究開発が行われている。

現在、トンネル工事における吹付方式は、主として乾式、湿式、複合式(S・E・C吹付)に別けられ、乾式、湿式については夫々一長一短があり、其の採用に当っては現場条件に応じて決定しているのが実状である。複合式のS・E・C吹付方式は乾式、湿式両方の利点を兼ね備える方式であり、昭和54年頃から実用化され、数多くの実績を持ち其の有効性については既に論じられているところである。

今回、東北地建施行の田中トンネル工事において、乾式吹付方式で実施しているところであるが、S・E・C吹付方式による実証実験を行ったので其の比較結果を報告する。

2. 田中トンネルに於けるNATM



田中トンネルは、緩やかな山地から海岸平野に移る沖積台地上に位置しており、工被りは最大で33m、平均して25m程度と浅く、地下水位は2~3mと高いがトンネル部は難透水路となっている。トンネル上部及び坑口付近は用途地域(才2種住専、住居地域)に指定され、直上部の住宅地延長比率は約40%に達している。地質はオーストラリア新世~第四紀洪積世に堆積した礫岩で、色調は青緑灰色を呈し、礫種は珉岩、花崗岩、粘板岩、砂岩等で、マトリックスは主として花崗岩類の風化により供給される砂である。

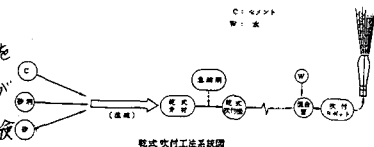
工被りが極めて薄く、直上に家屋が密集している事から、地表沈下を最小限に抑えるため、種々の工法比較検討の結果、NATM工法を採用した。NATMは「トンネル周辺地盤に支持リングの機能を発生させる」という原理に基づくものであり、吹付やロックボルト等の一次支保はそのリング効果を補助手段である。

田中トンネルに於けるこれまでの計測結果から判断すると、ロックボルト、吹付共に一次支保として有効に働いており巨視的には地山は弾性挙動を示しているが、数値的にみて吹付コンクリートが主たる支保であると云える。

3 吹付方式の比較

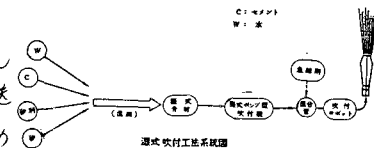
1) 乾式吹付方式

右図の様にドライミックスを圧搾空気の流れに浮遊させてホース内を圧送し、ノズルで圧搾水を加えて吹付ける方式で、ノズル部で粉塵が大量発生する。はね返りが大きい外に水の添加は、ノズルマンの経験的判斷に大きく左右されるため品質にはばらつきが生ずる。



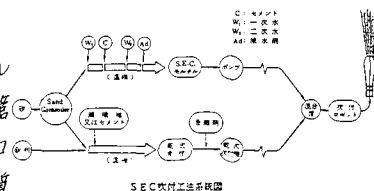
2) 湿式吹付方式

右図の様にウェットミックスをスクイズ式ポンプでホース内を圧送し、ノズル付近で圧搾空気を補助的に用いて吹付ける方式で、ポンプ圧送のため水セメント比が高く、機体本体が大型となる外圧送距離が極めて短く管内で分離を起し肉差しやすい。



3) SEC吹付方式

SEC (Sand Enveloped With Cement) 工法により練り混ぜた SEC モルタルをポンプ圧送、その他の層状を圧搾空気により圧送し、2系列を混合管で合流させて吹付ける方式で、付着力及び剪断応力の大きい硬練りコンクリートを吹付ける事から、発生粉塵、はね返りが共に少く高品質であるが、設備が大きくなる外サンドコントローラ等砂の表面水調整設備が必要である。



4 比較試験結果

試験は田中トンネル上半部を左右に別け乾式、SEC方式各々について順次実施した。ここで発生粉塵量の測定は吹付箇所から5mの位置で換気の状態で行っているが、実験をスムーズに行う事から人力吹付を実施したため吹付ロボット使用時に比べ若干多めに出ている。

結果をまとめると右表の様になり、吹付能力では1.5倍、発生粉塵量で2倍、はね返りでは1.5倍SEC方式が乾式に勝っている。特に発生粉塵については、吹付能力の差があり暴露時間を考慮すると、約5倍もの環境改善に帰依している。又乾式吹付はSEC吹付に比べ粉塵の吹付箇所からの距離による減衰が小さく、これは粉塵中に沈降しにくい軽微な物質が多いためと考えられる。

圧縮強度は1日までの強度をポリアウト試験、3日以降をファ一板きによる圧縮試験で行ったが、若干SEC方式が勝れているものの大差はみられない。

吹付コンクリート比較実験結果表

測定項目	単位	SEC	乾式	備考
吹付時間	分	14.2	23.0	純吹付時間
吹付数量	m ³	1.42	1.59	
吹付能力	m ³ /分	6.0	4.1	
粉じん量	mg	439	1022	デシタル粉じん計
粉じん量	mg	10.9	25.3	
はね返り量	kg	780	1320	
はね返り率	%	23.9	36.1	
圧縮強度	kg/cm ²	15.1	14.6	7日以内はポリアウト
		23.9	22.8	
弾性係数	kg/cm ²	115	104	
強度	kg/cm ²	265	247	コアによる
		321	312	
		392	376	

配合	セメント	水	細骨材	粗骨材	減価剤	その他
SEC	360	186.5	1120	758	5%	100-50%
乾式	360	162	1130	756	100-50%	45%

注1) 細骨材・表面水・ミキサースト
注2) 乾式・湿式ともに10分間ははね返り・粉塵は測定済み

5 総括

今回、圧送距離や作業条件等同一条件のもとで比較試験を実施した訳であるが、当所予想していたとおり発生粉塵が極めて少く又ははね返りも少く、能力的にも可成り上回る事が実証された。コスト的には1km程度の道路トンネルで試算するとSEC方式がやや高価ではあるが大差ない事が判った。一工事当りの総吹付量が極めて少ない場合等は設備に要する費用が高くつく事からやや問題があるが、作業環境の改善という観点からすれば、今後この様な発生量の少ない吹付工法の採用が強く望まれる。