

トンネル工事における坑内環境計測結果に関する一考察

(株)大本組 正員 中尾安行 正員 鈴木昌次 泉谷 隆
 山口大学 正員 古川浩平 正員 中川浩二

1. はじめに

トンネル施工中の坑内環境の把握を目的として、トンネル工事における坑内環境計測を実施した。調査トンネルは、発破掘削によるNATM工法にて A, B ラインを同時進行するものである。地山は花崗岩であり、吹き付けコンクリートは湿式で、ずり出しはコンテナ輸送方式による坑内仮置きタイヤ工法を採用している。また、換気方法はビニール風管を用いた送気式である。坑内環境に関する特徴としては、B ライン側に地下水が集中しており A、B ラインの路盤の湿潤状態が大きく異なっている点があげられる。

本文では、坑内の気流分布および粉塵の計測結果を示し、これに対して若干の考察を加えた。

2. 風速分布計測

風速分布計測は熱線式風速計を用い、作業内容を変えて 3 回実施した。第 1 回目は、ずり出し作業中に実施し、第 2 回目は吹き付け作業の前後、第 3 回目は削孔作業中のものである。計測点は図-1 の○点であり、各測点において上位レベル(約 3.7m)、下位レベル(約 1.7m)の 2 レベルでの測定を実施した。

計測に先だって送風管口での流速を計測したところ坑内風管端末で 8m/s であった。風管径は 0.9m であるので全送風量は約 305m³/min となる。

図-2 は吹き付け作業時の風速分布を、切羽に向かって右側、中央、左側について示し、横軸に切羽からの距離(m)、縦軸に風速(m/s)をとっている。また、実線は上位レベル、点線は下位レベルでの計測値を示す。大きな傾向として、送風管の後方数 m で風速は急激に減少することが確認できる。

表-1 はトンネル中間部における各作業毎の平均風速を、切羽に向かって右側、中央、左側の上下 2 レベルについて示したものである。計測は諸作業実施中にこれを止めることなくおこなっているため、坑内には重機、ずり出し用仮置きコンテナ等の遮閉物があり、また諸作業の進行による重機の移動等もあることから風速の計測値はかなりばらついているが、表よりトンネル中間部では上位レベルでの計測値に比し、下位レベルでは流速が小さいことがわかる。これより、トンネル内に送風された流量はトンネル横断面に関して一様には移動せず、横断面の上層側を下層側に比して速い速度で移動しているものと思われる。従って、排気ガス等の非常に軽いものであれば比較的早期に坑外へ排除されると考えられるが、比較的重いと考えられる岩屑、コンクリート粒子等の場合には排出に時間を要することが予想される。さらに、削孔時の平均風速が他の 2 倍あり、削孔時には重機の移動が無いことから、坑内の風速は重機の移動に大きく影響されると考えられる。

表-1 G～J 測点の平均流速 (B517)

計 測	ずり出し	吹き付け	削 坑
右 上	0.225	0.233	0.633
右 下	0.126	0.193	0.473
中 上	0.280	0.313	0.490
中 下	0.280	0.305	0.443
左 上	0.300	0.185	0.473
左 下	0.088	0.065	0.385
平均	0.127	0.216	0.483

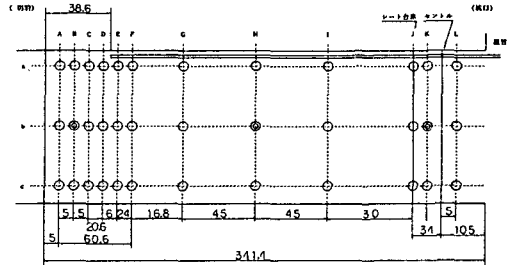


図-1 風速・粉塵計測点

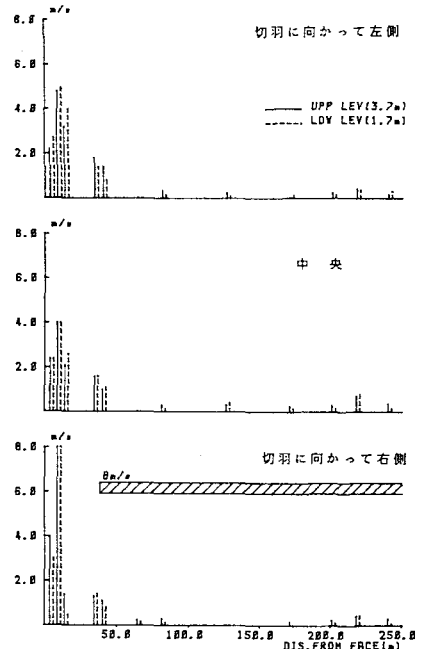


図-2 風速分布 (B517)

3. 粉塵計測結果

粉塵計測では発生した粉塵の時間的、位置的分布の把握を目的とし、デジタル粉塵計を用いて、図-1の○に示す坑内 3 測点での経時変化を計測した。

表-2の粉塵移動速度は、B ラインにおいて、各測点で吹き付け作業開始後に 40cpm を記録した時間と、吹き付け終了後に 40cpm まで低下した時間、および測点間の距離を用いて、粉塵の平均的な移動速度を算出したものである。これより粉塵の移動速度は平均的に 0.2～0.3 (m/s) であり、風速分布計測で得られた坑内平均風速とおおむね一致していることがわかる。

図-3は切羽後方 10m、127.4m、236.4m地点での cpm値について吹き付け開始時刻からの時刻歴で示したものである。この内、236.4m地点はセントルの前面にあたる。なお、図中127.4m地点での時刻歴(点線)がセントル前での時刻歴(一点破線)に比し滑らかになっているが、これは前者が5分ごとの計測値であったものを補間して示したためである。また、図-3の計測時において、吹き付け作業実施者(切羽直後)付近では平均275cpmを記録していたが、それに比べ、切羽後方10mでcpmのピーク値はかなり減少しており、吹き付け作業終了後は急速に減少することがわかる。これは、今回の吹き付けコンクリートが湿式によるものであることから粉塵の重量が比較的大きく沈降が早いこと、また、切羽から送風管口までの間は図-2に示したように切羽後方への流速が大きく、粉塵の切羽後方への搬送、拡散が急速におこなわれていることが一つの要因と考えられる。

図-4は Bラインにおける削孔作業中の cpm値を坑内各点で計測し、切羽からの距離に対して示したものである。図-4より、削孔中は粉塵の発生も少なく切羽付近での cpm値は低いが切羽後方12m付近からcpm値が増加しはじめ、セントル付近で急激に上昇しているのがわかる。これより、切羽付近では粉塵発生源がなければ送風による後方への気流によってかなり清浄な状態にあるが、切羽後方では重機の移動等によってある程度粉塵が滞留しており、さらにセントル付近では粉塵の排出が遅く、滞留する度合いが大きくなっていることがわかる。

図-5は Aラインにおけるずり出し作業中の cpm値を図-4と同様に示したものである。図-5よりずり出し作業時においては、坑内全域にわたって100cpm以上を示し、図-3との比較においてもかなり高密度に粉塵が浮遊していることがわかる。Bラインにおいて同様の計測をおこなっていないため明確な指摘は困難であるが、吹き付け作業時には、重量の大きい粒子が比較的早期に沈降するため、極端に環境が悪化するのとは切羽直後に限られるのに対し、ずり出し作業時には、坑内全域に渡って吹き付け作業時の切羽後方10数 m地点と同程度に環境が悪化しているものと思われる。これは、気流分布計測の結果と合わせて考えると、比較的重い粒子の場合には、送風による坑外への搬送途中に多くが路盤上に沈降、堆積し、路盤が乾燥した状態であれば、これが重機の移動によって再度拡散されるためであろう。

4. おわりに

以上、坑内環境計測で得られた結果について若干の考察を加えた。一トンネルにおける数少ない計測結果からの考察であるため、トンネル施工中の坑内環境を一般的に説明するには不十分と思われるが、全般的な傾向としては明らかにすることができたものと考えられる。

なお、今後の坑内環境改善のための基礎的な事項としては以下が考えられる。

- 1) 吹き付け作業により発生する粉塵は送風による希釈よりも作業箇所直接処理の方が効果的と思われる。
- 2) 坑内の気流は上層部で速く流れていると考えられる。ところが、浮遊粉塵の多くは坑口側への搬送途中に下層側へ沈降すると考えられるため、下層部での流速を速めることが必要と思われる。
- 3) 粉塵の拡散防止のため、路盤は適度な湿潤状態に保つことが望ましいと考えられる。

参 考 文 献

- 1) (社)日本トンネル技術協会：タイヤ方式による長大トンネルの設計・施工に関する研究報告書 1985.3

表-2 坑内粉塵移動速度 (B-747)

作業内容	測点 (m)	40cpmに上昇(m/s)	40cpmに下降(m/s)
ずり出し	127.4	0.16	0.18
	236.4	0.17	0.19
吹き付け	127.4	0.27	0.19
	236.4	0.30	0.30

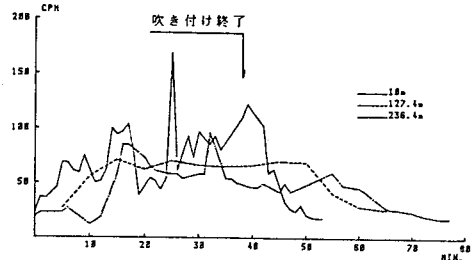


図-3 粉塵(cpm)の時刻歴 (B747)

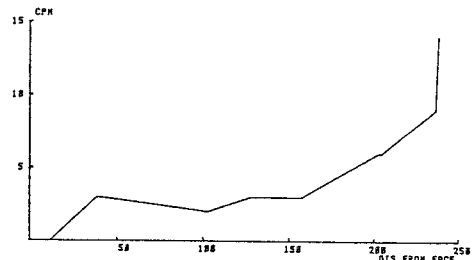


図-4 削孔作業時における粉塵(cpm)の距離分布 (B747)

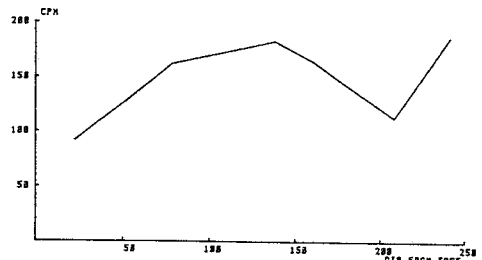


図-5 ずり出し作業時における粉塵(cpm)の距離分布 (A747)