

山岳トンネル工事におけるロングブーム吹付け機の開発と現場導入効果

清水建設株式会社 正会員 田代 浩信
 清水建設株式会社 正会員 ○長尾 卓馬
 清水建設株式会社 正会員 藤吉 卓也

1. はじめに

山岳トンネルの掘削工事においては、切羽の過度の応力解放の抑制と崩壊リスクの低減は、施工の安全、地山の安定およびトンネルの品質の観点から重要課題である。特に、軟弱地山の掘削時において、掘削直後に応力解放された状態である切羽面に早期にコンクリート吹付けを行い、地山の過度の緩みを抑制し、切羽面を安定化することは非常に有効である。しかしながら、掘削作業直後は切羽付近に大量のずりが堆積しているために、従来は、切羽まで吹付け機を近づけることが困難であり、ずり出し後に吹付け作業を実施することが一般的であった。その結果、ずり出し中に切羽近傍の地山の緩みが進行し、安全性、安定性が低下することがあった。そして、地山の崩壊は安全性の低下だけでなく、復旧は、工程の遅延やコストの増加の大きな原因となっている。

2. ロングブーム吹付け機開発の目的

従来の吹付け機(写真-1)に比べて最大1.4倍もの吹付け範囲をカバーする伸縮可能なブームを持つ「ロングブーム吹付け機」を開発・実用化した(図-1)。以下に開発の主な目的を述べる。



写真-1 従来の吹付け機

吹付け可能範囲 (m)	ロングブーム吹付け機	従来の吹付け機
奥行	17.2	12.5
幅	17.1	13.3
高さ	13.1	12.0



図-1 開発したロングブーム吹付け機

1) **切羽の早期安定:** 従来吹付け作業は、掘削後、ずり出しを終えてから実施しており、ずり出し中に地山の緩みが拡大していた。「ロングブーム吹付け機」の開発によって、1次吹付け作業をずり出し前にずりの頭越しに行うことが可能とする。これにより軟弱地山掘削時、切羽の過度の緩みを抑制できる。

2) **作業員の安全性向上:** 通常サイクルにおけるズリ出し後の吹付けにおいても、吹付け機を切羽から十分に離して配置することが出来るので、吹付け途中での不意な小崩落等により、オペレータや機体が被災するリスクを回避でき、安全性が向上する。

3) **施工性向上:** 重機が並んで配置できる大断面のトンネルでは、ロングブーム吹付け機を壁面付近に配置し、積込み機械と横並びにズリ出しと吹付けの同時作業も可能である(図-2)。これにより、トンネル施工におけるサイクルタイムの短縮を図ることができる。また長孔発破や、大断面トンネルにおいて所要吹付け面積が広がった場合、従来機では吹付け作業途中での吹付け機の配置移動が必要となるが、ロングブーム吹付け機では移動が不要となるため短時間で広範囲の吹付けが可能となる。



図-2 吹付けとずり出しの同時施工のイメージ

キーワード 山岳トンネル、コンクリート吹付け機、地山の緩み抑制、安全性向上

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設株式会社土木技術本部機械技術部 TEL 03-3561-3880

3. 現場導入効果

平成 25 年 5 月、中部横断自動車道の宮狩トンネル工事に導入した。導入現場での技術的效果を以下に示す。

1) 坑口部の切羽安定： 宮狩トンネル現場の坑口部の地質は、非常に脆弱であった。当初は、従来のサイク

ルタイム通りに、掘削後にずり出しを行い、吹付け・支保工設置を行っていたが、切羽の崩壊が連続して発生した(写真-1)。そこで、「ロングブーム吹付け機」を導入してサイクルタイムを変更し、掘削直後のずり出し前に、ずりの頭越しに吹付け作業を実施した(写真-2)。その結果、地山の安定が図れ、切羽の崩壊の発生を抑止することができた。



写真-1 崩壊した坑口部の切羽



写真-2 ずり越しの吹付け作業

2) トンネル内での切羽安定： トンネル線上には、複数の小断層が出現、および予測されている。弱層部の地山で切羽の崩壊が予想されたため、掘削直後に堆積ずりの後方に吹付け機を設置し、ずり出し前に吹付け作業を実施した(写真-9)。その結果、切羽の崩壊が抑止でき、地山の安定を図れている。ブームを伸縮するだけで、軟弱地山や一般地山に容易に対応できるため、実用性が高いことが確認されている。



写真-3 坑内でのずり越しの吹付け

3) 作業員の安全性向上： 従来に比較して、吹付け機を切羽から離して配置することができるので、作業中の切羽に対する視角が大きい。したがって、オペレータは従来より切羽から離れて(従来 8m⇒今回 15m)作業でき、落石等により作業員や機械が被災する可能性が低減する。特に崩壊性の地山においては、この効果は非常に大きい。



写真-4 吹付けと支保工清掃の同時作業

4) サイクルタイムの短縮： 従来は、トンネル断面の中央に吹付け機を設置し、トンネル全周の吹付けを実施していた。ロングブーム吹付け機は、片側の壁面付近に配置してもブームを伸長して全周を吹付けできる。その結果、横並びで吹付け作業と他の切羽作業を同時に施工可能である。宮狩トンネルでは、2次吹付けと同時に、次工程である支保工に付着した吹付けコンクリートの清掃作業を実施し(写真-4)1サイクルにつき約10分のサイクルタイム短縮を定常的に実現している。

5) トンネル掘削以外における効果： 明かり工事における吹付け作業にも適用が可能である。現場における施工事例として、発進基地ヤード仮設法面吹付け作業において、従来の吹付け機では届かなかった高所(写真-5)や、障害物の裏などの狭所(写真-6)に対して、ロングブーム吹付け機が適用され、従来の人力での吹付け作業が軽減された。この結果、高所作業時の墜落や飛来落下、狭所での挟まれ等の重大災害リスクの低減に貢献することが期待できる。



写真-5 高所の吹付け作業



写真-6 掘削土砂越しの狭所吹付け

7. おわりに

宮狩トンネル工事での運用を通して、ロングブーム吹付け機固有の施工性に関するデータを収集、見直し等を行い、一層の性能の向上を図っていく。これによりトンネル工事の安全性、施工性の向上に貢献する所存である。