

山岳トンネルにおける移動式発破防護バルーンの開発

三井 善孝* 山下 雅之*
 Yoshitaka Mitsui Masayuki Yamashita

1. はじめに

最近の長距離山岳トンネルでは、高速掘進を目指して連続ベルトコンベヤシステムによるずり搬出方式が採用される場合が多くなってきている。しかし、発破掘削の場合には飛石による損傷を避けるため、連続ベルトコンベヤシステムの先頭設備（クラッシャー）を切羽から50 m程度以上離して配置する必要があった。そのため、ホイールローダーによる切羽からクラッシャーまでの一次ずり運搬距離が長くなってしまい、これが掘進速度の低下の一因となっていた。

このような背景から、坑内設備に飛石が届かないようバルーンで防護し、退避距離を短縮することによって、一次ずり運搬距離の短縮を可能とする、発破防護装置「移動式発破防護バルーン」を開発した¹⁾。本稿では、開発した装置の概要および確認試験結果と現場適用状況について報告する。

2. 装置の概要

開発した装置の外観を図-1に示す。本装置は、発破による飛石や粉塵等の分布を切羽側に限定させるための「バルーン部」、バルーンを効率良く展開させるための「フレーム部」により構成され、それらを2tトラックに搭載することにより、切羽近傍の任意の位置（切羽より20～30 m程度の位置を想定）での使用が可能となっている。また、本装置は掘削サイクルの中で切羽近傍での設置・撤去を繰り返すことを基本としており、そのために様々な工夫を行った。構成装置の詳細を以下に述べる。

(1) バルーン部

バルーン部は、飛石の衝突等に耐えられるよう、切羽側にアラミドシートを加えた3層構造とした（図-2）。外側の防爆シートが損傷した場合には、その箇所に補修用シートを貼付する等して、内袋まで損傷が及ばないようにした。バルーンの展開に用いる送風機はインバータ制御により送風量を調整することが可能であり、発破や飛石による衝撃を緩衝させるのに最適な内圧を、発破条件に合わせて任意に設定することができる。

* 技術研究所土木技術グループ

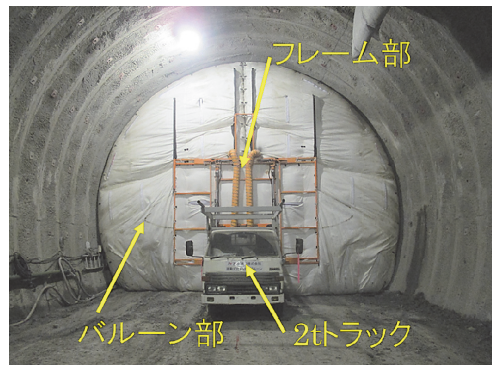


図-1 開発した装置の外観

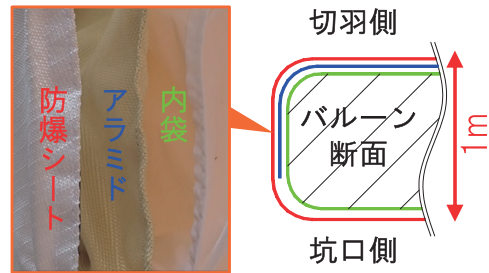


図-2 バルーンの構造



図-3 抜気用ファスナー

また、バルーンを5つの部屋（上部2部屋、下部3部屋）に仕切り、各々の最適な箇所に送風機を接続することで展開時間の短縮を図った。撤去時には、送風を止めるとともにバルーンに配置された複数のファスナー（図-3）を開放することによって、迅速に収納することができるようにした。

(2) フレーム部

バルーンを展開する方法として、当初はバルーン単体を用いる方式や吊り下げる方式も検討したが、作業時間の短縮やバルーンを安定的に展開させることを考慮して、バルーンを格子状のフレームで面的に支持する方式を採用した。その際、フレームがトラック走行の支障となる恐れがあったため、油圧シリンダーを用いて小さく折りたたむような機構とした。それと同時に、発破の衝撃がフレーム部に大きく作用することも懸念されたため、フレームと油圧シリンダーの接続部にダンパーを設けた。フレームの展開・収納は、装置の作動状況を確認しながら簡便に操作することができるよう、ペンダントスイッチによる遠隔操作方式を採用した。

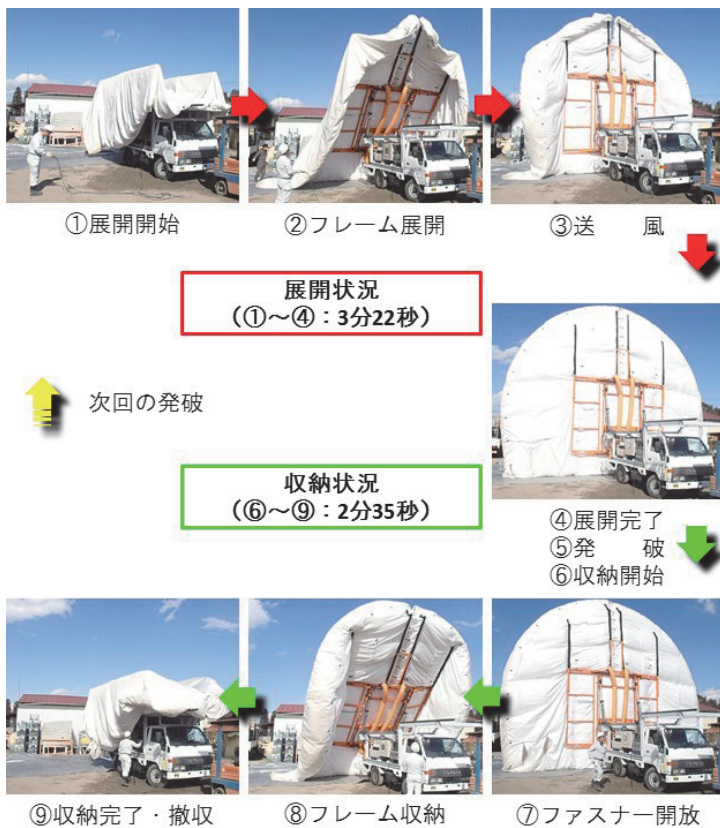


図-4 移動式発破防護バルーンの使用サイクル



図-5 坑内での使用状況

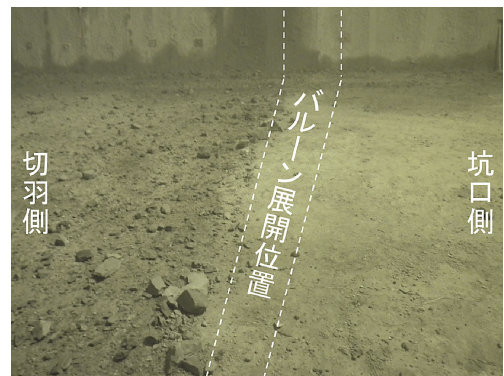


図-6 飛石の分布状況

3. 作動状況確認

本装置を制作した後、坑内における一連の作業を模擬した作動状況確認試験を坑外にて実施した(図-4)。

設置時には、フレームの展開と送風を同時に行い、作業の迅速化を図った。その結果、バルーンがバランス良く展開し、3.5分程度で設置作業を完了することができた(図中①~④)。撤去時には、送風の停止とファスナーの開放によりバルーンの抜気を促進させながらフレームを収納した。撤去時には、車両走行の妨げやバルーンと地面の接触を防止するため、バルーンの端部をゴムひもでトラックの台車に固定した。この一連の撤去作業の所要時間は2.5分程度であった(図中⑥~⑨)。

開発にあたり、本装置の適用が掘削サイクルに影響を与えないよう、設置作業15分以内、撤去作業10分以内を目標とした。今回の試験では、設置・撤去作業ともにその1/4程度の時間で行うことができた。また、装置が完全に展開することや、車両運転の支障とならないよう収納できることも確認することができた。

4. 現場適用

本装置の適用性を確認するため、九州新幹線久山トンネルにおいて、本装置を発破に供した(図-5)。本装置を切羽から25~30m程度の位置に設置することに

より、他の坑内設備と切羽の距離も従来(50m程度以上)より短くなっているが、飛石の分布はバルーンよりも切羽側に限られており、近傍の坑内設備まで届くことはなかった(図-6)。また、これまでに100回以上の発破に適用しているが、発破による本装置の大きな損傷は見られていない。

5. おわりに

今回、山岳トンネルの施工に用いる移動式発破防護バルーンを開発し、確認試験や現場適用を通して、その適用性を確認した。今後も本装置の現場適用を続け、使用状況や各部品の損耗状況等のデータを蓄積し、継続的な改良を進めていきたい。

謝辞. 本装置の開発を進めるにあたり、ジオマシンエンジニアリング(株)、(株)東宏、九州支社新幹線久山西出張所にご協力を頂いた。以上の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 三井善孝, 山下雅之, 塚田純一, 小林雅彦: 山岳トンネルにおける移動式発破防護バルーンの開発, 土木学会第71回年次学術講演会, VI-417, pp. 833-834, 2016.