山岳トンネルにおける『移動式発破防護バルーン』の適用

西松建設　正会員　○三井　善孝
正会員　山本　悟
ｼﾞｵﾏｼﾝｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ　塚田　純一
東　宏　正会員　小林　雅彦

１．はじめに

最近の長距離山岳トンネルでは，高速掘進による生産性向上を目的として，連続ベルトコンベヤシステムによるずり搬出方式を採用する事例が多くなってきている．しかし，発破掘削の場合には，飛散するずりによる損傷を防ぐため，坑内設備を切羽から十分に（例えば，60m 程度以上）離して設置することが一般的である．そのため，切羽から連続ベルトコンベヤシステムの先端設備である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，これが掘進速度低下の一因となっていた．

このような背景から，筆者らは，切羽近傍にて発破時の飛石を受け止めることで，坑内設備の退避距離を短縮し，ずり搬出に掛かる時間を削減することが可能な『移動式発破防護バルーン』を開発した．本稿では，開発した装置を当社施工中の 2 箇所の山岳トンネル現場へ適用した際の効果について報告する．

２．『移動式発破防護バルーン』の概要

『移動式発破防護バルーン』は，バルーンでトンネル断面を塞ぎ，発破時の飛石を受け止めることで，坑内設備を防護するものである．本装置は，飛石を受け止める『バルーン部』とバルーンを支持する『フレーム部』により構成されており，これらをトラックに搭載することで，迅速な設置・撤去や任意の位置での使用を可能としている[1]（**写真-1**）．

３．ずり搬出時間の短縮効果

本装置を用いて坑内設備の退避距離を短くすることによる，ずり搬出時間の短縮効果について明らかにするため，切羽からクラッシャーまでの一次ずり運搬状況を確認した．各発破における一次ずり処理能力と切羽-クラッシャー間距離（以下，離隔距離）の関係を**図-1** に示す．一次ずり処理能力は，単位時間当たりの一次ずり処理量（ton/hour）である．図中には，同様の検証を行った既往の研究結果[2]も記している．

適用現場の結果では，以下の特徴が見られる．離隔距離が 35m 以上の場合，一次ずり処理能力は既往の研究結果と同程度であり，離隔距離が短くなるほど一次ずり処理能力が高くなる傾向が見られる．これは，クラッシャーを切羽に近づけることで，ずりを搬送するサイドダンプの走行距離が短縮され，ずり搬出に掛かる時間

写真-1　移動式発破防護バルーン

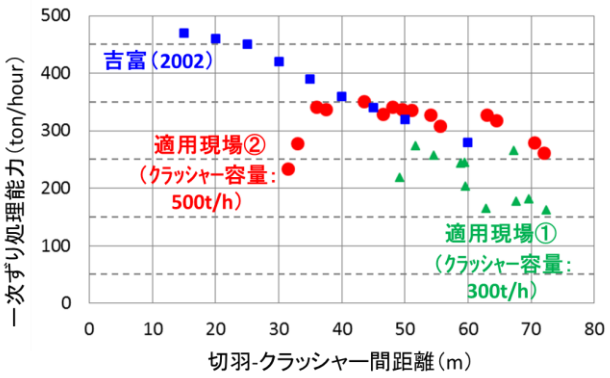

図-1　一次ずり処理能力と離隔距離の関係

キーワード　山岳トンネル，発破防護，ずり搬出，高速施工，防音
連絡先　〒105-0004　東京都港区新橋 6-17-21　西松建設株式会社　技術研究所　ＴＥＬ03-3502-0279

が削減されたためと考えられる．一方，離隔距離が 35m 以下になると，一次ずり処理能力が著しく低下し，既往の研究結果との乖離が大きくなった．これは，湧水によってずりが泥濘化することで，クラッシャー内での固着やベルトコンベヤの勾配区間での逆流が生じたため，積極的にずりを投入することができずに待ち時間が生じ，処理能力が低下したためと考えられる．

既往の研究より，仮にクラッシャーの待ち時間が全く生じない場合には，離隔距離を 30m 程度にすることで一次ずり処理能力は 420ton/hour となり，従来（離隔距離 60m 程度，一次ずり処理能力 280ton/hour 程度）の 1.5 倍程度となることが期待される．しかし，今回の適用で見られたように，湧水の状況等により，離隔距離を短くしても一次ずり処理能力が向上しない場合がある．よって，ずり搬出時間の短縮効果を得るためには，各々の現場の状況に合わせて，切羽とクラッシャーの間の離隔距離を調整することが重要であるといえる．そのためには，飛石の影響を考慮することなく坑内設備を配置できる『移動式発破防護バルーン』の利用が有効であると考えられる．

4．防音効果

本装置はトンネル断面を塞いで使用するため，防音効果を有することが期待された．そのため，切羽から 100m の位置で発破時の騒音と低周波音を観測し，装置の適用前後で最大音圧レベルの比較を行った（**図-2**）．測定回数は，装置の適用前後で各々 5 回，4 回である．ただし，各々の発破で装薬量が異なるため，船津ら[3]の予測式を用い，装薬量を 100kg とした場合の音圧レベルに換算してから比較を行った．

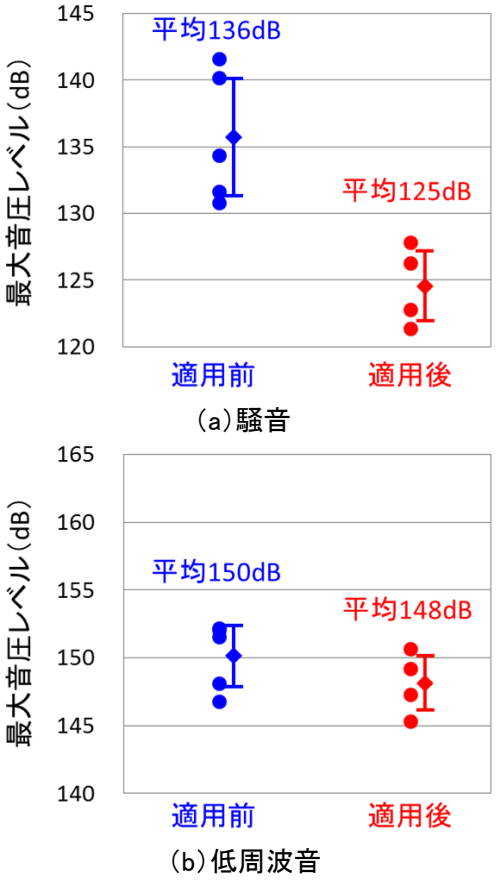

図-2 装置の適用による発破音の変化

最大騒音圧レベルの平均値は，装置の適用前後で各々136dB，125dB であり，11dB 程度減少した．一方，最大低周波音圧レベルの平均値は，装置の適用前後で各々150dB，148dB であり，若干減少したものの，その差は明瞭ではない．

以上のことより，装置を適用することで，低周波音はほとんど変化しないものの，騒音は低減されており，移動式発破防護バルーンがある程度の防音効果を有することが確認された．

5．おわりに

今回，開発した『移動式発破防護バルーン』を山岳トンネル現場へ適用し，ずり搬出時間の短縮効果や防音効果を確認した．今後は，本装置を複数の現場へ採用することが予定されており，これらの適用を通して，効果の実証やシステムの改良を継続していきたい．

参考文献

1) 三井善孝，山下雅之，塚田純一，小林雅彦（2016）:「山岳トンネルにおける移動式発破防護バルーンの開発」，平成 28 年度土木学会全国大会第 71 回年次講演会，VI-417，pp. 833-834

2) 吉富幸雄（2002）:「山岳トンネルにおける連続ベルトコンベヤずり出しシステムの研究」，平成 14 年九州工業大学学位論文

3) 船津弘一郎，内山恒光（1987）:「トンネル発破の特性と予測」，昭和 62 年日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集，1-2-1，pp. 57-60