

ガイドホールを活用した発破パターンの余掘り低減効果

戸田建設(株) (正)○内藤将史※、(正)岡村光政
西松建設(株) (正) 木村 哲、(正)石山宏二
ドリルマシン(株) 塚田純一

1. はじめに

山岳トンネルの掘削では、効率性・経済性に優れる発破工法が広く採用されているが、余掘り増大による採算性の低下(吹付・覆工コンクリート量、ずり処理量、作業時間などの増大)が課題となっている。発破パターン最外周の装薬孔中間にガイドホール(空孔)を設ける制御発破技術は、ガイドホールと装薬孔を結ぶ掘削線で引張破壊の発生・進展を助長して平滑な破断面が形成されることにより、余掘り低減効果を期待するものである。

本報は、大口径(φ102mm)のガイドホールを活用した試験発破の概要と、ガイドホールによる破断面平滑化の状況および余掘り低減効果など、試験発破で得られた成果についてまとめたものである。

2. 試験発破の概要

試験発破の対象トンネルは、中硬岩の花崗閃緑岩を掘削するものであり、そのうちの30m区間において一爆破長2.0m、全断面掘削による試験発破を実施した。試験発破区間のトンネル地質条件を表-1に示す。

ガイドホールの穿孔は、既になし発破工法として開発している割岩装置(EG-Slitter、写真-1参照)を3ブーム油圧ジャンボの中ブームに搭載し、φ102mmのビットを用いて施工した。

実施したガイドホール活用発破パターンを図-1に、その発破諸元を表-2示す。現行発破パターンの外周孔間隔700mmに対して、ガイドホール活用発破パターンでは、装薬孔間隔を800mmとしてその中間にガイドホールを設け、DS電気雷管10段による試験発破を行った。

ガイドホールの破断面平滑化や余掘り低減効果は、①掘削面の観察(のみ跡の有無、装薬孔とガイドホール間の掘削状況)、②内空断面測定などの結果から評価した。

表-1 試験発破区間のトンネル地質条件

地 質	花崗閃緑岩
地山等級	B
地山弾性波速度 V_p	4.5 km/s
亀裂係数 $[1-(V_p/v_p)^2]$	0.13
準岩盤強度 σ_c'	67,000 kN/m ²
土被り	約 60m

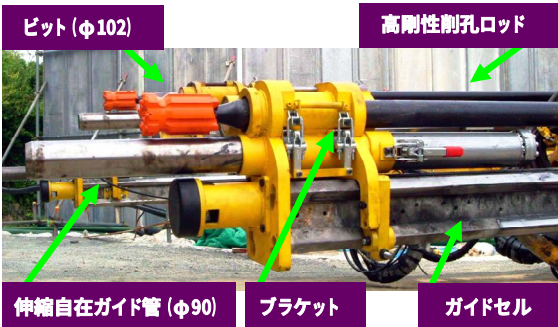


写真-1 EG-Slitter 装置

表-2 発破諸元

雷管段数	孔数	装薬量		①掘削断面積	(m^2)	54.56
		kg/段	全薬量kg	②爆破長	(m)	2.00
①	6	0.8	4.8	③掘削量	(m^3)	109.12
②	6	0.8	4.8	④1 m^3 当たり爆薬量	(kg/m^3)	0.630
③	6	0.8	4.8	⑤1 m^2 当たり穿孔数	(孔/ m^2)	1.961
④	12	0.6	7.2	⑥使用爆薬 親ダイ： 含水爆薬30φ×100g 増ダイ： 含水爆薬30φ×200g 雷 管： DS電気雷管1～10段 [備考] ガイドホールφ102mm ： 12孔		
⑤	15	0.6	9			
	7	0.7	4.9			
⑥	14	0.6	8.4			
⑦	3	0.6	1.8			
⑧	11	0.6	6.6			
⑨	25	0.6	15			
⑩	2	0.7	1.4			
計	107		68.7			

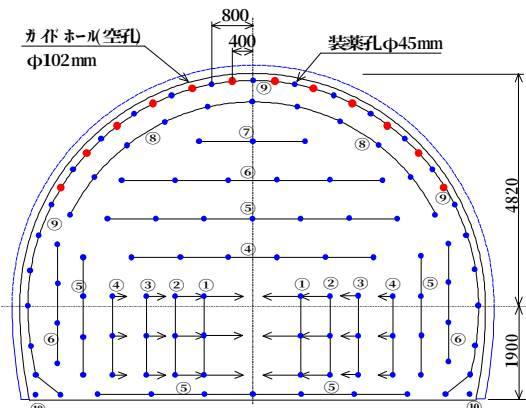


図-1 ガイドホール活用発破パターン

キーワード: 制御発破、余掘り低減、ガイドホール
連絡先※: 〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 TEL 03-3535-2483, FAX 03-3535-1524

3. 試験発破結果

1) ガイドホールによる破断面の形成

発破後の掘削面は、特に亀裂が少ない範囲において「のみ跡」や装葉孔とガイドホールの間で平滑な破断面が確認された（写真－２参照）。

図－２の断面測定結果において、当該部分の平均余掘り量 157mm であり、目標余掘り厚 220mm に対して大きな余掘り低減効果が得られている。一方、孔尻が揃っていない状況を考慮すると、さし角制御によりさらに余掘り低減効果の向上が期待できる。

2) 余掘り低減効果

各試験発破における平均余掘り厚を図－３に、測定結果の総括表を表－３に示す。表－３によると、目標余掘率 157%に対して、ガイドホールが無い場合でも－10%の余掘り低減が実現されており、良好な施工が実施されている。ガイドホールが有る場合は、さらに余掘り低減され、目標余掘率 157%に対して、－19%の余掘り低減を達成できた。

3) サイクルタイム

サイクルタイムの比較を表-4に示す。掘削断面積が2車線トンネルでも比較的小さいため、現行発破における中ブームの実質の穿孔時間が少ないため、ガイドホール穿孔の影響が少なく結果的に、両発破パターンのサイクルタイムが同じになった。

EG-Slitter によるガイドホルの穿孔は、ガイドセル移動、位置決め、穿孔時間を含み 1 孔当たり平均 5min 程度で、平均穿孔速度は 0.5m/min (参考: $\phi 45\text{mm}$ 平均穿孔速度=1.5 m/min) であった。

4. おわりに

本試験発破では、心抜き部にスリットを設けた振動低減発破パターンについても試行した結果、現行発破に比較して振動速度で40～50%の低減効果があった。今後、本試験発破の成果、課題を踏まえ、異なる地質での試験施工を重ねてデータの蓄積を行い、実施工への適用を図っていく所存である。

表-4 サイクルタイム比較

発破パターン	施工時間(min)			
	EG穿孔	全穿孔	装薬・発破	穿孔－発破
現 行	－	90	60	150
ガイドホール活用	60	90	60	150

[現行発破パターン]: 3' - 4 ϕ 45mm
 [ガイドホール活用パターン]: 1' - 4 ϕ 102mm、2' - 4 ϕ 45mm

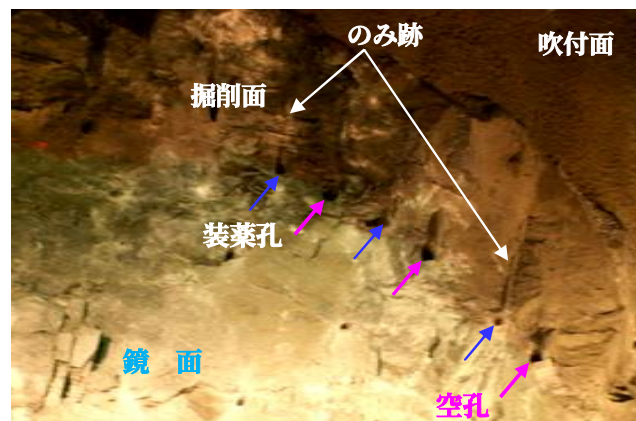


写真-2 破断面の形成とのみ跡の状況(No15+17)

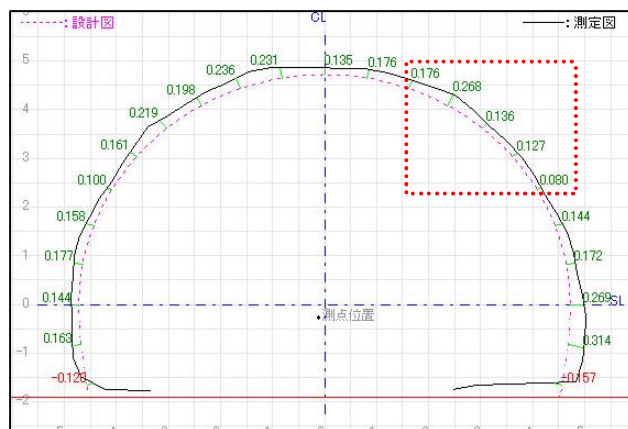


図-2 断面測定結果(No15+17)

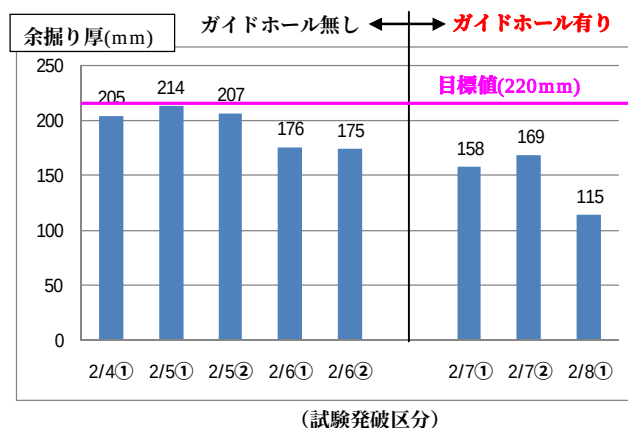


図-3 各試験発破における平均余掘り厚

表-3 余掘り測定結果

	余掘り厚(mm)	余掘率(%)
目標値	220	157
がドール無	195	147
がドール有	147	138

※) 試験発破区間について 1m 間隔で断面測定を行い、各発破に該当する断面の平均値を図-3に示す。このうち、ガイドホールの有無でグループ分けした各々の平均値を表-3に整理した。