

山岳トンネルにおける制御発破試験施工に関する一考察

戸田建設 正会員 ○三宅拓也
戸田建設 前田佳吾

1. はじめに

中硬岩で形成された山岳のトンネル工事を発破工法により掘削する場合、余掘り量を最小限に抑え、仕上がり面を極力平滑に掘削することが、経済性や、品質面、安全面において重要となる。このため、本工事においては、スムーズブラスティング工法（以下S B工法という）により、発破時の爆薬のエネルギーの発散方向をスペーサーを使用することにより抑制し、また、S B工法による効果の評価および掘削時の管理の方法として、余掘りコンター作成システムを採用した。

本稿は、S B発破パターン決定のための試験施工とその評価、および、掘削時の管理方法について報告する。

2. S B工法試験発破

2.1 地質

本工事は、鳥取県東南部八頭郡智頭町の山麓斜面を貫くトンネル工事である。対象となる山地は、古生代～古第三紀の一部ひん岩や珪質岩が貫入した花崗閃緑岩で形成されている。

花崗閃緑岩は、硬質で一軸圧縮強度は $120\text{N/mm}^2 \sim 150\text{N/mm}^2$ 程度あり、亀裂は $20\text{cm} \sim 100\text{cm}$ 間隔でランダムに入っている。また、部分的に介在したひん岩や珪質岩は中硬質であったが、亀裂は細かく、 $5\text{cm} \sim 20\text{cm}$ の塊状となる状態である。

2.2 発破パターン

今回、最外周孔の間隔を 70cm ピッチおよび 60cm ピッチ（通常 $90\text{cm} \sim 100\text{cm}$ ）の2通りの発破パターンで試験施工を行い、適切な発破パターンを選定した。

2.3 使用爆薬

使用した爆薬は、通常使用する爆薬と同様の薬包径 $30\text{mm} \times 200\text{mm}$ 、重量 200g 、削孔径 42mm とした。また、S B工法の原理である爆発力を減衰させるための役割を担う空気層を確保するため、図2に示すように、爆薬と込め物との間にスペーサーを設置し、空隙を作った。電気雷管は、通常のD S電気雷管を用いた。

3. 試験結果

各発破パターンにおける余掘り量のヒストグラムを図3および図4に、余掘り量のコンター展開図を図5および図6に示す。

図3および図4に示す結果より、以下の点が考察される。

- ①爆薬装填ピッチ 70cm の発破パターンにおける余掘量の発生頻度は、 $100\text{mm} \sim 180\text{mm}$ 間に多く集まり、ピークは 160mm であった。また、バラツキが少なく、 250mm 以上での発生頻度が少ない。なお、仕上り面の凹凸が少なかった。
- ②爆薬装填ピッチ 60cm の発破パターンでは、余掘量の発生頻度は、 $0\text{mm} \sim 310\text{mm}$ と幅広い範囲でばらついており、仕上り面は、爆薬装填ピッチ 70cm より凹凸が多かった。これは、過装薬の傾向が見られたことが原因と思われる。

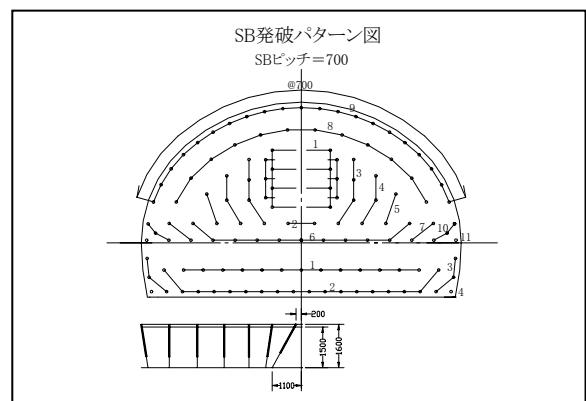


図1 最外周孔 70cm の発破パターン図

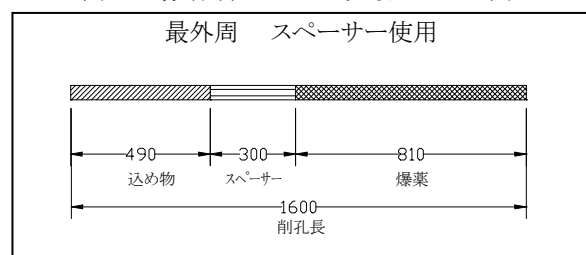


図2 最外周孔スペーサー使用例

S B 工法 制御発破 余掘量

〒689-1402 鳥取県八頭郡智頭町大字智頭 1204-1 志戸坂峠道路智頭トンネル工事

戸田・大豊 J V 事務所 TEL 0858-76-9325

また、図5、図6を見比べると、図5の方が色の濃淡に均一性が見られ、最外周孔ピッチ 60cm に対し、70cmの方が平滑な掘削が行えたことが分かる。

以上の結果から、本地山に対する発破パターンとしては、最外周孔間隔 70cm が適切であると判断した。

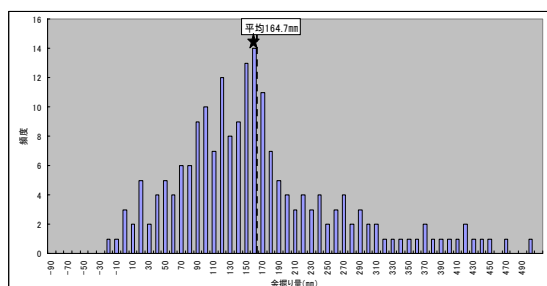


図3 余掘り量ヒストグラム

(最外周孔ピッチ 70cm)

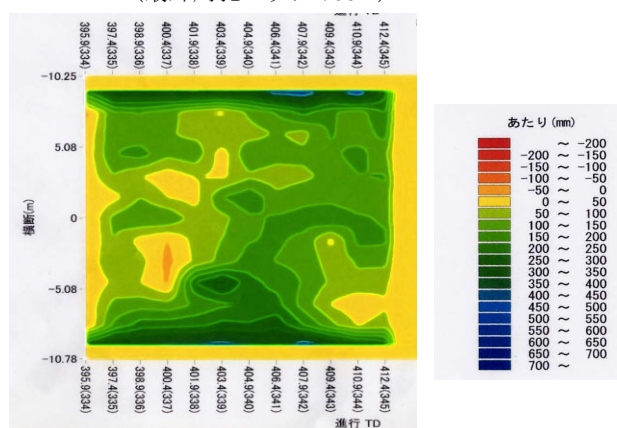


図5 余掘りコンター図（最外周孔ピッチ 70cm）

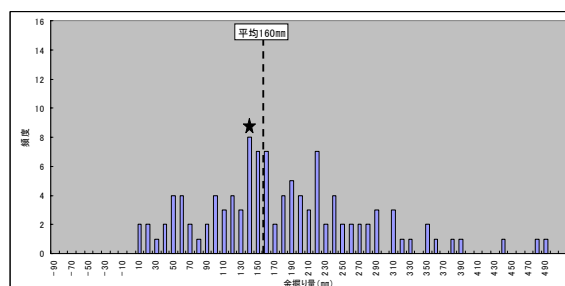


図4 余掘り量ヒストグラム

(最外周孔ピッチ 60cm)

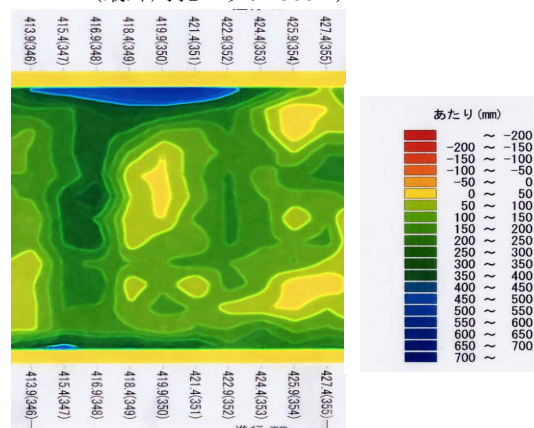


図6 余掘りコンター図（最外周孔ピッチ 60cm）

4. 掘削時の管理

試験施工の結果を基に、最外周孔ピッチ 70cm の発破パターンにより掘削を実施した。掘削時の余掘り量や平滑性の管理は、余掘りコンター図作成システムにより行った。余掘りコンター図は、トンネル 20m 程度毎に測定、作成し、作業員に色の濃淡を示すことにより仕上がりの状態を把握させ、以降の掘削において、削孔角度の調整を行い、平滑性を上げた。

また、適正な削孔や装薬量で発破した場合、写真1に示すようなノミ跡が残ることから、発破毎にノミ跡の状態を確認し、装薬量の調整や、削孔精度の向上を図った。

試験施工後、約 600m の区間で S B 工法により掘削した結果、平均余掘り量は 146.3 mm となり、試験施工時の平均 162.4 mm より僅かであるが減少させることができた。

5. 終わりに

今回の S B 工法による掘削では、装薬量の調整や、最外周孔の削孔精度等は、やはり作業員の技量に頼らざるを得ないところが多いと感じた。また、S B 工法を採用すれば、必ずしも余掘りが減少し、仕上がり面が平滑になる訳ではなく、S B 工法を採用することにより、作業員に余掘りを低減する意識が生まれて初めて効果が現れると思われる。そして、視覚的に把握し易い余掘りコンター図により作業員に発破の精度を確認させ、差し角や精度の意識を継続させることが重要であった。

今後は、本工事で得られた S B 工法による発破掘削に関するデータを類似のトンネル工事で生かしていきたいと考えている。最後に文面をお借りしまして、今回の執筆に当たり、本試験施工から実施に至るまで、様々な形でご協力して下さった関係者の方々に、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 制御発破工法の実例 ジェオフロンテ研究会 1996 年 11 月 29 日



写真1 最外周孔ノミ跡