

フォアパイリングの削孔データを用いた切羽前方地山評価の試み

西松建設(株) 中部支店	正会員	○亀山 克裕
西松建設(株) 技術研究所	正会員	山下 雅之
(株)地層科学研究所		松原 誠
日本道路公団 中部支社		川北 眞嗣

1. はじめに

最近、TBM(Tunnel Boring Machine)掘削による高速施工の確保を目的に、掘削時において機内から前方に向けて 50m 程度のノンコアボーリングが連続適用される事例が増えている。しかし、密着度の低い亀裂が発達するような地山では、穿孔時に硬質な岩片がビット後方において大量かつ頻繁に崩壊し、ジャミング（回転トルクの異常上昇現象）の発生による穿孔効率の著しい低下や、場合によっては穿孔不能となる場合が少なくない。ジャミングが頻発するような穿孔データから地質性状を定量的に評価するのは困難であり、結果としてジャミングといった現象から地質不良部の存在を定性的に把握し、先受け工法などの補助工法の適用を判断せざるを得ないのが現状である。

本報告では、TBM 掘進時に前方が大きく腹抜けし切羽の自立性が低下した区間において実施された先受け工法（長尺鋼管フォアパイリング）の穿孔作業を 1 つの切羽前方探索と位置づけ、これを当該区間の地質不良部の地質性状の評価に利用するために行った予察的な検討結果について述べる。

2. 対象トンネル

東海北陸自動車道飛騨トンネル工事、世界最大級 TBM による掘削が行われている現場でデータ採取を行った。本トンネルは中部縦貫自動車道と連結する飛騨清見 JCT と白川郷 IC の延長 25km 間に位置し、トンネル延長 10.71km、掘削径 $\phi 12.84\text{m}$ を有するものである。このうちフォアパイリングを実施した区間の岩種は、濃飛流紋岩類とよばれる中生代白亜系～古第三系の溶結凝灰岩である。当該区間は、珪化変質を受けた緻密な珪質鉱物で構成され乳白色～白色を呈する。インタクトロックは、300～400MPa の一軸圧縮強度を有する。一方、亀裂は板状～網状に発達しその間隔は、数cm～数十cmである。TBM 掘進時においては、非常に目離れが良い崩落性地山性状を有する区間である。対象区間の切羽湧水量は 100～200L/min 程度である。

3. 穿孔エネルギー¹⁾

フォアパイリングは、鋼管径 $\phi 114.3\text{m}$ 、鋼管長 $L=15.9\text{m}$ 。削孔システムは鋼管先端部牽引式推進型リングロストビットタイプ。フォアパイリング施工箇所を、図 1 に示す。また削岩機の、回転圧・打撃圧・スラスト圧がさく孔深さ 1 秒間隔で記録される機能を有したものを設置した。この記録されたデータを用い、穿孔エネルギーを算出する。穿孔エネルギーとは、単位体積あたりの岩盤をさく孔するのに要するエネルギーであり、このパラメータを使用し地山評価を行った。

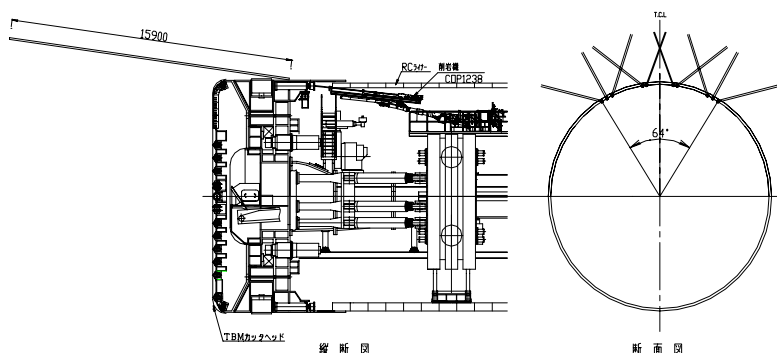


図 1 フォアパイリング施工図

キーワード , TBM 掘削, 長尺鋼管フォアパイリング, 穿孔エネルギー

連絡先 〒501-5627 岐阜県大野郡白川村荻町字寺田 3296 大成・西松・佐藤共同企業体 TEL 05769-6-1886

4. 穿孔エネルギーと地山観察結果

(1) 断続的に粘土層が出現する場合

探査深度 0～3m 付近は、TBM カッターヘッド直上付近であり切羽開放率100%区間のため、一部において空洞および緩み域が確認された。探査深度 8～9m および 13～14m 付近において穿孔エネルギーが顕著に低下した区間があるが、TBM 掘削時の地山観察より粘土層が確認された。このことから、穿孔エネルギーの振幅が小さく下限値が低い値を示す場合、粘土層を捕らえている可能性の高いことが伺える。

(2) 亀裂密集帯の場合

上記と同様に探査深度 0～6m 付近で、緩み域および空洞部が確認された。探査深度 6m 以深については、穿孔エネルギーの振幅が非常に大きい結果が得られた。TBM 掘削時に確認された地山性状は、インタクトロックは硬質であるが、数cm間隔の板状節理が発達したものであり、亀裂面にはフィルム上の粘土を有していた。以上の結果から、亀裂は卓越するが岩片強度が非常に高い場合穿孔エネルギーの振幅が大きい結果が得られた。

5. 穿孔エネルギーを利用した弱層想定と掘削地山との相関

フォアパイリングを複数本、同一断面より施工した際に得られた穿孔エネルギーをもとに、切羽付近の亀裂走行を加味し想定される弱層分布平面図を作成した。ここでは穿孔エネルギー $200\text{J}/\text{cm}^3$ を下回る地山が卓越する区間を弱層として示した。また、掘削実績に示す切羽形状とは、TBM 掘進時における前方崩落状況を表したものである。

TBM 掘削実績と比較した結果、想定弱層部においては弱層範囲が若干広がったものの、掘削時の弱層位置を大半において反映させたものであった。このことより、地山評価を行う際に穿孔エネルギーの下限値に着目することで不良層を把握することが出来ると考えられる。しかし、今回評価を行った岩種は、濃飛流紋岩という特殊性を有するものであり、上記のエネルギー値がすべての岩種に適合されるものではない。

6. まとめ

切羽安定対策を目的とした注入式長尺鋼管フォアパイリングは、切羽(天端)の自立しない地山で用いられる手法であり通常複数本の鋼管が打設される。これらの打設時に穿孔エネルギーを取得することにより、多数の短尺ボーリングを実施するのと同等の面的広がりをもつ探査結果が得られた。また、取得情報がエネルギー値であることから、定量的数値に基づく切羽前方地山評価が可能である。今後は、弱層と判定する閾値の検討や、フォアパイリング削孔時の穿孔エネルギーと薬液注入量の相関性に着目することで、一般的な定量注入量算定法の妥当性を評価したいと考える。

謝 辞：本研究を進めるにあたり、ご助言およびご協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山下, 石山, 木村, 明石, 岡田, 福井: 穿孔探査法の TBM 掘削への適用, 第 11 回岩の力学に関する国内シンポジウム講演論文集, 2002

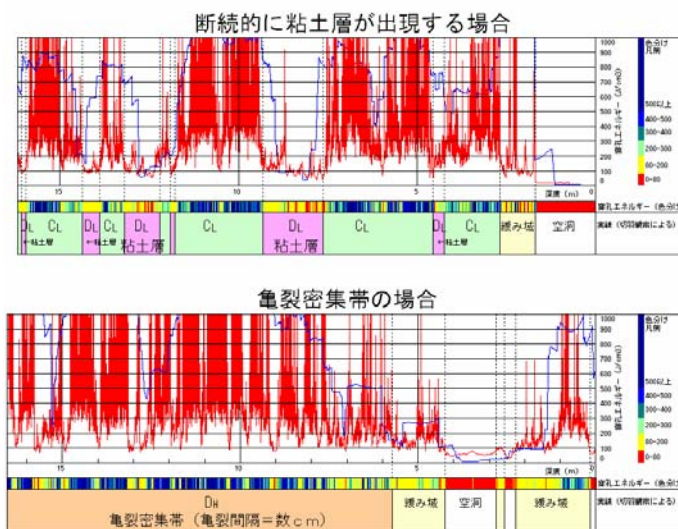


図2 フォアパイリング施工時の穿孔エネルギー

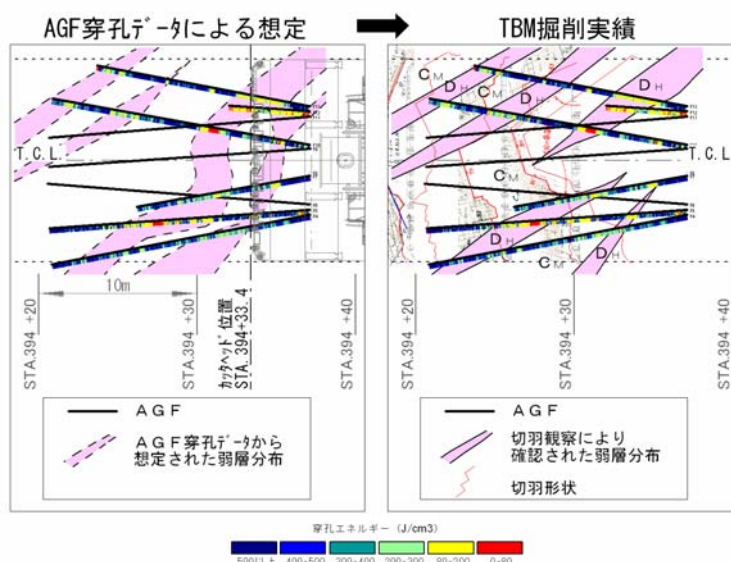


図3 弱層分布想定および実績平面図