

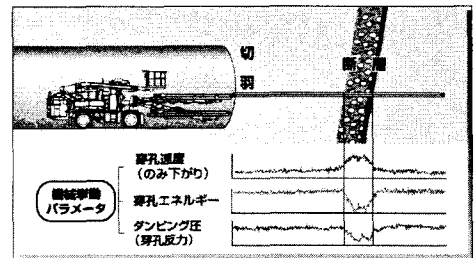
西松建設㈱技術研究所 正会員 ○木村 哲
西松建設㈱技術研究所 正会員 山下雅之
京都大学大学院工学研究科 正会員 大西有三

1. はじめに

山岳トンネル掘削時の切羽前方の地山性状を把握する目的で油圧式削岩機を用いた穿孔探査法を開発し、断層破碎帯、脆弱層の評価・位置推定のほか空洞・地表面の位置推定や支保パターン想定のための岩盤評価等に適用してきた。これまでの探査事例を基にこの種の探査法に求められる探査・評価対象についてまとめるとともに、今後期待される施工管理分野への適用（削孔パターン、装薬量決定等に関する指標として利用等）について考察する。

2. 穿孔探査の概要

穿孔探査による地山性状の評価は、図－1に示すように油圧式削岩機の穿孔時における穿孔速度、穿孔エネルギー、ダンピング圧などのいわゆる機械挙動パラメータの変化から行う。この中で、穿孔エネルギーとは穿孔に削岩機が要する仕事量を示しており、この値が低い程より脆弱な地山であると評価できる。ダンピング圧は、穿孔時に岩盤から削岩機に伝わる反力を吸収する役割を持つ油圧であり、この値も脆弱な地山ほど低い値を示す。穿孔はφ64程度のビットを装着した孔曲がり防止用先頭ロッド（φ45、L=1.8～3.0m）に丸ロッド（φ32、L=1.8～3.0m）を順次継ぎ足しながら行われる。また、孔壁が安定しない脆弱地山で上述の方法では長区間穿孔が困難な場合でも、AGF鋼管を用いることにより約30m程度の探査を実施することが可能である。



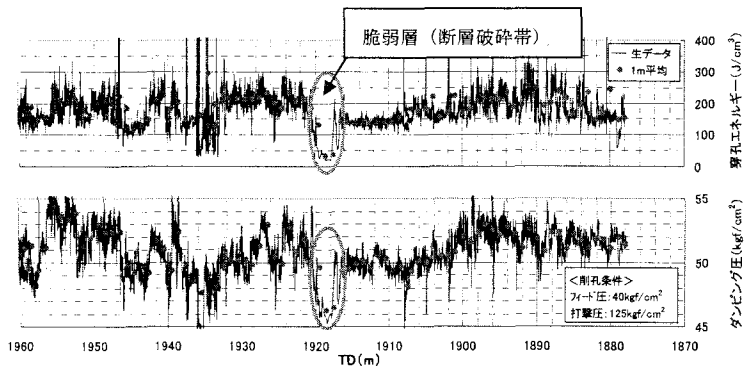
図－1 穿孔探査法の概念図

3. 適用事例

これまでの適用実績をまとめると、その探査（評価）対象は断層破碎帯等の脆弱層の評価・位置推定、空洞・地表面の位置推定、支保パターンの事前想定等に大別される。それらの探査事例を以下に示す。

(1) 切羽前方の脆弱層探査

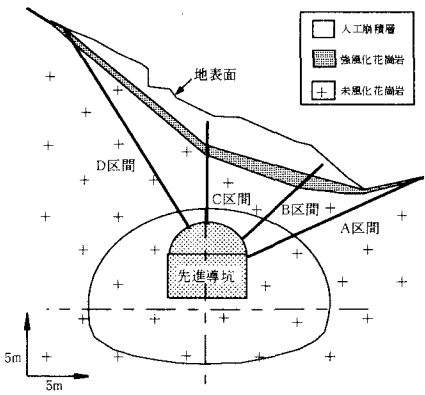
切羽前方の脆弱層探査は本探査で最も実績が多い適用手法であり、図－1に示した概念図がこの手法に相当する。探査範囲は切羽前方30～40m程度を標準としているが、TBMのように掘削速度が速いトンネルでは50m程度にまで探査区間を延長させる場合もある。図－2に脆弱層を対象とした探査例を示す。この事例では、TD1918m付近に黄褐色粘土を含む断層破碎帯が出現したが、探査時の穿孔エネルギーおよびダンピング圧の急激な低下によってその出現位置を事前に精度よく予測することができた。また、探査結果を受けて補助工法の適用を事前に準備し、断層出現時に迅速に適用したため、切羽の不安定化を招くことなく安全に掘削を進めることができた。



図－2 切羽前方の脆弱層出現位置の推定例

(2)地表面および空洞調査

人為的もしくは自然現象によって地山中に形成された空洞の近傍や土被りが小さい谷部直下を掘削する場合、施工中のみならず施工後の長期的なトンネルの安定性に多大な影響を及ぼす可能性がある。掘削時に、それらの位置・形状や周辺の地山性状等を把握し、必要に応じて対策を講じる必要がある。穿孔探査はドリルジャンボを使用するため、トンネル内から地山に向けたあらゆる方向の空洞調査が容易に実施できるという利点があり、これまでにトンネル近傍に存在する旧坑道や低土被り区間の地表面調査に本探査を適用してきた。適用事例として低土被り谷部区間の地表面探査例を図－3に示す。



図－3 穿孔探査による地表面調査例²⁾

(3)支保パターンの事前想定

この種の探査を切羽前方に適用する場合、施工への影響を最小限に抑えるため、切羽前方 30～50m の探査区間当り 1 回（本）程度の探査を実施することが多い。この手法で得られるのはあくまでも孔周辺の地山性状であるため、切羽全体の地山性状から決定される支保パターンを想定するのは困難な場合が多い。しかし、同一の地山性状が局所的ではなく比較的広い範囲（面・層状）に認められるような地山では、穿孔探査による地山評価を切羽全体に展開し、探査区間の支保パターンをある程度想定することができる。表－1 に、支保パターン想定に実際に使用された穿孔エネルギーの管理値一覧を示す。

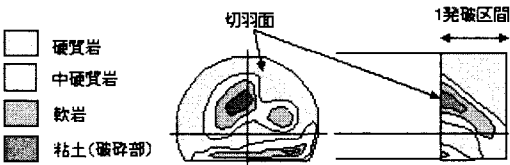
表－1 穿孔エネルギーと地山分類の関係(例)

岩 種	地山 分類	穿孔エネルギー (J/cm ³)	岩 種	地山 分類	穿孔エネルギー (J/cm ³)
花崗閃緑岩	C I	500～	ホルンフェルス	C I	300～900
	C II	250～500		C II	300～600
	D I	150～250		D I	150～300
	D II	～150		D II	～150

4. 今後の展開（施工管理分野への適用）

山岳トンネル掘削時の施工管理項目の 1 つとして切羽観察が挙げられるが、観察者の主観が支保パターン決定に与える影響は少なくない。近年、評価点方式の導入等により切羽観察の定量化が試みられているが、主観による影響を完全に取り除くことは難しい。施工時には、切羽周辺地山へ複数の穿孔（発破孔やロックボルト挿入孔の穿孔）を実施する。これらの作業に本探査システムを適用することにより、例えば、図－4 に示すようなトンネル 1 進行区間の地山性状の定量的評価が期待できる。このような適用手法は、支保パターン、装薬量等の定量的・合理的な選定をする上で大いに役立つ指標となるとと思われる。

三次元可視化情報の出力例



図－4 穿孔探査による切羽の定量的評価（例）

5. まとめ

本探査法の探査対象をこれまでの探査実績からまとめるとともに、今後の展開として施工管理分野への適用性について考察した。今後、山岳トンネルにおいても自動化・情報化施工への流れが更に加速するものと思われるが、本探査法の施工管理分野への適用がその一助となると考えられる。

参考文献

1) 山下, 石山, 柚村, 塚田: 湧水量の多い脆弱地山における穿孔探査の適用, 第 31 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp191-195, 2001.
2) 山下, 石山, 木村, 塚田: 穿孔探査法の鉛直断面方向への適用, 土木学会第 56 回年次学術講演会, pp578-579, 2001.