

削孔検層を用いたトンネル切羽前方予測

阪神高速道路公団 正会員 安田扶律
西松建設技術研究所 正会員 石山宏二
鹿島建設技術研究所 正会員 山本拓治

1. はじめに

京都市山科区と伏見区を東西に結ぶ阪神高速京都一号線稲荷山トンネルでは、情報化施工の一環として、削孔検層を東行および西行の2本のトンネルに適用している。その結果、断層破碎帯に富む軟質な地山の地質状況の予測にも有効であることを確認したので報告する。

2. 適用した削孔検層および適用地山の概要

削孔検層は、山岳トンネルで一般に用いられている油圧式ドリルで岩盤を削孔するときに得られるデータ（削孔速度、打撃圧、トルク等）を測定し、削孔した深度（30m程度）の地山状況を評価するものである。地質状況の評価には、単位体積の岩盤を破壊するのに必要な削孔エネルギー（単位時間当りの総仕事量／単位当りの削孔体積）を用いる。

一般に、硬軟の違いが明確で一様な地山に対しては、削孔検層が十分有効であることはこれまでの適用例から明らかになっている^{1), 2)}。しかし、今回適用した地山は丹波層群で、全体的にせん断され劈開面が発生した頁岩（混在岩）からなり、断層破碎帯が密に存在する複雑な地質である。このような地山の2本のトンネルにおける削孔検層結果から得られた考察を以下に報告する。

3. 東行トンネルの事例

東行トンネルでは地山状態が全体に悪く、支保パターンはDⅠが主である。図1に削孔検層を実施した全区間における削孔エネルギーと切羽評価点の変化を1m毎の平均値としてプロットし、10m区間平均エネルギー値も併せて示す。なお、TD.267～340m区間は本トンネルと近接交差する既存の導水路トンネルへの影響を考慮して、先受け等の対策工を実施した区間である。また、各支保パターンの実績延長内訳および区間平均削孔エネルギーを表1に表す。DⅠとDⅢ区間における平均削孔エネルギーを比較すると、坑口部の強風化

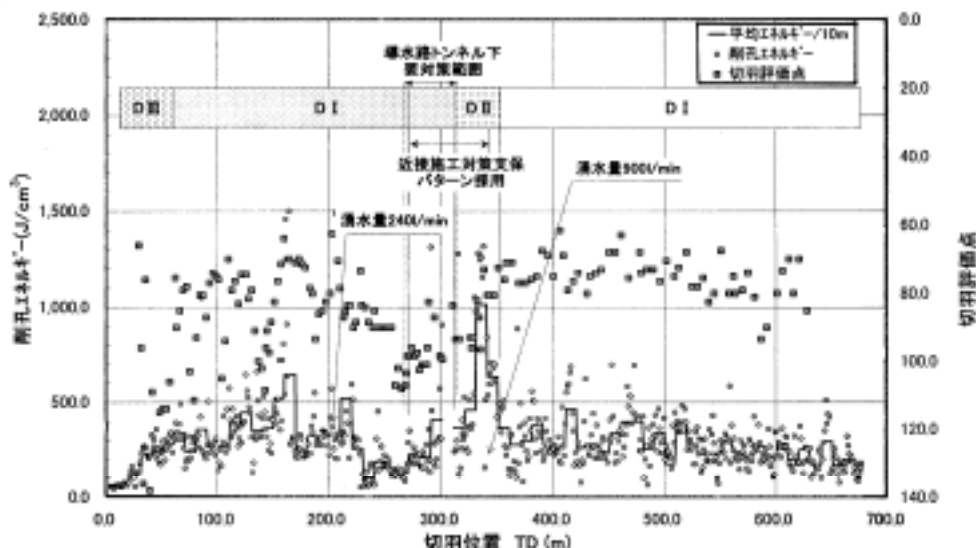


図1 東行トンネル削孔検層結果および切羽評価点

キーワード：トンネル、切羽前方探索、削孔検層

連絡先：〒612-8418 京都市伏見区竹田向代町4 Tel:075-693-2430 Fax:075-693-2431

を受けた地山部であるDⅢ区間の方がエネルギーの値が小さく、選定した支保パターンと削孔エネルギーの関係が調和的である。しかし、DⅠとDⅡ区間を比べると、この関係が逆転し、DⅡ区間の削孔エネルギーの方が高い値となっている。ここで、図1中のDⅡ区間に着目すると、大量の湧水が発生しているのがわかる。支保パターンの選定は地山の硬軟のみならず、湧水状況等にも大きな影響を受ける。したがって、この区間から大量の湧水が見られたことから、湧水層前後に硬質な不透水層（キャップロック）が存在し、これによって地下水が局所的に封じ込められていたと考えられる。そして、結果的に支保パターンはDⅠからDⅡへと変更したが、削孔エネルギーと最も相関性が高いと考えられる地山強度はむしろキャップロックの存在等によって増加していた可能性もあると推定される。

4. 西行トンネルの事例

図2は、西行トンネルの支保パターンを変更した地点（TD480m）の前後での削孔検層結果である。この図を見ると、削孔エネルギーの値自体は大きく変化していないが、支保パターンの変更をしたところを境に、それより奥ではバラつきが少なく、標準偏差が小さくなっていることがわかる。

これまでの研究成果¹⁾より、亀裂性岩盤部や硬質の礫を含む地質では、標準偏差が大きくなる傾向がわかっていることから、TD480 m以降は均質で比較的安定した地質状態であることが考えられた。

実際の施工では、この地点を境に、岩自体の硬さは同じであるが明らかに亀裂が少なく、切羽の自立性が高く、機械での掘削が困難となったため発破掘削に変更していることを考えると、同一岩種で、地質の硬軟が明瞭でない地山においても、削孔エネルギーの大小と合わせて、その標準偏差も検討していくことで、さらに詳細に切羽前方の地質状態を予測することが可能になると考えられる。

なお、機械掘削区間と発破掘削区間の標準偏差のしきい値を求めると33.11となり、その的中率は85.86%と非常に高い確率であった。

5. まとめ

同一岩種で地質の硬軟が明瞭でない地山においても削孔エネルギーの大小、あるいはその標準偏差を検討することにより、切羽前方の地質状態をある程度予測できることが明らかになった。さらに、湧水状況など削孔検層実施時の目視情報も併せた総合的な評価によって、支保パターンの最適な選定・変更ができる可能性を示すことができたと思う。また、切羽到達前に湧水層の存在が確認できると同時に水抜きができるため、情報化施工の一環として削孔検層は有効であると思う。

【参考文献】

- 1) 白鷺、山本、宮嶋；削孔検層の適用性に関する検討，土木学会第54回年次学術講演会，1999.
- 2) 引間、石山、塚田、石井；堆積軟岩地山における油圧式削岩機を用いた切羽前方探査とボーリングコアとの比較，第30回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.238-242，2000.

表1 支保パターン毎の区間平均削孔エネルギー

	DⅠ	DⅡ	DⅢ
区間長(m)	567.0	40.0	44.0
削孔エネルギー 区間平均値(J/cm ³)	294.1	622.0	139.5

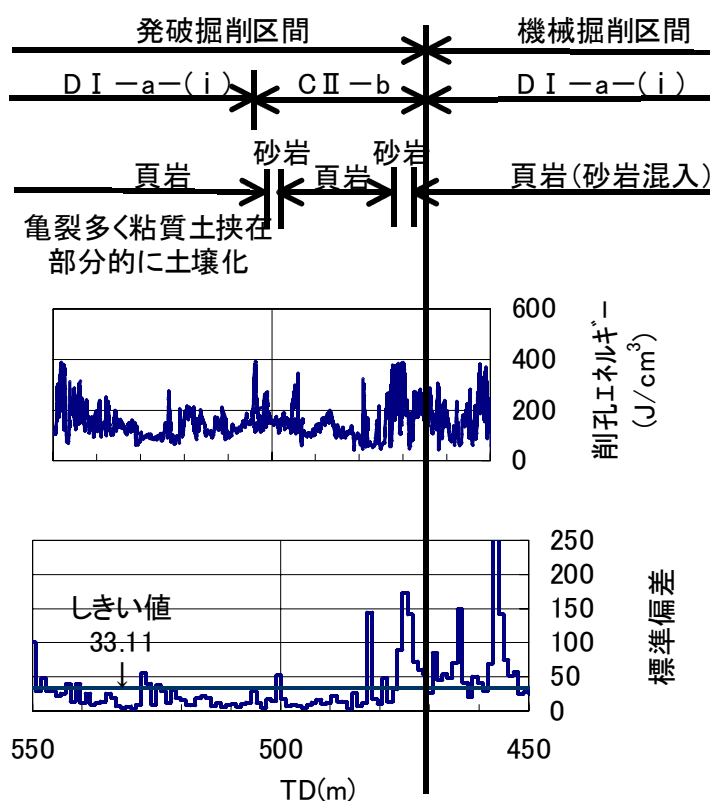


図2 西行トンネル削孔検層結果例