

(VI-16) ロードヘッダーの施工性評価基準案について（その1）
— 掘削能率と地山強度の関係 —

(株)熊谷組筑波技術研究所 三谷 哲
(株)熊谷組技術研究所 正員 垣内 幸雄

1. はじめに

立地環境上の制約や社会的要因などからトンネルの機械掘削はますますその重要度を高めているが、地山の地質条件に見合った掘削機の施工性評価が充分に行われているとは言えず、しばしば工費、工程の面から問題を生じている。筆者はトンネル掘進機の施工性評価についてケーススタディーを中心に研究を進めているが、本論ではそのうちの成果の一つとして、ロードヘッダーについて、地山強度と単位時間当たり掘削能率の評価基準案について述べる。

2. 施工性と地質要因

ロードヘッダーの施工性指標として、①単位時間当たり掘削能率、②単位掘削量当たりビット消費量、③稼働率の三点をとりあげた。これらはトンネル断面、施工設備、ロードヘッダーの機種等を一定とすれば、主として地質的要因によって支配される。地質要因が施工性に与える影響は定性的には図-1に示したように考えられる。図中の軟岩Ⅰ、軟岩Ⅱ、中硬岩・硬岩の区分は、それぞれ地山の軸圧縮強度で50kgf/cm以下の鮮新～更新世堆積岩、50～300kgf/cmの主として新第三紀中新世以降の堆積岩、300kgf/cm以上の岩石のことであり、これは筆者のこれまでの研究結果からロードヘッダーを対象とした地山分類の上で有効なものである。

3. 掘削能率と地山強度

1) 掘削能率を支配する要因

掘削能率は図-1に示したように、掘削断面が小さかったり、軟質地山で湧水に伴って作業性が低下するといった施工性に起因する場合を除けば、岩石の硬さと亀裂の程度に支配される。岩石が硬くなるに従って岩盤中に発達する亀裂の与える影響は大となるが、ロードヘッダーのビットの大きさから判断すれば、切削面から数センチ（亀裂面が粗く密着）～10センチ（開口、軟化）の範囲内に亀裂がある場合にとくに影響を与えるものである。

図-2にはこれを模式的に示したが、図中の曲線①（亀裂無）と②（亀裂多）の間で掘削能率曲線は変動し、その形状は機種によって異なりはするものの、両曲線それぞれの矢印で示した変曲点は掘削限界点ともいえるものであり、この点を越える強度の地山に対してはロードヘッダーの使用は適さない。

2) 地山強度の評価

施工性の指標	地質要因	地山区分と影響程度		
		軟岩Ⅰ	軟岩Ⅱ	中硬岩
1. 掘削能率	岩石の硬さ	△	○	◎
	“ 靱性	×	△	△
	亀裂密度	×	○	◎
	亀裂の性状	×	△	○
2. ビット消費量	湧水	○	△	×
	岩石の硬さ	×	○	◎
	摩耗鉱物含量	◎	◎	◎
	“ 粒径	◎	◎	◎
	亀裂密度	×	△	○
	亀裂の性状	×	△	○
3. 稼働率	地山自立時間	◎	◎	◎
	岩石の硬さ	×	○	○
	湧水	◎	○	△

図-1 ロードヘッダーの施工性に影響を与える
地質要因とその程度

亀裂の影響を含めた岩盤としての強度を推定する方法は、代表的なものとして池田¹⁾の準岩盤強度の概念があるが、筆者は亀裂の影響を考慮に入れて地山強度を評価すべき地山としては次のような場合を対象とすれば良いと考える、

- イ) 地質踏査等で亀裂間隔が15cm以下の地山
- ロ) 池田の亀裂度 $(v_p/V_p)^2$ が0.3以下
- ハ) 軟岩Ⅱ以上の硬質岩盤で、かつ、地山 v_p が3.1km/sec以下
- ニ) 硬質岩盤であって、かつ、電中研の岩級でC_M級以下（道公分類でC級の一部を含めD級以下、J R分類で一部Ⅲ_N級を含めⅡ_N級以下）

地山強度の評価の困難な特殊地質としては礫を混入した地山（マトリックスに比して礫分の強度がすこぶる大きい地山）があり、施工性評価に当たっては十分な検討が必要である。

3) 実績調査結果と考察

実績調査は三井三池製作所製のS-45、90、125型の三機種について進めた。地山の圧縮強度と掘削能率の関係は図-3に示した通りである。両者のあいだには負の相関が有り、機種による明瞭な違いは認められないものの、強度の低い地山では45型、90型が掘削断面に応じて使い分けられており、強度が大きくなると主として125型が使われるというように、基本的には対象地質、掘削断面に応じて機種が選択されている。

強度が30～50kgf/cm以上の領域では強い相関が認められるのに対し、これ以下になるとばらつきが大きい。このことは強度の低い地山では地山強度は掘削能率にほとんど影響を与えず、むしろ、掘削断面の大小や切羽の自立性などが強く影響することを示している。

また、図中のデータを各機種毎に選ぶと、45型では200kgf/cm、90型では300kgf/cm付近を境にそれ以上の強度では急激に掘削能率が低下すること、125型ではこうした傾向があまり顕著でないこと等が把握できる（図-4）

4. あとがき

地山強度と掘削能率についてはほぼ実用に供する評価基準が見出せた。ビット消費量、稼働率の評価基準については別途機会を見て報告したいと考えている。

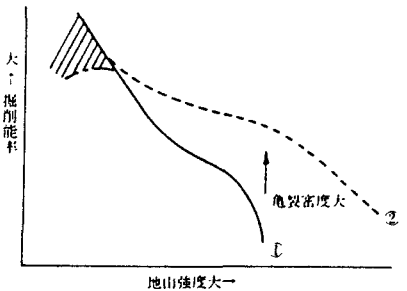


図-2 掘削能率に与える亀裂の影響

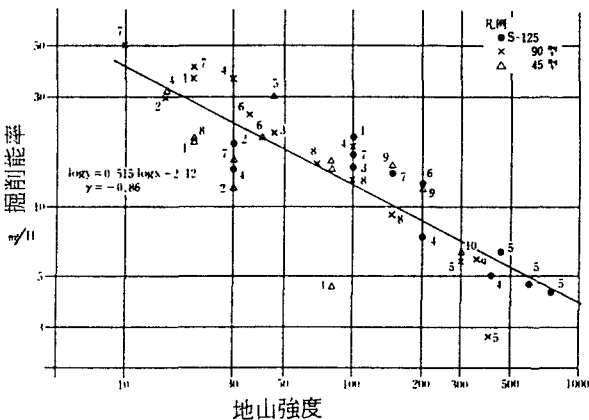


図-3 掘削能率と地山強度の関係

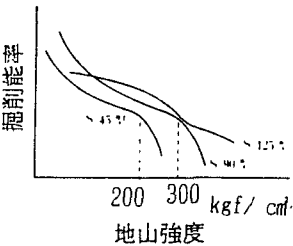


図-4 掘削能率曲線の特徴

文献1) 池田和彦 (1969); トンネルの岩盤強度分類、鉄研報告No. 695