

III-327 TBMの掘削性とその評価要因の影響

西松建設株式会社 正会員 石山宏二, 正会員○熊谷健洋
 西松建設株式会社 正会員 荒井紀之, 正会員 稲葉 力
 山口大学工学部 正会員 中川浩二

1. はじめに

市街地あるいは重要構造物の周辺を掘削する場合に、硬岩掘削が可能で振動が少ないTBM工法が採用される機会は増加しつつある。しかし、本工法は地質構造の変化に対して適用範囲が狭く、その掘削性は岩盤特性の影響を強く受け、掘削性を評価・予測することは容易でない。

本研究は掘削性におよぼす機械要因の影響、およびより定量的あるいは一般的な岩盤特性を示す要因の把握を目的とし、オープンタイプのTBMで、一軸圧縮強度約190MPaの香港花崗岩を掘削したトンネル内にて、掘削性を評価しようと考えた要因を測定し、掘進速度との関係を比較検討した。機械要因としてはスラスト、トルク、カッタヘッド回転数が挙げられるが、回転数は12rpmで固定であるため検討要因から除く。

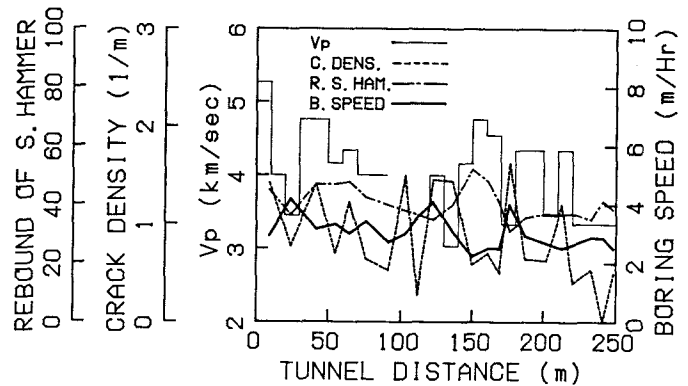
2. 岩盤特性を示す評価要因

掘進速度に対して、より相関の良い岩盤特性の評価要因を選出するために、任意の250m区間で簡易弾性波測定機を使用し、スキャンラインとした切羽に向けて左側壁のスプリングライン上で、10m毎に V_p を測定した。またスキャンラインと交差する長さ1m以上の亀裂数の測定、および掘進速度と相関の良いコーン状プランジャのシュミットハンマ反発度¹⁾を

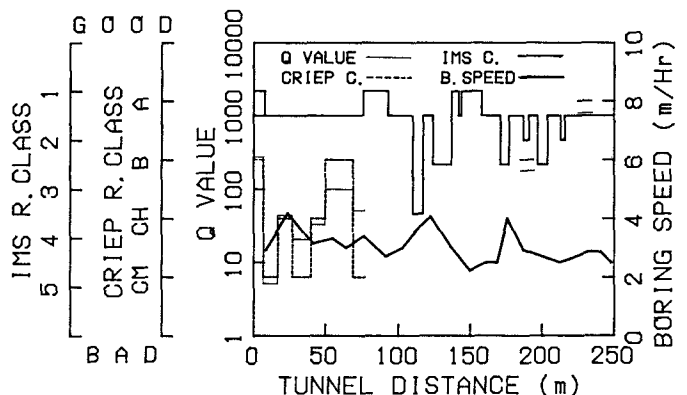
スキャンライン上で1m毎に、1測点につき10回集中計測を行い、平均値を求め、掘進速度を評価しているシフト区間毎に平均し、掘進速度と比較したものを図1(a)に示す。機械要因となるスラスト、トルクはほぼ一定であった。

V_p とシュミットハンマ反発度に着目すると、その関係は予想していた正の相関が、また掘進速度と両者には負の相関が示された。これによって、掘削前の事前調査から得られる V_p と機械能力を考慮して、ある程度掘進速度が評価しようとする。また亀裂密度のみでは掘進速度と相関は低く、トンネル軸に対する亀裂の方向性を考慮しなければ¹⁾、掘削性を評価しようとした独立した指標とはなりにくいことが示された。

また、ローカルな岩盤分類法であるIMS法²⁾以外で岩盤を評価し、各種岩盤等級と掘進速度との関係を把握することを試みた。そこで、代表的な分類法であるパートのQ値および電研式を採用し、図1(a)と同じ区間の1



(a) 定量的な要因による岩盤特性評価



(b) 岩盤分類による岩盤特性評価

図1 掘進速度と各岩盤特性評価要因の変動状況

部で分類評価した結果を図(b)に示す。図上部ほど岩盤の状態は良好であることを示す。IMS法により評価した岩盤等級と掘進速度との相関係数は高く¹⁾、悪い岩盤の掘削時ほど掘進速度は大きい。しかし、他の分類法で評価した岩盤等級と掘進速度には明らかな相関はみられない。これは各分類法で分類因子等が異なるためと考えられる。したがって、本トンネルにおける掘進速度をIMS法で評価することは有効といえる。

3. 機械要因および岩盤特性の影響

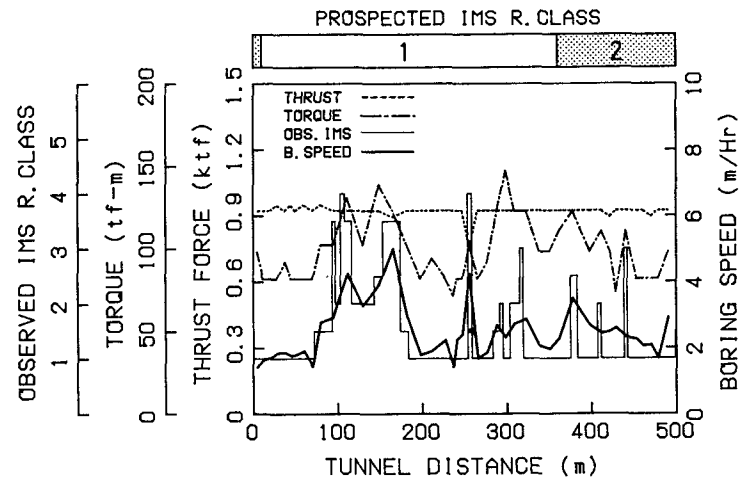
異なる500m区間における掘進速度とIMS法による等級、およびスラストとトルクを比較し、図2に示す。図(a)の区間は、上図に示すように良好な岩盤が連続することが事前調査に基づく岩盤評価にて予想されており、最大の掘進速度を得るために機械能力の上限スラストでTBMを稼働させ、結果的にスラストがほぼ一定となった。掘進速度は坑内観察から得られた岩盤等級およびトルクと良い相関を示している。これはスラストが一定の場合、良好な岩盤に比べ、悪い状態の岩盤掘削時にカックい込み量は大きくなり、それに関連して掘進速度およびカックヘッドの回転負荷が増大したと考える。

また、図(b)の区間は岩盤の状態が変化し、しかも極めて悪い岩盤を掘削することが予想されていた。そこで掘削状況、トルク等を判断しながらスラストが操作されたと推察される。本区間でも状態の悪い岩盤掘削時に掘進速度は増加傾向を示した。しかしスラスト一定の場合とは逆に、トルクは小さくなり、スラストと正の相関が示された。スラスト低下時に掘進速度が大きいという結果は、岩盤特性一定条件で行われたペネトレーション試験結果¹⁾と逆の相関関係になる。掘削条件の差異によって、掘削性を評価する要因間の関係が正負反転する理由は今後の課題である。

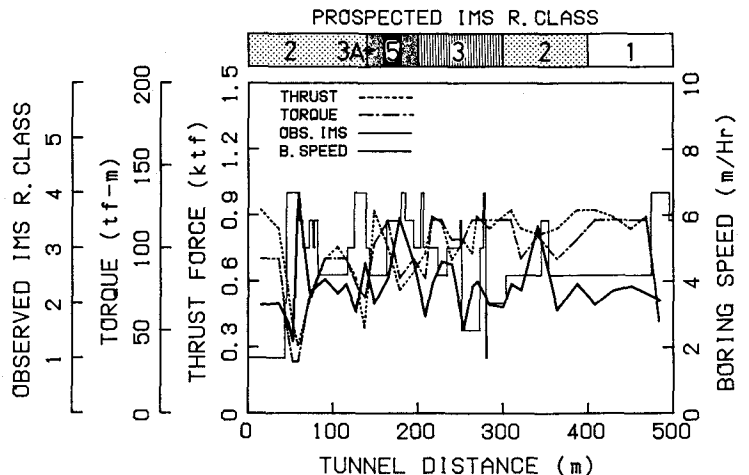
4. おわりに

TBMによる掘削時に、従属量となる掘進速度およびトルクを評価しうる変数として、スラストおよび岩盤特性（岩盤分類による状態の悪さ）を考慮すると、スラストあるいは岩盤特性の一方が一定である場合、掘進速度およびトルクはもう一方の変数と正の相関を示す。しかし、両者が変数である場合、スラストはトルクと、岩盤特性は掘進速度とだけ正の相関を示し、他の変数間では負の相関関係にあることが示された。

【参考文献】 1)石山宏二 他:TBMの施工性に及ぼす岩盤物性と機械要因の影響,第24回岩盤力学に関するシンポジウム,pp.410-414,1992. 2)McFeat-Smith I. and Haswell C.K.:Tunnelling in Hong Kong,Tunnels & Tunnelling, June, pp.39-44,1986.



(a) スラスト一定区間



(b) スラスト変動区間

図2 掘進速度と機械要因および岩盤特性の変動状況