

T B Mの掘進速度に関する研究

山口大学大学院 学生員○甲口典明
西松建設(株) 正 員 石山宏二
西松建設(株) 正 員 荒井紀之
山口大学工学部 正 員 中川浩二

1. まえがき

トンネル機械掘削工法の中の代表的な施工法にT B M (Tunnel Boring Machine) 工法がある。この工法の短所として、地質構造の変化に対して適用範囲が狭いという点が指摘されている。そこで我国のように地質構造が複雑な地盤でT B M工法を活用するための評価手法の確立が望まれ、特に設計時においてT B Mの機械性能と岩盤物性との関係を正確かつ定量的に評価・予測できることは、機械の選定あるいは掘削計画に際した確かな判断を行う上で重要であると考えられる。

本研究では、掘削速度に影響を及ぼす岩盤特性の把握および掘削速度の予測式の提案を目的としている。そのために、掘削速度に対するトンネル掘削後の地質調査から得られた地質要因と施工時における機械要因の関係を比較検討した。また、ペネトレーション試験の結果から掘削速度の予測式の提案を試みた。

2. 掘削速度に対する地質要因と機械要因の関係

掘削速度に影響を与える地質要因として、I M S岩盤分類、シュミットハンマー測定値、節理密度(1/m)を収集した。また、機械要因としてスラスト圧力(tf)、平均トルク(tf-m)を収集した。ここで、検討区間は500mとし、作業シフト区間ごとに検討を行った。代表的な要因について以下に述べる。

1) 掘削速度とI M S岩盤分類との関係

相関係数は0.657となり比較的高い相関を示している。図-1に示した変動状況についてもたいへん良く対応を示している。I M S岩盤分類は風化度、節理間隔を主な分類因子として、5つの岩盤等級に区分する分類法であるが、分類段階が少ないにも関わらず高い相関を示している。したがって、本工法で施工する地山の岩盤分類はI M S岩盤分類で行うことが非常に有効であると考えられる。

2) 掘削速度とスラスト圧力との関係

本施工では掘削時に地山条件に応じて適当と思われるスラスト圧力をかけ、平均トルクが限界値を越える可能性が生じた場合にはスラスト圧力を下げるという機械操作を行っている。図-2に掘削速度とスラスト圧力の変動状況を示す。相関係数は-0.520となり、負の相関が得られた。これは地山条件に応じてスラスト圧力を変化させているため、高スラスト圧力を与える地山は高強度であり掘進速度が小さくなり、逆に低スラスト圧力に対応する地山は低強度となり掘削速度が大きくなるためであると考えられる。

3. ペネトレーション試験

岩盤等級が異なる任意の7地点において、T B Mの掘進に最も影響すると考えられるスラスト圧力を多段階に変化させ、稼働中のT B Mにおける回転トルク、スラスト圧力、ペネトレーション(mm/rev)との関係を

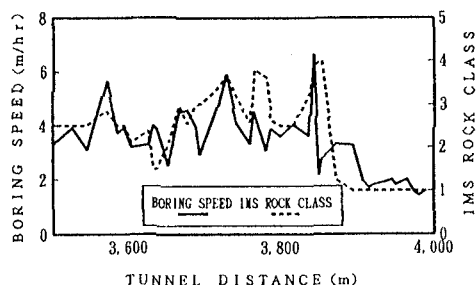


図-1 掘削速度とI M S岩盤分類の変動状況

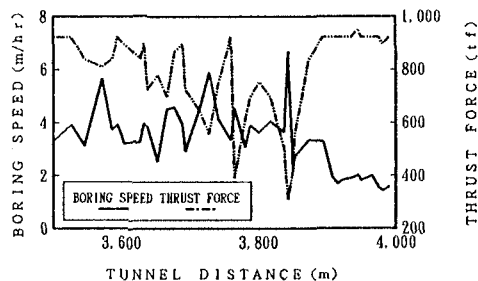


図-2 掘削速度とスラスト圧力との変動状況

調べた。

1) ペネトレーションと平均トルクとの関係

図-3にペネトレーションと平均トルクとの関係を示す。岩盤分類の違いによる有意差は認められなかったので、全てのデータについて1次回帰分析を行った。得られた回帰式を式(1)に示す。

$$y = 37.2 + 15.7x \quad \dots\dots (1)$$

[y:平均トルク x:ペネトレーション]

施工計画において掘削速度が決定されれば、式(1)を用いて掘削に必要な機械の能力を算出することが可能であると考ええる。

2) スラスト圧力とペネトレーションとの関係

図-4にスラスト圧力とペネトレーションとの関係を示す。この図を使用して相互関係の把握を試みた結果、ペネトレーションはスラスト圧力のべき乗に比例し、岩盤特性に応じて曲線が異なっていることが分かった。図-5は岩盤分類の違い(1,2,3)によるスラスト圧力とペネトレーションとの関係をべき乗の回帰曲線で近似した結果である。回帰分析の結果のうち岩盤分類2,3での指数定数(3.22、3.26)を考慮して設定したスラスト圧力とペネトレーションとの回帰式を式(2)に示す。

$$y = (4 \times I^{0.44}) \times (x/1000)^{3.2} \quad \dots\dots (2)$$

[y:ペネトレーション x:スラスト圧力 I:岩盤分類数値]

3) 式(2)の評価

図-6にペネトレーションの実際値と式(2)による計算値およびIMS岩盤分類数値との比較を示す。ここで、x値とI値は実施工における数値である。IMS岩盤分類数値が3より小さい所では比較的变化は一致しているが、3以上となる所では実際値と計算値との変動状況が反対となる結果となった。すなわち、式(2)は高スラスト圧力がかかることができる良好な地山に対して適用できると考える。しかし、良好でない地山に対しては不十分であるので、今後検討していきたい。

4. おわりに

本研究では1箇所のTBM工法の施工例について検討を行ったが、他の岩種や条件の異なる地山においてペネトレーション試験を実施し、施工データを収集していけば、どのような地山に対しても適合性の高い予測式が得られると考える。

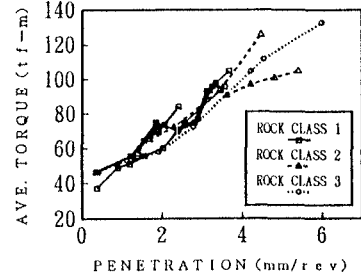


図-3 ペネトレーション試験におけるペネトレーションと平均トルクとの関係

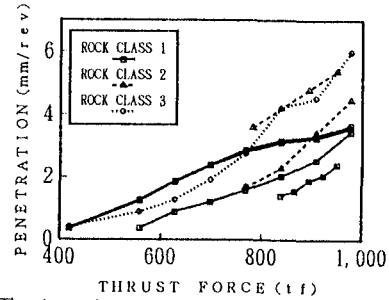


図-4 ペネトレーション試験におけるスラスト圧力とペネトレーションとの関係

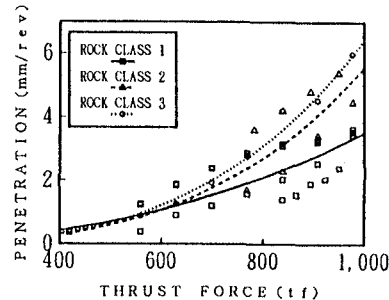


図-5 べき回帰分析の結果

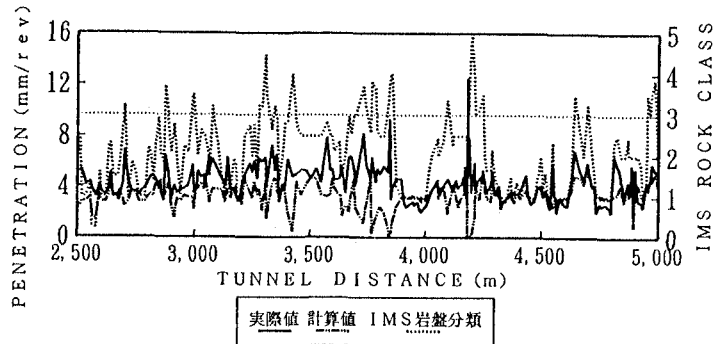


図-6 ペネトレーションの実際値と計算値の比較