

山口大学大学院 学生員○河原幸弘
 山口大学大学院 学生員 甲口典明
 西松建設（株） 正会員 平野 享
 山口大学工学部 正会員 中川浩二

1. はじめに

TBM（トンネルボーリングマシン）工法は、トンネル機械掘削工法の中で代表的な施工法である。近年、TBM工法の持つ高速掘削性や低公害性が要求される工事が増加しつつある。しかし、この工法は掘削能力が岩盤物性に大きく影響されることから適用範囲が狭く、定量的な掘削特性の評価手法は確立されていないのが現状である。既往の研究^{1)~3)}では機械要因として作業シフト毎のデータを使用した解析が行われている。

本研究では、TBMの掘削時に自動計測されたデータから掘進速度に影響を及ぼす要因が何であるか、その影響度合いを明らかにすることを目的としている。そのために、TBMの機械要因と岩盤等級との関係を比較検討した。また、施工途中に行われたペネトレーション試験について実施工への適用性を評価するため自動計測データとの対応を試みた。

2. 収集要因

本研究で解析の対象としたデータは、TBMの施工実績に基づきトンネル掘削後の地質調査から得られたIMS岩盤分類⁴⁾と、掘削時に自動計測されたTBMの推進力、回転力、貫入量（以下、スラスト力、トルク、ペネトレーション）の三つの機械要因からなる。ここで、検討区間は約1000mとし、約2分毎に機械要因を収集した。自動計測データと作業シフトデータの関係について以下に述べる。

図1にペネトレーションについてシフト平均した自動計測データと作業シフトデータとの比較を示す。相関係数は0.527となり両データのピーク値はほぼ良い対応を示している。図2にペネトレーションにおける、ある作業シフト1区間での自動計測データの分布を示す。1つの作業シフトデータに対し自動計測データは約100個収集され、豊富な情報と岩盤に作用する機械の能力を綿密に察知できると考えられる。

3. 岩盤等級毎の各機械要因の関係

掘進速度に最も影響すると考えられるスラスト力について岩盤等級毎にペネトレーションとの関係をとらえようとしたが、実施工においては岩盤が良好なほどスラスト力は、TBMの能力上限まで加えられることが多く、逆に岩盤が劣るほど加えられたスラスト力の変動は大きくなりペネトレーションの変動は一定の値に収束する傾向があるため明確に判断しがたい。そこで、岩盤等級毎にスラスト力とトルク、トルクとペネトレーションとの関係を調べた。ただし、岩盤等級が5の区間に関してはデータ数が少ないため除外した。

1) スラスト力とトルクとの関係

図3に岩盤等級が3の場合の実施工でのスラスト力とトルクの関係を示す。ほぼべき乗の関係がみられ、岩盤等級毎に曲線が異なっていることが分かった（図4参照）。このことは、岩盤の状態が良好なほど切羽面に対して高いスラスト力がかけられ、逆に岩盤の状態が貧弱になるにつれてトルクがカッターリングの貫入率により変化し、ある限界のトルクに達したときにスラスト力が制御されたため、良好な岩盤から悪い岩盤へと曲線が異なったものと思われる。

2) トルクとペネトレーションとの関係

図5に岩盤等級が3の場合の実施工でのトルクとペネトレーションの関係を示す。ほぼ直線関係が得られ、岩盤等級毎に直線が異なることが分かった（図6参照）。このことから、岩盤の状態が良好な場合にはある程度の高いトルクがなければ掘れないし、逆に岩盤の状態が悪くなると低いトルクで大きなペネトレーションが得られることがわかる。

4. ペネトレーション試験結果との比較

1) スラスト力とトルクとの関係

図7にペネトレーション試験におけるスラスト力とトルクの関係を示す。図4、7を比べると同様な傾向がみられ、掘削工程の違いにも係わらずスラスト力とトルクの間には岩盤等級毎にべき乗の関係が知見される。

2) トルクとペネトレーションとの関係

図8にペネトレーション試験におけるペネトレーションとトルクと関係を示す。図6、8を比べるとペネトレーション試験では岩盤等級の違いによる有意差は認められず、ほぼ同一な直線で表され実施工とは異なる。これは、実施工では連続して掘削を行うため、ペネトレーションが大きな値に分布し異なると考えられる。

5. おわりに

本研究では自動計測データの使用により実施工でのTBMの掘削特性とペネトレーション試験との比較ができた。しかし、良好でない地山に対してはデータ不足から比較はできなかった。今後、各岩盤等級においてペネトレーション試験を積み重ねデータを収集することによって、岩盤と密接な関係を示す掘削特性が表されれば、より適合性の高い掘削特性の評価・予測が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 荒井 紀之等：TBMの掘削特性に関する研究、西松建設技報 Vol.15
- 2) 甲口 典明：TBMの掘進速度予測に関する研究、平成3年度山口大学卒業論文
- 3) 平野 孝等：TBMに関する掘削特性式を得るための硬岩掘削実績の分析、第25回岩盤力学シンポジウム、pp.306-310
- 4) McFeat-Smith I. and Haswell C.K.: Tunneling in Hong Kong, Tunnels & tunnelling, June, pp.39-44, 1986.

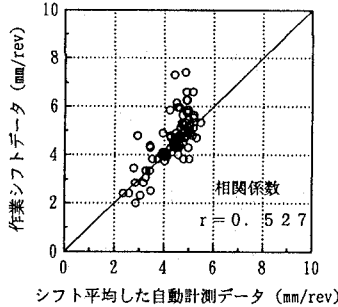


図1 作業シフトデータとの比較

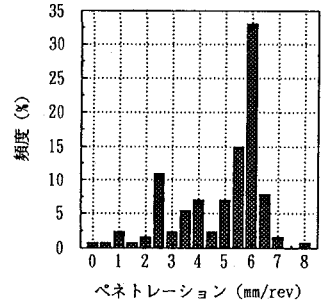


図2 自動計測データの分布

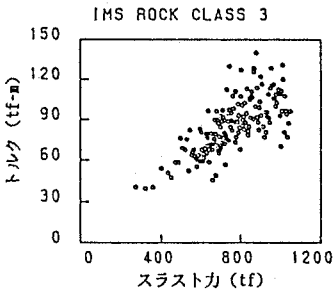


図3 実施工でのスラスト力とトルクの関係

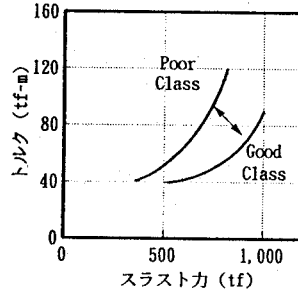


図4 スラスト力とトルクの掘削特性

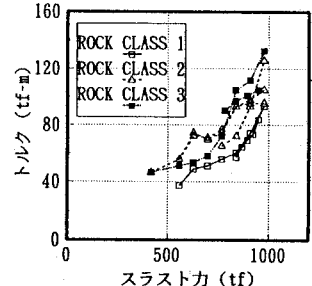


図7 ペネトレーション試験におけるスラスト力とトルクの関係

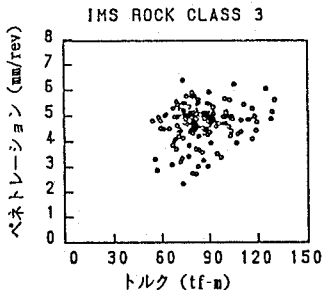


図5 実施工でのトルクとペネトレーションの関係

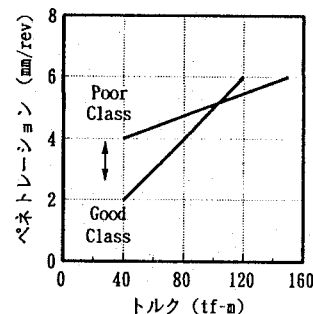


図6 トルクとペネトレーションの掘削特性

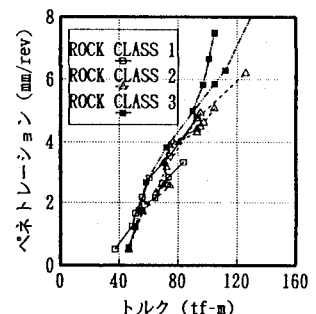


図8 ペネトレーション試験におけるトルクとペネトレーションの関係