

# Factors Affecting the Advancement of Full-Face Tunnel Boring Machine

Saffet Yağız<sup>1</sup>, Taehong Kim<sup>2</sup>, Charles Merguerian<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli, 20020 Turkey  
(E-mail: syagiz@pau.edu.tr)*

<sup>2</sup>*Parsons Brinckerhoff, Inc., One Penn Plaza, New York, NY 10119 USA*

<sup>3</sup>*Hofstra University, Director of Duke Geological Laboratory, Westbury, NY 11590 USA*

Full-face tunnel boring machine (TBM) is one of the main mechanical excavators to use for variety of underground opening, because of their demonstrated capabilities in attaining high rates of advance in tunneling. TBM tunneling may differ from drilling and blasting method, due to the high level of machine-rock mass interaction. Accurate estimates of machine advancement are a crucial part of any mechanical tunneling. It is almost impossible to make realistic predict and evaluations of time and cost required for completing a project, without estimating the machine advancement.

Geological factors comprising the orientation, condition and frequency of discontinuities in rock mass, and also intact rock properties such as strength and brittleness are main geotechnical parameters for performance analysis. These geological data along with machine specifications such as thrust and power allow to the accurate TBM performance estimation in fractured rock mass conditions. In this study, the Queens freshwater (USA), Manapouri Second tailrace hydropower (New Zealand) and the Milyang hydropower (South Korea) tunnels are evaluated to investigate the affect of geological and rock mass conditions on the breakthrough of TBM.

The result of the research indicates that even though intact rock properties such as mineralogy, texture, metamorphic grade, hardness have an effect on the TBM penetration, the most significant and controlling geological parameters are the orientation, condition and frequency of discontinuities together with strength and brittleness of intact rock.

**Key words:** *Tunnel boring machine, geology, rock mass, advance rate*

## Tam Cepheli Tünel Delme Makinelerinin İlerleme Hızına Etki Eden Faktörler

Tünelcilikte sahip oldukları kapasite ve elde edilen yüksek ilerleme hızı oranından dolayı, tam cepheli tünel delme makineleri (TBM), değişik yeraltı açıklıkları için kullanılan başlıca mekanik kazıcılardan biridir. TBM ve kaya kütlesi arasındaki ilişkiden dolayı, TBM tünelciliği delme patlatma yönteminden farklıdır. Makine ilerleme hızının doğru olarak kestirimi, her türlü mekanik tünelcilikte önemli bir aşamadır. TBM ilerleme hızının kestirilemediği durumlarda, tünelin tamamlanması için gerekli olan zaman ve ekonomikliğin gerçekçi olarak öngörülebilmesi pek olanaklı değildir.

Süreksizliklerin yönelimi, süreksizlik yüzey koşulları ve süreksizlik sıklığı ile aralığı gibi kaya kütlesi özellikleriyle birlikte dayanım ve gevreklik gibi kaya malzemesi özellikleri performans analizi için gerekli başlıca jeoteknik özelliklerdir. Bastırma kuvveti ve güç gibi makine özellikleri, bu özelliklerle birlikte çatlaklı kaya kütlesi ortamlarında TBM ilerleme hızının kestirimine olanak sağlar. Bu çalışmada, Queens (ABD), Manapouri (Yeni Zelanda) ve Milyang (Güney Kore) gibi tamamlanmış tünel projeleri incelenerek, kaya kütlesi özelliklerinin tam cepheli tünel delme makinelerinin ilerleme hızına olan etkisi araştırılmıştır.

Araştırma sonuçları; örneğin mineral, doku, metamorfizma derecesi ve sertlik gibi kaya malzemesi özelliklerinin TBM ilerleme hızı üzerinde etkisi olmasına rağmen, süreksizliklerin yönelimi, süreksizlik yüzey koşulları ve süreksizlik aralığı ile birlikte kaya malzemesinin dayanımı ve gevrekliğinin, başlıca önemli kontrol parametreleri olduğunu göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Tünel delme makinesi, jeoloji, kaya kütlesi, ilerleme hızı*