

Ⅲ-B36 偏心多軸岩盤掘削機(DPLEX-TBM)の掘削実験(その2)

大豊建設 正会員 長谷川春生 三菱重工業 岡本 和之
 同 上 正会員 井上 正巳 同 上 石瀬 文彦
 同 上 正会員 金井 和彦

1. はじめに

近年、山岳トンネルでは、労働条件の改善に加え、高速施工の必要性和経済性からTBM(トンネルボーリングマシン)が注目を浴びている。今後は、さらに大きな断面および任意形状の全断面掘削が求められるものと思われる。

前年度は、偏心ローラカッタを装備し、スライド運動を付加した偏心多軸(DPLEX)掘削機構で、模擬岩盤(50~80MPa)を掘削し、岩盤掘削が可能であることを確認した。本稿では、実岩及び模擬岩盤での掘削特性評価について述べる。

2. 実験概要

実験機の概要を写真-1、表-1に、供試体の一覧を表-2に示す。

実験条件は、以下の通りとする。

DPLEX クランク径 : 200mm カッタ径 : 330mm スライド速度 : 160cm/min
 DPLEX 回転数 Nd : 20rpm 掘進速度 vt : 10mm/min~50mm/min
 ローラカッタ偏心量 Es : 100mm 供試体圧縮強度 : 50MPa~120MPa カッタ数 : 3ヶ

表-1 実験機仕様

DPLEX回転機構	
最大トルク	30.8KN・m
最大回転数	22rpm
鉛直・水平スライド機構	
最大推力	220KN
最大速度	800cm/min
推進装置	
最大推進推力	500KN
最大推進速度	20cm/min

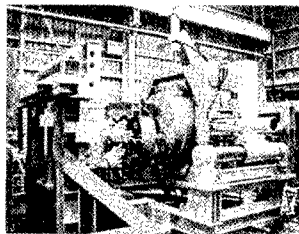


写真-1 実験機

表-2 供試体条件

種類		呼び強度 (MPa)	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	脆性度
疑似岩1	モルタル	50	50~60	4~5	12~12.5
疑似岩2	モルタル	80	60~70	5~6	11.6~12
実岩	凝灰岩	—	120~140	12~14	10

3. 実験結果

(1) 供試体強度による負荷特性

図-1、図-2に供試体強度をパラメータとした掘進速度-DPLEX 回転トルクおよび掘進推力との関係を示す。いずれも掘進速度に対して線形関係にあり、比例係数は岩強度が大きいほど高くなっている。また、トルクと推力の比例係数を比べると、疑似岩1、2ともに同傾向にあるが、実岩の場合のみ若干トルクの係数が低くなっている。

図-3にローラカッター個当たりの掘進推力と DPLEX 回転トルクの関係を示す。このときの比例係数は0.25であり、通常のローラカッタの比例係数0.1より高い。これは、DPLEX-TBMの方が、スライド運動を伴った低スラスト力での掘削が可能と

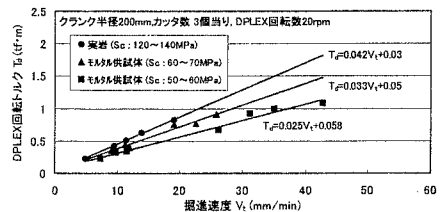


図-1 掘進速度-トルク関係

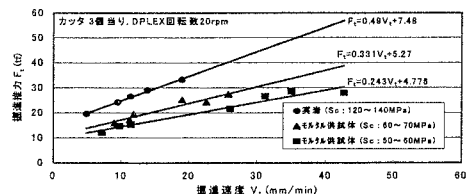


図-2 掘進速度-推力関係

キーワード 偏心多軸、DPLEX、偏心ローラカッタ、ローラカッタ、TBM

連絡先 東京都中央区新川1-24-4 TEL 03-3297-7011 Fax 03-3297-7065

なったためと考えられる。

(2)掘削体積比エネルギー

本実験の岩盤掘削の掘削能力評価の指標として、掘削体積比エネルギーを用いた。掘削体積比エネルギー E_s は、以下の式で表される。

$$E_s = \frac{F_t}{A} + \frac{2\pi \cdot N_d \cdot T_d}{A \cdot v_t} + \frac{F_j \cdot v_j}{A \cdot v_t} \quad \cdots \text{式(1)}$$

ここで、 A :掘削断面積(m^2)、 F_t :掘進推力(tf)、

v_t :掘進速度(mm/min)、 N_d :DPLEX 回転数(rpm)、

T_d :DPLEX 回転トルク ($\text{tf} \cdot \text{m}$)、 F_j :スライドジャッキ推力(tf)、 v_j :スライドジャッキ速度(mm/min)

また、掘削対象の一軸圧縮強度と上記の掘削体積比エネルギーとの比である掘削能係数を、掘削機械の性能評価のための無次元指標として用いた。

$$N f = S c / E s \cdots \text{式(2)}$$

本実験の結果と従来型 TBM との負荷特性による比較を表-3に示す。比較の結果、DPLEX-TBM のトルク/推力比は、従来型 TBM の50%程度であった。これは、回転半径が小さいDPLEX運動のため、掘削トルクが低減されたものと考えられる。また、掘削体積比エネルギー、掘削能係数は、DPLEX-TBMの方が従来型TBMよりもやや優位な値となった。

(3)カッタの軌跡及び負荷変動特性

図-4にDPLEX回転のみを行ったときのカッタの軌跡を示す。カッタの軌跡は目標軌跡とほぼ等しく、円に近い軌跡を描いた。このことから、カッタが良く追従していることがわかる。

図-5にトルク-時間関係を示す。これを周波数分析すると、トルク変動が最大となる周期は、0.3Hzであり、これはDPLEX回転数20rpmの周波数と一致する。スライド周期との明確な関係は認められなかった。これは、スライド運動を行っていると、全体軌跡の最外周部では、新規に掘削し、内側では前の軌跡とラップするため、トルク変動が起ることと思われる。

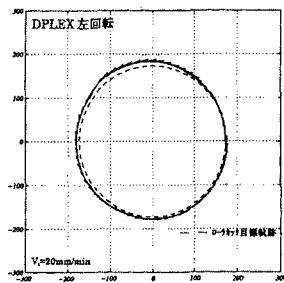


図-4 カッタ軌跡

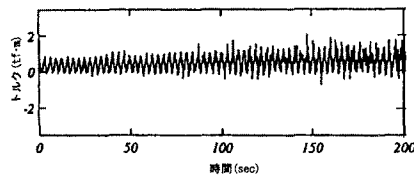


図-5 トルク-時間関係

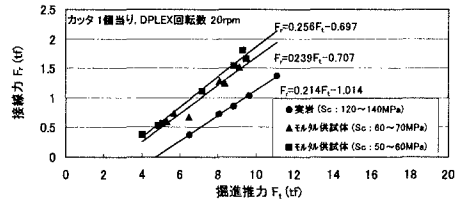


図-3 掘進推力-接線力関係

表-3 従来型TBMとの比較

	DPLEX-TBM	従来型TBM
切込み深さ h(mm)	4	2~4
岩強度 σ_r (Mpa)	120~140	100~180
トルク/推力比 (m)	0.05	0.07~0.11
掘削体積比エネルギー E_s (MPa)	45	40~65
掘削能係数	2.6~3.1	2.5~2.8

4.おわりに

今後は、実用に向けての更なる検討とカッタ運動についての分析を進めていきたい。なお、外周部については、現在検討中であり、それについても機会を得て発表していきたい。

【参考文献】：長谷川他,偏心多軸岩盤掘削機(DPLEX-TBM)の掘削実験,土木学会第53回年次学術講演会,概要集Ⅲ-B83,pp166~pp167