

ドーナツ型TBMの掘削に関する研究 —コンクリート供試体による掘削実験の考察—

株木建設(株) 正会員 ○株木 康吉
株木建設(株) 正会員 武田 光雄
立命館大学 正会員 小山 幸則

1. はじめに

従来の全断面型TBMに対して、掘削を外周部と中心部に分けるドーナツ型TBMの開発を行っている。この技術の特徴は、中央の開口部を利用して、切羽を常に直接目視観察できることや、遅滞なく地山対策ができることにある。また、機械的には開口部の分だけ地山との設置面積が小さくなり、回転トルクや推進力を低減できるメリットもある(図-1)。

ドーナツ型TBMの掘削性に関してコンクリート供試体を使って同条件で全断面型との比較掘削を行い、掘進速度の比較と掘削形状を確認したので報告する。



図-1 ドーナツ型TBM

2. 実験概要

表-1 実験掘削仕様

項 目	ドーナツ型	全断面型
コンクリート供試体	モルタル(1:2 C=500kg/m ³) $\sigma_{28}=45\text{N/mm}^2$	□1300×H300(15cm掘削)
カッターヘッド	外周部φ1000(0.700m ²) 中心部φ330(0.085m ²)	外周部φ1000(0.785m ²)
ディスクカッタ	11個 インナカッタ 7個 ゲージカッタ(外周部) 3個 ゲージカッタ(中心部) 1個	14個 インナカッタ 7個 ゲージカッタ(外周部) 3個 ゲージカッタ(中心部) 1個 センタカッタ 3個
カッターピッチ	40mm	40mm
ローラービット試験機	垂直押圧式	
回転数(トルク)	3回転/分・5Mpa(20KN・m)	
押圧力	1.7Mpa(70KN)	
カッタ1個当り押圧力 (掘削分担面積)	6.4KN/個 (0.064m ² /個)	5.0KN/個 (0.056m ² /個)

実験装置は、ローラービットなどの試験に使われている上から回転と押付けを加える方式の垂直押圧式試験機を使用した。表-1 は、実験掘削の機械仕様、作用圧を示す。カッターヘッド装置は、ドーナツ型と全断面型を一緒のもの使用し、全断面型はドーナツ型の真中開口部を塞ぐ形で、3個のディスクカッタをさらに配置した(図-2)。コンクリート供試体は、それぞれに用意し、掘削深さは15cmで油圧シリンダのストロークで管理した。

3. 実験結果

(1) ドーナツ型と全断面型の掘進速度の比較

図-3 に示すように、ドーナツ型は掘進速度 3.8mm/分、全断面型は 1.7mm/分となり、ドーナツ型が約 2 倍の早さを示した。

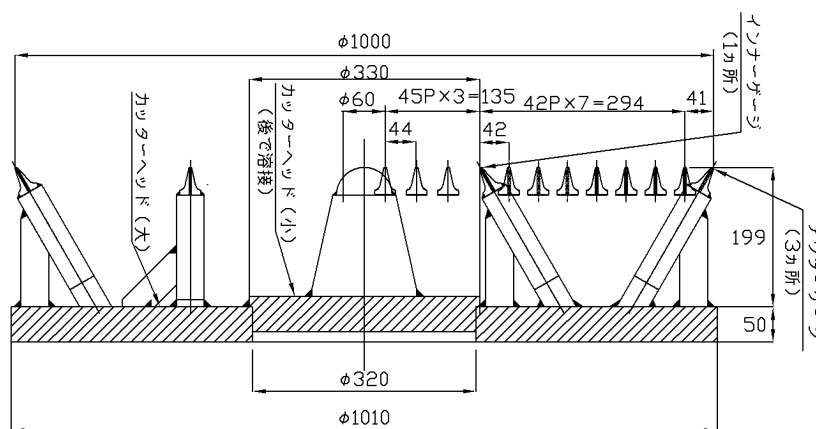
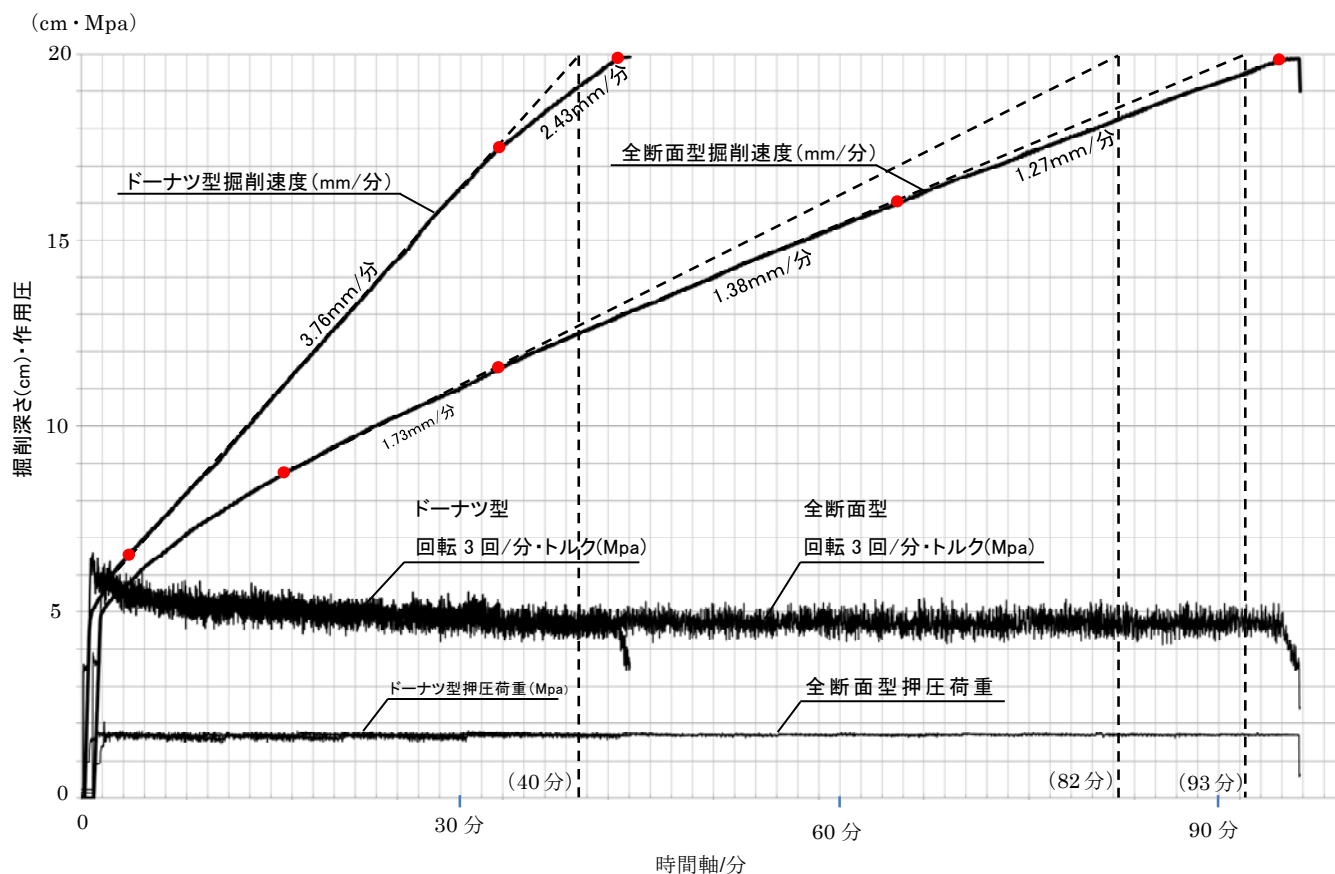


図-2 ディスクカッタ配置図

キーワード 山岳トンネル, TBM, 岩盤掘削, 新技術

連絡先 〒171-8560 東京都豊島区高田 3-31-5 株木建設(株)プロジェクト室 TEL 03-3984-4114



*縦軸の掘削深さは、シリンダストロークで5cmからスタートになる。

図-3 ドーナツ型・全断面型の掘進速度結果

(2) ドーナツ型の掘削形状の確認

ドーナツ型および全断面型の掘削形状は、TBMの特徴である隣接破碎によるバナナ状の破片が観察できた(写真-1)。写真-2, 3は、15cm掘削の完了状態を示したもので、それぞれの形状を確認した。



写真-1 隣接破碎状況

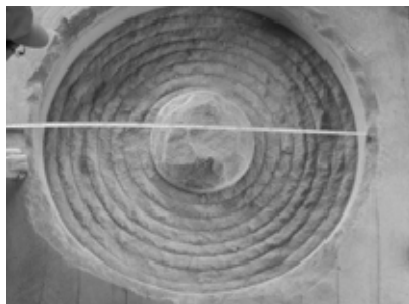


写真-2 ドーナツ型の掘削状態



写真-3 全断面型の掘削状態

4. 考察

ドーナツ型と全断面型では中心部30cm程度のコンクリート切削の有無であるので、掘進速度に大きな差異は生じないと考えられたが、実際の実験結果は、ドーナツ型が約2倍程度の掘進速度となった。切削条件の差は、カッタの数がドーナツ型で11個(カッタ押付力: 6.4kN/個)、全断面型で14個(カッタ押付力: 5.0kN/個)であり、カッタ1個当たりの作用圧に違いがある。また、中心部ではカッタ回転抵抗が大きくなった可能性も考えられる。

この実験から概観的にTBM掘削は、中心部の掘削は周縁部の切削に比べ機械的な負荷が大きくなることが示唆された。また、全断面型がドーナツ型と同程度の速度を得るためには、押付力を大きくする必要があると考えられる。これらの点について、今後、実験条件を変えながら確認し、ドーナツ型の有利性を明確にしていく予定である。