

様式第 11 別紙 1

建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書【概要版】

- (1) 課 題 名：ドーナツ型 TBM を活用した新たな山岳トンネル工法の開発
- (2) 研 究 期 間：平成 27 年度：平成 27 年 9 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日
平成 28 年度：平成 28 年 6 月 3 日～平成 29 年 3 月 31 日
- (3) 交付申請者名：吉田延雄(一般財団法人 先端建設技術センター 理事兼企画部長)
- (4) 研究代表者名：吉田延雄(一般財団法人 先端建設技術センター 理事兼企画部長)
- (5) 共同研究者名：小山幸則(元京都大学院教授)
塚原隆夫(一般財団法人 先端建設技術センター先端建設技術研究所
研究第一部兼研究第二部部长)
市川勝巳(一般財団法人 先端建設技術センター先端建設技術研究所
研究第一部次長)
武田光雄(株木建設株式会社プロジェクト室室長)
赤岩友和(株木建設株式会社プロジェクト室技術次長)
横江雄一郎(株木建設株式会社プロジェクト室技術課長)
株木康吉(株木建設株式会社プロジェクト室研究員)
守屋洋一(株式会社大林組東京本社生産技術本部シールド技術部部
長)
船迫俊雄(鹿島建設株式会社機械部企画グループ長)
手塚 仁(株式会社熊谷組土木事業本部トンネル技術部部長)
江戸川修一(清水建設株式会社・土木技術本部地下空間統括部部長)
木村政俊(大成建設株式会社土木本部機械部機械技術室室長)
- (6) 補助金交付総額：44,910,000 円

(7) 研究・技術開発の目的：

諸外国における山岳トンネル工事では、高速掘進・工期短縮・コスト縮減・施工の安全確保を目的として、TBM 工法が数多く採用されている。我が国の山岳トンネル、とりわけ長大トンネルにおいても高速施工を目的に TBM の導入が図られることがあるが、日本の複雑な地山では不良地山に遭遇することが多く、その区間では NATM 工法よりも遥かに施工効率が低下して、高速性を殺いでしまう事例が多く見られる。新たに考案したドーナツ型 TBM は、全断面ではなくドーナツ状に外殻だけを TBM で掘削し、残りの中心部分を岩破碎機で機械掘削する二分割方式を取っている。中心部を開放して地山を直接見えるようにし、また TBM の前に出ることを可能にすることは、トラブル要因に対して従来から培われてきた山岳トンネル技術をそのまま使えるという優位性がある。また、機械的に見ても、中心部をカッタで掘らないドーナツ型は、同一の押圧力条件下で全断面型より掘削速度が早く、その分マシン荷重負担が少なく、カッタ摩耗量においても優位性があることが期待できる。本研究開発では、ドーナツ型 TBM を活用した新たな山岳トンネル工法の実用化に向け、ドーナツ型 TBM の機械的な優位性を立証するとともに、施工法全体の検証を行うことを目的とする。

(8) 研究・技術開発の内容と成果：

ドーナツ型 TBM の実用化に向けて機械的な優位性を立証するため、モルタル供試体による掘削実験を行い、ドーナツ型と全断面型の掘削特性を比較した。掘削実験では、予備掘削実験から得られたドーナツ型 TBM の全断面型 TBM に対する優位性を明確にするため、押圧力の条件を変えながらモルタル供試体を掘削することにより、掘削速度、カット摩耗量、および隣接破碎形態を定量的に評価することとした。実験の結果、ドーナツ型では掘削する面積が少ないほど、すなわち開口径が大きくなるほど全断面型より早く掘削できること明らかとなった。また、総押付力を同一にして掘削した結果、全断面に対してドーナツ型の開口率を大きくすれば大きくするほど掘削時間効率が改善され、ドーナツ型の優位性が評価できた。

加えて、施工システム全体の実用化について、地質の変化が激しいトンネルをモデルとして選定し、当該トンネル工事において、ドーナツ型 TBM を適用した場合を想定し、実施に向けた施工計画を立案するとともに、3次元モデルを活用して機械配置、干渉の有無等を検証した。その結果、ライナ据付エレクタの駆動部を外側に配置することで、TBM 施工の特徴である高速施工の実現に必要なマシン内部の所要の空間を確保できることを確認するとともに、迅速な岩ブリの搬出や拘束時の資機材搬出入を可能にすることができた。また、ライナの搬入システムではワイヤケーブル式台車により、7000m に及ぶ長大なトンネル延長においても離合場所を不要とするとともに、台車の前後をワイヤケーブルで結節することにより、逸走しない安定的な稼働を可能とした。

また、支保方式においては、一次・二次支保工を合わせたシングルシェルによる S F R C ライナ方式を採用することで工期短縮を図るとともに、現地プラント・製作ヤードを設置し、現地で製作することでコスト縮減を図ることが可能となった。

さらに、不良地山対策等については、ドーナツ型 TBM の特徴であるマシン先頭部の開口部を利用することにより、従来型の開口部がない TBM に比べ、セメント系等地盤改良、先進中央導坑、上載荷重受け工法、および N A T M 切掘げ工法等の適用性が高まることにより、トンネル工事における実用化を確認した。

(9) 研究成果の刊行に関する一覧表：刊行なし

(10) 研究成果による知的財産権の出願・取得状況：取得なし

(11) 成果の実用化の見通し

掘削実験により、従来型の TBM に比べてドーナツ型 TBM の機械的な優位性を立証できた。さらに、モデルトンネルにおいて施工計画を立案することにより、限られた空間に D T B M 全体のシステムが確実に配置できることの確認や、不良地山における対策検討など、D T B M 施工法全体の検討が終了したことから、概ね実用化できるレベルに到達したものと見込んでいる。

(12) その他：なし