

清水建設 正会員 ○河野 重行、同 木内 勉、同 小原 由幸、同 千葉 隆
山内工業 山内 規雄

1. はじめに：

トンネルボーリングマシン（TBM）は、第2東名などの大断面トンネル掘削のための先進導坑や作業用トンネル、地下揚水発電所などの導水路や放水路、下水道、ガスパイプライン布設用トンネルなどにおいて採用の実績が増加しており、欧米のみならず、我が国においても、TBM関連の技術の発展はめざましい。

一般的に、欧米においては、堅固な地山が多く、TBMによる大断面トンネル施工の実績が多い。一方、我が国においては、弱層部においてトンネル掘削を余儀なくされる場合も多く、その結果、TBMによるトンネル施工に関しては、破碎帯や膨張性地山中におけるTBMの拘束、切羽や天盤の崩壊、突発湧水による機械の水没などのトラブルが発生する。これらのトラブルの中でも、施工中の天盤の崩落は一般的に発生する問題である。一般的に用いられているシールドタイプのTBMでは、スラストジャッキ拡張による掘削を終了後、後胴を前に引き寄せ、次の掘削に備えるが、この時、後胴のスキンプレートにより支持されていた地山の緩んだ天盤やキープロック、または、スキンプレート上にすでに堆積していた土砂などが坑内に崩落する。天盤の崩落は、地山の安定を損なうだけでなく、狭い坑内での設備上に堆積した崩落土砂の除去作業や機械の損傷などが発生し、その結果、掘進に大きく遅れをもたらす可能性がある。この天盤崩落を未然に防ぐ支保として、TBMの坑内で先組するセグメントの適用が考えられるが、経済性や施工性などの観点から、廉価で容易に設置できる支保の開発が望まれていた。

このような現状のもとで、筆者らは、シールドタイプTBMに関して天盤崩落を未然に防止する目的で、従来の鋼製支保工をもとにした新支保システムを開発し、要素実験による性能確認を終えたので、報告する。

2. システムの概要：

本システムにおいては、まず、TBM後胴内で2組の鋼製支保工を仮組みし、後胴外で設置された鋼製支保工との間で天盤部に鋼製矢板を後胴内で設置する。この鋼製矢板を後胴内で設置することにより、後胴を引き寄せた後も地山天盤が露出せず、崩壊が防止される。そして、後胴を引き寄せ後に、後胴外に出た仮組した鋼製支保工をジャッキで地山に対し拡張し、隙間にキープ部材を取付ける。正規の鋼製支保工の寸法は掘削径を基準に設計されており、このキープ部材は、掘削径と後胴内径の差分に相当する長さを持つ部材であり、正規の鋼製支保工の分割された1部分をさらに分割して作成される。（図-1参照）

本システムの施工手順は以下の通りである（図-2参照）。

- (1) TBM後胴内で、キープ部材を除いた鋼製支保工を仮組み、天盤部に鋼製矢板を後胴内で設置する。
- (2) くさび部材を通すガイド部材を、後胴外の2組と後胴内で外側の1組の鋼製支保工にボルトで取付ける。
- (3) ジャッキ内蔵のくさび部材を後胴外の鋼製支保工に反力をとりながら、後胴内で外側の鋼製支保工のガイド部材に差し込み、後胴が引き寄せられた後、仮組みした鋼製支保工を吊り下げる。
- (4) 吊り下げた鋼製支保工の1箇所の接合部のボルトをはずし、拡張ジャッキを取付ける。
- (5) 拡張ジャッキを作動させ、鋼製支保工を拡張するとともに、並行してくさび部材をガイド部材に沿って前進させる。

キーワード：TBM、天盤崩落、鋼製支保工、拡張

清水建設（株）：東京都港区芝浦1-2-3 土木本部、TEL：03-5441-0518 FAX：03-5441-0508

山内工業（株）：愛知県蒲郡市宮成町2-1、TEL：0533-68-3531 FAX：0533-67-3934

(6) 鋼製支保工が正規の掘削断面まで拡張された後、隙間にキー部材を取付け、完了する。

本システムにおけるくさび部材と拡張ジャッキの関係は、鋼製矢板背面にかかる外力（キープブロック重量や緩み圧など）が小さい場合、くさび部材を主として前進させることにより鋼製支保工を拡張する。一方、外力が大きい場合、拡張ジャッキを主とし、くさび部材は追従して前進させることにより、拡張中の鋼製支保工を常時、吊り上げ、保持する。

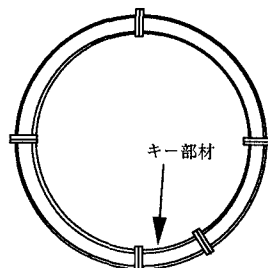


図-1 使用する鋼製支保工

3. 要素実験の概要および考察：

本システムの性能を確認するために、実物大の要素実験を行い、実際に設置した鋼製矢板の上に載荷し（0.5 t、1.0 t、1.5 t、2.0 t）、鋼製支保工の拡張を行った（写真-1）。この実験では、現在施工中の外径3.5mのTBM用の支保工を用い、最大荷重は、天盤に90度で交差する2本の接続で囲まれるキープブロックを想定して設定した。

実験の結果、1.0 tまでの荷重はくさび部材を主として、鋼製支保工を拡張可能であるが、1.5 t以上では、拡張ジャッキを主としなければ、安定して拡張できないことがわかった。また、ガイド部材に調整ねじを取付けることにより、くさび部材が通る部分の高さを調整できるようにし、トンネル天盤の不陸に対処した。実際の適用においては、小石などが鋼製支保工に噛んだり、想定以上の荷重がかかり、所定量だけ拡張できない場合を想定して、数種類の長さのキー部材を用意し、この調整ねじ付きのガイド部材で対応する予定である。

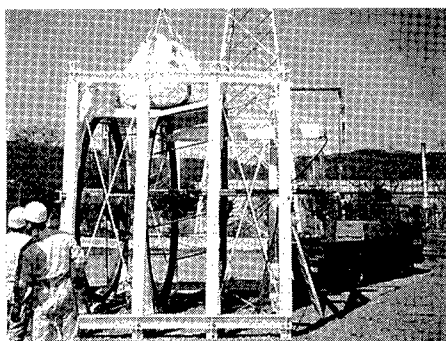


写真-1 システム全景（要素実験）

4. 今後の課題：

本システムの有用性は実験を通し、確認された。今後は、実際の現場での適用を想定して、狭い坑内での作業を考慮し、一層の小型化および軽量化を目指す。また、大断面のTBM（たとえば、外径5m以上）での適用に際しては、施工性や安全性の面から、後続設備台車（ガントリーなど）に本システムを組み入れることが望まれる。

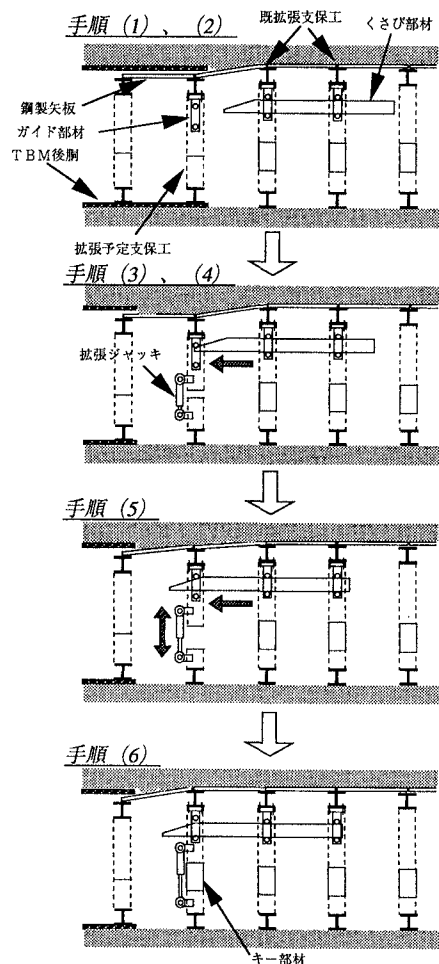


図-2 システム施工手順