

■土 木■（シールド）

礫地盤におけるシールド掘進技術の開発と適用事例

— 塑性流動状態管理手法の確立による施工効率の大幅な改善 —

Development and Application of a Shield Tunneling Technology in Gravel Layer
- Greatly Improving Construction Efficiency by Establishing a Plastic Flow Management Method -

山本祐司* 坂田泰章* 上原 尚*
Yuji Yamamoto, Yasuaki Sakata, Hisashi Uehara

研究の目的

礫地盤対応のシールド工事においては「カッタートルク・推力の上昇」、「カッタービット摩耗や面板摩耗」、「地盤沈下」といった問題が数多く報告されている。今回、礫地盤のシールド工事における上記問題点を解決することを目的として、台北地下鉄空港線 CU02A 工事、および台北地下鉄環状線 CF640 工事におけるシールドの設計（計 10 台）、および施工（計 8.3km）を通して礫地盤対応のシールド掘進技術を開発し、実施工に適用した。

研究の概要

泥土の塑性流動状態を適切な水準で維持することが土圧式シールド工法成立の前提であり、礫地盤対応シールド工事において、泥土の性状は、「カッタートルク低減」、「カッタービット摩耗低減」、「地盤変状抑制」といった課題を解決するために管理すべき最も重要な指標である。しかし、泥土の塑性流動状態は、スランプ試験による計測、目視や手触りによる性状確認、カッタートルク、推力、スクリーユなど複数の指標から管理技術者が経験や主観によって管理しているのが実情である。このため、泥土塑性流動状態を、施工条件に応じて適切な水準で管理するための具体的な管理指標や管理基準の作成が課題となっている。

特に礫地盤においては、砂／シルト／粘土層に比べると適切な泥土の塑性流動性を維持することが難しく、加えて上記のような実情では、礫地盤において泥土の塑性流動状態を適切な水準で維持することは非常に困難である。このような現状を踏まえ、礫地盤において発生する諸問題を解決するために、以下 i～iv の技術を開発し、実施工において適用した。

- i. 効率的に玉石層を掘削できる取込み型面板構造の設計技術
- ii. 加泥材としてベントナイトと気泡材を併用し、泥土の塑性流動性を高める技術
- iii. スクリーユコンベヤー後方に泥土圧送配管を装備し、噴発を防ぐことで、泥土の塑性流動状態を適切な水準で維持する技術
- iv. カッタービットに温度センサーを設置して、泥土の塑性流動状態を定量的かつリアルタイムで管理する技術



図-1 礫地盤対応シールド技術

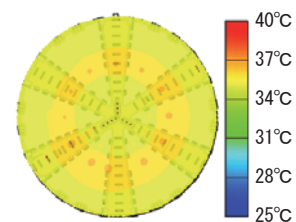


図-2 塑性流動状態リアルタイム監視システム

研究の成果

開発技術を適用することで、従来の管理手法では把握が困難であった泥土の塑性流動状態の変化をリアルタイムで検知できるようになり、泥土の塑性流動状態を適切な水準で維持することが可能になった。この結果、以下に示す通り、巨礫を含む礫地盤におけるカッタートルクやカッタービット摩耗量を、砂シルト層における過去の実績と同程度の水準にまで低減し、掘進効率を大幅に改善することに成功した。また、泥土圧送配管の設置により、適切な水準の塑性流動性維持と切羽土圧安定維持を両立することが可能になり、礫地盤シールド掘削において懸念される地盤変状を抑制することにも成功した。

- i. 平均掘進速度 46mm/分（設計掘進速度 30mm/分）
- ii. 平均カッタートルク 2,511kN・m、 α 値換算 10.3 kN/m²（装備カッタートルク 5,470kN・m、 α 値 22.5 kN/m²）
- iii. カッタービット摩耗量を設計値の約 10%に低減、ビット摩耗係数換算 $K=0.015\text{mm/km}$ （設計ビット摩耗係数 $K=0.090\text{mm/km}$ ）
- iv. 礫地盤掘削区間路線上の最大地盤沈下量 3.5mm（1次管理値 11mm）

*西日本支社 土木第 4 部 台北地下鉄環状線 CF640 工事所