

## 小口径シールドの包含による大断面拡幅工法（SR-J 工法）の開発

|         |     |     |    |
|---------|-----|-----|----|
| 清水建設(株) | 正会員 | ○鎌倉 | 友之 |
| 清水建設(株) | 正会員 | 阿曾  | 利光 |
| 清水建設(株) | 正会員 | 浜口  | 幸一 |
| 清水建設(株) | 正会員 | 井上  | 啓明 |

### 1. はじめに

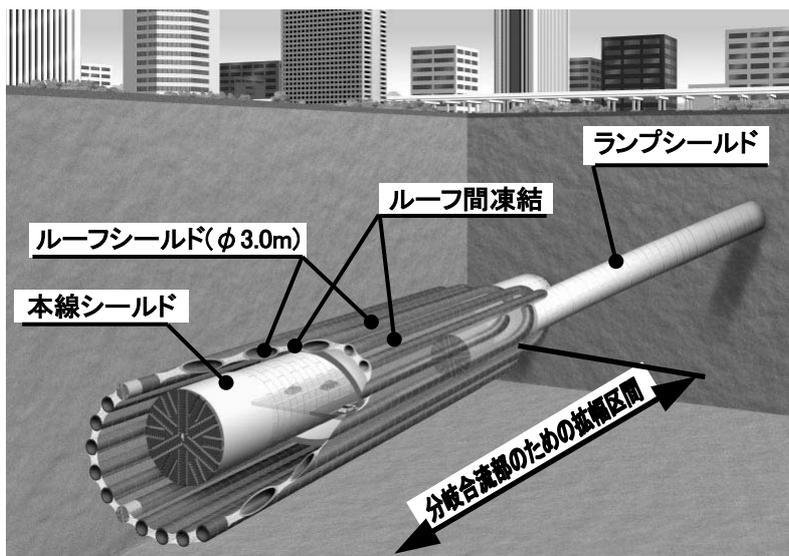
現在、都市部では、都市再生の一環として交通インフラの重要性が言われており、また、都市部の過密化に伴い交通インフラを地下に整備する必要が高まってきている。交通インフラの中心となる高速道路においても、道路トンネルの建設、もしくは計画が数多くなされている。

道路トンネルの複数車線同士の分岐合流部は、掘削断面が 500m<sup>2</sup> 程度の超大断面となる場合があり、非開削で築造する時は NATM（山岳工法）掘削が想定される。しかし、都市域の未固結地山では、地上構造物および地下水など環境への影響が懸念され、それらを確実に抑制できる施工が要求される。

開発した当工法は、実用的かつ実績のあるシールド工法を核とする技術である。これらの課題を解決し、従来工法（凍結工法などの地盤改良工法）に比べ、経済的かつ工期短縮の要求にも応えられる大断面道路トンネル分岐合流部の構築工法である。本稿では、小口径シールドの包含による大断面拡幅工法（Shield Roof Pre-supporting System for Junction、以下 SR-J 工法という）の開発概要について報告する。

### 2. 工法の概要

今回開発した「SR-J 工法」は、掘削断面積が 500m<sup>2</sup> 程度の地下超大断面トンネルとなる複数車線同士の分岐合流部を、複数の小断面シールド機（ルーフシールド）を使って構築する工法である。分岐合流部に先着したシールドトンネル（ランプシールドを想定）から、ルーフシールドを先行掘進して拡幅断面を包括することにより、軸方向の高剛性先受工を構築する。本線通過に合わせ、ルーフ間を凍結し遮水してから内部を掘削・構築する。



### 3. 工法の特徴

本線シールドを待たずに先受工を構築するため工期を短縮でき、さらにルーフシールドと凍結工の組合せでアーチ効果による地表面沈下の抑制が図れる。

切羽の安定が確実なシールドルーフと限定的な凍結工との組合せで、地盤改良等の従来工法に比べ全体工費が削減でき、地下水保全も確実である。

### 4. 施工手順

SR-J 工法の施工順序を、以下および図-1 に示す。

- ① ランプシールドから複数のルーフシールド機を発進し、拡幅外周部をトンネル軸方向に掘進する
- ② 本線シールド通過後の切詰め掘削に向けて、ルーフシールド間を凍結する
- ③ 分岐合流部を切詰め（NATM 掘削）、覆工コンクリートを打設する
- ④ 道路床版など付帯工事を行い、分岐合流部を完成する

キーワード：大断面拡幅、非開削、シールド、包含、道路トンネル、ランプ、SR-J 工法

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 清水建設（株）土木技術本部技術開発部 TEL 03-5441-0518

①ルーフシールド機を発進 ②ルーフシールド間を凍結 ③切上げ掘削、覆工 ④完成



図-2 拡幅順序図

## 5. ルーフシールドの検討

分岐合流部の拡幅部を最大掘削幅 30m、高さ 21m と想定し、また、ランプシールド（外径  $\phi 12\text{m}$ ）が先着するとして検討した。ルーフシールドは、径を 3m として分岐合流部の周囲に 20 本の配置をする。20 本のシールドは、4 台のシールド機を転用して掘進する。線形は、発進方向はセグメント面に対し直角、最小曲線半径は 15m、上り勾配では 20m とした。発進時の曲線開始位置は、シールド機前胴部がセグメントから抜ける 6m を最小とした。図-3 に、ルーフシールド発進部付近の 3D 俯瞰図を示す。

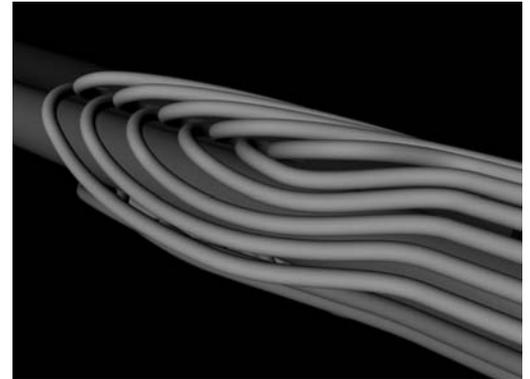


図-3 発進部付近 3D 俯瞰図

## 6. FEM 解析による拡幅部掘削時の沈下検討

ルーフシールド施工時、拡幅部掘削時の各施工段階、掘削完了時における地表面沈下量と傾斜角を、FEM 解析により求めた。

### 1) 解析条件

掘削の大きさやルーフシールドの条件は 5 項で示したとおり。本線シールドのセグメント外径は 16m、解析ステップの途中で 2 本の本線が通過する。ルーフシールド内はエアモルタルで充填し、ルーフシールド間の凍土厚さは 2.8m と 3.2m の 2 ケースで解析した。拡幅部周囲の土質は、洪積層砂とシルトの互層とした。

### 2) 解析結果

- ・地表面沈下の最大値は、凍土厚さ 2.8m で 28.2mm、凍土厚さ 3.2m で 26.4mm となり、どちらも 30mm 以下であった
- ・地表面傾斜角の最大値は、凍土厚さ 2.8m で  $0.68 \times 10^{-3}\text{rad}$ 、凍土の厚さ 3.2m で  $0.64 \times 10^{-3}\text{rad}$  であり  $1/1000\text{rad}$  に比べ十分小さかった

凍土厚さ 2.8m の場合の掘削完了時と各施工段階における地表面沈下量を図-5 に示す。

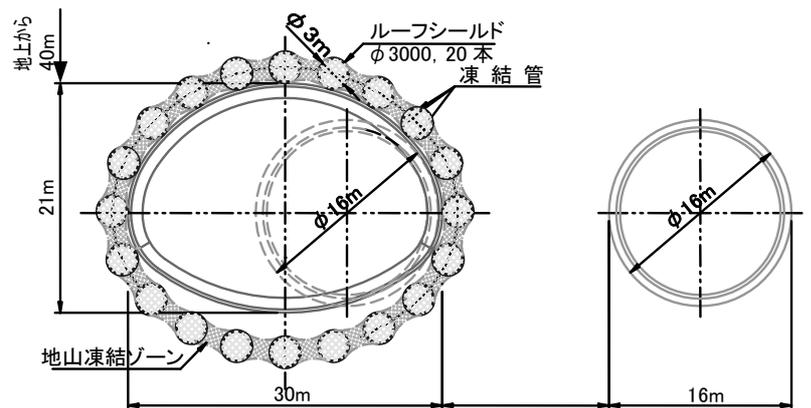


図-4 解析断面図

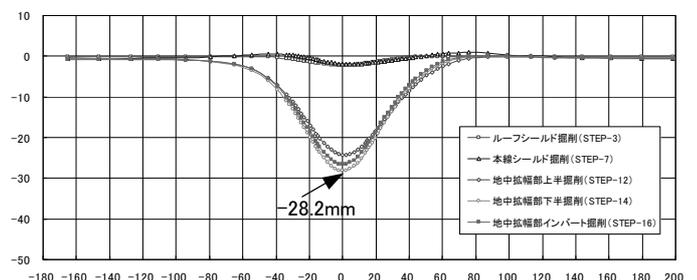


図-5 地表面の沈下結果

## 7. おわりに

ルーフシールド機は、断面が漸次変化する分岐合流部の形状に沿った掘進ができ、拡幅部掘削断面に無駄がない。また、ルーフシールドは高精度の掘進が可能のため、限定的な凍結工との組合せにより、高いアーチ効果と遮水層が期待できる。今後は、ルーフシールドと凍結の組合せの構造実験を行い、工法の実用性をより向上したいと考えている。