

## 急曲線シールド掘進に伴うトンネル覆工の変形・変位計測

(財)地域地盤環境研究所	正会員	豊田孝宏, 粥川幸司
長岡技術科学大学	正会員	杉本光隆
東京都下水道局		中村益美
(株)奥村組	正会員	大林正明, 岡田章, 津坂治

## 1. はじめに

シールド工事では、曲線掘進前後のトンネル覆工(セグメント)において、コンクリートセグメントの欠け・ひび割れやセグメントリングの変形が発生する場合がある。これらは、セグメントとシールドマシンテール部が競ること、あるいは裏込め材がテールシールド内に回り込んで固結すること、等が要因として考えられる。このような曲線施工時において、トンネル覆工がどのような挙動を示すのか、またその原因として覆工にどのような荷重が作用しているのか、といった課題を解決することが重要であると考えられる。

ここでは、これらの事象を明らかにすることを目的に、急曲線シールド工事を対象にして、トンネル覆工に関する変形・変位計測をおこなったので、その計測結果について報告する。

## 2. 計測対象工事の概要

本工事は、延長 2840m、内径 4000mm の下水管築造工事で、外径 4700mm の中折れ泥土圧シールドによる施工である。路線途中では急曲線が 5 箇所あり、その内の 1 箇所では R17m の 90°急曲線であった。掘進対象地盤は、軟弱シルト層(有楽町層、モンケン自沈、粘着力  $c = 88\text{kN/m}^2$ )であり、土被り厚約 13.5m、地下水位約 GL-2m である。なお、2667 リングから 5 リング毎に袋付きセグメントを採用して急曲線施工を実施した。

## 3. 計測箇所および計測項目

計測箇所は、R17m 急曲線部に入る 2 リング手前のリング継手面である(図-1 参照)。この位置は、計画線形に沿って中折れを用いてシールドの姿勢が決まった後であり、かつ、ジャッキパターンに依存してシールドマシンから水平モーメントの反力を受けるなど、変形・変位が最も発生すると

思われる箇所である。本断面において、トンネル内空変形計測(図-2, ユニバーサル内空変位計による自動計測<sup>1),2)</sup>)と、トンネル覆工剛体変位計測(図-3, トータルステーション(以下 TS と称す)による自動計測<sup>3)</sup>)を実施した。この 2 種類の計測を組み合わせることによって、トンネル覆工が、いつ、どの方向に、どれだけ変形・変位したかを捉えることが出来る。

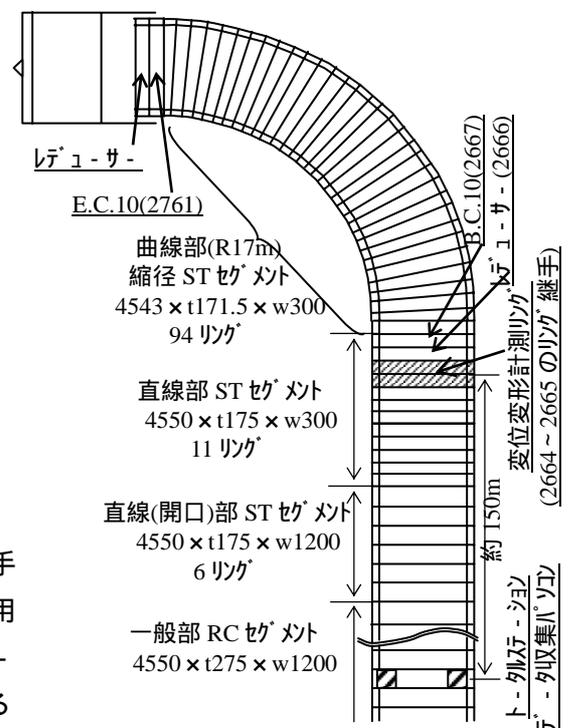


図-1 トンネル覆工の計測位置

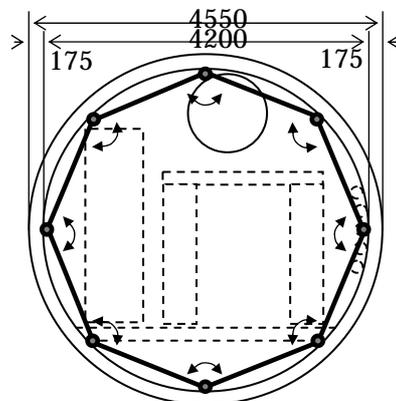


図-2 トンネル内空変形計測

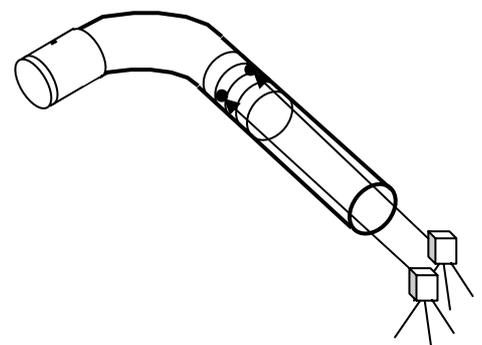


図-3 トンネル覆工剛体変位計測

キーワード: シールドトンネル, 急曲線施工, トンネル内空変形, トンネル覆工剛体変位, 軟弱シルト

連絡先: (財)地域地盤環境研究所 大阪府大阪市西区立売堀 4-3-2 TEL: 06-6539-2971

#### 4. 計測結果

計測は、急曲線施工が開始される直前の2666リング掘進終了後より概ね1分毎の自動計測をおこない、急曲線施工が終了する2762リングの掘進完了まで実施した。計測結果については、トンネル内空変形計測点(8点)とTS(2点)の位置を座標値で表し(測点CとGで供用)、その経時変化と測点間相対位置(分布)を表現した。両者を組合せた(測点Cを合致)トンネル内空変形分布図を図-4に、TSによる測点C、Gの斜距離経時変化図と、計測断面を地表面から鉛直下向きに見たトンネル軸方向変位分布図を図-5、6にそれぞれ示した。

##### (1) トンネル内空変形状況(図-4)

トンネルリングは、急曲線部に突入した時点から軸方向に約30°掘進するまでに、曲線外側・斜め上向きに変位し、トンネル内空は縦長に変形したことが確認された。横つずれ量については、急曲線内側の方が外側よりも若干大きめであった。また、急曲線施工後半においては、大きな変動は見受けられなかった。

##### (2) トンネル軸方向変位状況(図-5, 6)

トンネル軸方向経時変化図に関しては、測点C、Gにおいて2698リング(軸方向に約30°掘進終了)付近までは変動しているものの、それ以降についてはほぼ収束しており、急曲線施工による影響が及んでいないことが確認された。トンネル軸方向変位分布図に関しては、計測直後からではなく2677リング(約10°掘進終了)から変位が発生し始め、2698リング(約30°掘進終了)で変位はほぼ収束した。また、曲線外側の測点Cは立坑側へ、内側の測点Gは切羽側に変位したことが確認できた。前者については、ジャッキ推力の大きさと向き(シールド後胴と計測リングの向きの差)が影響していると考えられ、後者については、施工中のジャッキパターンが概ね右押しであったことが原因として考えられる。

#### 5. おわりに

本計測結果から、急曲線施工に伴い、トンネル内空は縦長に変形して曲線外側・斜め上向きに変位することがわかった。また、90°急曲線施工のうち約1/3の掘進までで施工の影響が収束する傾向にあることもわかった。今回は計測結果のみの報告であったが、今後、掘進データ等も併せて分析をおこなうとともに、シールドマシン～トンネル覆工～周辺地盤の相互作用に関して、解析的研究をおこなう予定である。

#### 参考文献

- 1) 橋本正, 藤原正明, 中山淳, 坂田啓二, 岩切琢哉, 西田修: 連結ユニバ-サル変位計の開発, 第2回最近の地盤計測技術に関するシンポジウム発表論文集, pp.11-14, 2000.
- 2) 小野顕司, 清水一郎, 西田義則, 新井昌一, 小山幸則, 水原勝由: 連結ユニバ-サル変位計を用いたトンネル断面の変形挙動計測, 第39回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.1681-1682, 2004.
- 3) 小西真治, 新井泰, 粥川幸司, 津坂治, 杉本光隆: 新しい計測システムを用いたシ-ルド機の挙動計測結果と考察, トンネル工学研究発表会報告集, Vol.9, pp.289-294, 1999.

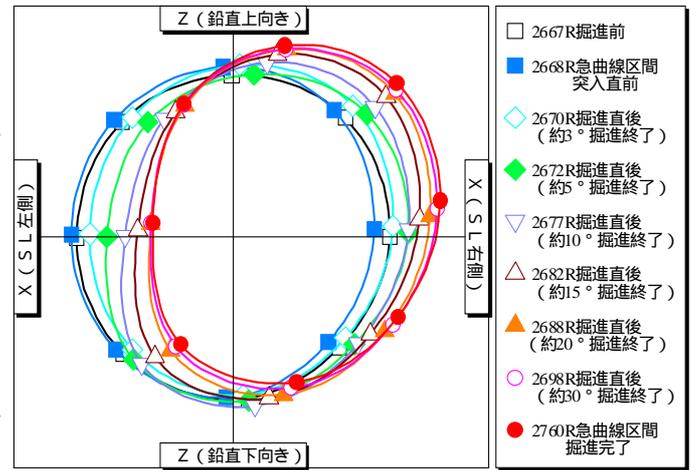


図-4 トンネル内空変形分布図

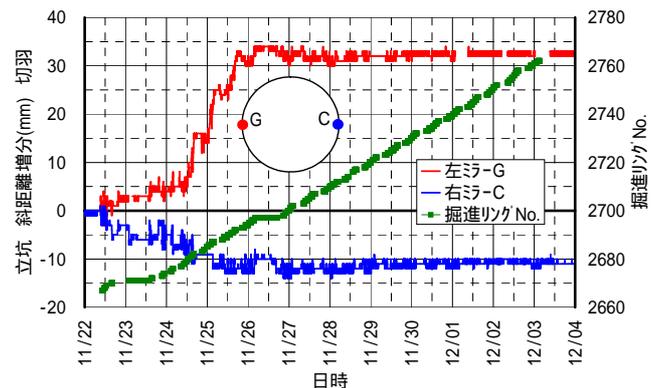


図-5 トンネル軸方向変位経時変化図

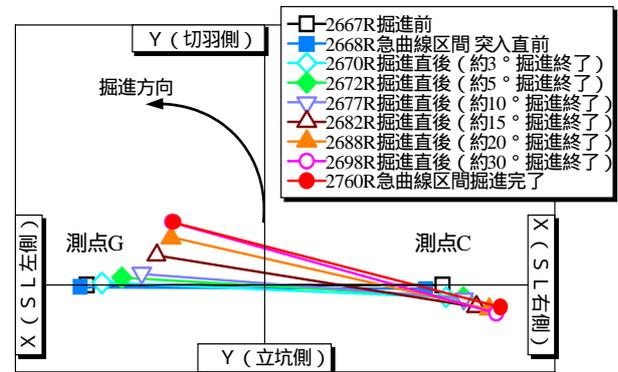


図-6 トンネル軸方向変位分布図