

自由断面シールドの施工に伴う周辺地盤への影響 GROUND BEHAVIOR OF THE TUNNEL CONSTRUCTED BY FLEXIBLE SECTION SHIELD TUNNELING METHOD

前田教昭*・並木克之**

Noriaki MAEDA and Katsuyuki NAMIKI

This paper reports on the results of the field measurements of surface settlement and ground displacement in connection with passage of the vertical oval sectional shield machine from the flexible section shield tunneling method. The method enables tunnels of various sectional forms, such as oval, ovoid, arched, and rectangular, to be constructed.

The maximum movement in the ground was 14mm and significant movement was limited to the area directly above the shield, just as occurs with the circular section tunneling method.

Keywords: Flexible section shield tunneling method, field measurement, surface settlement, ground displacement, various sectional forms.

1. まえがき

東京のような大都市の地下空間は、既に多数の都市施設が埋設されており飽和状態にある。今後の幹線管きよの建設は、比較的埋設物の少ない狭小道路の利用や、埋設物の間に残された空間の利用など、残された地下空間を効率よく利用していくことが重要である。

このように、限定された施工条件下で大容量の管きよを布設する場合は、円形以外の断面が合理的である場合も多い。しかし、都市トンネルの建設で一般的に用いられる密閉型シールドは、掘削機構の制限から円形断面に限られている。

そこで、円形以外の断面の築造が可能な密閉型シールド工法の開発が望まれ、当局は、民間企業との共同により、楕円形、馬蹄形、矩形等円形断面以外のトンネルを構築できる自由断面シールド工法を開発した。¹⁾

これまで実施してきた実証実験の結果、実工事への適用が可能であることが確認されたので、²⁾今回、「新大森幹線その4工事」で実際に施工を行った。本工法の本格的採用は今回が初めてであるため、現場計測を行い、周辺地盤の挙動について調査を行ったので、結果を報告する。

* 正会員 東京都下水道局管路建設部設計指導課技術管理係長

** 東京都下水道局管路建設部設計指導課技術管理係主事

2. 工事概要

2・1 施工条件

図-1に「新大森幹線その4工事」の幹線系統図を示す。東京都大田区の大森東および中央地区を流域とし、近年の都市化の進展に伴う下水量の増大に対応するため、既設の「大森北二号幹線」を補完する目的で計画された幹線である。

図-2に示すとおり、大田区大森北五丁目、区立春日橋児童公園を発進基地とし、そこから既設大森二号幹線と交差する地点の中間立坑を通過、 $R=20\text{m}$ の急曲線を経て、都道環七通りにある既設人孔に接続する総延長564.95mの縦楕円形断面シールド工事である。

シールド掘進位置の地層は、大部分が洪積粘土（N値10～20）および洪積細砂（N値50以上）であり、シールド天端での水圧は $0.5\sim 1.0\text{kgf/cm}^2$ である。

2・2 シールド機

表-1、図-3にシールド機の諸元を示す。シールド機は実証実験で使用したものを本工事の条件に対応できるように一部改造したものを使用した。

シールド機の特徴は次の通りである。

- (a) 遊星カッタを有しており、主カッタが掘削断面の中心部を円形に掘削し、その外周部を遊星カッタにより掘削することで、楕円形断面を可能にしている
- (b) 急曲線施工に対応するため中折れ装置を装備した。
- (c) シールド機通過後の地盤沈下を防止するため、同時裏込め注入装置を装備した。
- (d) 裏込め注入時のセグメント変形を防止するため、油圧ジャッキによるアーチ型左右拡張式のセグメント形状保持装置を装備した。

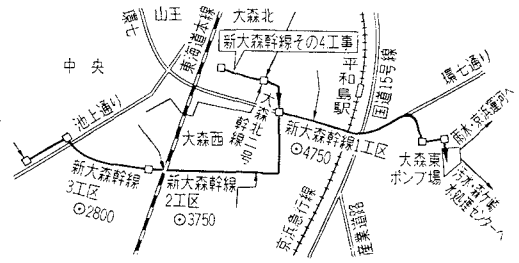


図-1 幹線系統図

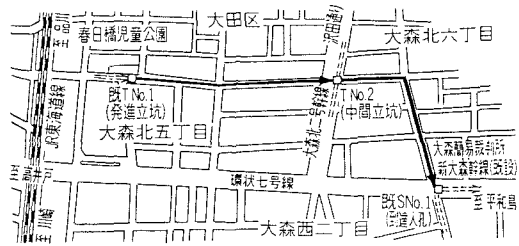


図-2 管路路線図

表-1 シールド機の諸元

工 法	泥土圧シールド工法
シールド機外径	横3,160mm×縦4,660mm
シールド機長	7,700mm
中 折 れ 装 置	2段(中胴部9°、後胴部4°)
セグメント外径	横3,000mm×縦4,500mm
セグメント内径	横2,600mm×縦4,100mm
仕 上 り 内 径	横2,150mm×縦3,650mm
最小曲線半径	20m

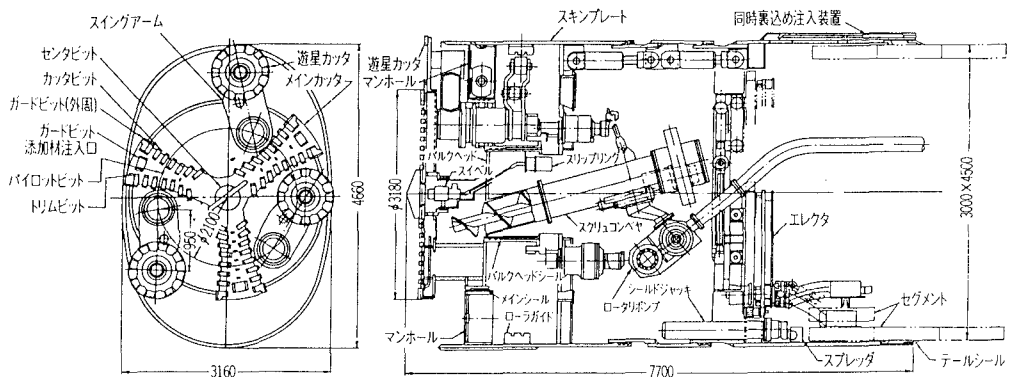


図-3 シールド機の仕様

3. 計測の概要

図-4に示すとおり、中間立坑より30m下流の断面で地盤変位の計測を行った。

計測項目は、地表面沈下量、地中鉛直変位および地中水平変位である。

地表面沈下は沈下盤を設置し水準測量により変位を測定した。地中水平変位は挿入式傾斜計、地中垂直変位は層別沈下計により測定した。なお、機器の配置は図-5に示すとおりとした。

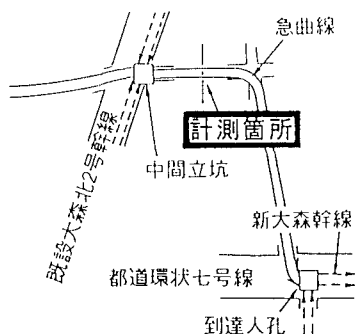


図-4 計測箇所

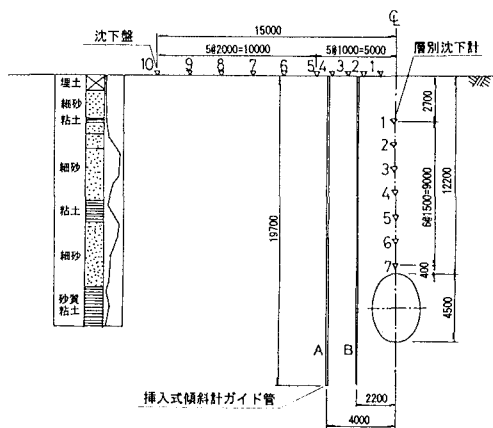


図-5 計測機器の配置

4. 計測結果

4・1 地表面沈下

図-6 に地表面沈下の経時変化を推移を示す。

地表面沈下は最大4mmであり、問題となるような沈下は認められなかった。また、切羽の影響により発生する先行隆起は3mm程度であった。

4・2 地中鉛直変位

図-7は地中鉛直変位の経時変化である。大きな変位が認められたのは、シールド機直上0.4mに設置した測点7の沈下計のみであり、それより浅い位置の沈下計には顕著な変位はなかった。

沈下は、切羽通過直後より始まり、テール通過まで増加し、最大14.6mmに達した。その後、裏込注入により回復し、最終的に2.2mmで収束した。切羽到達前はほとんど変化がなく、0.1mm未満の隆起がみらる程度であった。

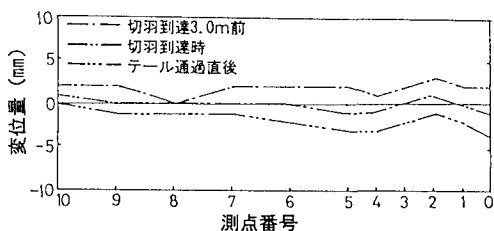


図-6 地表面沈下

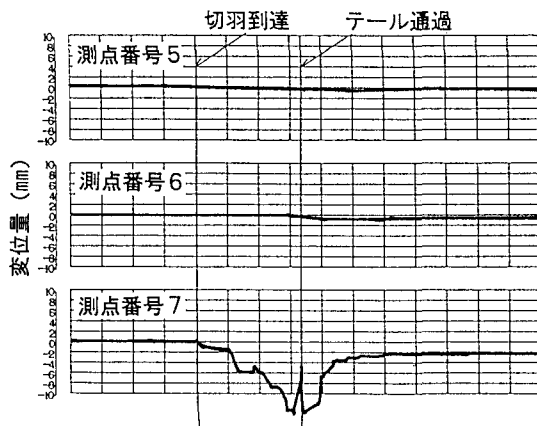


図-7 地中鉛直変位

4・3 地中水平変位

図-8に地中水平変位の推移を示す。

水平変位は、2か所計測する予定であったが、測点Bは、シールド切羽到達と同時に傾斜計の挿入ができなくなり、計測不能となった。

測点Aの地中変位は、シールドの真横の位置で現れている。切羽到達時より、シールドの通過に伴って徐々に進行し、テール通過直後に最大となった。最大変位は2mm未満であり、小さい値であった。

5. 考 察

切羽の影響による著しい先行沈下および隆起は、地表面沈下、地中変位いずれの結果からも認められなかった。したがって、切羽の安定は確保されていると考えられる。

地表面沈下の最大値は4mmであったが、地下浅層部の地中鉛直変位に変化が見られなかったことを考慮すると、シールド掘進に伴う影響は地表面に及んでいない。

地中鉛直変位で計測された、最大14.6mmの比較的大きな変位は、シールド機のローリングを修正するために行ったオーバーカットにより生じた地盤のゆるみの影響と考えられる。しかし、裏込め注入により早期に回復しているため、実用上の問題は少ないと考える。

掘進の影響を受ける範囲はシールド機直上の部分に限られており、軽微な変位を含めてもシールド点端より3.5m程度である。これを、掘削断面の幅Bと高さHの平均 $D = (B + H) / 2$ をパラメーターとして表わすと0.9Dとなり、従来のシールド工法と同等と考えられる。

地中水平変位は2.0mm未満であり、極めて小さい。なお、測点Bが計測不能となったのは、オーバーカットが原因で局所的な変形が生じ、傾斜計ガイド管が損傷したためと考える。

全体的にみると、地盤変位は小さく、施工性能が安定していると考えられる。また、計測結果は通常の円形断面シールドに類似しており、楕円形断面に起因する特異な傾向は認められなかった。

6. おわりに

自由断面シールド工法はまだ誕生したばかりの工法であり、いくつかの課題も残している。しかし、今回の施工で、従来の円形断面シールド工法と同等の技術レベルに達していることが実証できたと考える。

本工法は、かつて、利用できなかった地下空間の利用を可能とし、大都市の地下空間の有効利用に貢献するものである。今後は、下水道のみならず、電力や通信線の洞道、共同溝などへの拡大も期待したい。

最後に、本稿の執筆にあたり、ご指導、ご協力下さいました皆様に厚くお礼申し上げます。

7. 参考文献

- 1) 奥田 康, 千田昌平, 伊佐 秀: 自由断面シールド工法の研究開発, トンネルと地下, 22-7, 1991. 7.
- 2) 石川 旭, 秋山敦朗, 田代 昇, 中尾 努: 自由断面シールド工法の研究開発, トンネルと地下, 22-8, 1991. 8.

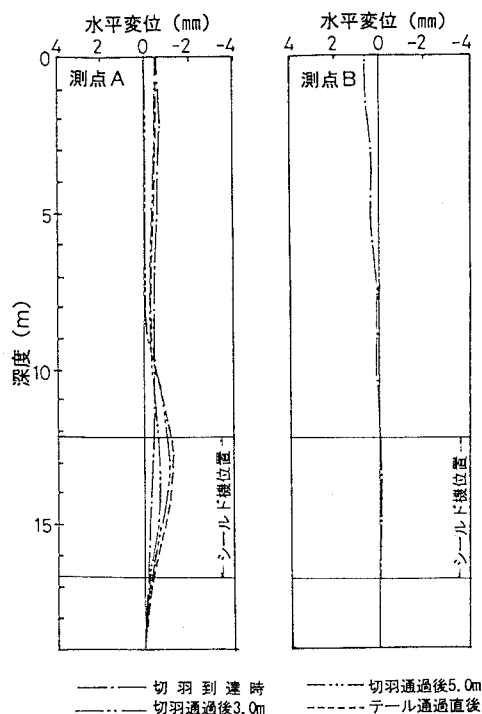


図-8 地中水平変位