

住友建設（株）正員	大谷賢司	佐藤英之
住友建設（株）正員	桑原秀樹	
東京都下水道局	豊田章司	

1. はじめに

都市部での土地利用高密度化に伴う立坑用地の確保難、地下浅部に輻湊する既設構造物等の影響で急曲線シールドの施工が増加している。しかし、急曲線シールドを施工する場合、余掘り部の自立性、方向変換の為に地盤反力と挙動、裏込注入方法、片押しによるセグメントの破損等に留意する必要がある。今回、シールド外径φ6150mmと比較的大断面を土圧シールド工法で超急曲線（R=20m S字曲進、R=10m）施工した結果、良好な成果が得られたのでその概要を報告する。

2. 地質概要

地質は有楽町層下部の砂質シルトが主体で一軸圧縮強度は1 kgf/cm²、粘着力 6tf/m²前後の地山状況で、土被りは15~16m程度である。

3. 技術課題と対応策

図-1にR=10m掘進時の軌跡図を示すが、最大余掘り量は約1100mmに達する。従って、余掘り部の掘削方法、余掘り空間の維持、セグメントリング全体の安定保持、及びシールド機の回転力をいかに確保するかが課題であった。

対応策としてシールド機は3折型（中折れ角6.5度
カッターディスク折れ角2.5度）の採用、最大ストローク1000mmのコピーカッターと高圧噴射ノズル（130
kgf/cm²）、及び80mm揺動可能なジャッキ偏心装置で対処した。セグメントは片押しに起因する軸方向応力
に対処する為、縦リブ数、及び曲線内側リング間継手ボルトの増設を図るとともに、セグメント径を100mm
標準部より低減させテールクリアランスを確保した。裏込注入は余掘り部への廻り込みが防ぎ得ないと判断
し限定注入板、注入袋からなる限定注入工法を7リング間隔で施工しジャッキ推力の反力、セグメント全体
の安定を確保した。また、補助工法としてコラムジェットグラウト杭、薬液注入による地盤改良を行い、更
に、センターホールジャッキを介してシールド機内側に引張力を与え、
シールド機の回転力を付加させた。

図-1 R=10m 掘進時の軌跡図

余掘り実施線

4. 施工狀況

図-2にR=10m部の余掘り計画図を示す。余掘りは0～1000mmまではコピーカッターで1000mm～1100mmまでは高圧噴射ノズルで施工しているが、計画余掘り線を忠実に掘削するには、カッター回転数とこれに付随するコピーカッター伸縮時間を調整する必要がある。しかし、コピーカッター作動の時間的コントロールが困難な為、計画余掘り線に近似するコピーカッター出入り角度を設定し施工した。尚、線形管理に関しては曲線内側から緩和曲線を介して進入し、セグメント組立位置がSP点を通過した時点から補正曲線を挿入してEC点にすり付け、中心偏差

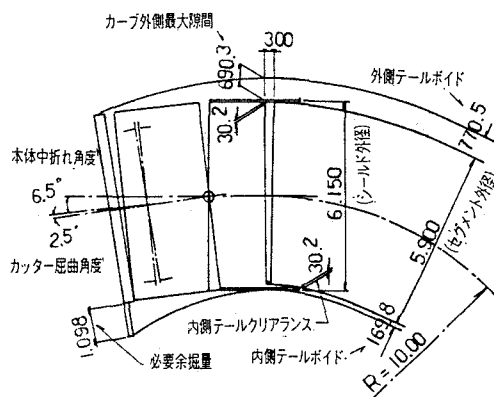


図-1 $R=10\text{m}$ 掘進時の軌跡図

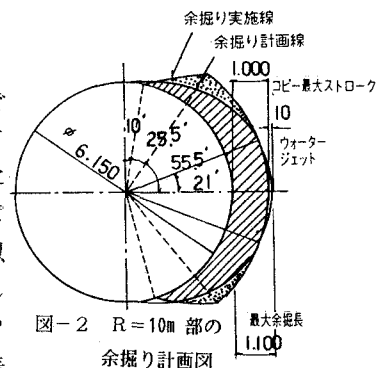


図-2 R=10m 部の
余掘り計画図

60mm程度の線形結果を得ている。

図-3に直線部と超急曲線部での総推力経距変化図を示す。図より、 $R=20\text{m}$ 部では直線部に比較し特に推力差が認められない。これは余掘り部の残土が掘進に伴い圧密され、回転抵抗モーメントが増加した結果と考えている。一方、 $R=10\text{m}$ 部ではBC付近で推力が高い傾向にあるが、それ以降は200t前後の安定した推力状況を示した。推力低下の要因は、掘進時ごとに残土を搬出したこと、また、シールド機内側に引張力を導入した結果が反映されたと考えている。

5. 計測結果

5-1 セグメント縦リブ応力

図-4に直線部での縦リブ応力経距変化図を示す。この時の総推力は1000t前後で推移している。図から接線方向地盤反力に起因するジャッキ推力伝播の減衰特性が比較的良く認められる。一方、図-5に $R=20\text{m}$ 部での縦リブ応力経距変化図を示す。これから初期応力値の絶対値に差異はあるものの、直線部の応力変化に類似している。しかし、それ以降は直線部のような応力減少は認められず、残留応力として残る傾向が見られた。この挙動は継手面自体の微小な形状誤差や組立て誤差等に基づく影響や、テールボイドへの裏込注入によるセグメントの早期拘束効果がその一因と考えている。

5-2 地山内変位

図-6に $R=10\text{m}$ 部の地山改良体内の曲線外側で測定した水平変位分布図を示す。水平変位はシールド機通過前に認められず、テール部脱出直後に微小な変位が掘削断面側に見られた。しかし、その後、裏込注入圧とジャッキ推力の地盤方向分力による地山側に押し戻される変位挙動は示さず収束した。この挙動は地山改良効果と、総推力自体の絶対値が小さかった為と推察される。

6. おわりに

超急曲線施工に於ける余掘りの難しさ、余掘り残土の取り込み・排出方法、補助工法のあり方、及びシールド機中折れ機構の改善と余掘り量の軽減等、今後、検討すべき課題は多い。しかし、大断面・超急曲線シールドが機械掘削方式で完工できた事は、今後、増大する超急曲線施工への試金石になり得たと確信している。最後に、施工に当たり適切なお指導を戴いた東洋大学・小泉助教授はじめ関係各位の皆様に謝意を表します。

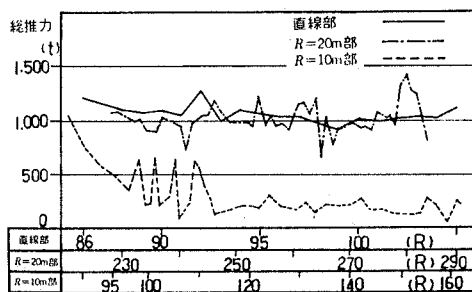


図-3 総推力経距変化図

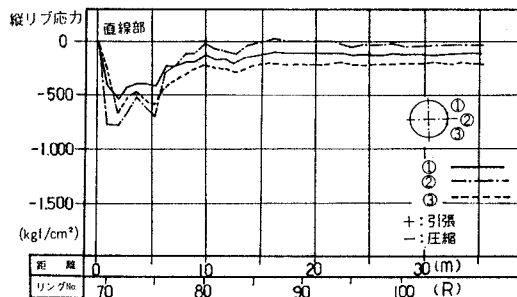


図-4 縦リブ応力経距変化図

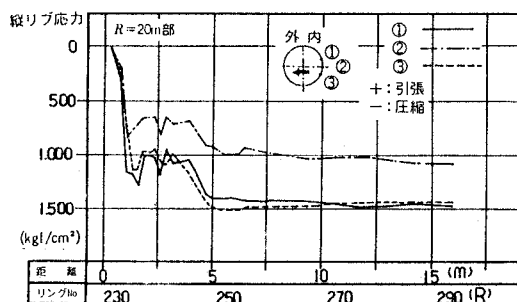


図-5 縦リブ応力経距変化図

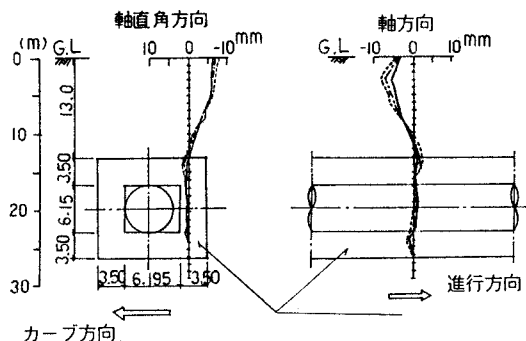


図-6 $R=10\text{m}$ 部、地山内水平変位分布図