

III-484

掘進直後のシールドセグメントに作用する土圧・水圧の計測

清水建設 技術研究所 正会員 後藤 茂
 清水建設 技術本部 正会員 西村 晋一
 清水建設 技術本部 本多章浩

1. まえがき シールド工法において工費の削減のねらい等から、セグメントを使用せずトンネル内で場所打ちライニングを施工する方法が注目されてきている。場所打ちライニングを用いる場合には、掘進に伴い、地山の土圧や水圧が若材令のライニング用コンクリートなどに作用するため、掘進直後に作用する外圧の値を把握する必要がある。現在、開発しているノンセグメントシールド工法（NSS工法）では場所打ちライニング用の外枠及び内枠で外圧を支持するため¹⁾、若材令のコンクリートに対する影響は小さいが、外枠・内枠の強度設計や脱型してもよい時期の設定のために、掘進直後からの土圧・水圧の経時変化の値は非常に参考になる。

今回、通常のシールド工法で施工されているトンネル構築現場において、小型の土圧計と水圧計を用い、セグメントのグラウトホールを利用して、掘進直後から安定状態に至るまでの土圧および水圧の計測を行ったのでここに報告する。

2. 計測の概要 計測を行った現場はφ3.55mの泥土加圧式シールドであり、RCプレキャストセグメント（6分割）を使用している。現場の土質概要とトンネルの深度を図-1に示す。トンネルは上半が上部有楽町層の砂質シルト（N値=5~7）にかかり、下半が下部有楽町層の砂質粘土（N値=2~4）に位置する。トンネルの土被りは8.4mであり、地下水位はGL-1.6mである。

計測断面は約36m離して2ヶ所配置した。計測断面での計器の配置を図-2に示す。1リングに土圧計を4方向、隣接リングに水圧計を2方向に取り付けた。使用した計器はダイヤフラム式の土圧計と水圧計（共和電業）であり、両者ともφ30mmと小型のものである。

計器の取り付け方法を図-3に示す。計器はセグメントのグラウトホール寸法に合わせた取り付け金具にセットした状態で、セグメントがシールドマシン内部にある内にグラウトホールに挿入し、掘進により地山に出る直前から計測を開始した。計器の受圧面の高さはグラウトホール外端と同一とし、掘進後に地山と密着させるための操作は行っていない。従来の土圧計測では、地山の不陸による応力集中や裏込め材の硬化時の影響を防ぐために、受圧面の大きい計器を用い、掘進後に地山に密着させる方法等の方法をとっている。今回は、計測断面において繰り返した土を一次注入することにより、受圧面の大きさや裏込め材の回り込みによる影響を防いだ。その結果、後に述べるように裏込め注入によりセグメントに作用する圧力を直接的に測定することができた。但し、一部の計器は応力集中の影響を見るためにセグメント外端と受圧面の高さを合わせたが、測定値に応力集中によると思われる相違は生じなかった。なお、土圧計の受圧面にはテフロンシートを貼付して裏込め材との摩擦による影響を防いだ。

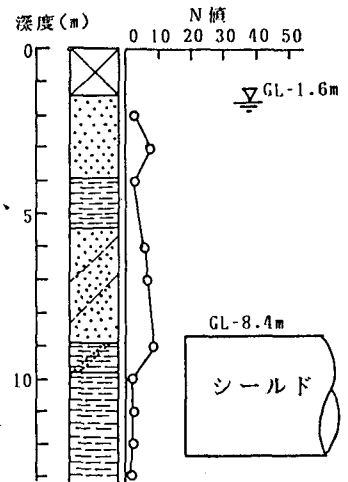


図-1 計測現場の土質概要

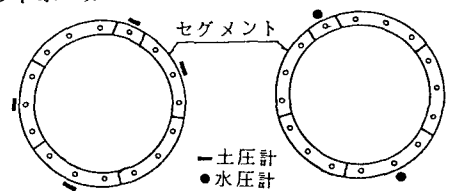


図-2 計測器の配置

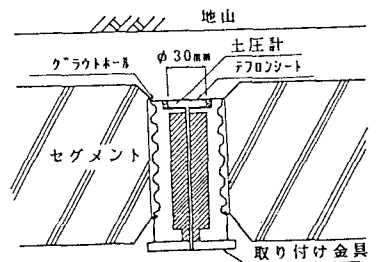


図-3 計測器の取り付け方法

3. 計測結果 土圧計の計測値の経時変化を図-4、図-5に示す。但し、Aには掘進直後24時間、Bには10日間の値が示してある。なお、掘進30日後の値も10日後の値とほぼ等しかった。断面1と断面2の計測値はほぼ同様の傾向を示しており、掘進直後の約6時間は、裏込め注入の影響によって、全ての計測値が激しい増減を繰り返している。その後に計測値は安定した変化状態に移り、約2～3日でほぼ一定値に収束している。セグメント各位置での値の大きさについては、掘進直後は注入孔に近い上部の値が最も高いが、極めて短時間の内に減衰する。一方、下部の値は時間とともに上昇するため、最終的には下部の値が上部のものを上回る傾向が見られる。

水圧計の計測値の経時変化を図-6に示す。但し、経過時間は土圧計がシールドマシンを抜けた時をゼロとしている。計測値は土圧計の場合と類似した傾向を示し、掘進直後に裏込め注入により激しく変動した後に短期間の内に安定値に収束していく。土圧計による全土圧の計測値から水圧計の計測値を差し引いたものを有効土圧と考え、上部および下部の計器について求めた値を図-7に示す。掘進直後の変動値は全土圧・水圧ともにほぼ等しく、掘進後の極めて短時間の間には有効土圧がゼロとなるが、その後に急速に上昇し、安定値に収束していく。安定値への収束の過程は上部の計器は値が上昇しながら一定値に収束していくのに対し、下部は一度上昇した後、減少しながら収束していく。この傾向は土圧、水圧と位置的に逆になっており興味深い。

掘進30日後の計測値を安定値と考え、各種の推定値と比較したものを表-1に示す。水圧計の値は地下水位から求めた静水圧分布とよく対応しており、計測結果が信頼できることを示している。また、実測の全土圧は有効土圧と水圧を分離して求めた緩み荷重に近く、今回のような地盤においても有効応力的な考えと緩み理論が適用できる可能性を示している。なお、実測値から求めた側圧係数は0.6～0.75の範囲であり、トンネル標準示方書の示す非常に軟らかい粘性土の値に対応していた。

4. まとめ シールドセグメントのグラウトホール内に小型の土圧計、水圧計を設置する方法で、掘進直後に作用する土圧と水圧の計測を行った。その結果、一次注入に非硬化材を使用すれば、今回のような簡易的な方法で計測が行えることが明らかになった。また、セグメントには掘削直後に裏込め注入による大きな圧力が作用するものの、短期間のうちに緩み荷重や静水圧等の安定した圧力に収束すること等がわかった。これらの結果は場所打ちライニング工法を進めていく上で参考になるものと考えられる。

参考文献 (1) 西村、長沢、菊池(1987):「ソリッド・トネル」工法における推進反力の基礎実験について、土木学会第42回年次学術講演会

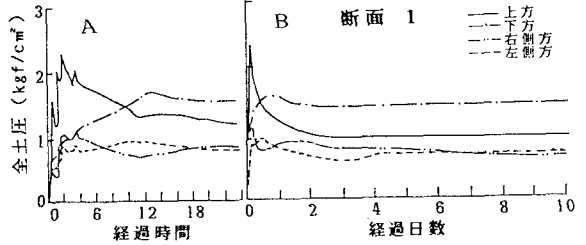


図-4 土圧計の測定値の経時変化(断面1)

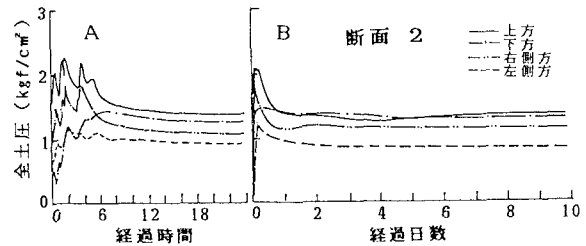


図-5 土圧計の測定値の経時変化(断面2)

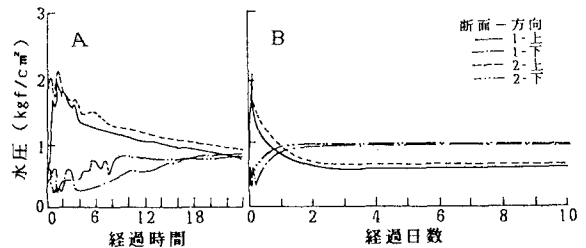


図-6 水圧計の測定値の経時変化

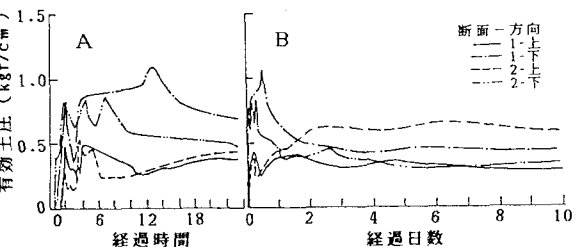


図-7 有効土圧の経時変化

表-1 土圧・水圧の実測値と推定値の比較

位置	実測土圧	土被荷重	緩み荷重	実測水圧	静水圧
断面 (1) 上部	0.91	1.61	1.08	0.60	0.68
断面 (1) 下部	1.22	1.97	1.44	0.97	1.04
断面 (2) 上部	1.20	1.61	1.08	0.63	0.68
断面 (2) 下部	1.17	1.97	1.44	0.95	1.04

・単位はkgf/cm²、土圧の推定値は水圧と有効土圧とに分離して求めた