

Ⅲ-B115

大深度シールドにおけるトンネル挙動の計測

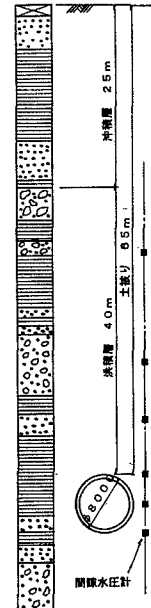
関西電力中央送変電建設事務所 正会員 岡田久延 近藤悦吉
佐藤・大成・三井・大豊共同企業体 正会員 吉田良三 藤塚豊裕
佐藤工業大阪支店土木部技術課 正会員 ○杉嶋敏夫 大西 豊

1. はじめに

セグメントの設計を合理的に行ううえで実際の土水圧の規模およびその作用機構を把握することが課題として挙げられる。とりわけ、大断面化、大深度化するトンネルにおいて安全性と経済性を確保する観点からその要請は高まっている。本報は、関西電力の50万V電力洞道築造工事のうち西梅田シールド2工区の大深度トンネルにおいて実施したセグメント土圧、トンネル部材応力の計測結果を実測例として報告し考察を加えるものである。

2. 工事と計測の概要

当該のシールドトンネルは、全長約1.5kmの中間部約600m区間が土被り60mを超え、最深部で66mに達する。セグメント外径は8.00mである。土質は大略GL-25mを境として沖積層と洪積層に分かれる。洪積層は粘性土層と砂礫層の互層をなし、トンネルの位置する粘性土層は平均N値が20、 $q_u=5\text{kgf/cm}^2$ 、透水係数は変水位透水試験の結果から $10^{-8}\sim 10^{-9}\text{cm/sec}$ と推定される。下部の砂礫層はおおむねN値50以上である。自然水位はおよそGL-2mにある。図-1に計測断面の土質概要を示す。計器は、パッド式土圧計(周囲7箇所)、ひずみ計(各ピース中央および端部)、ボルト張力計(各セグメント継手)、トンネル側部1.4mの地盤中に高さ方向に6箇所に間隙水圧計を設置した(図-1)。なお、当該計測断面では層別沈下計、地盤傾斜計を用いた地盤挙動計測を併せて実施している。



3. 計測結果

図-2に応力度から推定した断面力の経時変化を、図-5に初期(0日)と最終時(290日)の分布形を示す。なお、初期とは裏込め注入後データの変動が安定した時点を抽出している。図-1 土質概要

いる。曲げモーメントは、ほぼトンネル全周にわたって負の曲げモーメントが発生しているが、経時的に上部および下部においては減少し、側部においては増加している。また、この変動は最初の2ヶ月間にはほぼ完了している。軸力は、側部を中心に全周にわたって増加しており、最大100tfに達する。経時的には曲げモーメントと同様に最初の2ヶ月間で変動はほぼ収束している。

図-3に土圧計による圧力(以下、セグメント荷重)、図-4に近傍地盤の間隙水圧の経時変化を示す。土圧計は初期において裏込め注入により導入された圧力を検知しているが、数日後には低下し間隙水圧とほぼ同等の値を示し、経時的に同様の推移をしている。側部のセグメント荷重は断面力の変動と同時期に増加を示すが、上部、

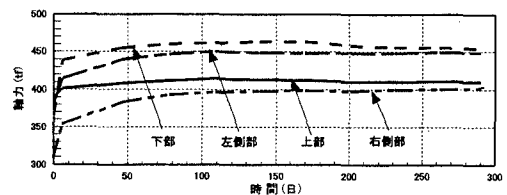
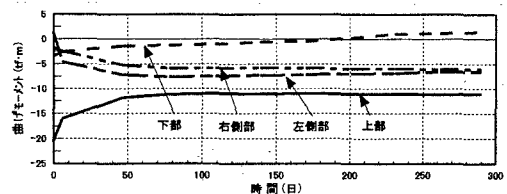


図-2 断面力の経時変化

キーワード：シールドトンネル、土圧、粘土、洪積層

連絡先：〒541 大阪市中央区北浜1-1-6 TEL 06-203-2052 FAX 06-203-8197

下部のセグメント荷重および間隙水圧には断面力の変動と符合する挙動がみられない。

4. 考察

シールドトンネルではトンネル構築の初期においてセグメントに裏込め注入を介して地圧が導入されるが、このときの導入圧力は注入圧や材料特性に依存し、トンネル断面力の発生モードは注入箇所にも支配されると考えられる。当該断面の裏込め注入は両側部斜下方の2箇所から施工されており、初期の曲げモーメントにはこの影響が強く現れている。その後の曲げモーメントの相対変動は、図-6に示すように、一般に認識される土水圧による発生モードである。初期2ヶ月間の変動は掘削に起因した土水圧载荷モードへの移行または土水圧の漸増と判断され、土の粘性的な挙動と想定される。同期間、軸力は明確な増加を示すことから、裏込め注入による影響の緩和や土水圧载荷モードへの移行だけではなく、付加的な圧力が加算されたことは明らかである。ただし、全土圧が裏込め注入により導入された地圧を内包するものか、あるいは、加算されたものであるかは現状では明確ではなく、さらに長期の観察が必要である。

図-4の間隙水圧はほぼ静水圧を示し、増加傾向を示すが、これは自然的あるいは隣接地での揚水停止等人為的な原因によるもので、当該シールド工事の影響ではないと考えられる。セグメント荷重（図-3）は、その値、変動傾向ともに間隙水圧とよく一致している。なお、側部セグメント荷重の初期2ヶ月における増加は、上記のトンネルの変動挙動に伴う地盤反力と想定される。

軸力の値は、最終時において平均的に385tf程度であり、これから推定される作用荷重はトンネル部材直角方向の分布荷重にして95tf/m²程度となり、現時点ではこれに相当の圧力がトンネルに導入されていると判断するのが妥当であろう。一方、土圧計による検知圧力は、推定導入圧力の65～75%と小さい。硬化した裏込め注入の存在や地盤とトンネルの相互作用、あるいは硬質地盤への適用性などに関連して、土圧計の検知機構が明確ではないが、間隙水圧との関連からセグメント荷重を水圧と想定すると、トンネルには初期の段階から水圧が有効に作用していることになり、軸力の増加変動は土圧の増加と対応するものと考えられる。

5. おわりに

今回の計測結果から、トンネル断面力には裏込め注入の影響が少なからず残留することが把握された。また、大深度・硬質粘土地盤におけるシールドトンネルの設計を経済性を確保しながら実施する場合に、その断面力が軸力卓越型であることを重視すべきことが認識される。トンネル挙動は現時点において見かけ上安定しているが、今後も長期的に計測を継続するとともに、土水圧の発生機構に関し、得られている地盤変位も含め、土の粘性や水との連成を考慮した検討を行う予定である。

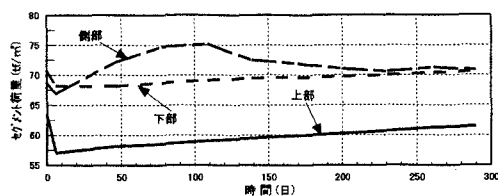


図-3 セグメント荷重の経時変化

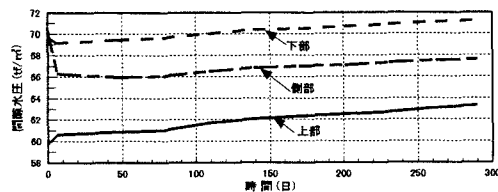


図-4 間隙水圧の経時変化

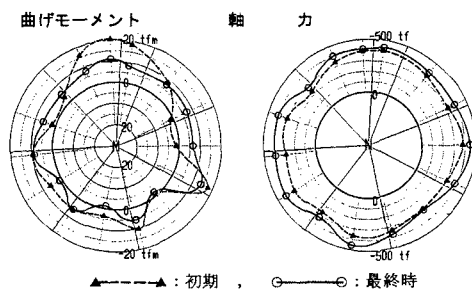


図-5 トンネル断面力

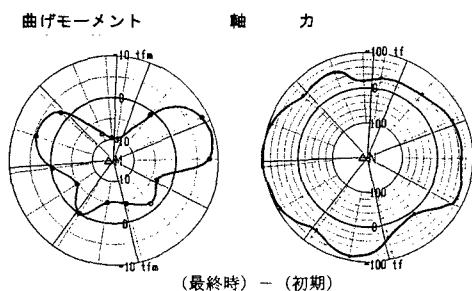


図-6 トンネル断面力の変動相対値