

VI-218

縦横連続シールド工法による立坑掘進時の荷重伝達機構

東京都下水道局 正会員 前田教昭 正会員 並木克之
大成建設（株） 小林信明 正会員 石田 修

1. はじめに

大深度立坑を合理的に築造する新技術の開発を目的として、東京都下水道局の「足立区花畑七・八丁目付近枝線工事」に縦横連続シールド工法を採用し、調査・研究を行った。この工法は密閉型のシールドマシンで立坑の施工をするものであり、深度とともに荷重バランスが変化するため、これを考慮した設計を行う必要がある。そこで立坑施工時の荷重バランスを把握し、設計手法を確認するために各種の計測器を設置して施工を行った。ここでは、立坑施工時の荷重伝達機構についての結果を報告する。

2. 構造物・地盤概要

立坑は泥水式シールド工法にて施工され、外径5.7m、深さ38mの円筒形で、RCセグメント構造である。施工時のシールド掘進反力を重量として支持するためにガイドウォール、および径1.5m、長さ13.9mのペノト杭が施工されている。

当地点は、東京低地と呼ばれる低地帯に位置し、立坑設置地点では、GL-40m程度まで非常に軟弱なN値が0～2の沖積粘性土層が堆積している。立坑掘削部はこの沖積粘性土層がほとんどである。

図-1に立坑構造概要を示す。

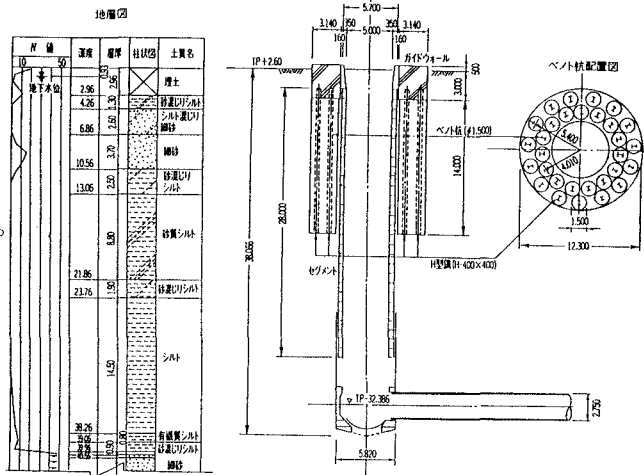


図-1 立坑構造概要

3. 立坑掘進時の荷重伝達機構

3.1 荷重伝達機構

縦シールド掘進時には、下方向力としてマシン自重、セグメント自重、セグメント周面摩擦力、上方向力として浮力、掘進抵抗力が作用する。これらの力が掘削深度とともに変化するため、常に、上方向力＜下方向力 となるような反力体が必要となる。上記の荷重のうち不確定なものは、掘進抵抗力およびセグメント周面摩擦力である。

設計においては、掘進抵抗力は切羽単位面積あたり10tf/m²と設定した。これは、刃先先端貫入抵抗、マシン外周と地盤との摩擦抵抗、変向抵抗、セグメントとテールブラシとの摩擦抵抗などを考慮し、方向制御を確実にし、掘進速度を小さくすること等を施工条件として設定した。またセグメント周面摩擦力は、地盤がN値0～2の軟弱粘性土地盤であることから、セグメントを場所打杭とみなしてこれを無視した。

3.2 掘進抵抗力

図-2に初期掘進時の浮力、リリーフ荷重、推進力および掘進抵抗力の関係を示す。リリーフ荷重とは、初期掘進のマシン停止時にマシンが自沈しない最低限の荷重（マシンの水中重量）であり、この荷重を深度毎にあらかじめ設定し、掘進時にこの設定圧以上の力がジャッキに作用するとリリーフ機構によりジャッキが伸びて掘進が可能となる機構とした。掘進抵抗力は次式により算定した。

$$\text{掘進抵抗力 (R)} = \text{ジャッキ推力 (J}_s\text{)} - \text{リリーフ荷重 (J}_r\text{)} + \text{マシン重量 (M)} - \text{浮力 (F)}$$

図-2によれば、掘進抵抗力はGL-10mまでは100tf～150tfとほぼ一定で、GL-10m以深からは徐々に上昇し240tfとなった。これを切羽単位面積あたりにすると、GL-10mまでは約5tf/m²、GL-14.7mでは9tf/m²となる。これは、初期の段階では切羽面の刃先貫入抵抗、テールブラシの抵抗が主要因で、後半ではこれにマシン周面摩擦力が加わった結果であるものと考えられる。

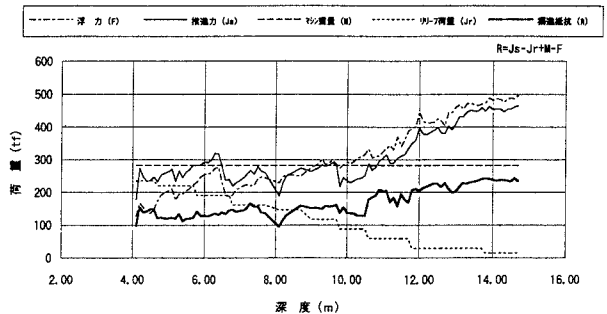


図-2 初期掘進時の掘進抵抗

図-3に本掘進時の浮力、推進力および掘進抵抗力の関係を示す。掘進抵抗力は鞘管固定時点までは260tfを中心に160～400tf（6～15tf/m²）に推移し、鞘管固定後はやや小さくなっている。これは鞘管固定後はマシンと地盤との間にクリアランスが生じ、周面摩擦抵抗が減少したためと思われる。

以上の結果から、設計で設定した掘進抵抗力の値はほぼ妥当であったものと考えられる。

3.3 セグメント周面摩擦力

図-4に本掘進時における、推進力とセグメント軸力（実測値）および摩擦力を無視して推定した軸力（推定値）を示す。セグメントの軸力は最上部のスチールセグメントの縦リブに歪計を8点（1ピース1箇所）設置して計測した。

これによれば推進力と推定軸力はほぼ等しいことが解る。すなわち、推進力がほとんど上方に伝達し、セグメント周辺の摩擦力はほとんど無いと考えられる。

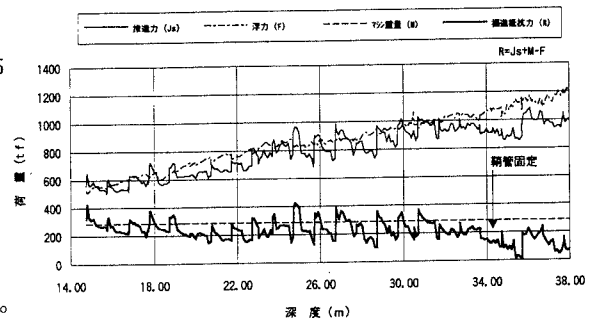


図-3 本掘進時の掘進抵抗

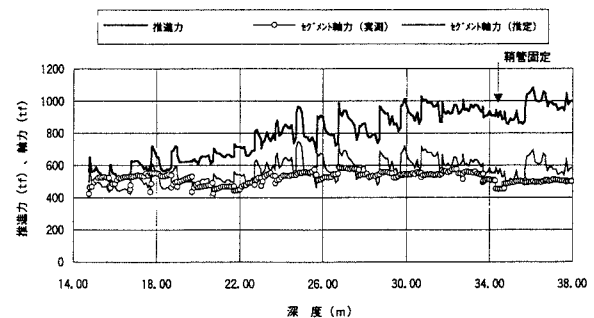


図-4 推進力とセグメント軸力

4. まとめ

立坑掘進時の掘進抵抗力は、初期掘進時では5～9tf/m²、本掘進時では6～15tf/m²の範囲で推移し、またセグメント周辺摩擦力もほとんど無く、設計値の妥当性が確認された。しかしながら、これらの結果は本地盤でのものであり、硬質地盤あるいは砂質土地盤の場合の適用には十分な検討が必要となる。なお今回の計測データは、トンネル技術協会の「縦横連続シールド特別委員会」のもとに得られたものであり、整理に際して適切な助言を頂いた委員の方々に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 川上宏一：縦横連続シールドの施工計画と技術的課題、トンネルと地下、第25巻6号、1994年6月
- 2) 小林信明：縦横連続シールド工法による立坑掘進（初期掘進）、第50回土木学会年講概要集、1995年9月
- 3) 石田 修：縦横連続シールド工法による立坑掘進（本掘進）、第50回土木学会年講概要集、1995年9月