

圧力式沈下計を用いたシールド掘進管理用のトライアル計測事例

中之島高速鉄道

京阪電気鉄道

西松・大豊・森本・オリエンタル白石共同企業体

地域 地盤 環境 研究所

正会員 中野道夫

正会員 久ノ坪宏司

正会員 難波正和, 堀内民夫

正会員 ○譽田孝宏, 長屋淳一

1. はじめに 中之島線建設工事のうち、なにわ橋駅～天満橋駅間シールド工事では、工事の安全性確保のための適切な施工管理条件を決定することを目的に、発進直後においてトライアル計測が計画された。ただし、計測断面上部には重要構造物が存在し、地上からの計測器設置が不可能であったことから、構築が完了しているなにわ橋駅構造物から地下水下で水平ボーリング削孔して測定管を埋設し、その内部に鉛直変位計測器を設置してトライアル計測を実施した。ここでは、今回採用した計測方法についてとりまとめ、得られた計測結果に対する分析をおこない、適切な施工管理へのトライアル計測結果の反映について紹介する。

2. 現場計測の概要 計測断面付近の平面図および縦断面図を図-1に示す。本工事では、泥土圧式シールド工法（シールド外径 6950mm）を用いており、西行シールドが先行発進した後、約1ヶ月遅れで東行シールドが離隔約4mで後行発進する単円併設シールドトンネルである。主たる掘進土層は、上半1/3が沖積粘性土層（Ac層、 $q_u = 160 \sim 200 \text{ kPa}$, $I_L \approx 0.8$ ）であり、下半2/3が沖積砂礫層（Asg層、N値=10~20）および中位段丘相当礫層（Tg1層、N値>60）である。土被り厚は約20mであり、Asg層～Tg1層での地下水位はGL-1m付近に位置している。

発進立坑からのシールド発進後、発進防護区間を抜けて約30m掘進すると大阪市営地下鉄第6号線（堺筋線）直下を離隔約1mでほぼ直交下越する。事前に地下鉄構造物への影響度を把握し、適切な掘進管理方法確立することを目的に、約30mのアプローチ区間において、トライアル計測を実施した。ただし、該当区間上部には難波橋が位置しており、地上からの計器設置が不可能であったため、文献1)を参考にして、地下鉄構造物の下端深度（トンネル天端から3m上部）において、構築が完了しているなにわ橋駅構造物から水平ボーリング削孔してφ100VP管を埋設し、その内部に圧力式沈下計を設置した。文献1)は地下水位以浅での水平ボーリング削孔であったが、本現場は地下水位以深での水平ボーリング削孔であることが特徴的であり、土砂を含む地下水流出が懸念されたことから、特殊止水ボックスを設けて慎重に削孔した。圧力式沈下計による鉛直変位計測は、基準水面からの水圧より変位量を計測する機構であり（図-2参照）、①連通管の立ち上がり状況による温度影響を受けない、②基準水面と測点のレベルをそろえる必要がない、③配管長が長い場合の応答性低下が連通管式沈下計に比べて少ないという利点がある。また、今回は温度影響の小さい地盤内計測であったため、精度の良い結果が得られた。

キーワード：シールド、沖積層、トライアル計測、水平ボーリング、施工管理

連絡先：地域 地盤 環境 研究所 大阪府大阪市西区立売堀 4-3-2 TEL：06-6539-2971 FAX：06-6578-6256

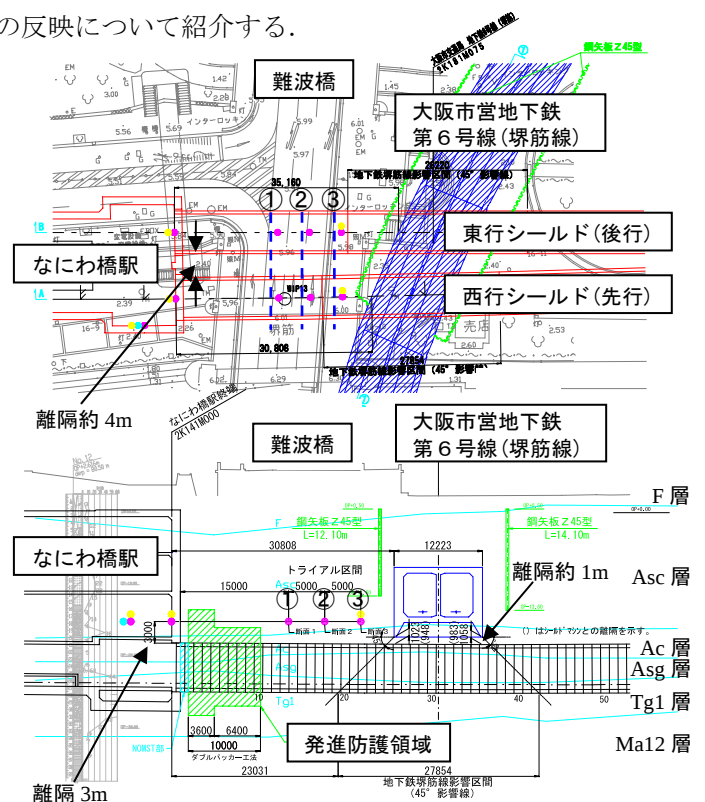


図-1 計測断面平面図および縦断面図

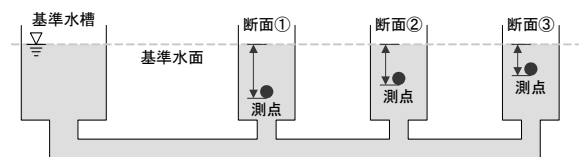


図-2 基準水面からの水圧に注目した鉛直変位計測

3. 現場計測結果

トライアル計測から得られた鉛直変位量に関する経時変化図を図-3に示す。

3.1 切羽土圧管理について

各計測断面における設定切羽土圧を表-1に示す。切羽土圧管理は、シールドマシン中央高さの土圧計で実施し、チャンバ内土圧をリアルタイム表示させて分布状況を常時確認できる管理をおこなった。断面①では切羽土圧不足に伴う沈下が、断面②では切羽土圧が変動したことによる沈下が見られた。断面③で断面①と②の中間値で切羽土圧制御した結果、沈下が抑制されることが確認できたことから、以降については断面③での管理方法を採用した。

3.2 裏込め注入管理について 各計測断面における設定裏込め注入圧も表-1に示す。裏込め注入は、エア-系2液可塑性材料による同時裏込め注入方式を採用しており、注入率を確認しながら注入圧を管理した。どの断面もゆるみ土圧に対して少し大きめの注入圧で施工したため、変形量は微量であったが、よりテールボイド部での沈下量が小さかった断面③の管理手法が適切と判断し、以降の管理方法とした。

3.3 マシン通過中の挙動について シールド掘進中とマシン停止中における鉛直変位量を図-4に示す。

初期掘削段階において、セグメント組立中のシールドジャッキ引抜きに伴い、切羽土圧の低減やマシン姿勢変動が発生し、それに連動して沈下が発生した。よって、シールド機と周辺地盤の摩擦を無視した上で切羽土圧保持に必要なジャッキ圧に変更し、またジャッキを必要以上に引き抜かないように最適なジャッキ引抜きパターンを検討し、その工程を厳守して作業を進める等の工夫をおこなった。その結果、セグメント組立時における切羽土圧の低下幅は小さくなる効果が得られた。ただし、図-4に示すように避けられない切羽土圧の低下やマシン姿勢変動は残るため、マシン停止中の挙動は一貫して沈下傾向にあり、全体沈下量に占める割合は大きかった。

4. おわりに 上記以外の施工管理として、排土量および排土密度等についてもトライアル断面で最適条件を検討し、万全の体制で大阪市営地下鉄構造物直下を掘進した結果、限界管理値 17.9mm の沈下に対して 1.1~1.2mm の沈下に抑制することができた。トライアル計測の有効性が確認できたことはもちろん、計器設置の制約が厳しい条件下にあっても、本方法で鉛直変位計測が実施できたことは、計測手段の幅が広がったと考えられる。

参考文献 1) 石得博行, 松永卓也, 平手知, 岸本章士: つくばエクスプレス(常磐新線)常磐道トンネルにおける超低土被りシールドの施工, 土木学会第 58 回年次学術講演会, VI-080, pp.159-160, 2006.

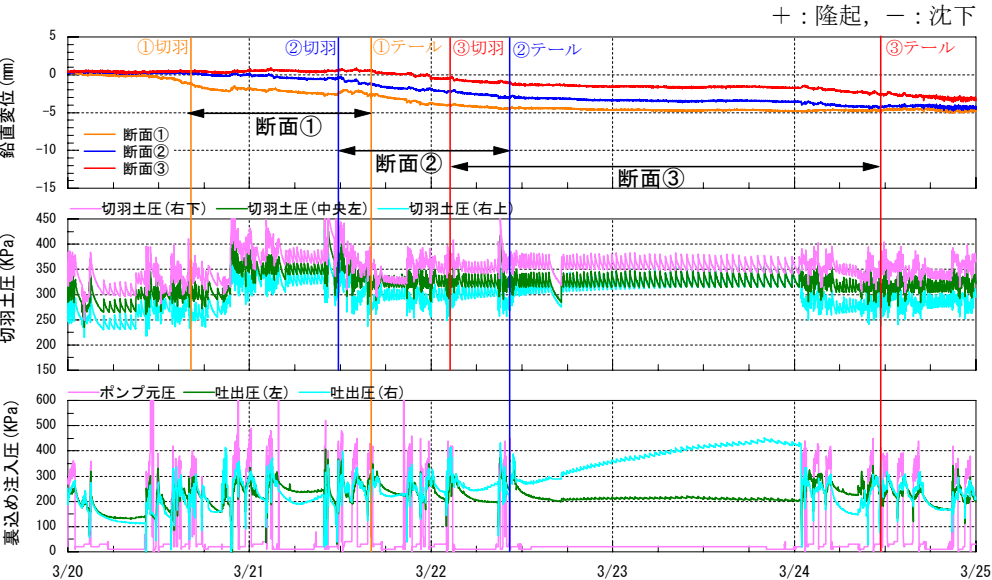


図-3 先行トンネル直上地盤(天端から 3m 上部)の鉛直変位量に関する経時変化図

表-1 切羽土圧管理および裏込め注入管理一覧

	切羽土圧管理	裏込め注入管理
断面①	主働土圧+水圧+予備圧	ゆるみ土圧+15kPa
断面②	静止土圧+水圧+予備圧	ゆるみ土圧+65kPa
断面③	主働土圧と静止土圧の中間値+水圧+予備圧	ゆるみ土圧+40kPa
備考	予備圧: 20kPa, 管理幅: ±20kPa	上記は設定上限圧

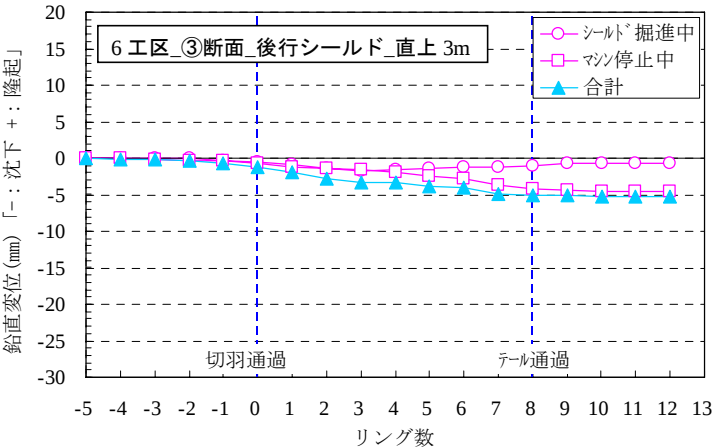


図-4 各施工段階における鉛直変位量の関係