

大深度・長距離シールド掘削工事における高架橋の計測管理

大成建設 正会員 原 信行, 内田 泰彦

地域地盤環境研究所 正会員 ○譽田 孝宏, 木村 克彦, 山内 雅基

1. はじめに 名古屋中央雨水幹線下水道築造工事(その2)および(その3)工事は、大深度(土被り厚約 50 m)かつ長距離(総延長約 5 km)のシールド掘削工事であり、このうち延長約 3 km にわたって名古屋高速道路に平行しており、その高架橋基礎杭(以下、橋脚杭)下端部との最小離隔は 1D 程度(約 7.5 m、D：シールド外径)である。高水圧下における全断面砂礫層のシールド掘進であり、橋脚杭下部を近接施工することから、高架橋への影響が懸念された。ここでは、大深度・長距離シールド掘削に伴う高架橋への影響を抑制するために実施した計測管理について示す。

2. 工事概要 本工事は、図-1 左側の発進立坑より南下した後、外堀通り菊井町交差点からは東進し、更に江川線を南下する雨水幹線トンネルを泥土圧式シールド工法(シールド外径φ6,510 mm、合成セグメント外径φ6,350 mm)で施工するものである。本幹線は、既設の雨水貯留施設から導かれた雨水を連続排水しながら貯留する「流下貯留方式」の貯留管(貯留量：104,000 m³)であり、敷設深度が名古屋市内において最大規模の雨水貯留施設である。



図-1 平面図

3. 地盤概要 橋脚杭最近接部の断面図とボーリング柱状図を図-2 に示す。地表から盛土層(B)，沖積層である南陽層(As)，洪積層である熱田層(D3U，D3L)が出現し、シールドトンネルは、洪積層である海部・弥富累層の砂礫層(Dmg，N 値 60 以上、最大礫径はφ100～150 mm)に位置する。Dmg は、橋脚杭の支持層となる良く締まった洪積砂礫地盤であるが、本シールド掘削に伴う応力解放が進行すると崩れる危険性がある。近傍の現場透水試験結果より、透水係数は 1.7×10^{-4} m/s と大きく、平衡水位は GL-3 m と高い状態にある。一方、橋脚杭下部に位置する層厚約 12 m の洪積粘性土層(D3L-c)は、過圧密状態(OCR=2～3)にあることから、シールド掘進時に発生した過剰間隙水圧の消散に伴う圧密沈下は、発生し難い状態にある。

4. 施工管理計画 施工管理計画は、事前予測解析結果¹⁾やトライアル計測結果に基づいて立案した(表-1 参照)。

(1) 切羽管理 切羽圧は、シールド掘進時の切羽安定や橋

脚杭への影響を抑制するため、緩み土圧に基づいた主働土圧に水圧等を加算して設定した。事前予測段階では、切羽通過時の沈下量が小さかったことから、実施工の切羽圧は事前予測時と同じとした。なお、加泥材は、主な掘削土層が良キーワード シールドトンネル、大深度、砂礫地盤、近接施工、計測管理

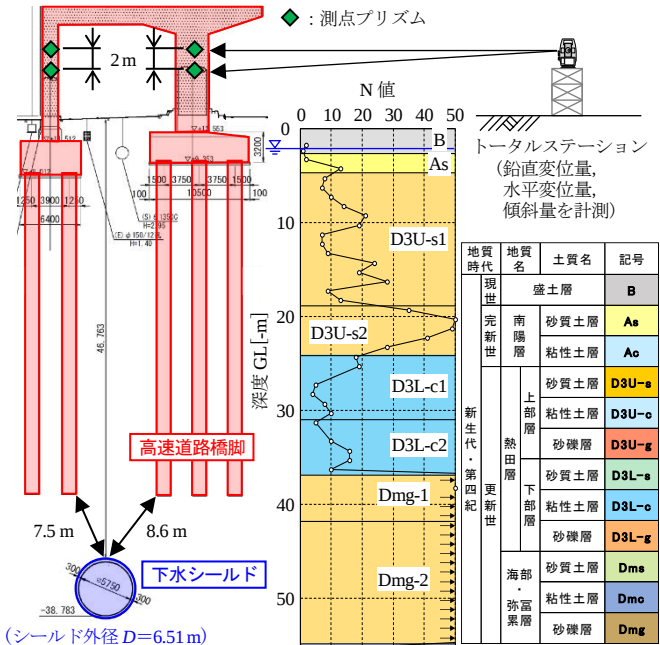


図-2 検討断面図(最近接部)

く締まった砂礫層であり、高水压下での掘進であることから、塑性流動性・止水性の向上を目的としたアクリル系水溶性ポリマーを主成分とする加泥材を選定した。

(2) 裏込め注入管理 裏込め注入圧は、橋脚杭への影響を抑制するために、水压以上の圧力を設定した。事前予測解析では、裏込め注入圧の最大値を(水压+100 kPa)に設定したが、テール通過時に沈下量が許容値に近づいたため、実施工では(水压+230 kPa)まで大きくした。裏込め注入率は、テールボイド計算量の 130 %を基本とした。なお、裏込め注入は、テール通過 0.5ring 後(セグメント幅 1.2 m)にセグメントから注入する即時裏込め注入方式を採用した。

5. 現場計測工法を用いた計測管理

橋脚杭に最近接する断面において実施した計測管理は、高架橋部に測点ブリズムを 2 点設置し、鉛直変位量、水平変位量(2 方向)をトータルステーションにより 5 分ピッチで自動計測した(図-2 参照)。なお、計測管理値は、事前計測結果を踏まえて、計測機器の測定誤差や対象橋脚の気象変化による変動等の自然変動量を考慮して設定した。

橋脚杭の変位に関する経時変化図を図-3 に示す。先行沈下や切羽前沈下は 0.5 mm 程度であったことから、実施工における切羽圧管理は適切であったと考えられる。一方、シールド通過時沈下は、徐々に増加して約 1.0 mm に達した。これは、セグメント組立時のシールドジャッキ引き抜き操作に伴って、シールドの微小な変動(ピッチング等の変化)や振動、切羽圧の僅かな低下により、シールド近傍の応力バランスが変化して生じたものと考えられる。テール通過以降の挙動(テールボイド沈下や後続沈下)は、自然変動幅内の変化を確認したものの一定の沈下傾向等はなく微小な変位量にとどまり、計測管理値内に収束したまま計測を終了した。

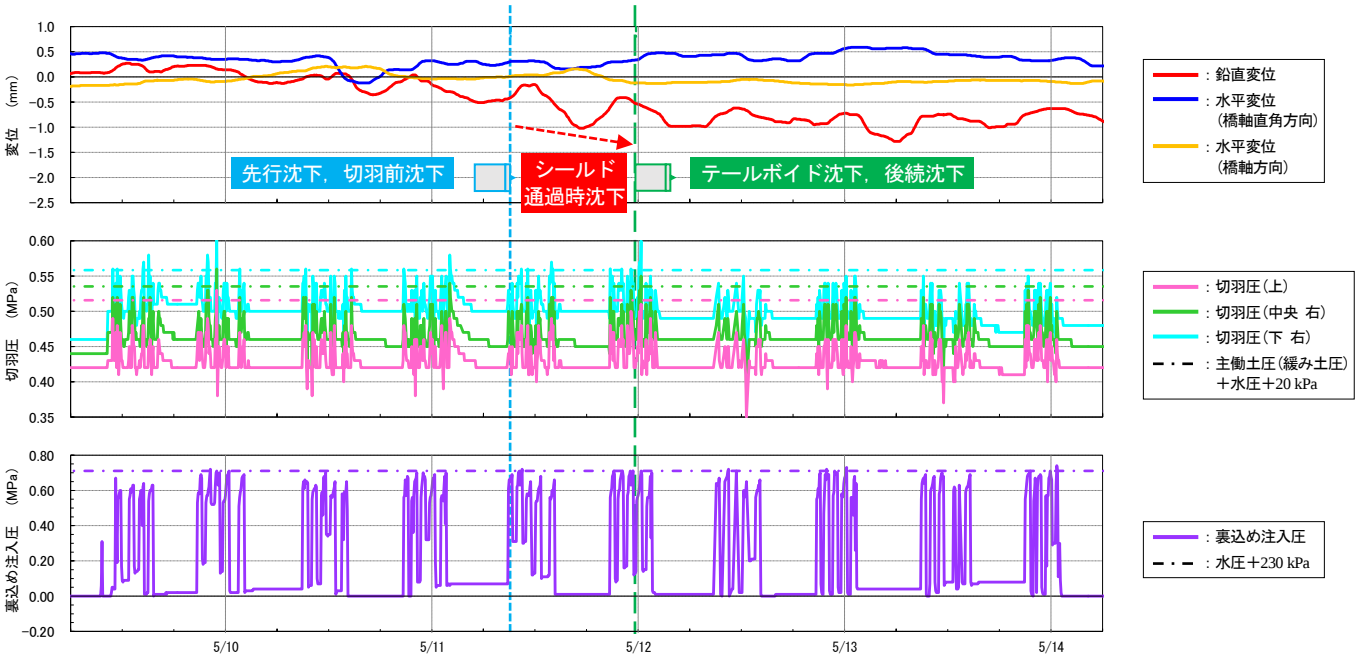


図-3 橋脚杭の変位量とマシンデータに関する経時変化図

5. おわりに 橋脚杭の最近接断面において高架橋への影響を計測管理した結果、シールド掘進に伴う高架橋の変位を十分に抑制することができた。これは、事前予測解析結果やトライアル計測結果に基づいて立案した施工管理計画に沿ってシールド掘進条件を適切に設定できた結果である。今後、当該工事のような大深度で全断面砂礫層の掘削条件下であっても、今回同様に慎重な計測管理を実施することによって、安全な近接施工を実施したい。

参考文献 1) 山内他：高架橋基礎杭直下のシールド掘削工事における近接影響評価，土木学会全国大会第 78 回年次学術講演会(投稿中)，2023。

表-1 施工条件と橋脚杭沈下量(事前予測解析と実施工)

		事前予測解析	実施工
施工条件 [kPa]	切羽圧	主働土圧(緩み土圧) + 水压 + 20 (変動圧 ^{*1})	
	最大裏込め注入圧	水压 + 100	水压 + 230
沈下量 [mm]	切羽通過時	1.5	約 0.5
	テール通過時	4.9	0.5~1.0
	テール通過半年後	8.6	約 1.0 ^{*2}
許容沈下量[mm]		6.0	
判定		NG	OK

*1：掘進中のカッター回転や排土に伴う変動を考慮した切羽圧変動

*2：計測終了時(テール通過 1 か月半後)の値