

埋立地盤でのシールド掘進に伴う後続沈下の評価

埋立地盤 シールドトンネル 後続沈下

大阪市高速電気軌道 赤木 淳
 地域地盤環境研究所 国際会員 ○譽田 孝宏, 稲垣 祐輔

1. はじめに 北港テクノポート線(以下, 北港 TP 線)は, 大阪市域西端の大阪湾における埋立地である「夢洲」で開削トンネルおよびシールドトンネルにより建設を進めている¹⁾. このうちシールドトンネルは, 主として埋立地盤(浚渫粘性土層)に位置しており, シールド掘進時におけるトンネル周辺地盤のかく乱が原因となって, トンネルが長期間にわたって沈下する可能性が危惧された. ここでは, 過去の計測事例にもとづいて後続沈下量を推定するとともに, 実施工における計測結果から後続沈下を分析した.

2. 対象地盤の特徴 北港 TP 線沿いの土質縦断面図と土性図を図 1 に示す. Bc 層は, 自然堆積地盤である沖積粘性土層(Ac 層(Ma13 層))の上部に敷砂層(Bs 層)を挟んで人工的に投入した浚渫粘性土層であり, 非排水せん断強さは上部で $s_u = 20 \sim 40 \text{ kN/m}^2$, 下部で $s_u = 65 \text{ kN/m}^2$ 程度である. これは, 埋立時の圧密促進対策として Bc 層に配置したプラスチックボードドレーン(以下, PBD)による効果によって強度増加したと考えられる. また, 液性限界 $w_L = 100 \%$ 程度, 自然含水比 $w_n = 70 \%$ 程度, 塑性限界 $w_p = 40 \%$ 程度であることから液性指数 $I_L = 0.5$ 程度である. 東大阪の超軟弱な鋭敏粘性土地盤では $I_L = 1.0$ 前後(自然含水比 w_n が液性限界 w_L に近い状態)に達する²⁾ことを考えると, 東大阪粘性土ほど超軟弱ではない状態にある.

夢咲トンネル
 アプローチ部

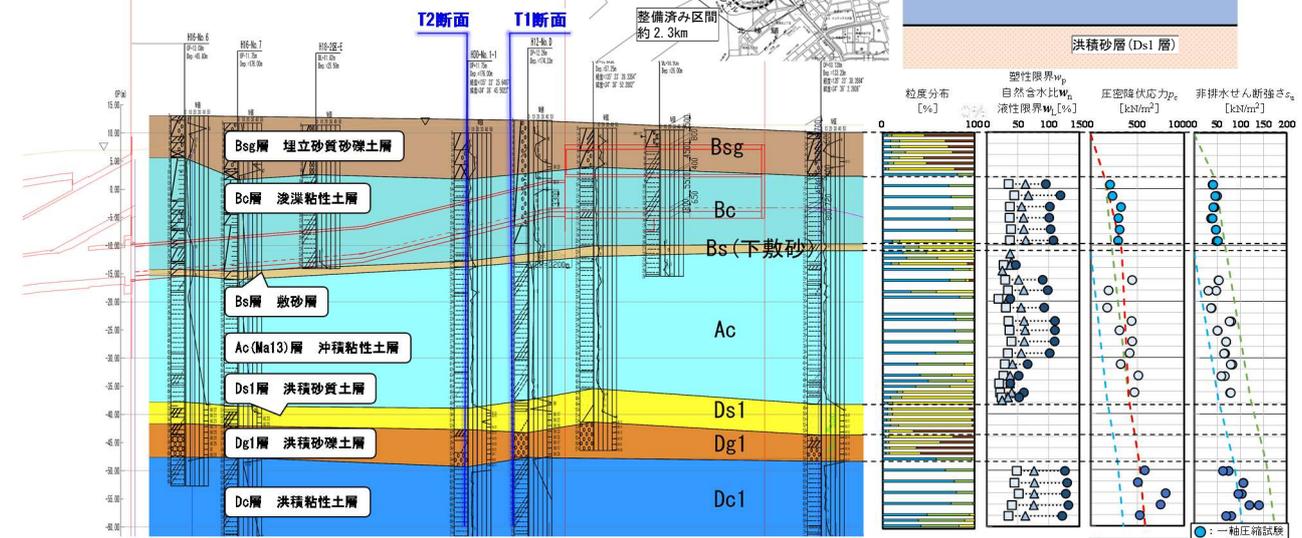


図 1 北港 TP 線沿いの土質縦断面図および開削トンネル区間北端部付近の土性図

3. シールド掘進中の計測結果にもとづいた後続沈下予測

本シールド工事におけるトライアル計測(以下, T1 および T2)は, シールド施工に伴う夢咲トンネルアプローチ部に位置する道路構造物への影響を最小限に抑制するための適切な掘進管理方法を確立することを目的に, 鉛直変位計と間隙水圧計を用いて実施した. トライアル計測の断面図例を図 2 に示す.

T1 および T2 における計測結果を図 3 に示すが, T1 ではシールド通過時の最大変形量が 4.1 mm 沈下であったのに対して T2 では 18.0 mm 隆起となった. これは, T2 の地山の性状が T1 に比べて若干軟弱であり, 同時裏込め注入管による凸部と周辺地盤の間において競りが発生しやすい状態にあったことが原因の 1 つとして考えられる¹⁾.

過去の計測結果にもとづいたシールド通過時の最大変形量と後続沈下の関係³⁾を図 4 に示す. 同図より, シール

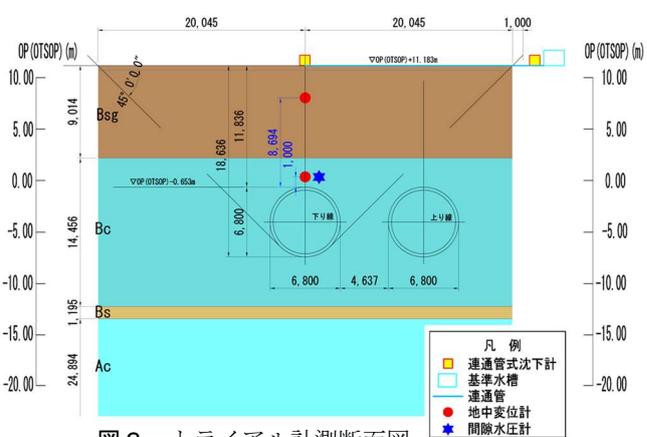


図 2 トライアル計測断面図 (T1 断面, T2 断面も類似配置)

ド通過時の最大変形量(隆起量, 沈下量)が大きいほど後続沈下量は大きくなる傾向にあり, 掘削対象地盤の液性指数 I_L が大きいほどその傾向は顕著になる. つまり, 液性指数 I_L が大きい粘性土ほど, シールド掘進時に周辺地盤を乱して大きく変形させると後続沈下も大きくなる特徴がある. 今回のトライアル計測断面付近の地盤は $I_L=0.5$ 程度であることから, シールド通過時の挙動より T1 で 0~10 mm, T2 で 15~25 mm の後続沈下が予測された(図 4 橙色破線部参照).

4. シールド通過後の計測結果にもとづいた後続沈下予測の検証

ここで, T1 と T2 における後続沈下量は, テール通過 1D(D: シールド外径)以降, 沈下が収束するまでを仮定した.

テール通過 1D 後におけるトンネル直上 1.0 m の鉛直変位量は, T1 と T2 で異なる変位量を示していたものの, テール通過 1D 後以降の後続沈下量は T1 で 6.5 mm, T2 で 4.8 mm と同程度であった. これは, トンネル直上地盤内に発生した過剰間隙水圧が, テール通過 1D 後以降に同程度減少して圧密沈下したものと考えられる.

T1 と T2 におけるシールド通過時の最大変形量と後続沈下の関係を図 4 に加筆した. T1 は, シールド通過時の最大変形量および後続沈下量ともに小さく, 過去の実績と類似した傾向にあったが, T2 は, シールド通過時の最大変形量に比べて後続沈下量が小さく, 過去の実績とは異なる傾向を示した. これは, 図 5 に示すように, シールド掘削地盤である Bc 層には, 圧密促進用の PBD が設置されていることから, シールド通過中に発生した過剰間隙水圧が PBD から上下の敷砂層に向かって適度に排水された可能性や, 残留した過剰間隙水圧自体が小さかったこともあり, およそ 1 カ月程度の短時間で沈下が収束したことが一つの考察として考えられる.

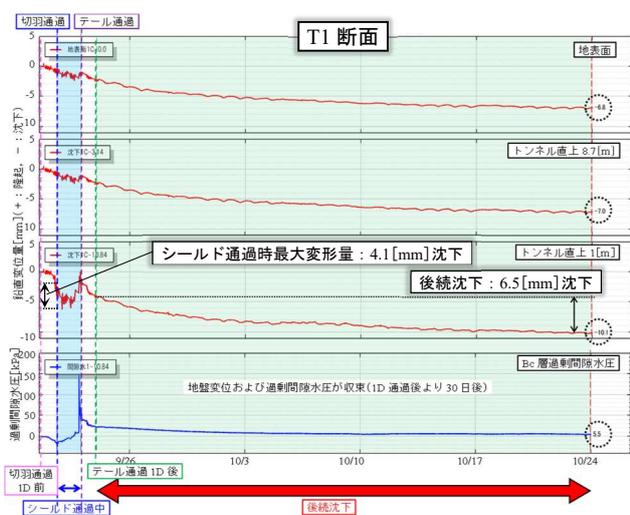


図 3 シールド直上地盤の鉛直変位量に関する経時変化図

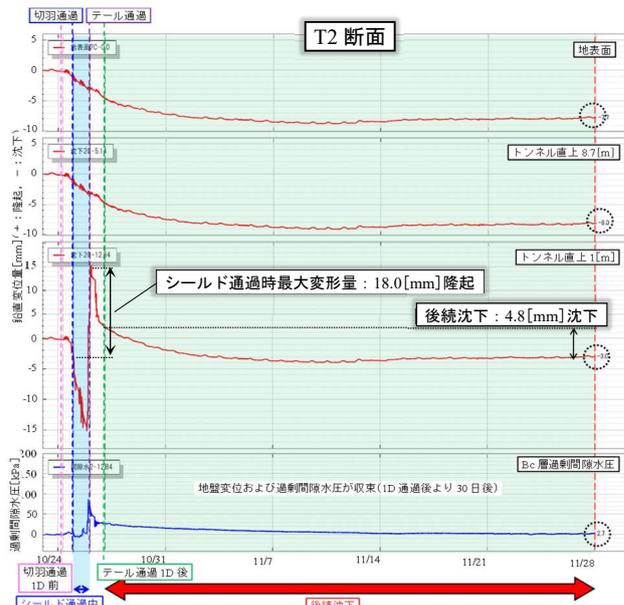


図 5 Bc 層に発生した過剰間隙水圧の消散の推定

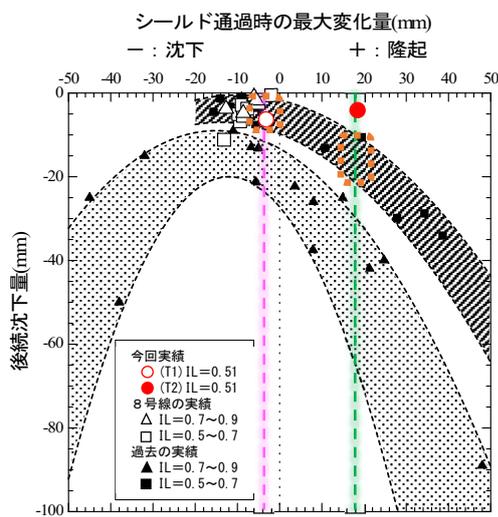


図 4 シールド通過時の最大変形量と後続沈下の関係³⁾に加筆

5. おわりに 埋立地盤におけるシールド掘進に伴う後続沈下量について分析した結果, 過去の計測事例に比べて本現場における後続沈下量は小さかった. これは, 埋立時の圧密促進対策として配置した PBD の効果により, 過剰間隙水圧の発生量が小さく, 速やかに排水されたことが 1 つの考察として考えられる.

参考文献: 1) 南川他: 大阪・関西万博に向けた埋立地盤での泥土圧シールドの施工—北港テクノポート線インフラ部整備工事—, トンネルと地下, 2024(投稿中). 2) KG-NET・関西圏地盤研究会: 新関西地盤—大阪平野から大阪湾—, pp.62-63, 2007. 3) 太田他: シールド掘進に伴うシールド直上地盤の変形挙動に関する考察, 土木学会トンネル工学報告集, Vol.17, pp.299-306, 2007.