硬質地盤中のシールドトンネルに作用する土圧の計測結果

東京地下鉄株式会社　正会員　入江　健二
東京地下鉄株式会社　正会員　○ 藤沼　愛
メトロ開発株式会社　宇波　邦宣
日本シビックコンサルタント株式会社　フェロー会員　斉藤　正幸

１．はじめに

東京地下鉄が建設する最後の地下鉄路線である副都心線では，丸ノ内線建設以来蓄積された建設技術の集大成として，各種新技術を開発，採用した．**図-1** に副都心線計測位置平面図を示す．これらの新技術の効果を確認することを目的として各種の計測を実施した．今回，シールドトンネルの通過地盤は洪積世以前の自立性の高い硬質地盤であり，この地盤におけるシールドトンネルに作用する土圧の多くの計測結果を得ることができた．本報告では，自立性の高い硬質地盤において土圧計で計測された土圧と覆工に発生する断面力から推定される土圧を求め，設計土圧と比較することで，その違いを明らかにする．

図-1　副都心線計測位置平面図

２．計測方法

シールドトンネルの覆工に作用する土圧ならびに水圧の計測は，**図-2** に示すようにセグメントの背面に取り付けた土圧計と，**図-3** に示すようにセグメントの内面から背面まで貫通した水圧測定管に取り付けた間隙水圧計とによって行った．土圧計で測定される荷重は裏込め注入層を介して伝わる土圧と水圧の和(以下,「全土圧」と称する)であり，水圧を除いた土圧(以下,「有効土圧」と称する)は土圧計の測定値から間隙水圧計の測定値を引くことによって求められる．土圧計は，原則として**図-4** に示すようにトンネル頂部を基点として 45 ° 間隔で 8 点設置している．間隙水圧計は将来的なメンテナンスを考慮してトンネル頂部付近を避けたうえで，水圧分布が確認できるように 3 箇所に配置した．また,覆工に発生する断面力に基づく評価のために鉄筋ひずみ計を設置した．

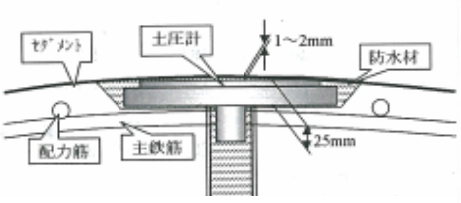

図-2　土圧計設置概要図

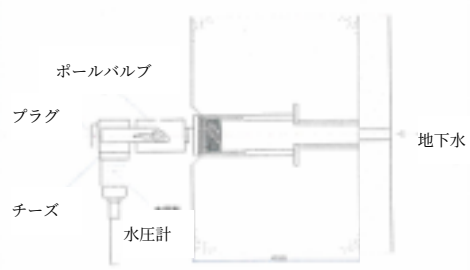

図-3　水圧計設置概要図

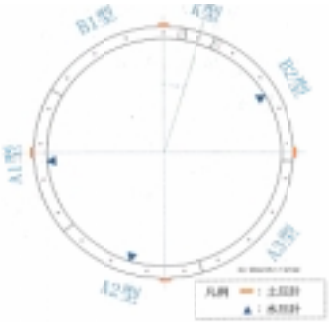

図-4　土圧計と水圧計の標準配置図

キーワード：硬質地盤，現場計測，土圧
連絡先：〒110-8614　東京都台東区東上野 3-19-6　TEL 03-3837-7132

３．土圧計と水圧計による計測結果からの土圧の評価

(1)トンネル半径方向の作用圧力の全体的な挙動傾向

図-5 に土圧計と水圧計による計測結果の一例を示す．この結果より，大きな施工時荷重が作用するのはセグメントリングがテールシールを通過する段階と裏込め注入圧が作用する段階であることが確認できる．裏込注入圧の影響を受けた後，計測値は併設トンネルの影響などを受けて若干の変動した後に安定する．

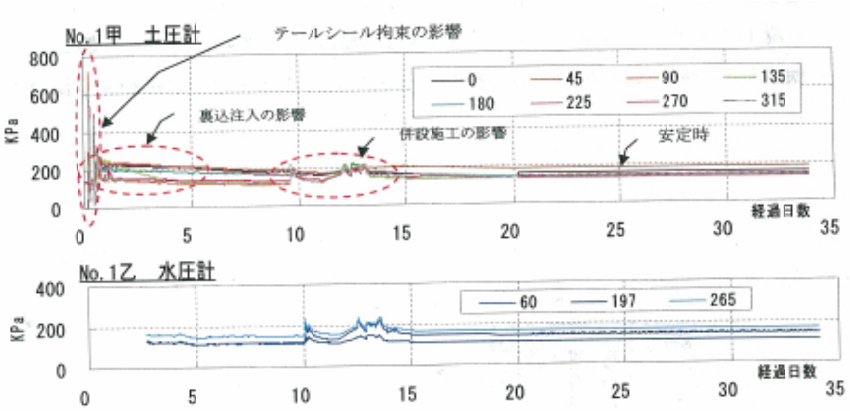

図-5　土圧計と水圧計計測値の経時変化
（泥水式シールド：単線シールド）

(2)鉛直有効土圧と土被りの関係

鉛直下向きの有効土圧の計測結果と土被りとの関係を**図-6** に示す．副都心線のセグメントの設計では最小緩み土圧として $1.5D_0$ を採用しており，計測によって確認されたトンネル頂部の鉛直荷重は設計値を下回っていることが確認された．

(3) 覆工に発生する断面力に基づく土圧の評価

圧力計の測定値と覆工断面力より推定した荷重との関係を**図-7** に示す．ほとんどの圧力計の測定値は覆工断面力より推定した荷重の約 1/10 と小さくなっていることが確認された．

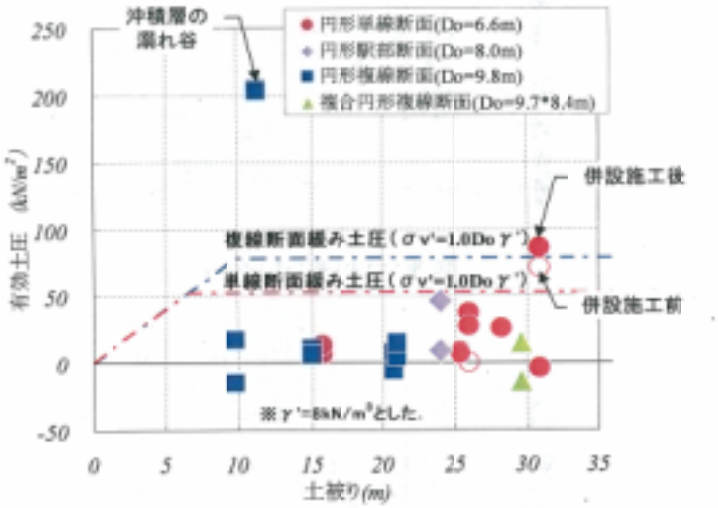

図-6　トンネル頂部の有効土圧と土被りとの関係

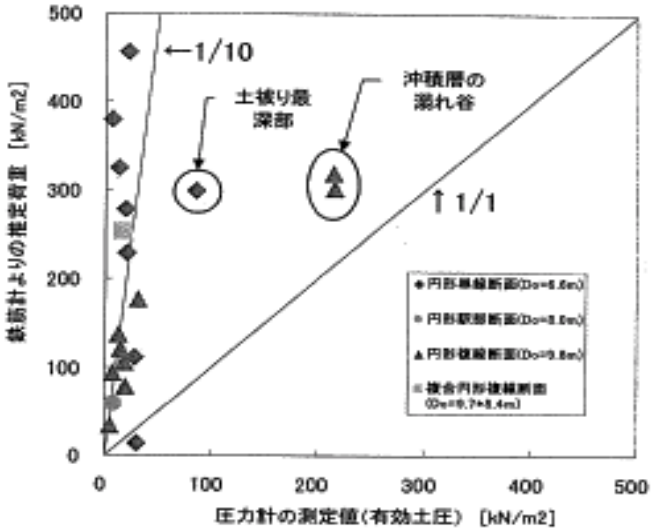

図-7　圧力計の測定値と覆工断面力よりの推定荷重との関係

４．おわりに

副都心線における一連の現場計測結果に基づいた覆工への作用土圧の評価結果からは，硬質地盤におけるシールドトンネルに作用する土圧は，圧力計による測定結果と断面力からの推定値には大きな開きがあった．土圧計によって得られた有効土圧は十分に小さいが，覆工に生ずる軸力から推定した平均土圧は大きな値を示した．これらの計測結果から，自立性の高い硬質地盤においてシールドトンネルに作用する土圧分布は従来の設計で用いられているような等分布荷重または等変分布荷重ではない可能性があると考えられる．

今日では，シールド工法の適用範囲が自立性に富んだ良質な地盤へ移行しつつある．このため，良質地盤における作用土圧をはじめとする設計荷重の合理的な評価方法を確立することが，シールドトンネルの安全性の確保とともに経済性の向上に大きく貢献できるものと考えられる．今後も引き続き照査を行い，硬質地盤における覆工構造の設計法の提案を行っていく所存である．

参考文献：たとえば，矢萩秀一，荻野竹敏，沼澤憲二郎，深井直光，斉藤正幸　シールドトンネルの施工時荷重の影響に関する現場計測結果と考察，トンネル工学論文集第 17 巻，pp.63-74，2007.11.