

シールドトンネルに近接した大深度ソイルセメント壁の施工

戸田建設

正会員 ○小玉正文

杉田文隆

日本鉄道建設公団 正会員

下田勝彦

1. 概要

既設トンネルが近接した条件の下で軟弱地盤の大規模掘削を施工する際には、開削や土留め壁の設置がトンネルに及ぼす影響を極力低減する必要がある。本稿では、外径 4650mm のシールドトンネルが平均離隔 1.5 m、最小離隔 0.49m で近接する軟弱沖積地盤において、掘削土再利用地中連続壁工法（CRM工法）により土留め壁を施工した結果のうち、掘削精度、掘削土再利用率、遮水性能、およびシールドトンネルの挙動について報告する。

2. 工事の内容

土留め壁は、壁厚 0.90m、応力材長 32m、土留め壁深度 45m である。現場の地質は、軟弱な有楽町層が 20m 前後堆積し、その下方に七号地層、埋没段丘礫層、高砂層と続く。最終掘削面は七号地層で、掘削面以深の地下水は GL-7.5m 程度まで被圧されている。

また、当該地点にはシールドトンネル外径 4650mm（以下、トンネルという）が土被り 26m の深度に平均離隔 1.5m にて縦断している。

開削時のトンネルへの影響を低減するために、土留め壁は、応力材を 425mm 間隔で設置して壁剛性を高めると共に、地盤改良による先行地中梁にて土留め壁の変形を抑止する計画としている。

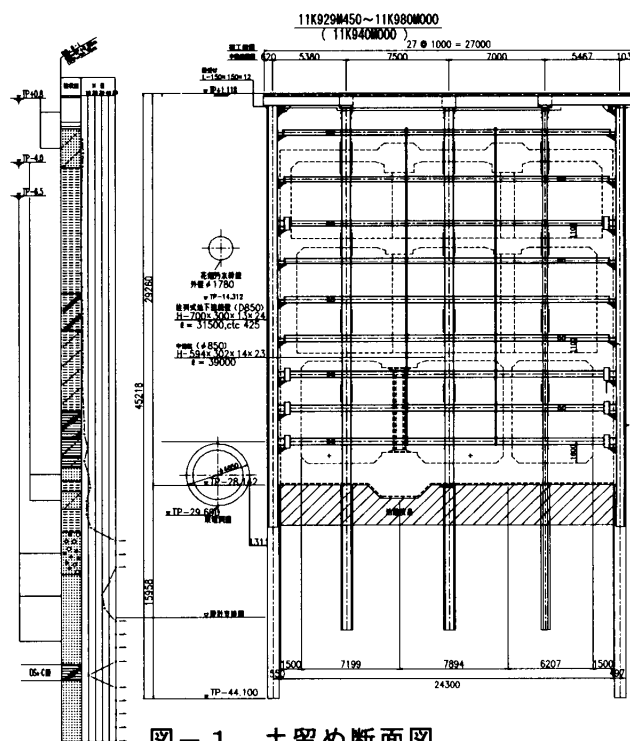
3. 掘削土再利用地中連続壁の採用

土留め壁工法は、以下の条件を満足する工法として、ソイルセメント壁築造工法の中から掘削土再利用地中連続壁（以下、CRM という）工法を採用した。

- 1) 応力材（H-700×300）を所定間隔で配置して壁剛性を高めること
- 2) 地下水位低下に起因する近隣の地盤沈下およびトンネル作用荷重の不均衡化を防止できる遮水性を有すること
- 3) 土留め壁施工時のトンネルへの影響を低減すること
- 4) 建設副産物を抑制し、再利用を図ること

CRM 工法は RC 地下連続壁の掘削手法を用いて掘削残土を主材料としたソイルセメントを土留め止水壁構築用の埋め戻し材として利用する工法である。

掘削は、ドラムカッターを先端に備えた水平多軸掘削機（BMX）にて、矩形断面（長さ 3200mm、幅 900mm）を鉛直に掘進していく。後行施工時に先行部分を 150～200mm のカッティングすることによりラップさせ、止水性を向上させる。



掘削土は水平多軸掘削機の吸引口から地上プラントまで流体輸送し、一次処理機で安定液と粗粒土に分離し、二次処理機で安定液と細粒土に分離する。掘削時に発生した掘削残土は、現場内に設置したソイルセメント製造装置を利用し、セメントミルクと攪拌することでソイルセメントを製造する。そして、トレミー管を介して掘削が完了した部分に埋め戻し、掘削残土を再利用した土留め止水壁を構築する。最後に、応力材としてのH形鋼を挿入することにより、掘削土再利用地中連続壁を完成させる。

また、トンネルには、水盛式沈下計 29 台、内空変位計 6 台を設置し、縦断鉛直変位及び、横断内空変位を計測し、トンネルの挙動をとらえることで安全を確認した。

4. 効 果

4.1 CRM工法施工実績

掘削の精度管理は、絶対位置計測器システムにより行った。掘削機の位置がリアルタイムで運転席の CRT に表示するので、オペレーターが掘削機の姿勢を修正した。その結果、掘削精度は、1/1500～1/1000 と、高精度を確保ができた。施工完了後、施工ジョイント部において、コアを採取し、透水係数及び、一軸圧縮強度を測定した。

室内試験による透水係数は、 10^{-7} cm/sec 台と高い遮水性が確保できた。また、圧縮強度は、管理値である 5 kg/cm^2 を越える結果であった。

最後に、掘削土再利用化については、最終的に 60.2%であった。再利用化率は、掘削土量に対して、建設汚泥搬出量に安定液の廃棄と、プラント洗浄水等を考慮した形で算出した。

$$\text{再利用化率} = \frac{V_k - (V_d - V_a - \alpha)}{V_k}$$

V_k : 掘削土量 ($17,114.8 \text{ m}^3$)

V_d : 泥土搬出量 ($6,512.5 \text{ m}^3$)

V_a : 安定液廃液量 (= 作液量) ($4,220.0 \text{ m}^3$)

α : プラント洗浄液等 ($3,575.5 \text{ m}^3$)

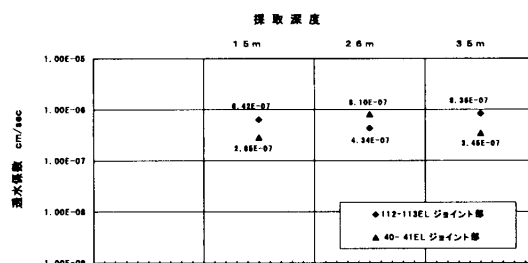


図-2 透水試験結果

4.2 トンネルの挙動

土留め壁施工時におけるトンネルの挙動を以下に示す。

鉛直方向の挙動は、掘削時には溝壁安定液圧が伝播して広範囲に 2 mm 程度隆起するが、ソイルセメント打設後は安定液圧が消散して掘削時に緩めた地盤が支持力を発現するまで徐々に沈下し、最大沈下量が 4.0 mm となった。

内空変位を掘削時の安定液圧にて完全に抑止できなかった。ソイルセメント打設後は、この圧力により一時的に水平方向に半径が減少するが、ソイルセメントの硬化とともに徐々に水平方向に半径が増大し、最大変位量は 0.34 mm となった。

土留め壁施工時のトンネル（コンクリートセグメント）継手部の増加応力度は、コンクリート圧縮応力度が 0.08 N/mm^2 、接合ボルトの引張応力度が 0.6 N/mm^2 であった。これは、許容応力度の 0.5%～0.25% であり、土留め壁施工時の影響を、最小に抑えることができた。

5. おわりに

これからの都市部における大深度地下利用は、ますます厳しい条件を課せられる。今回、土留め壁施工時にトンネルが許容値内ではあるが挙動した。それらのことを考えると土留め壁施工時の近接構造物への影響を考慮に入れた計画を行う必要があると考える。

最後に、本工事に協力していただいた日本鉄道建設公団の各位に深く感謝の意を表します。