

大断面岩盤矩形立坑における柱列式鋼管杭・山岳工法併用土留めの適用事例

(株)大林組 正会員○西村 俊亮 正会員 川口 英司 正会員 川崎 克明

1. はじめに

本工事は、地下構造物を構築するために、平面寸法約 55m×55m、深さ約 38m の大断面の矩形立坑を岩盤に構築する工事である。当初設計では、鋼管杭とグラウンドアンカーによる土留めが計画されていたが、工期短縮およびコストダウンを図るために、下部の堅固な岩盤層には吹付けコンクリートとロックボルトを主体とする山岳工法を適用する計画に変更した。このような土留め方式は、アーチアクション効果が期待できる円形立坑で採用された事例は多いが、矩形断面で採用された事例はほとんどない。本稿では、柱列式鋼管杭・山岳工法併用土留めの計画および実施工における対応について紹介する。

2. 当初計画と変更案

本工事の土留め計画は当初、セクション付きの鋼管杭(φ1,200mm)を床付以深 3m まで打設する計画であった(図-1)。しかし、柱状図では削孔延長の半分以上がCL級以上の堅固な岩盤であり、削孔に多大な時間を費やすことが想定された。

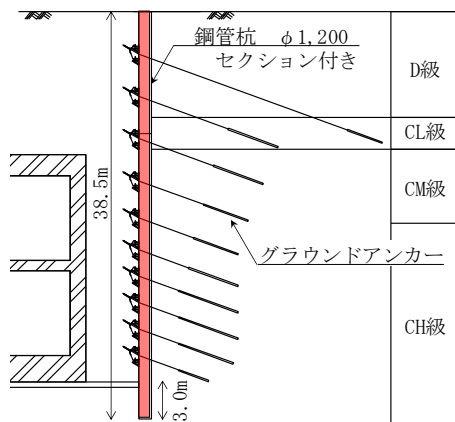


図-1 当初土留め計画

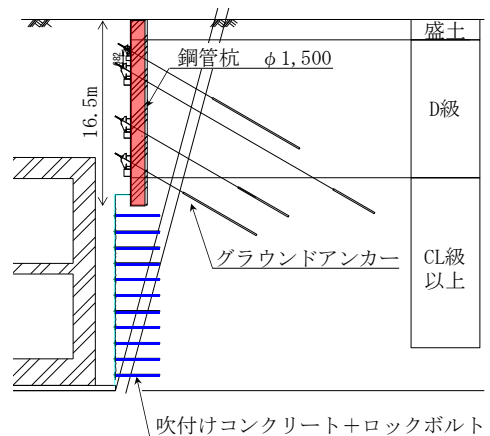


図-2 柱列式鋼管杭・山岳工法併用土留め

そこで、工事着工前に追加地盤調査を実施し、土留め計画を見直した。

CL 級以上の堅固な岩盤については、自立可能と考え、吹付けコンクリートとロックボルトによる支保(山岳工法)とし、鋼管杭による土留めは、盛土と D 級以下の範囲に限定した(図-2)。また、鋼管杭はセクションを必要としない単杭柱列式鋼管杭(φ1,500mm)に変更することで、杭製作工程の短縮および施工性の向上を図った。

設計検討として、上部の鋼管杭区間については弾塑性計算を実施し、仕様を決定した。また、下部の山岳工法区間については、大口径深礎の土留め¹⁾を参考に支保の仕様を決定し、安全性に問題がないことを 2 次元 FEM 解析により確認した(図-3, 4)。支保の仕様については、アーチアクション効果が期待できないことを考慮し、1 ランク上げた仕様(CL 級に対して D 級の仕様)を採用した。

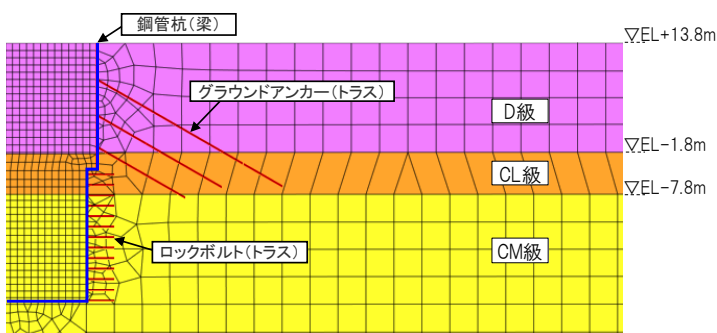


図-3 2次元 FEM 解析モデル

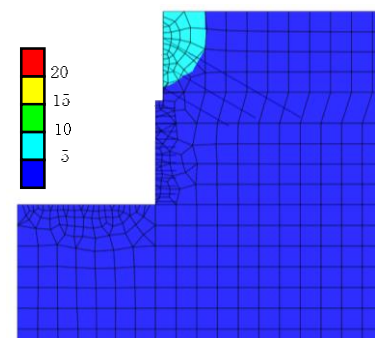


図-4 FEM 解析における地山変位分布

キーワード：土留め、岩盤、掘削、大断面、矩形立坑、山岳工法

連絡先：(株)大林組 生産技術本部技術第一部 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2, TEL:03-5769-1322

3. 変状計測および施工へのフィードバック

(1) 変状計測

立坑掘削では、掘削が進み施工基盤が深くなった後に上部で変位が進行すると、対策工の実施が困難となる。そのため、計測結果を迅速に評価し、施工に遅滞なく反映させることが重要である。そこで実施工では、多段式傾斜計による土留めの変状計測を行い、計測値が基準値を超えた場合に、ロックボルト追加等の対策を迅速に行えるようにした。

(2) 計測結果のフィードバック

図-5 に、ある土留面の計測データを示す。当該面では、EL-10m（山岳工法区間）まで床付いた後、水平変位が1次管理値を超過し、さらに5日間で最大約6mmと想定以上の変位が発生した。柱状図によると掘削面にはCL級が分布する予定であったが、実際の掘削面を観察した結果、局所的にD級が分布しており、それが原因で想定以上の変形が進行したと考えられた。

実地盤が当初想定と異なっていたため、2次元FEM解析による安全性の再確認および当初設定していた計測管理基準値の見直しを行った。FEM解析では、まず岩盤の弾性係数をパラメータとし、当該時点の変位分布を再現した。次に、再現解析で設定した弾性係数を使用して、床付け掘削完了時の解析を行った。その結果、安全性に問題がないことを確認できた。

計測管理基準値については、FEM解析の結果を使用し、3段階の基準値を設定した。1次管理値には、掘削完了時に想定される最大変位を設定した。また3次管理値には、ロックボルト軸力が耐力を超える際に想定される変位を設定し、2次管理値には1次管理値と3次管理値の中央値を設定した。

その後さらに掘削が進むにつれ、計測値が1次管理値を超えたため、変位計測頻度を増加した。また、対策工の必要性を発注者と協議した結果、変位抑制と地山の安定性を確保するために長尺ロックボルト(L=7m)およびグラウンドアンカーを追加施工した。

4. まとめ

大断面の矩形立坑において、柱列式鋼管杭と山岳工法を併用した土留め掘削を無事完了することができた(写真-1)。本工法を無事完了できたのは、地山の観察と変状計測結果を設計・施工に迅速にフィードバックすることができたためと考えている。本工法の適用事例はまだ少ないが、円形立坑と比較して必要な地上作業スペースが小さい、掘削量が少ないといったメリットがあり、今後同様な大規模岩盤立坑掘削工事に展開できるものとする。

参考文献

- 1) 東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領第二集 橋梁建設編，平成28年8月

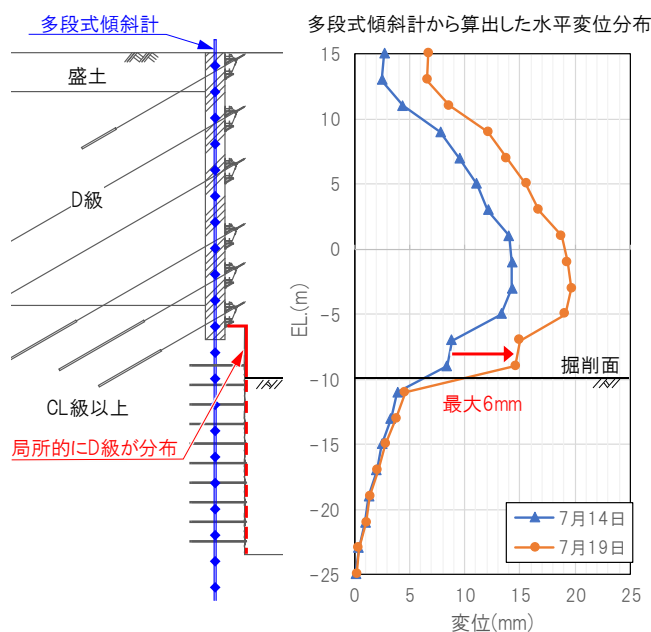


図-5 計測位置および計測データ

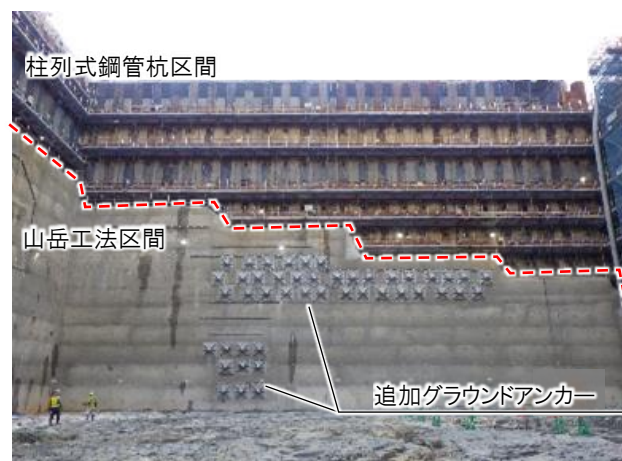


写真-1 掘削完了