

## III-62 大口径リバーズ工法による立坑の掘削

(株)フジタ 土木本部設計部 正会員 手束 芳洋  
 横浜市水道局 磯子工事事務所所長 篠 武夫  
 (株)フジタ 横浜支店 青野 稔

## 1. はじめに

上水道配水管布設工事をシールド工法で行なった。この到達立坑の掘削に、通常の山留形式を用いず、 $\phi 6100$  mmの大口径リバーササーキュレーション工法(以下リバーズ工法)を採用した。この工法は、場所打杭リバーズ工法の大口径のもので、海上の大規模基礎工事に用いられるものであり、陸上では経験の無いものであった。これを採用したのは、①立坑用地が狭い、②工期が短い、③シールド機を回収する大きさを必要とする、という理由であった。(図-1) また、約9 mの位置に近接して高さ13 mのアースアンカー工法の山留壁があり、計画に当たっては細心の注意を払う必要があった。今回、この未経験の工法での立坑掘削による、地中の応力状態の変化を有限要素法により解析を行い、山留壁への影響、及び孔壁の安定を検討し、施工中の計測値と比較を行った。

## 2. 地盤特性及び工事概要

場所は横浜市南部の標高60~70 mの多摩丘陵に当たり、この丘陵部を切土して立坑用地とした。土質は地表面からすぐに上総層郡小柴層であり、砂岩や泥質な凝灰岩からなり、細粒分含有率は20%以下、均等係数は3以下であった。N値は50以上(地表面を除く)で、換算N値はGL-3.1 m付近で $N=375$ を示しており、良く締まった砂地盤である。地下水はGL-1.3 m付近にあり、透水係数は $k=3.3 \times 10^{-4}$  cm/secであり、砂質土としては低い値であった。

施工は、GL-1.4 mまで鋼製セグメント使用した深礎工法で掘削した。その後、GL-1.4 m~3.2 mまでを泥水を使用したリバーズ工法で施工した。掘削終了後セグメントを建て込み、底盤コンクリートを打設し、掘削部とセグメントの間隙をLWにて注入後、泥水を抜き床付けを完了した。(図-2)

## 2. 解析

大口径のリバーズ工法による掘削を山留壁に近接して行うため、孔壁の安定を図り近接の山留壁、及び周辺地盤に悪影響を及ぼさせない必要があった。このため地盤に発生する応力度、変位を各施工段階で求め、安全性に対する検討を行った。解析は二次元の有限要素法によった。ただし背面山留は平面延長約50 mあり、立坑掘削前の断面はほぼ二次元で表せるが、立坑は直径 $\phi 6100$  mmの円形であり、これをそのまま立断面に表すと解析値に大きな誤差を生じる。これに対処するために、立坑回りに水平方向、鉛直方向にバネを設け、三次元の効果を考慮する事とした。また、アースアンカー、山留杭は棒部材として設定した。解析ステップは次の4ステップとした。

- ステップ① 初期応力解析 アンカー山留施工前の状態の地中初期応力解析。  
 ステップ② 山留壁施工時解析 アースアンカー、山留杭を設置し、前面土砂撤去(切土)。

図-1

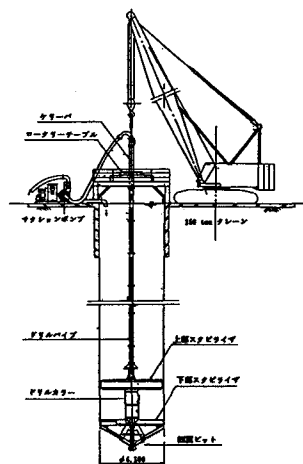
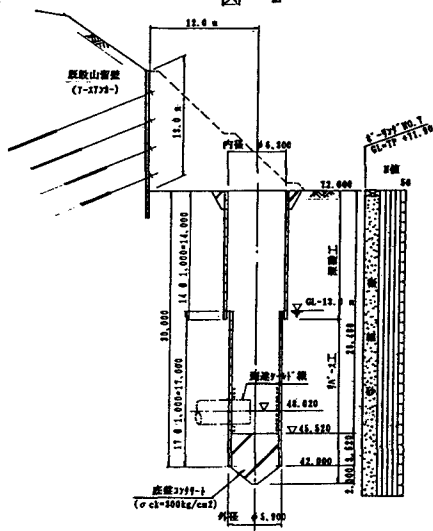


図-2



ステップ③ 立坑掘削解析1 立坑部の掘削を行う。前述のパネを設定し掘削が奥行き方向に有限であることをモデル化する。

ステップ④ 立坑掘削解析2 荷重として、立坑内に泥水圧を考慮する。

### 3. 解析結果

1) 地盤の応力度 立坑周囲の地盤の圧縮応力度を求めた。土質試験結果から地盤の許容圧縮応力度を、 $\sigma_s = 0.67 \text{ kgf/cm}^2$  と設定した。

ステップ③  $\sigma_{max} = 0.69 \text{ kgf/cm}^2 > \sigma_s = 0.67 \text{ kgf/cm}^2$

ステップ④  $\sigma_{max} = 0.29 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_s = 0.67 \text{ kgf/cm}^2$

となり、孔内に泥水圧を考慮すれば地盤の許容圧縮応力度以内となった。

2) 地盤の変位 山留壁、及び山留壁直下の地中変位量はステップ③において、14mm、ステップ④で6mmとなった。(図-3)

3) 山留壁応力 アンカーに生じる軸力、杭材に生じる断面力はステップ②～④にかけて大きな変動は無く、また応力度は部材の許容値を下回った。

この結果を踏まえ泥水を用いてのリバース工法を採用することとした。

### 4. 計測

掘削施工中に既設山留壁、山留壁直下の地盤の変位を固定式傾斜計、及び埋設型傾斜計で、また既設山留壁のアンカー張力を荷重計で計測を行い、安全の確認を行いながら施工を行う事とした。管理基準値は、ステップ③において、孔壁地盤の応力度が許容値に等しい時の変位を求め、許容変位量とし、この値の50%とした。これにより、山留壁、及び地中変位の管理基準値を7mmと定め、掘削～床付の間、この値を超える事の無いように、情報化施工により、充分な管理を行った。

### 5. 計測結果

深礎工、及びリバース工法による掘削完了までの、既設山留壁、及びその直下地盤の最大変位は、 $\delta = 4 \text{ mm}$ 程度であり、解析時の変位形状にはほぼ等しかった。その後泥水搬出完了時に最大変位  $\delta = 5 \text{ mm}$ となったが、どの状態でも管理基準値を下回り、無事立坑掘削を完了した。孔壁は偏土圧を受ける砂地盤であったが、超音波測定の結果、安定している事が判った。(図-4)

### 6. おわりに

本工事は、 $\phi 6100 \text{ mm}$ という前例の無い大口径のリバース工法で、既設山留壁に近接して立坑を掘削したものであり、種々の不確定要素があったが、事前の解析、施工中の地山挙動の把握により無事工事を完了する事ができた。リバース工法で掘削した部分は、実質的に25日間で掘り上がり、深礎工法を採用した部分も含めて約2ヶ月半で掘削を完了する事ができた。この工法は、立坑用地が狭く、工期が短い場合に有利である。今回の工事実績により、今後、リバース工法採用による立坑掘削工法は、径の小さいシールドトンネルの立坑等に採用する事も可能であると考えられる。

図-3

(STEP 3) 変位

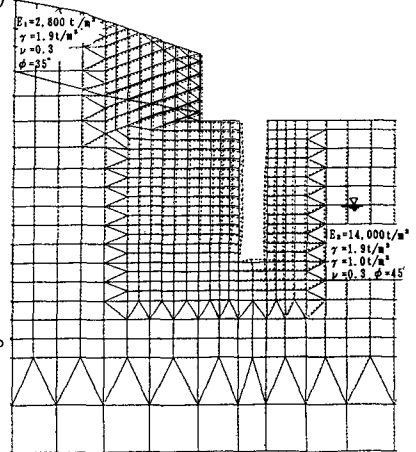


図-4

