

## 近接土留めへの影響を考慮した機械攪拌工法地盤改良の施工（その2）

### —近接土留めの事前影響検討—

西松建設(株) 土木設計部 正会員 ○高橋 寛行, 土屋 光弘  
西松建設(株) 地下鉄マリナベイ出張所 正会員 吉田 吉孝, 藤田 俊弥

#### 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>にて報告したエリア①からエリア③における計測結果を踏まえ、エリア④の地盤改良による掘削中発進立坑への影響に対し、事前に実施した影響検討の内容について報告する。

#### 2. 土留めの影響検討

発進立坑の平面形状を図-1、断面図を図-2に示す。最終掘削深度は約24m、先行地中梁を含めた地盤改良厚は18m、切梁支保工は4段である。立坑背面における地盤改良の施工時期について、当初は最終掘削前に実施する予定であったが、計画の変更を余儀なくされ、立坑掘削を先行し、最終掘削中に地盤改良を実施する必要性が生じた。そのため、当初の土留め設計時に考慮していない地盤改良により発生する偏圧に伴う土留壁の過大変形が懸念された。

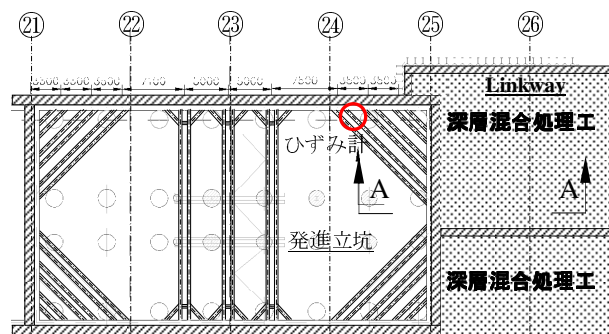


図-1 発進立坑平面図（エリア④）

##### (1) 地盤改良により発生する付加側圧

地盤改良は機械攪拌工法であり、また、周囲への影響低減工法として排土式工法および緩衝孔設置を併用している<sup>1)</sup>。発進立坑背面の施工開始に先立ち、これら影響低減工法の効果を評価するため、当工区の近接構造物が無いエリアに設置した地中傾斜計により地中変位量を計測した（図-3参照）。計測された地中変位量に対し逆解析を行うことで、地盤改良による付加側圧を評価する方法を採用した。逆解析は、弾塑性解析を採用し、解析ソフトは汎用性の高い土留め弾塑性解析ソフトを用いた。地盤改良による付加側圧は、様々な側圧分布形状が提案されており<sup>2)</sup>、今回は実測値に最も近い図-4に示す側圧分布形状とし、付加側圧の最大値は改良体天端に設定した。逆解析結果（図-3参照）より、前述の影響低減工法併用時において、付加側圧は最大で170kPa程度発生するものと考えられた。なお、この付加側圧による偏土圧を考慮するため、土留め弾塑性解析では左右非対称モデルを使用した。

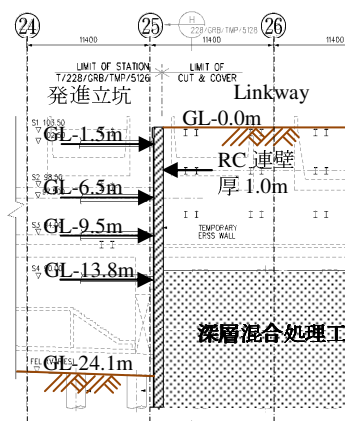


図-2 発進立坑 A-A 断面図

##### (2) 地盤改良による土留めへの影響

土留め弾塑性解析は、立坑掘削工程への影響を最小限とする最終床付から3m上まで掘削後に地盤改良を開始するケースにて検討を行った。図-5に地盤改良開始時の発進立坑内の掘削断面形状を示す。残置する先行地中梁の形状について、受働抵抗が効果的に期待できるよう天端における残地幅を6mに設定した。土留壁変形に関する解析結果を図-6に示す。

##### (3) 最終掘削による土留めへの影響

地盤改良による付加側圧および土留壁に作用する主働側圧は、土留壁背

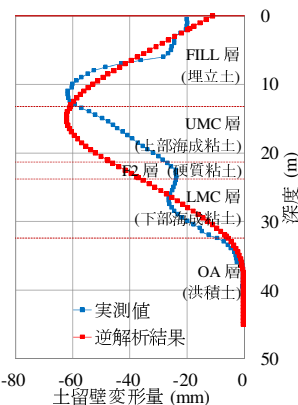


図-3 実測値と逆解析結果

キーワード 機械攪拌工法, 地盤改良, 土留め, 付加側圧, 逆解析, 管理基準値

連絡先 〒105-6310 東京都港区虎ノ門 1-23-1 虎ノ門ヒルズ森タワー10階 西松建設(株)国際事業本部 TEL03-3502-7693

面における地盤改良の硬化により減少する<sup>1)</sup>と考えられる。しかし、地盤改良時において発進立坑前面に残置する先行地中梁に圧縮応力が蓄積することや、最終掘削時においても相応の配慮が必要とされたことから、最終掘削時の解析では付加側圧の低減を考慮しないこととした。最終掘削時の土留壁変形に関する解析結果を図-6に示す。なお、切梁軸力を含め、地盤改良前、地盤改良後および最終掘削時の結果も部材の耐力内に収まっていることを確認している。

表-1 事前検討結果まとめ

|       | 土留壁最大変形量 mm | 4 段目切梁反力 kN |
|-------|-------------|-------------|
| 地盤改良前 | 26          | 5,642       |
| 地盤改良後 | 48          | 9,478       |
| 最終掘削時 | 68          | 12,968      |

### 3. 計測計画

事前解析結果に基づき施工管理基準値を設定するが、前報<sup>1)</sup>の地中変位計測より、改良杭各列による土留めへの影響度合いが異なることが明確となり、杭列毎に管理基準値の設定を行った(表-2参照)。最終掘削時の管理基準値も表-2に示す。なお、表中に示す値は、地盤改良開始後からの累計である。

1次管理値を超過した場合、計測頻度の増加で対応することとし、2次管理値を超過した場合、地盤改良中は1日あたり打設杭本数の制限と前列改良杭養生期間の延長(4日以上)で対応する。また、最終掘削時は掘削範囲を小分割するとともに、局所的にスラブの先行打設を行う補助対策を計画した。

切梁軸力はひずみ計による自動計測、土留壁変形量は当該位置に孔内傾斜計を設置していなかったため、プリズム測量により確認することとした。計測頻度について、ひずみ計は15分間隔、プリズム測量は1日2回(施工前後)とした。なお、土留壁変形のプリズム測量を補完するため、別途、下げ振りにより現場で土留め壁の挙動を目視確認できる計画とした。

表-2 施工管理基準値

|       | 地盤改良時     |      |       |                 |       |       | 最終掘削時     |                 |
|-------|-----------|------|-------|-----------------|-------|-------|-----------|-----------------|
|       | 変位増分 (mm) |      |       | 4 段目切梁軸力増分 (kN) |       |       | 変位増分 (mm) | 4 段目切梁軸力増分 (kN) |
|       | 1 列目      | 2 列目 | 3 列以降 | 1 列目            | 2 列目  | 3 列以降 |           |                 |
| 1次管理値 | 7         | 11   | 15    | 1,350           | 2,250 | 2,700 | 30        | 5,200           |
| 2次管理値 | 10        | 16   | 20    | 1,900           | 3,200 | 3,800 | 40        | 7,300           |

### 4. おわりに

今回のように機械攪拌工法で厚く(最大30m)、高強度でセメント量の多い(改良対象土量1m<sup>3</sup>あたりのセメント添加量240kg)改良を行う場合、周辺に与える影響は大きいものとなる。図-7に示す土留壁変形量の解析値と実測値の比較(地盤改良施工前の変形は除外)から、両者にかい離はあるものの安全側の事前解析であったと考える。

**参考文献** 1) 吉田ら：近接土留めへの影響を考慮した機械攪拌工法地盤改良の施工(その1), 土木学会第72回年次学術講演会, 2017。(投稿中) 2) 平出ら：深層混合処理の施工に伴う周辺地盤変位のメカニズムと変位予測についての考察, 応用地質年報 No.18, 1997.

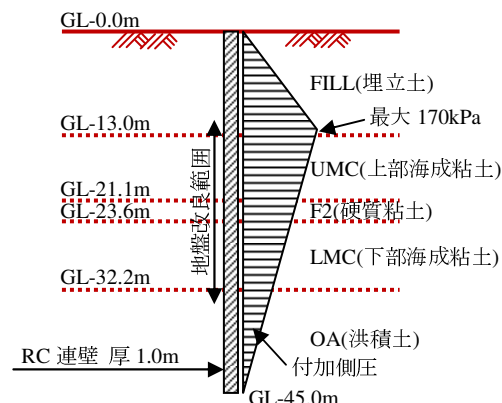


図-4 採用した付加側圧形状

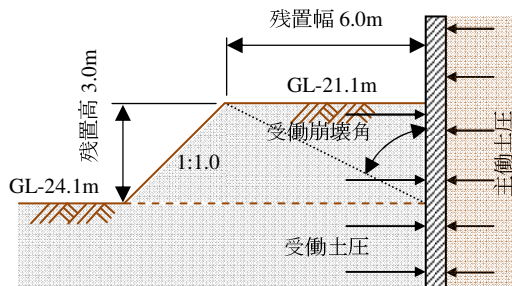


図-5 発進立坑内の掘削断面形状(地盤改良開始時)

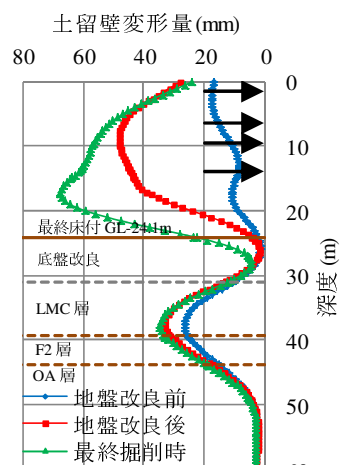


図-6 事前解析結果

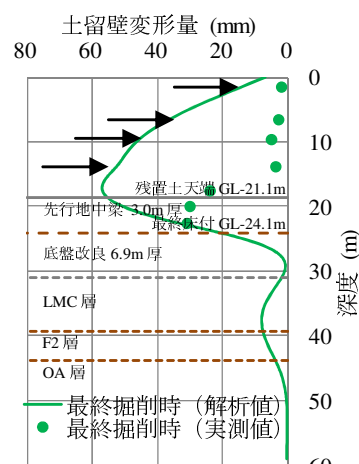


図-7 解析と実測の比較