

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3）

—近接土留めの実挙動と考察—

西松建設(株) 国際事業本部 正会員 ○草野 孝三

西松建設(株) 地下鉄マリナベイ出張所 正会員 吉田 吉孝

西松建設(株) 技術研究所 正会員 佐藤 靖彦

1. はじめに

掘削中の立坑背面で機械攪拌工法による地盤改良を施工するにあたり、地盤改良が立坑土留めへ与える影響について、事前検討を行い、地盤改良施工時および立坑掘削時における施工管理基準値を設定し、実際の施工を行った^{1),2)}。本論文では、事前解析結果と実測値の比較を行い、両者の乖離について考察を述べる。

2. 解析結果と実測値の比較

計測対象は土留壁変形量および切梁軸力であり、計測頻度および施工管理基準値は前報²⁾で報告の通りである。プリズム計は、立坑掘削の進捗に合わせ設置した（図-1参照）。

立坑背面で地盤改良を開始するにあたり、地盤改良による土留壁の変位抑制を主眼に置き、残置土の高さを事前解析条件の3.0mから実施工では5.5mに変更した。なお、最終掘削時は、掘削を小分割し局所的にスラブを先行打設したり、追加切梁等の対応が図れ、想定外の変位増加等に対応が可能である。

機械攪拌式深層混合処理工による周囲への影響を低減するには、①セメントスラリー吐出に伴う地中内体積膨張による地中変位の低減、②セメントスラリー硬化に伴う液圧の減少および③地中残留圧の蓄積抑制が必要となる。これらに対し、排土式工法および緩衝孔設置の対策以外に、実施工では以下の追加対策を講じたこととした。①地中変位の低減：緩衝孔の下端深度を立坑最終床付付近となるGL-25mに設定（エリア②¹⁾より更に10m深く）、②液圧の減少：改良体若齢時における養生期間を4日以上に設定、③残留圧の蓄積抑制：改良杭打設手順として立坑近傍杭列から開始するとともに、棲壁中央から外側へ片押し施工とする。

計測結果について、GL-17.5mにおける土留壁変形量の経時変化を図-2に、火打ち梁軸力の経時変化を図-3に示す。地盤改良時、土留壁変形量および火打ち梁軸力共に、1次管理値内であり、かつ、改良杭4列目以降（4月26日以降）は増加傾向が収束している。以上の計測結果に基づき、当初計画通り、改良杭5列目施工完了後から立坑内の最終掘削を開始することとした。

図-4に各深度における土留壁変形量の経時変化を示す。掘削の進行に伴いプリズム計を設置するため、プリズム計設置前にお

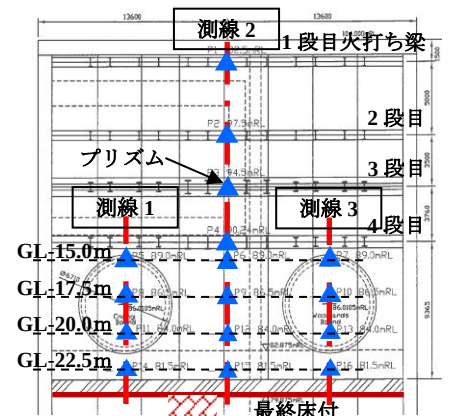


図-1 プリズム計測位置

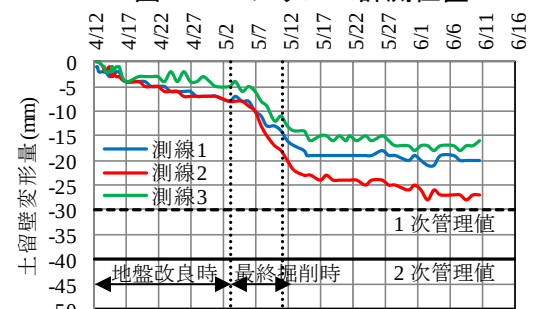


図-2 土留壁変形量 (GL-17.5m) 経時変化

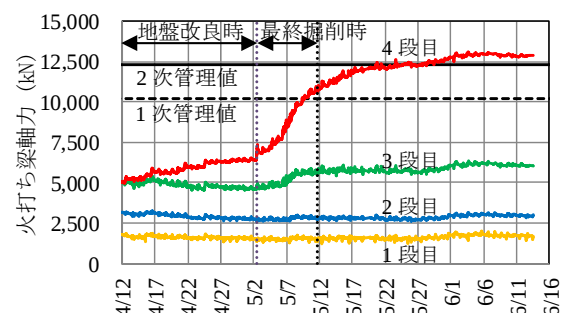


図-3 火打ち梁軸力経時変化

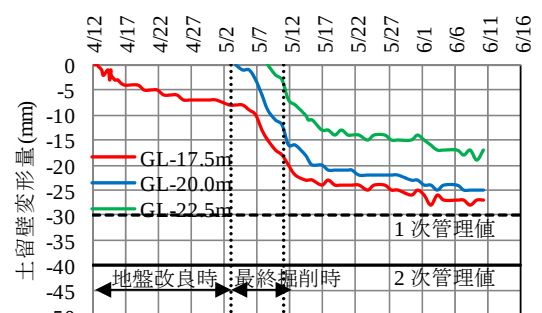


図-4 深度別土留壁変形量経時変化

キーワード 機械攪拌工法, 地盤改良, 土留め, 付加側圧, 2次元解析, 計測

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 TEL03-3502-7639

ける土留壁変形量は未知であるが、図-4からプリズム設置直後の変形増分勾配と一つ上のプリズムの変形増分勾配が同程度であることが分かる。これより、プリズム設置直前の段階で一つ上のプリズムと同程度の変位量であると考えられ、地盤改良開始からの土留壁最大変位量は35mm (GL-20.0m位置) となる。図-5に土留壁変形量について事前解析結果と実測値の比較を示す。

3. 考察

事前解析結果と実測値の乖離の原因として、(1) 残土高さの違い、(2) 付加側圧の影響、(3) 解析モデルの三点が考えられる。

(1) 残土高さの影響について

最終掘削時の実測値が事前解析結果と乖離した理由として、実施工の残置土高さが2.5m高い点が挙げられる。残置土高さの影響を把握するため、事前解析時に用いた残置土高さ3.0mと実施工の残置土高さ5.5mの比較解析を行った結果、土留壁変形量に与える影響は最大で約10mmの増分、4段目火打ち梁軸力に与える影響は約2,000kNの増分であり、残置土の高さが土留壁変形量に与える影響は軽微であることが確認された。

(2) 付加側圧の影響について

図-5に示す事前解析結果は、地盤改良による付加側圧を170kPaと仮定したケースであり、土留壁変形量の実測値は事前解析結果の5~7割程度であり、実際に土留壁へ作用した付加側圧が小さいためと考えられる。付加側圧を事前解析の半分となる85kPaとした場合(残置土高さ5.5m)の比較解析結果を図-6および表-1に示す。付加側圧を85kPaとした解析結果は、地盤改良開始以降、実測値と解析値が近い値を示している。

(3) 解析モデルの影響について

棲壁背面の地盤改良による付加側圧が偏土圧として作用すると想定し、事前解析は左右非対称の側圧を考慮する解析モデルとしたため、4段目火打ち梁以浅において棲壁の土留壁が押し出される解析結果となっていた。しかし、図-6に示すように、1~4段目腹起しに設置したプリズム計測結果からは土留壁が大きく押し出されていないことが確認される。これは、地盤改良により発生した付加側圧により反対側の土留壁が背面側に押し戻されようとするが、土留壁背面側に周面摩擦力が作用し、4段目火打ち梁以浅において立坑土留め全体で抵抗したためと考えられる(図-7参照)。より合理的に評価を行う場合、3次元FEM解析の実施が望ましい。

4. おわりに

3次元挙動をする立坑土留めにおいて2次元解析を基に影響評価を行ったが、地盤改良による影響を付加側圧として解析に考慮する手法は、簡便かつ実務的であり、付加側圧の数値を変更することで予測精度の向上が図れる。今回のように時間の制約等で2次元解析を行う場合、切梁軸力は左右対称モデル、土留壁変形量は左右非対称モデルの解析結果から施工管理基準値を設定すれば、より安全側の管理が行えるものとする。

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) 高橋ら：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2), 土木学会第72回年次学術講演会, 2017. (投稿中)

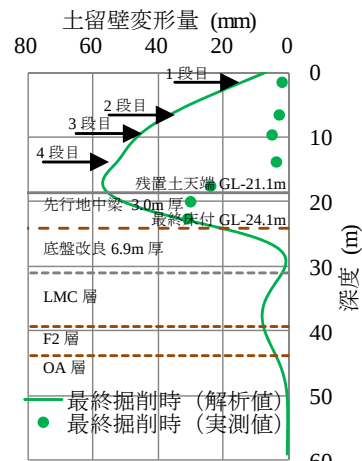


図-5 解析と実測の比較
(付加側圧 170kPa)

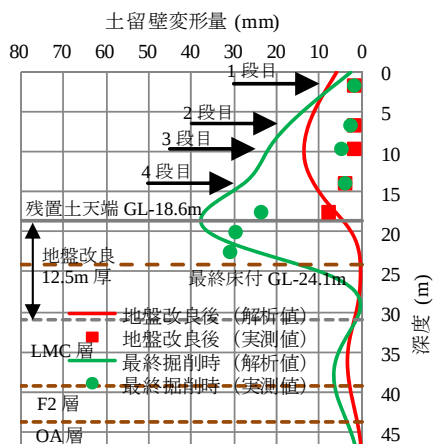


図-6 解析と実測の比較
(付加側圧 85kPa)

表-1 軸力実測値と解析値
(付加側圧 85kPa)

着目点	地盤改良後(kN)		最終掘削時(kN)	
	実測値	解析値	実測値	解析値
4段目	1,377.4	1,405.8	7,013.7	6,278.1

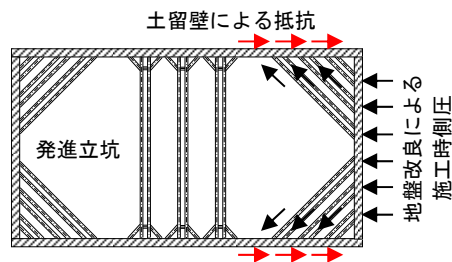


図-7 立坑土留め全体での抵抗