

円形立坑におけるリング状地盤改良

五洋建設（株）

正会員 ○土居 勇登

正会員 原 純二

1. はじめに

シールド工法における発進・到達立坑では多くのケースで円形立坑が採用されている。土質条件や立坑形状（平面寸法・立坑深度）等により、土留め壁の安定を図ることを目的として、先行地中梁および床付面以深の底面改良等の地盤改良が施工される。地盤改良に係る工期およびコストが全体工事に占める影響は大きく、近年の「工期短縮」、「コスト縮減」、「環境負荷低減」といった社会的ニーズに応えるため、新しい地盤改良の手法が必要である。本稿では、円形立坑における地盤改良工法で、上記社会的ニーズに応えることが可能な手法を提案し、実施における施工結果を報告する。

円形立坑

2. 工法の概要

地盤が軟弱で十分な受働抵抗が得られない場合は、通常、立坑内面の全体にわたって地盤改良を行い、土留め壁背面からの側圧に対して、地盤改良体の圧縮抵抗により土留め壁を支持する（図 1）。

本工法は、立坑の円形形状に着目し、立坑内縁に沿ってリング状に地盤改良を行う（図 2）。土留め壁背面からの側圧はアーチアクションにより、リング状の改良体に軸方向圧縮力として作用するものとする。さらに、偏土圧による曲げモーメントに対しても十分な断面剛性を持つ地盤改良工法および改良範囲を設定し、リング状の地盤改良体で土留め壁の安定を図るものである。

3. 実施工の概要

1) 立坑形状および土質条件

本工法はシールド工法の発進立坑（内径φ10.1m、掘削深度GL-22.79m）の床付面以深の底面改良に採用した。立坑断面形状を図3に示す。なお、地下水位がGL-1.65mと高く、かつ、掘削底面の土質が東京層砂質土層（Tos層）であり、ボーリングの発生が懸念されることから、遮水壁を難透水性の上総層（Ka層）に1.75m貫入させることで掘削底面の安定を図った。

2) 地盤改良工法

地盤改良は、床付面以深の地盤強度を増加させ、土留め壁の安定を図る先行地中梁として施工した。地盤改良工法は、高強度の改良体を造成できる高圧噴射攪拌工法（Superjet35 工法、改良径 $\phi 3.3\text{m}$ ）を選定し、改良杭を立坑内縁に沿ってリング状に配置した。

3) 改良範囲の算定

改良体の応力度照査は、土留め壁背面からの等側圧による軸方向圧縮力と偏土圧による曲げモーメントを同時に受ける部材として行った。改良体の曲げ引張抵抗力は圧縮抵抗力に比べて小さいため、改良体に曲げ引張力が作用しない有効厚を算定し、改良体ラップ位置で必要有効厚($t=2.17\text{m}$)を確保可能な改良径、改良杭配置を検討した(図4、図5)。

なお、本検討では改良体に作用する軸方向圧縮力が卓越することより、全断面圧縮部材として改良体の応力度照査を行った。

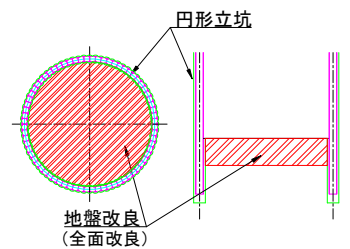


図 1 地盤改良図（従来工法）

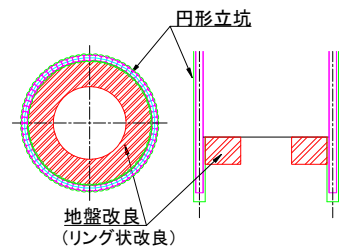


図 2 地盤改良図 (本工法)

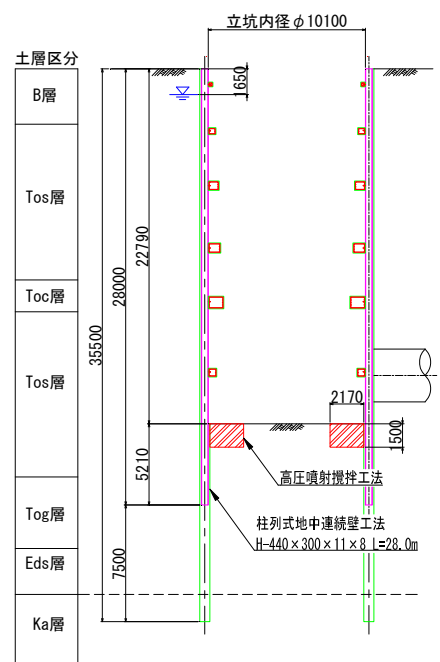


图 3 立坑断面图

キーワード 円形立坑, アーチアクション, 高圧噴射攪拌工法

連絡先 〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8 五洋建設（株）東京土木支店 技術部 T E L 03-3817-8863

4. リング状改良の適用性確認

1) 弾塑性解析における全面改良とリング状改良の比較

実施工前に土留め壁の弾塑性解析を実施し、全面改良とリング状改良の解析結果を比較した。解析に使用した地盤改良体の物性値¹⁾を表1に、解析結果を表2に示す。弾塑性解析の結果、両ケースとも芯材応力度は許容値を満足し、芯材変位量の最大値は、最終掘削時において全面改良時に $\delta_{max}=35.9\text{mm}$ 、リング状改良時に $\delta_{max}=47.5\text{mm}$ となった。

2) 実施工における変位計測

実施工における地盤改良効果を確認するため、土留め壁芯材に挿入式傾斜計を設置し、掘削および支保工設置に伴う施工ステップに合わせて芯材変位量を計測した。

3) リング状改良の適用性

弾塑性解析における芯材変位量は、リング状改良時は全面改良時に比べて大きくなるが、両者の差は比較的小さく、ともに芯材応力度も許容値を満足していることから、実施工でもリング状改良が適応可能であると判断した。

実施工におけるリング状改良時の芯材変位量は解析値よりも小さく、実施工においても弾塑性解析の結果と同様に、土留め壁の安定が確保されていることが分かった。弾塑性解析および実施工における芯材変位図を図6に示す。

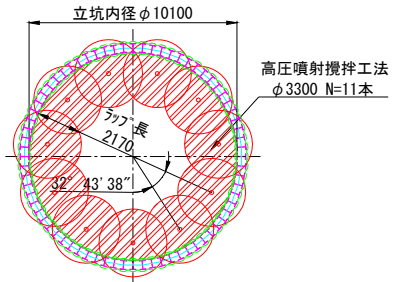


図4 改良杭配置平面図

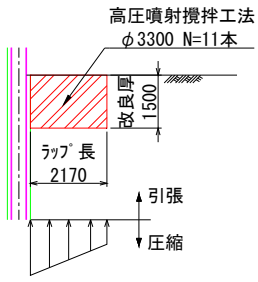


図5 ラップ部断面図および応力分布モデル

表1 地盤改良体物性値

一軸圧縮強度	$q_u = 300 \text{ MN/m}^2$
粘着力	$c = 500 \text{ kN/m}^2$
変形係数	$E = 300 \text{ MN/m}^2$

表2 弾塑性解析結果

	全面改良	リング状改良	許容値
曲げ応力度 σ	191 N/mm ²	194 N/mm ²	210 N/mm ²
せん断応力度 τ	94 N/mm ²	87 N/mm ²	120 N/mm ²
芯材変位量 δ	35.9 mm	47.5 mm	

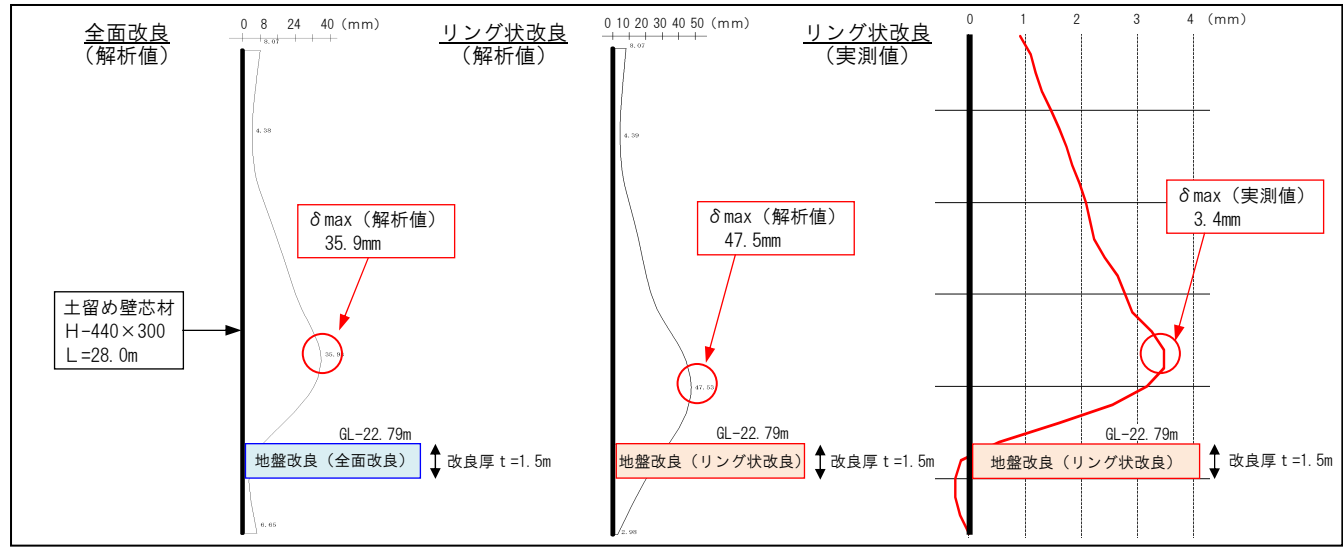


図6 芯材変位図(最終掘削時)

5. 考察

上記結果より、円形立坑内縁に沿ってリング状に地盤改良体を造成し、立坑中心部の地盤改良を省略した場合でも、従来の全面改良と同様に先行地中梁としての効果が確認できた。これは、土留め壁背面からの側圧をリング状に軸方向圧縮力として地盤改良体に伝達できたためと考えられる。また、二次元弾塑性解析と実施工の芯材変位量の差は、円形立坑のリング効果により、土留め壁背面からの側圧がリング状に軸方向圧縮力として作用したことが要因として想定される。

本工法は、比較的径の小さい円形立坑において、本ケースと同様に地盤改良体に大きな曲げ引張力が作用しない場合に適用可能であると考えられる。立坑中心部の地盤改良省略に伴い、施工数量を削減でき、「工期短縮」、「コスト削減」および施工時の排泥量の削減により「環境負荷低減」の可能性はある。

参考文献

- 1) Superjet 工法 技術資料 平成24年12月 Superjet 研究会