

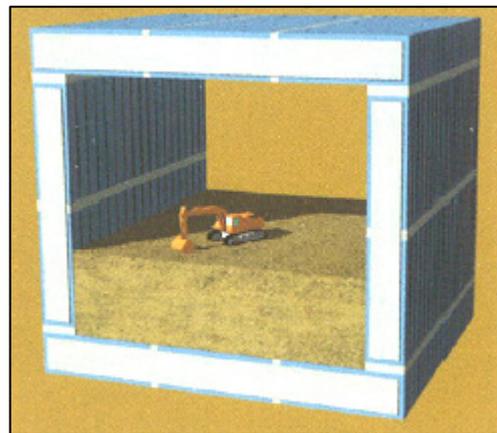
28. 転倒ベッセル式大容量揚土システムの開発

山崎建設株式会社 ○川村 誠司
山崎建設株式会社 松岡 芳朗

1. はじめに

当工事はMMS T（マルチマイクロシールドトンネル）工法で施工中の首都高速川崎縦貫線（大師JCT～殿町）において、外殻部をマルチマイクロシールドで掘進して外殻躯体を構築後、両端の立坑より内部掘削土を揚土する工事である。

当工事ではトンネル内部掘削で大幅に工程を短縮する必要にせまられ、クリティカルとなる立坑からの揚土の急速施工を可能とする「転倒ベッセル式大容量揚土システム」を開発し、施工した。以下にその概要を報告する。



（図－1）

マルチマイクロシールドトンネル（MMST）工事において内部土砂の掘削・搬出を担当。

2. 施工法の決定までの経緯

（1）施工法の検討

当工事においては、図－1 に示すようなトンネル内部掘削（掘削断面：高さ18m、幅22mの長方形、トンネル延長540m）の施工に当たり、下記の条件が示された。

- ・ 施工期間 7ヶ月（実稼働175日）
- ・ 日当たり最大施工量 1,120m³（14.5時間稼働）、時間当たり80m³
- ・ 地元対策の実施（周辺住民に不快な振動・騒音を極力抑える）

通常の揚土においては、テレスコ式クラムシェルやワイヤークラムなどの建設機械を中心に選定するが、上記の条件をクリアする為には「大量揚土システム」を検討する必要があった。そこで揚土の各工法について当工事への適用性を比較検討した。

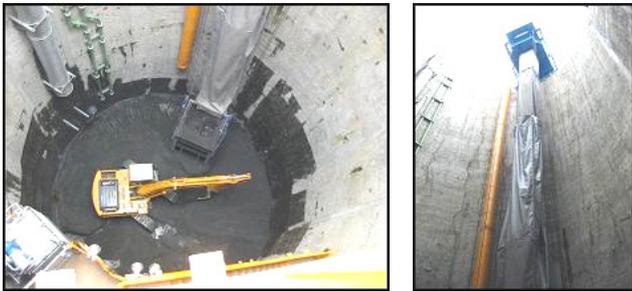
（ベルトコンベア工法）

通常、深さ30m程度の立坑で施工量を確保し、振動・騒音をクリアする工法には、垂直ベルトコンベアや傾斜ベルトコンベアがある。

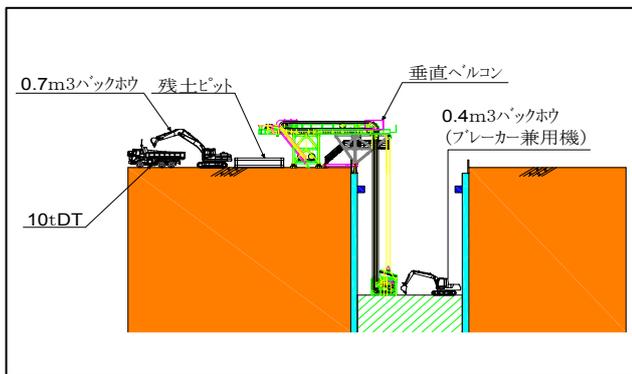
写真－1及び図－2に示す様な垂直ベルトコンベアはコストがかかるが、確実に騒音を抑えられる。

しかし内部掘削の対象土が図－3にあるように有楽町層の粘性土である為、ベルトコンベアへの付着が予想され、80m³/Hの作業量を保証できない。

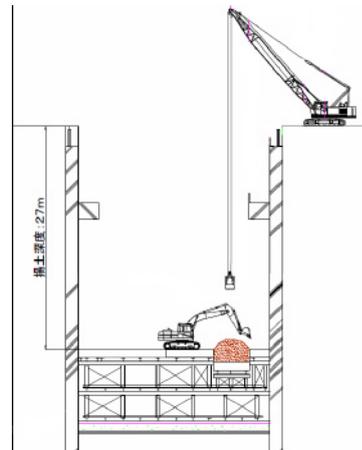
傾斜ベルトコンベアは粘性土に対する運搬性は垂直ベルトコンベアより高いが、設置撤去時間が長くなり、設備投資がかかる上、設備が立坑を占有する為、資機材の搬入が制約される等の問題が予想された。



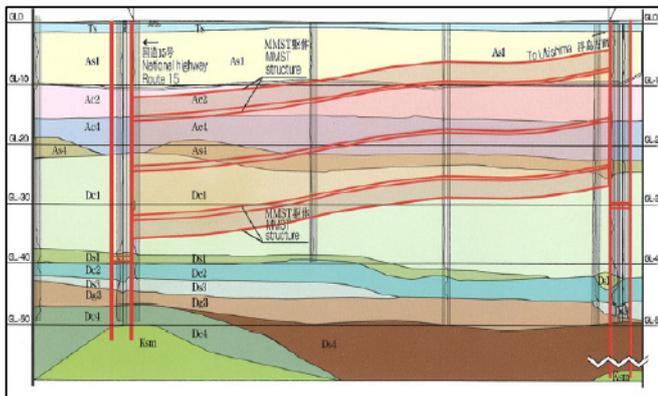
(写真-1) 垂直バルコン使用現場の例



(図-2) 垂直バルコン使用現場の例



(図-4) ワイヤークラム工法イメージ



地質層序表 Soil layer					
地質名 Geological name	層相 Facies	記号 Symbol	地質名 Geological name	層相 Facies	記号 Symbol
埋土 盛土 embankment	砂質土 Sandy	Ts	七号地層 相当層 No.7 and equivalent Tachikawa and equivalent	粘性土 Clayey	Dc1
		As1		砂質土 Sandy	Ds1
有楽町層 相当層 Yurakucho and equivalent	粘性土 Clayey	Ac1	相模層群 相当層 Sagami group and equivalent	粘性土 Clayey	Dc2
		Ac2		粘性土 Clayey	Dc3
		Ac3		粘性土 Clayey	Dc4
		Ac4		砂質土 Sandy	Ds3
	砂質土 Sandy	As1	上総層群 Kazusa	砂質土 Sandy	Ds4
		As2		礫質土 Gravel	Dg3
		As3		固結シルト層 砂質土 Sandy	Ksm
		As4			

(図-3) 地質図

(ワイヤークラム工法)

工程面及び揚土能力より2セットによる揚土が必要となる。

その場合、作業半径・敷地面積から作業としては可能であるが、地上における2台のワイヤークラムの旋回時の接触、坑内におけるクラムバケットと積込バックホウとの接触の恐れ等安全上のリスクは非常に大きいものとなる。施工のイメージを図-4に示す。

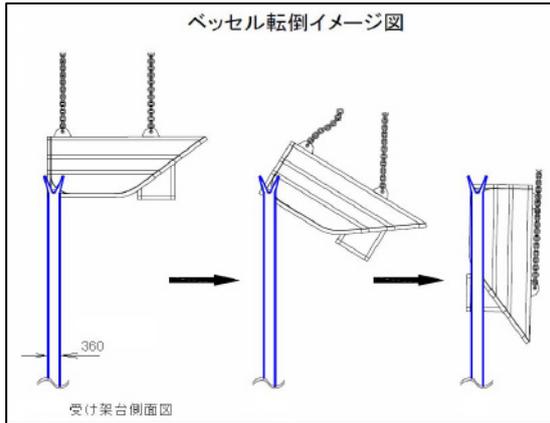
(ベッセル工法)

ベッセル揚土はクレーンでベッセルを揚げ下げする為、設備がシンプルでベッセルの容量を大きくすることにより、作業量を確保できる。しかし、ベッセルを下ろす時の衝撃や振動が大きく、立坑内部にワイヤとベッセルを玉掛け外しする作業員が入り、作業上危険を伴うリスクが大きい。

(転倒ベッセル工法)

転倒ベッセル工法はベッセルと揚土した土砂を排土する土砂ピットに工夫を加えた工法である。さらにベッセルの大型化により、試算上時間当たり揚土作業量80m³を可能にするとともに、立坑内部の玉掛け外し作業を省略化することができる。

転倒ベッセル式揚土システムのイメージは図-5に示す。



(図-5) 転倒ベッセル使用イメージ

(2) 施工法の決定

各揚土工法について土質、作業能力、コスト、安全性の面からそれぞれの工法について長短を検討した上で、「転倒ベッセル工法」を採用することにした。

ベッセルは揚土作業量 $80 \text{ m}^3/\text{H}$ を目標に 19 m^3 の容量のベッセルを製作した。

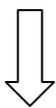
ベッセルにより地上に揚重された掘削土は、通常土と産廃土と分別してそれぞれ一旦ピットに仮置きし、再度バックホウによって積込する。運搬先は通常土で 10 km 以上あり、地上での積込ヤドの広さを考慮して、 10 t ダンプによる運搬とした。

(3) 施工の流れ

当該工事について、坑内掘削から地上における仮置土の積込みまで実際の施工の流れを写真-2に示す。

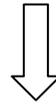
① 内部掘削及び積込 (一次)

0.8 m^3 級バックホウ及び 0.5 m^3 級バックホウ



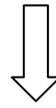
② 運搬荷降ろし

10 t 級クローラダンプ



③ 二次積込

1.4 m^3 級バックホウ



④ ベッセルによる揚土

250 t クローラクレーン



⑤ ベッセルからの荷降ろし

19 m^3 転倒ベッセル



⑥ 地上における積込 (三次)

0.8 m^3 級バックホウ



(写真-2) 内部掘削工一連の流れ

3. 施工時における改良

(1) 転倒設備の改良

転倒ベッセルの使用に当たっては、揚土作業量の確保だけでなく安全性、近隣住宅への環境対策等も考慮して、設備・備品の細かい部分について写真-3に示すような様々な改良を施工中に施した。

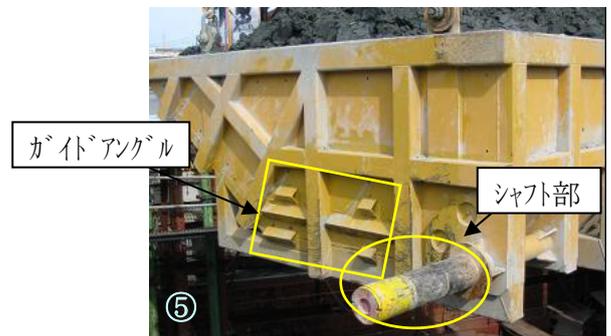
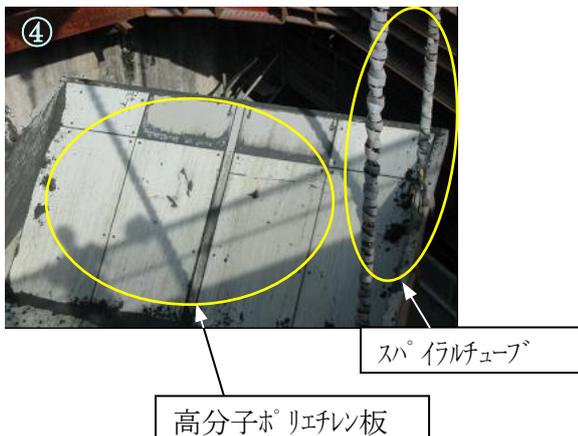
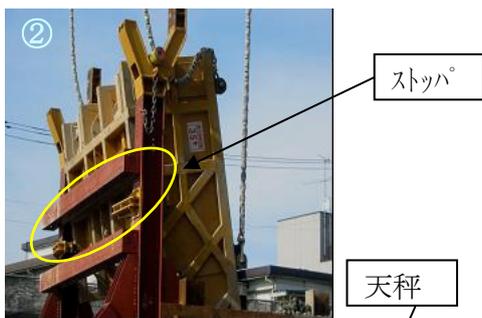
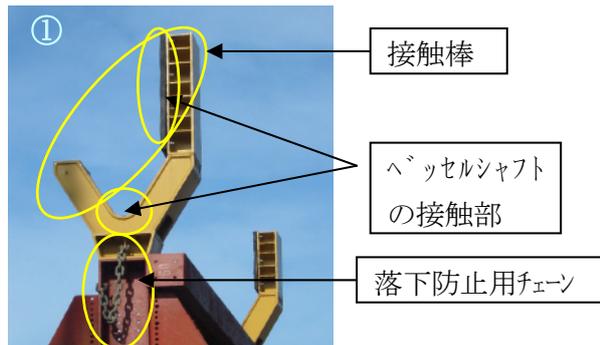


写真-3 各所における改善箇所
 ①～② ベッセル受け架台の改善
 ③～⑤ 吊り具 及び
 ベッセルの改善

①： 土砂ピット受架台からベッセルシャフトの接触部に「衝撃吸収ゴムパット」を設置した。これにより作業音を小さくすることができた。

また、接触棒の長さを変えることで、クレーンのオペレータによる回転操作をスムーズにできるようにした。ベッセルの荷下ろし作業がより容易になり生産性向上にも繋がった。

さらに荷下ろしの際、万が一ボルトが折れ込み国道側に落下することを防止する為、「落下防止用チェーン」を取り付けた。安全対策としても充分効果があった。

②： ベッセル荷下ろし時の衝撃及び騒音防止の為にベッセル回転防止の「ストッパ」を設置した。

③： 専用吊り具の金具を当初計画のワイヤからチェーンへ変更した(5m、17t用)。実作業においてはワイヤのより戻しで積込作業の邪魔になるのを防止でき、積込作業の効率の向上に繋がった。

さらに専用吊り具天秤を積込BHと反対側に寄せることで、玉掛け玉はずし

作業を省き、ベッセル直下の無人化が可能となりコスト面で効果があった。

- ④： チェーンには「スパイラルチューブ」を巻付け、チェーン同士がぶつかる時の音を消すことができ防音対策になった。

また、ベッセル内部の排土がスムーズになるように、土離れのよい「高分子ポリエチレン板」を表面に装着した。粘性土である当現場では効果があった。

- ⑤： ベッセル横壁部と受架台の接触がスムーズになるよう「ガイドアングル」を取り付けた。

さらに、ベッセルシャフト部がベッセルの転倒とともに回転するように、「ベアリング構造」にし、転倒時の金属摩擦音とベッセルが受ける衝撃を軽減する防音処理を施した。

(2) ケレン作業の改良

内部掘削後の鋼殻内部のケレン作業についても、工程上影響を及ぼす恐れが生じた。当初20m高所作業車による人力作業を計画していたが、実作業を開始したところあまりにも非効率で工事完成までに多大な労力とコストが判明した。そこでアタッチメントを作製し、機械化により人力作業の部分を削減させることにした。

写真-4①に示すような木製の回転盤に平鋼線を植え込んだアタッチメント及び②の廃棄ワイヤを再利用し、バックホウの平爪に付けた物を使用した。

内部掘削終了後、①のアタッチメントは主に天井用で、②は主に側壁用として使用した。

③は回転盤のアタッチメントの装着状況、④は同アタッチメントを使用した時の天井部におけるケレン作業の状況である。これらにより⑤のような人力作業が激減し、大幅に生産性を上げ、安全作業を実施することができた。



写真-4 ケレン作業におけるアタッチメントとケレン作業状況

4. 揚土の実績

250tクローラクレーンによる転倒ベッセル揚重のサイクルタイムは、オペレータの操作技術の熟練度合いの向上や坑内積込機械の大型化（0.8m³級バックホウから1.4m³級バックホウへの変更）により、当初の計画14分/回に対し、最小時9分/回まで短縮することができ、平均揚土作業量は80m³/H以上を確保することができた。

5. まとめ

弊社ではさまざまな揚土工法を経験しているが、当工事は工程的に大きな揚土能力を要求され、狭隘なエリアでの都市土木なので、揚重機の台数的な制限、振動・騒音等の環境面での制約があり、さらに土質は粘性土で扱いにくいという悪条件下の工事であった。

しかし、空頭制限はない点を利用し、経済性、安全面を考慮して転倒ベッセル工法を採用した。

実際の施工に当たっては、さまざまな改良を施して、環境面、安全性、生産性の改善を随時図って工事を進めた。その結果、厳しい所期の工程を達成し、無事故でトンネル内部掘削と揚土工事を終えることができた。

今後、類似の条件下での工事においては、本「転倒ベッセル式大容量揚土システム」は充分有効であるものと考えられる。大きなクローラクレーンが使用できる条件であればさらに大型化も可能と思われる。



写真－5 工事現場全景