

平成12年度

建設機械と施工法シンポジウム

論 文 集

平成12年10月25日～26日

東京・機械振興会館

社団法人 日本建設機械化協会

平成12年度

建設機械と施工法シンポジウム

論 文 集

平成12年10月25日～26日

東京・機械振興会館

社団法人 日本建設機械化協会

平成12年度

「建設機械と施工法シンポジウム」論文集

目 次

*印 口述発表者

【1】「建築とその機械」

1. 全自動ビル建設システムによる高層ビルの施工 ……………(株)大林組：*池田 雄一，
宮川 宏，大畠 勝之… 2
2. スーパーRC フレーム構法を支える新しい機械装置の開発
……………鹿島建設(株)：高橋 敬，*清水美木夫，岡 尚人… 8
3. 頂部球形仕上部（ゴールデンボール）を有する煙突工事合理化施工法の計画と実施
……………(株)竹中工務店：佐藤 豊優，菊池 公男，*岡崎 直人… 14
4. ラフテレンクレーンのパワーズーム仕様車の開発
……………(株)小松製作所：*澤藤 佐敏，長谷川 健，萩原 築… 20
5. 大型昇降ステージの開発と逆打工法への適用 ……………(株)竹中工務店：*伊藤 光生，
上浦 直樹，(株)小川製作所：三浦 拓… 26
6. 外壁板取付システムの開発
～吊荷回転誘導装置と吊芯変更バランス装置による PCa 外壁板の取付け～
……………東急建設(株)：西尾 仁，*遠藤 健… 30

【2】「基礎とその機械」

7. 浮体上からの硬質岩盤層への鋼管杭の施工 ……………鹿島建設(株)：米山 義春，
篠原 望，*高安 栄蔵… 34
8. 掘削機 5 台の遠隔操作による大型ケーソンの掘削管理
……………大豊建設(株)：小林 篤志，*今村 秀雄，宮下 政樹… 38

9. SAVE コンポーザー（静的締固め砂杭工法）の開発・実用化
 ……不動建設(株)：大塚 誠，松沢 諭，*山田 隆… 44
10. 遠心力吹付け工法の開発 ……三井建設(株)：*伊藤 達男，長野 祐司，
 東京電力(株)：飯島 政義… 50

【3】『維持とその機械』

11. 新型路面清掃機械の開発 ……建設省関東技術事務所：小笠原 保，
 持丸 修一，*田中 義光… 56
12. 非開削配水本管布設替工法（プラズマモール工法）
 ～構造物直下に埋設された水道管の布設工事の実施～
 ……清水建設(株)：*脇 登志夫，西村 哲夫，相田 浩伸… 60

【4】『自動化・ロボット化・施工管理』

13. 大規模土工事における車両総合管理システムの開発
 ……清水建設(株)：*新宮 康之，佐藤 等，大矢 隆二… 64
14. トンネル断面形状測定システム（Section Scanner System）
 ……大成建設(株)：宮崎 裕道，藤谷 俊実，*近藤 高広… 70
15. 壁面作業ロボットの石炭サイロ補修工事への適用
 ……東急建設(株)：*後久 卓哉，光永 純一，遠藤 健… 74
16. IC カードによる大型重機稼働の集中管理 ……(株)間組：*澤 正樹，奥村 敬司… 78

【5】『コンクリートとその機械』

17. 特殊形状超高 RC 塔状構造物の施工技術…(株)大林組：*原田 恒則，伊藤 正己… 82
18. トータルリフトアップフォーム工法による RC 矩形ケーソンの製作
 ……運輸省第二港湾建設局：石丸 正之，(株)大本組：*神田 浩志，
 東亜建設工業(株)：勝又 良… 86
19. ダムフォームスライド機の開発 ……飛鳥建設(株)：*多々良敏夫，栗原 敦司，
 (株)小松製作所：珍田 彰… 92

【6】『舗装とその機械』

20. 情報管路敷設ペーパの開発……………鹿島道路(株)：鈴木 泰，*渡辺 渉… 98
21. ウッドファイバーフィニッシュの開発と施工 ……大成ロテック(株)：*荒井 義昭，
松浦 千秋，多田 勝俊…102
22. マルチアスファルトペーパ (MAP) の開発と施工方法
……………東亜道路工業(株)：長谷部勝郎…108

【7】『土工とその機械』

23. スカイステーション工法 …(株)タダノ：三浦 真一，(株)ハラダ総業：富田 実，
(株)スカイフォース：*藤原 修二…114

【8】『その他の機械』

24. 簡易油回収機の開発 ……………建設省 東北技術事務所：*小川 光晴…120
25. アーバンリング工法施工報告
……………佐藤工業(株)：*今村 貴彦…124
26. パイルベント橋脚の耐震補強 “SSP 工法”
……………建設省土木研究所：福井 次郎，(株)白石：*天野 明，
ショーボンド建設(株)：丹羽 圀孝…130
27. 超大型ホイールローダの開発……………(株)小松製作所：*武部誠市郎，伊藤健太郎…134

【9】『環境・リサイクルとその機械』

28. タフコンシステム (Tough-konsystem) ～固結粘性土連続土砂改良工法～
……………東洋建設(株)：*佐々木康裕…140
29. 掘削土を再利用した地中連続壁の施工 ……鹿島建設(株)：*小滝 裕，鐘ヶ江敏樹，
森口 敏美…146
30. アスファルト再生プラント用脱臭装置について……………鹿島道路(株)：*阪田 正弘…152
31. PJ マッドスタビを活用した底泥浚渫土の処理事例 ……日本舗道(株)：田中 秀秋，
相田 尚，*那須 誠彦…156

32. 建設工事における無薬注濁水処理及び固化改質システムの開発
……九州電力(株)：*鶴田 正治，河原田寿紀，(株)ディーアイテクノ：藤嶋 大地…162

【8】『トンネルとその機械』

33. 小型・軽量で高効率のスロット削孔機の開発……(株)奥村組：*古賀 成樹，
稲葉 金正，古河機械金属(株)：金子 勉…168
34. カッタビットの耐久性試験実績……佐藤工業(株)：*的場 享，細岡 啓三，
藤久 正二…172
35. シールド掘削とセグメント組立ての同時施工による高速施工
……東京ガス(株)：保坂 尚，清水建設(株)：*宮沢 和夫，高橋 郁夫…176
36. 円形ワギング（揺動）カッターシールド工法 ……鹿島建設(株)：永森 邦博，
遠藤 哲朗，*佐々木哲也…182
37. 小断面トンネル TBM 工法におけるずり搬出システム
……佐藤工業(株)：*北村 昭久，佐々木俊明，名村 均…188
38. シールドのスポーク回転式カッタビット交換工法の開発と適用
……清水建設(株)：*久原 高志，高木 律，三菱重工業(株)：田中 淳一…192
39. 大口径下水管路補修工法の開発……(株)熊谷組：*小林 智，田中 浩和，
北原 成郎…196
40. 大型シールドマシンの水平移動の施工報告……佐藤工業(株)：*植田 大輔，
原田 敏治，藤田 邦明…200
41. トレンチャーによる中央排水溝の施工法 ……大成建設(株)：吉富 幸雄，
*大塚 勇，三浦 康文…206
42. 都市部で施工の大断面シールドの泥水処理設備……佐藤工業(株)：*朝倉 猛，
小俣 文良，酒井 孝治…210
43. 既設トンネル覆工背面空洞のコンパクトな新充填システム
……清水建設(株)：*河野 重行，木内 勉，澤田 正雄…216
44. 勾配12%を含む上水道を急勾配搬送システムで施工 ……大豊建設(株)：福嶋 泰治，
春木 優，*寺嶋 良…220
45. 複線泥水シールドの調整槽の共有化……佐藤工業(株)：*朝倉 猛，小俣 文良，
酒井 孝治…224
46. 縦二連分岐式泥水シールド工法（H&V シールド工法）に関する施工
……西松建設(株)：*北本 正弘，小南 幸博…228

47. 泥土圧シールドの掘削土再利用における流動化処理システムの開発

……………佐藤工業(株)：*小林 拓, 花田 行和, 大浦 修三…234

48. スパイキーハンマー付きコンクリートはつり機の開発

……………(株)間組：*関 俊一郎, 芳賀 佳之…240

1. 全自動ビル建設システムによる高層ビルの施工

(株)大林組：*池田 雄一、宮川 宏
大島 勝之

1. はじめに

全自動ビル建設システム「ABC S (Automated Building Construction System)」は、建設業に従事する労働者の高齢化および技能工不足の解消、3 Kに代表される労働環境の改善を目的として開発された。ABC Sは建設現場に製造業におけるファクトリ・オートメーションの概念を導入することによって建設工事の自動化・ロボット化を図り、情報化を積極的に推進した建設システムである。作業空間を全天候型のビル建設工場「SC F (Super Construction Factory)」で覆うことによって天候に左右されない工事を実現できる。1993年、地上10階の中層ビル新築工事に初めて適用し、工場内の快適な作業空間のもと生産性の向上・安全性の向上を実現した。

今回、2回目の事例となる地上26階の本格的な高層ビル新築工事に適用するにあたり、工事規模に合わせて主要な構成要素である機械の見直しを行い、新規開発を行った。これまで、実証できた生産性・安全性の向上のほか、新規開発機械のイニシャルコストを抑えてコストダウンを図り、SC Fの組立・解体を含めたトータルでの工期短縮を目指した。本報告ではこれらの目標に対する適用結果について報告する。

2. ABC Sの概要

ABC Sは、全天候型のビル生産工場であるSC F、SC F内外に設置され、実際にビルを建設するための搬送・取付を行う施工・搬送機械（並列搬送システム）、から構成される。

2.1 SC F

SC Fの骨格は最上階の本設鉄骨を利用した屋根架構、作業空間の外周を覆い足場を兼ねた外周架構によって構成される。SC Fは本設鉄骨柱上に建てられたクライミング支柱で支持され、1フロアの施工完了後、クライミング装置により1フロア分上昇する。クライミング装置はSC F外側の柱を貫通するクライミング支柱の上部、屋根架構上に設置した。クライミング装置は油圧ジャッキ方式で、2本のペアロックシリンダを組込んだ。ペアロックシリンダは通常ピストンとシリンダが縮まりばめ状態であり、運転はアンロック圧をかけて行い、任意の位置で停止が可能である。

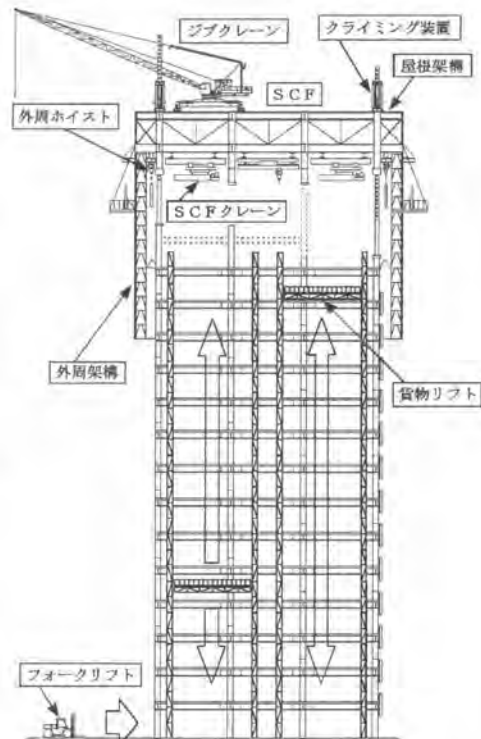


図1 ABC Sシステム断面図

2. 2 並列搬送システム

ABC Sでは、在来工法におけるタワークレーンによる揚重とは異なり、揚重・水平搬送を別々の機械を並列稼働させて行う。搬送効率が向上するため、タワークレーンと比較してSCFへの単位時間あたりの部材供給量が大幅に増加する。その結果として、飛躍的な生産性の向上が期待できる。

(1) 貨物リフト

SCFクレーンとの組合せで並列搬送システムを構成し、主として、鉄骨・PC床板などを搬送する。大型のフォークリフトによって地上運搬された鉄骨部材、PC床板などの揚重は貨物リフトで行った(写真1)。建物中央部の北寄り(図2、上寄り)、南寄り(図2、下寄り)に1基ずつ設置した。最重量部材である柱によって定格荷重を、最長尺部材である小梁によって搬器大きさを決定した。SCF内の施工階以外の途中階への揚重も可能であるため、ガラス、鉄筋の揚重をはじめ、仕上材などの先行揚重も実施した。

(2) SCFクレーン

貨物リフトによって揚重された鉄骨などの資材はSCF下面に設置したSCFクレーンによってSCF内を水平搬送し、取付を行う。建物長手方向(図2左右方向)の走行動作を基本とし、建物短辺方向の各スパンに1基ずつ計3基設置した。鉄骨柱を建方する外側2基のクレーンの定格荷重は貨物リフトと同じ13ton 旋回式とした(写真2)。中央のクレーンは外寄りに配置した貨物リフトから資材を吊れるように左右にスライド可能なスライドビーム式とし、定格荷重は7.5tonとした(写真3)。

(3) ジブクレーン

外周ホイストとの組合せで外装材専用の並列搬送システムを構成する。外周架構に設けた荷取りステージへ外装パネルを揚重するため屋根架構の上にジブクレーン JCC-120N 走行式を1基設置した。SCF解体にも利用するが、解体時には2基(U-100 走行式)増設して工期短縮を図った。

表1 機械システムの仕様

構成技術	概略仕様
SCF	W33m×L96m×H28m, 重量約2,200ton
クライミング装置	油圧ベアロックシリンダ式, 推力1960kN×22基
SCFクレーン	旋回式天井クレーン: 定格荷重13.0ton, 揚程15.0m ×2基
	スライド式天井クレーン: 定格荷重7.5ton, 揚程16.0m ×1基
貨物リフト	定格荷重13.0ton, 定格速度70m/min ×2基
ジブクレーン	JCC-120N走行式 ×1基
	解体時 U-100走行式×2基増設
外周ホイスト	4.8+4.8ton 2連ホイスト ×2基

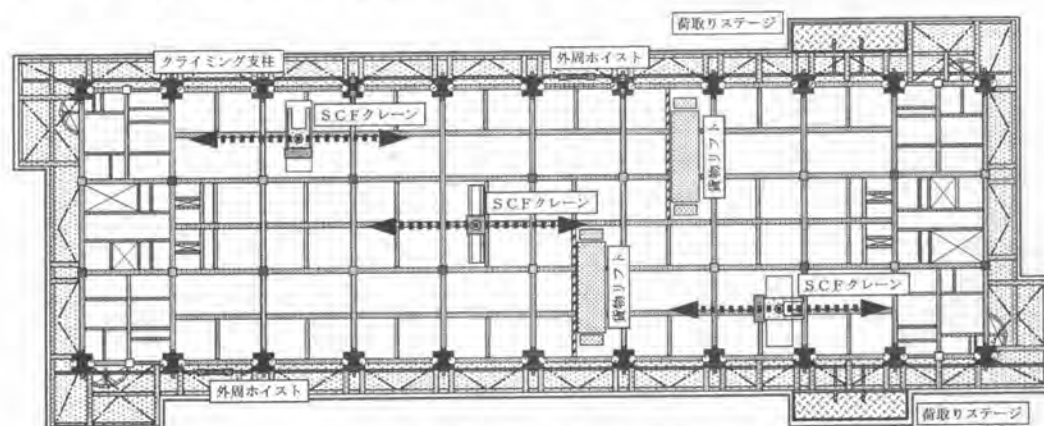


図2 ABCSシステム平面図

(4) 外周ホイスト

建物長手方向の外装パネルは、荷取りステージへ揚重された後、外周架構と建物との間に設置した外周ホイストによって運搬・取付を行う(写真4)。長手方向に1基ずつ(図2、上下)、計2基設置した。

2.3 機械システムの改善点

今回工事では工事規模に合わせてシステムの改良を行った。初回工事と比較した改良点をまとめる。

- ・クライミング装置にベアロック式油圧ジャッキを採用した。初回のラック・ピニオン式と比較して装置が軽量化し、組立・解体時の作業性が向上した。また、クライミング手順を工夫し、本設柱の半数に設けたクライミング支柱でSCFを支持できるようにしたため、装置の費用を大幅に削減させることができた。
- ・貨物リフトの定格荷重を最重量部材である柱に合わせて13tonにアップし、搬送効率アップのため定格速度も40m/minから70m/minにアップさせた。
- ・柱を吊るSCFクレーン(旋回式)の定格荷重も同様に13tonにアップさせ、中央のSCFクレーンは両側の貨物リフトから荷取りできるようスパン外に吊点を移動できるスライドビーム式とした。
- ・本格的な高層ビルへの適用に合わせ、解体用にジブクレーンを屋上に設置した。ABCsによる工事期間中は外装パネルの揚重に使用し、外装パネルの揚重システムを貨物リフトから独立させた。その他、付属するエレベータ棟の建方にも使用し、稼働率を高めた。
- ・SCFクレーンで建物内側から大型の外装パネルを取付けるのは困難であるため、外周ホイストを設置し、ジブクレーンと組合せることによって揚重から取付までの搬送システムを完全に独立させた。

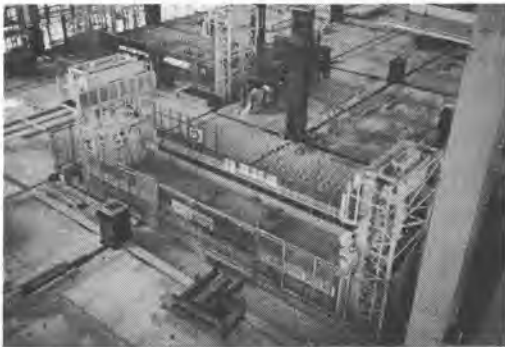


写真1 貨物リフト



写真2 SCFクレーン(旋回式)



写真3 SCFクレーン(スライド式)



写真4 外周ホイスト

3. 適用工事概要

ABC Sを適用した現場の工事概要を表2に、総合仮設計画を図3に示す。建物の概要は敷地南端に位置する高層棟（3×10スパン）とその北側に付属する1×2スパン分のエレベータ棟、高層棟を低層部西よりの部分で南北に貫く食堂棟、高層棟北側の敷地の大部分を2Fレベルで覆う人工地盤に大きく分けられる。

<SCF組立時>

ABC Sによる施工は高層棟の基準階となる7F～26Fで行った。SCFはRF部分とし、7F床コンクリート打設後、SCFの組立工事に入った。組立工事は東西南北の4面から大型のクローラクレーンにて行い、周囲の低層階工事と調整を行いながら効率良く行った。

<ABC S稼働時>

ABC Sによる工事期間中、鉄骨やPC床板などの部材は現場搬入後、高層棟西側のストックヤードへ建方順番にしたがって仮置きし、梁やPC床板は効率良く先行揚重を行うためパッキングを施した。外装PCパネルやアルミパネルは高層棟東側に搬入し、ジブクレーンによって揚重した。エレベータ棟の建方はジブクレーンによる在来工法で、外装材揚重のサイクル工程の合間に行った。

<SCF解体時>

26Fの躯体工事が終了すると26Fの柱頭に本設屋上階となるSCFを定着させ、建物と一体化させる。その後、あらかじめ2基増設していたジブクレーンによってSCFの仮設部分の解体を順次行った。建物内部では、SCFクレーン、貨物リフトの解体工事を並行して行った。

表2 工事概要

工事場所	川崎市中原区
階数	地下2階、地上26階、塔屋2階
構造	地下：SRC造、一部RC造 地上：SRC造（3階床まで）、S造
延床面積	79,752m ²
用途	事務所
工期	1997年10月1日～2000年1月31日
ABC Sによる施工	7階～26階
ABC S施工床面積	約2,730m ² ×19F=51,900m ²
ABC S稼働期間	5ヶ月

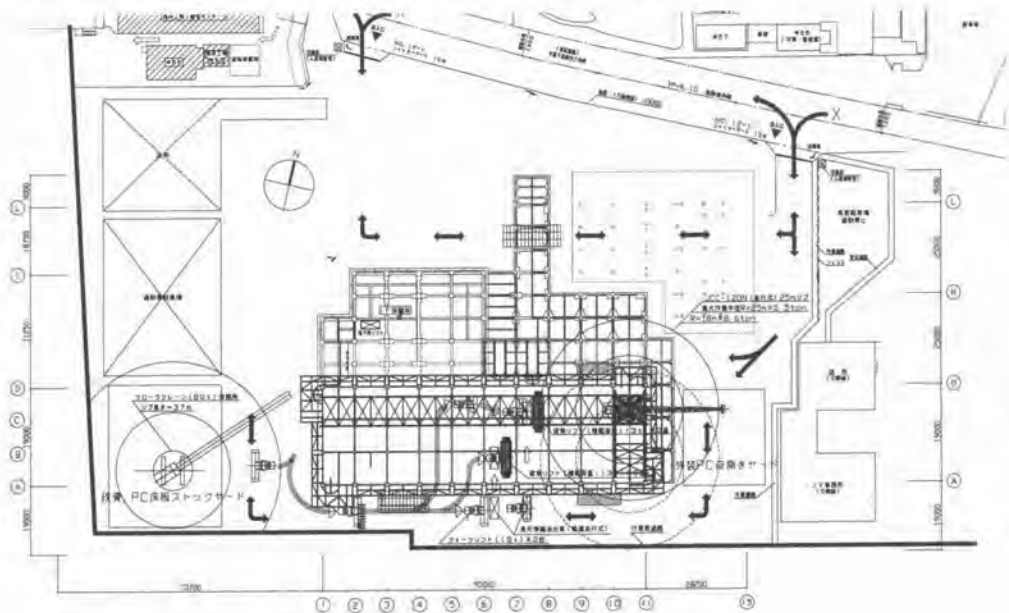


図3 総合仮設計画

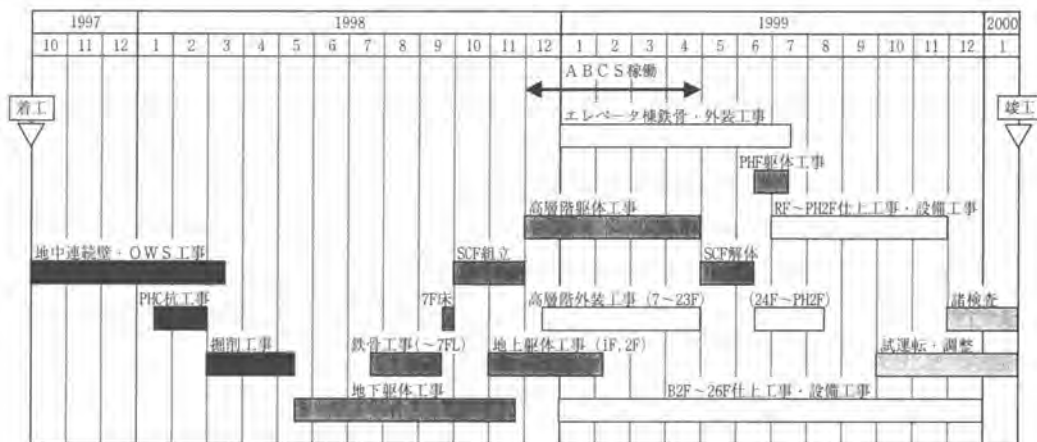


図4 全体工程表

4. 適用結果

4.1 全体工程

全体工程表を図4に示す。SCF組立工事・機械の調整期間として約2ヶ月要した。ABC Sによる施工は7F立ちあがりから26Fまでの計19フロアで、約5ヶ月で終了した。26Fの施工終了後、順次解体工事に着手し、SCF定着作業を含んで約1ヶ月半で終了した。

4.2 サイクル工程

サイクル工程を図5に示す。図中のNFは躯体工事の施工階であり、N-3Fまで外周架構で覆われている。NFでは、前半の3日間で中央1スパンの工事が終了するとSCFを降下させ、新たに建方した中央スパンの柱にもSCFの荷重をあずける。後半3日間で外側の2スパンの工事を行う。最終日にSCFをクライミングし、次のサイクル工程へと進む。

4.3 生産性の向上

ABC Sと在来工法における床面積あたりの労務歩掛りの比較を図6に示す。同図の在来工法は今回の工事において在来工法で行ったフロアのデータの集計であり、ABC Sのデータは20Fのデータである。参考として前回工事のデータも付加した。同図から、ABC Sの労務歩掛りは在来工法と比較して約60%であった。また、前回の適用結果とほぼ同等の労務歩掛りを達成することができた。

4.4 作業安全性の向上および作業環境の改善

(1) 安全性の向上

外周架構の足場があるため外周部の作業が安全に行えた。また、床にトラス筋やコッターなどの突出物のないハーフPC床板を採用したため、フラットで堅固な作業床が常に確保できたため、ボルト本締

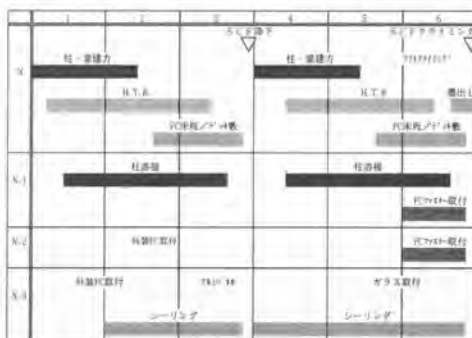


図5 サイクル工程

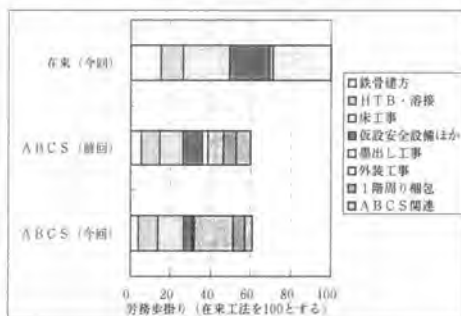


図6 労務歩掛りの比較

め作業は高所作業車を使用し、安全に行えた(写真5)。

鉄骨工事やPC床板敷込工事はSCFクレーンによって行ったが、オペレータが作業場所近傍に常にいるため遠隔にて操作を行うタワークレーンと比較して操作の確実性、状況判断ともに優れ安全性が向上した。

(2) 作業環境の改善

作業環境がSCFにより覆われるため、作業は天候の影響を受けない。このため、ボルト本締めや溶接作業、外装工事のシーリング作業などにおいて良質な作業環境が維持でき、品質の向上に貢献した。

ABCによる工事における作業環境への影響について分析するため作業員を対象としたアンケートを実施した。対象はABCSに関係した多能工、薦・土工、鍛冶工、墨出し工など合計120名である。アンケート結果を図7に示す。同図は5点満点で採点した職種別の平均点を表したものであり、概ねSCFによる作業環境の改善に関する項目を肯定している結果となった。

4.5 自動化

SCFクレーンの自動運転は玉掛けから取付位置決め、玉外しまでの全自動運転ではなく、玉掛け、巻上げ後の走行動作から取付位置近傍までの部分的自動運転とした。初回の工事における自動化レベルは非常に高かったが、費用対効果のバランスが悪かった。今回工事では自動化レベルを限定することでコストダウンを図り、当初の目的は達成できた。

5. おわりに

ABCは天候に左右されやすく、高所での危険要因を多く含む建設業における作業を改善するため、製造業における工場のように快適な作業空間のもと安全に建築生産を行うことを目的として開発された。開発当初から現在に至るまで建設業を取り巻く環境が激変したことで、ABCの目指す方向も自動化・無人化による生産性の向上から人間共生型・地球環境問題配慮型へと変化してきた。しかし、労働者の高齢化・技能工不足などの問題は解決されたわけではないため、今後も自動化・ロボット化に向けての取組みが必要であると考えます。

<参考文献>

1. 森 他：「全自動ビル建設システムの適用実績」，第8回建築施工ロボットシンポジウム
2. 宮川：「地球環境保全に配慮したエコ活動と自動化施工」，建築の技術「施工」，彰国社
3. 池田他：「全自動ビル建設システムによる鉄骨造高層ビルの施工」，第8回建設ロボットシンポジウム



写真5 作業状況

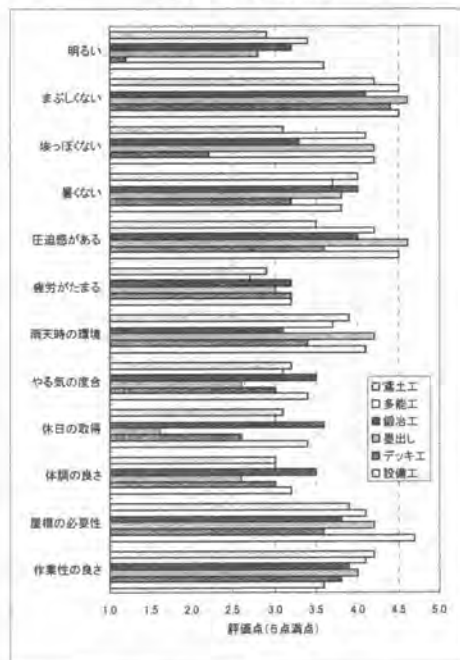


図7 作業環境アンケート結果

2. スーパーRC フレーム構法を支える新しい機械装置の開発

鹿島建設㈱：高橋 敬、*清水美木夫
岡 尚人

1. はじめに

「スーパーRCフレーム構法」とは、構造上の耐力部分を建物のコア部となる「スーパーウォール」と建物最上部の「スーパービーム」、建物外枠の「コネクション柱」に集中させ、「スーパービーム」と「コネクション柱」を油圧ダンパー式制震装置「HiDAM」で連結させた超高層建築工法である。

当構法を本格的に採用した芝三丁目東地区B街区新築工事では、「スーパーウォール」の鉄筋に高強度の太径鉄筋のSD685-D51が日本で初めて採用された。この鉄筋は1本の長さが6.4mで重さが約100kgあり、人力による配筋作業は困難であることから、機械による施工が必要となり、自動昇降式鉄筋縦組装置（愛称：スーパーステージ筋太郎）を開発した。

またスーパーウォールのコンクリートには、強度 $60\text{N}/\text{mm}^2$ の高強度コンクリートが使用され、周囲のスラブと強度が異なっていることから、スーパーウォールを周囲のスラブより4層先行させての構築が必要であった。本施工には高精度で大型のシステム型枠を採用したが、施工効率の向上は不可欠であるから、クレーンを使用せず、型枠と一体でセルフクライミングする自昇式型枠内蔵足場（愛称：スーパークライマー昇太郎）を開発した。

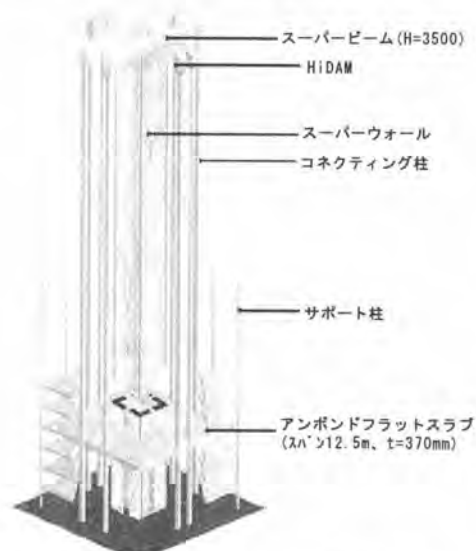


図-1スーパーRCフレーム構法概念図

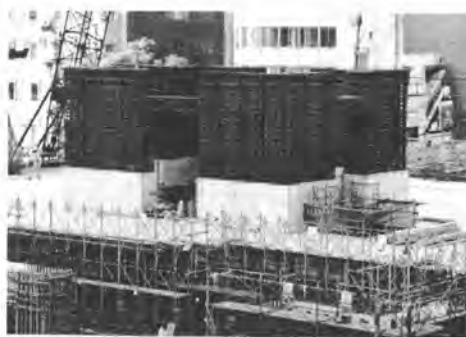


写真-1スーパーウォール配筋状況

2. 工事概要

工事名	(仮称) 芝三丁目東地区B街区新築工事
建物用途	共同住宅、店舗
敷地面積	3,620.49㎡
建築面積	2,022.87㎡
延床面積	32,480.14㎡
構造	鉄筋コンクリート造
階数	地下3階、地上25階、塔屋2階
軒高	89.412m
最高高さ	91.5m



図-2 完成予想パース (全景)

3. 開発の経緯

1) 自動昇降式鉄筋縦組装置

壁柱ユニットプレハブ鉄筋の地組み方法について実大の施工実験を実施し、縦地組みと横地組みの施工を比較した結果、今回のような重量があり寸法的に大きい場合は、縦地組みが有効であることが明らかになった。

縦地組みの場合は、作業員が上下に移動して組立てるので、墜落の危険性及び落下の恐れがある。このため従来方法のように人が上下に移動するのではなく、組立てる鉄筋を昇降させて地組みする機械装置を開発した。



図-3 地上総合仮設計画図

2) 自昇式型枠内蔵足場

スーパーウォールの施工は、周辺躯体の施工サイクルに対してクリティカルにならないように先行施工が必要となる。

施工効率の向上が求められ、主揚重機であるタワークレーンを使用せずに型枠と足場が一体でセルフクライミングし、周辺躯体に対しても制約の少ない盛替足場が必要となった。このため鉄筋組立から型枠組立、コンクリート打設、脱型までを同一足場で行うことができる型枠一体式盛替足場を開発した。

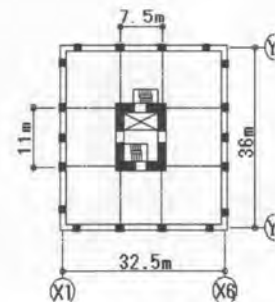


図-4 基準階床伏せ図

4. 筋太郎（自動昇降式鉄筋縦組装置）の基本機能

1) プレハブ鉄筋組立用昇降ステージ

鉄筋を上下に移動させるので、組立作業員が上下に移動すること無く、同じ作業床で作業ができる。また組立中のプレハブ鉄筋を自由な高さで昇降・停止が可能で、昇降速度が0.25m/minと低速のため、自動昇降中でも結束作業が可能である。

2) 拘束筋先行組立

拘束筋フレームに拘束筋を先行セットするためのピッチゲージ付ラック式開閉架台を採用（考案）することによって、拘束筋を先組みし主筋の後組みを可能にしている。

3) プレハブ鉄筋転倒防止

下部主筋建込ベース架台（拘束筋フレーム取付受金物兼主筋脚部位置保持金物）・上部昇降フレーム・拘束筋フレームによって、組立ての全ての段階においてプレハブ鉄筋を自立させることができる。

4) プレハブ鉄筋吊り治具

この吊り治具は組立てに先行して設置するが、組立中のプレハブ鉄筋の鉛直性の確保及び転倒防止の機能を有している。



写真-2 筋太郎外観

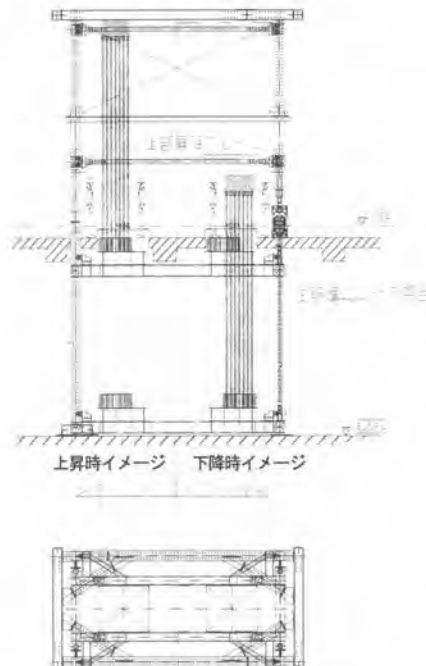


図-5 筋太郎平面図・断面図

4) 昇降機能

プレハブ鉄筋の組立能力は12t/基で、昇降装置には、ラチェット型油圧昇降装置（マイティクリーパー能力5t/台）4台を連動させ使用している。



写真-3 マイティクリーパー

5. 昇太郎（自昇式型枠内蔵足場）の基本機能

1) 装置の役割

- ・プレハブ鉄筋の吊込、横補強筋配筋作業
- ・KNスリーブ継手のグラウト作業
- ・型枠の取付・解体作業
- ・コンクリートの打設作業



写真-4 昇太郎外観

2) 昇降機能

先行打設した躯体コンクリートに反力を取り、外部側足場、内部側足場がそれぞれ一体で昇降する。昇降装置は自動昇降式鉄筋縦組装置にも採用した同型のマイティクリーパーを外部側足場に8台（40t/基）、内部側足場に4台（20t/基）を連動させ使用している。また、昇降速度は階高3.2m当たり15分程度で、連動するマイティクリーパーが1台でも過負荷となれば自動停止するようになっている。

3) 内蔵式型枠

スーパーウォールの側型枠及び境界梁側型枠を、分割可動式大型パネル型枠（外部12パネル・内部10パネル）として内蔵し、パネル型枠は足場上段構成部材にローラーハンガーで吊下げる構造となっている。型枠の組立・脱型は人力で行うが精度良く簡単に施工することができる。型枠組立時（コンクリート打設時）は躯体側に押し出して型枠をセットし、型枠脱型時（足場クライミング時）は足場側に引き寄せ振れを固定する。また、打継ぎ型枠にはノロ漏れを押さえ、かつ取付・撤去が容易にできるプラスチック段ボール型枠を採用している。

4) 外部側足場

外部側足場は「ロの字型」の閉鎖一体型で、8ヵ所の荷重受けブラケットにより先行打設した躯体コンクリートに荷重伝達している。作業床は3段で、境界梁部に内外の足場の渡りを設け、対角に2ヶ所それぞれ昇降タラップを配置している。

また中段作業床への資材の取込用として開閉式の床開口を4ヵ所設けている。躯体側の中段と下段の作業床は、クライミング時に差筋をかわすために、移動式の作業床(中段:回転式、下段:スライド式)としている。

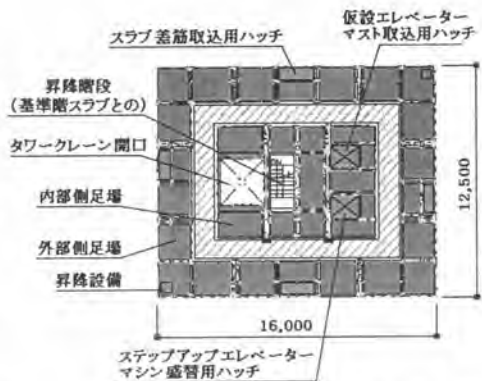


図-6 自昇式型枠内蔵足場平面図

5) 内部側足場

内部側足場は、全面ステージの一体型で、外部側足場と同様に先行打設した躯体コンクリート4ヵ所のブラケットに荷重伝達している。中央部に本装置に登る階段を配置し、内部の中段作業床は脱型時の引き代確保のため、簡易盛替式のブラケット足場としている。

また、スーパーウォールの内側に、タワークレーンが配置されているためその部分は常設開口とし、仮設EV(2.8t)と本設EVの盛替用として開閉式の開口部を設けている。

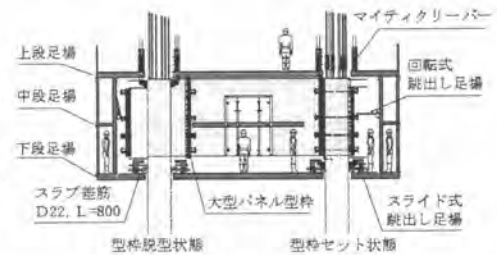
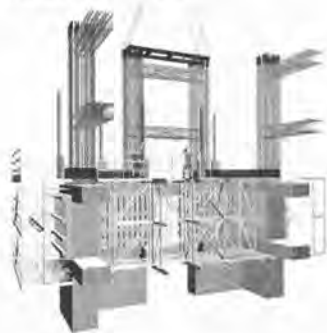
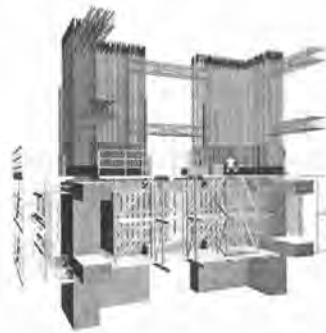


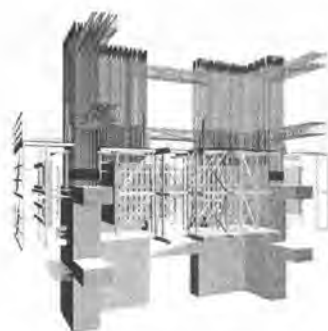
図7 自昇式型枠内蔵足場断面図



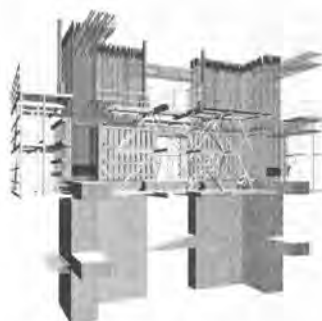
①プレハブ鉄筋吊込・セット状況



②大型パネル型枠の脱型状況
及び下段横補強筋作業状況



③外部・内部ハーフクライミング
上段横補強筋作業状況



④外部・内部ハーフクライミング
大型パネル型枠組立
スーパーウォールコン打設

図-8 スーパーウォール躯体サイクル図

6. 施工実績

1) 自動昇降式鉄筋縦組装置（筋太郎）

鉄筋組立作業の歩掛は、地組みで約3t/人であるのに対し、揚重・横補強筋作業を含めても約2t/人と大幅に向上した。拘束筋を先行して組立てる仕組みが機能して、組立精度も向上した。また高所作業が無く安全性が大幅に改善された。

2) 自昇式型枠内臓足場（昇太郎）

周辺躯体の施工サイクルに影響を与えることなく、足場と型枠を同時に盛替ができるので、計画通りスーパーウォールを先行して施工することができた。セルフクライミング機能をもっているので、本装置の盛替えもクレーンを必要とすることが無く、安全に作業することができた。また中段、下段の移動式の作業床も上手く機能して施工性が大幅に向上した。

7. おわりに

これら装置は、施工効率の向上、品質の向上、安全性の確保を目的として開発したもので、目的を十分に達成することができたが、作業性の面でも本装置で施工した作業員に好評であった。

特に筋太郎(自動昇降式鉄筋縦組装置)は従来作業を単に機械化するのではなく、プレハブ鉄筋の組立て方の発想を転換しての開発であった。

本開発はスーパーRCフレーム構法の今後の展開にある方向性を示すことができたと考えている。これが建築工事の自動化をさらに一歩前進させる切っ掛けになることを期待している。

3. 頂部球形仕上部（ゴールデンボール）を有する煙突工事合理化施工法の計画と実施

榎竹中工務店： 佐藤 豊優，菊池 公男
*岡崎 直人

1.序 論

本工場の建設地である舞洲は、現在招致推進中の 2008 年オリンピックのメイン会場に予定されており、「環境創造型モデル都市」として、都市と環境の共存を目指して計画されている。エコアイランド舞洲の立地を考慮し、工場の外観は環境保護建築で世界的に有名なウィーンの巨匠フンデルトヴァッサー師によりてがけられた。なかでも煙突は、頂部に直径 22m のゴールデンボールと呼ばれる立体トラスに金色ホローパネルを施した球体が計画されていた。「直線に神は宿らず」という師の言葉通り、その駆体外径も 90m から最上部にかけ緩やかな傾斜を描いた先細り形状となっている。また、煙突の機能上必要となるプラント内筒工事の着手時期を厳守するためには施工の合理化が必要不可欠となる。今回、変断面の外筒躯体工事にスリップフォーム工法を、ゴールデンボールの施工にリフトアップ工法を採用した。それぞれの工法は既に確立された技術であるが、本煙突工事の特性を考慮し、種々の改良を加え、成果を得たので報告する。

2.本 論

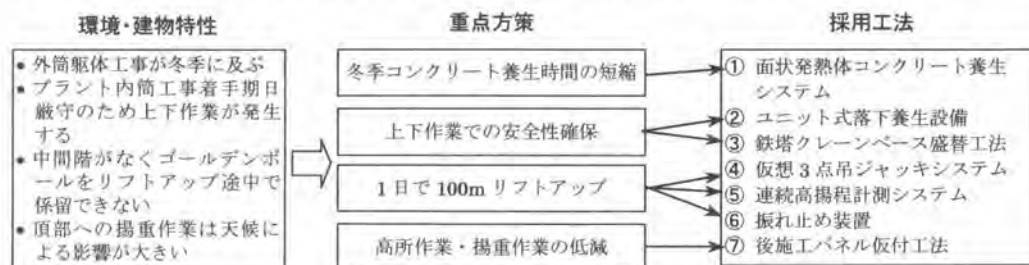
2.1 煙突工事概要

工事名称 環境事業局舞洲工場建設追加工事
所在地 大阪市此花区北港白津 1 丁目
建築主 大阪市環境事業局
設計監理 大阪市都市整備局営繕部・(株)昭和設計
施 工 竹中・大成・錢高特定建設工事共同企業体
構造規模 RC 造（一部 S 造）地上 120m、地下 6.5m
外筒躯体 外径φ12400～10400mm
壁厚 700～1400～300mm
ゴールデンボール 立体トラス+金色ホローパネル仕上
外径φ22000mm
工 期 1998 年 9 月 28 日～2001 年 1 月 31 日



2.2 採用工法の設定

環境・建物特性を考慮して煙突工事での重点方策を立案し採用する工法を設定した。(図-1)



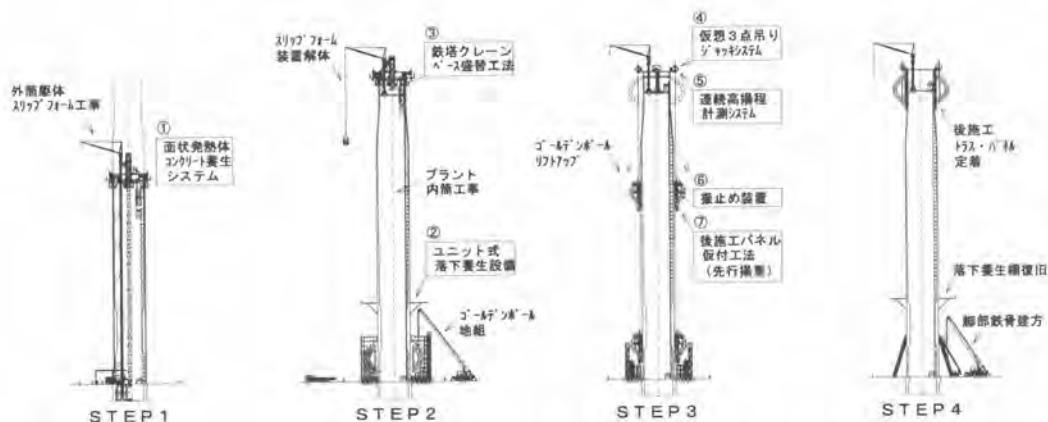


図-1 煙突工事施工段階及び採用工法

2.3 採用工法の検討課題と対策

採用する工法の課題を抽出し対策を立案した。(表-1)

表-1 採用工法の検討課題と対策

工 法	検討項目	検討課題	対 策
外筒躯体 スリップフォーム工法	面状発熱体 コンクリート 養生システム	放熱対策	● 現場廃材ガラスウール再利用
	弱材令 コンクリート管理 手法	定量的確認手法の確立 (監理事務所対応)	● 弱材令圧縮強度試験の実施 ● パネ秤付貫入試験棒の製作 ● パソコンによる積算温度管理
ゴールデンボール リフトアップ工法	ジャッキシステム	吊り点間レベル差による 過大応力発生対策	● ジャッキグループ化による仮想 3点吊りシステムの採用 ● 強制変位導入試験の実施
	計測管理手法	高揚程対応型揚体レベル差 計測手法	● 光波距離計による連続高揚程計 測システムの採用
	振れ止め機構	リフトアップ時の風対策	● 吊り点6ヶ所にソリ式振れ止め装 置を採用
	後施工パネル仮付工法	後施工パネルの施工手順	● 伸縮式吊り足場の採用

2.4 採用工法の計画と実施

(1)スリップフォーム工法による外筒躯体工事

①面状発熱体コンクリート養生システム

スリップフォームの型枠は縦寸法 1200mm の鋼製メタルフォームを採用し、コンクリート打設高さ 200mm 毎にスライドを繰り返し、標準壁厚部 (300~700mm) では 1日 2.4m のコンクリート打設が必要となる。打設時期が冬季に及ぶとコンクリート強度発現待ちが発生し、1日約 0.4~0.6m 打設高さが低くなることが予想される。その対策として、冬季でのコンクリート凝結時間短縮のため面状発熱体による採暖養生を実施した。



写真-1 面状発熱体取付け状況

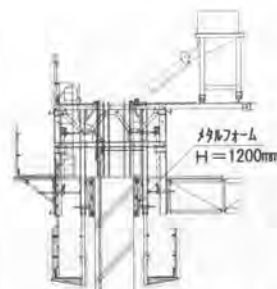


図-2 スリップフォーム装置概要

メタルフォーム裏面に炭素繊維面状発熱体を取付け、放熱対策として現場廃材のグラスウールを再利用し保温のための断熱層を設けた。本システムの採用により冬季においても所定の打設高さを確保することができた。(写真-1)

②弱材令コンクリート管理手法

スリップフォーム工法ではスライド後型枠下部より現れる弱材令コンクリートの強度管理が重要となる。スライド可能な弱材令コンクリート強度は、自重によりコンクリートが圧壊する強度より算定でき、安全率を2.5倍見込み7.07N/cm²に設定した。従来、その管理として貫入棒をコンクリートに突き入れ貫入量を測定するスティック法が用いられているが、定量的に確認できないため、以下の3通りの管理手法を実施し、安全にスライドを行うことができた。

・圧縮強度試験(写真-2)

テストピースを作成し約4時間養生後弱材令用圧縮強度試験器にて強度を確認する。

・スティック法(写真-3)

バネ秤付き貫入棒をコンクリートに挿入し先端の強度を確認する。

・積算温度法(写真-4)

型枠に熱電対を装着しパソコンによる温度測定を行い積算温度により強度を推定する。



写真-2 弱材令圧縮強度試験状況



写真-3 貫入試験状況



写真-4 積算温度管理状況

(2)上下作業対応施工法

①ユニット式落下養生設備

外筒躯体工事完了後は、スリップフォーム装置解体とゴールデンボールの地組、ゴールデンボールリフトアップ後は、ゴールデンボールの定着と脚部スカート状鉄骨建方等、特殊仕上げを有する煙突の特性上、プラント試運転時期を厳守するためには上下での同時作業は免れない。外装仕上げ仕様の異なる30m地点に落下養生設備を設けた。落下養生はゴールデンボールリフトアップ工事の関係上、組立解体を2回繰り返す必要があるため、柱梁をブロック化したブラケット状の棚ユニットとその間を繋ぐ床ユニットに分け、計12回の揚重作業により組立解体を可能にし、省力化を図った。写真-5に落下養生下部でのゴールデンボール地組状況、写真-6に落下養生設備解体状況を示す。



写真-5 ゴールデンボール地組状況



写真-6 落下養生棚解体状況

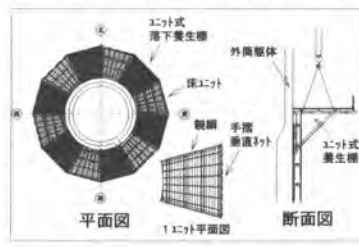


図-3 ユニット式落下養生設備

②鉄塔クレーンベース盛替工法

外筒躯体工事の揚重設備として煙突内部の耐圧盤上に鉄塔クレーンを設置した。下部にクライミング装置を有し、スリップフォームの進捗に合わせて地下煙道部よりマストを供給しクライミングを行った。躯体工事完了後は、プラント内筒工事が着手されるため、地上110m地点（7FL）でプラント工事と建築工事を区画する必要があった。クレーン盛替え用ベースが後付けできるよう特殊マストを新規製作し、7FL部にあたる箇所にて標準マストの間に組み込んだ。図-4の手順でクレーンベースを7FL鉄骨梁に盛替え、マストのジョイント部を外し逆クライミングにより40本のマストを下部に搬出し、プラント内筒工事の着手時期を厳守した。

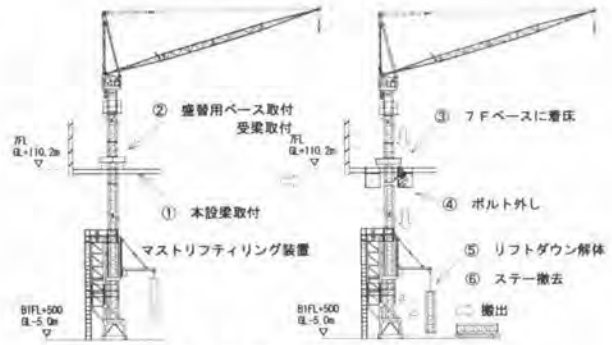


図-4 鉄塔クレーンベース盛替手順

(3)ゴールデンボールリフトアップ工事

①リフトアップ工事概要

ゴールデンボール	外径φ22000mm 高さ12000mm 構造部分—立体トラス 仕上部分—金色ホロー鋼板パネ張り
リフトアップ重量	105t
リフトアップ揚程	100m
リフトアップ速度	約40分/10m
ジャッキシステム	VSLジャッキ(50t×6台)
制御システム	ジャッキストローク制御 制御値—レベル差20mm
計測システム	ジャッキ反力—圧力変換器×6台 ストローク量—ストローク計×6台 揚体レベル差—光波距離計×3台

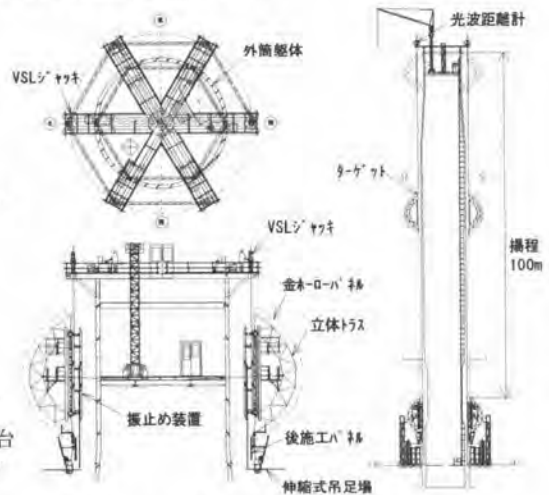


図-5 リフトアップ工事概要

②ジャッキシステム

煙突頂部にリフトアップ用反力梁を架設し VSL ジャッキ装置を6台設置し、立体トラスに本設として取付けた形状保持鉄骨を吊り上げる機構とした。本来、煙突躯体に8ヶ所の支承部で支持される構造体を6点で吊り上げるため、吊り点間に折れ角が生じるとトラス



写真-7 VSL ジャッキ

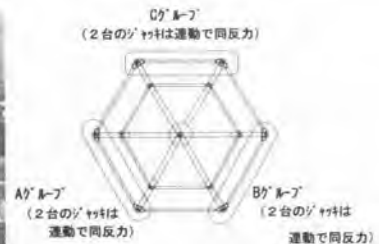


図-6 ジャッキグループ化

に過大な応力が発生する。その対策として、図-6に示すように6台のジャッキをABCの3グループに分け、同グループのジャッキの油圧を連動させた。グループ内の2台のジャッキは常に等反力

となり、全体を3点で支持するため、揚体が傾くことがあっても部材角は生じない。この原理を実証するため、テストリフトアップにより強制的に変位を与えトラスに発生する応力状態を計測し、グループ化による仮想3点吊りシステムの信頼性を確認した。

③計測管理手法

リフトアップ工事の多くは、揚体の上昇量をエンコーダにより計測しレベル制御しながら吊り上げていく方法が採られている。今回、100mの揚程ではエンコーダによる計測は不向きであり、当初の計画では10m上昇毎に三次元測量器により上昇量を計測しレベル修正する方法が提案されていた。この場合、10m上昇中の揚体レベルが確認できない、計測中時間待ちが発生する、外注人件費が発生する等の課題が残されていた。その解決策として、高速にデータが取込める光波距離計(写真-9)



写真-8 揚程計測システム



写真-9 光波距離計

の採用を当社技術研究所とタイアップして計画した。光波距離計をジャッキ架台に、ターゲットを揚体側にセットして、司令室のパソコンで揚体のレベルをリアルタイムに監視した。それにより、リフトアップを途中で中断すること無く、当初の計画より約3時間短縮することができた。

④振れ止め装置

煙突内部には中間階が無く、リフトアップ途中で予想できない風が吹いた場合、ゴールデンボールを躯体に仮固定することができない。各吊り点の形状保持鉄骨に、風速25m/sまで耐えうるソリ形式の振れ止め装置を取付けた。(写真-10) また、ソリと躯体の間にキャンパーを取付けることにより、地切り完了後からリフトアップまでの仮固定として利用した。



写真-10 振れ止め装置



写真-11 ゴールデンボールリフトアップ工事状況

⑤後施工パネル仮付け工法(先行揚重)

煙突躯体の外径は下部で12.4m、頂部で10.4mであり、下部で地組するゴールデンボールは、トラス、パネルともリフトアップ後の施工となる。地上120mへのクレーンによるパネルの揚重は、時間を費やすばかりでなく、天候の影響を受けやすく工程の遅れが懸念された。また、ゴールデンボール下端部の後施工パネルは取付け用足場の組立が高所での危険作業となる。そこで、ゴールデンボールの地切り完了後、更に2mのリフトアップを行い、作業床が水平に伸縮可能な吊足場を取付け、後施工パネルを縦方向に吊り込みトラスと吊足場に仮固定した。後施工パネル、吊足場ともゴールデンボールと共にリフトアップし、トラスの仮固定後吊足場の作業床を壁面まで伸ばし、後施工パネルを揚重作業無しで安全に取付けることができた。



(4)計測管理・通信システム

スリップフォーム、リフトアップ工事共、当社開発の汎用型計測管理システムを適用した。また、煙突頂部のパソコンを無線LANで接続し、内線回線の利用により作業所事務所のパソコンでの管理を可能にした。

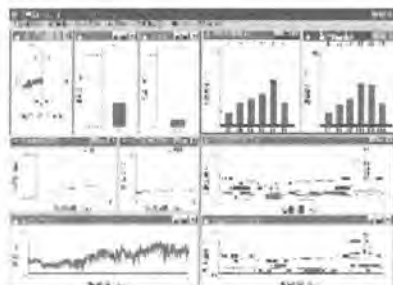
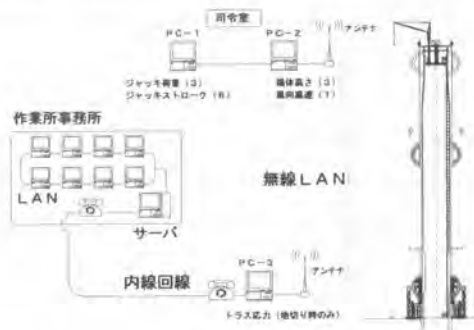


図-7 計測画面



3. 結論

- ①面状発熱体コンクリート養生システムにより冬季においても所定のスライド高さを確保した。
- ②弱材令コンクリート強度を定量的に把握できる管理手法を確立した。
- ③ユニット式落下養生設備及び鉄塔クレーンベース盛替工法により上下作業での安全性を確保した。
- ④仮想3点吊りジャッキシステム、連続高揚程計測システム及び振れ止め装置の採用によりゴールデンボールのリフトアップを1日(7時間)で完了した。
- ⑤後施工パネル及び吊足場をゴールデンボールと共にリフトアップし、高所への揚重作業、高所での危険作業を低減した。
- ⑥スリップフォーム、リフトアップ工事共、汎用型計測管理システム及び無線LANによる通信システムを採用し、煙突頂部の状況を共有できるシステムをローコストで確立した。

本報では特殊仕上げを有する煙突工事の施工事例について報告した。今後は、今回得た成果を特殊事例にとどめることなく、一般建築の機械化施工へも応用、展開していきたい。

4. ラフテレンクレーンのパワーズーム仕様車の開発

(株)小松製作所：*澤藤 佐敏，長谷川 健
萩原 築

1. 概要

都市部では、狭い現場での高層建築が増加の一途をたどっており、クレーンの揚程を稼ぐために主ジブ（以下ブームという）の先端にさらに補助ジブを装着する作業が多くなっている。そういう中で狭い現場に入って補助ジブを張出・格納でき、また安全かつ迅速に作業できるクレーンが要望されている。運転席からレバー操作とスイッチ切替えて補助ジブの2段目を油圧伸縮できるパワーズームジブは狭い現場で補助ジブの装着ができ、かつ作業時間や段取り時間の短縮と安全性向上にも寄与している。

本稿では、パワーズームジブ仕様車の主な特徴について建築現場における利便性・時間短縮効果・安全性向上の面から紹介する。

2. はじめに

都市部における高層建築現場は狭く、大型のクレーンが入れない現場や補助ジブを装着できる広さを確保できない現場がある。そんななか、ラフテレンクレーンは車体がコンパクトで小回りが効くため、狭い現場での使用に適している。

図-1にラフテレンクレーンの補助ジブ作業状態を示す。上部旋回体に起伏自在にブームが装着され、さらに揚程を稼ぐために補助ジブが装着されている。補助ジブは不使用時には根元ブームの横にあり、使用時には先端ブームの前方に張出して装着される。補助ジブは、起伏可能な2段式で構成されておりその2段目は1段目の内部に格納されている。2段目ジブの作業をする場合はブームを格納した状態で地上にて手動で引き出す必要がある。この手動引出し式2段ジブには主に以下の短所があった。

- ①2段目ジブを引出すスペースの無い狭い現場では、1段ジブの作業となり揚程が不足する。
 - ②作業終了後に2段目ジブを格納するスペースが無くなってしまう現場では補助ジブを分解して格納することもあり、不安定な作業をとまなう。
 - ③1段ジブで作業中に2段ジブに変更する必要がある場合の段取り換えに時間がかかる。
- 以上の背景から、ラフテレンクレーンの補助ジブの2段目を油圧シリンダで運転席から伸縮操作できるパワーズームジブを開発した。（図-1参照）

3. 開発のねらい

ラフテレンクレーンWING500の補助ジブを油圧伸縮（パワーズーム）ジブとすることで、手動引出し2段ジブの短所を改善しながら以下のような効果をねらった。

- (1) パワーズームジブしか出来ない利便性
 - ① 狭所で補助ジブ張出・格納作業ができる。
 - ② 狭い空間での差込み作業ができる。
 - ③ 補助ジブの作業範囲が広い。
- (2) パワーズームジブで時間短縮
 - ① 補助ジブ張出・格納時間の短縮
 - ② 補助ジブの段数変更時間の短縮
- (3) パワーズームジブで安全性向上
 - ① 2段目ジブ引出し作業の安全性向上。

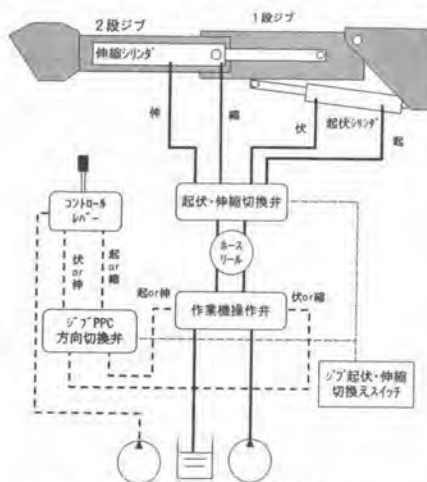


図一1 補助ジブ作業状態

4. パワーズームジブの概要

(1) 構造・システム

1段目ジブと2段目ジブを複動式油圧シリンダで結合し、それをを操作することで2段目ジブを伸縮させる構造を採用した。補助ジブの起伏を油圧で行っており、伸縮についてはこの起伏油圧を切換えて使用するため、起伏・伸縮の同時操作はできない。作業機操作弁は起伏・伸縮を兼用する1個とし、操作レバーも起伏・伸縮兼用で1本とした。従って、起伏・伸縮操作の切換えは電気スイッチで行う。また、PPCコントロールレバーの操作方向に対して2つのシリンダの動きが起伏の場合と伸縮の場合で反対とならないようPPCコントロールレバーと作業機操作弁の間にPPC方向切換弁を設けて一致させている。これにより、ジブの起伏と伸縮の速度のバランスが確保される。(図-2参照)



図一2 システム構成図

(2) 安全機能

補助ジブの起伏と伸縮を1本レバーで操作するため、クレーンオペレータが起伏・伸縮のどちら操作するのか間違える恐れがある。そのため、切換えスイッチに内部照明を設けるとともにモータリミッタのモニタ内に「起」「伏」「伸」「縮」の文字を点滅表示させた。さらに、補助ジブを使用しない時（ブーム横に格納されている時）にレバー操作した場合は警報と文字メッセージを発する装を備えている。また2段目ジブが伸びないように固定するピンを入れ忘れた場合に、2段目ジブがらかの故障で伸びる、でも警報と文字メッセージを発するようにしている。これにより不意にジブ伸びて損傷する等の事故を事前に予告することができる。（図-3参照）

フェールセーフとしては、電気的断線状態で補助ジブの起伏が動作するようにしている。

(3) 定格総荷重

2段目ジブ伸縮用油圧シリンダを補助ジブ内に追加した為、先端部分の重量は増加し、当然のこながら定格総荷重の低下する領域がある。図-4に示す通り、標準手動引出しジブに対してはブーム角度で60°以下、作業半径にすると一段ジブの場合25m以上、2段ジブの場合30m以上の範囲で100Kg程度低下する。またパワーズームジブでは、1段目ジブと2段目ジブの中間長さにおいても段階的に定格総荷重が変化するように3つの中間長さで定格総荷重を設定している。

図-5は中間ジブ長さでの2t吊り時の作業範囲例（斜線部）を示す。従来は2段長では過負荷なるため1段長で作業しなければならなかったが、パワーズームジブでは1段から2段の範囲で任に定格総荷重を設定しているため、斜線部に示す1.8段長まで2tを吊上げ可能となった。



図-3 運転席フロントパネル

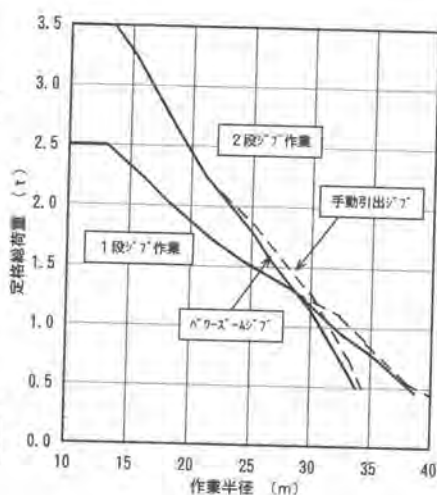


図-4 定格総荷重

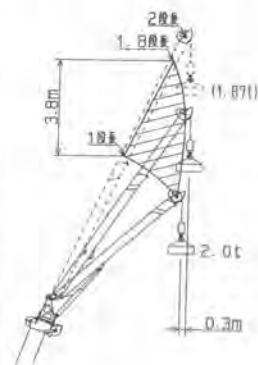


図-5 中間ジブの作業範囲

5. 建設現場におけるパワーズームジブの効果

(1) 狭い建築現場でのパワーズームジブしか出来ない利便性

手動引出しジブは2段目ジブを地上で引出すために、前方に長いスペースが必要になる。狭い建築現場で敷地内での2段目ジブ装着が出来ない場合、敷地外から大型のクレーン車で作業しなければならず、そのため道路を占有し交通整理等にも人手を必要とした。パワーズームジブは空中で2段目ジブを伸縮でき地上に広いスペースを必要としないため、手動引出しジブでは2段ジブ作業が不可能であった建築現場であっても2段ジブ作業が可能となった。この様な現場においては50tクレーンで100tクレーン並の仕事が出来ることになる。(図-6参照)

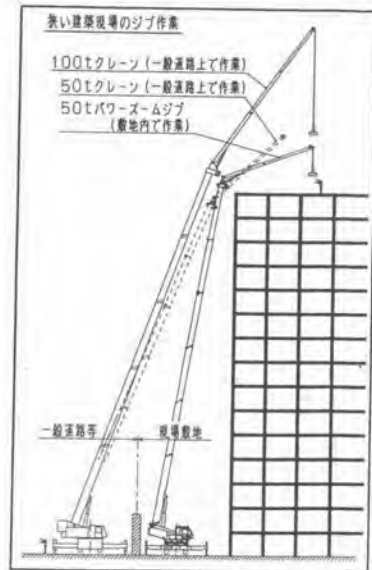


図-6 狭い建築現場の補助ジブ作業

(2) パワーズームジブで作業時間短縮

① 作業準備である補助ジブ張出作業

張出し作業は、迅速かつ安全にできることが要求される。

補助ジブ起伏角度(折り曲げ角度)を大きくとれる構造を採用しているので、ジブ張出し後にブームを起こす際の前方上方空間を手動引出しジブに対して大幅に小さくすることができる。従って上方に障害物のある現場でも、それを避けながらの補助ジブ張出し作業が可能となり50tクラスでありながら補助ジブ張り出しスペースとしては16tクラス並を達成している。(図-7, 8参照)独自のニュームーンサルトジブと相まって、2段ジブ張出時間は従来20分あまり必要としたが、10分足らずで可能となった。

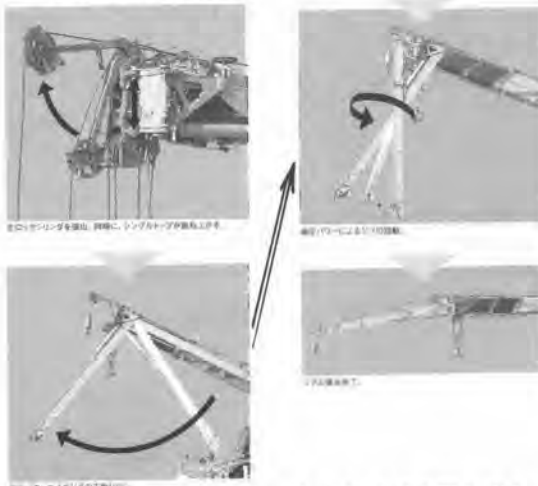


図-7 ニュームーンサルトジブの張り出し工程

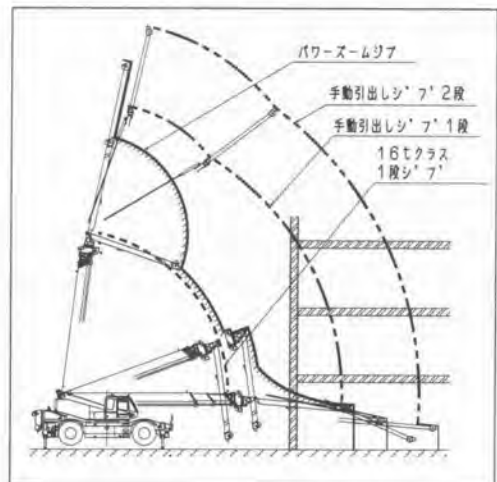


図-8 補助ジブの張り出しスペース

② 段取り換え時間の短縮

1段ジブ作業の途中で作業半径が不足し2段ジブに変更するというような場合には、従来の手動引出し式ではブームを格納し、2段目ジブを引出し再びブームを伸ばすという工程を経るため、作業待ち時間が発生し、その間約15分を要していた。パワーズームジブは空中で補助ジブを伸縮できるため、段数の変更時に時間は約40秒であり作業待ち時間がほとんど発生しない。(図-9)

また、クレーンの設置場所を変更する場合は補助ジブを素早く格納して移動することができる。パワーズームジブは、このような段取り換え時間を大幅に短縮することができる。

③パワーズームジブ引き出し時の安全性向上

2段目ジブを手動で引出す作業は、力余って転倒したり、2段目ジブ先端に体を当てたりする不安全な工程をとまう。(図-10参照)パワーズームジブの2段目ジブ伸縮は人手をかけないため、安全に作業できる。

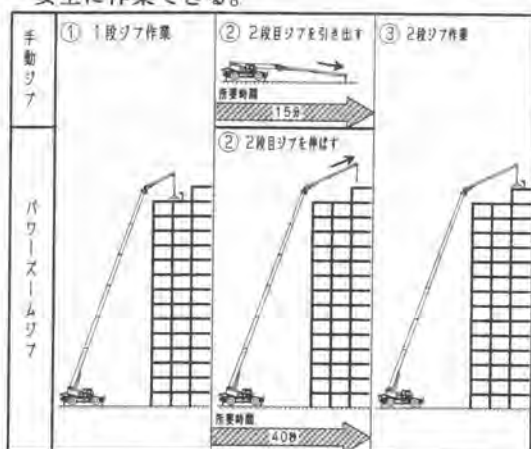


図-9 段取り換え

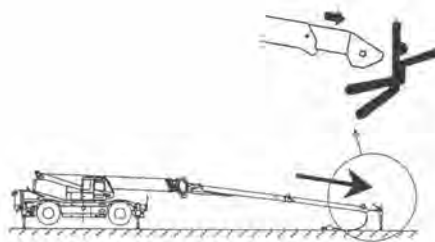


図-10 2段引き出し(手動ジブ)

(3) 作業の容易化

① 差込作業の容易化

パワーズームジブは、空中の狭い空間に吊り荷を差込んだり、また引出したりする作業ができるので手元作業者が荷を移動させる手間が不要となった。(図-11参照)

同じ作業半径に建物の上から荷を持っていくには、100tクラスのクレーンが必要になる。

② 高さ制限がある現場でも安全作業

上方に高圧電線がある現場では2段ジブにすると電線に接近する恐れがあり、1段ジブにするかまたは、ブームの伸縮を使って電線を回避する熟練技術を必要とした。パワーズームジブは1段ジブで荷を吊上げ、荷を送り込めるので、簡単に、また、安全に作業できる。(図-12参照)

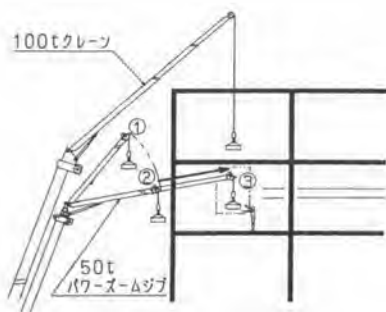


図-11 差込み作業

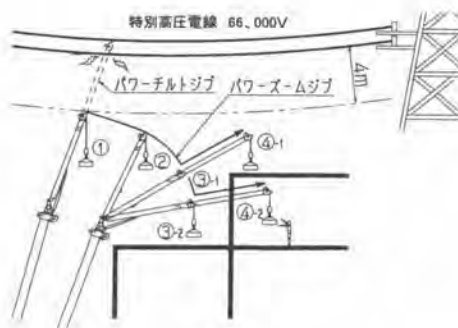


図-12 高圧電線下の作業

6. 今後の課題

パワーズームジブは伸縮シリンダの重量が増加して手動引出しジブに対し1段ジブで作業半径25m以上、2段ジブで30m以上から定格総荷重が低下する。高層建築の現場において、この領域における吊り能力低下はあまり問題とならないが、今後パワーズームジブが手動引出しジブにとって変わるためには、さらに補助ジブを軽量化することが必要であると考えられる。

7. おわりに

大型のトラッククレーンの補助ジブは3段油圧伸縮ジブである。それに対してラフテレンクレーンの場合は2段の補助ジブであるから、今までの考え方では2段目ジブの油圧伸縮化に重量を費やして操作性を向上するよりも、いかに定格総荷重を確保するかに重点を置いていた。ラフテレンクレーンがトラッククレーンにとってかわった現在においても、ラフテレンクレーンに対してさらなるコンパクト化が熱望されている。パワーズームジブで2段目ジブを油圧伸縮としたことが、前述したような多くの効果を生み出し、ラフテレンクレーンのコンパクトさをさらに極めることになったのである。建築現場では、補助ジブ作業頻度は高く、より安全、効率向上が強く求められているが、パワーズームジブを採用したことで多くの建築現場のお役に立つことを念願しております。

最後に本機の開発に際し、社内・外の多くの関係者から貴重な御意見を頂き、この場をかりて感謝いたします。

5. 大型昇降ステージの開発と逆打工法への適用

(株)竹中工務店：*伊藤 光生, 上浦 直樹
 (株)小川製作所：三浦 拓

1. はじめに

都市部における建築工事は、工程・敷地条件および周辺の近隣問題等から逆打工法が多く採用されている。この逆打工法のメリットは、1 階床を先行構築して地上階と地下階の施工を平行して進めることが出来るため工期短縮が図れることとなっているが、実際は地下掘削工事のための重機(クラムシェル等)が地上に設置されているので、地上の躯体構築を同時期に行うのは困難な状態である。地下躯体工事期間は全体工程の約 1/3 を占めているため掘削工事が工期短縮のネックとなっている。



写真-1 大型昇降ステージ全景

このような問題点を解消するため、ダンプトラックを直接地下掘削階に揚重することを可能とした大型昇降ステージを開発し、作業所において稼動しているのでその概要を報告する。

2. 開発の背景

2-1 開発の目的

現在、数多くの工事で採用されている逆打工法では地下掘削工事、資材の垂直揚重・水平運搬およびトラック等の待機場所について、スペース、効率および環境の点で問題がある。これら工事用車両を地上から必要階に直接降ろすことでその問題を解決し、更に搬送効率を向上させ全体工事工程を短縮することを目的とする。

2-2 従来技術とその問題点

(1) 工事用エレベータ・建設用リフト

場内に入場したトラックが決められた場所に移動し荷降ろしを行った後、フォークリフト等で水平に運搬してエレベータ等にて垂直揚重を行う。

問題点	内容	Q	C	D	S	E
1	場内に入場できないトラックは場外の待機となり、近隣問題となる。	➡	❌	❌	➡	❌
2	エレベータ等の搬器に載せることのできる大きさ・重量等の制限があり、揚重回数が増加することに繋がる。	❌	❌	❌	❌	➡
3	エレベータ等で垂直揚重した後、必要階にて水平運搬する必要がある。	➡	❌	❌	❌	➡

(2) 移動式クレーン

場内に入場したトラックからクレーンにて資材を吊り上げ、開口部より地下へ垂直揚重する。

問題点	内容	Q	C	D	S	E
1	場内に入場できないトラックは場外の待機となり、近隣問題となる。	➡	➡	➡	➡	➡
2	移動式クレーンの設置スペースを確保する必要がある。基本的に 1 階は地上階施工ヤードとして使用しているため、地下揚重のためのクレーンを設置する余裕は無い。	➡	➡	➡	➡	➡
3	開口より降ろされた資材を必要階に取り込むために、スライドステージ等を予め設置しておく必要がある。	➡	➡	➡	➡	➡
4	地下階で取り込んだ後、必要な場所まで水平運搬する必要がある。	➡	➡	➡	➡	➡

(3) 本設(仮設)スロープ

場内に入場したトラックが本設(仮設)スロープを使用して必要階まで移動する。

問題点	内容	Q	C	D	S	E
1	仮設スロープの場合、後々まで駄目が残る後工程に影響がある。資機材の搬送に使用するのは難しい。	➡	➡	➡	➡	➡
2	本設スロープの場合、施工時期を早める必要がある。根切りに使用するのは難しい。	➡	➡	➡	➡	➡

3. 開発の概要

3-1 主な仕様

本機は、2 台の門型架台の上に配置された計 4 台のインバータホイストによってステージが吊り下げられている構造となっている大型昇降ステージである。(図-1)

昇降装置には電動式インバータホイスト 15t 吊(30kw)4 基を採用し、最大 9.0m/min の昇降速度となっている。

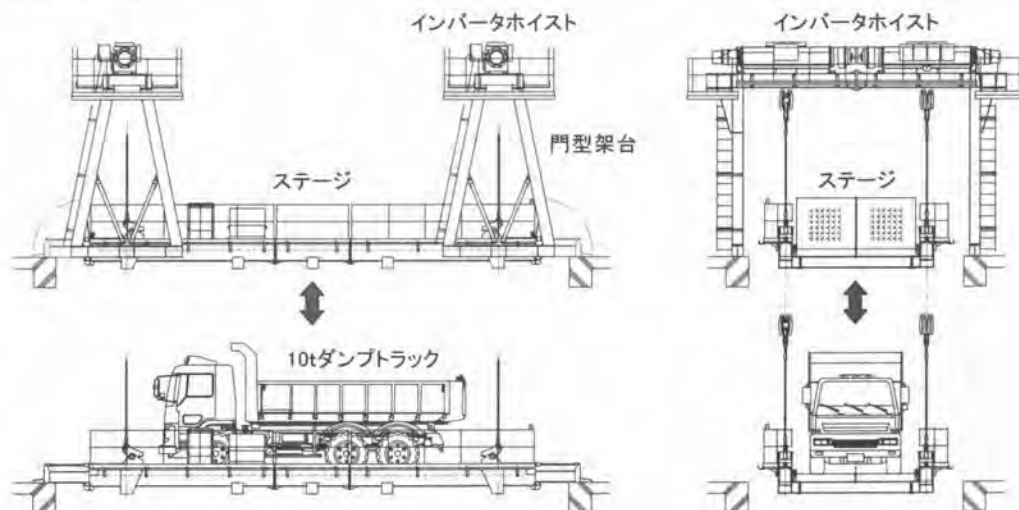


図-1 大型昇降ステージ全体図

表 2 本機仕様

ステージ寸法	12000 × 4150 (アジャスタ使用時)	
	10000 × 4150	
定格荷重	25 t	
揚程	25 m	
昇降速度	1.5 ~ 9.0 m/min	
昇降装置	電動式インバータホイス(三菱製) 調速機能付	
	30 kw 4P × 4台	
アウトリガー	伸縮所要時間	約 20 sec
	油圧ユニット	7.5 kw 4P 70 kg/cm ²
電源	3相 200V 50Hz	
安全装置	過荷重防止装置、傾斜角検出装置、ホイス異常保護機能	
	外部シャッターインターロック、アウトリガー用出インターロック	
	昇降減速リミットスイッチ、上昇リミットスイッチ	
	上昇ファイナルリミットスイッチ、下降ファイナルリミットスイッチ	
	監視用テレビカメラ、照明灯、警報用回転灯、メロディホーン パワーホーン、インターホン、車輪止め	

3-2 主な特徴

(1) 主な用途

- 根切用ダンプトラックおよび解体ガラ用ダンプトラック揚重
- 仮設材・型枠材運搬トラックの揚重
- 各重機械(油圧ショベル、ミニクレーン、フォークリフト、高所作業車他)の揚重
- PC、鉄骨運搬トラックの揚重
- 作業員の通勤車両揚重

(2) 門型架台

1 台の門型架台に対して 2 基のインバータホイスが配置してある。

門型架台は、6.4m、7.2m、7.8m の各柱スパンに対応する構造となっている。

(3) ステージ

ステージは 4 台のインバータホイスにより 4 点吊で昇降させる。それぞれの吊点には圧縮型のロードセルが装備され、それぞれの場所でのホイス荷重を検出する。

端部には油圧シリンダーによって駆動する伸縮式のアウトリガーを備えており、操作は制御盤面の押ボタンスイッチで行う。また、アウトリガーの伸縮に連動して乗降用のフラップが開閉する機構となっている。(図-2)

ステージは、中央部に配置したアジャスタの脱着により 12m と 10m の 2 種類になるので設置場所にあわせて変更することが可能である。

(4) 法的適用

本機はガイドの無い吊下げ式昇降ステージであり人の搭乗を不可としているので、類似建設機械のゴンドラ、建設用リフトおよび工事用エレベータのいずれにも該当しない。

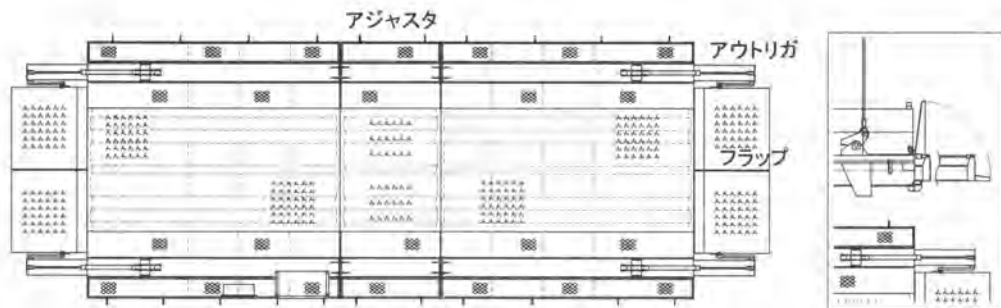


図-2 ステージ全体図

4. 実施結果と予想される効果

4-1 実施結果

当社都内作業所にて試験的に設置・稼働させ、資機材揚重用として使用した。設置期間は約 1 ヶ月と短い期間ではあったが、概ね開発の目的は達成できた。開発当初から懸念されていたガイドが無い事によるステージの揺れも殆ど無く、シンプルな構造であるので故障も無かった。

現在は本格的に根切工事のダンプトラック揚重として稼働しているが、順調にその役割を遂行中である。

4-2 現状での効果

効果	内容	Q	C	D	S	E
1	掘削場所までダンプトラックを直接搬送できるので直積みができ作業効率が向上する。また地上階にクラムシェル等の掘削機が無くなるので、地上躯体工事を行うことが可能となる。	➡	➡	➡	➡	➡
2	資材を車輛毎現地に搬送することが可能なので、搬送効率が向上する。また資材揚重用のクレーンが必要なくなり、地上階を広く使用することができる。	➡	➡	➡	➡	➡
3	資材搬入トラックを必要階に搬送する事により、その後の水平運搬用用重機を設置する必要が無くなる。	➡	➡	➡	➡	➡
4	搬入トラック等を場外に待たせることなく入場させることができるので、交通渋滞・騒音振動および排ガス等の近隣問題の解消にも繋がる。	➡	➡	➡	➡	➡
5	掘削等で必要となる開口数を減らすことができるので、墜落・落下等の危険を減らすことができる。	➡	➡	➡	➡	➡

5. おわりに

今まで様々な逆打工法対応の建設機械が開発・使用されてきたが、今回は今までの発想とは違った観点からアプローチをして、最も大胆かつ効果的な手段を開発できたと思われる。現在の施工法とは違った工法を実施することが可能なツールを今回提供できたと思う。今後も更に能力向上・小型化・操作性向上・低コスト化等々施工のニーズに対応できるよう改善を行っていく所存である。

最後に、本機の開発・実施にあたり、ご指導・ご協力頂いた関係各位に深く感謝いたします。

6. 外壁板取付システムの開発

～吊荷回転誘導装置と吊芯変更バランス装置による PCa 外壁板の取付～

東急建設㈱：西尾 仁，*遠藤 健

1. はじめに

高層建築工事等における鉄骨などの建設資材の荷取り作業は、通常タワークレーンと嵩工による介錯ロープを利用した協調作業によって行われるが、高所作業のうえ、吊荷の回転などの危険が伴うため安全性と作業性の向上を目的に改善が図られてきた。これまでも、クレーンフックに吊荷と共に取付け、風圧やジャイロモーメントなどを利用した吊荷回転装置が開発・適用され、自由な空間での資材の回転誘導には効果を上げたが、障害物を回避しての吊込みには適用できなかった。

積層工法を用いる現場などで外壁版などを取付けるには養生枠足場の下部で吊荷を内側に引込む必要があるが、養生枠足場が障害物となり、クレーンのフックや巻上げワイヤが養生枠足場と接触する危険がある。外壁板取付システムは、このような場所への外壁板の取付けを安全かつ容易に行うために開発した揚重補助システムである。

本報は、外壁板取付システムの機構について述べると共に積層工法による高層ビル建築工事現場への適用事例について報告する。

2. 外壁板取付システムの原理と機構

本システムはクレーンのフックブロックに装着した動力回転部（吊荷回転誘導装置）と、これを支点として吊下げた天秤状吊芯変更部（吊芯変更バランス装置）で構成する（写真1参照）。

2.1 吊荷回転誘導装置

高層建築用タワークレーンの巻上げワイヤロープは通常SよりとZより（逆方向に振れたワイヤロープ）をペアで用いており、フックブロックの捻れに対する捻れ復元力（反力）が大きい。吊荷回転誘導装置はこれを反力としフックブロックに着脱可能とした動力回転機構である。

なお巻上げワイヤロープの捻れ回転に対抗する捻れ反力は以下のような特性を持つ。

- 1) 反力は吊荷重の総重量と、対角ワイヤ間距離に比例する
- 2) 反力は巻上げワイヤロープの長さにおおむね反比例する
- 3) 反力はフックブロック角度がクレーントップシーブに対し $\pi/2$ 回転した時が最大となる



写真1 外壁板取付システム

吊荷回転誘導装置の内部機構概要を図1に示す。吊荷回転誘導装置はクレーンフックと連結するセンターシャフト機構及び本体と、反力（受け）ドームで構成され、反力ドームの内部でセンターシャフト機構が回転する構造である。装置本体を含む吊荷重は全てセンターシャフトを介しクレーンフックに預けられる構造となっている。

DCモータが回転すると、反力ドームに対してセンターシャフト及び吊金具が回転する。このときの反作用が反力受板を介してフックブロックを捻り、巻上ワイヤロープに反力が生じセンターシャフト及び吊金具が回転する。電磁クラッチを切るとピニオンギアと減速機との接続が切れ、センターシャフト及び吊金具はフックブロックに対し自由回転する。

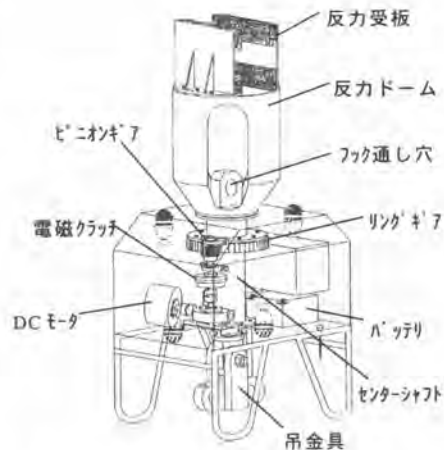


図1 吊荷回転誘導装置の概要図

2.2 吊芯変更バランス装置

吊芯変更バランス装置は吊荷回転誘導装置の下に吊下げ、揚重資材の吊芯を変更して引込み作業を安全かつ容易に行うための補助装置である。吊芯の変更は吊荷回転誘導装置を支点とした天秤構造を構成し、カウンタウェイトによって吊荷の吊芯を変更し吊芯半径を生じる。本体は鋼製角柱で、楕形の吊金物を有し揚重部材の吊り位置に合わせた玉掛けを可能としている。また本体中央部の横幅は、施工上の有利性を考え安定を損なわない程度に小さくした。吊り芯変更バランス装置の形状を図2に示す。

3. 外壁板取付システムの特長

吊荷回転誘導装置と吊芯変更バランス装置の仕様をそれぞれ表1、表2に示す。また外壁板取付システムの特長を以下に記す。

- 1) 玉掛け後、荷受けに至るまで吊荷誘導の操作をクレーンオペレータが行う
- 2) 動力や可動部の組み込みは吊荷回転誘導装置のみとし、施工現場での扱い易さを最優

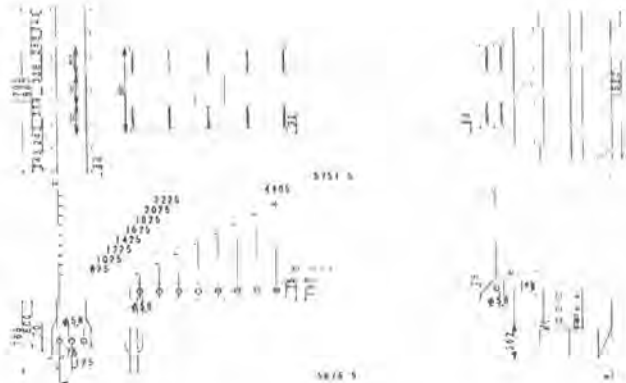


図2 吊り芯変更バランス装置の形状

先させた

- 3) システムの総質量はカウンタウェイト込みで最大 4,800kg にとどめクレーン揚重能力を損なわない
- 4) 養生枠足場下部や雁行型に連続するコーナー部など、障害物を回避しての取付けが可能となり適用範囲が広い

表 1 吊荷回転誘導装置の仕様

項目	単位	仕様	備考
定格荷重	N	196000N	
旋回トルク	N・m	1568	無負荷時150N・m
駆動モータ	V,W	DC24, 150	Max 200rpm
動力源	V,Ah	DC12, 24	シールドバッテリー2個
消費電流	A	定格旋回 約10A ロック待機 約2A フリー待機 約0.5A	-
表示灯		リモート時、ロック時	ストロボフラッシュ
装置寸法	mm	W650×D520×H1910	-
装置質量	kg	405	シャックル、吊フック含む

表 2 吊芯変更バランス装置の仕様

項目	単位	仕様
定格荷重	N	78,400
寸法 (W×D×H)	mm	1,700×5,752×915
質量	Kg	1,580~4,350
吊芯半径	m m	825~2,225

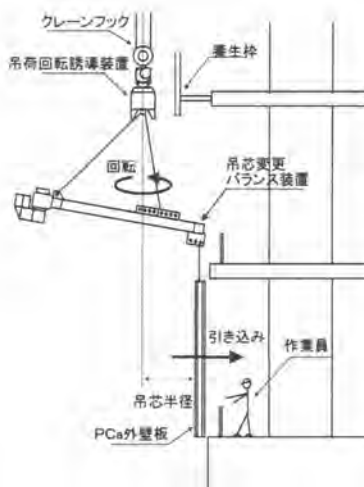


図 3 外壁板取付システムの概要

4. 現場導入における効果

外壁板取付システムを積層工法による超高層ビル建築工事現場の PCa 外壁板の取付け作業に適用した。またほぼ全工期にわたりクレーンの稼働時間に対する取付ピース数を調査し、従来工法との比較から本システムの導入効果を検討した。

システムの適用現場は地下 6 階、地上 41 階、棟屋 2 階、建築高さ 183.35m、延床面積約 106,000 m² である。また従来工法の現場は地下 5 階、地上 27 階、棟屋 2 階、建築高さ 124.42m、延べ床面積 77,384,935 m²、積層工法による超高層ビルである。表 3 に主な調査内容の比較を記す。どちらの現場も高層棟は 2 基のタワークレーンによる施工である。システムの適用現場では鉄骨の先行建方に養生枠足場を採用しており、システムはそれぞれのクレーンに 1 台ずつ、計 2 台を同時使用した。

両現場での結果において全調査期間の取付数量を単にクレーン延べ稼働時間で除し、時間あたりの取付け枚数を求めこれを比較すると、システム適用現場では平均 2.64 枚/時、従来工法適用現場では平均 1.80 枚/時となり、約 46% の向上が見られた。次に、共にフロアが立ち上がり積層工法が軌道に乗った頃のデータを抽出して同様に比較すると、システム適用現場では平均 3.4 枚/時 (20F~33F)、従来工法適用現場では平均 2.3 枚/時 (11F~

表3 システム適用現場と従来工法適用現場
での調査結果の比較

比較項目	システム適用現場	従来工法適用現場
調査期間	13ヶ月	11ヶ月
養生枠足場	採用	採用せず
適用クレーン	JCC-400H, OTA-450 N	OTA-450N, JCC-230 II
調査取付数量	1,869枚	1,491枚
標準PCa板質量	4,940kg/枚	4,260kg/枚
クレーン稼働時間	708時間	827時間
取付枚数/時間	2.64枚/時	1.80枚/時

22F) となり、約47%の向上が見られた。これは全期間の対比結果とほぼ同じ結果であり、適用階高さに関係なく全体的に生産性を向上させていることがわかる。システムの適用現場は高層棟に連続するコーナー部を有し、最上層に養生枠足場を採用するなど、荷取り作業としては不利な状況にも関わらず結果は良好であった。この要因は、システムの導入によりクレーンオペレータの単独操作で吊荷の揚重作業中に回転誘導操作が可能となったことから、荷取りに要する時間が短縮され、生産性が向上したものと考えられる。また波及的な効果として、従来工法でみられた高所での作業員による引込み作業がなくなり安全性が向上した。

5. 終わりに

クレーンフックブロックに装着する吊荷の動力回転部（吊荷回転誘導装置）と天秤式の吊芯変更部（吊芯変更バランス装置）を組み合わせ、外壁板取付システムとして超高層ビル建築工事現場のPCa外壁板の取付け作業に適用した。その結果、単純な構造ながら現場での適用性に優れ、生産性・安全性の向上において相応の効果を得ることができた。特に扱い易さの点で現場職員、作業員から高い評価を頂いた。今後は本システムの適用資材・適用工種を拡大し普及と性能の向上に努め、建築現場の機械化・省力化の一助としたい。



写真2 施工中の外壁板
取付システム

7. 浮体上からの硬質岩盤層への鋼管杭の施工

鹿島建設(株)： 米山 義春, 篠原 望
*高安 栄蔵

1. はじめに

今回建設省五十里ダム施設改良本体工事(ダム放流設備新設工事)におけるダム堤体上流側湖底部に、仮締め切り基礎コンクリート打設のための型枠支持杭を打設する施工において、水面下 20m の急傾斜地硬質岩盤層への打設という技術上の問題と冬季施工という厳しい気象条件のもと、鋼管杭(φ700mm、長さ 8.5~12.0m、杭本数 5 本、根入れ長 1.5~3.5m)先端部に切削ビットを装着しダム湖上に係留固定した浮体(組み立て式台船)上に据え置いたケーシング回転掘削機+補助工法を用いる事により、打設精度と所要の工程を確保したのでその施工方法をここに紹介する。



写真-1 施工状況

表-1 工事概要一欄

工事名称	五十里ダム施設改良本体工事
工事場所	栃木県塩谷郡藤原町川治地先
発注者	建設省関東地方建設局
施工者	鹿島・石播特定建設共同企業体
杭工事時期	1999. 11 月末~12 月初旬

2. 杭打設工事概要

杭は既設五十里ダムの上流側に打設される水中コンクリート(約 600 m³、4 分割打設)用の型枠支持杭でありグラブバケット浚渫により堆積土砂を取り除いた後杭施工を開始した。

工事の特徴は

- ① 支持杭の岩着部分は圧縮強度 130N/mm² 以上の硬岩
- ② 杭打設基面は急傾斜地(最大約 60°)
- ③ 水面下約 20m が打設基面
- ④ 工事区域の水中は水中可視範囲約 50cm 以下

等である。写真-1 に施工状況、表-1 に工事概要一欄、図-1 に仮締め切り基礎コンクリート断面図、図-2 に型枠及び支持杭図を示す。

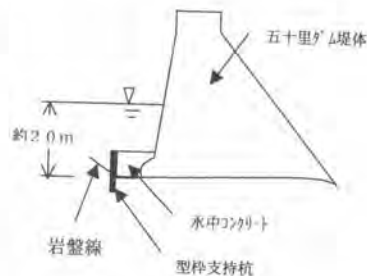


図-1 仮締め切り基礎コンクリート断面図

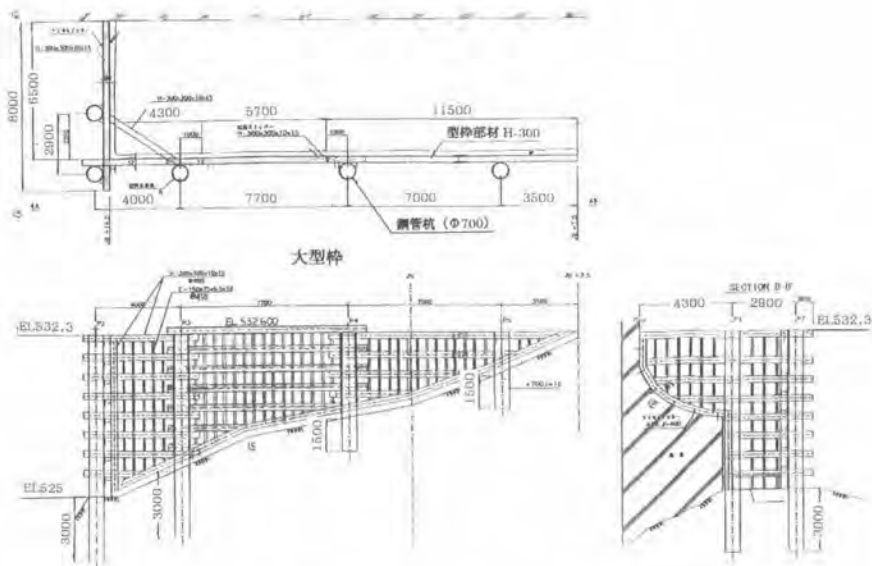


図-2 型枠及び型枠支持杭図 (単位: mm)

3. 杭打設機械及び工法の選定

水底に硬質岩盤層がある場所において、水面上から鋼管杭を打設するための施工法として、ホールインセット工法等のように大掛かりな施工設備と多数の工程を必要とせず、鋼管杭を直接岩盤に根入れさせる簡便な施工法を検討した。

その結果鋼管杭の先端にビットを溶接して取り付け、回転させながらスラスト力を加え、鋼管杭を直接岩盤層に根入れさせる方法による事とした。

施工機械の選定においては、補助工法としてダウンザホールハンマー掘削等の採用も可能なようにケーシング回転掘削機を選定した。

作業足場としては、水位変動や波浪による影響がほとんど無いため、浮体を作業足場とすることにした。

そのためクレーン操作等に起因する作業足場(台船)の傾斜や揺れが発生しないようケーシング回転掘削機は専用台船の浮心上に搭載すると共に、掘削時の回転反力は掘削機台船より固定用部材を張り出しダム堤体に押し当てることにより圧縮側反力を、堤体に取り付けたアンカーにワイヤーロープで引き締めることにより引張り側反力を受けることで対処する方式とした。

なお浮体の作業足場(台船)として陸上運搬と現地組み立てが容易な組み立て式台船(ユニフロート)を選定した。

写真-2に打設杭、図-3に施工時の機械配置、表-2に主要施工設備一欄を示す。



写真-2 打設杭

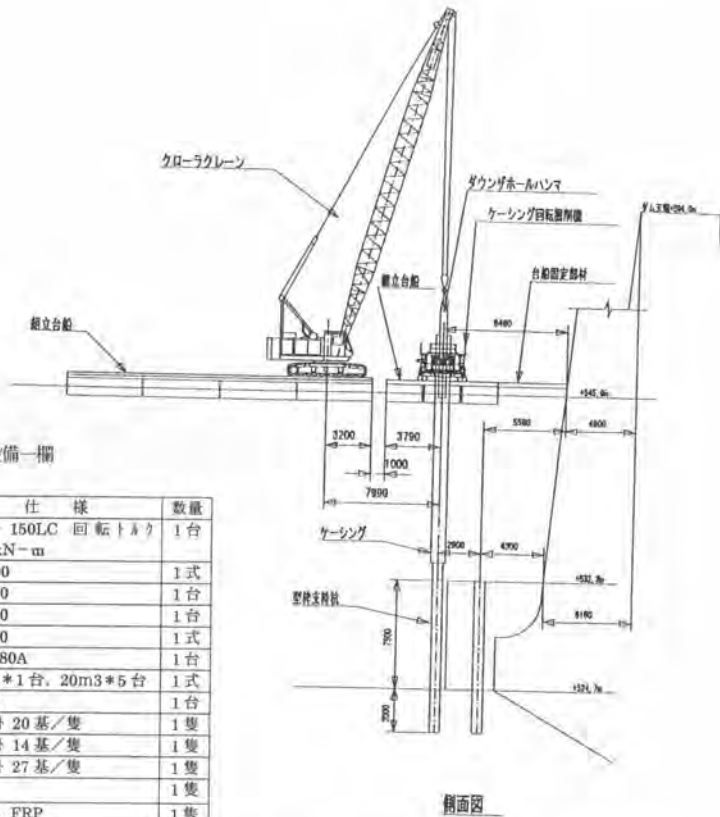
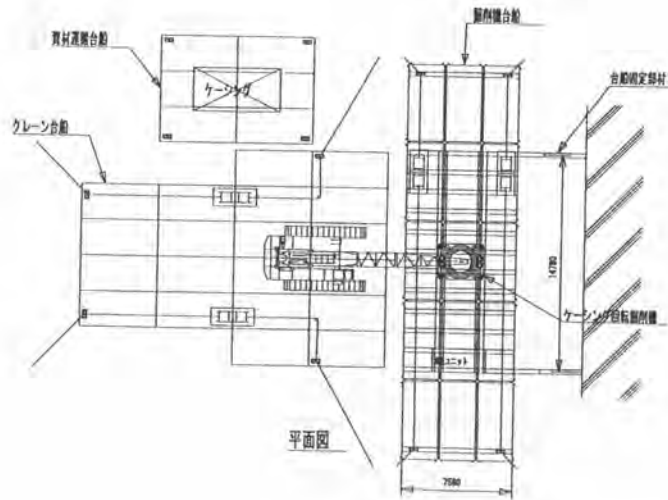


表-2 主要施工設備一欄

機器名称	仕様	数量
ケーシング回転掘削機	RT-150LC 回転トルク 1127kN-m	1台
ケーシングパイプ	φ1000	1式
ハンマグラブ	φ 600	1台
チゼル	φ 600	1台
ダウンザホールハンマ	φ 610	1式
ロータリテーブル	RTP680A	1台
コンプレッサ	15m3*1台, 20m3*5台	1式
クローラークレーン	50t吊	1台
クレーン台船	エ70ト 20基/隻	1隻
掘削機台船	エ70ト 14基/隻	1隻
資材台船兼潜水台船	エ70ト 27基/隻	1隻
揚錨船兼曳船	3t吊	1隻
交通船	88kW, FRP	1隻

図-3 施工時の機械配置(単位:mm)

4. 施工フロー及び施工実績

杭打設地点の浚渫完了後、係留用アンカー（ダム湖側アンカー及び堤体側ケミカルアンカー）設置等の準備工事に続いて台船、掘削機等の搬入組立を堤体上部の80tクレーンを用い実施した。

杭打設は打設基面が緩傾斜部においては直接打設杭による回転切削+ダウンザホールハンマによる内部掘削を併用して施工した。

急傾斜部においては打設前にφ1000（杭径700mm）ケーシングを基面まで降ろし、ケーシング内よりチゼルでの破碎+ハンママーグラブでの排土による基面整形を実施した。

杭頭の切り離しは潜水夫による水中酸素アーク切断とした。

杭打設実績は杭本数5本に対して実施工日数14日であった。

杭打設精度の面では杭芯ズレが±5cm以下であり型枠支持杭としては予想以上の精度であった。

図-4に鋼管杭打設フロー、図-5に杭打設手順を示す。



図-4 鋼管杭打設フロー



図-5 杭打設手順

5. おわりに

今回の施工事例は堤体に比較的近い位置での施工であり、機械の回転反力対策が容易であったため、浮体上からの水底における硬質岩盤への鋼管杭打設が可能となったものであるが、作業構台あるいは自己昇降式作業台等を使用する工法に比べ簡便な施工法であるといえる。

当該工事が同種工事の参考になれば幸いである。

8. 掘削機5台の遠隔操作による大型ケーソンの掘削管理

大豊建設(株)：小林 篤志、*今村 秀雄
宮下 政樹

1. はじめに

近年の建設工事においては、安全性及び省力化を考慮して、自動化システム等を取り入れた建設機械が多用されるようになってきたが、ニューマチックケーソン工事においても例外ではなく、遠隔操作システムによるケーソン掘削機を採用する工事が増加している。

本工事では、作業員が高気圧下に入らなくても施工できる5台のケーソン掘削機を使用し、遠隔操作による無人化施工を行った。

本稿では、その遠隔操作掘削管理システムの概要について述べる。

2. 工事概要

本工事は、新潟市の信濃川に新設される万代橋下流橋（仮称）の橋脚下部工事をニューマチックケーソン工法により築造する工事である。

工事概要を表-1、万代橋下流橋の全体図を図-1、図-2に示す。

表-1 工事概要

工 事 件 名	万代橋下流橋下部その2工事			
工 事 場 所	新潟県新潟市下大川前通り5丁目地先			
発 注 者	建設省北陸地方建設局			
請 負 業 者	(株)大林組	協 力 業 者	大豊建設(株)	
工 事 内 容	ニューマチックケーソン基礎 P2橋脚 1基 (矩形38.0m×19.0m、高さ17.0m)			
	基礎面積	727.25 m ²	最大理論気圧	0.26 MPa
	掘削土量	17,060 m ³	掘削土質	細砂

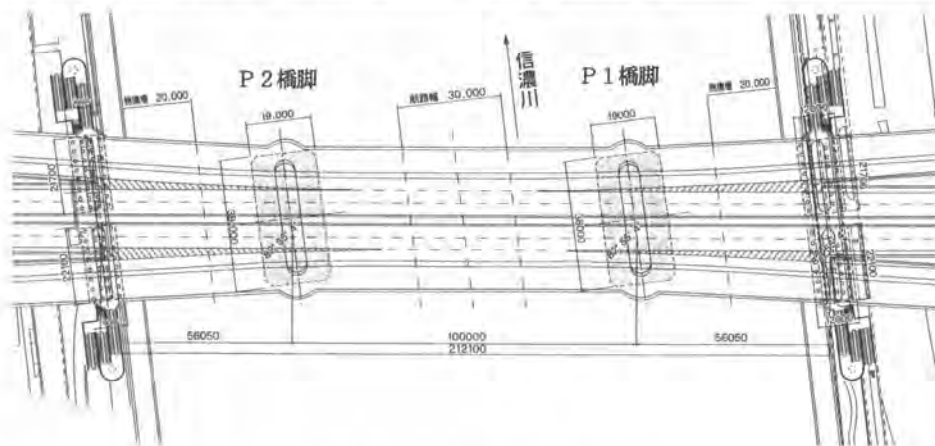


図-1 万代橋下流橋全体平面図

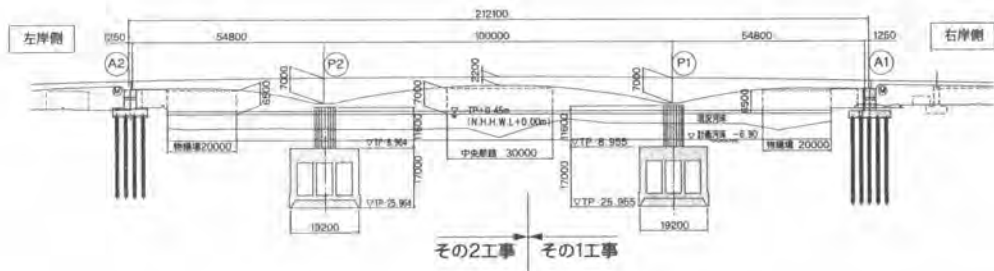


図-2 万代橋下流橋全体側面図

3. 遠隔操作による複数掘削機の沈下掘削

ニューマチックケーソン工法では、常に作業気圧と作業時間・減圧時間の作業環境管理が重要な部分を占め、掘削作業効率も沈下と共に低下する。そこで、本工事ではケーソンが最も不安定になる初期沈下時（作業気圧 0~0.1MPa）では、ケーソン姿勢制御が容易な搭乗掘削を採用し、0.1MPa以上では、作業員が高気圧下に入らないで地上からの遠隔操作による沈下掘削作業のできる無人化工法を採用した。

ケーソン掘削機を写真-1、遠隔操作システムを写真-2に示す。



写真-1 ケーソン掘削機



写真-2 遠隔操作システム

本工事のケーソンは作業室面積が727.25㎡と大きく工期等を考慮した場合、沈下掘削に使用する機械は5台必要となる。複数の機械を同時に使用し掘削する場合は、掘削機の位置及び掘削状況を的確に把握する必要がある。搭乗掘削の場合は、直接オペレーターの視覚・聴覚により掘削作業が的確に把握することができるが、遠隔操作による掘削の場合は、固定カメラ、集音マイクによる限られた情報により、掘削機側面、背面の相関位置や掘削バケットの位置を判断することになる。相互の掘削機の相関位置が不明確であれば、掘削機同士の衝突トラブルが発生し掘削バケットの位置・深さが明確に分か

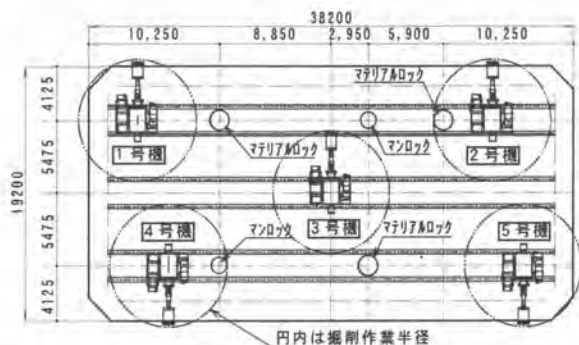


図-3 ケーソン掘削機配置平面図

らなければ精度のよい掘削施工ができない。特に、刃口付近の正確な掘削ができなければ、ケーソンの沈設、傾斜修正に無理が生じ、ケーソンの沈下掘削管理として十分とはいえない。

これらの諸問題を解決するために本工事は、掘削機5台を総合的に管理するシステム『DREAMⅡ型ケーソン掘削機制御システム』を導入して掘削機及び沈下状況の管理を行うこととした。

本工事で使用したケーソン掘削機の配置平面図を図-3、全体図及び主仕様を図-4に示す。

項目	仕様・寸法
バケット容量	容量 1.2m ³ 山積 0.75m ³
電動機	37kw
最大掘削半径	G.L線 4610mm
最小掘削半径	アーム下端部 1340mm
ブーム径φ	1400mm
総重量	感作17+総重量 4500kg

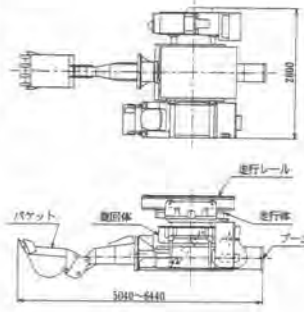


図-4 DREAMⅡ型ケーソン掘削機全体図

4. DREAMⅡ型ケーソン掘削機制御システム

(1) 概要

掘削機制御システムは次の①～③のモジュールにて構成されており、変化する作業条件やケーソンの姿勢変位に速やかに対応できる制御システムである。

- ①掘削機監視システム
- ②接触防止統括監視システム
- ③ケーソン形状設定システム

(2) 機器の構成

機器の構成は、掘削機本体内にプログラムコントローラ（PLCマスタ）を装備し、遠隔操作盤内にプログラムコントローラ（PLCスレーブ）を装備して掘削機の制御及び遠隔操作を行う。掘削機PLC・遠隔操作盤PLC・掘削機パソコンはPCL専用通信線により通信を行う。各掘削機パソコン5台と統括監視パソコンとはイーサネットにより通信を行う。

掘削機5台を配置したシステム構成図を図-5に示す。

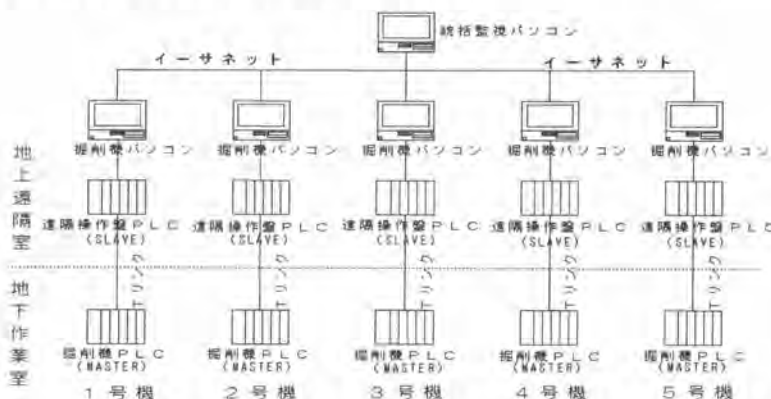


図-5 システム構成図

(3) 掘削機監視システム

掘削機監視システムは、掘削機監視表示・掘削機動作特性の設定・センサーモニタ機能から構成される。

1) 掘削機監視表示

掘削機監視表示は、次の①～④の表示になっており、それらの表示を図-6に示す。

①ケーソン躯体表示

日付・ケーソン函内圧・刃口高・ケーソン傾斜角を表示する。

②掘削機表示

掘削機番号・搭乗／遠隔モード・ポンプの運転停止・メイン油圧・油温・給脂温度・油量警告を表示する。

③ケーソン平面図表示

レール配置・ロック位置・ケーソン形状・ケーソン外枠文字等のケーソン情報・各号機の現在位置・ケーソン傾斜角を表示する。

④掘削機姿勢表示

掘削機のテレスコプームの姿勢、及び長さ・バケットの回転方向・ケーソン壁面を表示する。

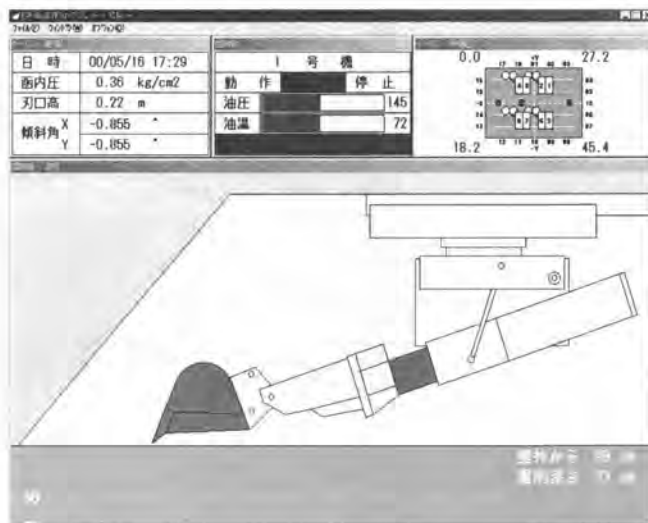


図-6 掘削機監視表示

2) 掘削機動作特性の設定

掘削に関係する掘削機動作特性として、以下の項目が設定している。

通信環境設定・グリスポンプ給脂時間設定・操作レバー特性設定・クッション特性設定・原点情報設定・速度制限設定・掘削機方向設定・掘削機種別設定

3) センサーモニタ機能

掘削機の各種センサーを掘削機センサーモニタ画面にて表示する。

(4) 接触防止統括監視システム

1) 接触防止機能

接触防止機能は、複数台の掘削機が稼働する場合に掘削機相互の接触を未然に防止する機能である。各掘削機からの走行位置・旋回角度・ブーム長さ／角度・バケット開閉及び反転角度などの情報をPCL専用通信線で経由して掘削機パソコンに通信し、イーサネットを経由して統括パソコンに全ての掘削機の情報を通

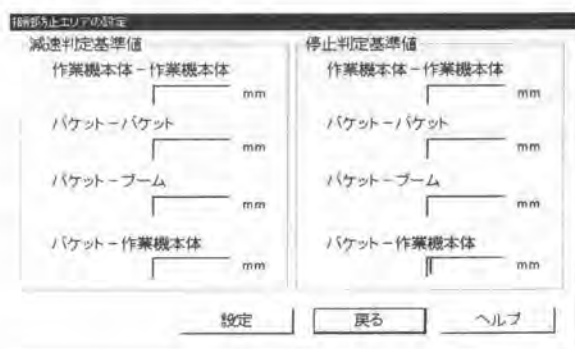


図-7 接触防止エリアの設定

信する。統括パソコンでは、減速エリア・停止エリアの判定を演算し、各掘削機に減速・停止を指令する。接触防止エリアの設定を図-7に示す。

2) 接触防止機能のモニタ

接触防止統括監視システムは、統括監視パソコンと掘削機パソコンに各掘削機の配置状況及び近接状況を表示する。各掘削機の通常色は黄色で表示し、減速エリア及び停止エリアでは赤色を表示する。

接触防止機能のモニタ画面を図-8に示す。

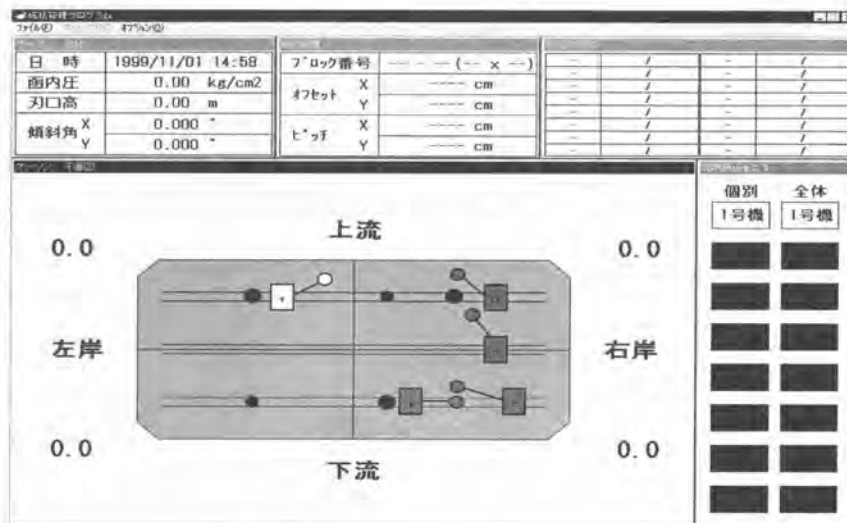


図-8 接触防止機能のモニタ画面

(5) ケーソン形状設定システム

このシステムは、工事毎に変化するケーソンの形状に応じて、掘削機の監視、接触防止システムを対応させるためのシステムである。

ケーソン形状設定のシステム内容を次の①～⑥に示す。

- ①ケーソン形状 : 矩形・円・小判型・直線円弧組合せ等の形状に対応
- ②刃口形状 : 刃口形状・天井高さの設定
- ③天井コーナ : 作業室の天井寸法の設定
- ④シャフト位置 : マテリアルロック・マンロックの位置の設定
- ⑤掘削機走行レール : レール形状・本数の設定
- ⑥ケーソン外枠文字 : 左岸・右岸・上流・下流等の文字入力

5. 掘削管理

ニューマチックケーソンは、総沈下力と沈下抵抗力のバランスを保ちながら沈設されるものであり、圧力変化、刃口反力及びその土質支持力により過沈下、移動、傾斜等を引き起こす。そこで、ケーソン躯体に次の①～③に示す計測器を設置し、自動計測のデータをコンピューター処理して、リアルタイムにケーソンの状態を把握できるように作業室内と遠隔操作のモニタに表示した。

- ①ケーソン姿勢を把握する傾斜計、鉛直変位計
- ②刃口荷重を把握する刃口反力計
- ③函内環境を把握する気圧圧力計、空気流量計、温度計、各種ガスセンサー

これらの掘削管理システムにより、本工事の大型ケーソンの沈下掘削を効率よく、且つ正確に行うことができた。

今回の掘削では、計測システムの傾斜計と鉛直変位計のデータをもとに、掘削機姿勢表示モニタ及び接触防止機能モニタにより、掘削機及びバケットの位置を的確にまた数字的に把握して、刃口付近の掘削を行うことにより、速やかにケーソンの傾斜修正を行い、ケーソンの沈設作業では最も重要な傾斜変位を少なく抑さえることができた。

また、ケーソンが不安定な初期沈下時の傾斜変位はやや大きいですが、ケーソンの深度が深くなるにつれて傾斜変位も徐々に少なくなり、安定したケーソンの沈設施工を行うことができた。

ケーソン深度と傾斜変位の関係を図-9に示す。

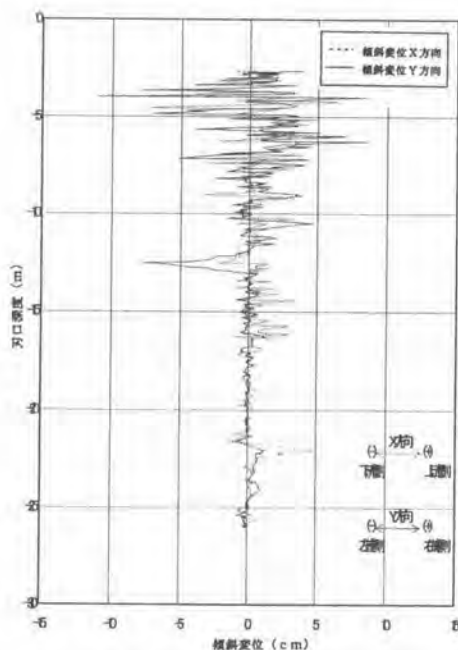


図-9 ケーソン深度と傾斜変位

6. あとがき

本工事では、5台のケーソンの掘削作業を行ったが、ケーソン掘削機制御システムの採用により、オペレーターが地上の遠隔操作室にて掘削機の状態、掘削機相互の位置関係等を的確に把握でき、且つ、掘削機の接触防止機能の働きにより掘削機相互の接触によるトラブルを未然に防いで、作業効率と作業の安全性を高めることができた。

今後、大型大深度ケーソン工事においては、遠隔操作でのさらに多くのケーソン掘削機による掘削作業が必要になると思われるが、本掘削制御システムを用いることにより、ケーソン掘削における各種の沈下掘削管理を適切に行うことが可能であり、ニューマチックケーソンの適用分野の拡大に寄与できるものとする。

9. SAVE コンポーザー（静的締固め砂杭工法）の開発・実用化

不動建設㈱： 大塚 誠、松沢 諭
*山田 隆

1. はじめに

緩い砂地盤に強い地震動が作用すると液状化現象が起こり、地盤強度が減少して地盤上の構造物に甚大な被害が生じる。平成7年1月の阪神・淡路大震災に代表される各地での震災被害以降、液状化現象あるいはその対策工法への関心が従来以上に強くなっている昨今である。

液状化を防止するために緩い砂地盤をあらかじめ締め固めておくパイプロ式サンドコンパクションパイル工法（以降、従来型SCP工法と称する）は、これまでの地震によって、液状化防止効果が実証されていることもあり、信頼性の高い代表的な液状化対策工法である。しかし、この従来型SCP工法は、パイプロ（起振機）を用いることを基本にした工法であることから、施工時の振動・騒音など、周辺環境に与える影響のために、市街地や構造物近傍などへの適用が困難な場合があった。

そこで、当社は、振動・騒音をほとんど生じさせずに従来型SCP工法と同等の効果を有する工法の開発に着手し、平成5年から、3回にわたる現場実験を経て、平成7年、「SAVE(セーブ)コンポーザー」（静的締固め砂杭工法）を開発・実用化することに成功した。本報では、SAVEコンポーザーの工法の概要、特長、施工実績などを紹介する。

2. 工法の概要

SAVEコンポーザーは、従来型SCP工法と同じサイズの砂杭を振動機を用いずに静的に地盤中に造成し、砂質地盤において同等の締固め効果をもつ工法であり、サンドコンパクションパイル工法の一つである。地中に砂杭を造成する際のケーシングパイプの貫入・引抜き時に従来型のような振動機を用いずに、静的な回転圧入装置を用いることによって、施工時の振動・騒音を大幅に低減し周辺環境に配慮した工法である。

2. 1. 施工機械

SAVEコンポーザーの施工機械の構成と名称を図-1に示す。汎用の杭打ち機をベースマシンとする施工機械の最大の特徴は、パイプロを使用する代わりに、ケーシングを回転させる駆動装置および油圧によるギア駆動の強制昇降装置で構成される静的な回転圧入機構を採用したことである。強制昇降装置は、図-2に示すように、ピンラック・スプロケット式あるいはラック・ピニオン式の2タイプがあり、両者の性能はほぼ同等である。ケーシングを貫入するための押し込み力は、強制昇降装置から得られる圧入力250kNにアタッチメントの重量約150kNを加えた400kN程度となる。ケーシング昇降時の反力は、施工機械全体の重量から得られる。

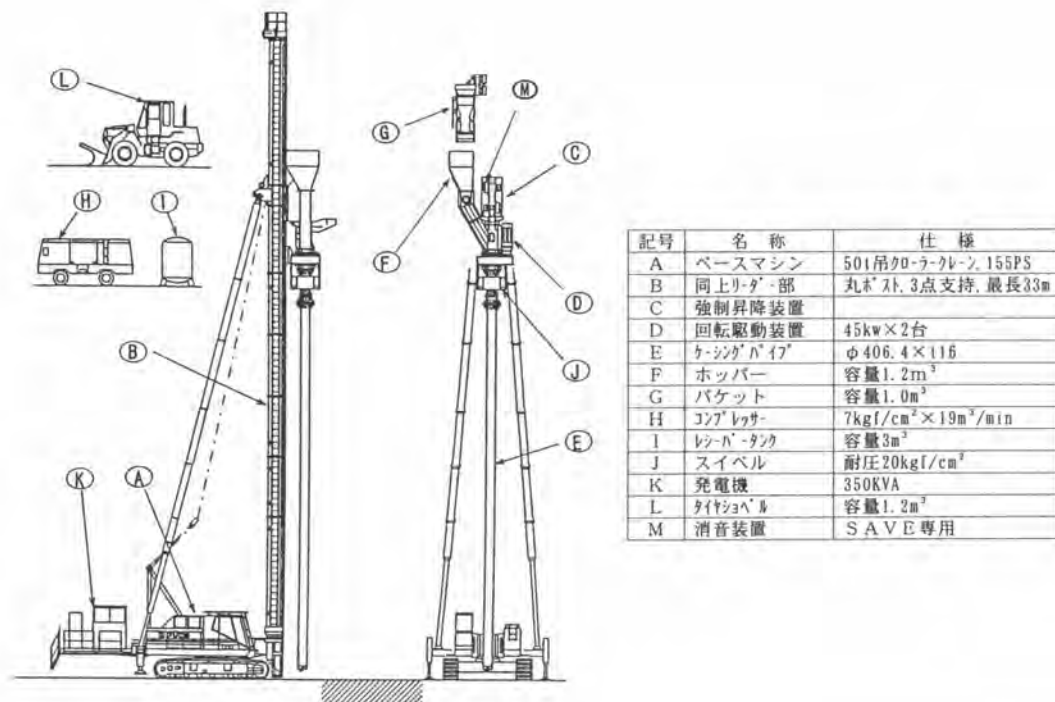


図-1 SAVEコンポーザーの施工機械構成

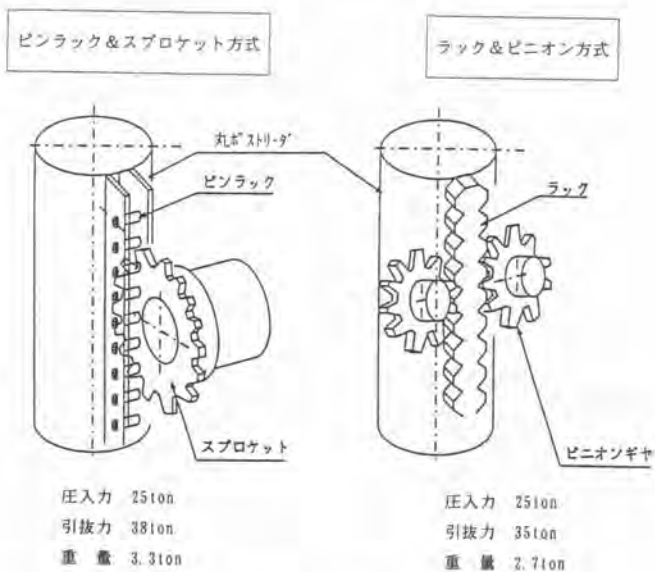


図-2 強制昇降装置の模式図

2. 2. 施工手順

SAVEコンポーザーの施工手順は、図-3に示すとおりである。

- ① ケーシングを所定位置にセット後、材料砂をホッパーから投入、
- ② ケーシングを回転駆動装置によって回転させつつ、強制昇降装置によって強制的に押し込んで、
- ③ 所定深度まで貫入する。
- ④ ケーシングを引き抜いて材料砂を排出し、
- ⑤ ケーシングを打ち戻して排出した材料を拡径しながら締め固める。
- ⑥ 所定の深度まで④と⑤の工程を繰り返して砂杭を造成する。

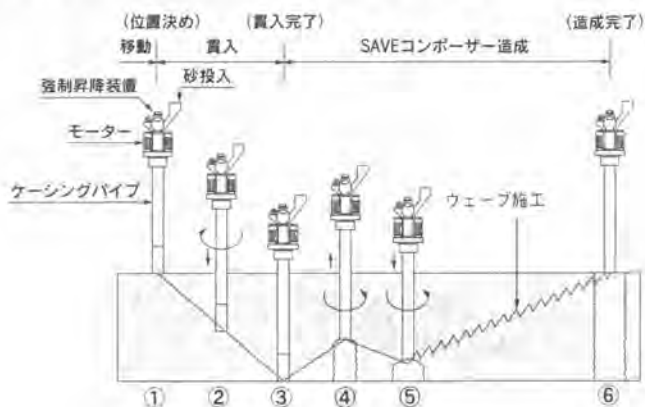


図-3 SAVEコンポーザーの施工手順

この工法はこのような手順によって、地盤中に締め固められた砂杭を拡径しながら造成し、同時に杭間の地盤を締め固める工法であり、振動機は用いない。ケーシングの径は約40cm、出来形の砂杭径は約70cmとなる。SAVEコンポーザーでは、引抜きと打戻しの長さは、各々50cm、30cm程度であり、従来型SCP工法（標準的に引き抜き長3m、打ち戻し長2m）よりは細かいサイクルで造成を行う。これにより、振動を伴わずに従来型SCP工法と同等の固さの砂杭を造成することができる。（このような施工をウェーブ施工と呼んでいる。）

2. 3. 施工管理システム

SAVEコンポーザーの施工管理システムの構成を図-4に示す。施工時には、ケーシングパイプの先端深度を示す深度計とケーシング内の砂面の高さを示す砂面計の検出値がリアルタイムでデータ処理装置に入力される。これらの検出値をもとに、施工機に搭載されたマイクロコンピュータにより、設計杭仕様を満足するように、使用砂量および貫入・引抜き・打戻しなどのケーシング昇降の制御が全自動で行われる。オペレーターは、コンピュータに制御されたケーシングの動きおよび砂面の動きをオペレーションモニターで確認しつつ、モニターから発せられる指示に従い、正確な施工を行うことができる。

作業終了後には、オシログラフなどの施工記録および日報などの管理帳票を現場事務所にて、パソコンで出力・管理する。

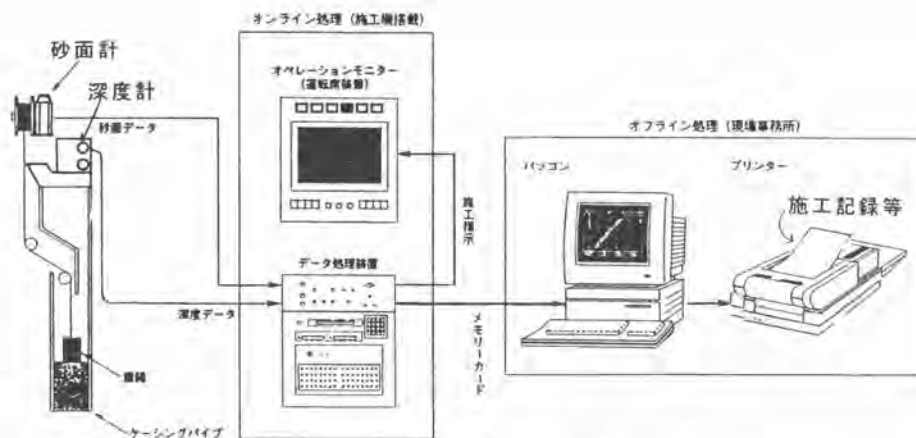


図-4 施工管理システム

3. 工法の特長

SAVEコンポーザーの特長を以下に述べる。

- ① 従来型SCP工法と比較して、施工時の振動が格段に低減され、これまで、振動規制法などの制約によってSCP工法が適用困難であった市街地や民家に近接した現場にも適用できる。
- ② 従来型SCP工法と比較して、施工時の騒音が大きく低減され、騒音規制法による制約を受けなくなったことに加えて、近隣住民の方々の生活環境への影響などを極力小さくできる。
- ③ 液状化対策などの目的で、砂質地盤に適用した場合、地盤の締固め効果が従来型SCP工法と同等である。
- ④ コンピューターを導入した新型の施工管理システムを搭載しており、確実かつ信頼性の高い施工管理を行うことができる。
- ⑤ 施工コストは、環境対応型の他の地盤改良工法に比べて経済的である。
- ⑥ 材料は、砂以外にも碎石、スラグなどの各種材料も使用できる。

このような特長の中でも、特に①、②、③については、開発の目標としたものであり、幾つかの試験工事および本工事において、調査・確認を行った結果について以下に示す。

3. 1. 施工時の振動調査結果

図-5に複数の工事現場において測定した振動レベルと施工機からの距離の関係を示す。SAVEコンポーザーでは従来型SCP工法に比べて、25～30 dBの振動低減が図られており、施工機から10m以内でも振動がほとんど感じられないレベルになっていることが分かる。

3. 2. 施工時の騒音調査結果

図-6に複数の工事現場において計測した騒音レベルと施工機からの距離の関係を示す。SAVEコンポーザーでは従来型SCP工法のような施工機本体の振動による騒音がないために、15～18 dBの騒音が低減していることがわかる。

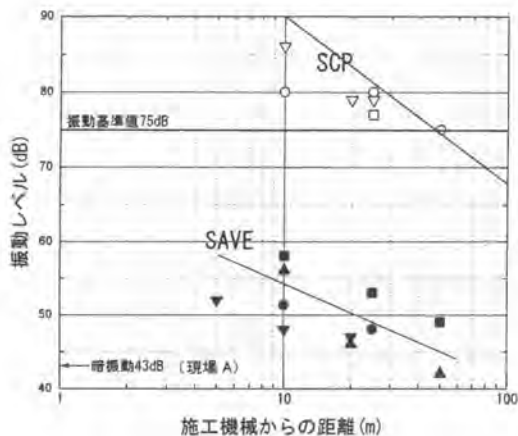


図-5 振動測定結果

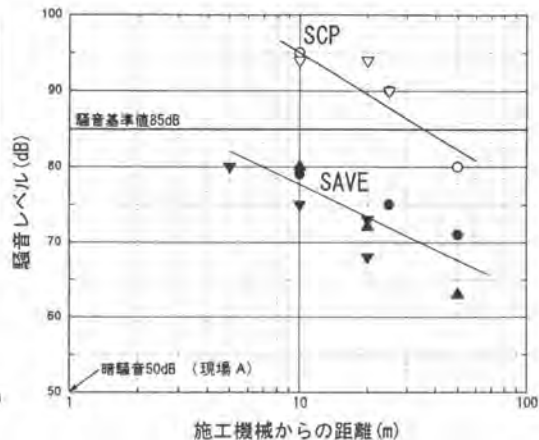


図-6 騒音測定結果

3. 3. 締固め効果の確認

SAVEコンポーザーと従来型SCP工法の締固め効果が同等であることを確認するために、複数の現場で比較を行っているが、その一例として試験工事現場Aでの結果を図-8に示す。図-8には、改良率10%、20%の場合の事前・事後N値の深度分布に土質柱状図と細粒分含有率の分布を併せて示している。土質柱状図あるいは細粒分含有率からわかるように、当現場では深度4mまでの層は粘性土であるため改良対象層から除外される。深度4m~10mの細粒分含有率が約20%の砂質土層においては、事前N値が10~14程度であったが、SAVEコンポーザーによって改良率10%での改良した後のN値は、15~24程度まで上昇し、従来型SCP工法と同等の締固め効果が得ら

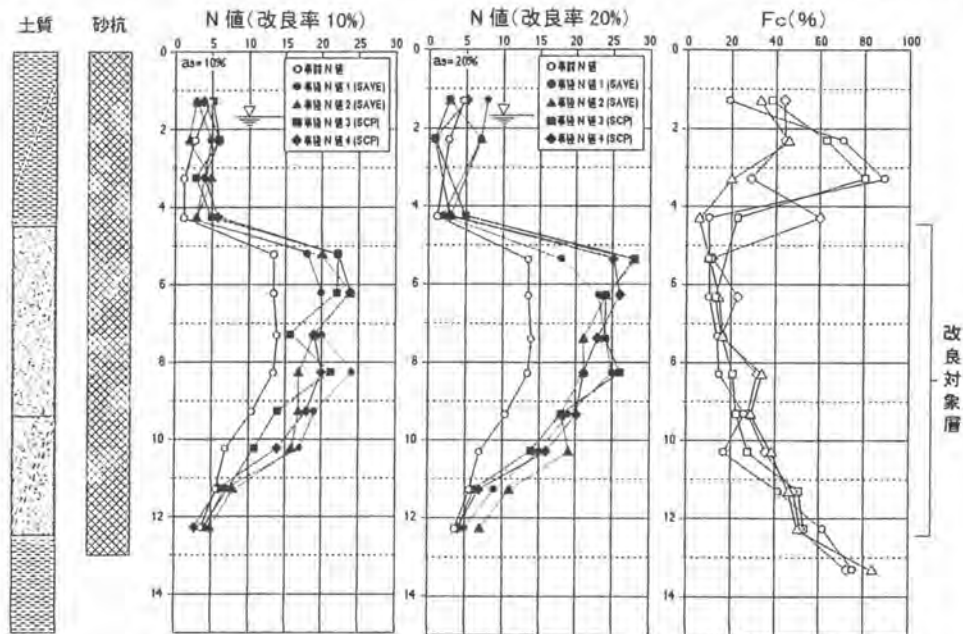


図-7 改良効果の比較(SAVE, SCP: 改良率10%, 20%)

れていることが分かる。また、改良率20%の場合にも、SAVEコンポーザー、従来型SCP工法ともに、事後N値が20～28程度まで上昇しており、両工法の砂地盤締固め効果がほぼ同等であることが分かる。

4. SAVEコンポーザーの施工実績

平成7年12月の実用化以降、平成12年9月現在までの施工実績は、150件を超え、総施工延長は、100万mに達している。写真-1に、千葉県千葉市内の共同住宅建設現場において液状化対策工として採用されたSAVEコンポーザーの施工状況写真を示す。写真からも分かるように、既設のマンションに近接した箇所での施工である。従来型SCP工法での施工は到底考えられないような市街地での施工にも数多く採用されている。



写真-1 SAVEコンポーザー施工状況

5. おわりに

SAVEコンポーザーは、バイブロ（起振機）を用いず、強制昇降装置を用いた回転圧入機構を採用したことによって、施工時の振動・騒音が極めて小さく、かつ、従来型SCP工法と同等の砂地盤締固め効果を持つ工法として開発・実用化できた。工費は従来型SCP工法の1.3～1.5倍程度であり、環境対応型の他の地盤改良工法に比べて経済的である。実用化から5年弱であるが、市街地や近接工事などを中心に、既に150件以上の施工実績を数えている。

今後の課題としては、以下のようなことが考えられる。

- ① 静的な砂地盤締固めメカニズムの解明
- ② 施工能率のさらなる向上
- ③ 施工時の周辺地盤の変位量を定量的に把握
- ④ 中低層建築物の直接基礎としての適用性の検討

10. 遠心力吹付け工法の開発

三井建設(株)：*伊藤 達男、長野 祐司
東京電力(株)：飯島 政義

1. まえがき

深礎工法は人力を主体とした基礎杭の施工法であり、危険・苦渋作業であるが簡便な設備で済むので今日でも山岳・傾斜地に於ける橋脚基礎、電力鉄塔基礎等の重要構造物の基礎工法として広く利用されている。現在では第二東名神高速道路が着工され、橋脚の基礎に深礎工法が多く採用されている。また、電力需要の増大から、電力各社においても基幹送電線の容量拡大のために大型の鉄塔の建設が目立っている。これらの背景の下、深礎杭の品質、施工能率、安全性向上およびコスト削減を目標に遠心力を利用してモルタル土留め壁を構築する遠心力吹付け工法を開発した。

深礎基礎の掘削時の土留にはライナープレートが用いられてきた。この方法は坑内での人力による組立てであるために材料の搬入時の上下作業、地山が露出した状態での作業であり、苦渋・危険作業であった。また、組み立てたライナープレートと地山の隙間にモルタルのグラウトを行うが、時間的遅れによる周辺地山の弛みおよびグラウトの不確実さによって杭の周面摩擦力を考慮し難いという欠点が指摘されてきた。この欠点を補うために、過去には土留にコンクリートやモルタルを吹付ける工法が試みられた経緯がある。しかし、この吹付けには空気を用い、人力によるノズル操作で行うものであったために粉塵によって著しく作業環境が悪く、また、施工性も劣っていたために普及には至らなかった。

遠心力吹付け工法は簡便な装置と簡単な操作でモルタル吹付け土留めを完成させ、深礎杭の性能向上、コストダウンを可能とするものである。

2. 原理

一般的な吹付け工法は圧縮空気を用いて材料を吹付けている。これに対して本工法は空気を用いずインベラの回転により材料に遠心力を与えて(図-1参照)、接線方向に飛び出させるものである。

原理的には吹付けではなく、投射と呼ばれる方法であるが、従来の吹付けと目的が同一であることから、以下、便宜的に吹付け工法と呼ぶこととする。

3. 開発内容

上記の基本的原理に基づいて試作機を製作し、試験吹付けを行った。試作機の概要を図-2に示す。

ホッパーに蓄えられたモルタルは底部のスクリューによって下方に切り出される。このスクリューを停止することにより、モルタルの切り出しも停止するので、底蓋の役割を果たしている。スクリューはホッパーの上の駆動モータにより回転軸を介して駆動される。回転軸はスクリューの下に更に延長されていて、攪拌翼が付いている。急結剤(液体)噴射ノズルがスクリューと攪拌翼の中間位置に取付けてあ

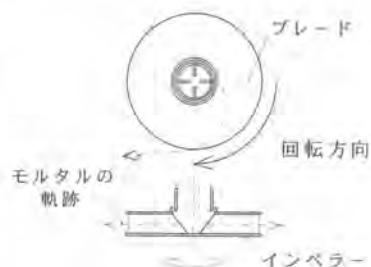


図-1 原理図

り、急結剤が添加・混合される。

急結剤が添加されたモルタルは重力でインペラの中心付近に落下し、インペラから遠心力を受けて全周に飛び出す。

試作機による試験結果より、装置の開発と同時に材料、管理方法の検討・開発が必要であることが判明した。以下、試作機による試験によって判明した開発テーマを示す。また、図-3、表-1には試作機を改良した実用機の構造と仕様を示す。

(1) スクリューフィーダの回転数とモルタルの切り出し量は一定の関係が全く成立せず、モルタルのワーカビリティによって大きく変化することが判明した。モルタルのスランブ値が10(cm)以下ではスクリューフィーダで取り出すことが出来ず、20(cm)以上ではスクリューフィーダが停止していてもインペラから流出する。これは均一な吹付けを行う目的に対して非常に大きな障害となると同時に適正な割合の急結剤の添加が困難になる。これらの問題解決のために、三つの方策を取ることにした。

①パイプレータの装着

ホッパーの底のコーン部をゴム板製とし、電動パイプレータを取付けた。これにより、スランブ値が零に近いモルタルも流動化して取り出し可能となった。

②モルタル吐出量検出装置

モルタルの吐出量がスランブによって大幅に変化することを防止するには定量的なあるフィーダを採用する方法がある。しかし、構造が複雑になり、清掃にも手間取ることから、スクリー式を踏襲することとし、後述の回転数の制御によって一定量の吐出量を確保することとした。この場合、吐出量を検出することが重

要である。吐出量の検出はモルタルの充填された吹付け機全体重量をロードセルで秤量し、その重量が時間とともに減少することに着目し、その減少量を時間で微分することによって単位時間の吐出量を算出することとした。

③インバータ制御による回転数制御

予めモルタルの吐出量を定めておき、これに見合う急結剤(液体)量を計算によって求めて、急結剤圧送ポンプの吐出量を設定する。急結剤圧送ポンプは定量的な優れた体積型を用いている。一方、モルタルの吐出量はスランブ値によって様々であるが、前項のモルタル吐出量検出装置によって知ることができる。スクリーウの回転数をインバータにより調節可能としたことにより、予め定めた吐出量にすることができ、急結剤の適正な添加が可能となると同時に、均一な厚さの吹付けに寄与することとなった。

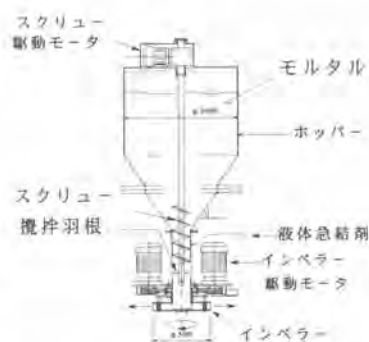


図-2 試作機

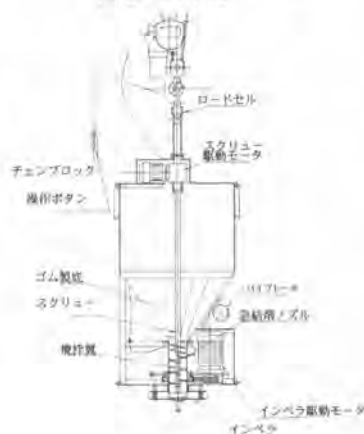


図-3 実用機

表-1 実用機の緒元

吹付け機	吐出能力	3~8 m ³ /h
	インペラ径、回転数	500 mm、300~900 rpm
	スクリーウ回転数	30~180 rpm
	ホッパー容量	0.6 m ³
チェンブロック	電動機給出力	5.3 kw
	質量	500 kg
急結剤ユニット	最大吊り下げ荷重	19.6 kN
	揚程	2.5 m
急結剤ユニット	タンク容量	100 l
	ポンプ能力	3.5 l/min × 1170 kPa
	質量	550 kg

(2) 液体急結剤の混合・攪拌方法

当初は液体急結剤を1/4インチホースでノズルより吐出させた。モルタルとの攪拌はスクリーと同速回転の攪拌翼で行った。その結果、攪拌が不十分であることが判明した。スクリーの回転数は、スランブによって異なるが、仮に6(m³/h)の吐出量とするためには40~90rpm程度である。一方、インペラ回転数は吹付ける地山までの距離によって適正値は異なるが、400~650rpmである。攪拌効果を上げるために、攪拌翼をスクリー軸と切り離し、インペラから延長した軸に取付け、高速で攪拌することとした。

液体急結剤はおよそ2.3(l/min)程度と少量であるのでノズルから噴霧するためにはノズル径を小さくする必要が生ずるが、モルタルと急結剤が反応して詰まりを生じ易く、逆にノズル径を大きくすると吐出流速が下がりモルタルが入り込んで同様に詰まり安くなる。液体急結剤ホースに圧縮空気を混入させて大口径ノズルから噴霧状態で吐出させることにより、これらの問題を解決した。同時に、作業終了時に急結剤ポンプの停止後に圧縮空気を送り続けることにより、ホースの中の急結剤を押し出すことが可能となり、清掃が容易となるメリットも生じた。以上の対策により、良好な攪拌効果を得られることとなった。

(3) 全周への均一厚さの吹付け

全周に均一厚さで吹付けるためには、インペラ全周から均一に飛び出させると同時に時間的に吐出量に変動がなく、上下運転を一定速で行う必要がある。

試作機では攪拌翼の回転数がスクリーの回転数(0~90rpm)と同じであった。この場合、モルタルがインペラの中心付近に落ちるが、一方に偏る傾向があり、方向によって厚さに差が生じていた。この欠点は前記の攪拌翼の回転をインペラ回転数(400~650rpm)と同じとすることにより解決した。時間的な吐出量の変動は吐出量を検出して、スクリー回転数を調節することで解決した。上下運転を一定速で行うことは、クレーンでは相当困難であることが判明し、これが上下方向厚さの不均一の原因となっていた。同時に吹付け範囲の上下を正確にすることも困難であった。解決方法として、専用の電動チェンブロックを使用し、揚重及びおおよその位置決めはクレーンとし、吹付け作業はチェンブロックで行うこととした。電動チェンブロックは高速・低速の2段速とした。

(3) インペラの回転制御

対象とする深礎径は2.5~5.0mとしている。インペラの回転速度はそれぞれの径によって適正値があることが予想され、特にモルタルの強度、リバウンド率に影響を与えることが予想された。そのためインペラの回転数はインバータ制御の変速とし、数多くの試験により、深礎径と適正な回転数の範囲を求めた(表-2)。

(4) 適正なモルタル配合と急結剤の特性 モルタルの適正な配合を決定するためにS/Cを2.5~4.0、W/Cを45~68%、急結剤の添加率をセメント重量比で4~12%の範囲で変化させ、実際に実用機で吹付けを行って材齢と強度の関係を求めた。このとき、スランブ値を12~15cm

表-2 インペラ回転数

深礎直径 (m)	インペラ回転数 (rpm)	吐出速度 (m/sec)
2.5	400~450	10.5~11.8
3.0	450~500	11.8~13.1
3.5	500	13.1
4.0	500~550	13.1~14.4
4.5	550~600	14.4~15.7
5.0	600~650	15.7~17.0

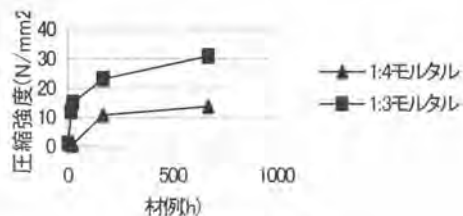


図-4 強度発現例

なるように W/C を調整したが、スランプ値が低すぎる場合は高性能 AE 減水剤を使用するものもあった。一例として、1:4 モルタルと 1:3 モルタルの強度発現の比較例とその配合を図-4、表-2 に示す。

表-3 配合例

	(1m ³ 当たり)			
	水(kg)	セメント(kg)	最骨材(kg)	急結剤(kg)
1:4モルタル	260	390	1557	27.3
1:3モルタル	250	500	1500	35.0

*普通ポルトランドセメント
*液体急結剤(ナミックType-L)

強度発現に極端な差があることが分かる。理由はいくつか考えられるが、バラバラになって飛んで、壁面に付着する際、貧配合の 1:4 モルタルはペースト分が不足していることが最大の原因と考えられる。観察によれば、1:4 モルタルはポーラスであり比重も小さいことからこのことが推定される。従って、本工法では 1:3 モルタル以上のセメント量が適当と判断された。

(5)強度と内空変位の管理方法

吹付けコンクリートの初期強度試験方法として通称プルアウト法(JHS 702)が代表的である。この方法は NATM 工法を念頭においたものである。本工法にこの試験法を用いることは当然可能であるが、装置の性質上、インペラから全周に吹付けられるために、プルアウト試験型枠に集中して吹付けることが出来ない。そのために実杭以外の場所で試験吹きをする場合は材料の無駄が発生し、実杭においておこなった場合は欠損部分が生じて補修に労力がかかることになる。このような不具合を避けるために簡易な強度確認方法の必要性が生じ、各種の方法の比較実験を行った。

プルアウト法を基準として、低強度シュミットハンマ、軟岩ペネトロメータ(土木学会「軟岩の調査・試験の指針」昭和 55 年 1 月)、コア強度試験(JIS A 1170)を比較したところ、軟岩ペネトロメータが良い相関を示し、強度管理には十分であると判断した。

トンネルの内空変位を計測する方法として従来からコンバージェンスメジャがあり、これが深礎の吹付けの場合にも使用された経緯があった。しかし、深礎の場合には掘削が進行すると、十分な足場の無いことから、危険・不安定な姿勢での計測を余儀なくされ、その結果十分に信頼できるデータが採取出来ない欠点があった。

そこで本工法の開発に伴って図-5 に示す新しい内空変位測定法を開発した。吹付け前の地山に沿ってピアノ線(φ 0.4mm)を入れた硬質ナイロンチューブ(外径 6.0mm、内径 4.0mm)を釘等を用いて地山に取付ける。両端は吹付け後に計

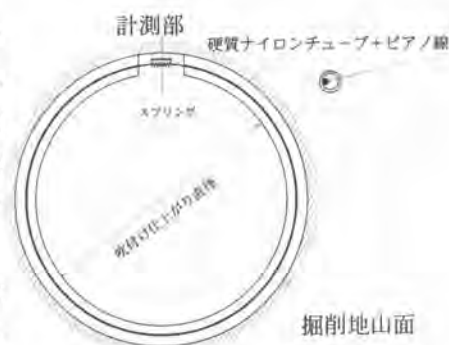


図-5 内空変位測定法

測装置を取付けるために吹付け時の養生をしておく。吹付けによって硬質ナイロンチューブはモルタルに埋没することになる。端部は吹付け直後の低強度の間に養生を取り外し、ピアノ線の両端をスプリングで引き寄せる。土圧等により周長が減少した場合はモルタルに埋没した硬質ナイロンチューブの長さは減少するが、ピアノ線の長さは変わらないのでスプリングの力で抜け出ることになり、スプリング長が短くなる。仮に深礎径 3000mm でモルタルに 300×10⁻⁶ の歪が生じた場合は 2.8mm の周長の減少となり十分に検出可能である。この方法は簡易な方法で、入坑・出坑時に簡単に内空変位を読みとることが出来る。

(6)土留めの設計方法

吹付けモルタル、コンクリートの初期強度は極めて低い時間とともに強度が増すので時間を考慮した計算方法がより現実に即している。更に、土質の細かい条件を考慮した計算を行う場合には有限要素法が必要となる。本工法の開発にあたって、平行して専用の『FEM深礎掘削解析ツール』を開発した。このFEM解析プログラムはWindows'95~'98の環境で動作し、特別な知識を必要としないで手軽に使用できることを旨としている。解析条件は次の通りである。①軸対称モデルとしている ②ステップ掘削を考慮している ③吹付けモルタル、コンクリートはステップ毎に材齢による強度の増加を考慮している ④地山特性は γ 、 C 、 ϕ 、 E 、 ν を用い、破壊基準(モール・クーロン)に達した場合には E を1/100に低減、 ν を0.49に変化させる(バイリニア法)を採用している。

4. 実施工の状況

(1)送電線鉄塔基礎の例

東京電力(株)では、福島県川内村~栃木県今市市までの超高压送電線鉄塔工事(南いわき幹線新設工事)の55基(220本)の深礎工事に本工法を採用した。その後、葛野川幹線、西群馬幹線、北栃木幹線、新所沢幹線等の一部に本工法を採用している。図-6、写真-1に施工イメージと吹付け状況を示す。

図-6に示すように、一般に大型の鉄塔建設には専用のジブリレーンが使用される。このジブクレーンを用いて吹付け位置に吹付け機を吊り下ろす。地上の運転制御ユニット(急結剤ポンプ内蔵)と吹付け機の間を急結剤ホースと制御ケーブルで連結する。地上操作員はインペラー、急結剤ポンプ、スクリューを起動する。

坑内操作員は吹付け具合を観察しながら電動チェンブロックを操作して吹付け機を上下させながら所定の範囲を吹付ける。地上操作員はモルタルの吐出量が計画値となるようにスクリューの回転数を調整する。

坑内の吹付け状況を写真-1に示す。坑内操作員はチェンブロックの位置付近に作業足場を設けここから吹付け状況を観察しながら操作する。吹付け高さは地山の自立安定によるが2mを限度としており、この例でも2mである。写真の状況は吹付け時であり、粉塵が極めて少ないことが判る。

(2)高速道路橋の基礎の例

高速道路の橋梁基礎として10件以上、一般国道の橋梁基礎に数件の実績がある。写真-2は高速道路橋脚の深礎施工の状況である。吹付け機をクレーンで吊り上げ、坑口でミキサ車よりホッパーにモルタルを投入しているところである。

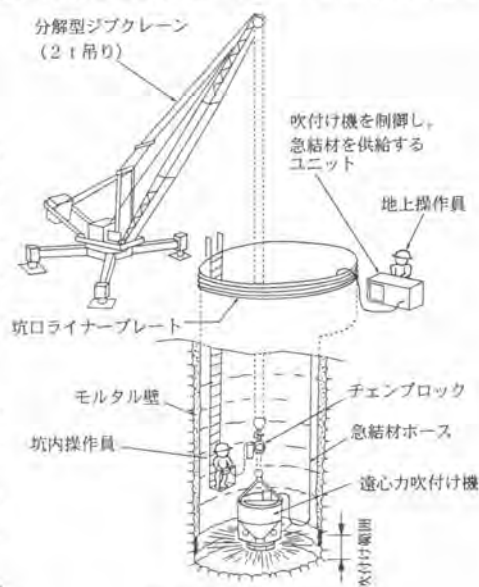


図-6 施工イメージ



写真-1 作業状況(南いわき幹線)

5. 遠心力吹付け工法の利点と適用上の注意点

従来の深礎の土留めはライナープレート工法が一般的であった。ライナープレートは幅 50cm のピースを人力でボルトを用いて組み立てるもので、自動化は困難である。掘削時の整形に当たっては、一部の掘削不足があるとライナープレートの組立てに支障が生ずるので過大に掘削する傾向がある。特に、転石層、中硬岩では発破工法となり、過大掘削となり勝ちである。



写真-2 道路橋橋脚基礎

地山の緩み防止の観点からは一段毎にライナープレートの裏側にグラウトを行う必要があるが、能率低下の原因となると同時に充填性に疑問が残る。背面にグラウトパイプを設置し、杭体の完成後にまとめてグラウトする方法もあるが、放置時間が長いことから地山の緩みも懸念され、また、充填性に問題がある。過去、公的機関による実杭の載荷試験によると杭周面の摩擦が小さく、地山の緩み、グラウトの不完全さを想定させる結果が報告されている。このような観点から、従来は深礎杭の周面摩擦は考慮しない設計が一般になされていた。

本工法は掘削後に速やかに土留めを施工するために地山の緩みを防止すると同時に地山にただちに吹付けるために全く空隙を残すことが無い。日本道路公団では、吹付けによる土留めを行った深礎杭の周面摩擦を考慮するように設計要領を改訂した。

送電線鉄塔では風荷重、地震時荷重、コーナー部で引揚げ耐力が支配的である。この観点から、東京電力では土留めに吹付け工法を積極的に取り入れることを検討してきた。過去、コンクリート吹付けの実績は相当の数にのぼるが、圧縮空気式で、人力で行っていたために作業環境(粉塵)、作業性が悪く、本格的な採用には至らなかった。本工法は低粉塵(0.5mg/m³程度)、低リバウンド率(10%程度)で機械化がなされており、本格的な採用が可能となった。

本工法の適用に当たって地山からの湧水は最も注意すべき点である。少量の湧水は水抜きパイプ、金網などの対策で吹付けは可能であるが、大量の湧水の場合は施工が困難となる。また、地山は自立すると同時に、吹付けられたモルタルの強度が発現するまでにその重量に耐える必要がある。本工法は岩のみならず土砂にも適用可能であるが、特に土砂においては上記の条件が必要となる。

6. あとがき

本開発は比較的短期間で実用化のレベルに達し、現在までに送電線鉄塔深礎基礎、道路橋深礎基礎に約 330 本の実績を持つに至っている。これは施工の機械化によって作業環境と効率の良い施工が行われると同時に性能の優れた深礎杭が施工可能になったために基礎の経済設計が可能になったことに負っている。しかし、施工条件、特に湧水についての問題が残されており、本工法のより一層の普及のために更に改良を進める所存である。

最後に、本工法は東京電力(株)送変電建設本部、同 UHV 送変電建設所が中心となり、三井建設(株)、(株)関電工、(株)岳南建設、(株)佐藤建設工業、(株)東光電気工事、(株)千歳電気工業、(株)サンテック、(株)ヒメノ、(株)山加電業(株)で共同開発したものであり、関係各位に謝意を表します。また、橋梁深礎基礎への導入に当たっては、日本道路公団の技術部、企画部、各建設局には深いご理解と施工上のご指導をいただいた。ここに深謝の意を表します。

11. 新型路面清掃機械の開発

建設省関東技術事務所： 小笠原 保，持丸 修一
*田中 義光

1. はじめに

路面清掃作業は、道路利用者の安全確保と道路環境の保全の観点から必要不可欠であるが、増大する道路ストックを背景として、コスト縮減が望まれている。現在、路面清掃作業は、基本的に作業車、散水車、路面清掃車、トラック(塵埃運搬用)の4台の車両編成で行われており、清掃作業そのものの他に、散水車の使用および清掃途中での塵埃運搬作業を行っている。

本報告は、路面清掃作業効率の向上およびコスト縮減を図ることを目的として、散水車・路面清掃車・トラック(塵埃運搬用)の機能を複合した新型路面清掃機械の開発を行ったので、その内容について報告するものである。

2. 開発目標

作業車両編成から散水車とトラック(塵埃運搬用)を削減するためには、散水量を減らし路面清掃車に搭載できる水量で作業ができるとともに、1回の清掃作業で回収する塵埃量を納めるホッパ容量を確保しなければならない。

現在使用されている真空吸込式、ブラシ式、エア循環式の各機種について検討した結果、真空吸込式に着目し、水タンク容量をホッパ容量として有効活用できる可動床式ホッパ及び水タンクと、粉塵の舞上りを防止するエアフード付ブラシ装置を開発し、真空吸込式路面清掃車に搭載することによって、下記の開発目標を達成するものとした。

開発目標は、次のとおりである。

- (1) 有効ホッパ容量：5, 0 m³ (平成9年度関東地建一般国道における半日当たり塵埃回収量の最大値。ただし、塵埃量 0.25m³/km、作業速度 8 km/h、作業時間 2.5 時間/半日。)
- (2) 散水量：1 0 ℓ/min 以下 (車載可能な容量 1800 ℓと作業時間より散水量を逆算したもの。)

3. 開発内容

3.1. 可動床式ホッパ・水タンク、およびエアフード付ブラシ装置の考案

(1) 可動床式ホッパ・水タンク

水タンク容量をホッパ容量として有効活用するため、ホッパ床板が水タンク水量の変化とともに自動的に昇降する機構を考案した(図-1)。本機構により、ホッパ有効

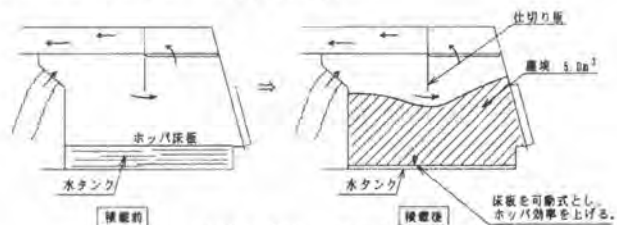


図-1 可動床式ホッパ・水タンク

容量を従来の3.0 m³に対して約6割増しの5.0 m³に増加することが出来た。

(2) エアーフード付ブラシ装置

ブラシからの粉塵の舞上りを防止するため、ブラシ部にエアーフードを取付け、土砂を直接回収できる構造とした(図-2)。基礎試験の結果、散水なしでもブラシからの粉塵の舞上りはなく、散水量を低減することができた。

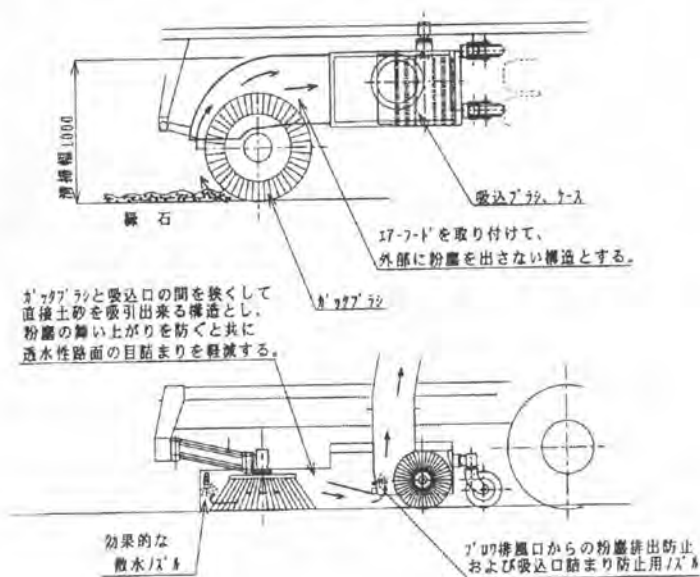


図-2 エアーフード付ブラシ装置

3.2. 新型路面清掃機械の機能試験

土砂を直接回収できるエアーフード付ブラシ装置およびホッパ容量を可変(5 ~ 7m³)できる可動床式ホッパ・水タンクを既存のベース車両(路面清掃車)に架装して、清掃性能試験、粉塵対策(散水)確認試験、可動床式ホッパ・水タンク機能試験の各試験を行った。新型路面清掃機械の概略図を図-3に示す。

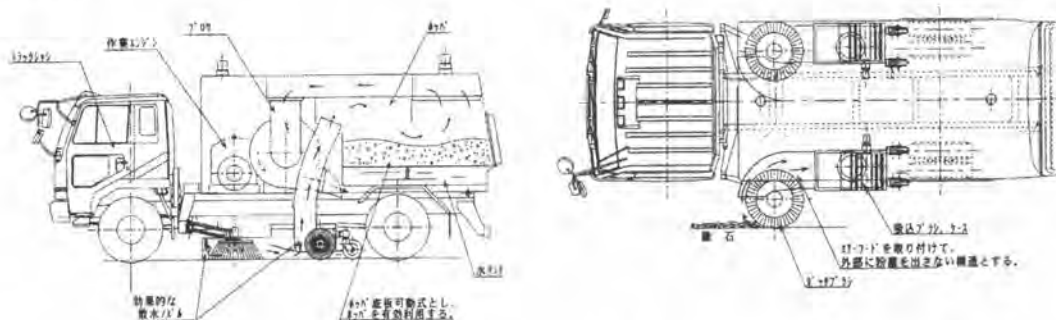


図-3 新型路面清掃機械概略図

(1) 性能試験

性能試験は、(社)日本建設機械化協会建設機械化研究所のテストコースにて、路面清掃車の形式試験と同様の試験要領で実施した(写真-1)。試験結果は、既存の代表的な真空式およびブラシ式の路面清掃車とほぼ同等の性能が得られた(図-4, 5)。



写真-1 清掃試験状況

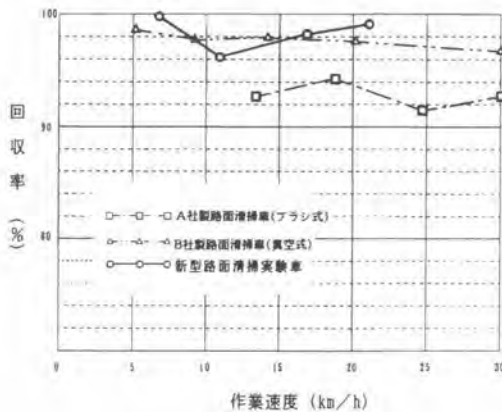


図-4 清掃効率比較表
(土砂量 0.2m³/km)

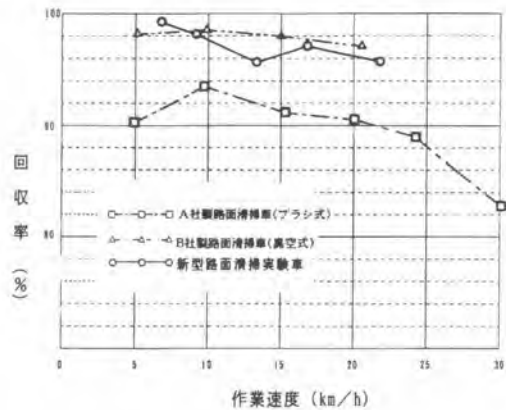


図-5 清掃効率比較表
(土砂量 0.4m³/km)

(2) 粉塵対策(散水)確認試験および可動床式ホッパ・水タンクの機能試験

清掃性能試験とあわせて粉塵対策確認(散水効果試験)を実施した。

試験結果は、エアーフード機構採用のブラシ装置により、ブラシ回りの粉塵舞上りはほとんど無い。このため、散水はフロア排気口からの粉塵排出防止用に、吸い込み口およびサクシオンホース入口のみにて行った。散水量は5~7 l/min(平均土砂量0.2~0.4m³/km)となり、従来の路面清掃車に比べ50~60%削減することができた。

可動床式ホッパ・水タンクについては、ホッパの床板が水タンク水量の変化とともに自動的に降下することを実作業において確認した。又、排土作業も問題無く行うことが出来た。

(3) 排水性舗装での清掃効果試験

排水性舗装（関東技術事務所構内、清掃距離30m）における清掃時の路面への影響（目詰まり等）の試験調査を行った。エアーフード付ブラシ装置採用により縁石部土砂を出来るだけ最短距離で回収する機構のため、清掃時の排水性舗装路面のくぼみに土砂が入り込む現象はほとんど見られなかった。

(4) まとめ

以上の結果から、清掃作業において午前、午後の作業中、途中給水・排土作業を必要としない路面清掃機械が開発できた。

新型路面清掃機械は、図-6に示すように、現行の路面清掃作業の車両編成における散水車およびトラック（塵埃運搬用）を省略することができるため、飛躍的に清掃作業効率が向上し、大幅な作業コストの縮減が期待できる。

また、先行のトラックを除き、1台で路面清掃作業が行えることから、清掃作業時の安全性の向上や、交通渋滞の緩和も期待できる。

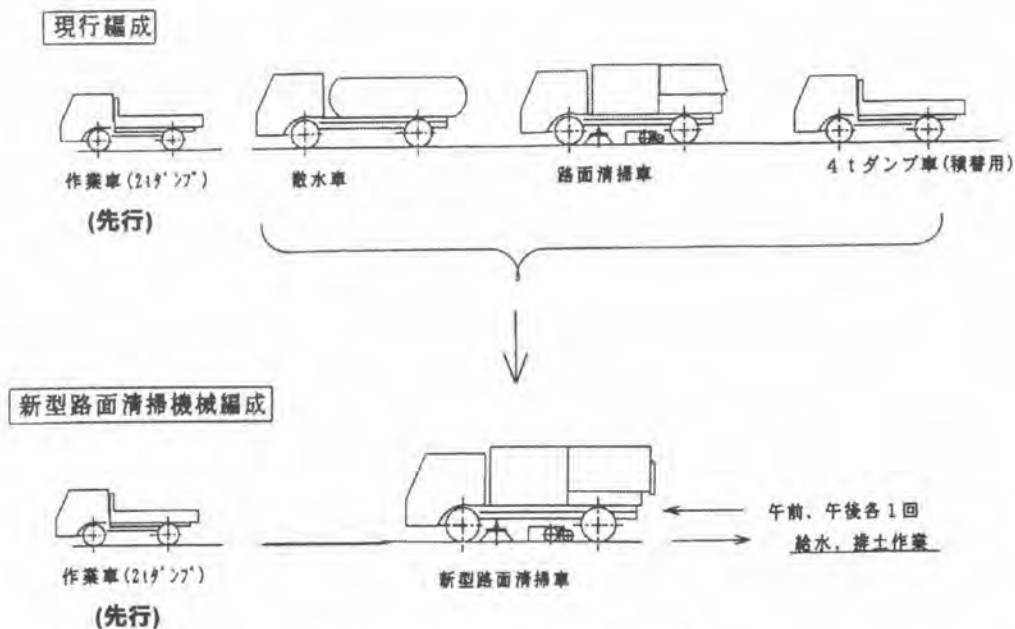


図-6 路面清掃作業の車両編成比較

4. おわりに

散水車・路面清掃車・トラック（塵埃運搬用）の機能を複合した新型路面清掃機械が開発できた。

今後は現場での実作業試験を行い、適用性等の確認を行うと共に、実機導入に向けて、積極的な取り組みを行う予定である。

12. 非開削配水本管布設替工法(プラズマモール工法)

～構造物直下に埋設された水道管の布設工事の実施～

清水建設㈱：*脇 登志夫，西村 哲夫
相田 浩伸

1. はじめに

東京の近代水道も百年を過ぎ、歴史を誇ると共に、これらはより高いレベルで安定的に供給することが求められている。また老朽化した水道管に対処するための布設替え需要が増えて来ている。さらに耐震性能の一層の向上を目指した布設替えの必要もある。

我が国の都市部の水道管は、そのほとんどが地下埋設管である。近年、管路の耐震性を強化するため、経年管の布設替え需要が増加しているが、工事の多くは開削工法で行われている。この工法は道路の通行を遮断、あるいは片側交互通行で行わざるを得ず、特に都心部に於いては夜間作業となるため、工事に伴う近隣への影響を低減させる必要がある。水道管の更新はそれが道路の路面下であり、時には路面下の構造物の下にある。このことからその工事には様々な制約を受ける。

筆者等は、そのような種々の制約・困難への解決策の一つとして、旧管を拡張破断し新管と置き換える「非開削配水本管布設替工法(プラズマモール工法)」(以下、本工法とする。)を開発してきた。この工法により交通障害の低減、振動・騒音による近隣へ迷惑の減少等の成果を得ている。今回は構造物直下に埋設された水道管の布設替え工事に本工法を適用し、交通障害の低減、振動・騒音による近隣に対する影響の改善等の成果を得た。本文は、本工法の内容と工事の施工結果について報告するものである。

2. 工法概要

本工法は布設替え対象の埋設された水道管(旧管)の内部に、まずプラズマ切断機で円周方向と管軸方向に切込み溝を入れる。次に、水道推進用鋳鉄管(新管)の

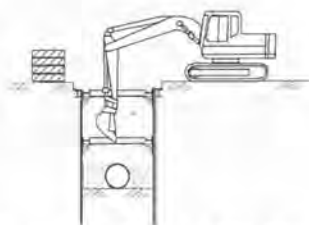


図-1 開削工法概念図



図-2 プラズマモール工法概念図

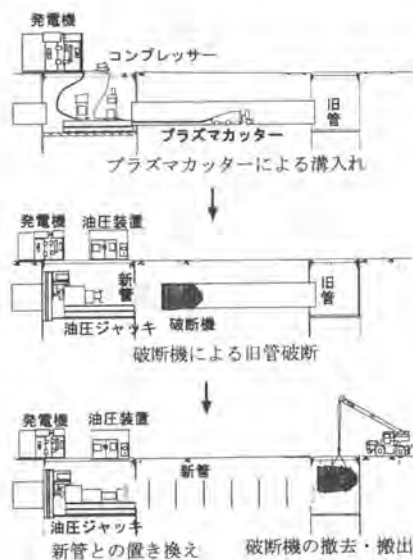


図-3 施工手順

*連絡先：清水建設株式会社 土木本部 技術開発部 Tel:0-5441-0518 FAX:03-5441-0508

の先端に取付けたクサビ状の破断機を旧管に押し込み、破断しながら押し広げ旧管内側に新管を布設する方法である。

以下にその特徴を挙げる。

①推進工法により発進立坑から旧管を破断しながらその内側に新管を布設するため、構造物下や交差点部など開削工事が困難な場所でも布設替えを非開削で行うことができる。②管の径を落とすことなく同口径の管への布設替えが可能である。③管内部からの作業であるので、騒音・振動の発生を在来工法に比べて大きく低減出来る。本工法概念図を図-2に、施工手順を図-3に示す。

3. 主な設備・装置

3. 1 プラズマ切断機

プラズマ切断のプラズマとは、気体の原子が電子とイオン（原子核）に分離した状態をいい、非常に高温の状態にある。プラズマ切断は気中放電によりプラズマ（アーク）を発生させ（中心温度で 23000°K にもなる）、高速で金属に吹き付けて溶断するものである。図4にその原理の概念を示す。

プラズマ切断機はガス切断機や機械切断機に比べて以下に示す特長を有する。

- ①切断スピードが早い。 ②制御が容易である
- ③長距離加工が容易である

図-5はプラズマ切断機の構成を示すもので、プラズマ発生装置、コンプレッサー、トーチ（火口）、トーチケーブル、アルゴン+水素混合ガスボンベから成る。

3. 2 プラズマ切断トーチ搬送機

プラズマ切断トーチ搬送機（図-8）はプラズマ切断機のトーチを積んだ自走装置で、管内を自走しながら軸方向の溝を入れたり、トーチを旋回させて円周方向の溝を入れる機能を持つものである。

主要構成は台車（284cm×54cm）、駆動輪（チェーン駆動）、駆動用電動モーター（AC100V・5A）、車載制御板、トーチ旋回用電動モーター（AC200V・5.8A）、トーチ上下用エアシリンダーから成っている。なお搬送機の移動スピードとトーチ旋回スピードは段階的に変えられるシステムとなっており、その移動スピードは 90~180cm/分、旋回スピードは 0.08~0.5rpm である。

3. 3 切断溝深さと切断速度

本工法では破断に先だって旧管に切り込み溝を入れる。その溝の深さは原則としてトーチの移動速度で調整する。

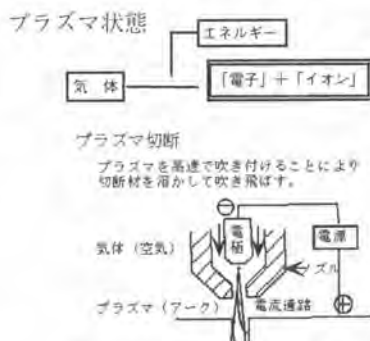


図-4 プラズマ切断概念図

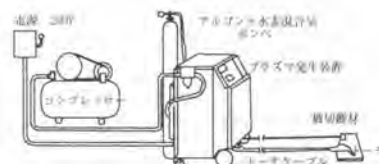


図-5 プラズマ切断機の構成

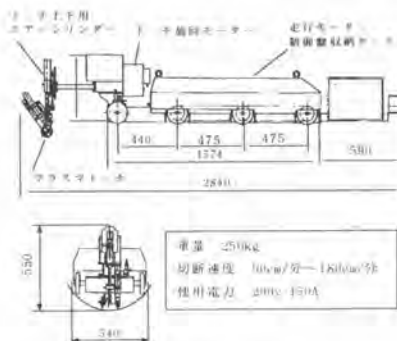


図-6 プラズマ切断トーチ搬送機

本工事では、管軸方向に6本、円周方向2mおきに6mmの溝を入れた。図-7 にアルゴン水素混合ガスプラズマ切断機の 鋳鉄での溝深さの実測データを示す (AC200V・150A)。

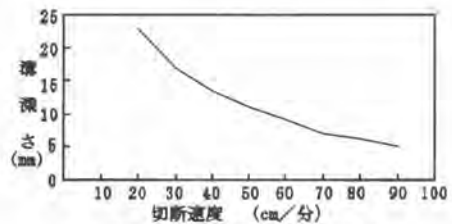


図-7 切断速度と溝深さ

3. 4 破断機

写真-1 はトーチ搬送機と破断機 (アダプターを取りける前) である。図-8 に示すように、中心部の鋼材に1断面当たり3個の回転ローラーを取り付け、2断面計6個のローラーを付けている。先端部は、管内径より小さくし (約 20cm) ガイドとした。ローラー径は旧管の内径より若干大きくし (直径で4cm)、旧管を破断させている。破断機の後端部は新管の外径より約1cm 大きくし新管外側にある旧管への土圧の低減を期待している。



写真-1 トーチ搬送機と破断機

今回は、新管としてダクタイル水道管KF型に防護コンクリートを巻き挿入した。破断機は「φ700mm 水道推進用鋼管向け」を転用している。

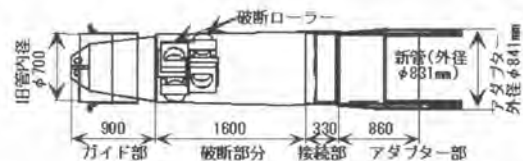


図-8 破断機概略寸法

これにより破断機の接続部の外径が、新管外径φ831mm

より49mm 小さくなるため、アダプターを取り付け、破断機の接続部の外径から新管外径にすりつけた。

破断機での主要寸法は、全長約3.7m、最小径約500mm、最大径841mm、重量約2.3tである。

4. 工事概要

本工事は、東京都内の幅員15mの道路を横断したコンクリート製箱型水路下に布設された管路の敷設替えを行ったものであり、布設替えする管の両側に立坑をもうけて推進を行った。図-9は施工概要図である。

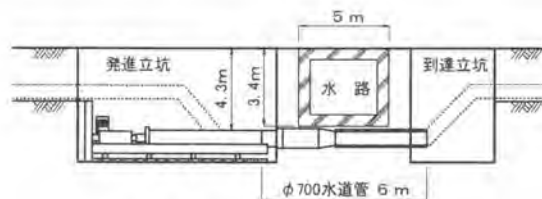


図-9 施工概要図

工事の諸元は以下の通りである。

- ・布設替え延長：6 m
- ・布設替え対象管(旧管)：高級鋳鉄管、内径 φ708mm、管厚 19mm
- ・布設替え管(新管)：水道用鋳鉄管k型、内径 φ700、管厚 11mm、最大外径 831mm (外装コンクリート外径)

5. 施工結果

本工法の開発段階での実験の結果から、次のI～IIIの知見を得ている。

- I. 単位長さ当りの推進抵抗力は推進管の外径に比例する。(本件では、実験等の知見より 90kN/m予想された。)
- II. 単位長さ当りの推進抵抗力は旧管内径と新管外径との差(拡張量)に比例する。

Ⅲ. 管の破断力は旧管の継手部で最大となり、破断実験結果より 560kN (k 型継手) となる。

また推進架台の抵抗は実績より 50kN 程度予想された。

前記より最大推進抵抗は、 $90\text{kN/m} \times 6\text{m} + 560\text{kN} + 50\text{kN} = 1150\text{kN}$ と予測された。図-10 は、推進抵抗の予測値と実測値との比較である。

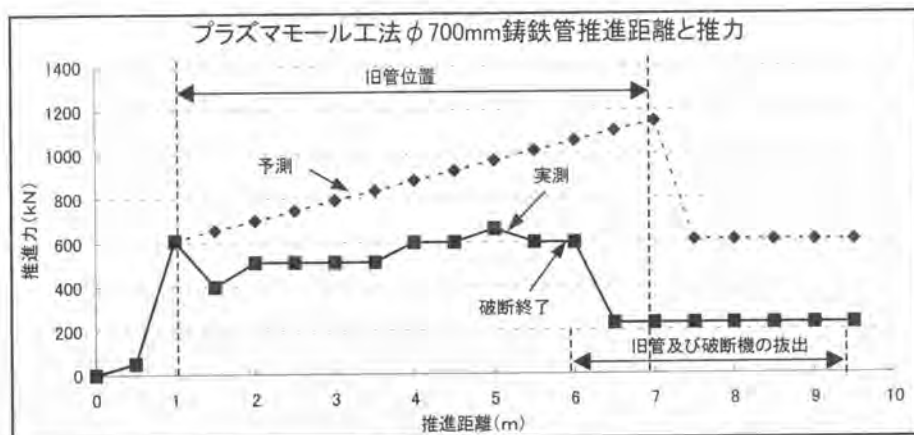


図-10 推進距離と推進力

推進力は旧管破断開始時に 600kN 程になりその後いったん減少したが、その後は増減を繰り返しながら徐々に増加した。実測の最大推進力は約 660kN と予測値 1150kN の 57% となり小さいものとなった。その理由として、①周辺地盤は緩い砂質地盤であり、②さらに上部の構造物により土圧が軽減され、締付け力が予想よりも小さかったことが考えられる。

また予測では、旧管終端（推進距離 7 m）まで総推進力が増加すると予想したが、終端 1 m 程手前で破断が終了し破断機と一緒に旧管が抜けだした。その際に旧管との摩擦がいったん切れ、摩擦抵抗が少なくなったものとする。

5. 評価と今後の課題

本工法の実施を通して、開発段階からの目的である、振動・騒音の低減、同口径管への布設替えの品質確保、等の効果は十分実証された。

今回の施工に関しては、推進抵抗の実測値は予測値の約半分となった。今後の課題として、今後生じる様々な施工環境を考慮し、地盤条件に応じて推進力を推定する方法を確立する必要があると考えている。以上の問題点の解決に努力し、今後の社会のニーズに対応した新しい非開削布設替え技術を確立したい。本工法の実施に当たり、布設替え工事全般を行われた関係各位の皆様方に記して感謝の意を表わす次第である。

〈参考文献〉

- ・「既設埋設管非開削布設替え工法（プラズマモール工法）の開発」：土木学会第 50 回年次学術講演会 H7.9 脇 登志夫、清水勝美、菊池雄一、尾之内和久
- ・「既設埋設管非開削布設替え工法の実施」 土木学会 第 53 回年次学術講演会 H10.10 影山 雄、北村隆光、岡本 角、脇 登志夫、西村 哲夫

13. 大規模土工事における車両総合管理システムの開発

清水建設(株)：*新宮 康之、佐藤 隆二
大矢 隆二

1. はじめに

近年施工される高速道路は、太平洋から日本海へ抜ける各横断道、第二東名・名神など、山岳部を通過することが多いため、土工量が多い大規模土工事が増える傾向にある。また、高速道路という線状の構造物を構築する関係上、ダム造成などに比べ、土運搬は長距離になり、場外の一般道路などを利用することが多くなる。この土運搬に使用する多数のダンプトラックがもたらす、近隣道路への渋滞などの悪影響の対策は重要な課題となる。また、大規模土工事においては、安定した高品質の盛土体の確保のため、ゾーニング設計が採用されるが、効率的な施工方法が重要である。そこで今回、車両の入退場を自動的に管理し、盛土工事を円滑に進めるシステムを開発した。



写真-1 談合坂 SA 盛土部現況

2. 工事概要

本工事は休日を中心に渋滞が頻発している中央自動車道の山梨県内の上野原 IC～大月 JCT 間 20.7km を現在の往復4車線から6～7車線に拡幅する事業のうち上り談合坂 SA の拡張を中心とした工事である(写真-1)。特徴としては、(1)談合坂 SA 拡張のための盛土工事を、約 20km の改築工事区間全域の掘削残土を利用して行う。(2)他工事からの土運搬経路は、工事箇所が広範囲にわたること、周辺の一般道路が狭小であること等により、中央自動車道本線を主に使用している(図-1)。(3)盛土部は、盛土高が直高で 50m と非常に高い盛土であり、盛土量も 253 万 m³ と高速道路の施工ではあまり前例のない大規模土工となっている。

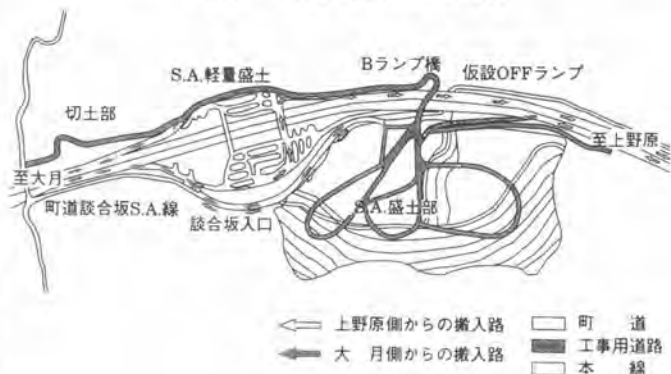


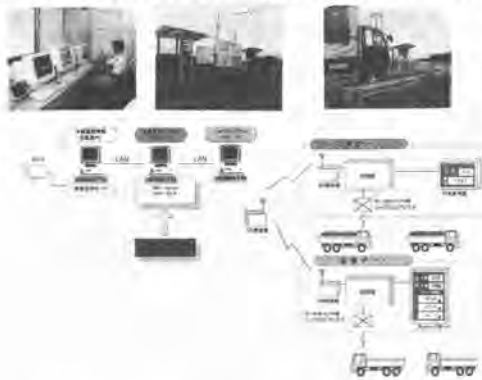
図-1 土運搬経路図

- 工事名 : 中央自動車道（改築）談合坂サービスエリア工事
 発注者 : 日本道路公団東京建設局
 工事場所 : 山梨県北都留郡上野原町野田尻～大野
 工期 : 平成7年11月30日～平成13年9月20日
 但し、平成7年11月30日～平成11年3月13日までの工事については、
 中央自動車道（改築）談合坂工事として既に竣工
 施工者 : 清水建設（株）・東亜建設工業（株）共同企業体
 工事内容 : 高速道路拡幅延長 : 2,194m
 S A 拡張盛土工 : 2,530,000m³（盛土直高最大 50m）

3. 開発経緯

システムの開発にあたって、目的として以下のものを設定した。

1. 土砂運搬車をスムーズに高速道路本線から盛土場内へ誘導し、本線へのインパクトを最小限に抑える。
2. 土運搬車両へ盛土場のリアルタイムの情報を提供することにより、効率的かつ安全な運行管理を行う。
3. 土砂種類別の行き先情報（捨土場所）を土運搬車両各々に提供し、盛土エリアの品質向上および大規模盛土におけるゾーニング施工を実現させる。
4. 土運搬車両の情報をデータベース化し、盛土管理図への展開等の品質管理の合理化を図る。
5. システムの自動化により、作業の省人化を図る



4. システムの概要

図-2 にシステムの概要を示す。

本システムは、土運搬車両入退場システム、渋滞監視システム、GPS 盛土地形測量システムから構成されている。

A. 土運搬車両入退場システム

今回開発したシステムは、移動体と非接触でデータ通信が可能な媒体を用い、車両の各種情報を自動的に認識し、盛土場所への適切な誘導を行うものがメインである。このシステムでは、カード型のデータ記憶媒体（写真-2）の情報を盛土場の入場ゲートおよび退場ゲートで読み込み、工事事務所の管理パソコンへ無線により送信し、データベース化を行っている。これにより、各種データを基に土工事全体の管理データとしてシステムを構築した。

図-3 にシステムの運用イメージを示す。

まず各ダンプトラックの助手席側のウインドウにカード型記憶媒体

図-2 システム概要



写真-2 カード型記憶媒体

を取り付ける。カードには、切土側JVが事前に1枚ごとに“セキュリティーコード”“切土側JV名”“土質名”“ダンプトラックの車両ナンバー”などを、専用パソコンにてあらかじめ書き込んでおく。

盛土側は、毎日搬入前に“JV別”“土質別”の行き先情報を管理パソコンに入力し、盛土場にある入場ゲートに送信している。

カードを装着したダンプトラックが場内に進出し、入場ゲートを通過すると、入場ゲートの読み込みセンサーがカードの情報を読み取り、表示盤に通過車両の行き先情報と車両ナンバーを表示する(写真3,4)。

あらかじめ盛土場は概ね80m×80mの大きさの25のヤードに分けられており、入場車両は場内にある行き先誘導看板に従って表示盤に表示された盛土ヤードに進み、捨土を行い、退場する。

盛土場出口には退場ゲートが設置されており、場内から退出するダンプトラックが通過すると、カードの情報が再度読み取られ、ダンプトラックの“切土側JV名”“土質名”“車両ナンバー”“土砂投入先のヤード”“通過時刻”等の情報が管理パソコンに送信されデータベース化される。

管理パソコンは、入退場ゲートから送信されてきた情報から、リアルタイムに盛土場内に滞在しているダンプトラック総数と各ヤード別の車両滞在台数を分析し、モニター画面に表示すると同時にヤード別の混雑状況を、順調、混雑、渋滞と区分し、ヤードの混雑状況とヤード内の車両滞在台数を退場ゲートに送信、表示する(写真-5, 図-4)。

表示盤に示された情報に従い、切土側JVでは、混雑しているヤードへ捨土する土質材料を積んだダンプトラックの搬出を調整する。盛土側でもダンプトラックの搬入台数が各ヤードで平均化するように、管理パソコンでの行き先指示を調整する。

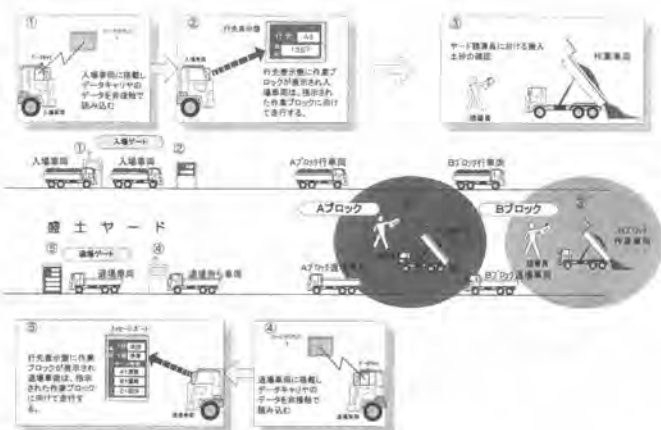


図-3 システム運用イメージ



写真-3 ダンプトラックの入場



写真-4 行き先表示板



写真-5 退場ゲート表示板

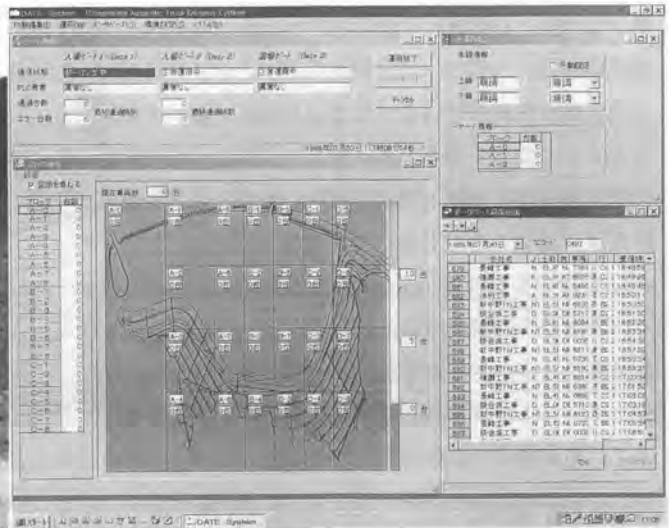


図-4 管理パソコン画面

B. 渋滞監視システム

高速道路本線の混雑状況を得るために現場付近の本線脇に高速道路本線をモニターしているカメラを設置している。管理パソコンにおいて、高速道路本線を上り線、下り線別々に、車両が車線に対して、どの程度の時間占有していたかを 10 分ごとに分析処理し、その占有率の指標より、混雑状況を渋滞、混雑、順調に区別し判定している(写真 6)。混雑状況は、モニター画面に表示され、さらに退場ゲート

に送信され、上下線別の混雑情報が表示盤に示される。盛土場から退場するダンプトラックが表示盤の情報を得ることにより、切土側 JV では高速道路本線混雑時には搬出先、総搬出台数を調整し、本線への土運搬車両による影響を抑える。



写真 6 高速道路モニター画面 画像処理前(左)後(右)

C. GPS 盛土地形測量

盛土工の出来高管理として、定期的な現況横断測量は不可欠であるが、今回の工事における SA 盛土部の盛土範囲は約 150,000² (平面)と広大であり、原地形も複雑で従来の光波測距儀を用いた測量では、時間、労力とも莫大である。そこで今回この現況横断測量に車載式 GPS を用いた手法を取り入れた。この車載式 GPS を用いたシステムは、固定の基準局と移動局(測定車)からなり、基準局は GPS アンテナ、RTK-GPS 受信機、無線モデムで構成され、移動局(測定車)はこれらの機器の他、方位



写真-7 車載 GPS による現況測量

5. システムの効果

本システムは、平成9年から現在に至るまで一部改良を重ねながら実運用を行ってきた。最盛期には1日2,000台を越す車両の入場があったが、非接触式センサーを採用したことで、一時停止せずノンストップで土砂運搬車両を入場させることが可能となり、大きな混乱はなかった。更にモニタカメラからの情報を退場ゲートで表示したため、高速道路本線混雑時は切土側JVがダンプトラックの運行をコントロールし、土運搬車両による本線へのインパクトは最小限に抑えられた。

当初より搬入される盛土材の土質の多様性と土質毎の搬入量の変動に対し、切土側JV、土砂種類別の行き先情報を、入場ゲートでリアルタイムに提供できたことにより、土質別の盛り分け、つまりゾーニング施工の実現が可能となった。

退場ゲートでは、ブロック別の混雑状況を表示し、切土側JVと盛土側が土運搬車両をコントロールし、ブロック毎のダンプトラック滞在台数の変動を抑え、1ブロック内の入場車両数が抑制できたことにより(図-8)、ダンプトラックの運行管理の安全性の確保が可能となったと同時に、転圧作業を十分に行えたことにより、盛土の品質の信頼性が向上でき、安定した高品質な高盛土を確保することができた。

また、入退場情報、ヤード混雑状況や高速道路混雑状況をデータベース化することにより、土砂搬入作業に対する日報データを毎日、自動的にまた任意に取得できるため、切土側JV別、土質別、盛土場ブロック別の搬入台数の集計や、盛土場行き先指示や運搬台数の選定に活かすことができた。

一方、当現場は東京から至近距離にあることから、建設廃材などの不法投棄車両の進入が予想されたが、本システムはデータキャリアを搭載していない車両を未登録車として認識し、入場ゲートにおいてパトライトと音声による警告を発生させる仕組みとしていたため、現在のところ不法投棄車の進入は1台もない状況である。

最後に、データの自動送信や自動画像処理等、自動化を徹底することにより、人力による作業は管理パソコンの操作のみに限られ、システムの利用に関する省人化は大きな効果をあげることができた。

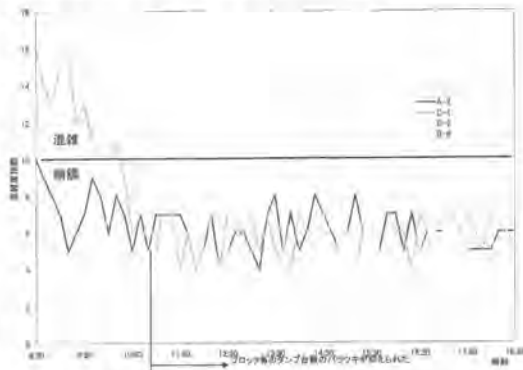


図-8 盛土部ブロック別混雑状況

6. おわりに

本システムを更に発展させるため、データ読み込みセンサーの信頼性向上、車両重量計測による盛土体積と搬入土量との誤差低減、現場内での土砂運搬車両位置検知、などを追加開発したうえで、盛土側管理パソコンと発注側及び切土側パソコンとをLAN化し、情報の共有化が行える総合的な大規模盛土施工管理システムへと発展させていく予定である。

14. トンネル断面形状測定システム (Section Scanner System)

大成建設(株)：宮崎 裕道、藤谷 俊実
*近藤 高広

1. はじめに

トンネルや地下構造物の建設においては、構造物を設計通り築造し、かつ安全に作業を進めるためにも掘削内空の出来形や変形を確認することは重要である。しかしながら、従来これらの内空断面を測定するためには、非常に多くの時間と労力を必要としてきた。

本稿は、内空断面形状や地山変形をワンマンで簡単かつ高精度に測定することが可能な、レーザ距離スキャニング装置を用いたトンネル断面形状測定システムを開発したので、このシステムについて報告する。

2. システム概要

レーザ距離スキャニング装置は設置位置から 8m以内にある物体を 180° の範囲で 0.5° ピッチに距離を測定する装置である。そのためレーザ距離スキャニング装置を設置する三脚架台は全周 360° の測定を可能にするため測定中心を軸として 180° 横に反転する機構を有している。

即ち 180° 半周を測定後、装置を反転させ残りの半周分 180° を測定して全周分のデータを収集する。三脚架台は測量用に使用されているものと同等の機能と精度のある架台を製作した。この架台は水平面の調整、設置位置のズレの微調整機能を有し、鉛直方向およびトンネル軸方向にレーザポインターを装備している。

このレーザポインターを用いて、設計センターに対する機械の設置位置を携帯パソコンに入力して測定すると、設計断面に対する実断面位置が計算・表示される。

写真-1 に断面測定機と三脚架台を示す。

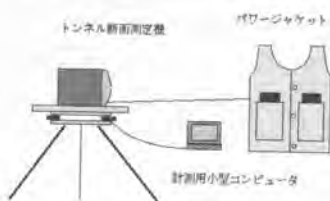


図-2 現場使用形態

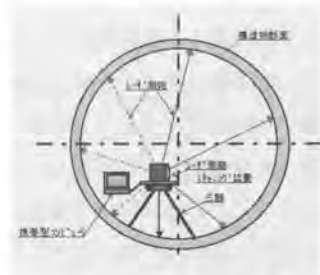


図-1 システムの概念



写真-1 断面測定機と三脚架台

これらの装置は電源のない現場での使用を想定して、全てバッテリー駆動になっており、利用者は充電式電池を埋め込んだパワージャケットを身に付け測定を行う。図-2 に現場での利用イメージを示す。

測定データは同一測点に対して数十回測定（測定時間は数十秒）し、平均処理することで測定精度（3 シグマ）を 2mm以下にすることができた。また、測定完了後は事務所のパソコンにデータを転送し、報告書作成・集計・印刷などの後処理を行っている。

3. 測定データの補間方法

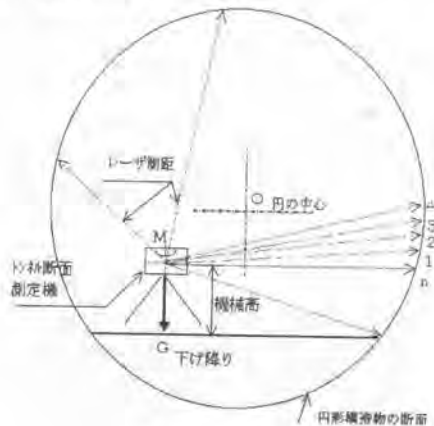


図-3 測定データの概念

現場で測定したデータは、三脚架台による死角部分や風管・照明器具などの障害物によって、正常データの中にイレギュラーデータが混入した状態で測定されている。

このイレギュラー部分を正常データから補間する必要がある。

図-3 に測定データの概念を示すが、円形断面での補間方法を以下に説明する。

断面測定器は機械中心Mを原点とした極座標（長さL、角度θ）で計測する。測点を1,2,3,, nとする。

Mを原点とする極座標で、設計半径 R で中心座標Oの円、つまり設計円は $L = f(\theta)$ とする

関数で表わせる。

その理論関数の微分値 $\Delta L = \frac{f(\theta)}{d\theta}$ の変化と実測値の差 $\Delta L_m = L_n - L_{n-1}$ とを比較することでイレギュラーデータを判定する。

即ち判定値をHとすると $|\Delta L - \Delta L_m| > H$ の場合にイレギュラーデータと判定し補間を行う。

イレギュラーデータ n は正常データ n-1 から理論差分を加算して $L_n = L_{n-1} + \Delta L$ で補間する。

円形断面以外の断面を関数化する場合、測定値を高次の関数として最小二乗法で論理関数化する方法やスプライン関数を用いることで、馬蹄形断面などの補間も可能となる。

また機械設置位置を測量しておくことによって、機械中心 M からの X,Y 座標として断面の出来形の中心座標を算出することができる。

円形断面の場合を例にとると、各測点は機械設置位置M点を中心とした直交座標に変換して行う。

各点の座標値を $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ とすると補間後の円形断面の中心座標は

$$(x_c, y_c) = \left(\frac{2 \cdot \sum X_i}{n}, \frac{2 \cdot \sum Y_i}{n} \right)$$

として求めることができる。

以上のような方法を用いることで出来形断面のセンター位置座標を施工完了後正確に測定す

ることが可能である。

4. 断面測定結果

今回は二ヶ所の現場で使用したので、事例を紹介する。

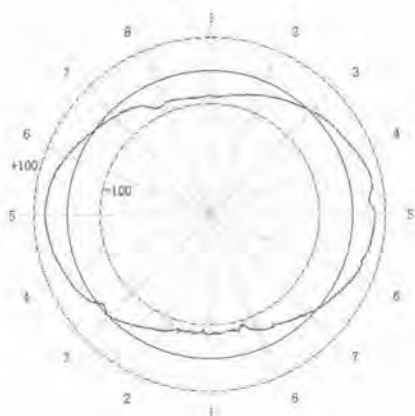
4-1. A シールドの事例

この現場はシールドトンネル掘削後に鋼管を挿入してセグメントとの間を中詰めし圧力管路とする現場で、鋼管設置時に真円度を許容値以内に保つための施工管理ツールとしての使用である。

図・4 に測定データ結果を示す。この測定結果は写真・2 に示すように資材ヤードでの、施工前の鋼管材を測定した結果である。

測定結果は設計半径±100mm の破線の円で測定結果を強調した表示である。

内径 4500mm の鋼管が自重で約 100mm 潰れた様子が測定されている。



図・4 鋼管内径測定結果



写真・2 鋼管内径測定状況

4-2. B トンネルの事例

この現場は機械掘削の NATM トンネルで、鋼管ライニング二次覆工前に、全線を 1m ピッチで断面測定して各断面の中詰め厚の事前確認と、各断面形状から中詰め量（体積）を計算し、実中詰め量との比較による施工管理に利用した。

この中詰め厚の事前確認には、一次覆工断面形状と、挿入する鋼管位置の相対位置表示が必要である。

そのため、各断面毎に設計センターに対する断面測定機の設置位置を入力して測定を行った。

測定結果を図・5 に示す。測定結果は上下左右方向の中詰め厚、つまり二次覆工鋼管と一次覆工吹き付けモルタルとの間隙量を表示し、また鋼管と一次覆工との間隙部分の断面積を算出した。

この 1m ピッチで算出された断面積を積分し、中詰めモルタルの注入量の算出を行った。

写真・3 に断面測定の状態を示す。

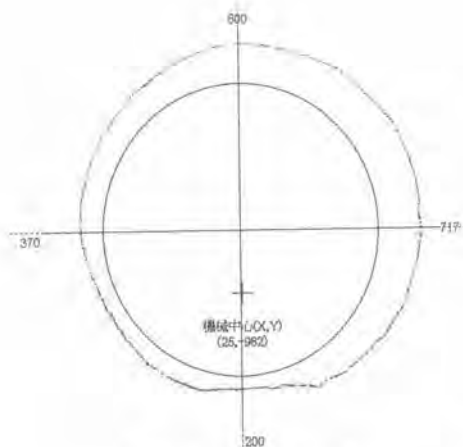


図-5 一次覆工測定結果



写真-3 一次覆工測定状況

5. システムの特徴

- ・計測時間が短い。(1断面当たり1～2分)
- ・従来市販品の断面測定器に比較して安価である。
- ・軽量の為1人で持ち運び、測定作業ができる。
- ・測定結果から出来形断面の中心位置を算出することができる。
- ・三脚架台は、一般のトランシットに載せ替えて機器の設置位置を測量できる。
- ・高精度である。(測定精度2mm以下)

6. おわりに

断面測定システムの概要と、応用例として単に形状の把握のみならず、内空断面積の算出や設計中心とのズレ確認などにも利用できる事例を示した。

本稿で報告した事例から考えても、従来行われていた施工管理より、精度の高い管理をするためのツールとしての利用が可能である。

また、どのような現場でも使用できるように汎用性を考慮して、報告書作成など後処理には市販のWindowsパソコンで利用されているExcelを使用している。したがって、多少その方面の知識のあるユーザであれば、現場の要求に合ったデータ処理方法が簡単に作成できる。

さらに、現状でもレーザー距離スキャニング装置の精度から1mmの変位を検出することは技術的に可能であると思われるので、今後の応用としてトンネルの内空変位測定への応用も考えられる。

断面測定機が、今回のような特殊な場合にだけ使われるのではなく、ごく一般的に日常施工管理のためのツールとして利用される事を期待している。

15. 壁面作業ロボットの石炭サイロ補修工事への適用

東急建設㈱：*後久 卓哉，光永 純一
遠藤 健

1. はじめに

近年、建設構造物の機能や性能の維持管理、長寿命化を目的に外壁の補修を行うリニューアル工事が増加している。

リニューアル工事は、構造物を使用しながら行うため新築工事と異なり、施工時の制約条件が多い。足場や防護ネットの長期仮設による居住者や周辺住民への圧迫感や景観など環境問題になることもある。また、足場の仮設費や運搬コストが工費の大半を占めておりコスト削減が難しい。また、足場上の高所作業など安全面においても対象とする構造物が大きくなるほどその危険性は高くなる。



写真1 石炭サイロ全景

壁面作業ロボットは、壁面施工自動化工法として無足場で壁面作業を行えるロボットである。これまでに、壁面のタイル剥離診断¹⁾や、ドットによる描画塗装など現場での施工実績を上げてきた。

今回、電源開発㈱が沖縄県石川市の石炭火力発電所の石炭サイロ補修工事を計画するに際し、「壁面作業ロボット」による無足場での外壁補修の可能性についての検討依頼があった。

検討の結果、コスト及び安全面においてメリットがあることが判明し、無足場でRC構造の壁面を高圧洗浄する方法での提案が採用された。

本論文では、現場に導入するに際し実施した事前検討、新規に開発した屋上吊り台車、洗浄装置、安全警報システムおよび施工結果について述べる。

2. 現場概要

石川石炭火力発電所(写真1)は、築12年が経過し、石炭を備蓄している石炭サイロ(RC構造)の汚れが目立つようになり、隣接する国道からの景観が問題となっていた。

今回の施工は、この石炭サイロを稼働させたまま、外壁の洗浄を行うものである。石炭サイロは直径38m、高さ47.5mの円筒形(PC鋼線緊張箇所一部突起有り)で総数は4基、延べ施工対象面積は22,332㎡である。石炭サイロには、石炭を搬入するためのベルトコンベアを通したパイプや防音壁などが設置されている。今回、ロボットでの施工可能範囲を検討した結果、全体の82.8%である18,508㎡であった。残りの箇所に関しては、従来の工法で施工を行うこととした。

3. 事前検討および装置の開発

石炭サイロの補修工事を行うにあたり今回新たに検討、開発を行った点を以下に記す。

- ①高圧洗浄装置の開発とロボットへの防水対策、洗浄圧力、洗浄方式についての検討
- ②屋根部は他の資機材を設置するための耐荷重が考慮されてなく、ロボットの控えを取るものが全くない。
かつサイロ外周4カ所に凸部があることなどの条件があることから、これらを満足する吊り台車の開発
- ③現地は海岸沿いであるため強風（10分間平均で15m/sec、瞬間では20m/sec以上の風が吹く）への対応と季節的条件から雨やスコールが多いことへの対策

3.1 洗浄装置

石炭サイロは空中の塵や埃、かびの付着により汚れている。これらの汚れを洗浄するために、現地および技術研究所で要素実験を行った。

3.1.1 洗浄パターン

洗浄パターンは水を噴射するノズルの形状によって決定する。ノズルが絞り込まれたものを使用すれば、水勢は強く一点に集中した状態で噴射する。またノズルが解放したものを使用すると、水勢は弱く拡散した状態（扇状）で噴射される。洗浄作業を効率的に行うためにはある程度の拡散が必要であり、この拡散の度合いにより一様な状態の仕上げとなる。

壁面ロボットの移動速度、施工性等を考慮してノズルの噴射角を90度に設定した。この数値は、ノズル・壁面間距離200mmとすると洗浄幅も200mmが得られる。実作業ではこのノズルを横に2連とし、洗浄幅400mmを基準とした。また仕上げ面をよりむらなく洗浄するためにノズルに揺動運動を付加した。



写真2 洗浄装置

3.2 屋上吊り台車

台車はカウンタウエイトを載せ、控えを取らずに自立する構造とした。また異常荷重発生時の落下防止と屋根面保護については以下の方法で対処した。

ロボットの配置をサイロに対し対角に2台設置し、屋上吊り台車同士を控えワイヤで連結し互いを控えとする方式を考案した。

ワイヤに発生した張力は台車に備えた反力アームでサイロ壁面に案内するものとし、控えワイヤの緊張の加減により吊り荷重による反力を分散させる構造とした。

台車の基本構造は、軽量で強度があり風の影響を受けにくいトラス構造とした。また凸部での施工を可能にするため吊り滑車を前後にスライド可能な機構を備えた。脚部には球座ジャッキを設け、任意の方向に勾

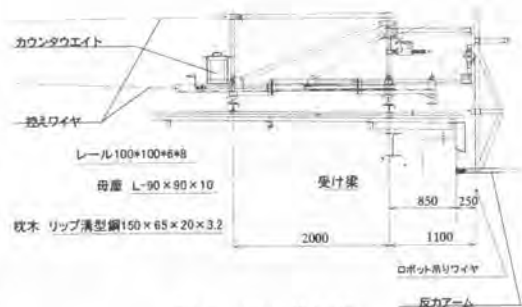


図1 屋上吊り台

配調整ができる構造とし、屋根面の勾配が台車の姿勢にもたらす影響を排除した。反力アームは、設置や移動、凸部での張り出し時に容易にセットが可能のように可倒式とした。(図1、写真3)



写真3 屋上吊り台車

3.3 安全警報システム

今回の施工は、発電所の設備を稼働させたまま行うために、サイロの屋根の破損事故等を起こさないよう細心の注意を払う必要がある。そこで、事故を未然に防ぎ、安全に作業が行えることを目的とした安全警報システムを構築した(図2)。

※ 安全警報機器

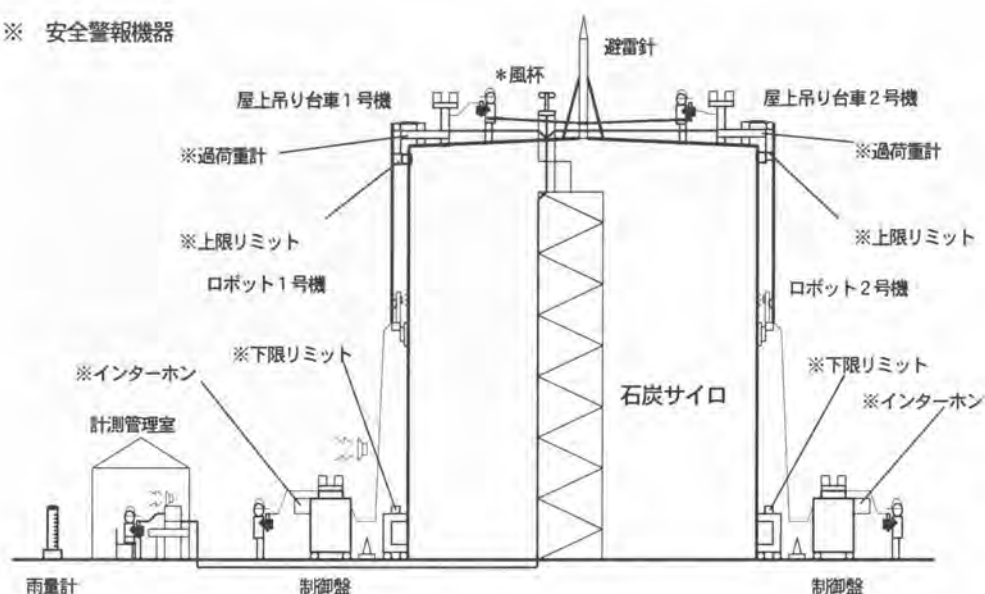


図2 安全警報システム図

4. 作業状況と施工能力

4.1 洗浄作業

洗浄作業は写真4、5の通り、2連の首振り洗浄装置で作業を行うと、洗浄前の箇所とはっきり区別がつかほど壁面は白くきれいになる。標準横送り速度は200 mm/secでおこない、特に汚れのひどい箇所に関しては、速度を100 mm/secに落として作業を行った。

4.2 施工手順とサイクルタイム

壁面作業ロボットによる洗浄作業の分析を行うために一列毎の施工手順の観察とサイクルタイムを計測した。施工手順を示すフローを図3に示す。



写真4 洗浄の効果



写真5 洗浄作業

4.3 施工能力

4.2 節に記したサイクルタイムを整理して、壁面作業ロボットによる洗浄作業の施工能力をまとめた。

ロボットは、1回のセットで107.5㎡（幅2.5m、高さ43m）の作業を行うことができる。台車の移動時間を含めたロボット1台当たりの1日の施工能力は次の通りである。

・洗浄作業

1日5列(2.5m×43m×5列) 537.5㎡、時間当たり67㎡の施工速度

5. おわりに

壁面作業ロボットは、壁画を描くことを目的に当初設計製作された。今回は、高圧水による洗浄を行える機能を付加した。洗浄の能力としては非常に効果のあるものであったが、電気機器等への防水対策や周囲への飛散防止に関して今後の課題が残るところもある。沖縄という特殊な環境条件の中、安全警報システムを構築するなどし、無事に施工を行えたことは大きな実績である。今回のようなコンクリート打ち放し面は風雨による汚れが付き易く、周辺環境への考慮も築10年をすぎた頃から必要になってくる。壁面のリニューアル工事は、ますます増大する市場である。今後も壁面作業ロボットを用いた塗装洗浄工法を提案し現場適応を図っていきたい。



図3 洗浄作業フロー (1列分)

16. ICカードによる大型重機稼働の集中管理

(株)間組：*澤 正樹，奥村 敬司

1. まえがき

建設現場では、労務管理・資機材管理・出来高管理・工程管理など様々な管理業務があるが、業務の効率化及び改善を行なうことは必至である。当現場では大型重機十数台により100万 m^3 /月以上の土砂掘削を行っており、これら重機の稼働データの収集・整理を効率よく行い、整理されたデータをもとに掘削計画・重機配置等の施工管理をしなければならない。そこで、稼働データを全て電子化してデータ収集・整理の省力化を図るとともに、稼働状況の分析などから重機土工の生産性向上に役立てるために、大型重機に建設ICカードシステムを導入した。

2. 建設ICカードシステムの概要

2.1 ICカード

本システムに使用しているICカードは、施工情報化協議会で標準化されたもので、クレジットカード等と同形状のプラスチックカードにICチップを内蔵し、このICチップに全ての情報を記憶するものである。このカードは偽造や不正使用が難しいことから、重機の安全管理に適用できるとともに、磁気カードに比べて大きな記憶容量をもっているため、多種多様の大型重機の稼働データを収集することができる。

当現場では各重機オペレータの一人ひとりに、①有資格者か否かを識別する「オペレータカード」、②重機の稼働データを記憶する「機械情報カード」の2枚1セットのICカードを持たせることにした(写真-1参照)。

2.2 車載ターミナル

各重機の運転室に「車載ターミナル」を取付け、各オペレータはこの装置へ2枚のICカードを順に挿入してから、エンジンを稼働させる。ここで、有資格者以外の者が「オペレータカード」を挿入してもエンジンを稼働させることは不可能である。

この車載ターミナルは重機本体のペイロードメータから稼働データを受信し、そのデータをICカードに記憶させる機能をもっている。さらに、切羽の場所・切羽の標高・運搬の岩質等ペイロードデータ以



写真-1 ICカード

外のデータも、各重機オペレータが車載ターミナルへ入力して IC カードに記憶させることができる（詳細は 3. 建設 IC カードシステムの運用に記述する）。

図-1 に車載ターミナルの概要図を示す。

2. 3 給油ターミナル

大型重機の稼働管理においては、燃費を算出するため稼働データ以外に給油データを収集する必要がある。そこで、固定式の車載ターミナルを持ち運び可能なハンディタイプの「給油ターミナル」に改造した。各重機に給油する際は、この給油ターミナルに給油専用の IC カードを挿入し、重機番号と給油量(%)を入力すれば、全重機の給油データを収集することができる。

2. 4 データの読み込み

毎日の作業終了後、重機オペレータの IC カードを回収し、IC カードに記憶された重機の稼働データを工事事務所内のパソコンにて読み込み（写真-2 参照）、データベースに記録すると、自動的に稼働日報が作成され、A4 用紙 2 枚に全重機 1 日分の稼働状況がまとめられる。

また、データベースを加工することにより、必要に応じて稼働日報以外の独自の日報・月報を作成することや、稼働状況の分析を行なうこともできる。

3. 建設 IC カードシステムの運用

3. 1 適用重機とデータの種類

当現場で稼働している大型重機において、建設 IC カードシステムを適用している重機及び記録・収集できる重機の稼働データの一覧を表-1 に示す。

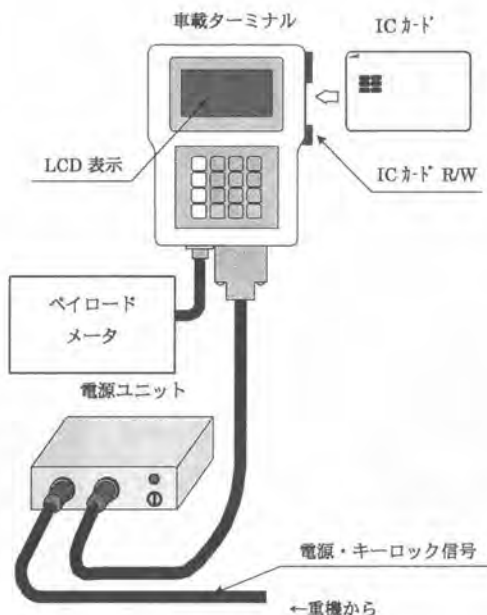


図-1 車載ターミナル概要図



写真-2 IC カード読取り状況

3.3 システム運用

毎朝作業前に各重機オペレータに建設 IC カードを手渡し、作業終了後はオペレータから回収する。回収後、工事事務所のパソコンに接続された建設 IC カードの R/W（読み取り・書き込み装置）にてデータを読み取りサーバへ転送・保存する。同時にデータが処理され稼働日報が作成される。

図-2 に本システムの全体の流れを示す。

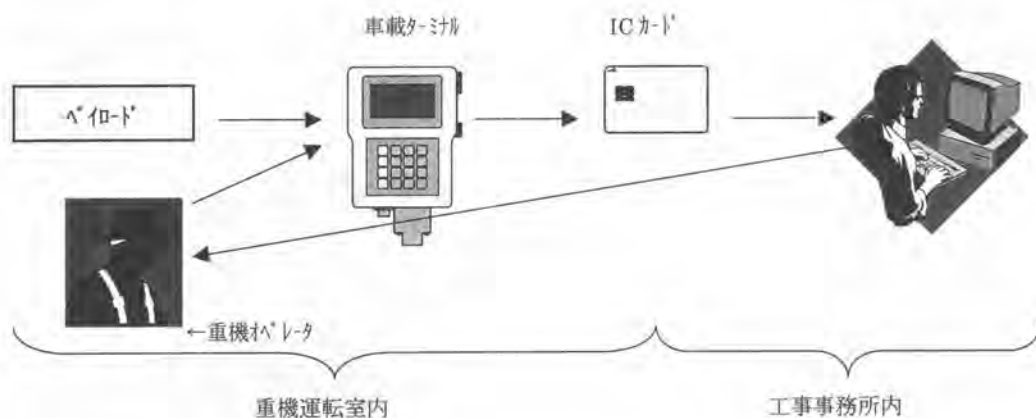


図-2 システム運用図

4. 導入の効果

大型重機 17 台の稼働データを全て電子化したことで、本システム導入以前は 1～2 時間程度かけて手書きで行っていたデータの整理作業等を、わずか 10 分弱で完了することができ、しかも自動的に全重機の日報及び月報を作成できる為、大幅に省力化を図ることができた。

また、これらの稼働データをもとに、運搬量や運搬距離・燃費等を考慮し、効率の良い重機の配置計画を行い、100 万 m^3 /月以上におよぶ重機土工の生産性向上に大いに役立っている。

5. あとがき

正式に運用を開始して数ヶ月が経過するが、特に問題は発生しておらず、効率よく大型重機の稼働データを収集、処理している。しかし、粉塵の多い土砂掘削現場で接触型の IC カードを使用しているため、今後 IC チップの耐用年数が課題の一つになると思われる。

また、車載ターミナル本体のコスト的な課題も残っており、これらの課題を解決していくためにも、他現場への水平展開を進めていきたいと考えている。

17. 特殊形状超高 RC 塔状構造物の施工技術

(株)大林組：*原田 恒則，伊藤 正己

1. はじめに

発電所・清掃工場等に計画される超高煙突は、多方向から眺望されるため、景観に与える影響が少なくない。したがって、近年は周辺環境・景観に配慮した特殊形状の煙突が増えており、六角形・台形・楕円形のような様々なデザインが採用されている。また、道路や鉄道に近接した狭隘地での施工等、敷地条件の制約を受ける場合も多く、難易度の高い工事が増えている。

しかし、このような特殊形状超高 RC 塔状構造物は従来のスリップフォーム技術では施工が難しく、ますます高度な施工法の開発が必要となっていた。そこで、これらの特殊形状超高 RC 塔状構造物を高精度・高品質に施工できる「新型スリップフォームシステム」を開発し、従来技術では施工が難しい構造物の施工を可能にした。

「新型スリップフォームシステム」は、特殊形状対応システム・精度測定システム・計測制御システム・非附着型枠等の新技術から成り、実際に「四国電力(株)橘湾発電所」・「電源開発(株)磯子火力発電所」での煙突工事に採用して成果をあげた。



写真-1 四国電力(株)橘湾発電所

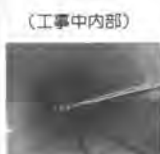


(工事中内部)

台形



写真-2 電源開発(株)磯子火力発電所



(工事中内部)

楕円形
↑
円形

2. 新たに開発が必要とされた主要要素技術

多様化・高度化の傾向にある発注者のニーズや、環境重視の社会的要求に応え、特殊形状超高 RC 塔状構造物を高精度・高品質に施工するためには、スリップフォーム技術の進歩が必要不可欠である。そこで、今回新たに開発が必要とされた主な技術は、以下の通りである。

- ① ヨークの剛性を高め各種の形状変化に対応できるヨーク移動機構
- ② 複雑な形状変化に対応できる型枠機構
- ③ 複雑なヨーク・型枠の動きを正確に計測し制御するシステム
- ④ 高さ・中心変位・ねじれ・気象状況を常時正確に測定するシステム
- ⑤ 特殊な形状の壁体に高所で埋込物の設置位置を測量するシステム
- ⑥ 複雑な形状の躯体出来形を測量するシステム
- ⑦ 美しい壁表面を実現するコンクリートの付着しない型枠

3. 新型スリップフォーム装置の概要

スリップフォーム装置は主に、コンクリートを成形させる型枠・装置全体を上昇させる上昇ジャッキ・平面形状を変化させる各種調整機構・型枠及び作業床を支持するヨーク・形状変更の反力材となる上段ビームと、鉄筋組立・コンクリート打設・壁左官仕上げ等の一連の作業を行なう作業床から成る。(図-1 参照)

新型スリップフォーム装置は、様々な特殊平面形状・高さに応じた断面変化に対応可能であり、以下のような特徴がある。

- ① ヨークの配置と移動方向が自由に選択できるシステムである。(図-2 参照)
- ② 新型ヨークは、上昇ジャッキ・パネル勾配調整スピンドル・壁厚調整ジャッキ・形状調整ジャッキなどの形状変化に必要な調整機構を備え、壁厚 1,200~250mm、勾配±13° に対応できる。
- ③ 様々な調整機構を正確に操作・作動させるために、中心変位計測制御システム・形状計測制御システムを備えている。
- ④ 数種類の特殊パネル・特殊腹起こしを組み合わせることにより、様々な特殊平面形状と断面変化に対応可能である。また、周長伸縮機構(フリーパネル部)の数を最小限に抑え、平坦で段差の少ない壁面を構築することができる。
- ⑤ 周長変化に対応可能な形状保持機構を有する。

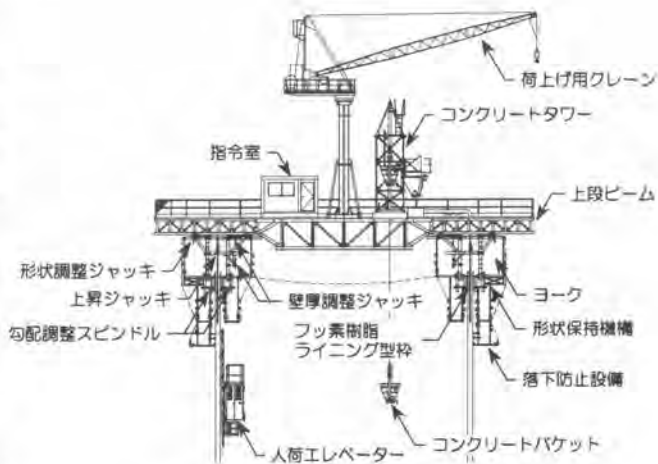


図-1 スリップフォーム装置の構成

4. 特殊形状対応システム

4-1 ヨーク配置と移動方向

平面形状に沿って配置されたヨークは形状変化に伴い移動し、変化量が多い場合には必要に応じて増減させる。新型スリップフォーム装置は、ヨークの動き(形状の変化)に合わせた上段ヨーク

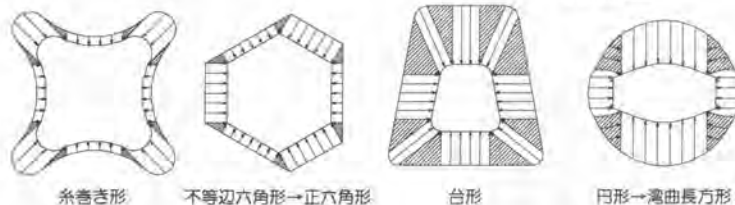


図-2 特殊形状に対応したヨーク配置と移動方向の計画例

ガイドビームと、ヨーク移動量を多系統計測制御するシステムにより、ヨーク毎に異なる移動量・移動方向を選択することができ、これによって非相似的な形状変化も可能となった。

4-2 複雑な形状変化に対応する型枠・腹起こし

型枠・腹起こしは、周長変化に伴い伸縮可能であると同時に、複雑な形状変化に対応して滑らかに動く機構としなくてはならない。新型スリップフォームシステムでは、角度可変ヒンジ付鋼管腹起こし・メタルフォームフレキシブルジョイントにより、形状の微妙な調整を可能にした。腹起こし母材には構造用鋼管を採用し、躯体形状にあわせて分割してピン接続とし、接続部すべてにターンバックルによる調整可能な角度可変機構を設けた。併せて、角度変化に伴い生じる周長の変化を吸収できるように伸縮機構を設けた。また、ヨークとの固定部についても、側圧を伝達しつつ腹起こし・型枠との取合い角度を可変な機構とし、ヨーク相互は形状変化に対応しつつ形状保持できるスライド機構により連結した。

この型枠・腹起こしにより、型枠の盛替なしに、コーナー部の角度を変えたり直線から曲線へ等の滑らかな変化が出来るようになった。(図-3参照)

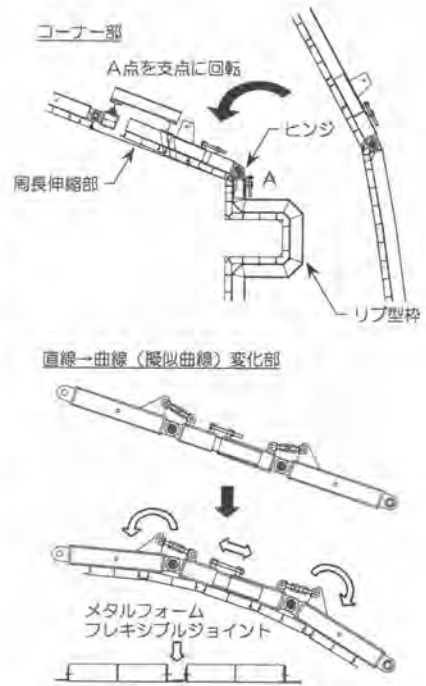


図-3 伸縮・角度可変腹起こし

5. 計測制御・精度測定システム

平面形状が単純な円筒型に比べて、特殊な形状になるほどスリップフォーム工法における精度管理は施工上重要な課題となる。様々な形状調整機構を持つ新型スリップフォームシステムでは、コンピューターと各種センサーを用いて高度に自動化した精度管理システムにより、各部の計測と形状調整機構の操作を迅速化・合理化した。高さ・形状・壁厚・勾配・中心位置のずれ及び気象情報等の施工中のあらゆるデータが自動計測され、指令室のコンピューターで計算・表示される。(図-4参照)

このシステムにより、スリップフォーム装置をリアルタイムで監視・コントロールすることができ、複雑な形状の構造物の高精度な施工が可能になった。

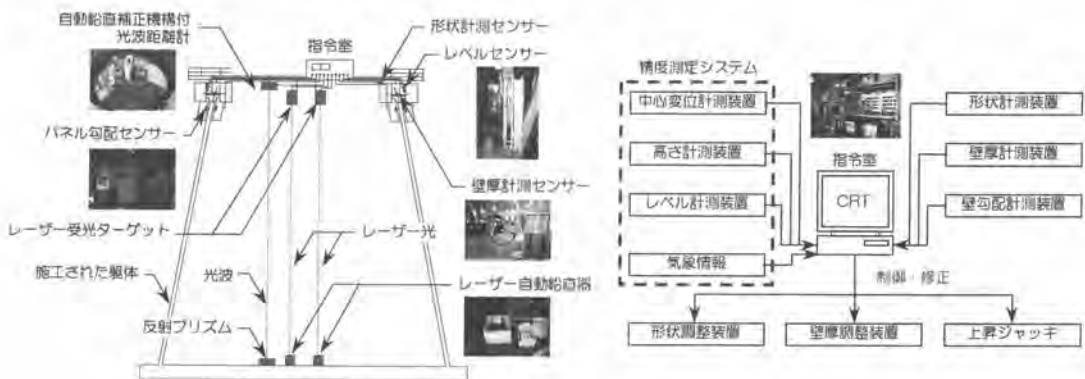


図-4 計測制御・精度測定システム概略図

6. 3次元測量システム

施工中に必要となる埋込金物等の墨だし及び躯体の出来形計測に、3次元測量器を用いた計測システムを採用した。測量には精度管理システムで使用しているレーザー自動鉛直器をそのまま利用し、基礎上の基準点 $(X_1 \cdot Y_1)$ ・ $(X_2 \cdot Y_2)$ を装置上に写し、その2点を基準として3次元測量器で墨だしを行なう。その際の高さのデータは同様に精度管理システムで使用している光波距離計の計測値を用いた。パソコンとの組み合わせにより操作性が良く、測量技術者でなくても簡単に墨だしができることから、墨だし作業の合理化と精度の向上につながった。(図-5参照)

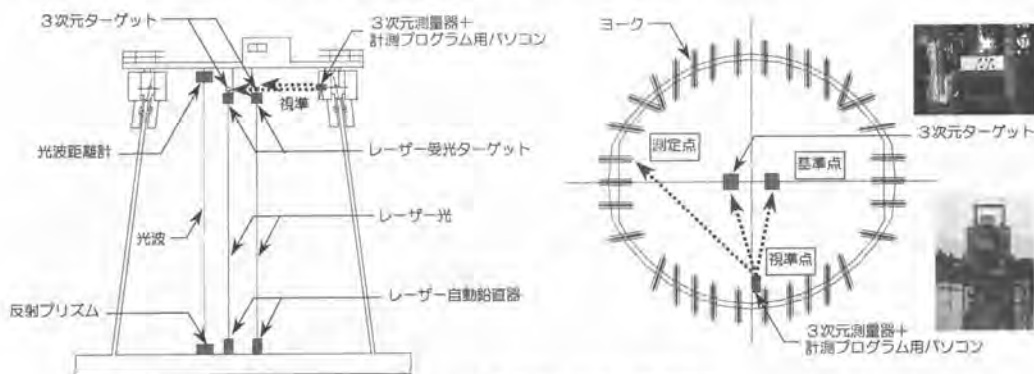


図-5 3次元測量システム概略図

7. 非付着型枠 (ハイパーフォーム)

型枠表面にコンクリートが付着すると、コンクリート表面に部分的な剥離や欠損等の不具合が生じる。このような不具合を防止し高品質の躯体を施工するための型枠ケレン作業はスリップフォームにおいて重要な作業であるが、施工能率を低下させる要因となる。また、スライド中断時の縁切スライドは夜間の居残り作業となり、同様に施工能率を低下させる。

そこで、型枠表面にフッ素樹脂のシートを貼り付けたハイパーフォームを開発した。ハイパーフォームは、表-1に示すように、コンクリートとのせん断付着力がメタルフォームの1/250と非常に小さく、ケレン・清掃作業が容易にできるため付着によるコンクリートの不具合を解消できると同時に、縁切スライドを省略し大幅な省力化を実現した。



表-1 型枠表面によるせん断付着力の差

8. おわりに

新型スリップフォームシステムは、多くの施工実績により蓄積された技術とその改良に加え、CADによる精密な座標の抽出に基づく各種調整機構や高度な精度管理システムにより、複雑な形状変化のRC塔状構造物の施工を可能にした。スリップフォーム工事は、連続施工による工期短縮・品質向上という特色を活かすため昼夜作業となることも多く、長時間労働となるため、機械化による省力化・合理化は重要な課題である。今後もさらなる改良により、多様なニーズに答えていきたい。

18. トータルリフトアップフォーム工法によるRC矩形ケーソンの製作

運輸省 第二港湾建設局：石丸 正之
（株）大本組：*神田 浩志
東亜建設工業（株）：勝又 良

1. はじめに

港湾施設の岸壁や護岸、あるいは防波堤などに用いるRC矩形ケーソンの製作では、鉄筋組立作業、型枠脱着作業、コンクリート打設作業、足場設置作業を繰り返し行い、ケーソンの躯体を1ロットずつ上方に構築するため、施工が進むにつれ作業場所が徐々に高くなり、作業者は常に高所作業を行わなければならない。

また、在来工法で施工する場合、ほとんどの作業でクレーンを使用し、作業自体は作業者の人力に依存するところが大きい。

このため、ケーソン製作中は、クレーン災害、墜落災害が発生する恐れが常にあり、安全面に充分注意して作業を行わなければならない。

このような背景を踏まえ、ケーソン製作における「安全性の向上」「省力化（コスト縮減）」「苦渋作業の削減」「施工能率の向上」を目標に、「トータルリフトアップフォーム工法」を開発し、実用化したのでここに紹介する。

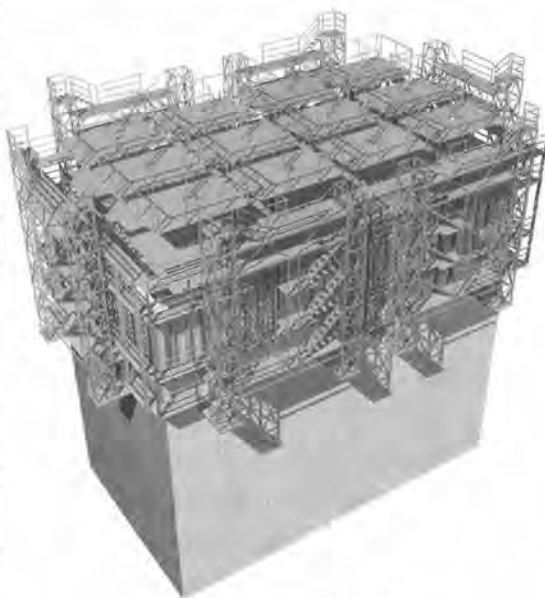


図-1 工法概念図

2. 工法の概要

2.1 工法の概要

トータルリフトアップフォーム工法とは、油圧式自動昇降型枠設備を使用し、RC矩形ケーソンの躯体（側壁および隔壁）を1ロットずつ上方に構築する工法である。

本工法の施工手順は、最初に第1ロットを在来工法で施工した後、地上で仮組した油圧式自動昇降型枠設備を第1ロットに設置する。

その後、①内タワーブロックおよび外タワーブロックの上昇・固定、②鉄筋組立、③内型枠および外型枠の脱枠、④内型枠ブロックおよび外型枠ブロックの上昇・固定、⑤内型枠および外型枠のセット、⑥コンクリート打設、以上の①から⑥の作業を最終ロットまで繰り返し行う。

図-1に本工法の概念図を、図-2に施工要領図を示す。

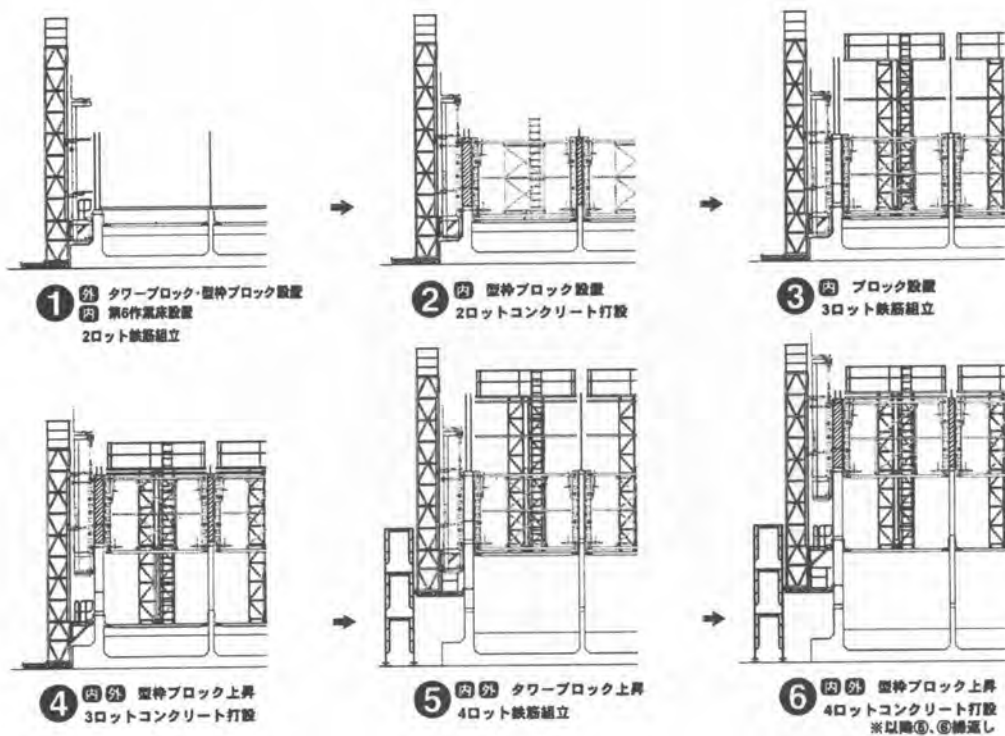


図-2 施工要領図

2. 2 設備の構成

トータルリフトアップフォーム工法では、隔壁および側壁内面（内マス部）の構築を行う油圧式自動昇降内型枠設備と、側壁外面の構築を行う油圧式自動昇降外型枠設備の2種類を使用する。

内型枠設備は、内タワーブロックおよび内型枠ブロックの2ブロックで構成され、外型枠設備は、外タワーブロック、外型枠ブロックおよび外型枠の3ブロックで構成される。

それぞれの設備には、各ブロックを交互に昇降させる昇降用油圧ジャッキと、鉄筋組立足場、型枠脱着足場およびコンクリート打設足場等の各種作業足場が装備され、ケーソン躯体の側壁あるいは隔壁に埋設されたアンカーに固定される。



写真-1 油圧式自動昇降外型枠設備全景

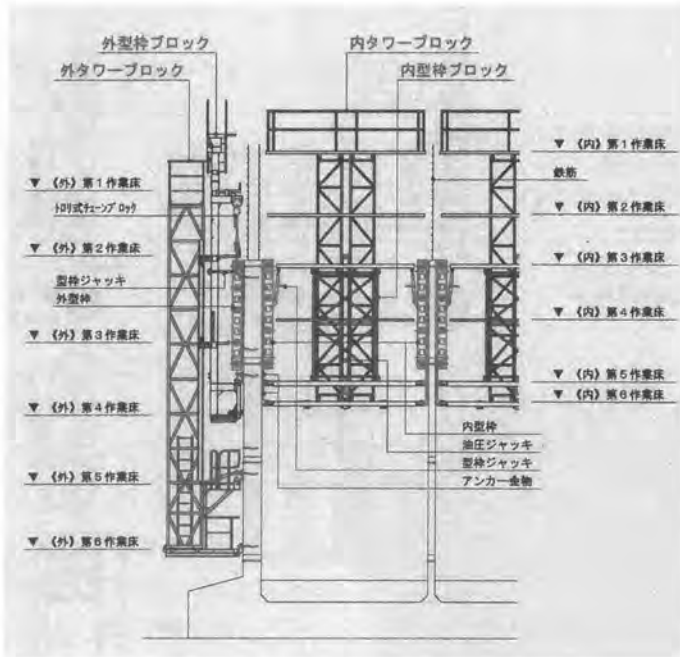


図-3 油圧式自動昇降型枠設備概念図

設備の昇降操作は、固定されたブロック上あるいは隣接するブロック上において、無線あるいは有線方式の遠隔操作で行う。

写真-1 に油圧式自動昇降型枠設備全景を、図-3 に油圧式自動昇降型枠設備概念図を示す。

2.3 工法の特長

以下に、本工法の特長を示す。

①安全性の向上

- ・油圧式自動昇降型枠設備には、昇降用油圧ジャッキが個々に装備されるため、型枠を含めた設備の昇降作業にクレーンが不要で、安全性が向上する。
 - ・油圧式自動昇降型枠設備には、各種作業足場が装備されるため、在来工法で用いていた作業足場が不要で、クレーンによる足場の設置・撤去作業が無くなり、安全性が向上する。
- また、ケーソン製作に関する一連の作業および作業場所の移動が、安全に行える。

②省力化（コスト縮減）

- ・油圧式自動昇降型枠設備には、昇降用油圧ジャッキが個々に装備されるため、型枠を含めた設備の昇降作業にクレーンが不要で、省力化が図れる。
- ・油圧式自動昇降型枠設備には、各種作業足場が装備されるため、在来工法で用いていた作業足場が不要で、クレーンによる足場の設置・撤去作業が無くなり、省力化が図れる。

- ・油圧式自動昇降型枠設備には、各種作業足場や各種装置が装備されるため、設備の取り扱いが容易で、型枠作業および足場作業が少人数で行え、省力化が図れる。

③工期短縮

- ・施工函数、施工ロット数が多いと工期短縮が可能である。

④品質保証

- ・油圧式自動昇降型枠設備には、型枠ジャッキ、高さ調整用ジャッキ、トロリ式チェーンブロックが装備されるため、型枠の高さ調整、通りだし等の微調整が容易で、ケーソン躯体の施工精度（出来形）が確保できる。

4. 施工事例

4. 1 工事概要

工 事 名：平成11年度常陸那珂港北防波堤本体工事（新技術活用パイロット事業）

工事場所：茨城県ひたちなか市阿字ヶ浦町常陸那珂港ケーソンヤード内

工 期：平成11年8月9日～平成12年3月10日

製作方式：陸上施工方式（陸上製作ヤード）

製作函数：4 函（RC 矩形ケーソン）

ケーソン諸元：（全長）20.0m × （全幅）11.0(13.07-チツク*含む)m × （全高）14.5m

（重量）2,072t/函（中詰めコンクリート含む）、（マス数×打設段数）12マス×5ロット

4. 2 施工実績

以下に、「工程短縮」「作業人員の省力化」「クレーン運転日数の短縮」に関する施工実績を示す。

①工程短縮

本工事の施工実績では、函台工からケーソン製作完了までの1函当たり実働日数は34日/函（18～20号函、3函の平均）で、在来工法で施工した場合の実働日数35日/函と比較すると、1日/函（3%）の工程短縮で、効果はそれほど図れなかった。

この要因は、油圧式自動昇降型枠設備を使用し、本工法の標準サイクルで施工を行ったロット数が3ロット/函と少なかったためで、施工ロット数が多いケーソンの施工では、工程短縮の効果が得られると思われる。

表-1に、1函当たり実働日数を示す。

表-1 1函当たり実働日数

		実働日数	比率
本 工 法	17号函	35 日	1.00
	18号函	35 日	1.00
	19号函	33 日	0.94
	20号函	35 日	1.00
	平均	34 日	0.97
在 来 工 法		35 日	1.00

②作業人員の省力化

本工事の施工実績では、函台工からケーソン製作完了までの1函当たり作業人員は789人/函

(18～20号函、3函の平均)で、在来工法で施工した場合の作業人員1,047人/函に比べ、258人/函(25%)の大幅な縮減が図れた。

この要因は、内および外型枠設備の併行作業(内型枠設備3式、外型枠設備2式の同時昇降が可能)や、型枠の脱着、通り出し、高さ微調整の容易さ、設備に装備される足場を利用した鉄筋組立等の作業効率の向上によるものである。

表-2に、1函当たり作業人員を示す。

表-2 1函当たり作業人員

		作業人員	比率
本 工 法	17号函	800人	0.76
	18号函	813人	0.78
	19号函	756人	0.72
	20号函	798人	0.76
	平均	789人	0.75
在来工法		1,047人	1.00

③クレーン運転日数の短縮

本工事の施工実績では、函台工からケーソン製作完了までの1函当たりクレーン運転日数は38日/函(18～20号函、3函の平均)で、在来工法

で施工した場合のクレーン運転日数50日/函に比べ、12日/函(24%)の大幅な縮減が図れた。

この要因は、油圧式自動昇降型枠設備には昇降用油圧ジャッキ装備され、その推力で自己昇降を行うため、型枠作業、足場作業にクレーンが不要となったためである。

表-3に、1函当たりクレーン運転日数を示す。

表-3 1函当たりクレーン運転日数

		運転日数	比率
本 工 法	17号函	42日	0.84
	18号函	38日	0.76
	19号函	36日	0.72
	20号函	41日	0.82
	平均	38日	0.76
在来工法		50日	1.00

4.3 施工実績一覧

表-4に、本工法による施工実績一覧表を示す。

表-4 施工実績一覧表

No	発注者	工事名	工期	施工函数	工法別施工函数		
					トータルトアップフォーム工法		在来工法
					内型枠設備	外型枠設備	
1	運輸省 第二港湾建設局	平成10年度常陸那珂港北防波堤 本体工事【新技術活用パイロット事業】	H10. 5. 22～ H11. 2. 18	8	8	—	0
2	〃	平成10年度常陸那珂港北防波堤 本体工事(その3)	H11. 3. 12～ H11. 8. 10	4	2	—	2
3	〃	平成11年度常陸那珂港北防波堤 本体工事【新技術活用パイロット事業】	H11. 8. 9～ H12. 3. 10	4	4	3	0
4	〃	平成11年度常陸那珂港北防波堤 本体工事(その3)	H11. 12. 10～ H12. 3. 22	2	1	1	1
			小計	18	15	4	3

4. 4 今後の課題

①ケーソン形状の多様化に対応

本工事に使用した油圧式自動昇降型枠設備は、発注されたケーソンの形状寸法に合わせて製作を行ったため、内マス寸法、ロット高さ等形状寸法が異なるケーソンに本設備を転用する場合には、改造が必要になる。

このため、ケーソンの形状変化に対応できる機構を設備に取り入れ、設備の改造を無くすとともに設備の転用回数を増やし、機械費のコスト縮減を図る必要がある。

②設備の改良によるコスト縮減

本設備をケーソンに設置・撤去するには、在来工法に比べ数日の余分な日数が必要である。

このため、設備の改良を行い設備の設置・撤去作業を簡素化することにより、作業日数の縮減を行う必要がある。

また、設備の軽量化、アンカー本数の削減等を行うことにより、機械費、消耗材料費の縮減を図り、今以上に取り扱いやすい設備にする必要がある。

5. おわりに

本工法は、常陸那珂港北防波堤本体工事の施工実績から、「安全性の向上」「作業人員の省力化」「クレーン運転日数の短縮」「品質保証」に関して大幅な効果が得られ、RC矩形ケーソンの製作における新工法として、有効であることが確認された。

しかし、「工程短縮」「コスト縮減」に関しては有効な結果が得られず、また、新たな課題も残され、まだまだ開発の余地があるものと考えられる。

このため、今後も継続して技術開発を進め、技術をさらに充実していくことが望まれる。

最後に、本工法の開発および実施に当たり、ご指導、ご協力していただいた関係者各位に対して、深く感謝の意を表します。

19. ダムフォームスライド機の開発

飛鳥建設㈱：*多々良敏夫，栗原 敦司
㈱小松製作所： 珍田 彰

1. はじめに

コンクリートダムの打設作業には、従来から鋼製のダム型枠（以下「ダムフォーム」）を使用し、コンクリート打設に並行して、順次、所定の高さまで上昇（スライド）させている。一般に、ダムフォームの堤体面への固定、スライドは、小型移動式クレーンによる吊上げ作業と、ダムフォーム足場上の作業員との共同作業により行われている。そのため、ダムフォームの上昇に伴い、高所作業が避けられず、作業員の熟練も必要とされる（写真-1）。また、過去には「建設技術評価制度」にゼネコン各社、型枠メーカー等が応募し、「ダム用自動式型枠」（図-1）が開発された例もあるが、安全性の向上、ダムフォーム本体の大型化および上昇装置の内装化などを重視するあまり、結果的に、施工性、経済性面での制約が大きく、実用化までには至っていない。このように、コンクリートダムにおけるダムフォームスライド作業に関しては、作業の特殊性、対応の低迷などが機械化・省力化を阻み、その結果、まだまだ人力による熟練作業に頼らざるを得ず、作業員の苦渋作業の軽減と安全性の向上が重要な課題となっている。



写真-1 従来のダムフォームスライド作業

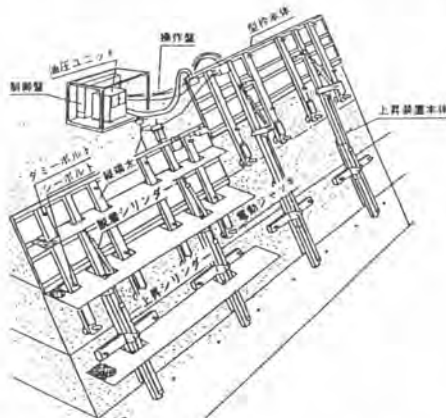


図-1 ダム用自動式型枠概念図

本機は、これらの課題を踏まえて開発された、ダムフォームスライド作業の専用機であり、ダムフォームの把持、脱型、スライド、位置決め、ボルト締結など、一連のダムフォームスライド作業を、すべて堤体内からの遠隔運転操作により行うことができる。

本稿では、福井県・永平寺川ダムにおける現場実証実験で確認された本機の性能、安全性などについて概要を報告する。

2. 開発目標

従来のダムフォームスライド作業の課題を解決するために、新たに専用機を開発することとし、その基本的な開発目標を次のように設定した。

① 省力化

作業員の苦渋作業および労力を軽減するため、人力作業に頼っている部分の機械化を図る。

② 安全性の向上

作業に必要な機能を専用機に集約し、この専用機の操作が、すべて堤体内（機内）から行えるような機構とする。

③ 施工性の向上

従来の熟練作業と同程度の施工能力を維持する。

④ 経済性の向上

省力化効果による、ダムフォームスライド作業のコスト低減を図る。

3. ダムフォームスライド機のシステム

3.1 適用条件

- ① 従来の一般的な鋼製上下流面用ダムフォームを対象とする。
- ② 型枠の標準仕様は、幅 3.0m/基、最大有効リフト 2.25mまでの対応が可能とする。
- ③ 機械本体の分解時最大質量は、輸送時を考慮して 10 t 以内とする。

3.2 概略仕様

本機の仕様を図-2、表-1 に示す（写真-2 参照）。



写真-2 ダムフォームスライド機

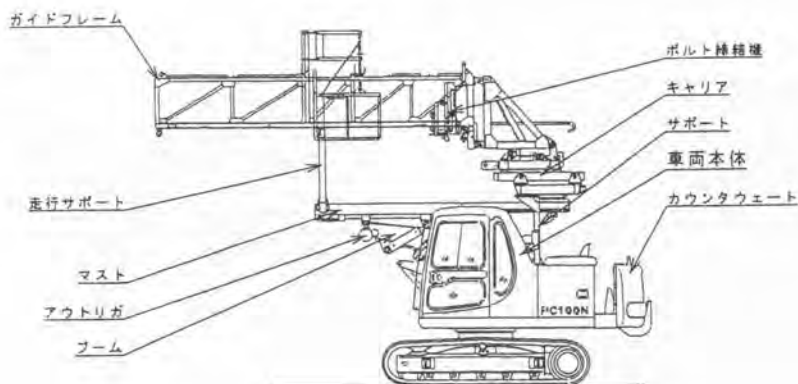


図-2 ダムフォームスライド機全体図

表-1 ダムフォームスライド機仕様

名 称	主 要 諸 元
機械質量（運転整備質量）	約12.0 t
機械分割質量（輸送時）	3分割（車体9.1 t、カウンタウエイト2.0 t、ガイドフレーム0.9 t）
最大負荷質量	型枠質量：Max. 1.3 t
駆 動 動 力	油圧方式（エンジン出力 80PS/1,900rpm）
主要寸法（L×W×H）	7.46×3.73×5.35m
主要装置・機器	①ゴムクローラ式ベースマシン（0.46m ³ /クラス） ②ブーム（アウリガ [※] 装備、揺動自動垂直出し機能付き） ③マスト（自動垂直出し・傾斜角度表示機能付き） ④キャリア（横スライド・リフト機能付き） ⑤ワークホルダ ⑥ボルト締結機（φ32～36用、トルク200～300N・m、20rpm）×2台 ⑦ガイドフレーム ⑧モニターカメラ（固定焦点式）×6台 ⑨各種安全装置 ⑩モニター付き操作ボックス
運 転 方 式	有線式遠隔操作方式（搭乗操作および携帯操作の併用型）

3.3 本機システムの主な特徴

- ① ダムフォームの把持、脱型、スライド、位置決め、ボルト締結など、一連の作業工程に必要な装置が、パワーショベル仕様のベースマシン上に搭載されている。
- ② 勾配の異なるダムの上流面と下流面のいずれにも、また、機械設置面が多少傾斜していても、容易に対応できる傾斜角度調整機能を備えている。
- ③ ダムフォームを固定している各種ボルト類の取付け・取外しは、左右2台の「ボルト締結機」で行う。ボルト締結機はガイドフレームに沿って上下方向に移動する。
- ④ スライド作業は、キャリアの把持部（ワークホルダ）でダムフォームを固定し、キャリア本体をマストに沿って引き上げる。
- ⑤ 機械本体の輸送時または吊上げ時の重量負担を軽減するため、簡単に3分割できる構造になっている。
- ⑥ 一連の操作は、携帯用の操作ボックスにより行うが、作業環境に応じて、機内からのモニター監視または機外での目視による操作のいずれかが選択できる。
- ⑦ 標準的な従来型の上下流面用ダムフォームが転用できる。

4. 現場実証実験

4.1 実験工事の概要

工事名称：永平寺川ダム本体建設工事

発注者：福井県

工事規模：重力式コンクリートダム（拡張レヤ工法）、堤体積121,120 m³

実施期間：平成11年9月～平成12年4月

実施場所：堤体SBL、EL.287.5～311.5、下流面（勾配1:0.74）

実験目的：本機によるダムフォームスライド作業の実証実験を行い、本機の性能および現場への適応性などを確認する。

4.2 実証実験概要

現場実証実験の概要を表-2、図-3、写真-3~6に示す。

表-2 実証実験概要

項目	内容	
実施条件	実施場所 型枠仕様	堤体 8BL. 下流面(勾配 1:0.74) 幅 3.0m/基×5基, リフト 1.5 m, 質量: 約 1.0t/基 改造部: ①シーボルト部 ②ダミーボルト部 ③隣接型枠接合部 ④下段足場のみ取付け
	実験内容	①機械本体の機動性 ケーブルクレーンを使った分解・吊上げ・組立, 自走による堤内移動 ②本機によるスライド作業 型枠把持, 各種ボルト類の脱着, 脱型, スライド, 勾配調整など
	実験回数	17回
主な確認事項	仕様 操作性	寸法, 各装置の機能・動作状況など 機内からのモニター監視による視認性, 操作の難易度, オペレータの 適応性など
	安全性	走行安定性, 作業時安定度, 各種安全装置の作動状況, ケーブルクレーンによる吊上げ姿勢バランスなど
	施工性	施工能力(サイクルタイム): 平均約 17min/基, 1BL(片面)当たり約 1.3~1.6hr
	作業編成	2名(作業指揮者, オペレータ)

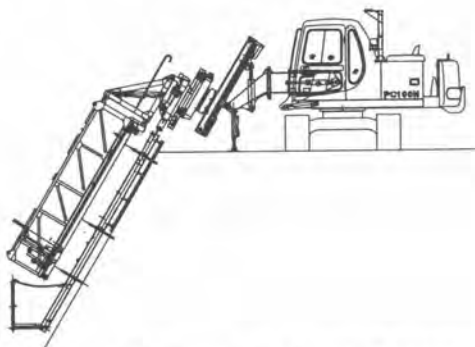


図-3 ダムフォームスライド作業概念図



写真-3 ダムフォームスライド実験全景



写真-4 スライド作業状況



写真-5 ボルト締結作業

4.3 実証実験の考察

実験結果より、概ね次のことが確認された。

① 省力化

作業指揮者とオペレータの2人体制での作業が可能であり、従来工法の平均的4人体制（オペレータ+作業員3人）と比較し大幅な省力化が実現した。

② 安全性

ボルト締結機が、すべてのボルト類（シーボルト、ダミーボルト、ジャッキボルト）の取付け・

取外し作業に適應でき、従来の足場上での作業が大幅に解消し、安全性が格段に向上した。ただし、点検、トラブル時の対応のため、下段作業足場は従来どおり設置する必要がある。

③ 施工性

従来の単位作業時間（平均15min/基程度）と比較した場合、実験期間中に平均で約17min/基程度までに短縮され、オペレータの技能が習熟すれば、従来工法と同程度の施工能力は十分期待できる。

④ 操作性

目視による作業の方が信頼性は高いが、モニター監視による操作でも比較的視認性が良いため、作業環境に応じて併用できる。操作には特殊な資格が不要であるが、車両系建設機械運転の有資格者であれば、操作の順応性が高く、短時間で習得できる。

⑤ 精度

機械の据付け位置の誤差は、許容範囲が大きいいため特に問題とはならない。また、各種ボルトとボルト締結機との偏芯も、約±15mm程度まで吸収できるため、実用上は支障がない。ただし、リフトアップ後における固定時、アンカーボルト穴とシーボルトの位置合せの精度を高める必要がある。



写真-6 モニター付操作ボックス

以上の結果を総括し、従来工法との比較において評価すると表-3 のようになる。

表-3 ダムフォームスライド工法比較

	従来方式 (移動式クレーン方式)	ダム用自動式型枠 (当社の例)	ダムフォームスライド機
機能性 (Q)	△	○	◎
経済性 (C)	◎	△	◎
施工性 (D)	◎	△	○
安全性 (S)	△	○	◎
総合評価	○ 施工能力(サイクルタイム)は高いが、安全性、熟練作業が課題。	△ 安全性は比較的高いが、経済性で劣り汎用性低い。	◎ 現状では施工能力(サイクルタイム短縮)が課題。

【凡例】 ◎：良 ○：普通 △劣

5. 今後の課題

今回の現場実証実験は、1ブロック（幅15m）・下流面（勾配1:0.74）のみが対象であったが、本機の性能および現場への適応性については一応の成果が立証された。上流面（勾配：鉛直）の評価については次の機会を待たなければならないが、概ね同等の結果になるものと推測される。今後は、これまでの実験結果を踏まえ、堤体上下流全面への適応を実現するため、特に以下の項目について重点的に検討を進めることとする。

5.1 施工性の向上

現在の平均作業所要時間を従来工法の作業時間並みにまで近づける。その対策として、

- ① オペレータの習熟度にも左右されるので、事前の早期育成を図る。
- ② アンカーボルトと特殊ボルト（シーボルト）の位置合せの精度を高めるため、ダムフォーム本体側の構造を見直し、必要に応じて改良を検討する。
- ③ 型枠測量のスピードアップ化を図る。

さらに将来的には、

- ④ 2基分（幅6m）を同時にスライドするか、または、幅5m/基のようにダムフォームを大型化する。

などが考えられる。

5.2 機能性の向上

- ① シーボルトを締付け・固定する際、締付け力（トルク）はボルト締結機の油圧制御により行い、シーボルトの挿入量は目視により行うことで、ボルトの締結状態を確認・判断している。信頼度と安全性を向上させるために作業手順を再検証する。
- ② 操作の難易度は高くないが、多くの機能が操作ボックスに集約しているため、オペレータの適応性には自ずと制約がある。使いやすさを高めるためにも、操作レバー、押ボタンの配置など、さらに機能性の充実を図る必要がある。

6. おわりに

今回のダムフォームスライド機の現場実証実験では、初期の開発目標に一步近づき、比較的良好な成果を得ることができた。本機を今後のコンクリートダム工事をはじめとする類似の型枠作業への本格的な導入・展開を図り、実用化と汎用性を実現するため、引き続き技術的課題に取り組み、更なる改良と検証を推し進める所存である。本機が、従来の制約条件下での作業環境を解消し、省力化と安全性の向上に貢献できれば幸いである。

20. 情報管路敷設ペーバの開発

鹿島道路㈱：鈴木 泰，*渡辺 渉

1. はじめに

本格的IT時代を迎え、そのインフラ整備としての大量情報通信網の確立は急務となっている。通信網構築において従来の情報管路埋設工法はバックホウ等により深さ1～1.5m、幅50～70cmの溝を掘削した後、情報管路を設置し発生材の埋め戻しから碎石の敷均し、舗装の仮復旧までバックホウ及び人力により施工する工法が広く普及している。情報管路埋設工事の施工はバックホウの旋回による作業員の巻き込み、車両との接触の危険性がありまた工事の性質上夜間作業が多く騒音に関する問題も大きい。そのため現在の工法において改善すべき要素がいくつか挙げられている。特に近年、規制時間内における情報管路埋設工事での情報管路設置に費やす時間は埋め戻しにかかる時間により制限されてしまうため、埋め戻し作業において施工品質を確保した上で施工の省力化、コスト低減、安全確保などが課題となり現場からの要請も高まりつつある。このような状況下で仕様の異なる様々な現場においても対応可能な機械の実用化が望まれた。

本件は汎用のアスファルトフィニッシャのスクリード部分を改造した敷均し機（以後、トレンチペーパーと称す。）の開発と施工事例について報告するものである。

2. 開発機械の概要

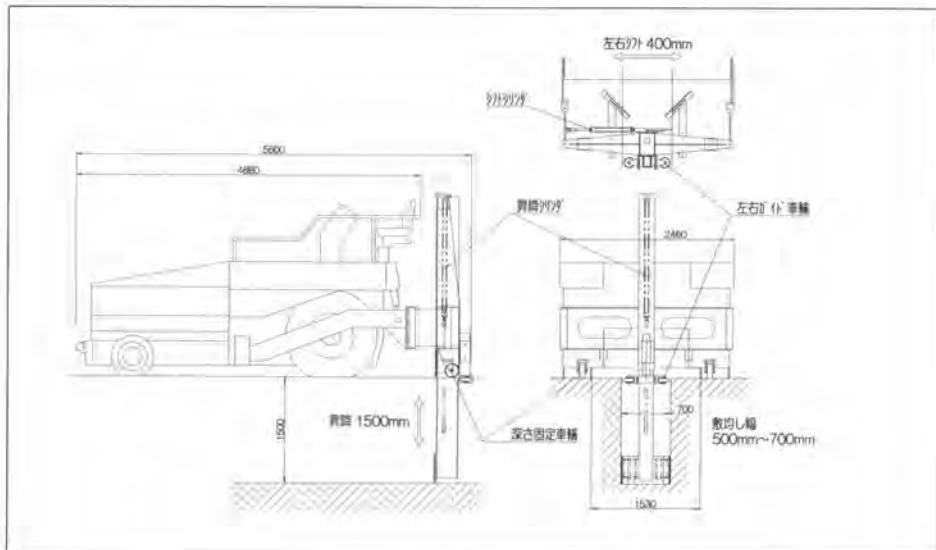


図-1 トレンチペーパー概略図

情報管路埋設工事を従来の工法でおこなう場合、施工品質を確保するには掘削した溝に埋め戻し材をいかに均一な高さに敷均すかが重要な点である。そこで従来の工法に関して改善すべき点の抽出を行い特殊施工機械に流用可能と思われる汎用機械の機能分析をおこなった結果、今回開発をしたトレンチペーバは前述したように汎用のアスファルトフィニッシャのスクリード部分を改造したものであり概略図を図-1に示す。なおトレンチペーバとは深い溝（TRENCH）を舗装する機械（PAVER）という意味である。本機は図-1が示すように深さ固定車輪により敷均し装置部分の高さを固定し昇降シリンダにより敷均し深さMax. 1500mmまで対応可能である。敷均し幅は500～700mmであり、シフトシリンダにより左右に各200mmシフトできる構造になっている。また深さ固定車輪により敷均し装置部分の高さを固定できるため、埋め戻し材の投入から敷均しを可能にすることが特徴である。



写真-1 全体図



写真-2 敷均し部

3. 情報管路埋設工事の施工手順

トレンチペーバを使用した情報管路埋設工事の施工を図-2に示す。



図-2 情報管路埋設工事の施工手順

既設舗装版の撤去及び溝の掘削はバックホウで行う。続く情報管路の設置は人力により行い、埋め戻し工程でトレンチペーバを使用する。また敷均された埋め戻し材を大型のビプロプレート等により転圧を行う。

4. 工事事例

工事名：上田管内情報管路設置その9 工事

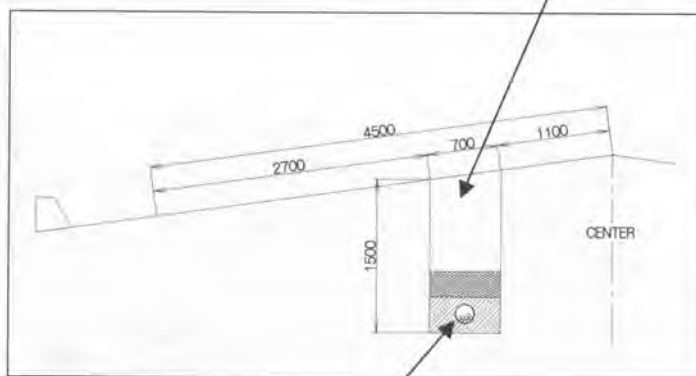
場 所：長野県更埴市国道18号線

発注者：長野県

施工延長：1100m

工事内容：掘削工、通信管埋設工、埋め戻し工

断 面：



情報管路

- ・リブ付き管 φ250 t2.7
- ・VU管 φ50 x 8本
- ・1本当たりの長さ：4m

5. 施工結果

情報管路を埋設後、何層にも渡って埋め戻し材の敷均しを行いその都度転圧を繰り返すこの工事は1日当たりの施工量として、1本当たりの長さ4mの情報管路を1本埋設しトレンチペーパーを使用して40～50mを施工することができた。バックホウを使って埋め戻し材の敷均しをする従来の工法では、埋め戻し等仮復旧にかかる時間を考慮すると1日当たりの施工量はおよそ30～35mでありトレンチペーパーを使用した新しい工法でかなり施工量を伸ばすことが可能となった。

また仕上がりの面に関しても従来の工法ではバックホウのバケットから落とされた埋め戻し材の密度にむらが生じ、スコップやレーキ等で均一に敷均し転圧を行っても2～3回整形転圧を繰り返さなければ凹凸面をきれいに仕上げることは困難であり埋め戻し材の敷均し高さを管理することは難しかった。しかし旧工法と比較しトレンチペーパーを使用した場合、敷均しを1回で仕上げるのが可能となり情報管路埋設工事の埋め戻し工程において施工の確実性、安全性を確保することができた。それに加えスコ

ップやレーキ等を使った整形作業も低減し現場に対し人件費削減に貢献することができ、また作業員の負担軽減にも寄与できた。

6. 2号機の開発

トレンチペーパー1号機の開発により旧工法のバックホウによる一連の作業に比べ、トレンチペーパーによる施工は埋め戻し材の敷均し高さ管理を容易にしまた仕上がりの良さ、工期短縮、安全性など現場から高い評価を受けることができた。しかし様々な現場において掘削溝が必ずしも道路幅員のセンターにあるとは限らず、万が一機械がセンターラインをはみ出した場合、対向車両と接触する危険性がある。また1号機の敷均し部分のシフト量400mmでは対応不可能な現場もあるため、小型のトレンチペーパーの制作が要求された。そこで敷均し部分の構造はほぼ1号機と同様で、トラクタの部分にミニフィニッシャのボディを採用した2号機的设计、制作を行った。写真-3に概観を示す。1号機と同様、幅700mmの溝まで十分対応できるように母体のフィニッシャのトラクタの後輪を両側200mmオフセットさせ、敷均し可能深さもMax. 1500mmとなっており1号機と比較しても十分な機能を発揮することができる。



写真-3 全体図

6. おわりに

トレンチペーパーの開発、実用化により埋め戻し材の投入から敷均しまでを可能にし、情報管路埋設工事の埋め戻し工程において施工の合理化、安全性を図ることができた。また均一な厚さの敷均し、転圧をすることにより交通開放後の不等沈下が少なく、品質性に関しても従来の工法と比べ顕著な効果が表れ、情報管路埋設工事の中で大きな進歩を遂げることができた。しかし現場の仕様は様々であり規制時間はもちろん、現場によってはマンホールなどによる規制もあるため従来のバックホウを用いた埋め戻し作業と比べ一概に施工量が大幅に伸びるとは言えないが現場施工の省力化、コスト低減、安全作業の推進に大きく貢献することができ企業者、発注者からも大変好評を得ている。今後同様な工事でのトレンチペーパー1号機、2号機の利用した工法を推進していくつもりである。

21. ウッドファイバーフィニッシュの開発と施工

大成ロテック(株)：*荒井 義昭、松浦 千秋
多田 勝俊

1. はじめに

当社では、林間の散策路・公園の歩経路等の舗装としてウッドファイバー舗装を施工している。ウッドファイバー舗装とは、針葉樹チップを繊維方向に破砕したウッドファイバーに安定化剤として湿気硬化型ポリウレタン樹脂(以下バインダと記す)を混練りし、舗装した木質系の自然色舗装である。

ウッドファイバー舗装材は、高粘度で流動性に乏しく、比重が小さいといった特性を有する。そのため、今までは機械化が難しく入力で舗設施工を行っていた。そこで今回、施工能力の向上・省力化・施工精度の向上を目的として専用のフィニッシャを開発し、施工を行ったのでここに紹介する。

2. 開発内容

2-1 開発経緯

当機械を開発するにあたり、ミニアスファルトフィニッシャ(範多機械AF300WHS・以下ミAFと記す)による舗設試験を行った結果、バーフィーダによるウッドファイバー舗装材の搬送は可能であったが、スクリード部で材料の引きずりを起こしてしまった。そこで、スクリード部を取り外し、スクリュー単体での舗設を行った結果、次の問題が判明した。

(1) ミAFのスクリューの羽根がボルト固定式であり、羽根と羽根の間に隙間があったため、図-1①に示す様な現象が起きた。

(2) スクリュー駆動モータが中央部にあるため、図-1②に示す様な現象が起きた。

この問題を解決するため、スクリューの羽根を連続式にし、駆動モータを端部に移設した。

また、当初スクリューは1本であったが、試験施工の結果より、1本のスクリューで撒きだしから仕上げまで施工するのは難しいと判断し、さらに2本のスクリューを追加装備した。

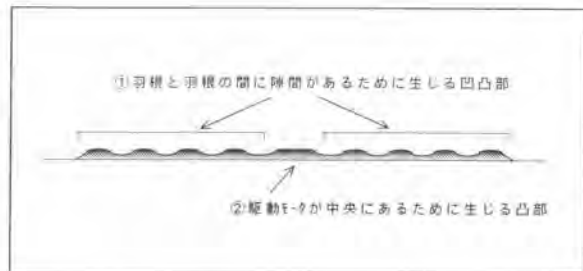


図-1 既存ミニフィニッシャによる施工断面

2-2 開発機概要

当開発機はミA Fのトラクタ部を使用し、スクリード部を取り外して新規に3本の1軸式スクリーューを装備したものである。3本のスクリーューはそれぞれ撒きだし・施工厚調整・仕上げ用となっている。材料の送り方向を互い違いにして、端部までの材料供給及び舗装厚の均一化を図った。当開発機の全景を写真-1、主要諸元を表-1に示す。

舗装厚さはに図-2に示す様に、既設舗装面とスクリーュー先端の高さの差で決定し、エンドプレートでアジャストする。作業装置はエンドプレートにより支持され、ミA Fのトラクタ部により牽引される。

施工幅員の調整は本体フレームとスクリーューにエクステンションを取り付けて調整する。

表-1 ウッドファイバーフィニッシャ主要諸元

全長	4,500mm	施工幅	2,000mm
全高	2,100mm	施工速度	0~3.0m/min
全幅	2,300mm	走行速度	最大9.0km/h
総重量	4,500kg	ホッパ容量	1.7m ³



写真-1 ウッドファイバーフィニッシャ全景

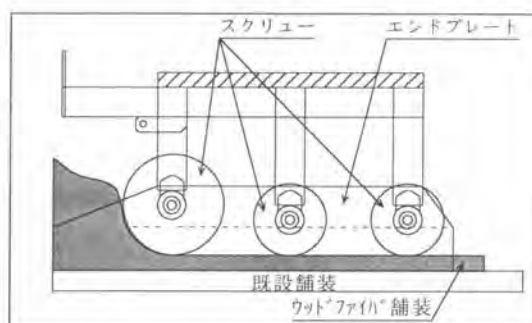


図-2 舗装厚さの調整

3. 施工事例

3-1 工事概要

- ・工事名 栗地区遊歩道整備工事
- ・工事箇所 京都府綾部市栗地先
- ・工事数量 延長610m 幅2m 厚さ3cm

当工事は、公園の遊歩道の舗装であり、事前に舗設された透水性舗装上(t=4cm)に竹を破碎したバンブーファイバーと水及びバインダを混練りした混合物(以下バンブーファイバー舗装材と記す)を当機により舗設するものである。バンブーファイバー舗装材の配合を表-2に示す。

表-2 バンブーファイバー舗装材配合

練り量 (m ³)	計量値(m ³)		
	バンブーチップ	水	バインダ
0.1	0.080	0.010	0.012

3-2 使用機械

(1) ウッドファイバーフィニッシャ

当工事は曲線部が約70%をしめる遊歩道の舗設であった。そのため、曲線部の施工を考慮し、図-3に示す様に、ミAF本体と作業装置の接続部を改造して作業装置をスイング可能にした。

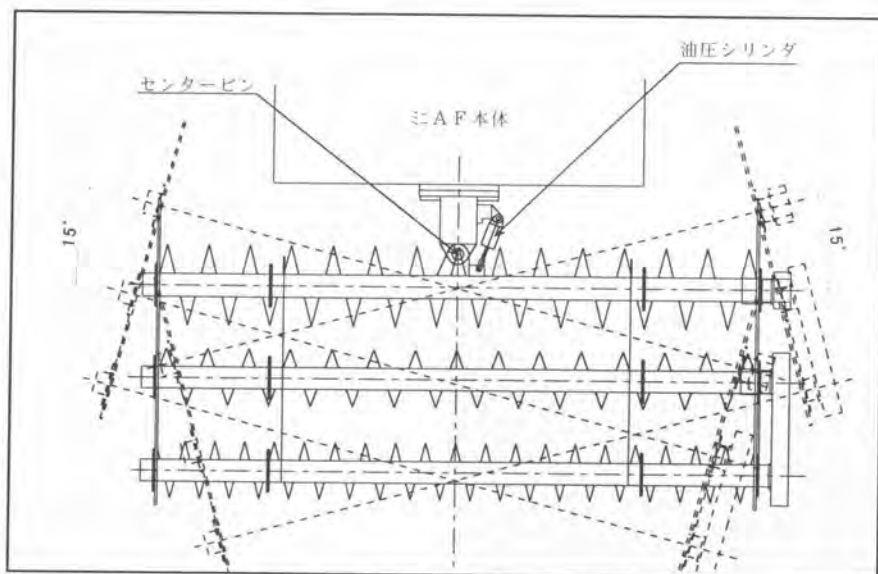


図-3 作業装置のスイング機構

(2) ローラ

過去の施工結果から、以下の問題点が判明していた。

①ローラマークの発生

②鉄輪への舗装材の付着

そこで、今回対応策として次の特徴を持った特殊ローラを使用した。

①施工幅員を一度に転圧出来る。

②鉄輪の表面温度を80°C前後に保つための熱風発生装置を装備している。

特殊ローラ全景を写真-2、主要諸元を表-3に示す。

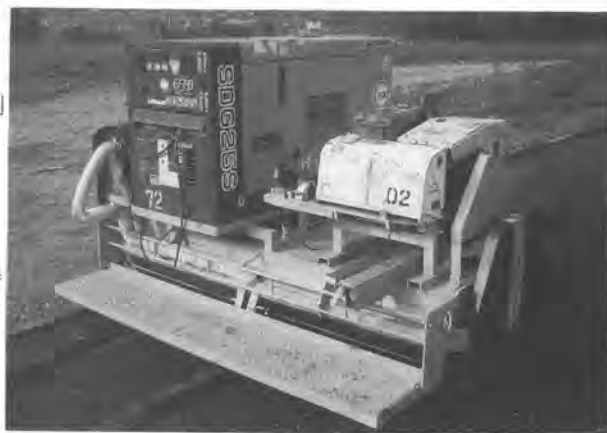


写真-2 ローラ全景

表-3 特殊ローラ主要諸元

全長	1,700mm	転圧幅	2,270mm
全高	1,650mm	線圧	5.5kg/cm
		(発電機を含む) 施工速度	0~2m/min
全幅	2,380mm	総重量	2,500kg

3-3 施工方法

(1) バンブーファイバー製造

製造フローを図-4に示す。

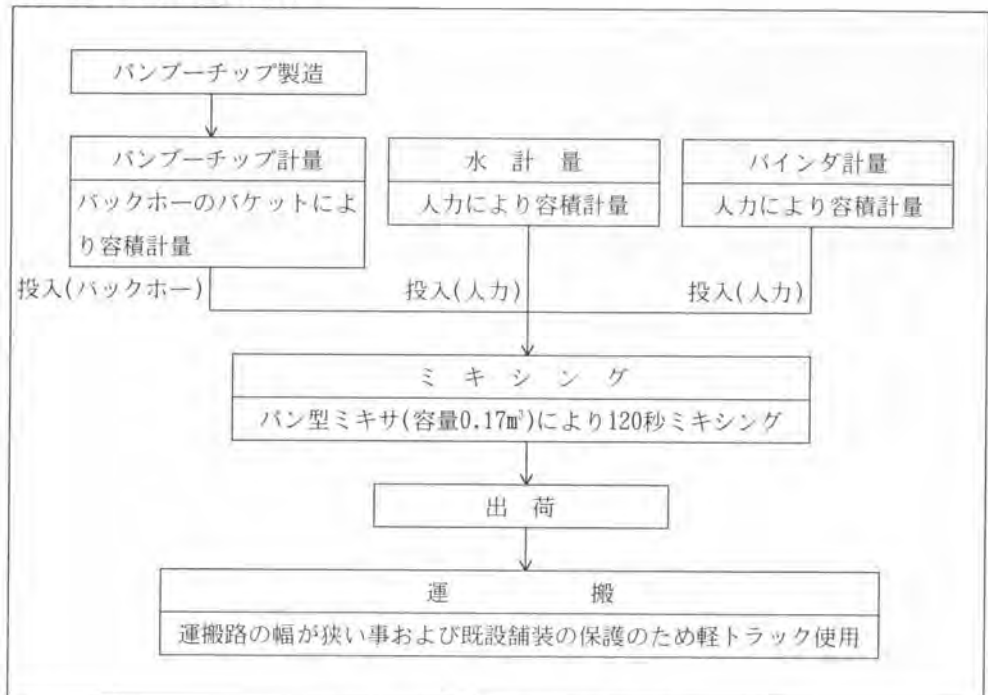


図-4 バンブーファイバー製造フロー

(2) バンブーファイバー舗設作業

舗設作業フローを図-5、ウッドファイバーフィニッシャの施工状況を写真-3、ローラの施工状況を写真-4に示す。

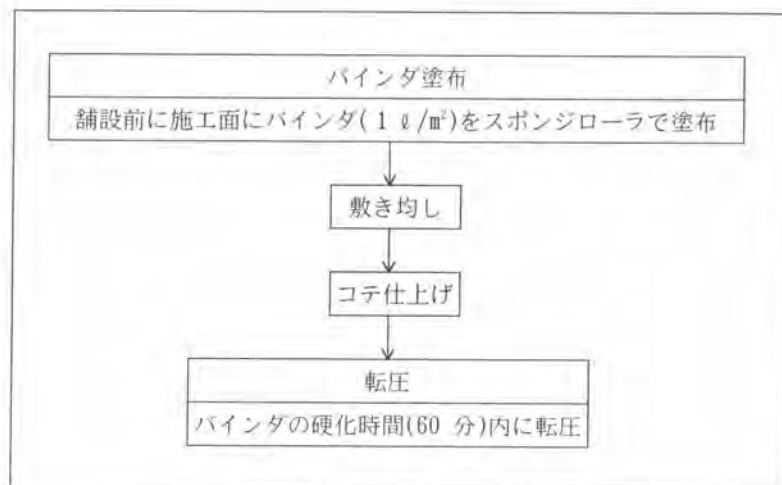


図-5 舗設作業フロー



写真-3 ウッドファイバーフィッジャ施工状況



写真-4 ローラ施工状況

3-4 施工結果

(1) 舗設能力

今回のバンブーフाइバー舗設工事は、機械化する事で、施工面積1220㎡を実稼働日数4日(施工能力：約300㎡/日)で完了した。人力施工による実績は、好条件(広場等直線的に施工可能な場所)のもとでも約200㎡/日の施工能力である。したがって、従来の人力舗設に比べて省力化を達成した。従来の人力施工と今回の機械施工の比較表を表-4、人力施工の状況を写真-5、機械施工状況を写真-6に示す。

表-4 人力施工と機械施工の比較表

項目	人力施工		機械施工	
	作業人員	使用機械	作業人員	使用機械
舗装材製造	3人	ミキサ(0.1m ³)2台 0.2m ³ バケツ-1台 4t散水車	4人	ミキサ(0.17m ³)3台 0.2m ³ バケツ-1台 4t散水車
運搬	4人	一輪車4台	2人	軽トラック2台
敷均し	6人	(3人2パーティ)	3人	ウッドファイバーフィッジャ
転圧	2人	ローラ1台 プレート1台	2人	ローラ1台 プレート1台
施工量	200㎡/日		300㎡/日	
総人員	15人		11人	
1人あたりの施工量	13㎡/日		27㎡/日	



写真-5 人力施工状況



写真-6 機械施工状況

(2) 施工精度

転圧前に舗設幅員中央部の平坦性を3m直線定規により測定した結果、標準偏差で2.52mmが得られた。従来の人力施工では3.5～5.0mmという結果が出ている。

3-5 今後の課題

- (1) フィニッシャの施工能力は1.5m/minを確保できたが、混合物製造能力が劣るため、全体的な施工能力は0.3m/min程度となった。混合物製造方法を改善すれば、更なる施工能力の向上が見込める。
- (2) 施工後半は、スクリーへの材料付着が進行し、撒きだし能力が落ちてしまった。施工後に清掃を行ったが、作業性が悪いため、改善が必要である。
- (3) ウッドファイバー舗装の試験結果より、転圧減を40%と想定して敷均し厚さを5cmで施工したが、バンブーファイバーの転圧減が50%と予想以上に大きかったため、敷均し厚さを6cmに変更した。その際、エンドプレートによる厚さの調整作業に時間を要したため、厚さ調整作業の簡略化を検討する必要がある。

4. おわりに

今回、バンブーファイバー舗装の機械施工を初めて行った。いくつかの問題点はあったが、当初の目的である施工能力の向上・省力化・施工精度の向上を達成する事ができた。今後は、フィニッシャ・ローラの改良およびミキサ装置の開発を行い、工法の改良を重ねていく予定である。

22. マルチアスファルトペーバ (MAP) の開発と施工方法

東亜道路工業(株)：長谷部勝郎

1. はじめに

最近の道路事情は、社会情勢の変化と共に変わってきている。

初期の未舗装の道路が殆どの時は、交通車輻も少なく防塵とぬかるみ対策に簡易舗装でもよかったが、未舗装の道路を見かけることが難しい今日では、新設の舗装よりも維持修繕工事に比重が移ってきている。

交通車輻も設計当時より大型化し台数も急激に増加して予定の寿命迄保たないのが現状である。



写真-1 マルチアスファルトペーバの外観

それに住民よりの騒音に対する苦情など、環境問題に対応する必要がしょうじてきた。そのために、機能的には長寿命舗装や低騒音舗装（排水性舗装）等の技術的開発がなされ、更に昨今の経済情勢から工期の短縮やコスト縮減が図れる工法が要望されていた。

マルチアスファルトペーバ（写真-1）はこのような状況下で7社（大林道路、世紀東急工業、大成ロテック、東亜道路工業、前田道路、新潟鐵工所、ユアサ商事）により開発された。

舗装機械はほとんど外国で開発され、輸入してそのまま使うか、または日本の国情に合うように仕様を変えて使用してきた。そういう意味では世界に対し、このような日本発の機械は初めてのことだと思ふ。

2. 機械の概要と特長

本機は機械の分類ではアスファルトフィニッシャに最も近いと思われるが、外観は路上再生用のリペーバに似ている。（機能的には複数機能を持ち合わせているので、マルチアスファルトペーバ (MAP) と銘々した。

4基のクローラを前後左右に配置した自走式車輻の前端にダンプトラックから舗装材を受ける、チャージングホッパと中央部に積込み用のチャージャを装備し、落とし口を切り換えることにより、異なる舗装材又は、同種類の舗装材を上層ホッパ（後側）と下層ホッパ（前側）に貯留することが出来る。上層ホッパの下部にはスプレッドロールが下層ホッパにはパーフィーダがついていて必要量を切り出し、スクリュウが必要な幅に広げる。締め固めはタンバ式の下層スクリード、タンバパイプ式の上層スクリードとまたは、マルチレーンユニットの組み合わせにより、次の3種類の工法が可能である。

1) デュアルアスファルトペーブメント工法

2種類の異なる舗装材を重ねて同時に敷き均すことにより、上層の舗装材は下層の舗装材がクッションの働きをするので粗骨材の最大粒径の1.5～2倍程度の薄さで敷き均すことが出来る。

従来の最大粒径の3～4倍の厚さでの施工に比べ高価な舗装材の一部を安価な舗装材に置き換えることができるので大幅なコストダウンが期待できる。

また全層を2層に分けてフィニッシングスクリードが敷き均し転圧するので初期転圧能力が向上し、より厚い舗装材の敷き均しが可能となる。

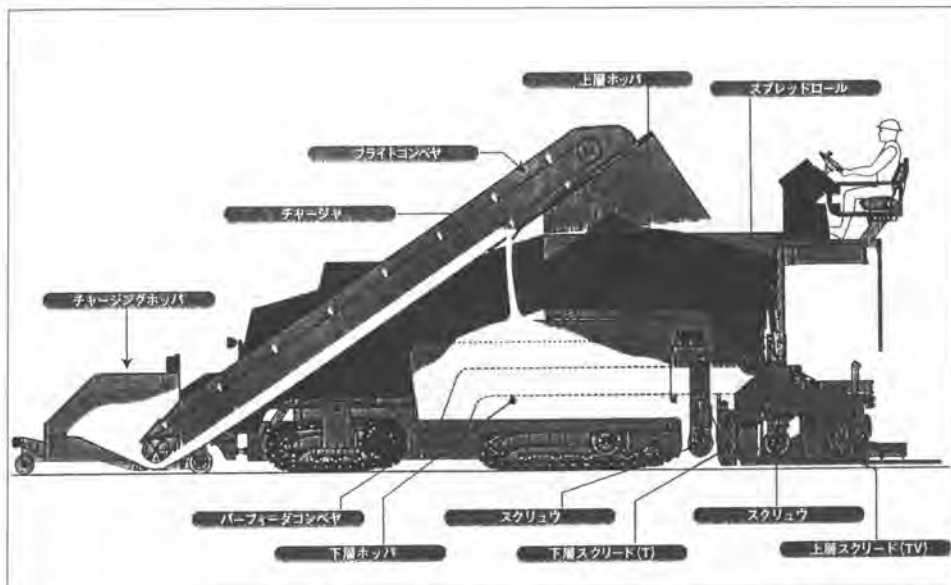


図-1 マルチアスファルトペーバ機構図

2) マルチレーンペーブメント工法

大型車の車輪通過箇所(わだち発生部)のみに高価な改質アスファルト混合物をその他の部分に通常のアスファルト混合物を帯状に同時施工できるのでコストダウンが可能である。またカラー混合物と通常の混合物を使用することにより、ドライバーに明確な進路誘導ができ交通安全対策にも利用出来る。

3) スムースアスファルトペーブメント工法

本機は大型タンブ約3台分の舗装材を一度にホッパへ貯蔵出来るので、舗装材の供給むらによるペーバの停止、発進回数を大幅に減らすことができ、連続作業によるスムーズな施工で平坦性の良い高品質な舗装が可能となる。又同時に舗装材の輸送タンブトラックは現場での待ち時間が短縮できるので輸送効率が向上する。この工法は近年海外で普及が始まった工法であるが、海外の施工機械は舗装材貯蔵部分と敷き均し部分と2台に分かれているのに対し、本機は一体化されコンパクトになっている。

3. MAPの仕様と構成

1) 総質量と寸法

本機の総質量は25tであり、外形寸法は全幅が2,990mmあるので運搬はトレーラになる。作業時に全長は10,220mm、全高3,800mmであるが、運搬時にはチャージホップとチャージャを油圧シリンダでたたみ、また運転席を同じく油圧シリンダで下降させて、全長10,200mm、全高2,700mmとなる。(図-2 参照)

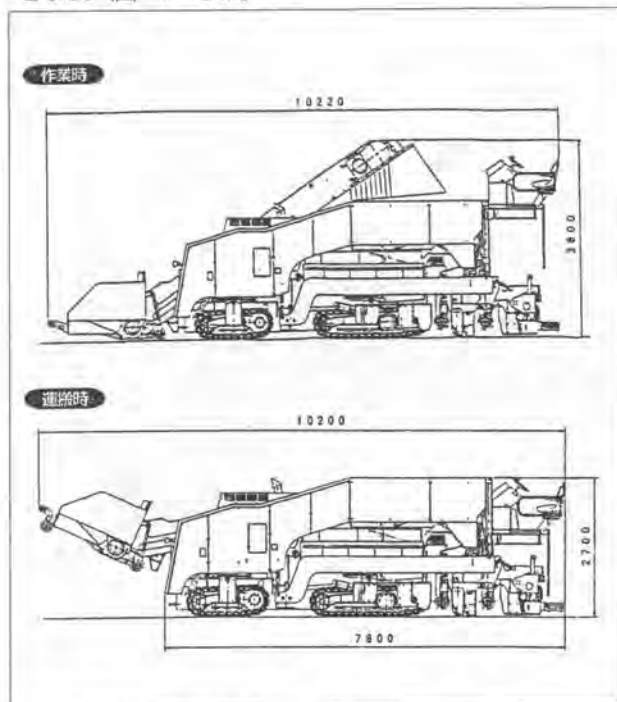


図-2 マルチアスファルトペーバ外形図

〔 主要諸元 〕

- 1) 型式名称 NMAP
- 2) 総質量 25,000 kg
- 3) 機関出力 191 kw
- 4) 外形寸法

全長	運搬時	10,200	mm
	作業時	10,220	mm
全幅	運搬時	2,990	mm
全高	運搬時	2,700	mm
	作業時	3,800	mm
- 5) 走行速度

回送時	0~4	m/h
作業時	1~10	m/mi
- 6) 舗装幅

油圧伸縮	2.5 ~ 4.5m
エクステンション付き	最大6m
- 7) 舗装厚

1層のみ	200mm (最大)
2層敷き均し	上層 60mm
	下層 120mm
- 8) ホップ容量

チャージホップ	3m ³ (水張り容量)
上層ホップ	6.5m ³ (安息角45°)
下層ホップ	6.5m ³ (安息角45°)

2) 機関出力と性能

機関出力は191kwで96kwの排ガス対策型ディーゼルエンジンを2基搭載し、走行速度は回送時には最大で4km/hで、作業時には1~10m/miとなる。

舗装幅は本体の油圧伸縮スクリーンで2.5~4.5mまで、エクステンションを付けると最大6mまで可能である。舗装厚については1層のみの敷き均しの場合には最大200mm、2層同時敷き均しの場合には上層で最大60mm、全層では120mmまで可能である。

足回りは履帯式(クローラ式)で前方に2ユニット、後方に2ユニットが配置されている。ステアリングは通常前方の履帯で行うが、状況により後方の履帯でも微少のステアリング(5°)は可能である。

運転は左右1ヶ所を選択出来るようになっている。それに応じて操作盤は左右にスライド出来る。作業時には運転者の視界がきくように最上位に、又、運搬時には900mm下の最下位まで移動できる。

3) 構成機器

チャージングホッパは水張り容量 3m^3 で4~10tダンプに対応ができる。ダンプトラックが離れてホッパ内に残った舗装材を汎用のアスファルトフィニッシャーではホッパの底板を左右にウイングしてフィーダに飲み込ませるが、MAPの場合は前後にウイングして飲み込ませる。

ホッパの奥の中央にあるチャージャと呼ぶ下引きのフライトコンベアに舗装材を左右からかき寄せるスクリュウがある。

上層ホッパ、又は、下層ホッパに舗装材を送り込む切り換えは、チャージャの途中に設けた排出口の蓋を開閉することにより行う。すなわち上層ホッパへ送る場合は、蓋を閉じておき、下層ホッパへ送る場合は開けておく。

上層ホッパは 6.5m^3 （安息角 45° ）容量を持ち、ホッパの前側斜板が油圧シリンダで可倒式になっていて、舗装材の安息角から決定される容量以上に貯留させることが出来る。上層ホッパの下部には2連式のスプレッドロールがついていて、ホッパ内の舗装材を必要に応じて切り出すことが出来る。切り出し量の調整はスプレッドロールの回転数とゲートの開度を変えて行う。

下層ホッパは固定式の舟形になっていて同じく 6.5m^3 （安息角 45° ）の容量を有する。2連式の上引きフライトフィーダがついていて、引き出し量はフィーダの速度を変えることにより調整する。

上層用、下層用合材スクリュウはハーフピッチ式の同型のものが付いている。回転は正逆の操作が可能な切り替えスイッチがついている。

上層用スクリッドは本体スクリッド1枚と伸縮用のスクリッド左右1枚の3枚スクリッド構成になっている。スクリッド幅は300mmのタンバ&パイブレーク式である。スクリッドの加熱は熱風LPガス式を採用している。これに対し下層用のスクリッドは左右伸縮の2枚スクリッドで幅は100mmでタンバ式となっている。以上はデュアルアスファルトペーブメント工法の場合の構成でマルチアスファルトペーブメント工法に使用する時には上記の下層用スクリッドを外してマルチレーンユニットを取り付ける。

4. MAPによる施工例

1) デュアルアスファルトペーブメント工法の場合

① 上層にカラー舗装を適用した例

本工法ならではの例で上層にカラー舗装を舗設した場合で、最大骨材粒径と最小施行厚との関係にこだわることなく、カラー混合物層に骨材最大粒径13mmの混合物が採用でき、最大粒径5mmの混合物を用いた場合と比較して流動によるわだち掘れ抵抗性が向上するため、バスレーン等の大型車両が走行する道路への適用が図られる。また、カラー舗装を5cm施工した場合と比較して約30%のコスト縮減が図られる。福岡市の国道3号でバスレーンのカラー化の例を図-3に示す。

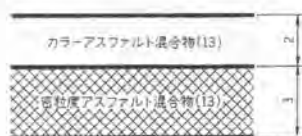
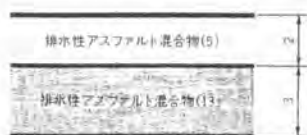


図-3 バスレーンカラー舗装

施工場所	福岡市東区
施工年月	H11.3
施工面積	4,330 m^2
総厚	5cm

②表層に5mm トップの排水性舗装

表層に5mm トップの排水性混合物を舗設し低騒音舗装を目的とした舗装構成を示したものである。排水性舗装は車輪騒音に対する低減効果があるが骨材最大粒径を小さくすることで、より騒音低減効果が期待できるとされている。この例では、5mm トップの排水性混合物を採用したものであるがこの混合物は通常の施工厚では、対流動抵抗性が若干劣るために、薄層にして対流動抵抗性を補う効果を期待したものである。東京都江東区で低騒音舗装の目的で施工した例を図-4に示す。



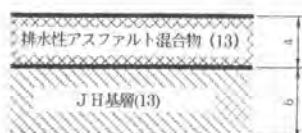
施工場所	東京都江東区新砂
施工年月	H11.2
施工面積	676m ²
総厚	5.0 cm

図-4 低騒音舗装

③表層・基層を同時施工した例

表層および基層を同時施工した舗装構成を示したものである。この舗装構成は、表層・基層を同時施工することで、施工時間の短縮や施工費の縮減を意図したものである。

東名高速の秦野で舗装改良工事として実施した例を図-5に示す。



施工場所	東京都江東区新砂
施工年月	H11.2
施工面積	676m ²
総厚	5.0 cm

図-5 表層・基層同時施工

2) マルチレーンペーパメント工法

図-6はマルチレーンペーパメント工法の敷き均し時の模式図である。

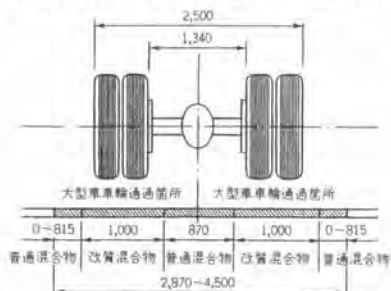


図-6 マルチレーンペーパメント工法模式図

①わだち部に改質材・非わだち部に再生材を使用した例 千葉県君津での修繕工事の例（写真-2参照）を示す。

施工場所	千葉県君津市法水
施工年月	H11.12
施工面積	8,600m ²
表層	5cm わだち部 改質III密20 非わだち部 再生密20



写真-2 マルチレーン施工現場

5. 今後の課題

MAPは全く新しい概念から生まれた機械で、開発されてからまだ日が浅く、施工実績もまだ少ないので、開発当初に検討していた課題の他に、幾つかの技術的検討課題がでてきてその都度検討対応を行ってきている。主なものを次に示す。

1) 安全対策

全長が約10mありオペレータの操作位置を高くして、前方の見通しを良くするようにしてあるが死角は少なくない。また、可動装置も多く随所にセンサや非常停止スイッチなどを出来るだけ配備し、安全対策に努めている。

2) 出来形管理の方法

2層同時敷き均し施工では上下層が骨材のかみ合わせなどで1体化していて、境界の判別が難しく、個々の層の密度管理が困難である。そこで合成密度の管理手法を採用している。

3) マンホール等の構造物のある施工法

マンホール等の構造物がある場合はそのままでは、機械の構造上連続施工が困難である。あらかじめ人孔に手をを加えるか、マンホール周囲を人力施工で行うことと下層スクリーンをマンホール付近で上げ、下層材料の供給を調整するなどして施工を行う。

4) 耐久性

本機は設計上での耐久性については既に織り込み済みであるが、予定外の使用法や材料などを扱う場合は性能が充分発揮できない時もある。摩耗については予想外の場所が進んでいたりして、ライナーを取り付けたり、肉盛り溶接などで対応している。

5) 小型化

現状のMAPは大型のアスファルトフィニッシャに比較しても大きいのでトレーラによる回送等を考慮すると、市町村道の小規模工事には適さない。これらに対応するにはもっと小型の機械を開発する必要がある。

6. おわりに

MAPは昨今の色々な意味で厳しい社会情勢の中で環境保全、工期短縮、コスト削減を目指し新工法を提案するために生まれた機械である。1号機が世に出てから既に2年になるが、現在4台の機械が全国で活躍している。施工実績も平成12年6月末現在で16万 m^2 にのぼり、今後も大幅な施工増がみ込まれている。機械完成後に前述の共同開発7社は工法を広く普及させるためにMAP工法研究会を組織し活動を続けてきた。今後、更に施工実績を重ね、各種のデータを収集し、本工法の技術的な確立を目指して努力してゆくつもりである。

おわりにあたり本工法の開発について貴重なご助言を頂いた建設省七木研究所舗装研究室と本稿作成に必要な資料の提供を快く引き受けてくれたMAP工法研究会の皆様へ感謝する次第である。

23. スカイステーション工法

(株)タダノ：三浦 真一
 (株)ハラダ総業：富田 実
 (株)スカイフォース：*藤原 修二

1. はじめに

我が国は国土の80%近くが山地で占められており、山岳部の道路建設又は道路維持における斜面安定の問題はこれ迄も国土保全あるいは開発において重要な課題であった。

平成10年度からは1兆1,900億円の予算規模で第4次急傾斜地崩壊対策事業五箇年計画【表-1】が実行されている。いうまでもなく急傾斜地の安定工事はほとんどが公共事業であり、公共事業の費用対効果の議論がなされている現在ではあるが、住民の安全を確保するための事業の優先度は高い。

この安全を確保するための急傾斜地の崩落防止工事（以下斜面安定工事という）は、命綱にぶら下って作業を行う【写真-1】か、足場を組んで行う【写真-2】のが一般的であり、機械化が極めて遅れている分野である。高所での難しい作業のため、誰にでもできるわけではなく熟練が必要である。作業者の高齢化が進んでいることもあり、労働災害が多い工種の一つとなっている。

この様な状況を鑑み、斜面土工の機械化を法的に適合したシステムとして社会に供給する事を目的に開発したのが『スカイステーション工法』である。

今まで命懸けでやっていた人力作業を、新開発の法面作業車スカイステーションを使うことにより、安全性を飛躍的に高め、コスト縮減及び工期の短縮を実現した『スカイステーション工法』の概要と、現場への適用事例について述べる。

【表-1】第4次急傾斜地崩壊対策事業五箇年計画

区 分	(単位:億円)		
	第4次五箇年計画 (平成10~14年度) 計画額(A)	第3次五箇年計画 (平成5~9年度) 計画額(B)	倍率 (A/B)
急傾斜地崩壊対策事業費	5,900	5,800	1.02
災害関連・地方単独事業費	3,200	3,000	1.07
調整費	2,800	2,700	1.04
合計	11,900	11,500	1.03



【写真-1】人力による岩壁削工



【写真-2】単管足場

2. スカイステーション工法の概要

2-1. 開発製品の仕様

(1) スカイステーションAT-550S

スカイステーションAT-550Sは、160トン吊りタダノ製オールテレーンクレーンAR-1600Mをベースとし、最大積載重量6.7tの重量物用旋回デッキを装備した超高揚程高所作業車で、デッキ最大地上高55m、最大作業半径30mを実現した。

またエクステンションジブ及び最大積載重量1.5tのサブデッキを装着することでデッキ最大地上高68m、最大作業半径41mを可能とした。

仕様を【表-2】に、メインデッキ作業範囲を【図-1】、サブデッキ作業範囲を【図-2】、メインデッキ装着時の外観を【図-3】に示す。

《特長》

(a) メインデッキ

メインデッキは6.7m×3mとし、パーカッション装置や種々の装置を余裕をもって搭載可能とした。またデッキ先端部を3分割し、拡張機能によりそれぞれが個別に1m伸長する。また360°連続旋回機能によりどのような斜面にも的確にアプローチ可能とした。さらに、資材積み降ろし用の450kg吊りのカーゴクレーンを標準装備している。

(b) サブデッキ

メインブームに対し5°から60°の範囲で無段階にパワーチルトするエクステンションジブと、2.8m×2mのサブデッキを組み合わせることにより、メインデッキに比べてさらに高く、さらに遠くの作業を可能とした。またオーバハング斜面にもアプローチ可能とした。

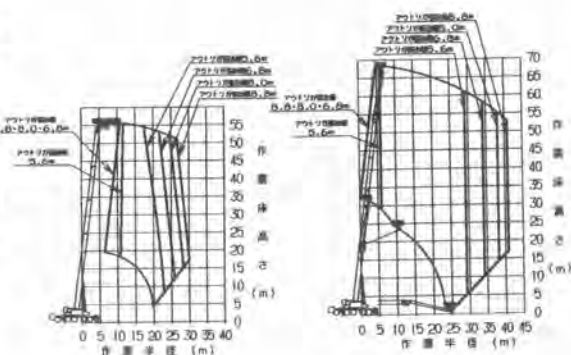
(c) 安全性・操作性

新開発のマルチディスプレイ型AML（過負荷防止装置）とAMC（総合制御装置）の2系統の安全制御装置により、安全性を高めた。

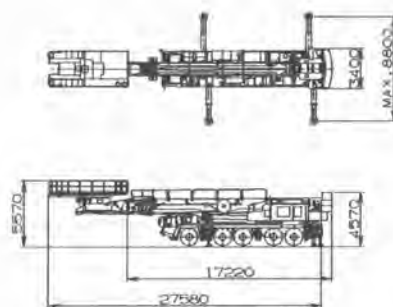
操作はデッキ上の上部操作盤と旋回台部キャブ内操作盤のどちらからでも可能とした。また音声メッセージにより作業状態をオペレータや周囲の人に知らせる音声警報装置を装備し、安心して作業に集中

【表-2】 スカイステーションAT-550Sの仕様

	メインデッキ	サブデッキ
最大積載量	6.7t	1.5t
最大地上高	55m	68m
最大作業半径	30m (6.7t積載時) 35m (3.0t積載時)	41m (1.5t積載時) 44m (0.5t積載時)
デッキ面積	23.1m ²	5.6m ²
旋回角度	360°連続	
チルト	—	5°～60°
安全装置	過負荷防止装置、音声警報装置、非常用ポンプ、緊急停止装置、ジャッキインターロック装置、ブームインターロック装置、アウトリガインジケータ他	



【図-1】メインデッキ作業範囲 【図-2】サブデッキ作業範囲



【図-3】メインデッキ装着時外観図

できるようにした。さらに、急激なレバー操作をしても、滑らかに起動・停止する「緩起動・緩停止機能」、ブーム伸縮、起伏のストロークエンドでのショックを防止する「ストロークエンドクッション機能」、ブームの長さ、角度、作業半径に応じて速度を自動的にコントロールする「起伏速度制御装置」「旋回速度制御装置」を標準装備し、安全性を高めた。

(d) 走行性能

メルセデス・ベンツ社製の最大出力503馬力のエンジンを搭載し、Hi・Lo切り替え付自動ロックアップ5速フルオートマチックミッションや油圧式ハイドロニューマチックサスペンションと8輪駆動との組み合わせで、超大型キャリヤとしては驚異的な走りを実現した。さらに、4方式のステアリング方式でクラス最小の小回り性と操縦性を実現した。

なお本機は公道走行時には、旋回体及びブームを別送し、台車のみで走行しなければならない。台車は道路法による基本通行条件のC条件適合車である。

(2) AT-250S

スカイステーションジュニアAT-250Sは4モーションコントロールを標準装備し、分解搬送する必要のないコンパクトなキャリヤで、デッキ最大積載重量2.5t、デッキ最大地上高25m、最大作業半径14mを実現した。

また、7m道路の片面を通行可能な状態で作業可能とするため、テールスイングが車体からはみ出さない構造とした。

仕様を【表-3】に、作業範囲を【図-4】に、外観を【図-5】に示す。

《特長》

(a) デッキ

3.5m×1.94mのデッキは拡張機能により4m×3.57mまで拡張可能とし、法面安定化工事用の機械の搭載を容易にした。また360°連続旋回機能によりどのような斜面にも的確にアプローチ可能とした。

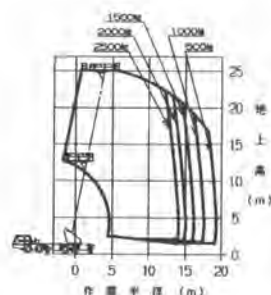
なおオプションとして、資材積み降ろし用の100kg吊り電動ウインチを用意している。

(b) 安全性・操作性

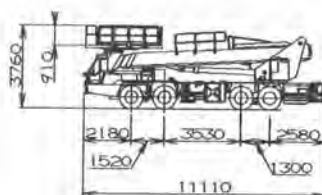
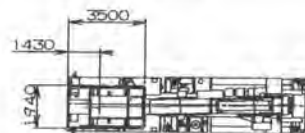
新開発のAMC（総合制御装置）を搭載し、操作性・安全性を高め、レバー1本で水平・垂直・斜め移動ができる4モーションコントロールを標準装備し、経験や勘に頼ることなく誰でも簡単に目指す斜面へ一直線にアプローチ可能とした。

【表-3】スカイステーションジュニアAT-250Sの仕様

デッキ最大積載量	2.5t
デッキ最大地上高	25m
デッキ最大作業半径	14m (2.5t積載時) 19m (0.5t積載時)
デッキ面積	11.5m ²
旋回角度	360°連続
安全装置	過負荷防止装置、音声警報装置、干渉防止装置、非常用ポンプ、緊急停止装置、ジャッキインターロック装置、ブームインターロック装置、アウトリガインジケータ他



【図-4】作業範囲



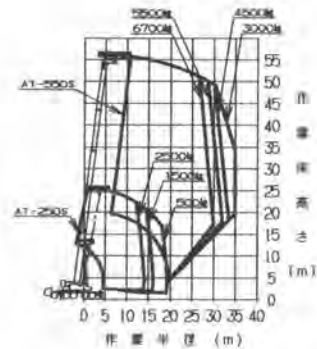
【図-5】外観図

操作はデッキ上の上部操作盤と旋回台部操作盤のどちらからでも可能とした。また音声メッセージにより作業状態をオペレータや周囲の人に知らせる音声警報装置を装備し、安心して作業に集中できるようにした。さらに、急激なレバー操作をしても、滑らかに起動・停止する「緩起動・緩停止機能」、ブーム伸縮、起伏のストロークエンドでのショックを防止する「ストロークエンドクッション機能」、ブームの長さ、角度、作業半径に応じて速度を自動的にコントロールする「起伏速度制御装置」「旋回速度制御装置」、ブームと車輻やデッキとの干渉を未然に防止する「ブーム干渉防止装置」を標準装備し、安全性を高めた。

(c) 走行性能

最小回転半径10.2mのコンパクトなキャリヤとし、全装備状態で公道走行可能な、道路法による基本通行条件のC条件適合車とした。また現場内での移動はデッキ上に2.5t積載したままで可能とした。

スカイステーションAT-550Sと、スカイステーションジュニア250Sの作業範囲は相互補完的な役割を果たしており、この2機種を用いることにより、アンカー工事における完全無足場工法が確立できた。【図-6】



【図-6】作業範囲比較

2-1. 現場への適用事例

(1) 施工実績

スカイステーション工法の施工実績を【表-4】に示す。

【表-4】施工実績

工事名	機種	工期
北海道開発局 オビラルカトンネル工事	AT-550S	H10.09~H10.11
北海道建設部 穂別蘆川線局改2工区工事	AT-550S	H10.11~H11.03
北海道建設部 穂別蘆川線災害防除工事	AT-550S	H11.06~H12.01
北海道建設部 小樽海岸公園舗装工事	AT-550S	H11.07~H11.11
北海道開発局 336号線保町橋渡架改良工事	AT-550S	H11.09~H11.09
寺岡工務㈱ クラウズ校舎3階ベランダ設置針取管他工事	AT-550S	H11.11~H11.11
宮崎開発建設部 274号日高ウエンゲル法面	AT-550S	H11.11~H11.12
北海道建設部 松前町築港2急傾斜地工事	AT-550S	H11.12~H11.12
北海道開発局 336号線保町橋渡架改良工事潮見台工区	AT-550S	H12.01~H12.02
関東地方建設局 波木井防災工事	AT-550S	H12.03~H12.03
小樽開発建設部 229号神恵内村川白トンネル	AT-550S	H12.03~H12.04
宮崎開発建設部 一般国道453号大滝行緊急災害	AT-550S	H12.04~H12.05
遠別町 遠別町道の沢改修工事	AT-250S	H12.06~H12.06
東京都 東京スタジアム	AT-550S	H12.07~H12.07
特定土木事業所 尾崎路津別線道車庫改工事	AT-550S	H12.07~
留萌支庁 防災ダム大根地区2工区	AT-250S	H12.07~

(2) スカイステーションの機械損料

スカイステーションは現在機械損料が設定されていないため、北海道では暫定的に、平成10年度建設機械等損料算定表の高所作業車の数値を基に計算して運用している。【表-5】

【表-5】損料表

	稼働率	(1) 基礎価格 (千円)	(2) 年間標準		(6) 維持管理費率 (%)	(7) 年間管理費率 (%)	(8) 運転1時間当たり				(9) 供用1日当たり				備 考		
			(3) 標準 使用年数 (年)	(4) 標準 運転時間 (時間)			(5) 標準 運転日数 (日)	(8) 燃料 費率 (円)	(9) 燃料 費率 (円)	(10) 燃料 費率 (円)	(11) 燃料 費率 (円)	(12) 燃料 費率 (円)	(13) 燃料 費率 (円)	(14) 燃料 費率 (円)		(15) 燃料 費率 (円)	
AT-550S(EN)	0.13	356,000	7.4	860	120	160	25	9.0	140	49,930	830	331,044	386	130,188	1,508	537,007	
AT-550S	0.13	392,000	7.4	890	120	160	25	9.0	140	46,564	880	306,726	386	121,407	1,508	509,804	
AT-2602	0.13	108,000	7.4	860	120	160	26	8.0	140	15,147	930	100,429	386	39,484	1,508	162,912	

(3) 施工事例

施工事例として、穂別蘆川線局改2工区工事を紹介する。

本工事は北海道の穂別町と蘆川町をつなぐ道々で、道路沿いに面した岩盤斜面が崩落の危険性があり、

斜面の安定性を図る必要があった。まず現場では崩落危険のあるオーバーハングや急勾配の岩盤斜面を標準的な法面勾配を1:0.5とする事とし削工(岩切り)した後、現場吹付法枠とグラウンドアンカー、ロックボルトで定着し斜面の安定を図る事とした。斜面揚程高約48m、斜長約55m、岩盤削工(岩切り)総数は約7,300m³で、風化泥岩及び風化砂岩であり軟岩I(硬度)である。現場吹付法枠は上部H200、中部H500、下部H300で中部はグラウンドアンカーφ115(5-2)、下部はロックボルトφ90(D-25)で定着を行った。現場吹付法枠総数4,798.11m²、グラウンドアンカー316本、延長3,133.5m、ロックボルト605本、延長1,815mが設計概要で、3期に分け施工が行われた。【図-7】

(4) 施工結果

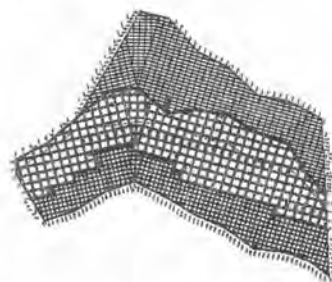
スカイステーションを設置した後、メインデッキに0.2m³クラスのプレーカー付バックホーを取付けH500の現場吹付法枠が設置される上段までを目安に岩盤斜面の削工を行い【写真-3】それより上部のH200が設置される部分の施工は、サブデッキ(エクステンションジブ付)に0.015m³クラスのプレーカー付バックホーを取付け削工を行った。【写真-4】

施工出来高はメインデッキが1サイクル7H当たり50m³前後で、サブデッキが1サイクル7H当たり18m³前後であった。

メインデッキの施工範囲はおよそ揚程高38m、作業半径22m、斜長40m。サブデッキの施工範囲はおよそ揚程高44m、作業半径33m、斜長53mであった。

グラウンドアンカーとロックボルトの施工は、従来工法では現場吹付法枠、単管パイプ足場組立、ボーリング作業がラップする上下作業は危険を伴うため、一切行う事ができなかったが、『スカイステーション工法』を採用する事によりボーリングマシンと人間を載せたまま移動できるため【写真-5】、現場吹付法枠の養生が終わった所から順次、グラウンドアンカーやロックボルトの打設を行う事ができた。斜面安定工事において、経済的にも工期的にも非常に高い比率である単管パイプ足場は、本工法により工期の大幅な短縮とコスト縮減が図れた。

以上の事から『スカイステーション工法』は斜面岩盤削工においては、1サイクル50人~60人工の出来高(従来の5倍~15倍程度)が上がり、アンカー工では単管パイプ足場組立解体に要する日数が短縮されると共に、並行作業に伴う工期の短縮(40%程度)が図られ、しかも天候に左右される事がなく、安全性については、従来工法とは比較にならない位向上する事ができた。



【図-7】法面平面図



【写真-3】メインデッキによる岩盤削工



【写真-4】サブデッキによる岩盤削工



【写真-5】グラウンドアンカー打設状況

軟岩掘削にスカイステーション工法を適用した場合の実績を、基準掘削量を 25m^3 に換算した数値を【表-7】に、スカイステーションを単管足場として使用した場合実績を、 $1,000\text{空m}^3$ の換算値で【表-8】に示す。また、従来工法で施工した場合のとの工程の比較を【表-9】に示す。

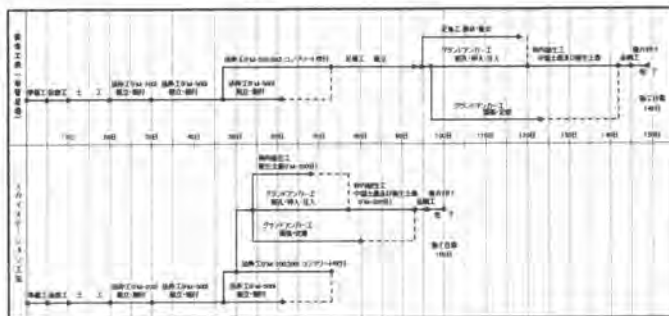
【表-7】軟岩掘削 25m^3 換算

	従来技術	新技術	向上の効果
工 法	静的破砕+人力	スカイステーション工法	
経済性	1,250万円	409万円	67%
工 期	2.5日	1.57日	33%

【表-8】単管足場 $1,000\text{空m}^3$ 換算

	従来技術	新技術	向上の効果
工 法	単管足場	スカイステーション工法	
経済性	280万円	260万円	7.1%
工 期	120日	50日	50%

【表-9】工程比較表



(5) まとめ

《災害防除工事》

従来工法

- ①岩盤削工（岩切り）は命綱を使用して人力主体で行う。
- ②現場吹付法枠の設置及び植生土のう設置は命綱を使用して人力主体で行う。
- ③ボーリング機の作業足場は単管パイプを使用し人力により組立解体を行うか、クレーンによる吊り足場で行う。

スカイステーション工法

- ①岩盤削工はデッキ上にプレーカーを取付けたバックホーを搭載して行う。
- ②現場吹付法枠の設置及び植生土のう設置はデッキ上より行う。
- ③ボーリング機の作業足場はデッキである。

《技術開発による効果》

- ①安全性の向上（労働災害の削減） ②工費の縮減 ③工期の短縮 ④法律を遵守した工法の提供
- ⑤篤職といわれる人手不足への対応 ⑥工期短縮に伴う総資本回転率向上による経営の合理化

3. おわりに

冒頭で述べた様に、我が国は80%近くが山岳地帯であり交通網を整備、維持していく上で斜面の安定化は避けては通れない問題である。しかし、斜面安定工事の機械化は現在ほとんどされておらず、人力に頼っているのが現状である。しかし『スカイステーション工法』の開発と施工実績を積み重ねた結果、安全性はもちろん、工期面、総合的にコスト面で従来工法と十分競争力があることが明らかとなってきた。『スカイステーション工法』が更に安全性の向上をもたらし、工期短縮やコスト縮減の手段となる様、斜面安定工事の高度化を目指していきたいと考えている。

最後に、『スカイステーション工法』による施工及び本稿執筆に際し、多大な御協力を頂いた室蘭土木現業所若小牧出張所、(株)小金澤組、並びに(株)ハラダ総業、(株)タダノの関係各位に深く感謝の意を表します。

24. 簡易油回収機の開発

建設省 東北技術事務所：*小川 光晴

1. はじめに

近年水質事故が多発しており、上水取水停止に至る事例も少なくない状況になってきている。事故の原因は、河川への不法投棄、工場等における機器破損や人為的な誤動作といった従来のものに加えて、交通事故、火災消火活動にまで広がってきている。

水質事故の傾向として、油の流出事故が水質事故の7割（アンケート結果：8地建及び北海道開発局対象）を占めている。

2. 河川における油回収の現状

河川における流出油の回収作業は、事故の約7割（平成10年度アンケート結果）で人力作業によるオイルフェンス、吸着マット等による油回収作業が実態である。しかも、河川では油膜厚が薄く吸着マットによる回収が困難な状況である。

3. 簡易油回収機の模型開発

1) 既存の小型油回収機を調査し、1機種を選定して油回収試験を実施した。

試験は、図-1に示すような試験装置を用いて以下の手順で実施した。

- ①試験水槽に水と油を入れ、ヘッドを浮かべる。
- ②ポンプで吸引し、廃油タンクに流す。
- ③廃油タンクに油が流れ出たのを確認後三方弁を計量タンク側に切替える。
- ④計量タンクに油水を回収して試験終了。

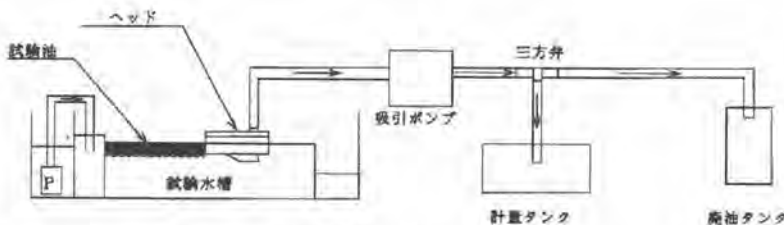


図-1 試験装置概略図

⑤回収油の量は、計量タンク内の油を油回収材で除去し、除去前と除去後の差によって回収油量を求め、吸引した油水量に対する回収油量の割合により油回収率を算出した。

2) 試験条件は、試験油を灯油・軽油・A重油の3種類、油膜厚は2mm・5mmの2種類、流れは有り・無しの2種類、吸引口の位置を上・下の2種類とし、総計24ケース実施

した。

3) 既存油回収機の試験結果

油回収率試験の結果、回収した油水に占める油の比率は2～3%（重量）程度であった。

また、油の種類・油膜厚さの違いによる油回収率の差は油の比率が低いためはっきりとは認められなかった。

今回実施した試験は、油膜厚さが油回収機の適用範囲（メーカー技術資料—3～50mmの薄い層から100mmまでの厚い層まで回収可能）の最小付近での試験であるため、油回収率で2～3%程度という低い結果となったが油膜厚がもっと厚ければもっと効率的に油の回収が行われるものと思われる。

しかし、本製品のままでは油水比率が低すぎ、水の吸引量が膨大になり、油水の分離・廃棄等の処理を考慮すると開発目標である簡易油回収機への使用は困難であると考えられる。

試験の結果、油回収率が低下する原因を表-1に示す。

表-1

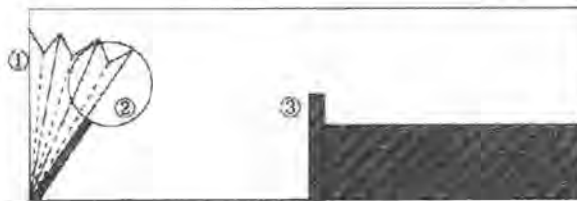
問題点	内容
①越流水深	フラップの越流水深が深くなり、油よりも水が多く流れ込む。
②フラップ構造	フラップの側面に隙間があり、水密性が無いために、油膜下の水が流れ込む。
③吸引口の位置	フラップを越えて集められた油水をポンプで吸引する吸引口の位置が最下部にあるので水を吸引しやすい。
④フラップ形状	油吸引時に下部を中心に回転して傾斜するが、フラップの全面が平板なため、下層の水を吸引しやすい。

4) 油吸引部模型の製作・試験

(1) 油吸引部模型の製作

既存油回収機の試験結果から得られた問題点を踏まえ、油吸引部の構造を改良した改良型油回収機模型を製作した。図-2に製作した油吸引部模型概略図を示す。

図-2 改良型油回収機模型概略図



今回製作した改良型油吸引部模型は

- ①止水カーテンを付けて水密性を向上した。
- ②浮力体を円柱とし、水が入りにくくした。
- ③中間堰を設け水と油をさらに分離できるようにした。

(2) 油回収試験

図-3 模型による油回収試験



製作した改良型油吸引部模型を使用して油回収試験を行った。

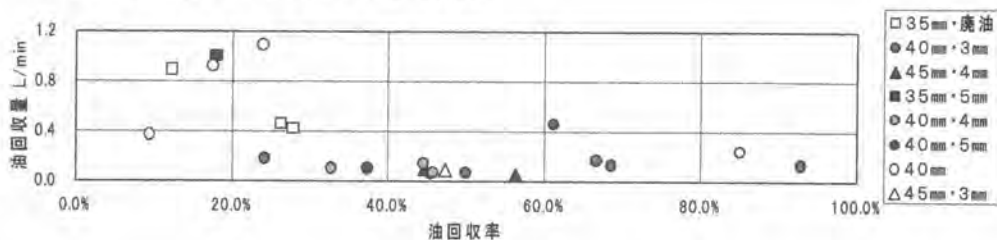
試験は、既存油回収機試験と同様の試験装置を用い、試験の方法も同様の方法で行ったが、吸引ポンプやホースについては既製品を使用した。

試験条件は、使用油をA重油とし、油膜厚さは2mm・5mmの2種類、吸引量は2種類で行った。また、中間堰の位置や高さについては、変更しながら試験を行った。

た。試験ケースは、全部で54ケース行った。

上記、改良点のもと油吸引部模型を製作し油回収試験を実施した結果、油回収率で60%以上が可能である事が確認出来た。

図-4 模型による油回収試験結果



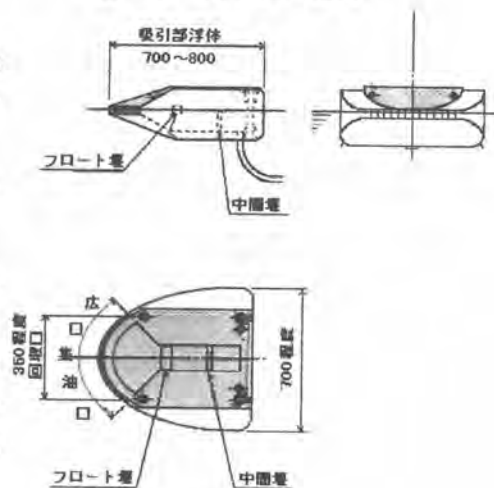
4. 試作機製作・試験

1) 試作機製作

試験結果から、実機製作に向けた油吸引部の指針及び諸元を検討し、次の点を考慮して試作機の製作を行った。

- ① 吸引口の形状を扇型として、広く集油するとともに油膜厚さの増加を図る。
- ② 吸引部を支える浮体を大きくし、外乱によるフロート堰の変動を少なくする。
- ③ 油回収機を操作する際に油吸引部が動揺等の影響を直接受けないように操作ハンドルとの接続については、間に中間浮体を設ける。

図-5 試作機概略図



④吸引用のポンプ、ホース等については市販品の中から選定し使用することとした。

2) 試作機による試験

油回収試験は、以下の3種類について実施した。

①流れの中での油回収試験

製作した試作機の油吸引部を用いて流れの中での油回収性能を把握する。

また、波が及ぼす影響を把握するために油吸引部が5mm程度上下するような波をおこして油回収性能を把握する。

②流れの中での回収機操作性確認

流れの中で、油回収機全体の操作性と油吸引部の挙動について確認する。

③簡易油回収機の油回収性能試験

簡易油回収機の試作機を用いて油の回収性能を最終確認する。

3) 試験結果

- ①流速が0.1 m/sの時の回収率は40～20%であるが、0.2 m/s以上となると回収率は最高でも30%以下となる。
- ②油膜厚さが厚い方が回収率はよく、油膜厚さが5mm以上であれば、油回収率は10%以上を確保する事が出来る。
- ③中間浮体を取り付けた場合、油吸引部の挙動が安定し、油回収率等についても安定した性能が得られるが、機器のサイズ・重量が大きくなる。
- ④中間浮体を接続しない場合、操作性が向上し、油回収時に操作員が適切な回収位置に機器を動かす事ができるので高い油回収能力を得られるが、油吸引部の挙動が不安定となり、操作の状況によっては安定した油の回収ができない。

5. まとめ

これまでの試験結果から今回開発した簡易油回収機による流出油の回収はプールでの試験結果では、油膜厚5mm時の油回収率(油量/油水全体)で既存の小型油回収機3～2%程度に対して、10%以上と大変良いデータが得られています。

また、今回の試作機は、試験の結果、外側の浮力体を外しても油回収能力には大きな影響がない事が分かっており、今後製作する回収機については小型軽量化が計られるものであるが、現段階でも油流出事故の初期対応に有効な機器であると思われれます。

写-1 試験状況



25. アーバンリング工法施工報告

佐藤工業(株)：*今村 貴彦

1. 工事概要

本工事は、北区の一部の汚水（666.75ha）を収容する第二岩淵幹線工事（合流式）の、シールド発進・到達立坑として設置する工事で将来は管理用特殊人孔として利用するものである。

立坑用地として三日月型をした公園用地での施工となり、以下の項目を考慮して検討を行った結果、アーバンリング工法（鋼製セグメント圧入工法）を採用することとなった。

- ①狭いスペースでの大規模立坑の施工
- ②周辺環境への配慮
- ③短期間施工（公園用地利用期間の限定）

2. 周辺環境

立坑設置場所は、北区のJR京浜東北線王子駅～東十条駅間のほぼ中央に位置し、工事に使用できる有効面積は約600㎡程度である。

また立坑用地は、3方を狭い区道とJR貨物線に囲まれており、その周りには古くからの木造一戸建て住宅及び集合住宅が密集する閑静な住宅地域である。



図一1 作業基地平面図

3. 土質概要

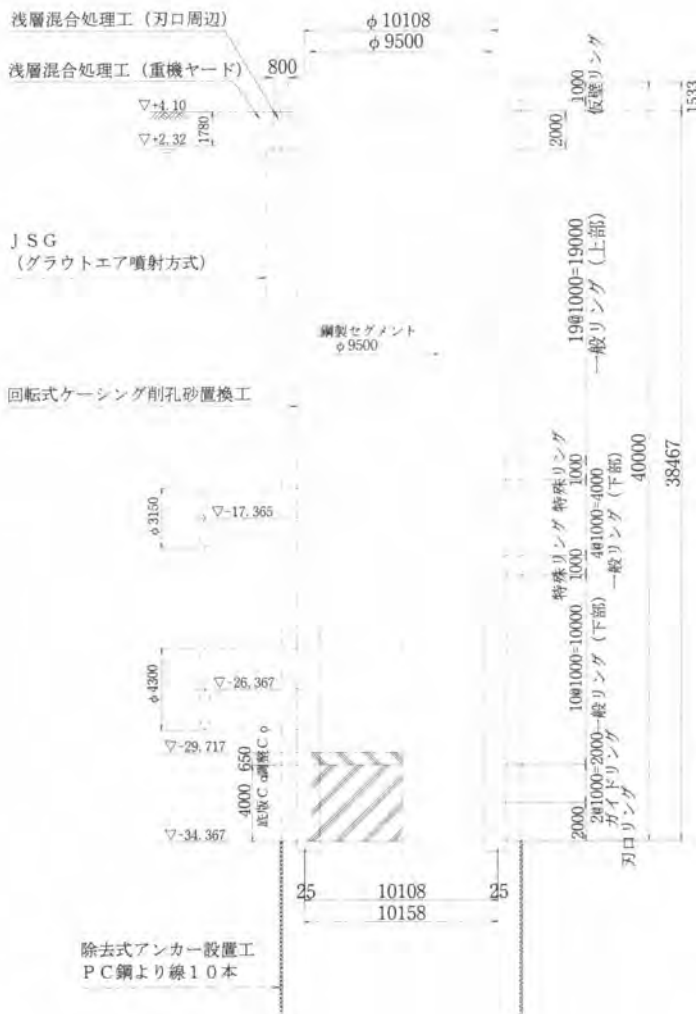
土質はGL-1.5mが埋土、その下4.0m程度が腐植土・粘性土からなる有楽町層、それ以深が礫層を介在する砂質土からなる江戸川層である。上部の粘性土はN値1～2の軟弱地盤で、下部の砂質土は20～50以上（GL-18.0m以深は殆どが50以上）のよく締まった砂質を主体とする地層である。地下水位はGL-1.8m、砂質土層における透水係数は 10^{-8} cm/secのオーダーである。

平面図



- 噴射攪拌杭工
- 回転式ケーシング削孔砂置換工
- 浅層混合処理工 (刃口周辺)
- 除去式アンカー設置工

断面図



土質柱状図

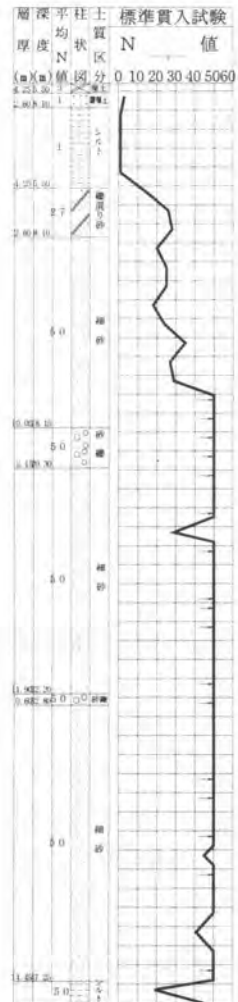


図-2 立坑断面図

4. 工法の概要

(1) 概要

この工法は、立坑の躯体に多分割された鋼製セグメントを使用し、これを地上で組み立ててから立坑内部の掘削と圧入沈設の作業工程を繰り返し所定の深度まで沈設する工法である。

沈設は、グラウンドアンカーを反力にして連続圧入を行い、鋼製セグメントに設置した傾斜計、沈下計の情報をコンピュータで処理し、ケーソンの位置姿勢をリアルタイムに表示するとともに、油圧ジャッキの圧入力を制御して位置姿勢管理を行う。

沈設完了後底版コンクリートの打設を行うが、ここまでの施工は地下水位に対抗するため函内に水を張った状態での作業となる。

(2) 特徴

この工法の特徴として、以下の事が挙げられる。

【長 所】

- ① 鋼製セグメントを制御圧入する事により高精度な施工が可能である。
- ② 構築は分割された鋼製セグメントを地上にて組立を行うだけなので、運搬・取扱いが容易で作業員も立坑内にはいることが無く安全である。
- ③ 大型重機は立坑内部の掘削に使用するものだけで施工でき、狭隘な敷地・上空制限の厳しい条件下での施工が可能である。
- ④ 躯体養生が無く連続施工が可能のため、工期短縮が図れる。

【短 所】

- ① 地中障害物が鋼製セグメント刃先にあった場合、除去に手間取る可能性がある。
- ② 掘削は水中掘削となるため、掘削地盤の確認を行うことが困難となる。

5. 施工

(1) 粉体噴射攪拌杭工

地質概要で述べたように、上部 G.L.-5.5m 迄は軟弱なため車両の通行によるわずかな振動でも周辺家屋では揺れを感じていた。このため、工事中の振動を防止する目的と、立坑の施工に必要な施工機械の地盤強化のため場所を限定して浅層混合を行った。

浅層混合は粉体噴射攪拌杭工により行った。この工法は、粉塵が飛散することもあるため独自の粉塵吸引装置を取付けて施工を行った結果、周辺に粉塵等の飛散による影響が無く施工を行えた。

(2) JSG工

発進立坑がJR貨物及び家屋に近接していることから、掘削時における周辺への影響を防止するためJSGにて地盤改良を行った。

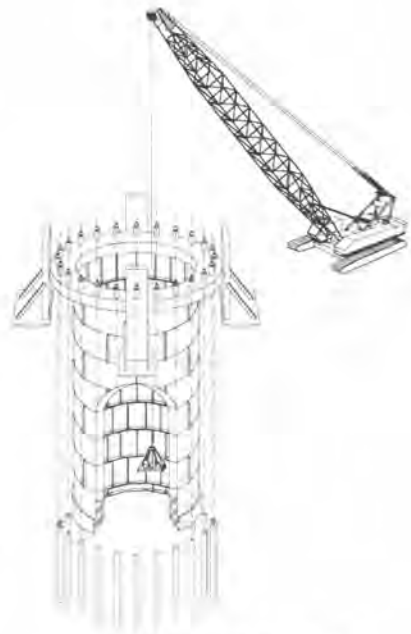


図-3 アーバンイメージ図

改良長は、J R貨物を含めた周囲へ影響を及ぼさない長さとしてGL-2m～GL-1.3mまで行い、立坑外周を囲うように施工した。

(3) 砂置換工

GL-18m以深の地盤はN値が50以上で、砂礫層も介在することからケーソン先端抵抗を軽減するため、回転式オールケーシング削孔機によりケーソン刃先部分の砂置換工を行った。

施工は、ケーソン刃口の所定深度まで掘削した後、ケーシング内（砂質土部分については再利用、その他については山砂）を充填しN値の低減を図った。

施工中は、騒音対策として機械から発生するエンジン音、掘削するためのハンマグラブの金属音を吸収する独自の方策を施した。

(4) グラウンドアンカー工

アンカーは、刃口所定深度より下に9.0mの定着とし、ケーソン全周に沈設に必要な反力となるアンカー（100t/本）24本を均等に配置した。なお、公園用地であるためアンカーは除去式とした。

アンカーの施工においても騒音・振動の防止対策として、防音型ロータリーパーカッションとバイブレーションドリルマシンを採用した。この結果、騒音・振動防止にはバイブレーションドリルマシンがより効果的であり主にこれを利用して施工を行った。

(5) 鋼製セグメント圧入工

鋼製セグメントは、刃口リングとガイドリングと一般リングに分けられ、それぞれ10分割とした。1リングの寸法は、外径φ10,108mm、内径φ9,500mm、巾は1,000mmの形状にて施工を行った。

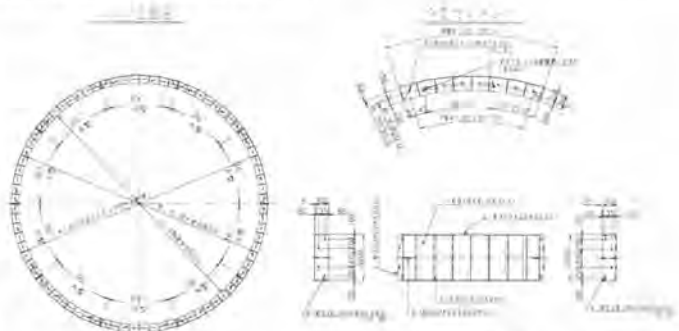


図-4 セグメント構造図

① 施工

沈設は、GL-5.5mまでの不透水層を陸掘りとし、それ以深については水中掘削とした。函内の水位は常に注水を行い掘削中は地下水位以上を保持しながら施工を行った。

圧入中の姿勢制御は、鋼製セグメントに設置した傾斜計及び沈下計の情報をコンピューター処理し、リアルタイムに画面表示させ、油圧ジャッキを8本ずつ3グループに分割し、圧入力を常時手動制御する事で管理を行った。

所定深度に到達後、函内のセグメントに付着した土砂の清掃を行い底版コンクリートを水中にて打設し、養生期間（約2週間）を経て函内排水

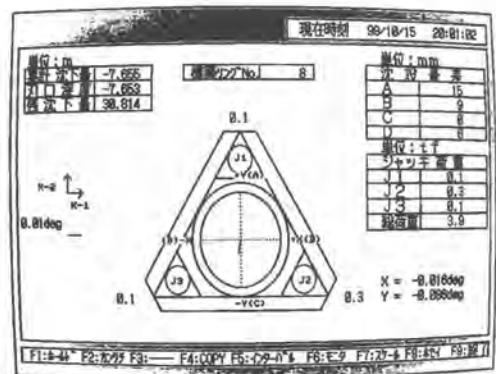


図-5 計測画面

を開始した。函内の排水は水位の変化、ケーソンの挙動を慎重に計測し安全性を確認しながら行った。

② 計測

圧入沈設時の周辺地盤及び構造物への影響管理は、基地内に設置した埋設型傾斜計及び地下水位計、JR 貨物線内に設置した沈下・傾斜計による自動計測、周辺路面の沈下測量を1回/日実施する事で対応した。

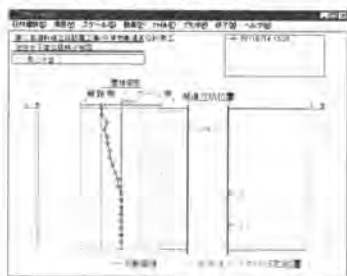


図-6 埋設型傾斜計



図-7 JR傾斜変位測定



図-8 土圧・歪み・水圧水位計

6. 施工結果

狭間で住宅が密集した中における大規模立坑の施工で騒音・振動、ケーソン沈設による周囲への影響が懸念された。この誌面では全て紹介できなかったが種々の対策と工夫、慎重な施工により、周辺家屋・JR 貨物線に影響を与えることなく施工を完了した。

圧入は、平均1.5日/1リング(1.0m)のサイクルで施工し約三ヶ月(実働約60日間)で沈設を完了した。

精度は、リアルタイムに姿勢制御を行った結果、ケーソンとしての精度を十分満足できる1/2000を確保できた。

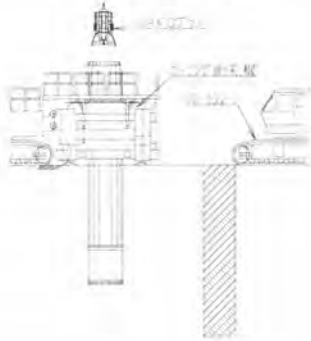
また、セグメント間の漏水、底版からの被圧水による漏水も見られなかった。

JR 及び周辺地盤の計測結果は、JR 沈下計及び傾斜計で最大2mm、周辺測量においても同様の変動値しか認められず良好な結果が得られた。

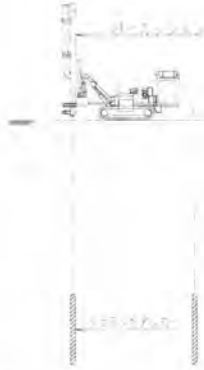
7. おわりに

日本最大径・最大深度のアーバンリング工法の施工を無事完了し、今後都市土木工事において工法検討の幅が広がったと考えられる。さらなる大口径への工事に向けての可能性を見ることが出来た。今後は、この工法をさらに画一化するためにも、1サイクル内での自動化を図り安全な施工を行えるようにすることや、位置姿勢制御と圧入制御をリンクさせたシステムの開発、などが必要と考えている。

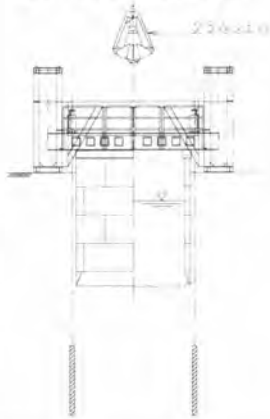
1. 先行削孔
(刃口抵抗の軽減)



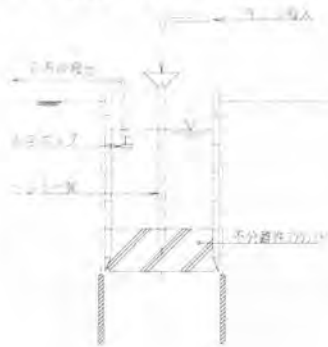
2. グラウンドアンカー設置工
(セグメント圧入の反力用)



3. セグメント圧入工



4. 底版コンクリート打設工



5. 調整コンクリート打設工

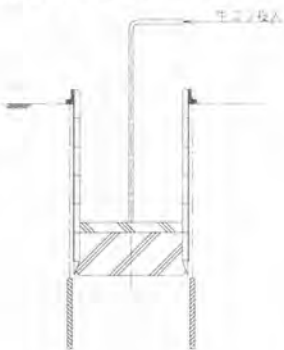


図-9 施工フロー図

3. 実証実験の目的 と概要

3.1 目的

本実験は、同工法の施工法を確立するため実施工可能であることを実証する目的で実施した。

3.2 概要

実験は実施工の施工条件（桁下空間を3mに設定）・施工順序で実施した。

図-2 に実験の概要、土質柱状図を示す。

圧入長については、圧入装置の性能確認も視野に入れ、今までの試設計の補強範囲（6~7m程度）より深く、またN値の高い地盤までとした。

実験は半円状の補強鋼板を1ピース当たり1mとし、先端部は開いて高圧ウォータージェット（以下WJとする）併用により、深さGL-8.65mまで圧入した。

使用材料、圧入装置仕様を次に示す。

- ・既設杭：鋼管杭φ500mm
- ・補強鋼板：φ650mm, t=14mm
- ・圧入装置最大圧入力：981kN

実験の施工順序図を図-3に示す。

- ①圧入装置の反力用鋼板の設置
- ②圧入装置の組立、補強鋼板の置
- ③補強鋼板の圧入
- ④圧入装置をジャッキにて上へ移動

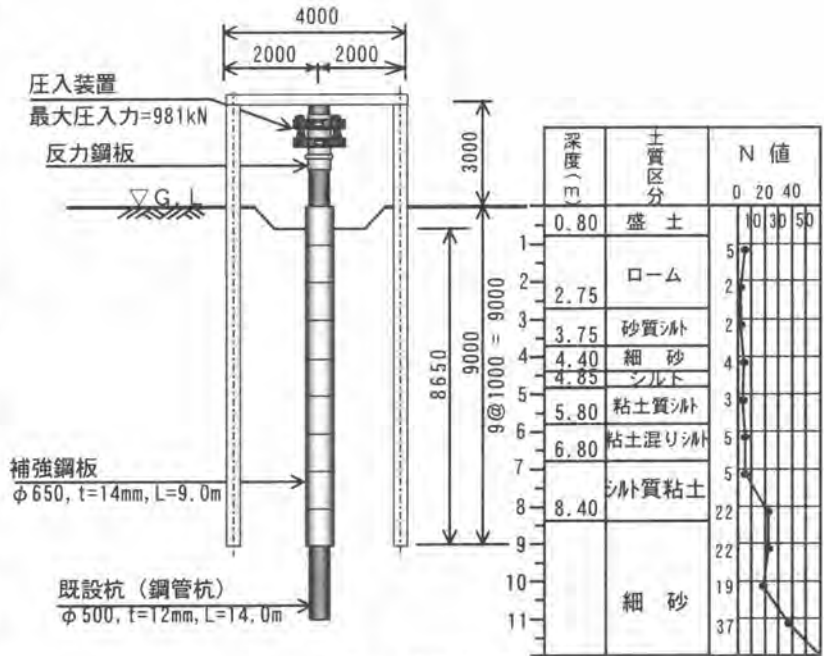


図-2 実験概要図および土質柱状図

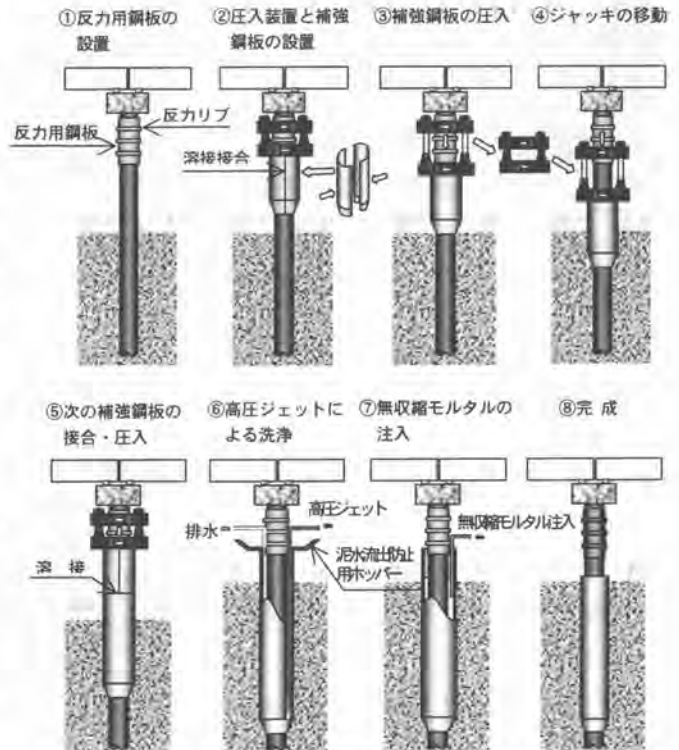


図-3 施工順序図

- ⑤次の補強鋼板を設置，溶接，圧入を繰り返し所定の深さまで圧入
- ⑥スライム処理および高圧 WJ による内面洗浄
- ⑦現場練りした不分離・無収縮モルタルを小型ポンプにより充填

実験終了後補強された杭を引き抜き，モルタル充填状況・真円度の確認をするともに，後日予定している設計との整合性照査のための押し抜きせん断試験・曲げ耐力試験の供試体とした。

4. 実験結果

本実験では，圧入装置の改善や吊り冶具など多くの工夫・開発結果が得られたが，ここでは圧入工とモルタル充填等について述べる。

4.1 圧入沈設工

補強鋼板の圧入沈設には既設杭と補強鋼板内にある土砂を除去することが重要であり，当初は以下 3 通りの作業を用意した。

- ①WJ による残留土砂除去
- ②WJ，エアリフト併用による残留土砂除去
- ③WJ サクションポンプ併用による残留土砂除去

図-4 は深度・圧入力の関係を示す。

結果は，深度が深くなると WJ のみでは土砂除去は出来ず，エアリフト併用が必要となった。図-4 から分かるように深度 8m 付近では固結シルト層において，最大圧入力 953kN まで上げての圧入沈設となった。施工日数も層厚約 40cm の同層の土砂除去および圧入沈設に 3 日を要した。エアリフトについては，今までの経験からも深くなるほど有効に働くことが判っており，今後もこの方法は SSP 工法に必要不可欠なものである。

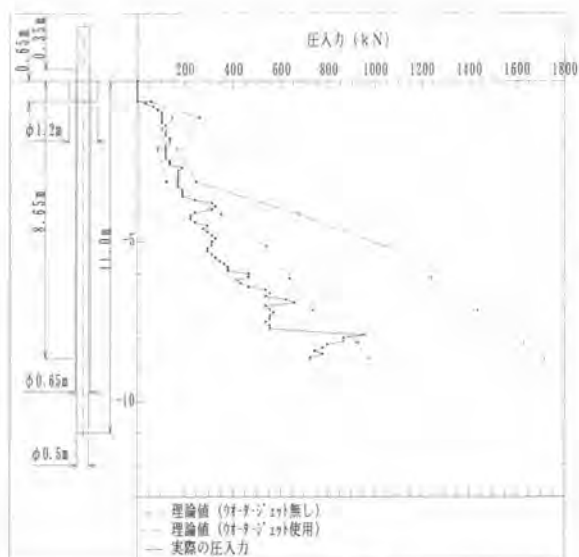


図-4 圧入結果



写真-1 実証実験状況



写真-2 圧入状況

今回の実験では最後までエアリフトで土砂除去が出来たため、③サクシオンポンプ併用は実施しなかった。

途中困難な層もあったが、無事に所定の深度まで圧入沈設することができ、圧入装置が設計通りの性能を発揮していることが実証できた。

また、ウォータジェットやスライム処理などで発生する泥水によって施工場所付近が汚れることが懸念されたが、泥水ホッパーが有効に機能し、施工場所付近を汚すことなく施工することが出来た。

写真-1 に実証実験状況写真、写真-2 に圧入状況写真を示す。

4.2 モルタル充填等

モルタル充填材料は無収縮モルタル（プレミックス）にセルローズ系の増粘剤を加えたもの（高流動水中不分離無収縮モルタル；SSP モルタル）を現場練りし、ポンプ圧送の水中コンクリート打設方式で行なった。モルタルの配合を表-1 に示す。

充填状況は写真-3 の通り密実に打設されており、圧縮強度も所定の強度（60N/mm²）を満足するものであった。

圧入沈設および仕上がり精度は、組立時の精度チェックや圧入時のジャッキ圧入力管理を各ロット毎、怠りなく実施した。また、補強鋼板の内側に取り付けられたスペーサガイドが有効に働いたことも主要因の一つであり、表-2 に示す通り 1mm 程度の誤差であった。また写真-3 から判るように良好な精度が得られた。

5. まとめ

以上より実験はほぼ初期の目標は達成された。

今後は実験の供試体により、押し抜きせん断・曲げ耐力試験を行ない、現設計法との整合性を照査し、設計・施工法の早期確立を目指す。

表-1 1袋当りの配合および1m³当りの配合

1袋当りの配合		1m ³ 当りの配合	
粉体	水	粉体	水
1袋 (25kg)	5g	70袋 (1750kg)	350g

表-2 杭断面計測結果（単位：mm）

測点	A	B	C	D	長さ
設計値	87	87	87	87	600
試験体1	88	86	86	88	600
試験体2	88	86	86	88	600



写真-3 モルタル充填状況

27. 超大型ホイールローダの開発

㈱小松製作所：*武部誠市郎、伊藤健太郎

1. はじめに

鉱山業界において、生産性向上のためのダンプトラック大型化が進む現在、150～200tダンプにベストマッチし、ハイリフト仕様とすれば240～300tダンプトラックにも積み込み可能で、かつ先進性を織込んだ、超大型ホイールローダ WA1200-3 を開発したので、その開発のねらいと車両の特長について概要を紹介する。(写真1)



写真1 WA1200-3 外観

2. 開発のねらい

現在の鉱山のニーズに合った性能を備え、かつ今後の鉱山機に求められる機能を織込んだ、超大型ホイールローダの開発要望にこたえるため、高い生産性および経済性に主眼を置き、更に

- ①既存の大型ホイールローダの信頼性・耐久性を更に向上させる。
- ②今後、鉱山機に要求される機械管理システムの採用をはじめ、超大型機でありながら整備性・修理性では、従来機をしのぐものとする。
- ③操縦性・居住性についても“専任オペレータの長時間乗車の負荷を大幅軽減”するものとする。

以上を設計コンセプトとした、世界最大のメカニカルドライブ式超大型ホイールローダとした。

3. WA1200-3の主な特長

3.1・優れた生産性

(1)ダンプトラックとのマッチング

鉱山にて主流とされる大型ダンプトラックに効率良く積み込み可能なバケット容量とダンピングクリアランスとダンピングリーチを備えたホイールローダとした。(図1)

(スタンダード車で150ton～200tonダンプにマッチング)

(ハイリフト車で240ton～300tonダンプにマッチング)

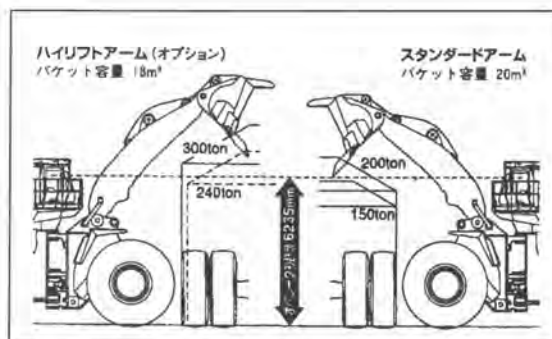


図1 ダンプトラックとのマッチング

(2) ショートサイクルタイムの稼働

超大型機でありながら、中大型機並みの機敏な動きを可能にした。

(a) パワフルなエンジン

従来機に比べ余裕のある出力セットとした。

定格出力 1160kW(1582PS)/1900rpm

最大トルク 7.82Nm(798kgm)/1500rpm

(b) マルチステージ油圧システム

余裕のあるエンジンに加え、掘削作業時の高油圧発生時の吐出油量を油圧により多段階にカットしてエンジン回転のダウンを抑制し、車両の高レスポンスを実現した。(図2)

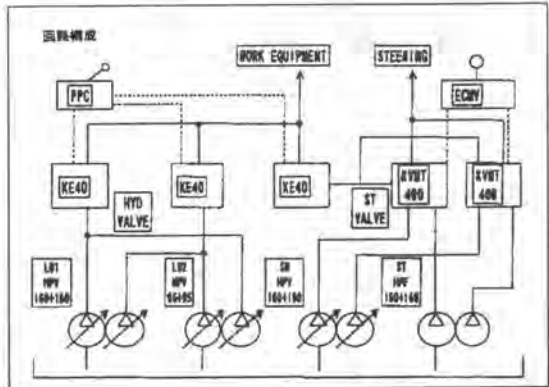


図 2 マルチステージ油圧システム

(c) 車速制御

積込み作業時の移動距離を短縮させるために従来機はカットオフブレーキを調整操作することにより行なっているが、WA1200-3 はモジュレートッドクラッチを自動制御することにより、ブレーキを使わずに車速を抑えながら高エンジン回転を維持した作業を可能とした。これにより、オペレータは車速制御をすることなく作業機スピードを下げず、短い移動距離で積込み作業ができる。(図3)

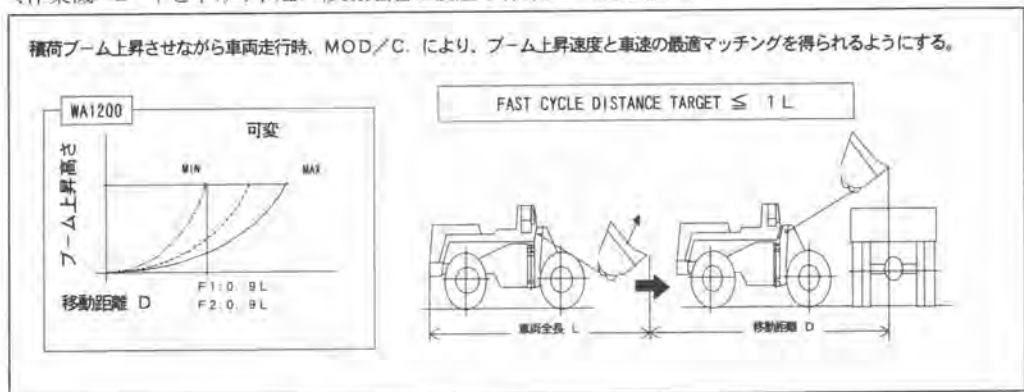


図 3 車速制御

3.2・優れた経済性

(1) 燃費が良い

(a) マルチステージ油圧システム

掘削作業時の高油圧発生時の吐出油量を油圧により、多段階にカットすることにより、リリーフ圧近傍の余分な油圧馬力をセーブして燃費改善。

(b) 車速制御

モジュレートッドクラッチ制御による車速制御により、積込み作業時の車両の移動を短縮し、燃費改善。

(2) タイヤ経費が安い

(c) 新規開発超扁平タイヤ

20㎡クラスローダに最適な65/65タイヤを開発。既存タイヤに対し、安定性(縦剛性、横剛性改善も含む)、トラクション性能を大幅に改善。これらの改善に伴うタイヤ摩耗ゴム量増の増加、接地圧の低減により、タイヤライフが大幅に延長された。(写真2)



写真 2 超扁平タイヤ

(d) タイヤセーバーの採用

タイヤスリップ発生時には、モジュレーテッドクラッチがトルクコンバータ入力馬力を制御し、駆動力を自動的に下げることによりタイヤスリップを止めるため、スリップによるタイヤカット、ブロック欠けを減らせ、タイヤ寿命の延長に寄与する。

3.3・高い信頼性、耐久性

(1) フロントフレーム、リヤフレームの構造は、超大型ホイールローダとして次の特長を持っている。

- ① 信頼性、耐久性を向上させる。
- ② 軽量、高剛性を兼ね備えたものとする。
- ③ 溶接、加工、組み立ての容易化を図る。

このため、フロントフレームにおいては過去の経験から、溶接および機械加工の難しい個所に鋳鋼を大幅に採用した。また、リヤフレームにおいては、溶接線を減らすと共にねじり剛性を高めるため、一枚板構成の側板を板クロスメンバによりつないだ構成とした。

(2) 作業機、バケット

ブームは信頼性の高いソリッドブームを採用し、ブームコネクタ及びブームシリンダピボットは軽量化と高信頼性の為に鋳鋼品を採用。バケットはカッティングエッジ～サイドエッジ部コーナーを鋳鋼一体品とした。

(3) エンジン

エンジンは信頼性の高い、カミンズK2000 エンジンをベースに、EPA2000年規制対応、耐久性向上および今後の高出力化をねらい、排気量アップ(50.3→60.2l:ロングストローク化)し、モデルチェンジした QSK60 を採用。

なお、本エンジンはモニタリングシステム(CENSE)が搭載されており、車体側の管理システムと接続され、車両状態の把握に活用されている。

3.4・優れた整備性・修理性

(1) 整備間隔が長い。

作業機ピンは、全箇所ギヤオイルをピン中空部に封入したオイル封入ピンを採用し、メンテナンスインターバル、2000時間を実現した。

ブッシュは、新型プレーンブッシュ、オイルシールは、追従性の優れたフェイスシールを採用。

シールを浸入土砂による損傷から保護するためラビリンスを設けた。

(2) 整備時間の短縮化

フィルタ類の集中配置，給油水のクイックフィル化，および地上からの整備の容易化を図った。(図 4)

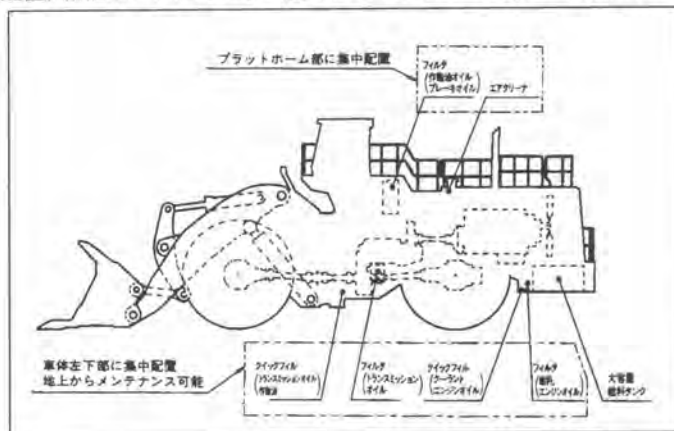


図 4 整備個所の集中化

(3) 車両状態の把握が容易

車両管理システムを採用，車両状態の把握および，故障部位特定の容易化を可能とした。

装置はタッチパネル式のカラーディスプレイ(CGC)と車両状態の把握や稼働状況を記録する VHMS コントローラから成り，それぞれのコンポーネントとは，通信ネットワークで接続され，車両情報の共有化と集中化を行う機械管理システムとしている。(図 5)

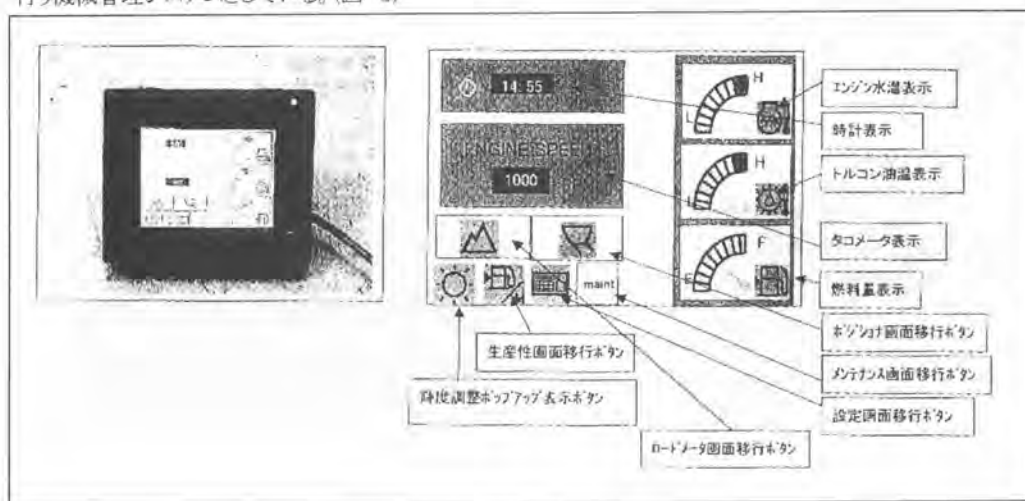


図 5 CGCディスプレイ

3.5 優れた居住性・操縦性

居住性が良い(長く乗っても疲れにくい)

(1)WA1200-3 専用の ROPS/FOPS キャノピ付き大型キャブを採用，広く，明るい居住空間がオペレータに開

放感を与えるよう配慮した。

大型のピラーレスフロントガラス、サイドガラス、リヤガラスにより全方向共視界性が良く、更にキャブをハイマウントしたことにより、作業時のダンプベッセルおよびバケット周りの視界性が従来機に対し格段に改善された。

(写真3, 写真4)

吹き出し位置5モード切り換え機能付き大容量エアコンを装備し、キャブリヤピラーにもダクトを設けた事により、常にキャブ内は快適に保たれる。

キャブはビスカスマウントでマウントし、かつ気密性を向上させることにより、従来機に対し飛躍的に低騒音、低振動化することに成功した。

(2) AJSS (Advanced Joystick Steering System) の採用

・従来の速度制御型ジョイスティックステアリング方式をステアリングホイールと同じ位置制御型とすることで、違和感のないステアリングフィーリングを実現した。

- ① フレーム切れ角度とレバー操作角度が等しいメカニカルフィードバック式ステアリングシステム。
- ② レバーの操作方向がフレームの動作方向と一致したリストコントロール。
- ③ フレーム角とレバー角との偏差角を検出し、起動および切り返し時のショックを防止した。

車速に応じて制御変えることにより、作業と走行とで最適なステアリング特性を両立させ、更に、操作性を良くするため、腕と手首を保持しやすい大型のアームレストをオペシートと一体に装着し、悪路走行でのコントロールも向上させた。

また、ジョイスティックレバーにはトランスミッションの前後進、シフトアップ、←シフトダウンをコントロールするスイッチを配置し、左手のみで走行と操舵コントロールを可能とした。

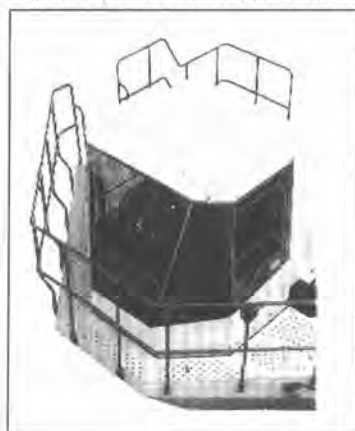


写真 3 キャブ外観



写真 4 運転席

3.6 耐電磁波性能の良い車両

WA1200-3 では各制御系にコントローラを使用しているため、

- ① 他の車両および周辺への放射電磁波によるノイズ発生源になり得る。
 - ② 周囲からの電磁波ノイズによる自分自身の誤作動、モニタ類の誤表示の発生が予測される。
- よって、ISO/DIS.13766 1996 に準拠したテストを行い、耐電磁波性能合格を確認した。

4. 仕様

車両外形図を図 7 に、主要諸元を表 1 に示す。

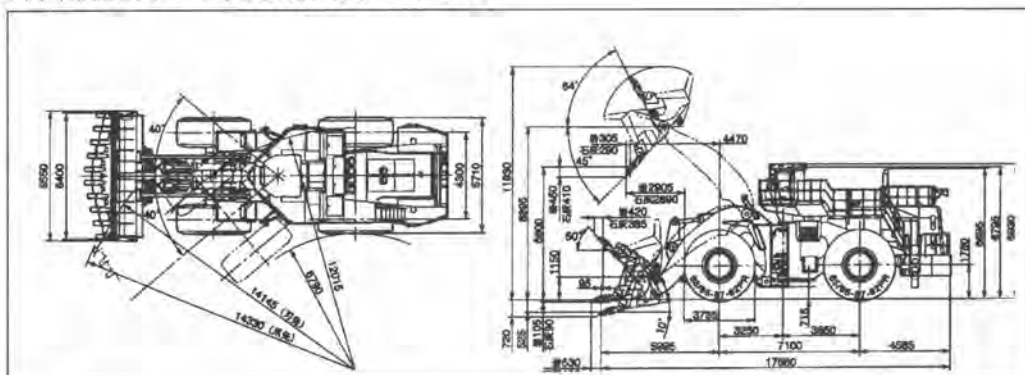


図 7 車両外形図

運転質量	210,200kg	名称	QSK60
定格出力	1165kW[1582PS]	形式	4サイクル水冷直噴V型ターボ付アフタウーラ付
バケット容量 (山刃ロック(チップ式)ツール付)	20m ³	定格出力回転速度	1185kW[1582PS]/1,900rpm
常用質量	36,000kg	最大トルク(1,500rpmにおいて)	7,85kN・m(798kgf・m)
走行速度	1速 前進/後進 6.5/7.7km/h	総行程容積(給排気量)	60 l[60,000cc]
	2速 前進/後進 11.5/13.9km/h	トルクコンバータ形式	3要素1段1種
	3速 前進/後進 20.4/23.2km/h	変速機形式	遊星歯車式油圧作動
最大けん引力(前進時)	1088kN[111,000kgf]	変速段数	前進/後進 3段/3段
最大登坂能力	25°	駆動方式	前後輪駆動
アーチキュレート角度	40°	足ブレーキ形式	油圧式4輪制動両駆動式ディスク
最小旋回半径(最外輪中心)	12,015mm	駐車ブレーキ形式	トランスミッション出力軸駆動式ディスク
最大掘起力	バケットシリンダ 1274kN(130,000kgf)	油圧ポンプ形式	ピストンポンプ
	ブームシリンダ 1088kN(108,000kgf)	タイヤサイズ	前輪 85/65-57-62PR
バケット上昇時間	13.5sec		後輪 85/65-57-62PR
下降時間	4.5sec	燃料タンク容量(軽油)	5,100 l
ダンプ時間	3.0sec	エンジン潤滑油量(全容量)	280 l

表 1 主要諸元

5. あとがき

コマツでの超大型ホイールローダ開発の気運は'90年頃から何度かあった。

90年時点では、対象ダンプは120～220tクラス、バケット容量は18 m³であった。

世界の鉱山からの、150～300tダンプ積込み用、超大型ローダ開発切望の聲の高まりにより、今回の WA1200-3の実現があったと考えます。

WA1200-3は今日ここに生まれたばかりの車両であり今後のユーザーニーズを見据え、たゆまぬ品質向上の努力がこれから始まるものと胆に命じ、これまでの関係者の努力が充分報われる様努力したい。

本開発に当り多岐に渡り御指導いただき、また、試作機のテストを受け入れ実施いただいた、鉱山の関係者の皆様に感謝の意を表します。

28. タフコンシステム (Tough-kon system)

～固結粘性土連続土砂改良工法～

東洋建設(株)：*佐々木康裕

1. まえがき

建設工事の中で地盤改良の占める割合は非常に多く、さまざまな改良工法が開発され実施されている。なかでも、建設工事から発生する土砂の処分のための処分場用地の確保が困難になりつつある現状から、省庁、自治体は建設発生土の減容化と再利用の促進を進めており、当社においては平成4年度から発生土砂(浚渫土)の有効利用を図るべく、土砂改良工法としてデイコンシステムを開発し実績を重ねてきた。地盤改良工法の分類の中での位置付けとしては、化学的固結工法に分類され、原位位置固化処理とプラント混合処理の二つに大別され、デイコンシステムは、プラント混合工法に分類されている。

デイコンシステムでは土砂定量供給機(スノーシェーパ)に特長があり実績を重ねてきたが、比較的固結した粘性土には、そのスノーシェーパが、対象土を比較的流動性をもった土砂(液性限界 wL を上まわる粘性土や、砂質土)を対象としているため、高い粘性状態を呈し土砂ホoppaに附着しアーチアクション状態になるような土砂に対しては定量性が確保できない場合があるなど不向きな点があった。また、混練装置として採用している高速二軸バドルミキサは、その形状から羽根が通過しない部分があり、上記の様な土砂によっては連続運転を続けることによりシステム全体の閉塞をおこす可能性があった。そこで粘性土の特性を生かした解泥を行い未改良土の強度を低減し、さらに混練性能をもった新たなシステム構成が必要となり、対象土を固結した粘性土としたタフコンシステムが開発された。

2. タフコンシステム(デイコンシステム)概要

2.1 タフコンシステム 固結粘性土連続改良工法

タフコンシステム(TOUGH-KON SYS.)は、比較的含水比の低い粘性土を対象とする土砂改良装置である。

建設発生土の再利用を目的とした土砂改良システム(デイコンシステム)の、陸上工事等から発生する固結した粘性土(低含水比)対応型として開発された。本工法は、塊状を呈す固結粘性土や、固結した浚渫土砂、脱水処理した固結土砂などを連続的に改良することが出来る固結粘性土連続改良工法である。



2.2 開発の目標

固結した粘性土砂を必要な物性に改良し、有効活用への可能性を高めるための処理能力と高度な品質管理が可能なシステムを構築するため、以下の目標をかかげた。

- 固結した粘性土を対象とすること
- 改良材の添加方式は紛体方式を採用し、加水による強度低下を伴わないこと
- 大量の粘性土に対し連続的に安定した改良が可能であること
- デイコンと同様に施工環境に合わせたシステム構成が可能で安定した施工が可能なこと

2.3 特長

- ① 高い混合効率/プラント混合であるため、高い改良効果（混合効率）を得ることができる。また、改良効果の確認を確実に行うことができ、改良材の少量化につながり経済的な改良が可能である。
- ② 粘性土改良/従来機で均一な混合が難しい、地下構造物築造等による発生粘性土などの土砂に対し改良材の均一混合が可能である。
- ③ システム構成/施工条件に合わせたシステム構成の選択が可能である。改良目的、対象土物性に合わせ、解泥と同時に混合を行うタイプと、解泥後に混合を別機にて行うタイプを選択することができる。

3. 工法原理

3.1 全体システム

掘削された粘性土をタフコンシステムのプラントへ運搬した後、プラントに設置したバックホウにより土砂投入部（解泥部）に投入する。バックホウによる投入はバケットの1回投入量を安定させるため投入サイクルを設定し、簡易定量性をもって行われる。次に解泥部に投入された粘性土は解泥されながら混合部に送りこまれる。混合部においては、一定量を滞留させ、土砂と改良材の混練を行う。

改良処理装置は土砂投入部（解泥部）、混合部、ベルトスケール、ミキサ内集塵装置、改良材添加装置、定量引出し部により構成されている。改良材は粘性土土砂引き込み量に応じあらかじめ定められた配合となるよう改良材添加装置により混合部に供給され土砂と混合混練される。混練された土砂は定量引き出しスクリュウ装置から搬出されベルトスケールにより、処理量を計量しながら処理土ピットや払い出し設備へと搬送される。図 3-1に 100 型概略図と仕様概要を示す。

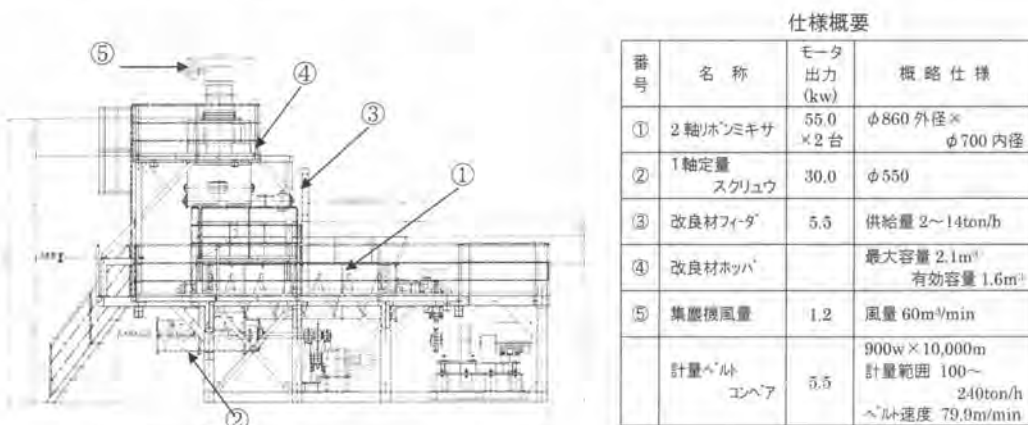


図 3-1 タフコン 100 型概略図、仕様概要

3.2 運転管理システムの概要

タフコンシステムでは、次に示すフローにより各装置の運転状況や土砂性状等を計測し改良処理の施工管理を行なっている。

- ① 土砂ピットにおいてRI計測器を用いて対象土砂の性状を把握する。
- ② 一定の間隔で投入される土量を、混合部における滞留量を管理することにより、確実な混合状態を確認する。
- ③ 泥面センサーと混合部内モニターによる監視により滞留量の管理を行う。(滞留量情報)
- ④ 払出し土量を計測し、引き抜きスクリュウを調節することにより安定した運転状態を保つ。
- ⑤ 改良材添加量は所定の添加量となる様に、改良材フィーダにより適切な添加を行う。
- ⑥ 全体システム管理を集中的にパソコンモニターに出力し管理を行うことにより、処理土量や使用改良材量の積算値等を常に把握することが可能である。また、計測データは全てデジタルデータとして記録保持される。

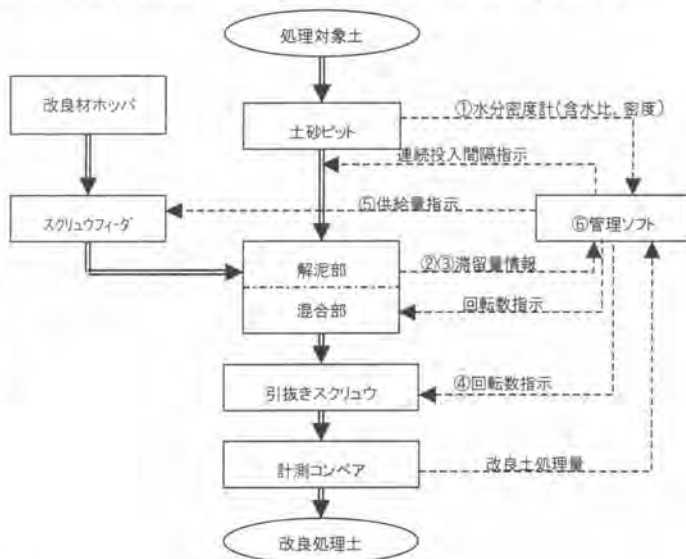


図 3-2 運転管理システムフロー図

4. 芝川調節池改良処理試験工事

4.1 工事概要および対象土

芝川第一調節池は埼玉県浦和市と川口市の境に位置し、計画容量は、暫定調節容量約 390 万 m^3 の規模をもっている。掘削深 GL-4m 以深では、液性限界とほぼ同等な含水比を有する粘性土存在し、その発生土量から再利用・有効利用を図ることが課題となっていた。そこで、土砂の有効利用をはかる工法としてアンケートをおこない、原位置改良工法やプラント混合法を採用し 4 工法による試験工事を実施することとなった。表 4-1 にタフコンシステム（デコンシステム）が担当した工事概要を示す。

また芝川調節池には表 4-2 以下に示すように、粘性土砂が厚く堆積しており、コーン指数は 2 以下で、液性限界と同等な含水比をもつ粘性土であり、非常に粘性が高く、ダンプトラックの荷台やバックホウのバケット等に付着し取扱が難しい土である。

表 4-1 試験工事概要

			施工数量
工事名	芝川左岸住宅地関連 公共施設整備促進工事	排水機場盛土工 2工区	15,928 m ³
		排水機場盛土工 3工区	15,647 m ³
工事場所	埼玉県 川口市下山口新田地内		
発注者	埼玉県 南部河川改修事務所		



表 4-2 芝川粘性土物

項目		試料1	試料2	試料3	芝川全体
土粒子密度	ρ_s (g/cm ³)	2.692	2.657	2.674	2.59~2.70
湿潤密度	ρ (g/cm ³)	1.667	1.520	1.583	1.45~1.65
自然含水比	Wn(%)	57.1	82.2	69.9	平均 75%
粒度構成	砂礫分(%)	7	1	1	
	シルト分(%)	50	50	50	
	粘土分(%)	33	49	49	
液性限界	WL(%)				平均 70%

4.2 施工フローおよびプラント構成

1) 施工フロー

図 4-1に施工フロー概念図を示す。土取り場よりダンプトラックにより原泥を約 220m 運搬し、未改良泥土ピットにダンプアップシタフコンシステムに投入する。投入された土砂はタフコンシステムにより改良処理され排出計量ベルトコンベアにて改良ピットに排出される。その後、仮置きヤードまでダンプトラックにより運搬され、所定養生期間（7 日間）仮置きを行い、強度確認の後盛り立て場へ搬出を行なった。また図 4-2に土砂改良プラントを示す。

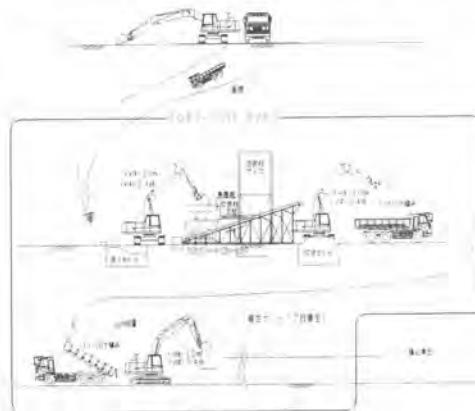


図 4-1 施工フロー概念図

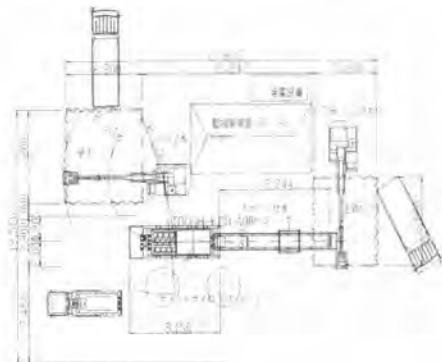


図 4-2 芝川土砂改良プラント

2) プラント構成

プラント構成を表 4-3に示す、試験工事全体では、バックホウの台数を5台使用しているが、施工条件により改良土砂は直接盛土場への持込に制限があり、別ヤードにて養生を行なった結果である。改良プラントヤードの大きさは、概ね30m×20m程度である。

4.3 改良結果

1) 運転結果

タフコンシステムでは、改良土の切り出し量(処理量 m^3/h)を常に計測することにより全ての制御を行なっている。切り出し量は図 4-3に示すように若干では有るが変動する。要因としては未処理土(原泥)の含水比の変動や粒度組成の違いなどが挙げられる。当然、目標切り出し量を確保するため調整は行うが、やはり土砂改良の基本はいかに適正な添加量を確保するかが重要である。そこで切り出し量の変動に追従した改良材供給量の調整結果を図 4-3と図 4-4に示す。図からは、開始から60分後および140分、180分で処理土量の変動が見られ何らかの原泥の物性の変化があったことが判る、それに対し改良材の供給量を追従させることにより、安定した添加量を確保していることが判る。

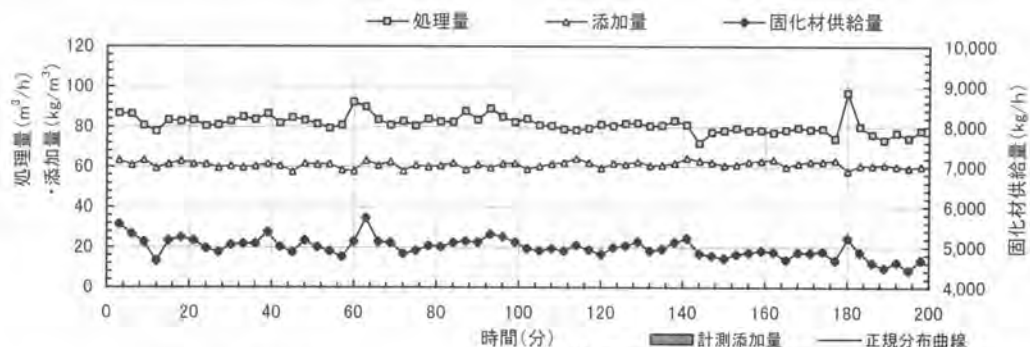


図 4-3 運転状況

また、図 4-4には添加量のヒストグラムを示し図中に標準偏差と平均値より求めた正規分布曲線を示している。図から添加量の分布は、ほぼ正規分布を示すことが判り、その範囲も目標 $62kg/m^3$ に対し $-4kg/m^3$ ~ $+3kg/m^3$ 程度の範囲に収まっていることが判る。

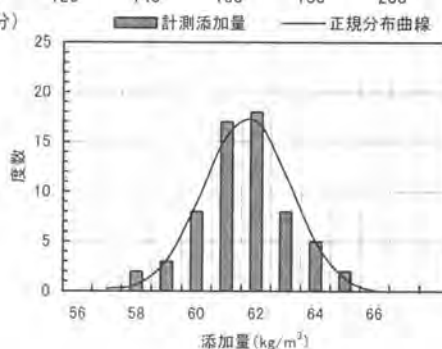


図 4-4 添加量ヒストグラム

表 4-3プラント構成

機種	性能	台数	備考
バックホウ	1.0 m^3	2台	投入、積込み
	0.45 m^3	1台	法面整形
	1.0 m^3	1台	掘削(土取り場)
	1.0 m^3	1台	仮置き場
タフコン	100型	1台	
セメントサイロ	30ton	2基	
ベルトコンベア	w900×110m	1基	
発電機	500kVA	1基	
未改良ピット	7.2m×8m×3m	1基	
改良土ピット	5.6m×6.8m×3m	1基	
ダンプトラック	10ton	4台	未・改良土各2台

2) 強度結果

改良施工は、目標強度を材令7日でコーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上、設定添加量を 62kg/m^3 として行ない、品質管理は、コーン試験ならびに一軸圧縮強度 ($\phi 50\text{mm}\times h100$) により行なった、管理試験項目と頻度を表 4-4に示す。

表 4-4 管理試験項目

項目	頻度	総供試体数
一軸圧縮強度	500m ³ /1回	125本
コーン指数		132体

改良強度結果として図 4-5に一軸圧縮強度 q_u (材令7日)とコーン指数 q_c (材令7日)のヒストグラムを示す。目標強度のコーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上を得ることが出来た。またその分布は、ほぼ正規分布を得た、またそれぞれの変動係数は $V_{q_u}=13.7\%$ 、 $V_{q_c}=16.6\%$ の値を得ることができた。

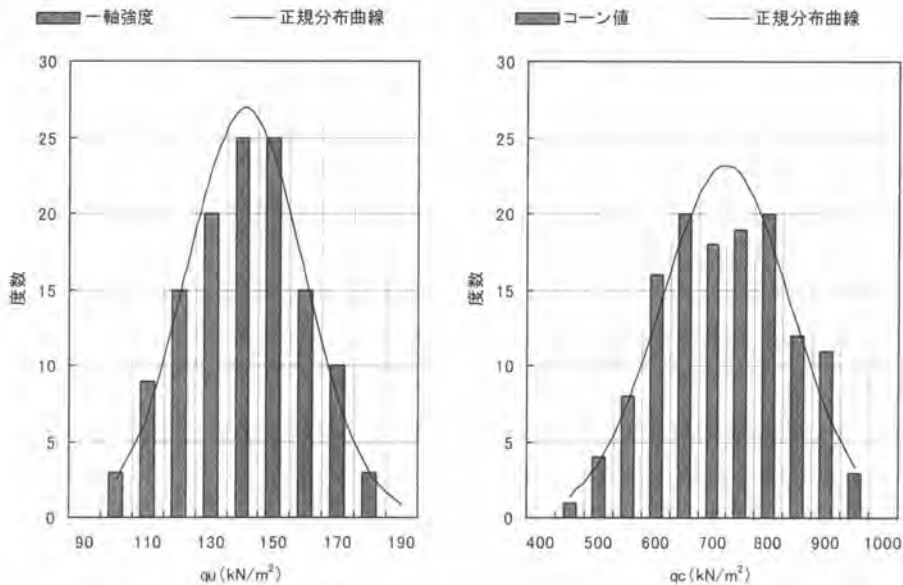


図 4-5 品質管理結果ヒストグラム(一軸圧縮強度、コーン指数)

表 4-5 平均強度結果

項目	平均値(kN/m ²)	標準偏差	変動係数(%)
一軸圧縮強度	135.6	18.6	13.7
コーン指数	697.7	115.5	16.6

5. まとめ

この様に、本工法により、在来機での改良や施工が難しく有効利用が進まなかった低含水粘性土に対し、解泥や加水などの工程を必要とせず、また粉塵など環境に影響を与えず、有効な改良を行うことができた。在来改良機型のデイコンシステムと本工法の開発により、高含水な土砂(浚渫土)から固結した粘性土まで、さまざまな性状を呈する広い範囲の発生土砂の有効利用を図ることが可能になったと考える。

29. 掘削土を再利用した地中連続壁の施工

鹿島建設㈱：*小滝 裕，鐘ヶ江敏樹
森口 敏美

1. はじめに

近年、建設業においては、建設副産物である掘削残土の発生を抑制する工法が環境保全、残土処理場不足の両面から要求されている。建設発生土のうちでも、特に泥水掘削に伴う不良土は産業廃棄物のうち「無機質の汚泥」として取り扱われ、都市部ではこの処分地が少なく問題となっている。

また、地下工事の大深度化に伴い山留壁（遮水壁）も40mを超える深度の施工が増加しており、従来の原位置攪拌工法（柱列式連続壁等）で施工した場合、一部壁の不連続による止水不良等の問題が顕在化してきている。

本報で紹介する「掘削土再利用地中連続壁工法」は、これらの問題を解決できる工法として、近年施工実績が急速に増加している工法である。

今回は、当工法の実績の中で最大深度（56m）の山留壁の施工が完了したので、当工法の特長、施工管理の要点、今後の課題等について報告する。

2. 掘削土再利用地中連続壁工法の概要

(1) 工法概要

本工法は、施工精度及び品質に実績のあるRC地中連続壁の掘削手法を用い、掘削残土を主材料とした泥土モルタル壁を構築する工法であり、以下の特長がある。

- ・掘削残土の50～60%程度を再利用できることにより、産業廃棄物の量を大幅に削減でき、経済的で地球環境にやさしい。
- ・RC連続壁の掘削手法を用いるため、高い掘削精度が確保でき、また大深度に対応可能である。
- ・地上の製造プラントで製造した泥土モルタルをトレミー工法で打ち込む置換工法であるため、均一で高品質の連続壁の施工が可能である。
- ・等厚壁の壁体に、発生応力に対応する芯材間隔を任意に設定でき、合理的で経済的な断面設計ができる。
- ・RC連壁に比べて安価である。

(2) 泥土モルタル製造プラントの概要

当工法の根幹をなす泥土モルタルを製造する機械の概要を示す。

(a) プラント主要緒元

形式：DMP-2000

全長：13,590 mm
 全幅：7,740 mm
 全高：6,598 mm
 原土搬送方法：ベルトコンベア方式
 強制2軸ミキサー容量：2.0 m³
 所要電力：158.9 KW
 総重量：30 t
 製造能力：30.0～40.0 m³/h

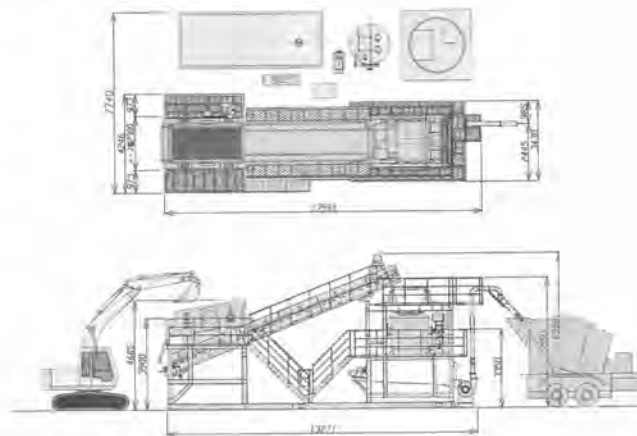
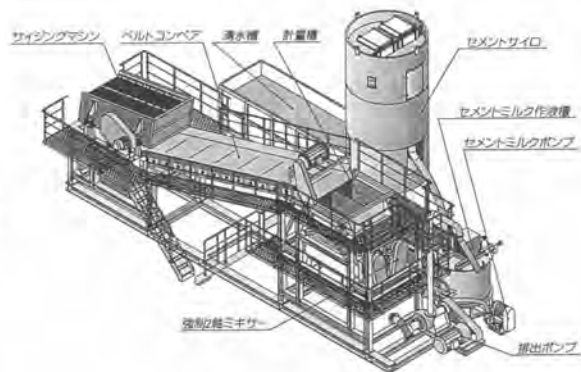


図-1 泥土モルタル製造プラント

(b)プラントの特長

- 当工法で使用するプラントは、従来の流動化処理土製造装置等と比較し以下の特長がある。
- ・配管閉塞等の原因となる掘削土に含まれる40 mm程度以上の礫、粘土を除去できる特殊篩の設置
 - ・強制2軸ミキサー攪拌中に“だま”状になる粘性土を、スラリーポンプによる泥土モルタル圧送時にインペラーによって剪断攪拌することができる。
 - ・運転操作盤にタッチパネル方式を用いた情報管理システムを採用し、異常を直ちに知らせるとともに対処方法が表示され、早期の復旧が可能な装置となっている。

(3)工事数量

表-1

項目	単位	数量	
壁厚	mm	850	800
壁深度	m	56.1	56.1～54.9
壁延長	m	9	218
壁面積	m ²	505	12,122
掘削土量	m ³	429	9,698
泥土モルタル量	m ³	429	9,698
エレメント数	E	3	75

3. 工法採用に至る経緯

工法採用に至るまでに他工法との比較検討を実施したので、その経過を記述する。当工事付近の大深度山留壁実績では、近接構造物があり、高剛性が要求される部分については、RC連続壁もしくは鋼管柱列式連続壁が採用されている。また、一般部では柱列式連続壁が用いられている。RC連続壁、鋼管柱列式連続壁は遮水性能の信頼性は高いが、コスト的には高価である。一方、柱列式連続壁はコスト、工期の面では優位性があるものの、遮水性能の面では両工法と比較すると劣る。また、柱列式連続壁は挿入する芯材の間隔、大きさが施工機により制限されるため剛性的に制約がある。

当工事では、前述した従来3工法に掘削土再利用連壁を加えて比較検討を行った。検討結果を表-2に示す。この結果、要求される剛性、遮水性能、工期、コスト等総合的に判断し、掘削土再利用連壁工を採用することに決定した。

表-2 工法比較表

工法	剛性	遮水性能	工期	コスト
RC連続壁	◎	◎	△	△
鋼管柱列式連続壁	◎	○	△	△
柱列式連続壁	○	△	◎	◎
掘削土再利用連壁	○	◎	○	○

4. 施工前検討事項

工法決定から実際の施工を開始するまでに計画・決定しなければならないことについて列挙する。

(1) 泥土モルタルの配合決定

配合設計は、掘削土をモルタル材料とする本工法の最も重要なファクターである。事前に原位置付近で土の採取を行い、配合試験を繰り返し実施して、以下の要求品質を満足する基本配合を決定した。

① 固まる前の品質

- ・流動性に優れていること。⇒ 道路公団規定フロー値 250~300 mm
- ・芯材建込み終了まで硬化遅延があること。⇒ 混練後5時間後のフロー値 120 mm以上
- ・材料分離抵抗性に優れていること。⇒ プリージング率3%以内

② 硬化後の品質

- ・設計上必要な一軸圧縮強度を満たすこと。⇒ $q_u = 0.5 \text{ N/mm}^2$ 以上
- ・高い遮水性能⇒ 透水係数 $1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ 程度

(2) 壁厚及びエレメント割付の決定

- ① 壁厚は応力材であるH鋼仕様及び建込み精度を考慮して決定する。
- ② エレメントの長さは泥土モルタル打設から芯材の建込みを1日の作業内に完了できる大きさとし、1ガットとした。

また、先行エレメントと後行エレメントの接合は、カッティング方式により一体化を図る。今回のカッティング代は、掘削精度、芯材の割付等を考慮して、162.5 mmとした。

(3) 芯材建込み順序

泥土モルタル打設と芯材建込みのどちらを先に行うか検討したが、芯材を先に建込んだ場合のモルタルの充填性に問題が残ると判断し、モルタル打設後に芯材を建込んだ。

5. 施工手順

実施工における、掘削・安定液循環・泥土モルタル製造・打設・芯材建込みの施工フローを示す。

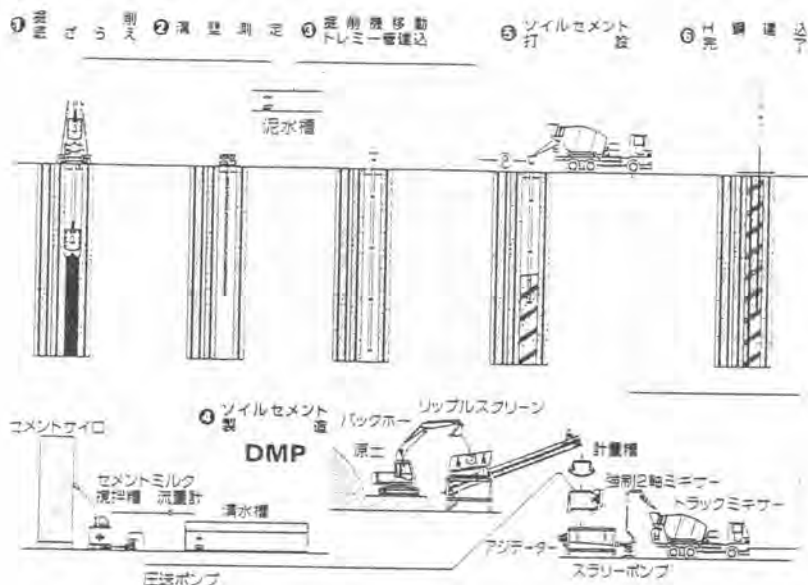


図-2 施工フロー

6. 施工管理の要点

(a)掘削、安定液管理

掘削は、通常のRC連壁工事の管理と同様である。掘削機の位置計測、掘削後の溝壁超音波測定を実施し、掘削の鉛直誤差+5cm以内を確保した。安定液については基本的にはRC連壁と同様の管理を行うが、安定液の比重は、モルタルとの置換性を考慮して、通常より若干低く設定管理した。(1.05程度)

(b)泥土モルタルの配合

前述した室内試験での基本配合を基に、実施工では以下のように管理した。

①打設前

- ・使用する掘削残土の含水率、沈降比重(粘性土分の含有率を簡易測定する)を測定する。
- ・測定結果と基本ノモグラムを基に試験練りを行いフロー値(200~300mm)、比重(1.6±0.2)が管理値内であることを確認する。

②打設中

- ・5バッチに1回程度、製造モルタルを採取しフロー値、練り上り温度、比重を測定し、管理値内におさまるよう随時配合修正を行う。

実施工における配合例を表-3に示す。

表-3 実施配合例

遅延剤 (kg/m ³)	配合 (kg/m ³)			W/(C+N)	フロー値 (mm)
	土(N)	セメント(C)	水(W)		
6	750	200	650	68%	280

◎芯材の建込み

芯材（H鋼）を所定の位置に垂直に建込むために、ガイドウォール上に位置固定用の架台を設置し、2方向からトランシットにより鉛直精度を確認しながら建込んだ。

7. 施工実績

(a) 泥土モルタルの強度

W/(C+N)と28日強度の関係を図-3に示す。全て所定の強度を満足する値となっているとともに、W/(C+N)が小さい程強度が高いことがわかる。

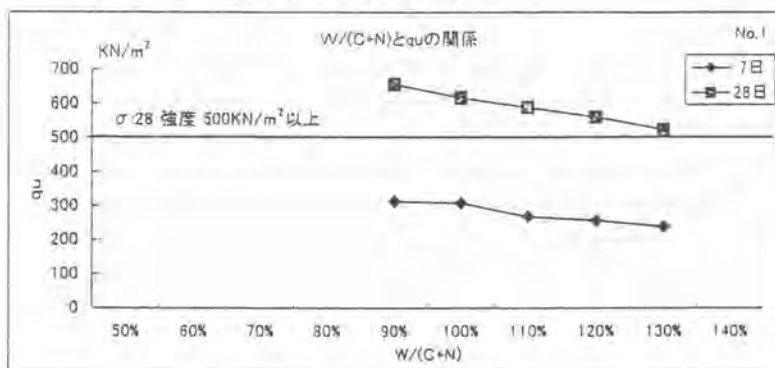


図-3 28日強度とW/(C+N)

(b) 掘削残土の再利用

総掘削土量9,000 m³の60%に当たる5,400 m³の再利用を図ることができた。これは、配合による理論値と同様であり、当初見込みどおりの再利用が達成された。但し、安定液は3,500 m³が廃棄（余剰泥水）となっており、通常のRC連壁の見込み量とほぼ同様である。今後は、余剰泥水の再利用化を図ることが課題である。

◎遮水性能

遮水性能は、連続壁施工完了後に予定している揚水試験および今後の内部掘削工事で確認予定であるが、練上がり時に採取した供試体を用いた透水試験結果は、平均2×10⁻⁶ cm/secであり、良好な結果が得られるものと確信する。

8. あとがき

掘削土再利用地中連続壁工法は、建設副産物の減量化という社会のニーズにマッチした工法であり、今後需要が増加すると思われる。とくに、深度40 m～60 m付近の山留工事においては、柱列式連続壁等の原位置攪拌工法より信頼性が高く、RC連壁より低コストであることから、より普及するものと期待する。

写真-1 連続壁掘削機

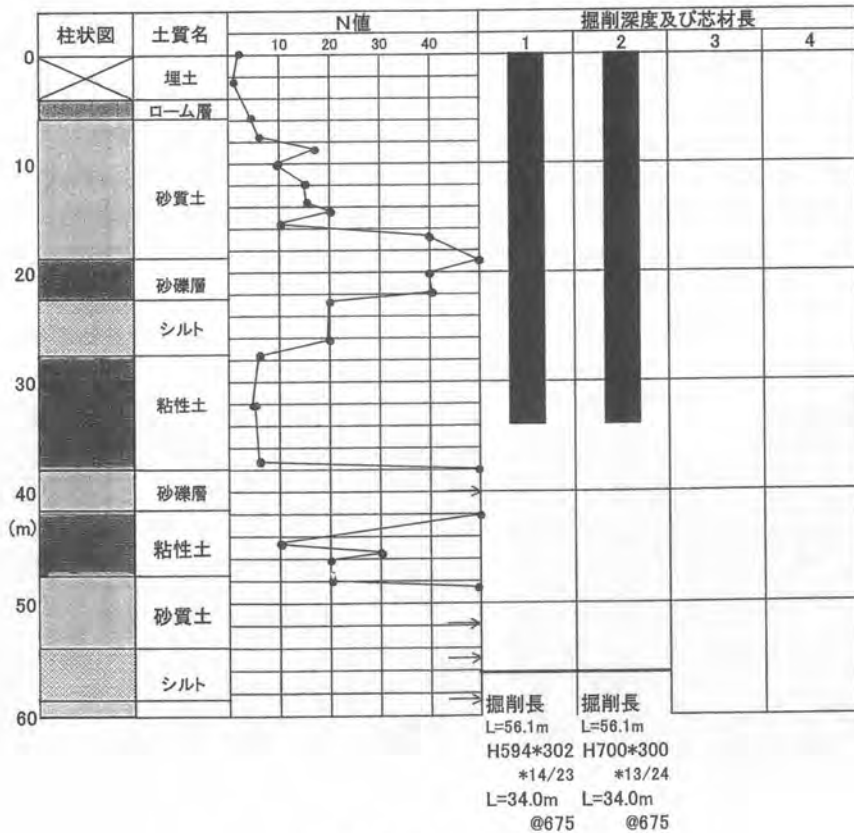
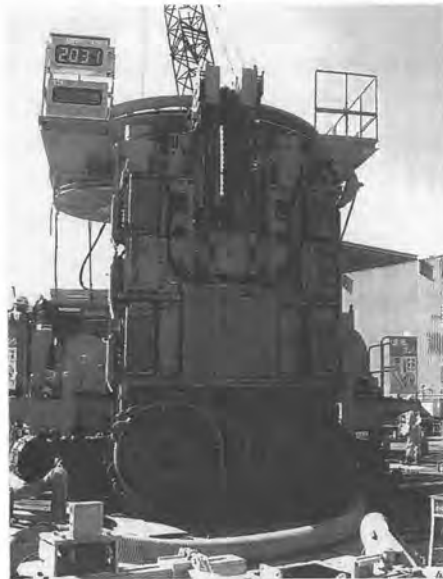


図-4 土質柱状図

30. アスファルト再生プラント用脱臭装置 について

鹿島道路㈱：*阪田 正弘

1. はじめに

道路舗装業界では年々舗装廃材のリサイクルが盛んに行われており、平成10年度におけるアスファルト混合物製造量は約7,000万トン生産されその内700基あまりの加熱リサイクル装置で約3,500万トン生産されている。

しかし、リサイクル工程でアスファルト廃材を加熱する際、臭気が発生するという問題がある。

国際的に地球環境問題が大きな課題となっている今日、建設分野においても様々な視点から省エネルギー及び環境対策に関する技術開発が行われている。

当社においてもこれらのことを対処すべく、従来印刷業、塗装業、医薬品などの製造プラントに採用されていた脱臭装置の全く新しい発想に着目し、舗装業界では国内初の高性能工業炉である蓄熱燃焼式脱臭装置を導入することにより、経済性の向上、省エネルギー及びCO₂削減などの効果をあげることが出来たので、ここに報告する。

2. 蓄熱燃焼式とは

アスファルトリサイクルプラントの脱臭方式として一般的に直接燃焼式が採用されている。

直接燃焼式とは、悪臭排ガスを脱臭炉内に導いて700～750℃付近の高温で悪臭成分を酸化分解する。脱臭炉から出た排ガスは熱交換器で熱回収されるものの約400℃の排ガスが無効な熱として放出するので熱効率としては約70%である。一方蓄熱燃焼式は、熱交換器にセラミック蓄熱体を採用し交互に昇温、降温させる熱再生原理を利用したもので、直接燃焼式に比べ半分の約200℃の排ガスが煙突から放出される。又、蓄熱体で95%以上の熱効率を得ながら820℃の高温燃焼室で臭気成分を酸化分解させる設備であり、VOC（揮発性有機化合物）処理装置としても国内で普及し始めている。



概観写真1 直接燃焼式脱臭装置付
リサイクル装置



概観写真2 蓄熱燃焼式脱臭装置

ところがセラミック蓄熱体を利用する蓄熱燃焼式脱臭装置は、アスファルトやダスト成分を非常に多く含む排気ガスに対しては従来不向きとされていた。本機は被処理ガスを予熱し低温部でアスファルトの凝縮を防ぐ方式を採用したほか、付着固化した成分を空焼きシステムでバークアウトする工夫を加えこれらの問題を解決し、最高99%の脱臭効率を発揮するものである。

3. 蓄熱燃焼式脱臭装置の選定

蓄熱燃焼式脱臭装置の選定理由の一つとして煙突から排出される熱量を直接燃焼式と蓄熱燃焼式とで以下のとおり比較してみた。

表1 直接燃焼式と蓄熱燃焼式の比較

	蓄熱燃焼式	直接燃焼式
排出温度	約200℃	約400℃
無効熱量	41.7[MJ/min]	83.4[MJ/min]
燃料使用率	0.5倍	1
CO ₂ 発生率	0.5倍	1

(算出には水蒸気量20(v%)、排ガス150(m³N/min)を条件とする。又、参考データは運転方法により異なる場合があります。)

上記表1の煙突より排出される無効熱量から蓄熱燃焼式が直接燃焼式よりCO₂発生量及び燃費は各々50%削減することが出来る。又、熱交換器の寿命は一般的にメタル製よりセラミック製がはるかに長く交換する必要はないと判断されることから蓄熱燃焼式を採用した。

4. 蓄熱燃焼式脱臭装置の仕様

処理ガス量

風 量 150m³N/min
 温 度 130~150℃

脱臭設備の形式

型 式 3塔蓄熱燃焼式

脱臭炉内温度

炉内温度 820℃(Max 950℃)

臭気濃度 1000(倍)以下

ばいじん濃度 0.27g/m³N以下

(臭気濃度は各自治体の規制値にあわせて仕様が変わります。)

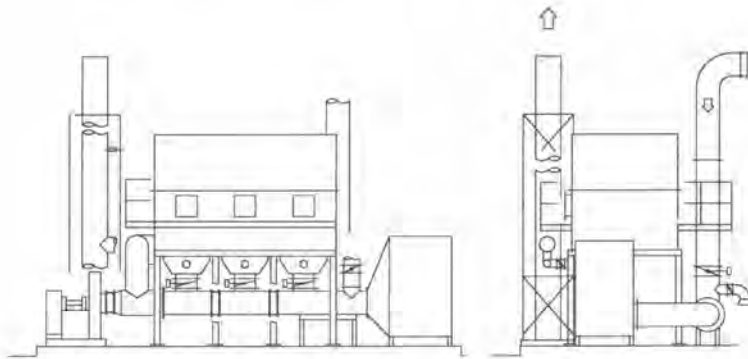


図1 脱臭装置概観図

5. 脱臭装置の原理とフロー

脱臭装置の原理

リサイクルプラントから排出される被処理ガスは予熱器により180℃付近に加熱され第1の蓄熱体（第1室目）を通過し脱臭炉内に入る。

その際蓄熱体から熱を吸収し800℃弱まで昇温される。

脱臭炉内において820℃の高温雰囲気下で平均1秒間以上の保持により酸化分解処理される。

処理されたガスは第2の蓄熱体（第2室目）を通過排出される。

処理ガスの熱は蓄熱体に吸収され約200℃付近まで降温される。

処理ガスは排気ファンで清浄ガスとして大気に放出される。

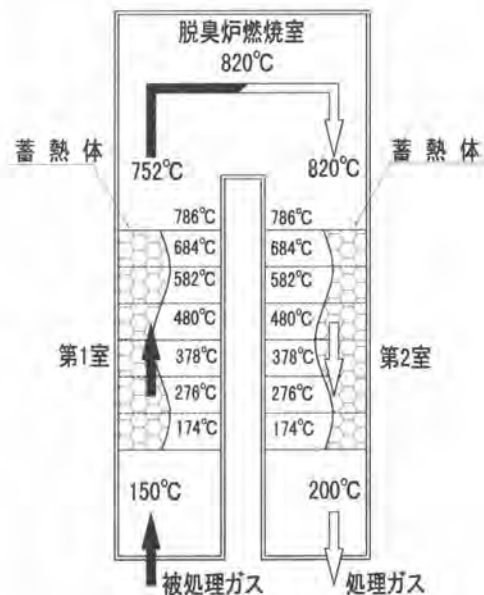


図2 脱臭装置蓄熱体温度分布図

フロー（図3参照）より

予熱器で加熱された被処理ガスは次のようなサイクルで流れる。

第1サイクル

第1室目で加熱、脱臭炉を通過し酸化分解され処理ガスとして第2室目で冷却され蓄熱体に蓄熱、清浄ガスは第3室目をパージする。

第2サイクル

第2室目で加熱、脱臭炉を通過し酸化分解され処理ガスとして第3室目で冷却され蓄熱体に蓄熱、清浄ガスは第1室目をパージする。

第3サイクル

第3室目で加熱、脱臭炉を通過し酸化分解され処理ガスとして第1室目で冷却され蓄熱体に蓄熱、清浄ガスは第2室目をパージする。

これら第1～3サイクルは1分毎に切り替わる。この工程を繰り返し施行することで最高99%の脱臭効率と95%以上の熱効率が可能となる。



図3 フロー図

6. データー

今回の脱臭装置設置後の臭気測定を実施した結果以下の通りである。

表2 臭気・ばいじん濃度測定結果

	臭気濃度	ばいじん濃度
仕様規制値	1000以下	0.27g/m ³ N以下
装置設置後	550	0.01g/m ³ N未満

(表2は参考データであり各地域によって変更されます。)

測定条件

サンプリング日：平成12年3月6日
 燃焼室温度：820℃
 被処理ガス吸引量：150m³N/min

7. おわりに

蓄熱燃焼式脱臭装置に付いて述べたが改良すべき問題も残されており、引き続き改善を行い、今後の発展の為努力している。

又、基本体系を作るべくデータの収集を実施し、最小限のコストと省エネルギー、CO₂削減など環境への配慮を両立させながら運用を進めていきたいと考えている。

31. PJ マッドスタビを活用した底泥浚渫土の処理事例

日本舗道㈱： 田中 秀秋, 相田 尚
*那須 誠彦

1. はじめに

環境保全やコスト縮減が盛んに謳われているなか、深さ1～3 m程度の浅層地盤改良の領域における経済的な工法として土中粉体噴射工法「PJ マッドスタビ工法 (Powder Jet Mud-Stabi)」と、専用の固化材供給設備「PJプラント」の開発に取り組んできた。この工法はスラリーに比べ、固化材を粉状のままで圧送するので土の含水比を高めず、固化材の添加量を低減できる。また、スラリー状でないため、PJプラントも水を使わない全くの乾式装置であり、清掃時の汚泥の流出などの心配もなく、環境にやさしい工法である。

今年度、千葉県内にある庭園の改修工事では、国内にある数カ所の池底に長年堆積した魚鳥類の糞やヘドロの浚渫処理を当工法で実施し、好結果を得た。本文では当工事におけるPJマッドスタビ工法の施工事例を紹介するものである。

2. PJマッドスタビ工法

2-1 PJマッドスタビ工法の概要

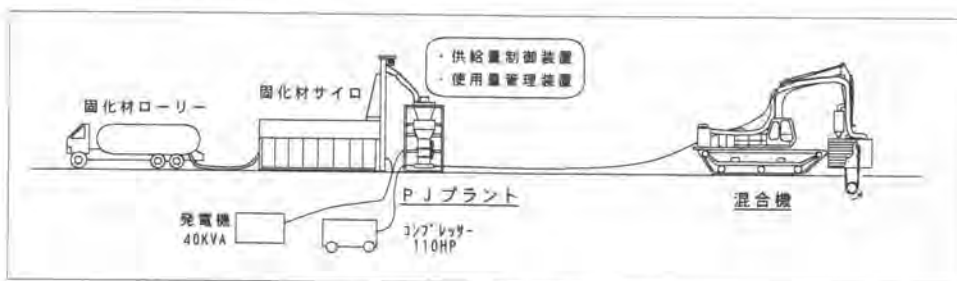


図-1 PJマッドスタビ施工システム図

PJマッドスタビ工法の施工システムを図-1に示す。すなわち、粉状の固化材をPJプラントにより施工箇所まで連続的に空気圧送し、トレンチャ式ミキシング装置に取り付けたノズルより土中噴射しながら、同装置で土と混合するものである。

固化材供給機「PJプラント (写真-1)」の主な仕様を表-1に、機構を図-2に示す。

装置は単胴型で、図-2に示すように区

計 量 方 式	ロードセル (3点式)
圧 送 量	0～300 kg/min
圧 送 長	300m (Max)
圧送管内径	3in
空気消費量	4～8 m ³ /min
管 理 方 式	CPU制御方式
本 体 重 量	5,000 kg

表-1 PJプラントの仕様

切られた4室のうちの2室（中部ホッパ、下部ホッパ）の圧力を制御しながら固化材を切り出す構造である。吐出量は装置重量の変化を瞬時に記録させ毎分吐出量を演算させる方法と、1バッチの計量タイミングから演算する2通りの管理ができるようになっている。

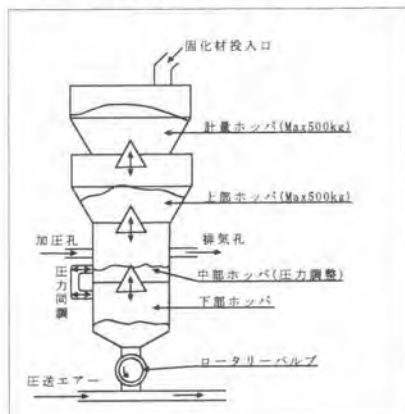


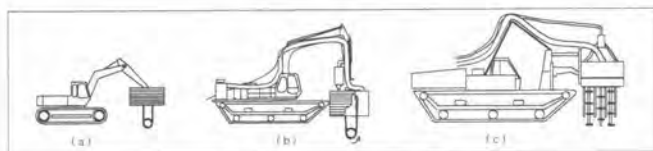
図-2 PJプラントの機構



写真-1 PJプラント全景

2-2 混合装置

PJマッドスタビ工法で使用する混合装置は、施工や現場条件によって、図-3に示す機種を使い分けている。今回の現場は、現場内が軟弱であること、また処理深さが0.8～1mと浅いことから、b)の小型泥上車+小型ミキシングトレンチャを組み合わせた機械を使用した。



- a) バックホウ+トレンチャ
- b) 泥上車+トレンチャ
- c) サイドシフトマッドスタビライザ

図-3 混合機の種類



写真-2 小型泥上車+トレンチャー



写真-3 小型トレンチャ

3. 工事概要

今年度5月に実施された千葉県内の庭園内浚渫工事は、庭園内にある2カ所の池（第1池 4,700 m³、第2池 12,900 m³）の浚渫を行うものである。池底には長年にわたって、魚や鳥の糞やヘドロが平均で0.4～0.5m 堆積している。浚渫計画にあたっては、次の2点が問題となった。

- ① 庭園内の土質は極めて含水比が高く、重機の進入が困難な場所が多い。
 - ② 庭園の周囲はマンションなどの住宅街であり、騒音、振動、粉塵の十分な配慮が必要である。
- 以上のことを考慮してPJマッドスタビ工法を採用し、図-5の順序で工事を行った。

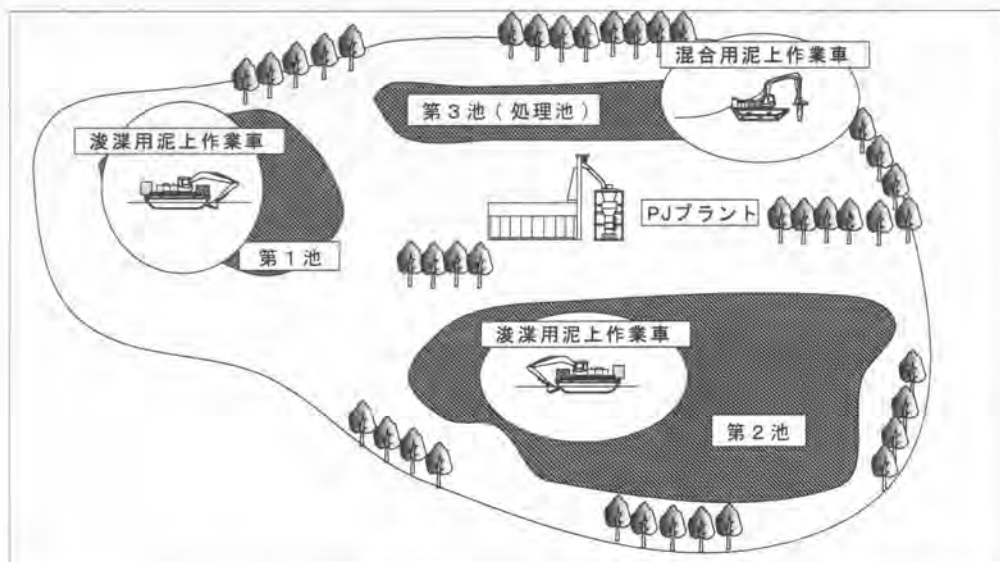


図-4 現場概略図

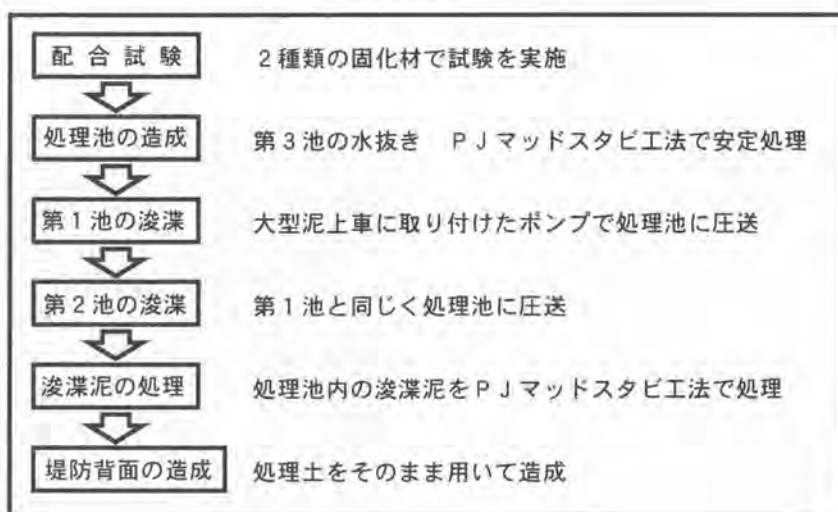


図-5 施工フロー図

4. 配合試験

池底の浚渫泥をサンプリングし、室内において一軸圧縮試験を実施した。サンプリングした浚渫泥は、自然含水比 500 ~ 800% であり、固化材は普通ポルトランドセメントと高有機質土用セメント系固化材の 2 種類を用意した。試験結果を図-6 に示す。

目標現場強度は、 0.1N/mm^2 であるが、安全率を考慮して 0.2N/mm^2 を室内目標強度とした。

固化材使用量と施工性および経済比較を考慮した結果、高有機質土用セメント系固化材を用い、添加量を 230kg/m^3 と決定した。

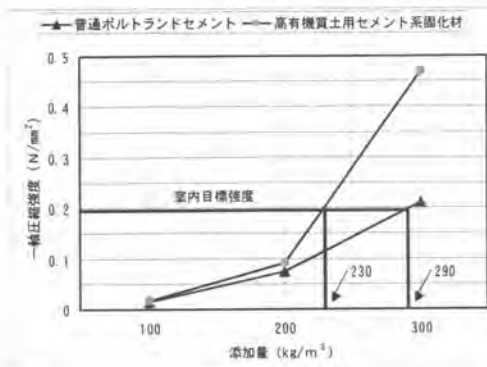


図-6 室内強度試験

5. 処理池の造成

本工事では、まず浚渫泥の処理を行うために、第3池の一部を処理池として造成することから始めた。作業工程は次のとおりである（図-7 参照）。

- ① 水中ポンプによる池水の排水
- ② 池底の安定処理：PJマッドスタビ工法、処理深さ 0.8m
- ③ 処理池の造成：処理土約 0.5m を外周へ移動し築堤

処理池は、幅 10m、全長 400m と横長であったため、PJプラントは全体のほぼ中央に設置し、固化材圧送距離は、最大 200m とした。

混合機の機動性を考慮し、PJプラントからの固化材の圧送量は $120 \sim 150\text{kg/min}$ とした。その結果、一日の施工量は平均 $150 \sim 200\text{m}^2$ であった。

安定処理後、堤の幅を残し処理池を深さ 0.5m まで掘削し、その掘削土を使って土手の造成を行った。

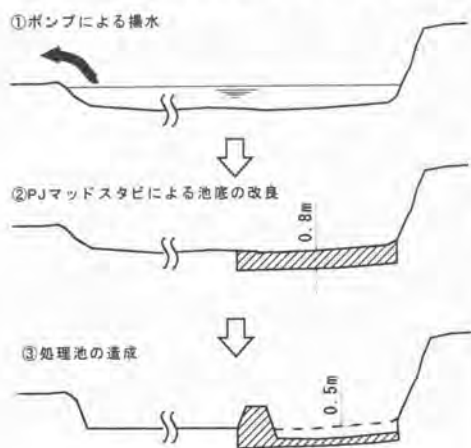


図-7 処理池の造成状況



写真-4 PJマッドスタビ工法施工状況

6. 浚渫と処理

処理池の完成後、第1池および第2池の底泥の浚渫処理を行った。

底泥の浚渫は、大型泥上車のバケット（0.7m³）で一旦貯泥ホッパに受け、同じく泥上車に取り付けたポンプで圧送する方法を用いた。第2池の場合、処理池までの配管の距離が約 500m あったため、中間に仮置き貯泥タンクを設置し定置式のポンプを追加することとした（図-8 参照）。

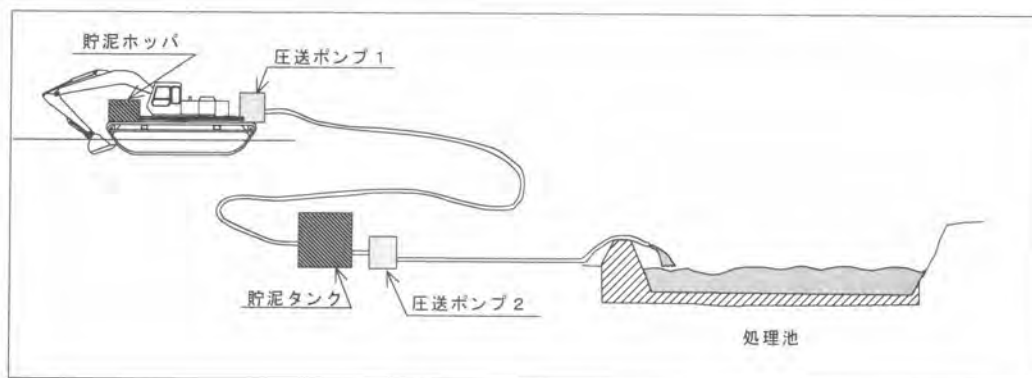


図-8 ポンプ移送施工システム図

ポンプの公称能力は、約 50m³/h であったが、実際には配管の曲がり等による管内抵抗のため、約 30m³/h 前後まで低下した。

処理池は数カ所に仕切を造り、改良と浚渫泥のストックが同時進行で行えるようにした。

処理池に移送された浚渫泥は、仕切で分けられた部分が計画高さまで溜まった時点でP J マッドスタビ工法により改良を行った。

処理池の改良と同様に、固化材の供給量は 120 ~ 150kg/min であったが、ポンプの移送能力の影響で一日の施工量は 120m³ 程度にとどまった。



写真-5 浚渫状況



写真-6 浚渫泥の処理池へのポンプ圧送

7. 造成工事

処理池で改良された浚渫泥は、現場内で有効活用を図るべく、第3池の堤防として造成した。造成工事は、処理池内で改良された浚渫泥の強度がバックホウのトラフィカビリティを確保できる段階で開始し、以下の工程で実施した。

①処理土の整地：矢板打設機械搬入のため

②矢板の打設：ヒーピング防止

③矢板の裏込め部の埋め戻し

造成完了後、第3池に貯水し、全ての工事を完了した。

8. あとがき

当工事では、軟弱な地盤に対応すべく、大小の泥上車、およびPJマッドスタビ工法を活用することにより、その能力を十分に発揮できたと言える。また、改良した浚渫泥は、現場強度でも目標とした一軸圧縮強度 $0.1\text{N}/\text{mm}^2$ を満足するものであった。

今回のような池底の浚渫泥改良工事の場合、固化材をスラリー状で使用すると添加量が極端に増えることや、スラリープラントの清掃時に発生する汚水などの処理の問題も残ることが考えられたため、今回実施した「PJマッドスタビ工法」は環境保全やコスト縮減といった今日的な要求にまさに合致したものであったと感じる。

一方、空気圧送の場合、ホース長さや曲がりなどによる圧力の変動によって送り量も変化することもあり、混合機側と供給機側のコミュニケーションが施工性や出来映えに影響することが考えられる。

今後はさらに供給量のコントロール方法や管理方法、および混合機と供給機のバランスなどについて検討し、様々な条件での施工が可能になるようにしたい。

[参考文献]

- 1) 相田, 稲葉, 羽山:「浅層地盤改良における土中粉体噴射工法の開発」、舗装、11-1997
- 2) 小島, 石川, 相田:「浅層地盤改良への土中粉体噴射工法の適用例」、第22回日本道路会議論文集、12-1997
- 3) 山口, 稲葉, 相田:「浅層地盤改良用固化材供給設備“PJプラント”の開発」、平成10年度建設機械と施工法シンポジウム論文集、10-1998

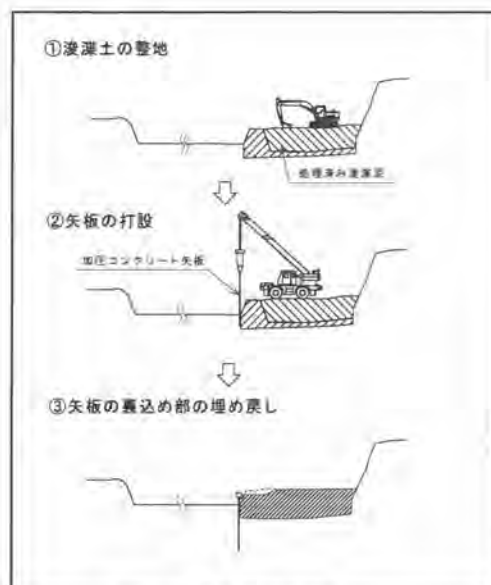


図-9 造成工事概要

32. 建設工事における無薬注濁水処理及び 固化改質システムの開発

九州電力(株)：*鶴田 正治，河原田寿紀
(株)ディーアイテクノ：藤嶋 大地

1. はじめに

近年、環境問題の一貫として、河川の汚染防止に関わる環境基準の強化、建設現場から発生する汚泥を有効利用するための資源のリサイクルなど建設分野でも盛んに検討・取組が実施されている。

無薬注濁水処理及び固化改質システムは、特にトンネル工事、ダム工事等から発生する濁水を固液分離する行程において、従来の凝集剤、高分子フロック形成剤等の化学薬品を使用した凝集沈殿法に替え、化学薬品を一切使用しない固液分離を行い、濾過水は放流または再利用、一方、スラッジは、遅延反応性石灰系固化改質材を用いて短時間で改質して有価物として再生利用するものである。

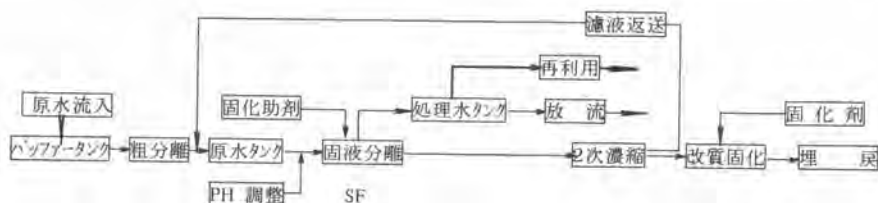
本システムにおいては、濾過水には未反応の化学薬品が含まれることなく、また濾過媒体を通過させるため、流入諸条件に左右されることなく、常に安定した放流基準以下の濾過水を得ることができ、スラッジも短時間で再生土としての物性を満足した改良土となるため、環境面の保全に対し貢献できるものである。また、トータルコストにおいて低減効果創出も期待できる。

本開発は、地盤を高圧水で掘削するウォータージェット工法からの派生として平成6年から部分要素開発を行い、平成10年には、ダム建設用の濁水処理に適用するものとしてシステム化を図ってきた。ここでは、本システムの概要と平成11年より宮崎県小丸川発電所建設工事に適用した際の実証試験結果について報告する。

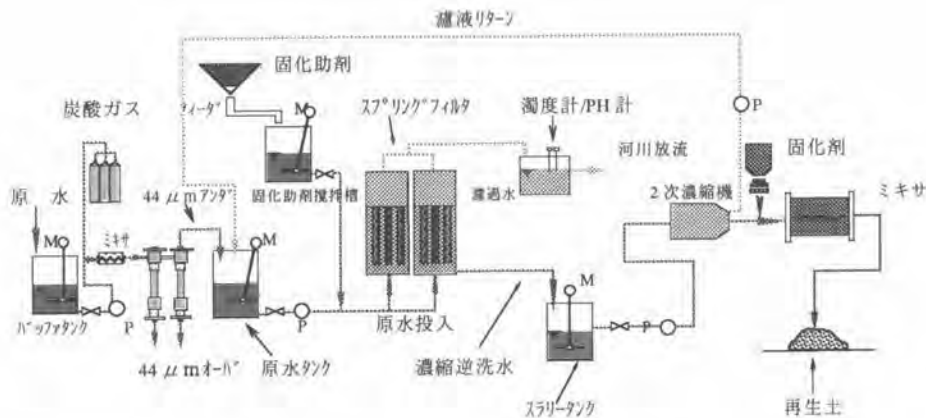
2. 工法の概要

無薬注濁水処理・固化改質システムは、大きく3つのセグメントに分割することができる。

1. 濁水のSS(浮遊物質)を分離する固液分離行程、 2. 補集したケーキを逆洗により排出・濃縮する行程、 3. 濃縮スラッジを固化改質する行程であり、総て連続稼働するものである。下記図一1及び図一2には、無薬注濁水処理・固化改質システムのフロー図及び概略図を示した。



図一1 無薬注濁水処理・固化改質システムフロー図

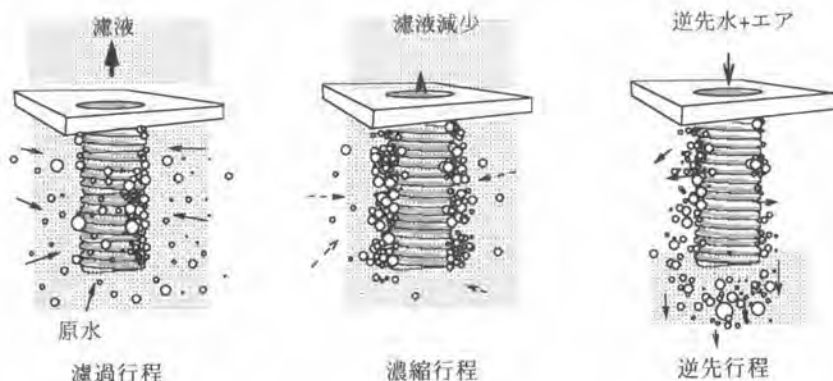


図一 無薬注濁水処理・固液改質システムフロー概略図

(1) 無薬注濁水処理・固液改質システム装置の概要

① 固液分離装置 (スプリングフィルタ)

固液分離装置は、濾過室の中に所望の濾過面積を有し、数マイクロメータ級の間隙を持たせたステンレス製スプリングフィルター (SF) を設置し、原水をスプリングの外側から通過させ、スプリングを通過した濾液を放流或いは再利用すると同時に、フィルター外周に付着したスラッジは、定期的な逆洗と共に剥離回収、次いで再濃縮し、固液改質プラントへと導入する。スプリングの表面には、二次濃縮時及び固液改質処理に必要な固液改質剤 (珪藻土) を薄くコーティングする事により、より精密な分離を実現できる。処理量は、少量から 100 m³/hr 処理以上の大型装置迄のシステム化が可能である。



② 固液改質処理プラント

②-1 遅延反応性石灰系固液改質剤

一般に石灰 CaO は、水分と水和反応して発熱し、Ca(OH)₂ となる。このとき比表面積が増大するとともに有害物質の吸着が起り、さらに空气中、土壤中の炭酸ガスと炭酸化反応を起こし、CaCO₃

膜で有害物質を2重に封じ込めるものである。

通常 CaO 単身では、汚泥中も水分と即時に反応して発熱するため、大きなままこ状となり、十分な混練効果を得ることが難しく、又、水に濡れると再泥化する欠点があった。ここで用いた固化改質剤は、製造過程で天然脂肪酸を添加することで、水和反応を遅らせ、除々に混練効果を高める効果及び撥水性を待たせ、再泥化しない特徴を具備させている。

②-2 固化改質ミキサ及びプラント

本ミキサは無重力型ミキサであり、濃縮汚泥と少量の固化剤を高効率にしかも精密に混合する装置である。羽根の形状は、鍬型となっており、浮遊拡散効果により土砂を3次元的に運動攪拌するものであり、短時間に均一混合することができる。

(2) 工法の特徴

①濾過安定性。

流入濁度、PH等の諸条件に左右されることなく放流濁度が安定している(1~6PPM)濾過が越流による放流でなく、全量、濾過媒体を通過させるため、フロックが流出する事がなく河川汚染の心配から解放される。

②化学薬品を使わない為、環境面に優しい。

PAC(ポリ塩化アルミニウム)などの凝集沈殿剤、高分子フロック形成剤を使用しないため、例えば、アルミイオンの流出、未反応高分子材料の流出等の心配がないことから、排出排水に対する安全性が高く、また、改質土にも何ら化学薬品が混入することがないため、より自然に近い再生土としての利用が可能となる。

③有害物質の封じ込め・再泥化防止。

改質土には、建設省で定めたりサイクル指針の諸物性値を全て満足する。

④薬品代、管理費の削減によるトータルコストメリット。

3. 実証試験

(1) 実験概要

平成11年8月から平成12年6月の期間、九州電力小丸川発電所建設に伴うトンネル掘削工事から発生する濁水処理に対し検証を実施した。50 m³/hrの処理能力を有し、凝集剤を用いる従来型プラントと今回開発した無薬注濁水処理型のスプリングフィルタを用いて比較検証し、その性能・安全性・稼働安定性・作業性について検討を加えた。次いで、固液分離した脱水ケーキ・濃縮スラッジは、固化改質剤並びに固化改質プラントを用い、再生利用の可能性について同様に検証した。

(2) 検証項目

[濁水処理検査項目]

濁水処理については、特に濁度の経時変化と放流水濁度との関係並びに流入水の性質毎の圧力と透過水量の関係測定し、処理能力について検証を行った。

- ① 原水 PH 値、放流水 PH 値 (経時変化測定)
- ② 原水濁度、濾液濁度、放流水濁度 (経時変化測定)
- ③ 濾過圧力に対する透過流量
- ④ 1次濃縮スラリーSS、2次濃縮スラリー水分率
- ⑤ 放流水水質検査
- ⑥ 機械油混入による検証実験

[改質固化検証項目]

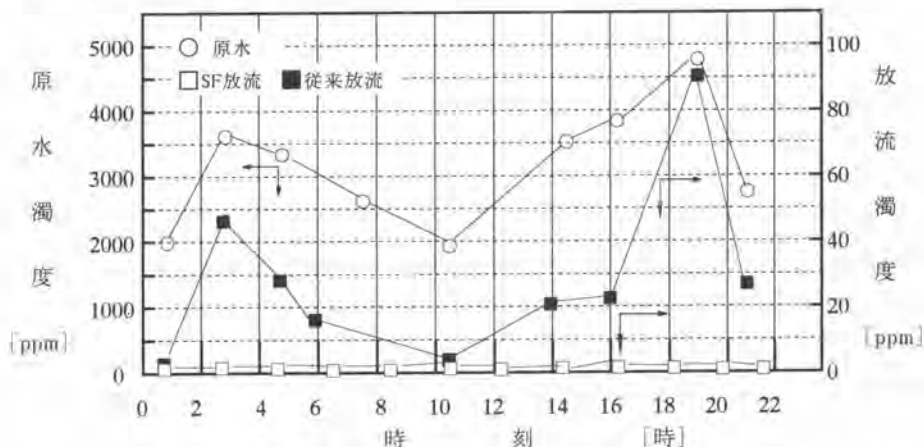
改質固化検証においては、遅延性石灰系固化剤を用いた検証を実施した。

- ① 固化剤添加量と改質土水分率の関係
- ② 溶出試験 (有害物質封込め作用検証)
- ③ コーン強度並びに CBR 試験
- ④ 改質土の撥水性及び再泥化実験 (目視による)

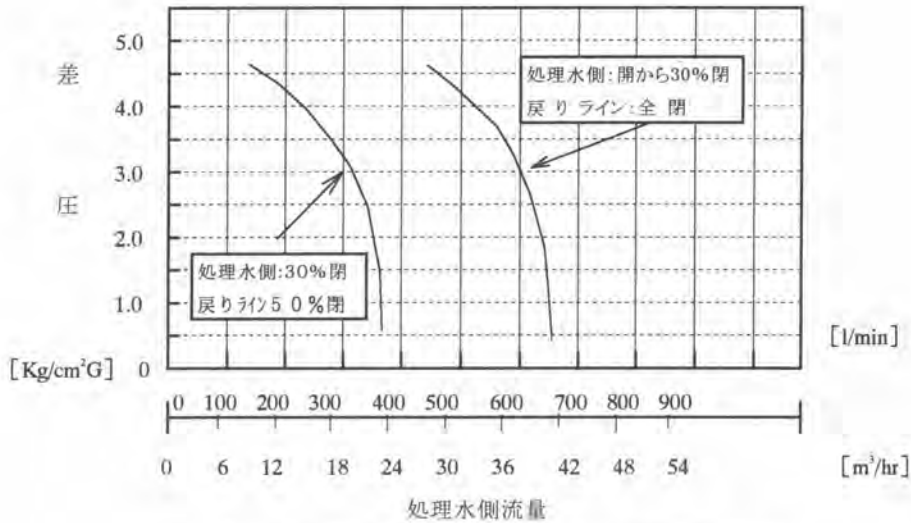
4. 検証結果

(1) 濁水処理 (無薬注濁水処理)

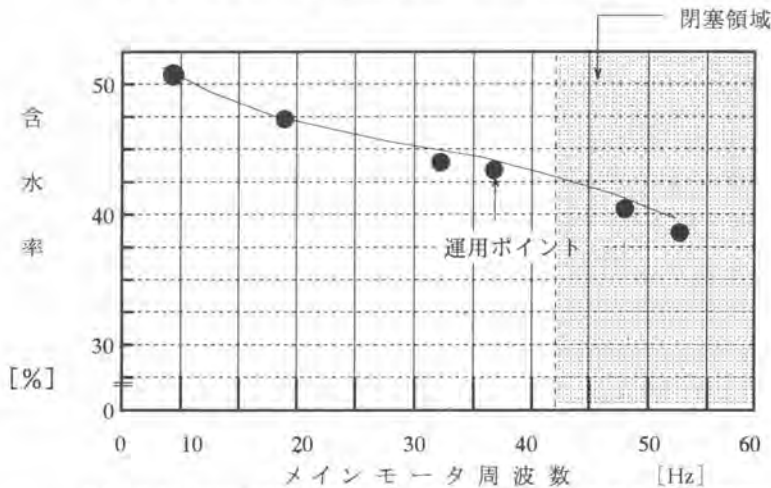
図3には、流入濁度と放流濁度との関係を示した。スプリングフィルタは流入濁度に関係なく1~3ppmを示すのに対し、従来型では、流入条件で、90PPMを越える場合もあり、非常に不安定であった。特にセメント混入時は、不安定になる傾向を示した。図4には、原水濾過差圧と透過流量との関係を示した。目詰まりの挙動は4Kg/cm²以下では見られず、ルーチンでは、3.5Kg/cm²での運用とした。次に、図5は、デカンタによる2次濃縮の挙動を示したものである。脱水率の向上に伴うデカンタの閉塞現象、次行程の固化効率の問題から、ここでは運用水分率44%とした。放流水の検査項目は、両装置とも基準値を満足し得るものであった。また、掘削時の機械油混入を考慮し、SFでの除去性能について実験した。混入量0.1%に対しては対処可能であることが分かった。SFでは、固化助剤(珪藻土)を濾剤として流用しており、オイル除去、SSの低減に大きな役割を果たしていることが確認できた。



図一3 原水・放流濁度経日変化



図一四 SFにおける濾過器1次側圧力と処理水側流量との関係



注): デカンタの脱水率はメインモータの入力周波数を変化させて調節した。

図一五 デカンタの回転数による2次濃縮含水率の挙動

(2) 固化改質処理

固化改質は、遅延反応性石灰系固化剤、無重力ミキサの相乗効果にて、短時間で顆粒状の改質土を生成することが可能であった。表1及び2には、それぞれ溶出試験結果、改質土の諸物性値を示し、図7には再泥化の状況を示した。その結果、現在建設省が規定する項目は、総て満足しており、一方、PHに関しては、エージングを少なくとも2週間以上実施することにより、中性域迄の低下を図ることができた。図6には、44%スラッジに対する固化剤添加量と、改質土水分率との関係を示した。その結果、添加量の増加により水分率が低下するが、作業上の経験値から、ある程度水分を有した固化改質材17%添加量が最適であると判断し運用基準とした。

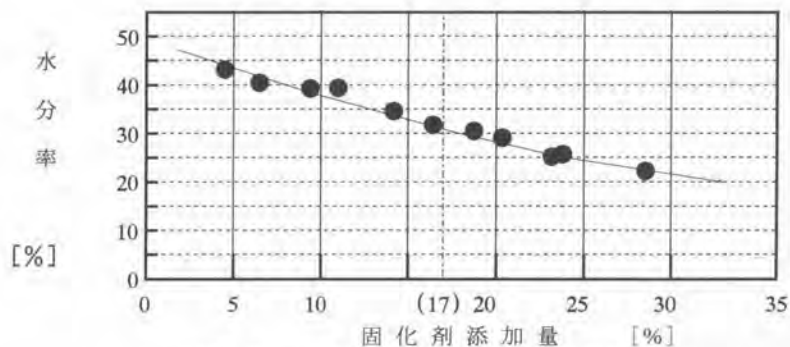


図-6 固化剤添加量と改質土水分率の関係

表-1 溶出試験結果

検査項目	基準値 [mg/kg]	改質後
アルキル水銀	検出されない事	定量限界値 (0.0005mg/kg未満)
総水銀	0.025以下	定量限界値 (0.0005mg/kg未満)
カドミウム	0.1以下	定量限界値 (0.03mg/kg未満)
鉛	1以下	定量限界値 (0.03mg/kg未満)
有機りん	1以下	定量限界値 (0.1mg/kg未満)
六価クロム	0.5以下	定量限界値 (0.1mg/kg未満)
ヒ素	0.15以下	定量限界値 (0.01mg/kg未満)
シアン	1以下	定量限界値 (0.1mg/kg未満)
P C B	0.003以下	定量限界値 (0.0005mg/kg未満)
トリカドミル	0.3以下	定量限界値 (0.001mg/kg未満)

表-2 改質土の諸物性値

検査項目	単位	縮め固めた土
試験方法		
膨張比 γ_e	%	0.373
貫入試験後含水比 W2	%	39.4
平均 CBR	%	82.1
粒子の密度 ρ_d	g/cm ³	2.328
コーン 指数	貫入値 5.0cm	2774
	貫入値 7.5cm	4131
	貫入値 10.0cm	5444



図-7 再泥化の状況

5. 無薬注濁水処理・固化改質システムの用途

- ①トンネル・ダム工事等により発生する濁水処理 ②骨材プラントからの濁水処理
 ③建設、土木工事からの濁水処理 ④採石所における排水処理 ⑤その他無機スラッジの処理

6. おわりに

無薬注濁水処理・固化改質システムは、薬品の使用が皆無であると同時に、放流濁度は、放流基準の12%以下を実現し、従来型に比べ極めて安定した濾過性能を示した。固化改質の物性値については、建設省指針を満足するものであり、有価物としての利用が期待できるものである。このように、将来に向けての厳しい環境保全に対し、大きく貢献できるものと考えられる。コスト面でもトータルコストで従来型と同等以下に抑えられた。最後に検証実施に当たり、ご協力頂いた東芝プラント建設機殿及び間組・鉄建建設・不動建設JV殿に感謝の意を表します。

〈参考文献〉 建設省建設汚泥リサイクル指針 ダム建設工事における濁水処理（日本ダム協会）

33. 小型・軽量で高効率のスロット削孔機の開発

(株)奥村組：*古賀 成樹，稲葉 金正
古河機械金属(株)：金子 勉

はじめに

低公害岩盤掘削工法であるスロット工法（以下SD工法と称す）は、主に、市街地や既設構造物に近接した山岳トンネル工事等において、振動軽減のため発破の使用が制限される場面で多く採用されている。この工法は、スロット削孔機（以下SD機と称す）を用いて、岩盤やコンクリートにスロット（溝）を掘り、それを自由面として利用することで、振動を抑制して効率的な硬岩掘削を行うものである。また、周辺地山を緩めずに掘削できるため、支保の軽減を目的とした軟岩掘削にも適用できる。

現在のSD機（SDⅢ型機）は4連式の油圧ドリルで、連続性の優れたスロットを効率良く形成できる。しかし、通常の油圧ドリルと比べて機械重量が重く、大型の専用ベースマシンが必要であるため、機械経費が増加するとともに、適用場面が制限される場合もある。

そこで筆者らは、小型・軽量化した2連式のスロット削孔機（以下、2連SD機と称す）を開発した。以下に、2連SD機の特徴と、削孔性能調査結果について報告する。

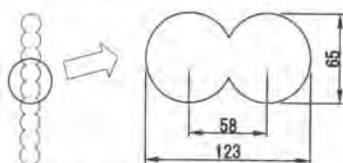
1. 2連SD機の特徴

(1) 機械構造

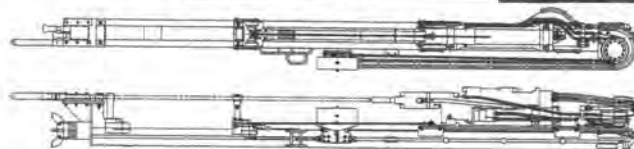
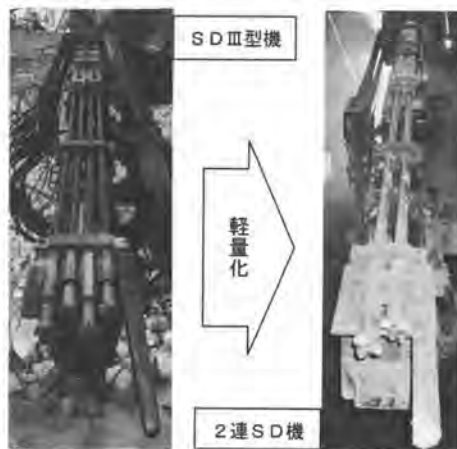
2連SD機は、SDⅢ型機をベースに開発した2連式のスロット削孔機（第1図、第1表参照）であり、機械重量はSDⅢ型機の約1/2である。

(2) スロット形状

隣接するφ65mmビットにより、2個の円形孔が重なった形状の孔が削孔される。これが連続して削孔されることによって、スロットが形成される（第2図参照）。



第2図 スロット形状



第1図 2連SD機の構造

(3) 特長

- ① トンネル現場で通常用いるドリルジャンボに加えて、小型レールジャンボや小型油圧ショベル等にも容易に搭載できる（第3図参照）。
- ② 短期間で小規模なSD工事や、大型重機の使用が困難な狭い空間でのSD工事にも適用できる。

第1表 2連SD機の仕様

質量	220kg	
全長	1,470mm	
全幅	250mm	
全高	330mm	
ロッドセンタよりの高さ	120mm	
打撃数	2,600~2,700bpm	
回転数	0~180min ⁻¹	
作動油圧	打撃圧 MAX.	15.7MPa
	回転圧 MAX.	7.8MPa
ロッド	特φ32 (専用)	
ビット	φ65ネジビット (専用)	
水消費量	60 l/min	

③ 機械経費を節減できる分のコストダウンが見込める。

2. 現場適用における削孔性能調査結果

(1) 2連SD機を適用した現場の概要

2連SD機は開発して以来、第2表に示す2件のトンネル工事で採用された。

Aトンネルは2車線道路トンネルで、坑口付近は供用中のトンネルと近接している上、多くの民家があることから、坑口付近は機械掘削工法で、それ以後は発破掘削工法で計画された。機械掘削工法区間の掘削中、硬質の玄武岩が出現し、機械による掘削が困難となり、SD制御発破掘削工法が採用された。発破掘削工法で計画された地点まで短区間であるため、現場のドリルジャンボに容易に搭載可能な2連SD機が採用されることになった。第4図に、採用されたスロット発破パターンを示す。

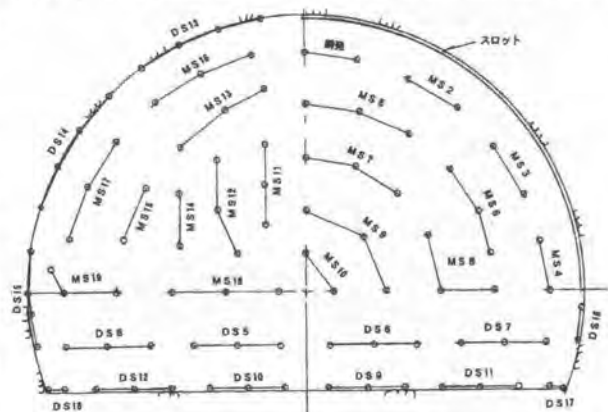
Bトンネルは、掘削断面が7.7m²の小断面トンネルで、小型の自由断面掘削機により掘削されていたが、硬質の花崗岩が出現したため、スロット削孔により多くの自由面を形成した後、自由断面掘削機により掘削する工法が採用された。

(2) 2連SD機の削孔能力

上記の2件のトンネルで2連SD機の性能を確認し、SDⅢ型機の性能と比較するため、削孔能力調査を行った。なお、比較対象となるSDⅢ型機の性能については、第2表に示す採石場での削孔試験結



第3図 2連SD機搭載例



第4図 スロット発破パターン

果¹⁾を引用した。

第2表 調査現場および調査項目

現場名	Aトンネル (2車線道路トンネル)	Bトンネル (水路トンネル：掘削断面7.7㎡)	採石場 (実験現場)
岩質	玄武岩	花崗岩	花崗閃緑岩
岩盤の一軸圧縮強度	75MPa	100MPa	120MPa
用いたSD機と 搭載ベースマシン	2連SD機を搭載した 190kg級3ブームドリルジャンボ	2連SD機を搭載した 小型レールジャンボ	SDⅢ型機を搭載した 150kg級3ブームドリルジャンボ
計測項目	・削孔速度 ・削孔時間 ・削孔長 ・機械特性 ・岩盤特性		

① 調査内容

調査現場および調査項目を第2表に示す。

岩盤の一軸圧縮強度は、シュミットハンマーの反発度より換算して算出した。

② SDⅢ型機との削孔速度の比較

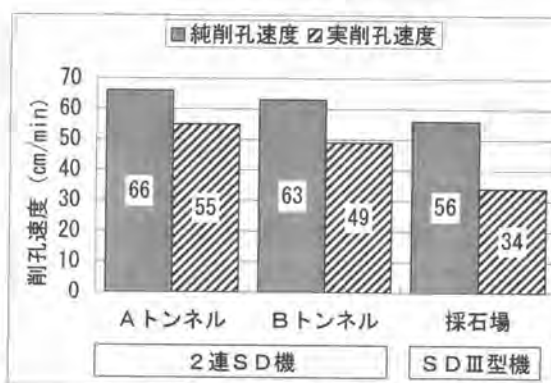
2連SD機とSDⅢ型機の削孔能力調査結果を、第5図に示す。ただし削孔条件が各々異なるため、岩盤の一軸圧縮強度を100MPa、削孔深さを1.5mに換算した。第5図に示すように、2連SD機の純削孔速度（いわゆるノミ下がり）は、66 cm/minとなり、SDⅢ型機と比べて約20%向上した。削孔速度向上の理由として以下のことが挙げられる。

- ・ SD機が搭載する全てのロッドとビットの削孔速度は同一である。SDⅢ型機の削孔速度は、4本のロッドとビットの内、最も削孔効率の劣るロッドとビットに規制される。2連SD機はSDⅢ型機と比べて、ロッドとビットの本数が少ないので、削孔速度を規制する要因が減少した。

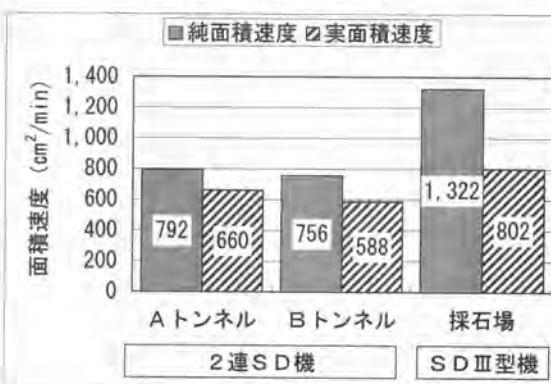
- ・ SDⅢ型機に比べて2連SD機は、削孔に伴って生じるスライムの量が1/2であり、スライム排出効率が向上した。

また、実削孔速度（ブーム移動やロッド引抜き等も含めた単位時間当りの削孔速度）は、55 cm/minとなり約60%向上している。ブーム移動時間とロッド引抜き時間が短縮された理由には以下のことが挙げられる。

- ・ スライムの排出効率が向上したことにより、ロッド引抜きがスムーズに行えた。
- ・ 機械重量が約1/2に減少したことにより、ブームの操作性が向上した。
- ・ スロット削孔幅が約1/2となったことにより、鏡面の部分的な凹凸に対しても、ブーム位置決め作業が比較的容易に行えた。



第5図 削孔速度の比較



第6図 面積速度の比較

③ SDⅢ型機との面積速度の比較
 第5図の結果をもとに換算した単位時間当りのスロット削孔面積（以下、面積速度と称す）の比較を第6図に示す。第6図に示すように、2連SD機の純面積速度はSDⅢ型機の約60%、実面積速度は約80%となった。

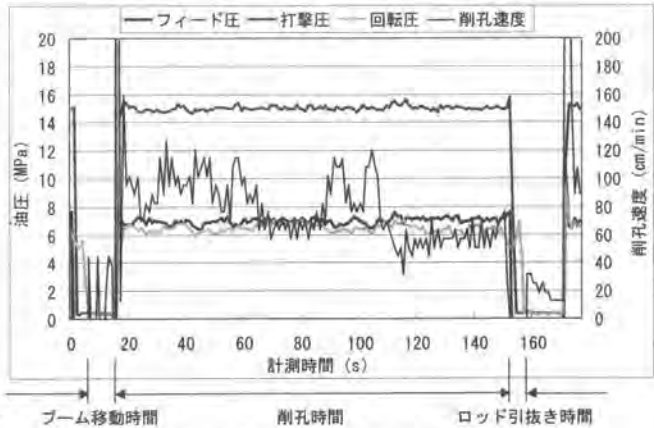
④ 機械特性

2連SD機の機械特性を調査するため、油圧、削孔速度等の計測を行った。第7図に、1削孔当りの機械特性の経時変化を示す。図に示すように、予め設定した圧力どおりに、フィード圧、打撃圧、回転圧が推移していることが確認できる。第8図に、削孔作業1時間相当の機械特性の経時変化を示す。第8図では、第7図に示すとおり、圧力増減で区切られた領域の一つが、1削孔（ブーム移動、削孔、ロッド引抜き）に要した時間を表している。この領域が、ほぼ一定間隔で現れているのは、2連SD機は、ジャーミング等のトラブルが少ないためであり、安定性に優れた削孔機であることが確認できる。

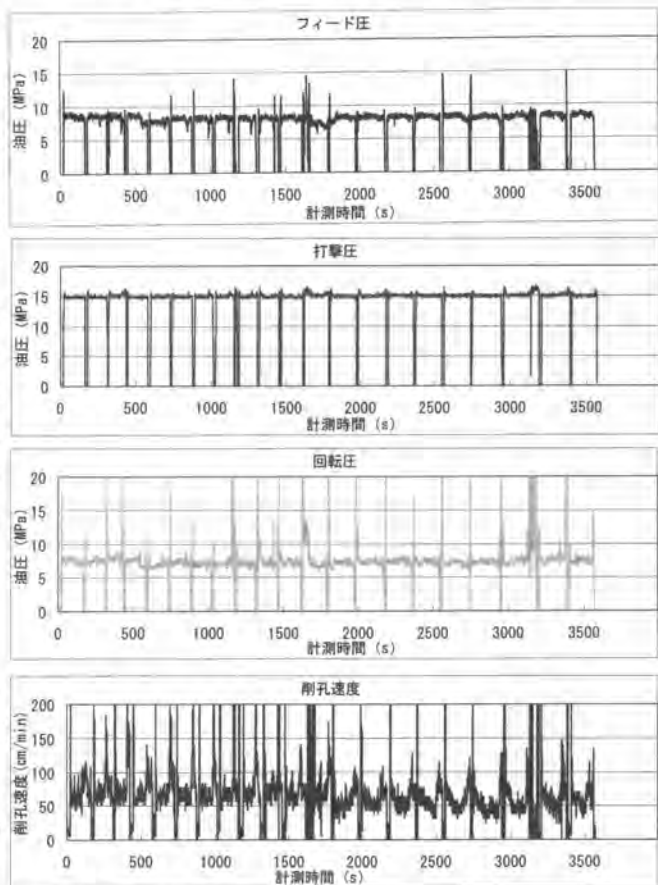
おわりに

2連SD機が実工事に適用され、その性能は、実施工に充分適応できることが確認できた。

今後は、ロッドやビット等消耗部品の耐久性を向上させ、さらなるコストダウンを目指していきたい。



第7図 1削孔当りの機械特性の経時変化



第8図 削孔作業1時間相当の機械特性の経時変化

- 参考文献 1) 萩森健治, 古賀成樹, 安井啓祐, 岡村次郎: スロット削孔機高速削孔技術の開発、土木学会第53回年次学術講演会概要集第6部、pp276-277、1998.10

34. カッタビットの耐久性試験実績

佐藤工業(株) 堀場 享, 細岡 啓三
 藤久 正二

1. はじめに

近年、シールド工事における長距離施工に注目が集まっている。そこで重要になるのが、シールドマシンの耐久性である。特に重要視されているものの一つに、カッタビットの耐久性があげられる。これまでも、多くの技術開発、改良によりかなりの耐久性向上が図られている。ビットの耐久性に起因するものとして、ビット超硬チップの材質（硬度/靱性）、土質、転動距離、カッタヘッド形状、ビットの配置、掘進状況等があげられる。

今回は、砂礫、岩盤層に用いられるディスクカッタにおいて、その材質及びカッタリング形状に注目した。計4種類のディスクカッタを用意し、摩耗低減効果についての試験施工を実施した。

本文は、『岡崎・丸太町幹線(その2) 公共下水道工事』での試験施工の結果について報告する。

2. 試験概要

2-1. 試験条件

工事概要を表-1に示す。尚、掘削対象地盤は、砂礫混じり粘性土層（最大礫径：300mm）が主体である。土質概要及び工事平面図をそれぞれ表-2、図-1に示す。

表-1 工事概要

シールド工事	泥土圧式 掘削外径 $\phi 2,130$ mm
掘削延長	L=925 m 上流側：305 m 下流側：620 m
立坑	発進立坑：1ヶ所 到達立坑：上流側1ヶ所 下流側既設人孔へ接続

表-2 土質概要

上流側	洪積粘性土層（砂礫混じり）主体 最大礫径：50 mm
下流側	洪積粘性土層（砂礫混じり）主体 +チャート・粘板岩 最大礫径：300 mm

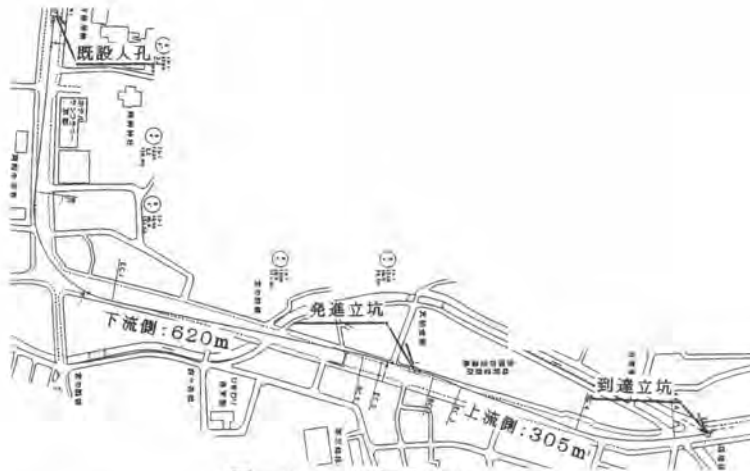


図-1. 工事平面図

2-2. 試験内容

表-3、図-2にディスクカッタの仕様を、図-3に取付箇所をそれぞれ示す。試験施工は、全路線にて行った。

表-3 ディスクカッタ材質、形状

	仕 様	特 長
カッタ① (従来品)	カッタリング一体型 材質: 冷間ダイス鋼 (JIS SKD11 相当)	SNCM 合金鋼に比べ、耐摩耗・衝撃性が約 1.5 倍である
カッタ②	カッタリング一体型 カッタリング材質改良 (改良冷間ダイス鋼)	カッタ①よりも耐摩耗性は、同等で耐衝撃性が 2.9 倍に向上したものの
カッタ③	カッタリング一体型 カッタリング刃先形状改良 (フラット型) 材質: 冷間ダイス鋼	刃先をフラット型とし、刃先硬化部体積を増加し、摩耗寿命を向上させたもの
カッタ④	超硬チップインサート型	チップ埋込深さおよび母材部の硬化肉盛面積を増加し、チップの脱落、倒れ防止を向上させたもの

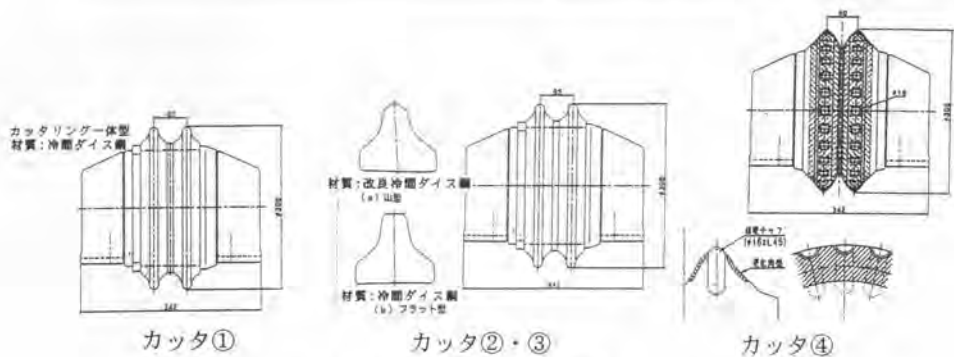


図-2 ディスクカッタ仕様

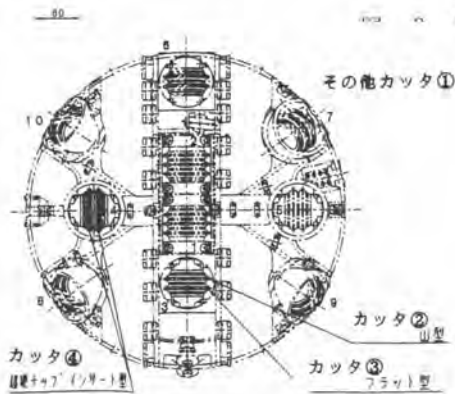


図-3 ディスクカッタ取付位置図

3. 試験結果

摩耗結果を表-4に、ディスクカッタの摩耗状況を写真-1に示す。なお、カッタ①に示している摩耗係数の値は、使用したカッタ①各々の摩耗係数を算出し、それらを平均した値を採用している。

表-4 摩耗計測結果表

カッタ種類	掘削距離 L=925m (上流+下流)				
	転動距離 (km)	摩耗量 (mm)		摩耗係数 (mm/km) 摩耗量/転動距離	
		リング刃先 摩耗	(母材)	リング刃先 摩耗	(母材)
カッタ①	—	—	—	0.0247	—
カッタ②	255	6.0	—	0.0235	—
カッタ③	289	4.5	—	0.0156	—
カッタ④	355	3.0	(6.0)	0.0084	(0.0169)
	321	3.0	(6.0)	0.0093	(0.0187)

注意：カッタ④は超硬チップの値を示しており、母材そのものを隣欄に明記した。

4. 摩耗分析

カッタ①を基準として比較してみる。カッタ②の摩耗係数は、 $k=0.0235$ と、カッタ①と同等以上の耐摩耗性をもつことがわかった。ただし、材質改良部分は耐衝撃性を考慮したものである。欠け等は発生していないが、本工事に於いて使用した全てのカッタに欠けが発生していないため、耐衝撃性に関する結果を得るには至っていない。カッタ③に関しては、摩耗係数 $k=0.0156$ と、カッタ①よりも約1.6倍耐摩耗向上が図られている。刃先形状をフラットにすることで刃先体積を増やせることから耐摩耗性を向上し



写真-1 摩耗状況

うると考える。カッタ④に関しても、母材にのみ注目すれば摩耗係数は、約 1.4 倍向上している。これは、母材部の硬化肉盛部面積を多くしていることに起因していると思われる。超硬チップの摩耗は微少である。

以上のことから、今回試験を行ったもの全てが、従来品であるカッタ①の数字を上回った結果を出した。これにより、ビットの耐摩耗性向上の要因として以下のことを実証することができた。

- ① 耐衝撃性の向上を図るために靱性を高めると、耐摩耗性が落ちる可能性がある。今回の試験より耐摩耗性を失うことなく靱性を高める改良は可能である。
- ② カッタリング先端部の体積を増大することで、摩耗を抑えることができる。
- ③ 超硬チップインサート型は、埋込チップ自体の摩耗よりもチップの脱落が問題となることが多い。母材部硬化肉盛部面積の増大化はチップの脱落防止において有効な手段である。

5. まとめ

今回の実証試験では、全てにおいて良好な結果を得た。ただし、本工事の掘削地盤は、当初想定していたよりも礫分が少なく、またチャート・粘板岩区間も一軸圧縮強度が 2 (KN/cm²) 以下のものであったため、耐衝撃性には信頼の欠けるデータである。

しかし、耐摩耗性向上に関しては、従来品（カッタ①）と比較しても、他 3 種類のディスクカッタが優れた値を示したことにより、今後のビット改良に大いに役立つものと思われる。

今後の検討事項としては、

- ① 礫破碎掘削を強いられるような難地盤でのビット耐久性（耐摩耗、耐衝撃）の実証
- ② 土質とビット形状の相互関係（掘削する土質によりディスクカッタの仕様を決めていくようにする）
- ③ ビットの取付バス等カッタ面板自体の摩耗対策（ディスクカッタのみ負担のかからないような対策）

等があげられる。

現在増加している、条件の厳しい土質での長距離施工に対応するために、引き続きさらなる改良・開発を行わなければならない。

35. シールド掘削とセグメント組立ての同時施工による高速施工

東京ガス(株)：保坂 尚
清水建設(株)：*宮沢 和夫, 高橋 郁夫

1. はじめに

近年、都市および周辺部では地下空間開発にシールド工法の採用が増加傾向にある。過密化した市街地では発進・到達立坑の用地の確保がますます困難となっており、掘進延長の長大化や多くの曲線施工など高度な施工技術を必要とする工事が目立ってきている。このため、従来技術を超えたシールドの高速施工技术や曲線施工技术が求められて、積極的な技術開発が行われているのが現状である。

その中で高速施工に着目すると、従来の方法としては、

- ① シールド機の掘削（掘進）速度を大幅にアップする。
- ② 掘削とセグメント組立（トンネル覆工）を同時に行う。

などが検討され、部分施工や実施工などがなされてきている。

しかし、①の掘削速度をアップする方法は、シールド機はもとより後方の排土関係の設備能力を向上させなければならずコスト面で課題がある。また②の掘削とセグメント組立の同時施工方法は、セグメント組立個所の推進ジャッキが使用できないため、シールド機の方向制御の面で課題を持っており小口径シールド機への適用が難しいなど適用範囲の制約がある。

このような中で、今回推進ジャッキの選択に頼らずにシールド機の姿勢ならびに方向を自由に制御できる、新しいコンセプトの同時施工法「F-NAVIシールド工法」による高速施工を実施、従来工法のおよそ2倍の高速施工により工程短縮に寄与できたのでここに紹介する。

2. 工法の概要

今回の同時施工による高速施工工法は、シールド機を本体部と前胴部に分けてそれらを半球状の球面座で接続させており、前胴部を上下左右全方向に向けることでシールドジャッキ（推進ジャッキ）の選

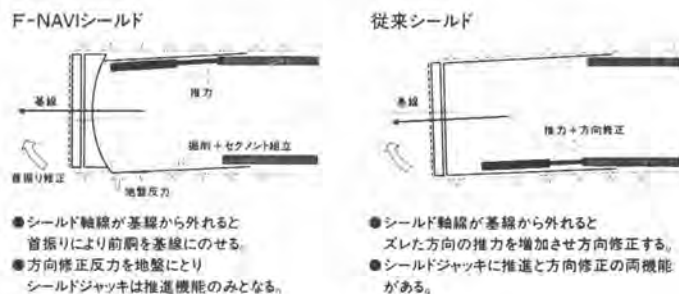


図-1 方向制御方法の違い

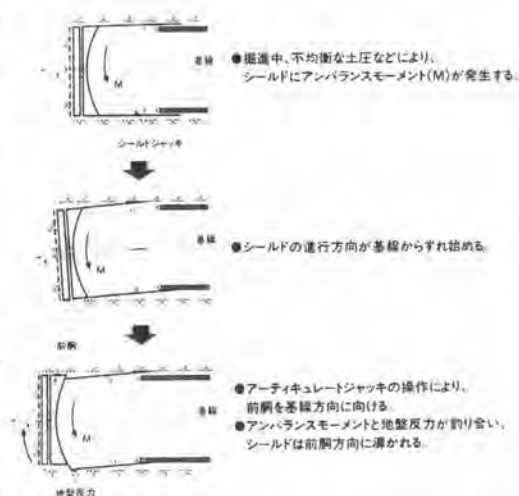
扱操作に一切関係なくシールド機の掘進方向制御を実現している。このように、前胴部がシールド機を正しい位置に誘導するということで Front-Navigate の略称として「F-NAV Iシールド工法」と呼称した。従来のシールド機との方向制御の違いを図-1に示す。

(1) F-NAV Iシールド工法の制御方法

本工法の制御方法を以下に説明する。制御概念を図-2に示す。

① アンバランスモーメントの発生

通常、直線の掘進ではシールドジャッキの数やパターンを左右対称にし、推力を平均にかける。ところが、掘削とセグメント組立を同時に行うとシールドジャッキの左右バランスが崩れシールド機にアンバランスモーメントが発生する。



② 基線からのずれ

このまま同時施工を継続すると、アンバランスモーメントが生じたまま掘進を続けるためシールド機は徐々に計画線（基線）からずれ、許容限界に近づく。

③ 方向制御

そこで、計画線からのずれやシールド機の位置姿勢データを検出しパソコンで処理し、最適な前胴部の首振り方向と角度を指示し、前胴が計画線に添うように制御する。その結果、シールド機本体部に地盤反力が生じてアンバランスモーメントを打ち消しながら前進することができる。

図-2 F-NAV Iシールドの制御概念

このようにして、シールド機前胴部の方向を常に計画線に向けることで掘削とセグメント組立の同時施工による高速施工を可能にしている。

(2) 工法の特徴

本工法の特徴は以下のとおりである。

① 方向制御にシールドジャッキの選択が不要

シールド機の姿勢制御を前胴部の首振りで行うため、蛇行修正を含め方向制御にシールドジャッキの数やパターンを変える必要がない。

② 迅速で高精度な姿勢制御が可能

シールド機の前胴部と本体部とが縦型球面で接続されており、アーティキュレートジャッキにより上下左右のどの方向にも迅速な首振りで高精度な姿勢制御ができる。

また、前胴部を曲線の曲率に沿って屈曲できるので余掘り量が小さく、周辺地山への影響も少なくなり品質面の向上も図れる。

③ 小口径の同時施工も可能

同時施工を実施するために特に、シールドジャッキの数や掘削スピードをあげる必要がなく、従来のシールド機仕様を殆ど変えずに小口径へも適用ができる。

3. F-NAVIシールド機の構造

F-NAVIシールド機はシールド機本体と前胴部からなり、この二つを繋ぐテンションジャッキと姿勢制御（前胴部首振り）を行うアーティキュレートジャッキ、そして追従エレクタとロングストロークジャッキからなっている。F-NAVIシールド機の構造を図-3に示す。

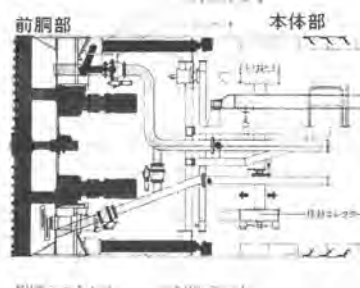


図-3 F-NAVIシールド機の構造

(1) テンション機構

掘進中に前胴部と本体部が分離しないように、また首振り動作が滑らかに動くように複数のジャッキのより常に一定の力で結合保持されている。

(2) アーティキュレート機構

前胴部と本体部の接合部にラチス状に配列された複数のジャッキと半球状の球面座からなっており、球面座は、上下左右あらゆる方向へ動けるように止水機構をもった摺動部が形成されている。

(3) 追従エレクタ

シールド機の掘進に同調させながらエレクタを組立位置の留まるように移動させ、掘削中でもセグメント組立を可能にしている。

(4) ロングストロークジャッキ

セグメント2リング分のロングストロークをもった推進ジャッキで、セグメントの組立て位置に合わせて自動選択・自動盛替えを行う。

4. 施工実績

今回、本工法を延長約 1,300m のガス導管シールド工事で採用、従来シールド工法に比べて約 2 倍の月進量の実績をあげ工程の短縮に寄与できた。

(1) 工事概要

工事概要を記し、地質縦断を図-4に示す。

- ・工事内容 : 埼玉県都市ガス需要に応える川口市から熊谷市まで延長約 55km のパイプラインとガス管理設工事
- ・工事名称 : 埼北幹線Ⅱ期(その1)浦和大門工区シールド工事

- ・建設場所 : 埼玉県浦和市大門西裏 2583 番地～浦和市東大門 2 丁目 1 番地
- ・工期 : 1998 年 5 月～2000 年 12 月
- ・工事内容 : シールド工事 (泥土圧式シールド工法)
 トンネル外径 $\phi 3,100\text{mm}$ (スチールセグメント幅 1,000mm)、掘削延長 1,304m
 最小曲率 R 100m、土被り 4.5～14.4m
 勾配 -9～-13.5%、土質 洪積砂層およびシルト層

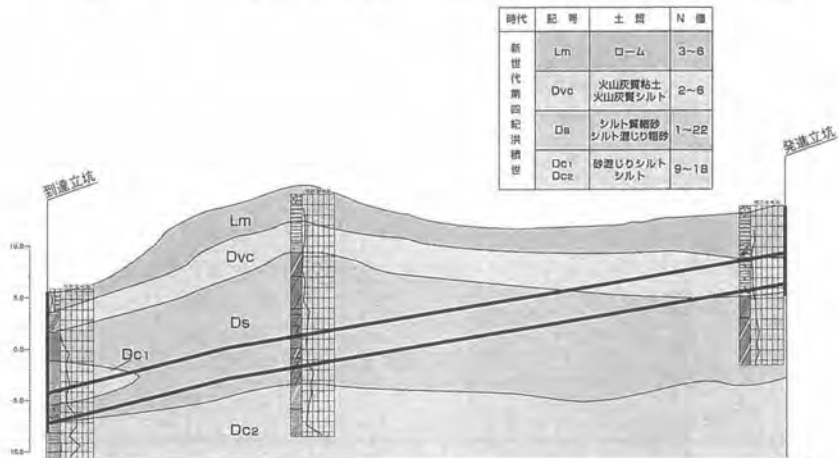


図-4 地質縦断面図

(2) シールド機主仕様

シールド機的主要仕様を以下に示すとともに、写真-1, 2 に示す。

- ・外径×機長 : $\phi 3,240 \times L 7,800\text{mm}$
- ・シールドジャッキ : $800\text{kN} \times S 2,100\text{mm} \times 16$ 本
- ・首振り部 : 首振り角 max 1.5°
 アーティキュレートジャッキ $800\text{kN} \times 8$ 本 (自動方向制御機能付)
 テンションジャッキ $800\text{kN} \times 4$ 本
- ・エレクタ : 自動追従式、ストローク 1,200mm



写真-1 F-NAVI シールド機

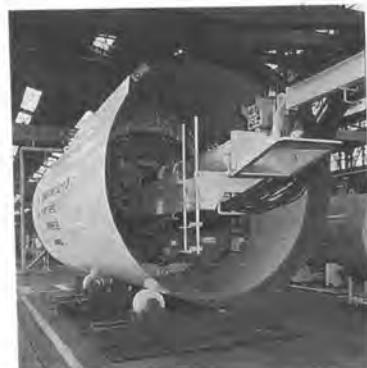


写真-2 F-NAVI シールド機 (後部)

(3) 同時施工の実績

同時施工は直線区間と曲率R420m以上の区間で実施した。同時施工実績リング数を表-1に示す。

(a) 掘進実績

同時施工の実績を図-5, 6, 7に示す。

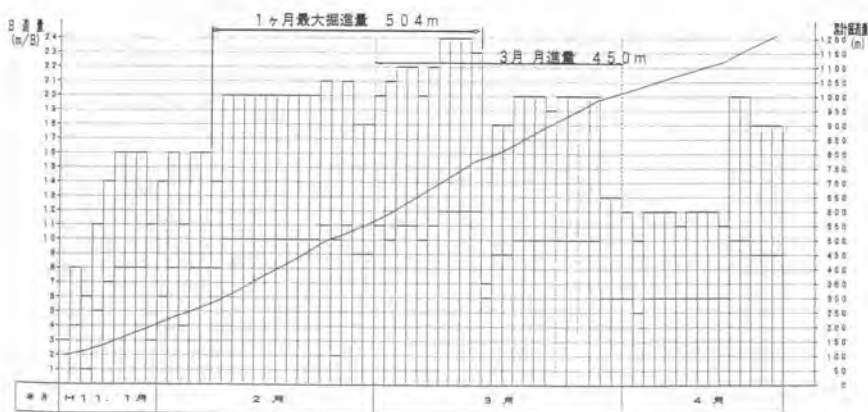


図-5 シールド掘進実績



図-6 同時施工サイクルタイム

表-1 同時施工実績リング数

掘進区分	同時施工 リング数	通常施工 リング数	合計リング数
初期掘進	0	97	97
到達掘進	0	7	7
直線部掘進	775	41	816
曲線掘進			
~R300m	4	208	212
R420m	36	31	67
R2500m	92	11	103
合計	907	395	1302

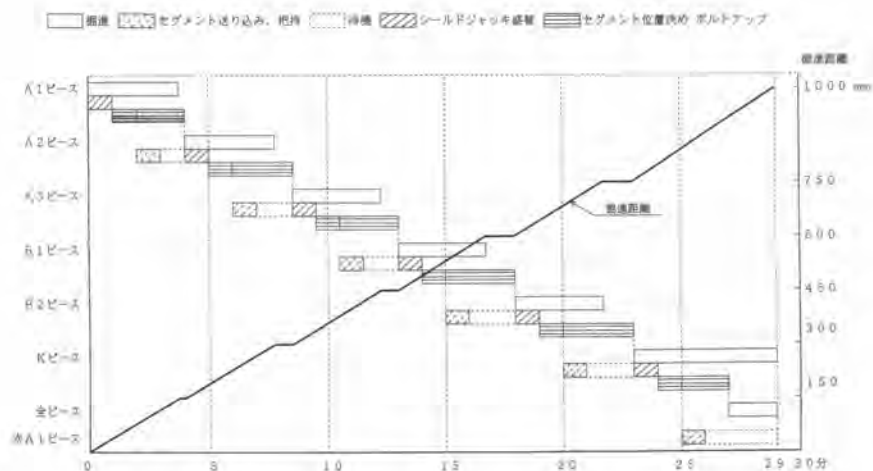


図-7 1リングのサイクルタイム

- ① 直線区間で月進は 355 リング、450 リングであった。
- ② 25 日稼動日換算で 504 リングを記録した。
- ③ 日進量は、最大 24 リング/日で 平均で約 20 リング/日であった。
- ④ 1 リングのサイクルタイムはおよそ 30 分であった。
- ⑤ 掘進スピードは平均 40mm/min であった。

(b) 方向制御

- ① 首振り自動方向制御は、はじめに土質条件や勾配などとシステムの調整を行った。
- ② システム調整中は手動により首振り操作を行ったが、同時施工で生じる偏差は十分手動で対応ができた。

(c) セグメント組立

- ① 掘進中のセグメント組立は慣れを必要とするが、エレクタの油圧制御などでサイクルタイムには影響がなかった。
- ② エレクタが常時稼動しており、セグメントの把持・開放時に一部せりが生じたが施工性・安全性に問題はなかった。

5. おわりに

新しいコンセプトの同時施工法「F-NAVI シールド工法」により従来工法のおよそ 2 倍の月進量を記録した。今後増加が予想される長距離シールドトンネル工事の高速施工へさらなる展開が図れるものと期待しており、皆様のご意見・ご指導をお願いしたい。

最後に、今回本工法の採用ならびに施工にご支援ご協力戴いた関係者に深く感謝申し上げます。

36. 円形ワギング（揺動）カッターシールド工法

鹿島建設㈱：永森 邦博，遠藤 哲朗
*佐々木哲也

1. はじめに

青森県三沢市発注の雨水幹線工事に、カッターヘッドを一定角度内で往復運動（揺動）させながら掘進するワギングカッターシールド（Wagging Cutter Shield）工法を、円形のシールド工事では世界で初めて採用した。同工法は、矩形シールドトンネルの「きらめき通り地下通路」建設工事（福岡県福岡市）で実用化されている。

本工事では発進立坑から約70m地点で県道下にS字状の急曲線（半径12m）があり、最大の難所となっていたが、同工法の導入により良好な結果が得られ、曲線施工における方向制御の有効性が確認できたので、その概要と施工実績について述べる。

2. 工事概要

本工事は、三沢市が実施する公共下水道整備事業に伴い、三沢市中心部から雨水を三沢川まで流下させるための管渠を築造する工事であり、延長601.5mを泥土圧式シールド工法により施工するものである。

工事名：三沢川第4号雨水幹線築造工事

発注者：三沢市

工事場所：青森県三沢市東岡三沢一丁目他地内

工期：1998年12月18日～2001年3月20日



写真-1 円形ワギングカッターシールド

表-1 工事諸元

シールド機	泥土圧（揺動）式	外径φ3,940mm
RCセグメント	一般部（L=575.5m）	外径φ3,800mm 厚さ125mm 幅1,000mm
スチールセグメント	急曲線部（L=26.0m）	外径φ3,770mm 厚さ125mm 幅300mm
掘進延長	601.5m	
最小曲線半径	R=12m（S字）	
土被り	1.9m～7.7m	
勾配	+1.0‰	

発進時の土被りは0.5D（1.9m）程度と小さく、1D（3.8m）以下が60m続き、その付近で民家が近接している。路線には、計3カ所の曲線区間があり、その内74m地点からの交通量の多い県道横断部は、半径12mのS字状の急曲線である。

施工路線の地層は、発進から60m付近までは火山性の粘土層と火山灰質砂層の互層でありN値は1～6程度である。その後全体に均一質な細砂層が続き、N値はN<25以下となっている。



図-1 路線平面図

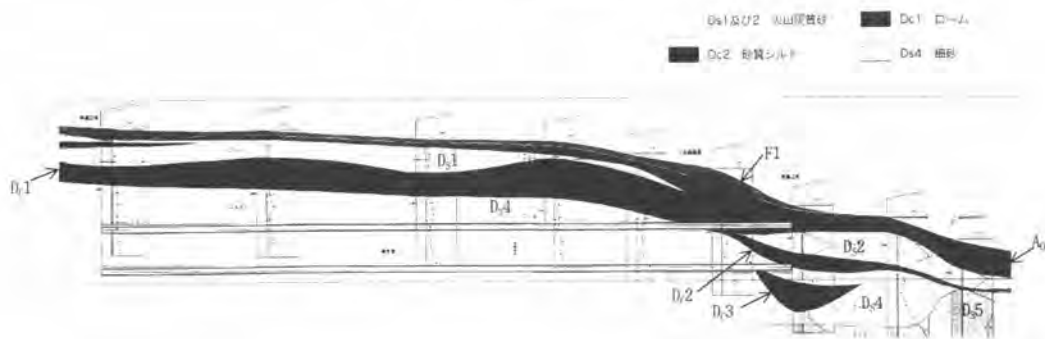


図-2 地質縦断面図

3. 円形ワギングカッターシールド工法の概要

(1) 揺動機構

従来のシールド機はカッターヘッドを回転させることで掘削を行ってきたが、ワギングカッターシールド工法ではカッターヘッドを一定角度の範囲で往復運動（揺動）させ、掘削する機構を有する。カッターヘッドの揺動（本シールド機の場合は、左右各 47.5° 、合計 95° ）は、油圧ジャッキを伸縮させることでカッターヘッドをワイパー状に作動させる機構を採用した。

油圧ジャッキの配置に関して、従来は1本又は複数本の揺動ジャッキをカッターヘッドシャフトアームに連結しカッターヘッドを揺動させるシステムであったが、このシステムでは揺動角毎にシャフトアームが回転しジャッキ交差角が変位し出力トルクが変動することから、ジャッキ配置には制約を受けた。

そこで、今回は揺動ジャッキ単独での作動時のトルク不足を補うためにアシストジャッキを追加した。これにより、カッターヘッドの揺動角度が大きくなると揺動ジャッキによるトルク

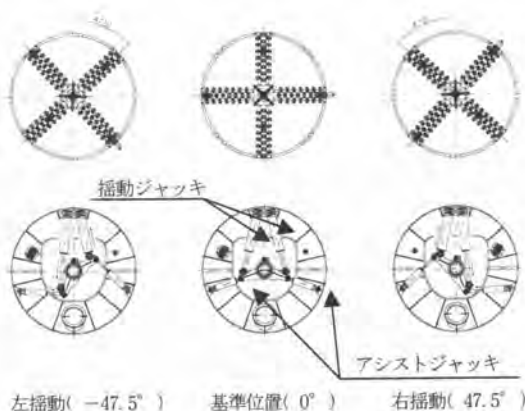


図-3 油圧ジャッキの作動状況

が小さくなっていくのに対してアシストジャッキによるトルクが大きくなり、トルク変動を抑制できた。図-4にカッターヘッドトルク特性を示す。

カッターヘッドトルク-揺動角度

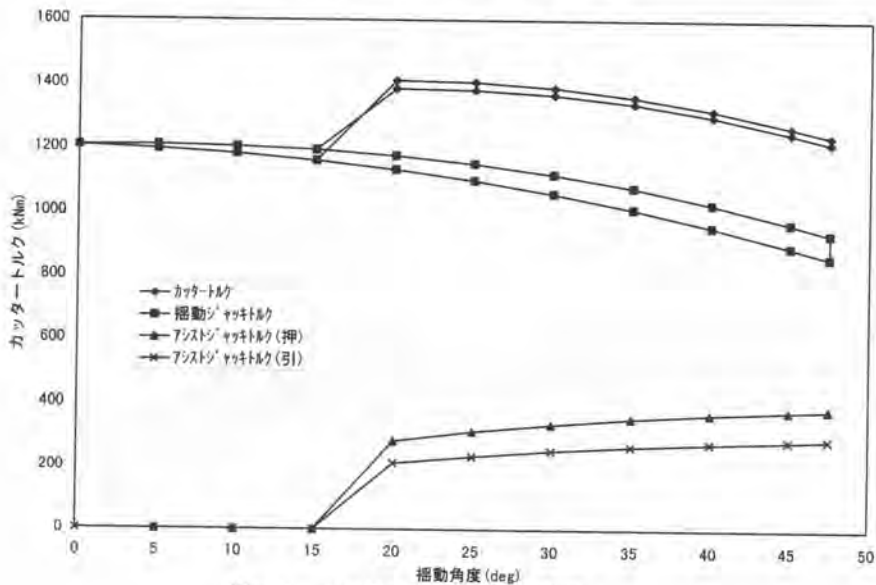


図-4 カッターヘッドトルク特性

(2) シールド機の特徴

油圧ジャッキでカッターを駆動するのでマシン内部の機器を簡素化できている。これによりマシン機長が短縮でき(図-5参照)、マシンが軽量になることから、発進立坑をより小さくできるとともに急曲線対応が容易になるほか、立坑への投入と現地組立が容易になるなどのメリットを持っている。

本シールド機と原設計時のカッター駆動部の比較を表-2に、円形ワギングカッターシールド工法の特徴を表-3に示す。

表-2 カッター仕様比較 (φ3,940mm 泥土圧式シールド機)

		原設計 (回転式)	本シールド機 (揺動式)							
回	転	数	1.25 ~ 1.50rpm	最大 5.0 工程/min(95° /工程) (1.32rpm 相当)						
ト	ル	ク	常用 1118kN-m($\alpha=18.3$) 最大 1342kN-m($\alpha=22.0$)	最大 1412kN-m($\alpha=23.1$)						
油	圧	モ	ータ	40.0kN-m×14.7MPa×6台	—					
揺	動	ジ	ャ	ツ	キ	1177kN×970mm×32.4MPa×2本				
ア	シ	ス	ト	ジ	ャ	ツ	キ	589kN×440mm×32.4MPa×2本		
パ	ワ	ー	ユ	ニ	ツ	電	動	機	45kW×4P×400V×50Hz×5台	75kW×4P×400V×50Hz×3台
						油	圧	ポ	ン	プ

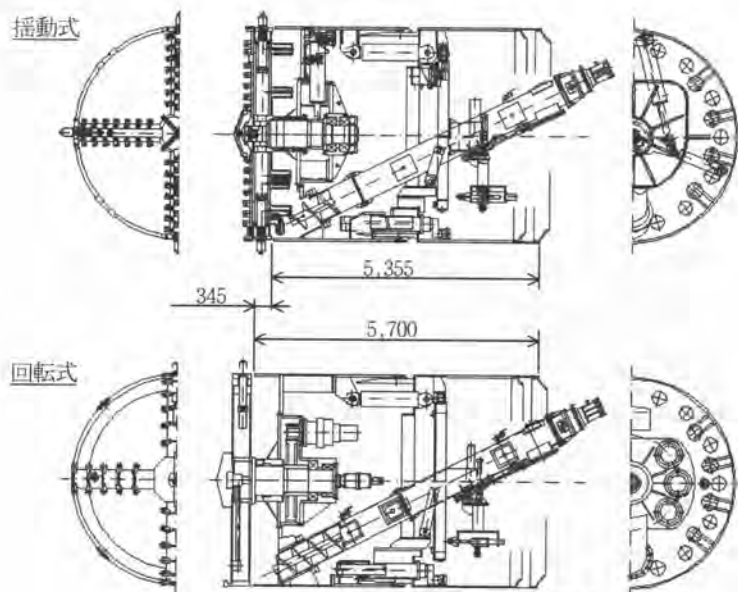


図-5 シールド機長比較 (単位: mm)

表-3 円形ワギングカッターシールド工法の特徴

項目	構造概要	特徴
カッター駆動方式	カッター駆動方式を従来のモータによる回転運動から油圧ジャッキによる揺動運動とし、4本スポークカッターヘッドを95°揺動させることで全断面掘削を行う。	油圧ジャッキで駆動させるため、駆動部はコンパクトな配置とすることができ、通常のモータ駆動方式に比較して、下記利点を有する。 <ul style="list-style-type: none"> 機長短縮により急曲線施工時の余掘量が大幅に低減可能。また発達立坑の縮小化、現地組立ても容易になる。 スクリュコンベヤの配置上の制約が少なく、礫が丸のみできる口径の大きいスクリュコンベヤの装備が可能。 機内の機器を簡素化することが可能。
カッタートルク	メインの揺動ジャッキに加え、揺動エンド付近での回転トルク変動に対しトルク補正(アップ)を行うアシストジャッキを配置。	装備トルクは回転式と同等以上の装備が可能。
カッター回転速度	揺動ジャッキ、アシストジャッキ油圧回路の制御により行う。	装備回転速度は回転式と同等。
カッター装備	ビットは先行ビット、ツールビットとも1パス1カッター配置。	ビットは1パスであるが各ビットの摺動距離は回転式に比較して1/4であり、同等の耐久性を有する。
姿勢制御	カッター揺動は左右対称に動作。 カッターヘッド揺動に対し、シールドジャッキの推進速度を制御するローリング修正システムを装備。	左右対称作動のため基本的にローリングは生じにくい。 ローリング発生時は、左記システムにより容易に修正可能であり、ローリング修正ジャッキやキャンバプレート等は基本的に不要。

4. 施工実績

(1) 掘進工

平均掘進スピードは本掘進時の直線部で 36mm/min、S 字状の 12mR 部で 23mm/min を確保できた。

1D (3.8m) 以下の土被りにおいての地表面の変位は、上部スポークからの加泥材注入を停止し、裏込注入圧の上限を管理することでほとんどなかった。

(2) 姿勢制御

ピッチング、ヨーイングについては、カッター回転式の円形シールドと同様にシールドジャッキ選択により修正可能であった。ローリングに関しては急曲線部 (半径 12m) の線形管理に影響を及ぼすことから早期の修正を行い、最大でも $\pm 2^\circ$ 以内で制御し問題なく施工することができた。図-6 によれば、急曲線部で中折角度が大きくなり重心がずれると、その方向にローリング角度も傾いていく傾向が読みとれる。直線部においては、後続台車の牽引等による拘束もありほとんど修正しなくても 2° 以上のローリングは起こらなかった。

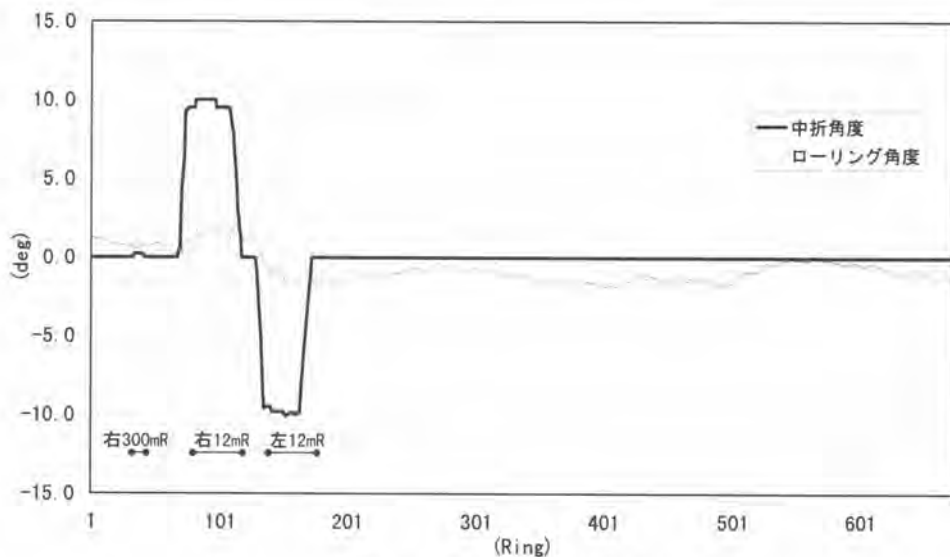


図-6 中折とローリング変位

(3) ビットの摩耗

同スポーク上の同心円上に配置されている右揺動用・左揺動用の各ビットは均一に摩耗し、ツールビットの摩耗係数は $13.3 (\times 10^{-3} \text{mm/km})$ となった。これは砂・シルトにおける摩耗係数 ($13 \sim 25 \times 10^{-3} \text{mm/km}$) とほぼ一致しており、通常範囲内であった。ただし、下部スポーク外周付近のツールビットは他のスポークのビットに比べシャンク背面や硬化肉盛部が大目に摩耗していた。これは土砂の圧密が他の部位より大きいと推測されるが、問題ない程度であった。

(4) チャンバー内流動性

加泥材注入口は、揺動式であることから各スポーク及びセンターの計5カ所に装備した。チャンパー内の流動性に関しては、掘進中の掘削土砂は加泥材が均一に混合されていたこと、また掘進完了後の到達立坑側からの目視確認により、チャンパー内やカッタースポークに掘削中の土砂や到達直前の地盤改良土の付着が見られないことから、通常シールド機と比べても何ら遜色はなかった。



写真-2 S字状の急曲線部 (半径 12m)

5. おわりに

ワギングカッターシールド工法の採用により、半径 12m の急曲線を計画路線通りに掘進でき、同工法が曲線施工における方向制御に効果的であることが実証された。

この実績に基づき、曲線半径 8m の急曲線に対応できるシールド外径 $\phi 5,240\text{mm}$ の 2 号機を現在製作中である。

37. 小断面トンネルTBM工法におけるずり搬出システム

佐藤工業(株)：*北村 昭久，佐々木俊明
名村 均

1. はじめに

中小規模の水力発電所を短期間にかつ経済的に開発するためには、中小水力発電所総工事費の大きなウエートを占めている導水路トンネル工事のコストダウンを図ることが重要な課題である。

中小水力の導水路トンネルに関しては在来工法に比べ安全で急速施工が可能なトンネルボーリングマシンを用いた工法（以下、TBM工法と記す）による施工事例が最近増加している。

しかし、 $\phi 3$ m未満の小断面トンネルでは作業空間と汎用機械寸法の制約上、単線軌道方式が採用されており、ずり搬出と資材搬入の同時作業ができないほか、搬送距離が長くなるほど作業効率が悪くなる。さらに掘削距離が長くなると離合場所を一定間隔で設置しなければならない等の急速施工を阻害する問題点がある。

本稿では、このような問題点を解決するため、複線方式を採用した新しいずり搬出システムを開発したので、「小断面トンネルTBM工法におけるずり搬出システム」と、実施工に適用した事例を報告する。

2. 工事概要

本工事は、既設大長谷第一発電所の老朽化に伴う再開発計画であり、河川の有効利用の観点から計画された。発電計画は、富山県婦負郡八尾町地内において、神通川水系井田川(大長谷川)に新設の取水設備を設置し、既設大長谷第五発電所の放水とを合わせて最大 $6.00\text{ m}^3/\text{s}$ を取水し、延長約 5.3 km の導水路にて有効落差 15.2 m を得て、最大出力 $7,500\text{ kW}$ の発電を行うものであり、発電後は既設仁歩発電所の中山調整池上流に放流する。本工事は、このうちの導水路をトンネルにより築造するものである。

工事名称 新大長谷第一発電所建設第一工区(導水路トンネル)工事

工事箇所 富山県婦負郡八尾町庵谷～薄尾

発注者 富山県企業局

主要工種 本坑トンネル掘削工(TBM工法 $\phi 2.8\text{ m}$, 6.2 m^2) L=4928m



図-1 トンネルルート図

3. 急速施工の課題

小断面トンネルにおいて急速施工を行うためには、掘削ずりの搬出と資材の搬入を効率よく行う必要がある。特に、小断面TBM工法においては作業空間と汎用機械寸法の制約があり、一般的に単線軌道方式が採用されている。

単線軌道方式では、次のような問題点があった。

- ① 単線軌道方式のため、掘削ずりの搬出作業と資材の搬入作業が相互干渉するほか、搬送距離が長くなるほど作業効率が悪くなり、掘削進行が低下する。
- ② このような場合、人力掘削などによる拡幅掘削で離合場所を一定間隔で設置することも行われているが、この拡幅作業に時間を要する。

以上のことから、離合場所を設置せず、ずり搬出車両の入れ替えができ、資材の搬入も同時にできる方法として、複線方式のずり出しシステムを検討することとした。

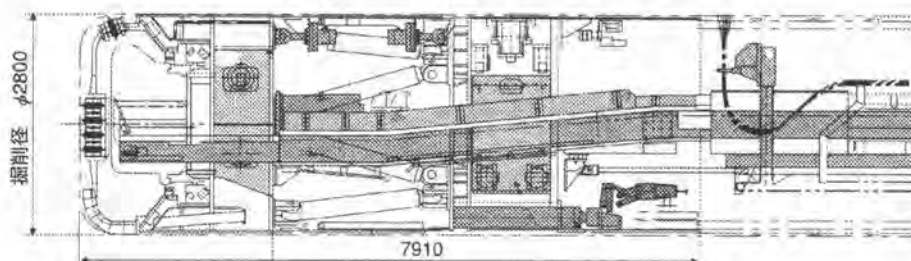


図-2 φ2.8mTBM

4. 複線方式のずり出しシステムの検討

単線軌道方式を採用してきた理由は、シャトルカーを使用することで、TBM-ストロークのずり出しを一回ででき、また、積み込みのベルトコンベアは短く、張り出し部のサポートが不要であるからである。しかし、汎用機械のシャトルカーでは小断面トンネルにおける複線軌道方式は困難なため、複線方式のずり出しシステムは、複数のずり鋼車を連結して使用することを基本とした。

複線でずり鋼車により、TBM-ストローク分のずり出しを一回の積み出しだけで行おうとする場合、複数のずり鋼車を連結することにより、積み込みのベルトコンベアは長くなり、支持しなければならなくなる。カーブ施工に対応すると同時に支持点も少なくするため、ずり鋼車の幅はできる限り広くし、連結長を短くする必要がある。

積み込みのベルトコンベアの支持方法は、通常、門型台車に搭載する方法、または、ローラーハンガーで吊下げる方法があるが、門型台車に搭載する方法は、資材台車侵入を考慮すると、門型の柱部分を断面上確保しなければならないため、ずり鋼車の幅を広くすることはできない。一方、ローラーハンガーで吊下げる方法は、ローラーハンガーの盛替え作業が頻繁に発生し、作業効率が悪くなる。また、支保パターンの変化により、内空断面は不連続に変化するため、ベルトコンベアの線形調整が必要になる。さらに、地山の強度により、十分なアンカー力が確保されない危険性もある。

以上のことから、ずり鋼車がベルトコンベア下部に侵入していない場合は、下からベルトコンベアを支持し、侵入している場合は、鋼車で支持する方法を開発することが課題となった。

5. ずり搬出システムの概要

5-1 ずり搬出システムの概要

新しいずり搬出システムは、積み込みベルトコンベアの支持方法を開発したことにより、複線軌道方式とずり鋼車方式で構成される。積み込みベルトコンベアの支持方法は、小断面用の特殊ずり鋼車とコンベア受け台車で、トンネル半断面片側に配置したベルトコンベアを受け替えながら支持する方法である。

- ① ベルトコンベアの下部両側に支持用部材としてトンネル方向に溝型レールを設置する。
- ② コンベア受け台車は、上部に支持ローラを装備させ、前記溝型レール内にかみ合わせるようにし、複数の受け台車を伸縮式台車連結部材（パンタグラフ）によって相互に連結する。
これにより、コンベア受け台車は進行方向の区間長さが可変自在となる。
- ③ 特殊ずり鋼車は、上部に支持ローラを装備させ、前記溝型レールの下部を受け、ベルトコンベアの支持が可能な構造とする。
- ④ コンベア受け台車の最後部と特殊ずり鋼車の最前部を連結する構造とする。
これにより、ずり鋼車をコンベア受け台車の最後部に連結させることにより、ずり鋼車の進入に合わせてコンベア受け台車間隔は伸縮する。

以上のように、ベルトコンベアは、コンベア受け台車と特殊ずり鋼車の分担により、支持されることから、ずり鋼車の幅は広くでき、また、ローラーハンガーで吊下げる方法のように、盛替えが不要になり、効率的かつ安全にずり積みおよび搬出作業が行うことができるようになる。

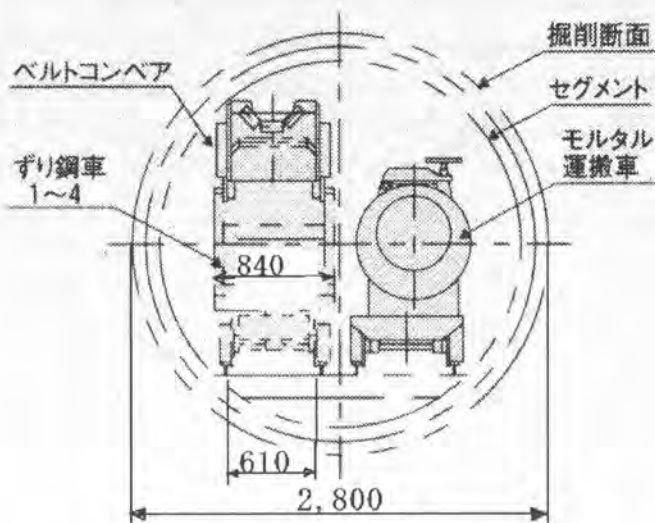


図-3 トンネル断面図

5-2 施工順序

施工順序を下記に、図-4に施工順序図を示す。

①ずり積込開始

坑外から搬入したずり鋼車を“③ずり積込終了”の状態のベルコン受け台車に連結し、ベルトコンベアの支持をずり鋼車で分担しながらTBM側方向へ移動する。

②ずり積込中

掘削と同時にずり鋼車を坑口側へ移動させ、掘削ずりを鋼車に均等に積み込む。

③ずり積込終了

ずり鋼車とベルコン受け台車を切り離し、ずり鋼車を坑外へ搬出し、掘削ずりを排出する。

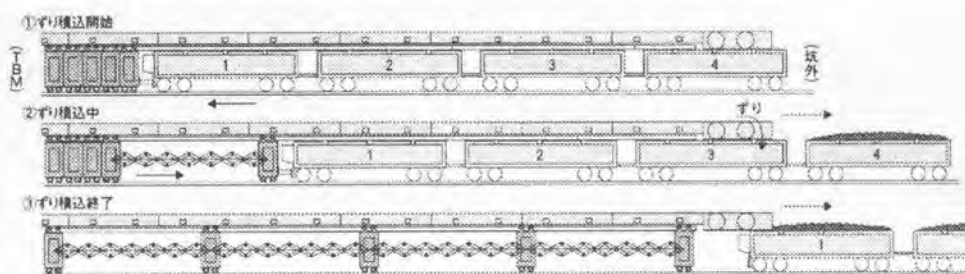


図-4 施工順序図

6. 導入効果

「小断面トンネルTBM工法におけるずり搬出システム」を導入した結果、計画通り、掘削ずり搬出と資材搬入が効率よく行えた。さらに、先進ボーリングやTSPなどの切り羽前方探査が比較的容易にできた。その結果、平均月進381m、最大月進701m、最大任意月進785mを達成し、いずれもトンネル進行の日本新記録を更新することができた。

7. おわりに

「小断面トンネルTBM工法におけるずり搬出システム」は、小断面トンネルにおける複線軌道方式を可能にし、上記の導入効果を得た。今後は、CCDカメラによる監視システムで連続監視は行っていたが、ずり鋼車停止位置検出、積み込み量の検出等無人化施工に向けて開発を進めていく考えである。

38. シールドのスポーク回転式カッタビット交換工法の開発と適用

清水建設(株)：*久原 高志, 高木 律
三菱重工業(株)：田中 淳一

1. はじめに

一般に長距離シールド工事やレキ地盤でのシールド工事では掘削用カッタビットが摩耗・損耗し、掘削に支障をきたすためカッタビットの交換が必要となる場合が多い。消耗品であるシールド掘削用ビットの交換については、従来、ビット点検・交換用の中間立坑を築造するか、地盤改良などの補助工法により地山の自立性と止水性を確保後にシールド後方からマンロック（マンホール）を経由して作業員がシールドチャンバ内に入り、人力でビットの交換作業を行っていた。しかしこれらの方法ではビット交換に相当の時間を費やすうえ、狭隘作業空間での危険作業を伴う場合が多いなどの理由から、機械的にビットを交換する方法が数種類開発・実用化されている。主な方法としては、下記の方法が実用化されている。

- ①球体シールド（クルンシールド工法）
- ②ビットライズ、レスキュービット、ビットライズ等ビットが伸びて出てくるもの
- ③ビットホルダ（トレール工法）
- ④スポーク回転式

本工法はスポーク回転式について確実にカッタスポークを回転させる方法としてカッタヘッド旋回駆動力を利用した方法を開発・実用化したものである。図-1にスポーク回転式カッタービット交換工法の概要を示す。

2. 全体概要

本工法はカッタスポークの背面に交換用の予備ビットを装備し、このスポークを回転させることで損耗したビットと予備ビットを入れ替えるものである。スポークの回転はバルクヘッドに取り付けたラックとスポークの歯車を噛み合わせ、カッタヘッドを旋回して行なう仕組みになっている。

スポークの回転方法についてはスポークに回転装置を内蔵する形式が実用化されているが、本工法では極めて大きなカッタの旋回駆動力をスポーク回転に利用することでスポークの土中での回転の確実さを確保している。



図-1 スポーク回転式カッタービット概要

図-2 に装置全体の構造を示し、以下、構造についての概要を説明する。

2. 1 回転スポークの構造

回転スポークは外筒・内筒からなる二重管構造となっており、外筒には切羽面および背面にカットビットが配置されている。ビット交換時にはこの外筒を 180 度回転させることにより背面のビットが切羽面に移動し、摩耗したビットと入れ替わる。

この外筒の回転状況を確認するために回転検出板と近接スイッチからなる回転検出装置（検出角度 2 度）により外筒と内筒の間で回転検出を行なう。また外筒の回転止めは内筒に設置されたロックピン装置により行ない、ロックピンのジャッキを縮める事で固定解除が可能な構造になっている。

2. 2 ラック機構

回転スポークにはラックと噛み合わせる歯車となる突起（□形のビット）が円周上に 6ヶ所設置されている。一方ラックはシールド本体のバルクヘッド（隔壁）に設けられ、スポークを回転させる時にバルクヘッド面から回転させるスポークまで押し出す構造になっている。

通常掘進時には、このラックはバルクヘッド面に引き込み、掘削に支障がないようになっており、押し出しは油圧ジャッキにて行ない、支持はその両端に設けてあるガイドにより行うことでスポーク回転時の抵抗力に耐える構造となっている。

2. 3 予備回転機構（ジャッキ式）

スポークを回転させる予備的機構としてラックと同様シールド本体のバルクヘッド（隔壁）に 2 本一対のスポーク回転用ジャッキが配備されており、それぞれ 1 回のジャッキ伸長でスポークを 60 度回転させることが可能である。この機構はラック機構に対するバックアップおよびスポーク回転角度の微調整を行なう場合に使用することを目的とする。図-3 にジャッキ式回転機構を示す。

2. 4 回転作業状況監視システム

ビット交換時には運転操作パネルの運転モードを「通常掘進」から「ビット交換」へ切り替えることにより、上記の機構全体の作動状況はシールド後方台車に設置された運転操作パネルのモニタに表

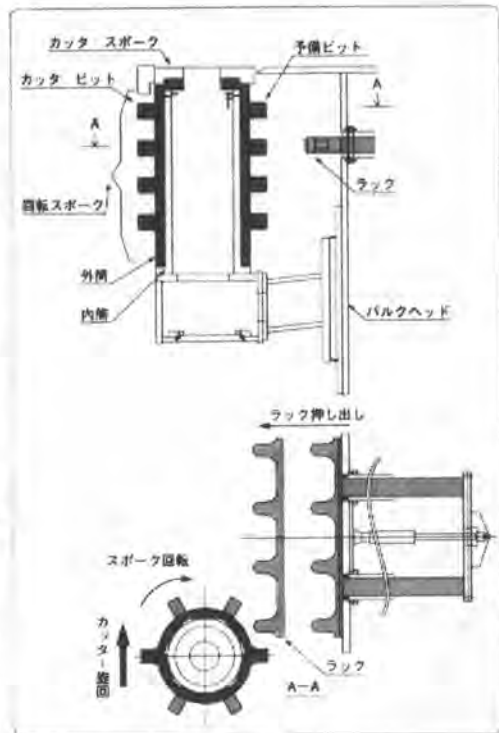


図-2 装置全体の構造

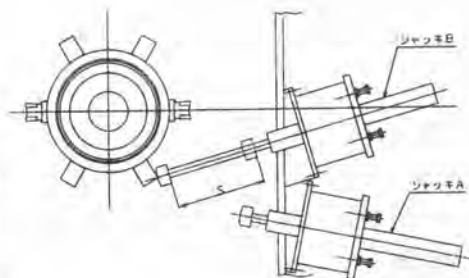


図-3 ジャッキ式回転機構

示され、スポーク回転作業はこのモニターで作動状況を確認しながら運転席で操作するシステムになっている。図-4にモニター画面を示す。

3. スポーク回転手順

スポークの回転は以下の手順にて実施する。

① カッタヘッド位置合わせ停止

スポークがラックと噛み合う直前の位置までカッタヘッドを回転させ所定の位置で停止させる。この時、カッタヘッドの回転位置はシールド機内ロータリージョイント部で確認することが可能であると共に運転操作盤のモニターに表示される。

② ラック押し出し

ラックを油圧ジャッキにて回転スポーク背面まで押し出す。

③ ロックピン・ロック解除

回転スポークのロックピンのジャッキを縮めて回転スポークの回転準備を行なう。

④ カッタヘッド旋回 (図-5 参照)

カッタヘッドをインチング操作による微速回転で、ラック噛み合い完了まで旋回させる。

⑤ ラック収納

スポークが所定の回転角になった時点でラックを油圧ジャッキにより縮める。

*スポークが所定の回転角を得られなかった場合、および回転の微調整を必要とする場合には引き続き下記の作業を実施する。

⑥ カッタヘッド位置合わせ停止

スポークがジャッキにて回転できる位置までカッタヘッドを回転させ所定の位置で停止させる。この時、カッタヘッドの回転位置はシールド機内ロータリージョイント部で確認することが可能であるとと共に運転操作盤のモニターに表示される。

⑦ スポーク回転微調整

スポークの回転角度に応じたジャッキを伸長させて、スポークの回転位置を調整する。

⑧ スポーク回転ロック

スポークが所定の回転位置に達すると自動的にロックピンが作用し、スポークがロックされる。



図-4 モニター画面

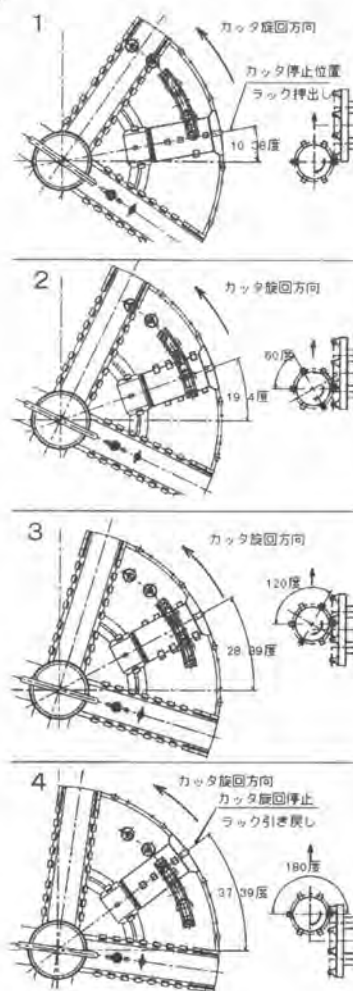


図-5 カッタヘッド旋回

⑨ ジャッキ停止

スポークの回転ロック作用信号を受けてジャッキを停止し、縮める。

以上でスポーク回転によるビット交換作業が完了する。

4. スポーク回転能力および強度の検証

スポーク回転能力および強度について、検討を行ない条件を満足することを確認した。

- ① スポーク回転能力——カッタ駆動電動機 45KW13 台のうち3台使用（ポールチェンジによる低速回転）
- ② ジャッキによるスポーク回転能力——150kN ジャッキ使用
- ③ ロックピン引き抜き力——36.3kN ジャッキ使用
- ④ スポーク本体強度、回転歯車強度、ラック強度等

5. 実機への適用例

上記スポーク回転式カッタビット交換工法を下記シールド工事で採用した。

工事件名：上飯田連絡線瀬古トンネル上飯田工区

事業者：上飯田連絡線株式会社 発注者：日本鉄道建設公団名古屋支社

シールド掘削外径：7.15m シールド形式：泥土圧シールド

施工延長：1,454m

シールド掘進工期：2000年3月～2001年1月（予定）

掘削対象地盤：洪積砂礫層（最大レキ径300mm）

採用理由：全線に亘る洪積砂礫層に対してカッタヘッドにはディスクカッタ、シェルビットを多く配置すると共に、超硬材の硬度が高く耐欠損性にも優れるE3種改良型チップを使用したビットを採用することでビット交換なしの掘進が可能であるとの結論を得たが、掘削対象地盤が硬質の礫・玉石であることからカッタビットが欠損する可能性が大きいと判断し、この工法を採用した。現在、掘進中であり、摩耗の状況によりビット交換を予定している。

6. おわりに

近年のシールド工事の長距離化に伴い、消耗品であるビット材質の耐久性向上と共にビットの機械的交換方法の実用化は長距離施工実現のための有効な手段であると考えられるが、機械的ビット交換のための装備が複雑化し、機械コストの上昇や故障の原因となることは極力回避する必要がある。本工法はスポーク回転のための専用駆動装置ではなくカッタ駆動電動機を利用する等、装備の簡素化を考慮した方法である。今後、多種多様な条件に対応できるよう適切な改良を加えることでさらに適用条件を広げていきたいと考えている。

参考文献：大深度・長距離時代を開拓するシールド工法（クルンシールド機）下水道協会誌 1996.8

超長距離シールド機用カッタビット交換機構の開発 トンネルと地下 1994.1

39. 大口径下水管路補修工法の開発

(株)熊谷組：*小林 智，田中 浩和
北原 成郎

1. はじめに

戦前および昭和40年代までに建設されたコンクリート構造物は、コンクリートの環境条件が悪いところほど劣化が進行し補修・更新が急がれている。

そのなかで、上下水道管路および導水路等は、代替となるバイパストンネルがないため、現在の機能を継続したまま供用下での施工となり現状では技術的に困難な状況だった。本システムはこのような技術的困難を克服し供用下での施工を可能にするものである。

2. 管路リニューアル工事の現状

小口径の管路リニューアル工事は、土被りが浅いこと、流下量が少ないこと、比較的交通量の少ない裏通りであること、および迂回管路の利用ができることなどにより比較的容易に工事を行うことができる。一方、特に幹線部分等の大口径の管路では、流下量が多い、人孔の間隔が長い、迂回管路の利用が困難であることなどから、供用しながらの工事を余儀なくされることになる。さらに、地域住民の理解を得る必要があること、供用下の工事で悪環境下の作業となるための作業員不足、工事の効率低下、他企業の地下埋設物移設費用の増大等種々の問題が多く、大口径下水管路のリニューアル工事が遅れている原因となっている。

3. 補修の原理

下水に含まれている硫黄分から生成した硫酸により腐食劣化したコンクリートを後述のはつりシステムを用いてはつり取り、その上に耐食性のある防食シートを巻き付け、内側にコンクリートを打設する。シートの内側には図2のようにアンカーを設け、打設したコンクリートに対する食い付きを確実なものにしている。管路内面はすべて防食シートで覆われるため、腐食に対する恒久的な対策となる。

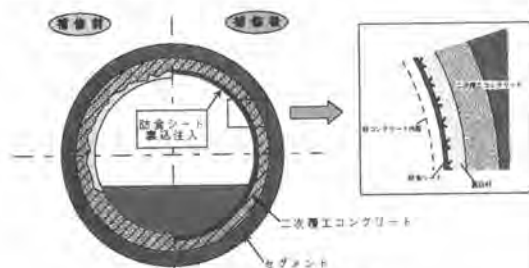


図1. 補修原理図



図2. 防食シート裏面

4. 管路補修システム概要

管路補修システムは図3、図4に示すように劣化したコンクリートを削り取るコンクリートはつりシステムと、防食シートを巻き付けるシート覆工システムで構成される。

施工においては、まずはつりシステムを用い水を流したままで施工区間の腐食部分をすべてをはつる。その後に覆工システムを稼働させ、シート設置、充填材の注入を行っていく。このとき、流下する水は覆工システム内を連通した仮排水管内を通し、覆工終了後漸次上流側の施工区間に移動するので供用下での施工が可能となっている。



図3. はつりシステム

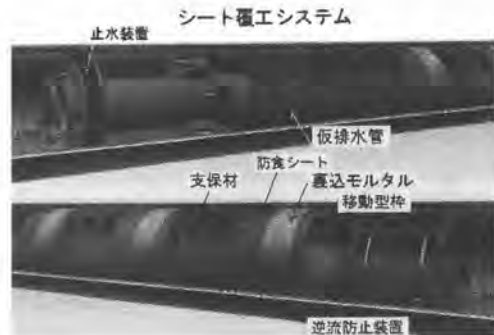


図4. シート覆工システム

①コンクリートはつりシステム

- ・ 供用下の施工を可能にする防水型の切削システム。
- ・ 複数カッタにより覆工コンクリートへの影響が最小限で効率のよい切削を行うことができる。
- ・ 部分切削ではなく、覆工の全周を切削し、管径の拡大を行う。
- ・ 流水の影響を受けずにクローラによりシステム全体を移動する。

②シート覆工システム

- ・ 鋼製支保材を内側に組立てシートを保持し、あわせて巻厚の管理を行う。
- ・ 防食シートを補修部分全体に張付け、コンクリートを保護する。
- ・ 移動式型枠が仮排水路上をスライドし、モルタル打設時に防食シートのはらみを防止する。
- ・ 裏込めモルタルは流動性が高い早強モルタルを使用することにより、迅速に注入作業を行う。
- ・ ゴム製エアバッグにより上下流を締切り、ドライ状態で作業を行う。
- ・ 中央部に設置したバイパスホース（仮排水管）により流水を作業場所と分離する。
- ・ 逆流防止装置側の開口部より、資材の搬入を行う。

5. 実験および結果

大口径管路補修システムは、シールド工法の2次覆工コンクリートおよびTBM（トンネルリングマシン）の覆工コンクリート等を対象として、劣化部分のはつりおよび耐食性・耐摩耗性に優れたシートによる覆工を供用下で行うシステムである。システムは、基本設計が終了し、切削実験装置による能力確認実験を実施し、はつりシステムの妥当性を確認した。

コンクリート設計基準強度 : 240-12-20N
 実験時圧縮強度 : 300 kg/cm² 程度
 カッター配置 : ローラーカッター 6個
 仕上用ティースピット 2個



図5. 筑波技術研究所における公開実験

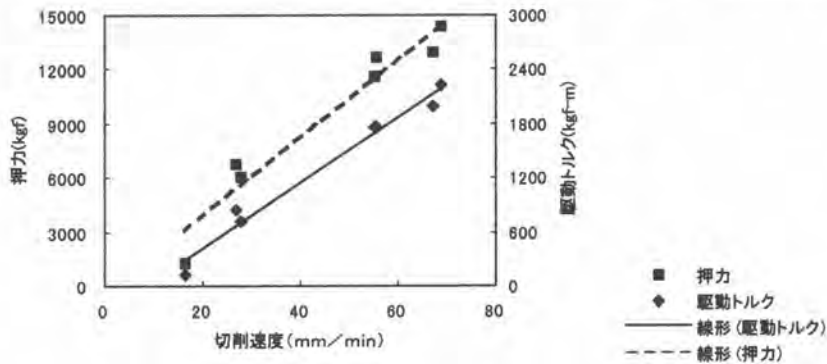


図6. 切削実験結果

6. 本システムの特徴・効果

- ①大口径管路の補修が供用下でも可能となる。
- ②硫化水素への強力な耐性および耐摩耗性をもつシートを使用することで、覆工の長期的な防食対策となる。
- ③管路断面が拡大し、シートの被覆により粗度係数が減少することで流量が多くなり、管路の機能が向上する。
- ④地上設備が少ないため交通障害となる作業帯を必要とせず、小さい作業ヤードで工事ができる。
- ⑤仮排水路を地上に出さないため悪臭・違和感の心配がなく周辺への影響がない。地上および開削工事は機材投入の人孔上部の拡幅だけでよい。
- ⑥既存管路内での工事のため、他企業の埋設物の移設等の費用が発生しない。
- ⑦新設に比べて約3割のコスト削減が可能。

7. 今後の展望

本システムは営業展開を通じて実施工に適用を目指している。これに加えてより小口径の管路や部分補修に対応した補修システム、管路の無人調査ロボット等の開発を通じて総合的なリニューアル技術の開発を進めていきたい。

40. 大型シールドマシンの水平移動の施工報告

佐藤工業㈱：*植田 大輔，原田 敏治
藤田 邦明

1. はじめに

1. 工事概要

本工事は、みなとみらい21線の「みなとみらい中央駅（仮称）」、「高島駅（仮称）」間の複線トンネルを泥水加圧式シールド工法で施工するものである。（延長 530m，シールド外径 10000mm）

到達後、シールドマシン及び後続台車は、他工区にて引き続き使用するため、構築中の駅部



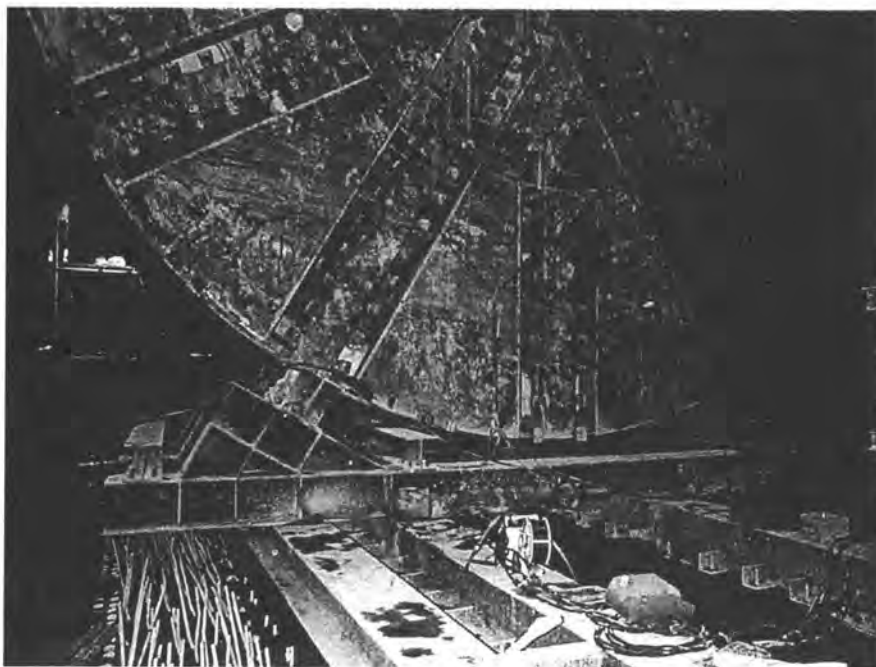
を移動させ、受け渡しを行う。

図1 施工位置図

2. シールド機移動工 工事工程

シールド機到達後からの工事工程を以下のように行う。①シールド機到達 ②仮壁撤去 ③シールド受台設置 ④シールド機押し出し ⑤シールド機方向修正⑥ジャッキ受台取り付け ⑦スライドベース取り付け ⑧本体縦移動 ⑨ジャッキアップ ⑩スライドベース取り付け ⑪シールド機移動 ⑫後続台車移動 ⑬ジャッキダウン（他社 施工）

次項よりジャッキアップ、シールド機の移動についての作業手順を示す。



シールドジャッキ押し出し状況

3. ジャッキアップ

3-1 ジャッキアップ使用機械

- ・ 油圧ジャッキ

能力 850t、ストローク 500mm のジャッキを 6 台使用

3-2 ジャッキアップの選定

マシン及びマシン受台の合計重量が約 1000t あるので 1 台当たり 400t 以上の能力が必要となる。

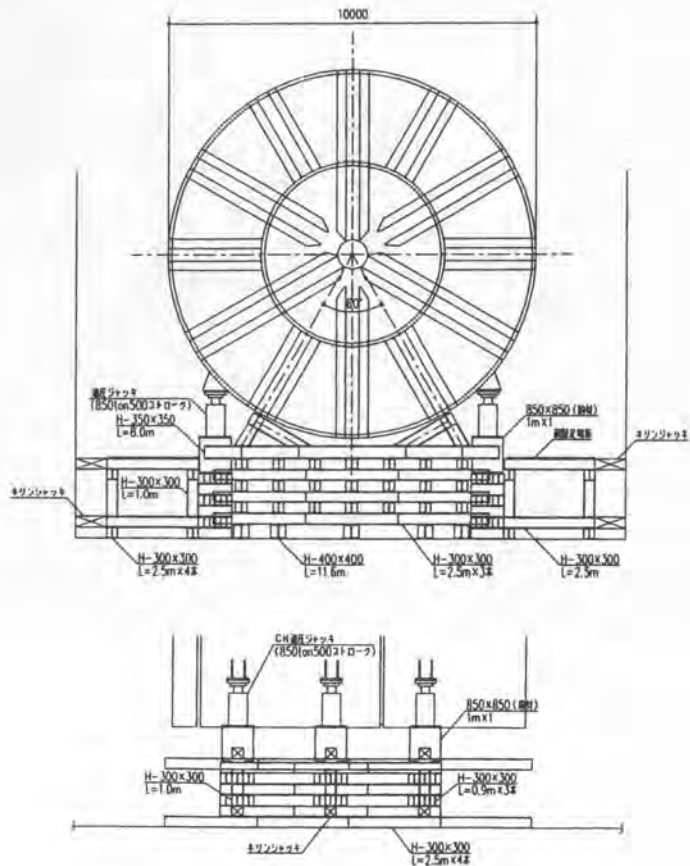
また、ストロークは盛り替えの回数を少なくするため 300mm 以上のストロークがあるものとする。

以上の条件を満たすジャッキとして 850t、ストローク 500mm のものを選定した。

3-3 ジャッキアップ作業手順

シールド機ジャッキアップの要領図を図 2 に示す。また、作業手順を以下に示す。

- ① 図 2 のようにシールド機の左右の各前・中・後（計 6 台）に設置した油圧ジャッキにホースを接続する。
- ② 油圧ユニットを操作して油圧ジャッキを一定の圧力までセットする。
- ③ ジャッキアップを行う。



断面図 (ジャッキ部分)

図2 ジャッキアップ要領図

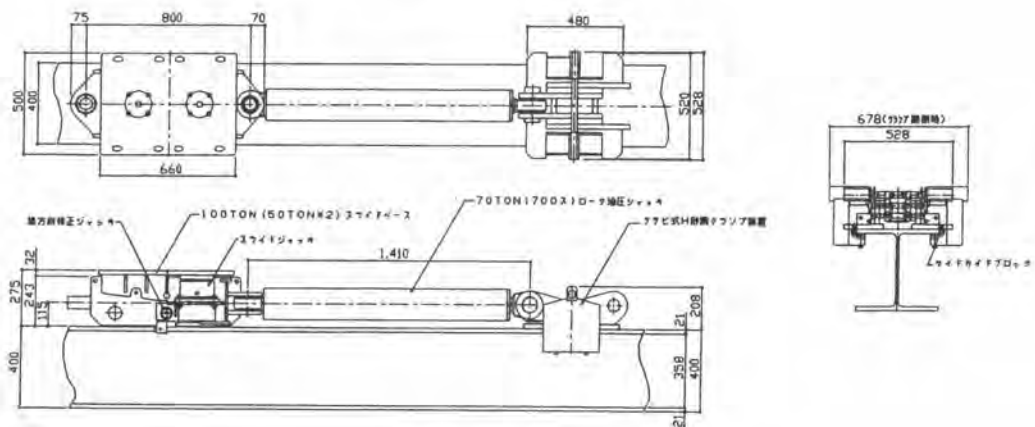


図3 シールド機移動装置詳細図

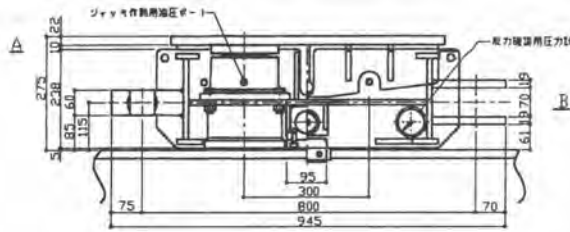
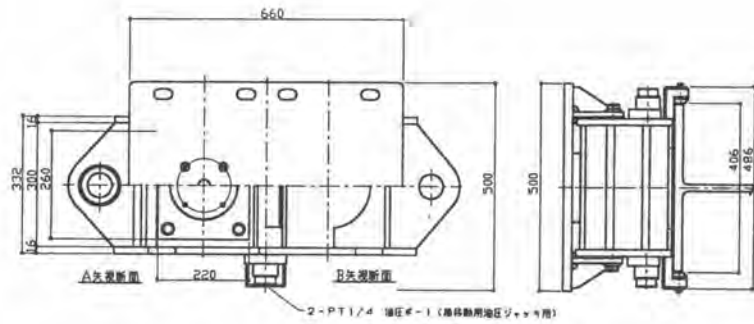


図4 スライドベース詳細図

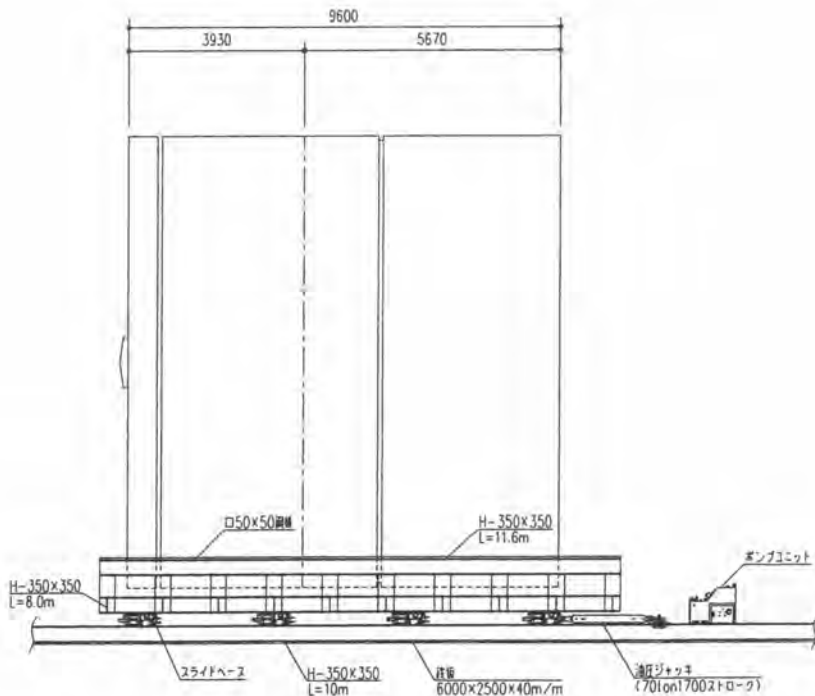


図5 移動要領図

- ④ ジャッキアップ後、H-300 の山留め部材をシールドマシン受台下に組み立てる。
- ⑤ 組み立て後、各スパンの設置状況を確認し、油圧ジャッキを6台同時に下げマシンを山留め部材の上に設置する。
- ⑥ 油圧ジャッキの下にH-300 の山留め部材で受台を作成し、再度ジャッキアップを行う。
- ⑦ ①～⑥の手順を繰り返し、ジャッキアップを行う。

シールドマシン受台下に山留め部材を組み立てるときは1本当たり 250kg あるのでウインチ、レバブロック等を使用する。

3-4 施工結果

ジャッキアップ時の油圧ジャッキには、それぞれ約 130t がかかっていました。

4. シールド機の移動

4-1 使用機械

シールド機移動装置詳細図を図3に示す。

スライドベースの詳細図を図4に示す。

・スライドベース

50t、ストローク 75mm のジャッキを2台（最大能力 100t）

横移動用に 10t、ストローク左右 50mm のジャッキを搭載している。

スライドベースの裏側の部分はテフロン加工しており、摩擦係数を 0.04～0.1 に低減することが出来る。4台×4列 計16台使用

・スライドジャッキ

70t、ストローク 1700mm のジャッキ2台を用いて移動を行う。

両端をスライドベース及びクサビ式H鋼クランプ装置につなぎ、クサビ式H鋼クランプ装置で反力をとる。

・クサビ式H鋼クランプ装置

開閉用ジャッキ、締付用ジャッキを用いて固定することができ、スライドジャッキの反力をとる。

4-2 ジャッキの選定

移動用のジャッキは、重量約 1000t、スライドベースにより摩擦係数が 0.04～0.1 となるので重量の10分の1の能力が必要となる。

当初、安全率を2として50tのジャッキ4台で計画した。

施工時には、50tを70tに変更してジャッキ2台で行う。

表 ジャッキの選定

計画能力	1000t×0.04～0.1=40～100t	
計画設備	50t×4台=200t	安全率 2
実施設備	70t×2台=140t	安全率 1.4

4-3 作業手順

シールド機移動工の要領図を図5に示す。

また、作業手順を以下に示す。

- ① 本体をジャッキアップさせスライドベースを設置する。
- ② 2,500×6,000×40の鉄板を移動方向に2枚ずつ敷設する。
- ③ 鉄板の水平状況を確認する。(凸凹の場合は鉄板の下に砂を敷く。)
- ④ H-350×7,500のH型鋼材を鉄板の上に4本ずつ約45m分段取りを行う。
- ⑤ 設置したH型鋼材をボルトにて接続する。
- ⑥ 本体の後方に取り付けたスライドベースに70t×1,400stのスライドジャッキを2台セットする。
- ⑦ 油圧ユニットを設置しスライドジャッキに油圧ホースを接続する。
- ⑧ 各箇所を確認し、シールド機の縦移動を行う。
- ⑨ 移動時に方向修正を行う場合は縦移動を中断し、スライドベースに内蔵してあるジャッキを使用する。
- ⑩ 約45mの縦移動が終了後、鉄板とH-350の段取り替えを行う。

4-4 施工結果

シールド機の移動時におけるジャッキの値を表に示す。

表 シールド機の移動 施工結果

施工位置	能力	摩擦係数
立坑部(始動時)	72t×2=144t	0.18
立坑部	36t×2=72t	0.09
駅部(始動時)	26t×2=52t	0.06
駅部	21t×2=42t	0.05

立坑部の移動についてはH鋼がゆがんでいたためジャッキに負荷がかかっていたが、駅部の移動では50t程度で移動が可能であった。

41. トレンチャーによる中央排水溝の施工法

大成建設(株)：吉富 幸雄，*大塚 勇
三浦 康文

1. はじめに

トンネルの中央排水溝は通常、発破掘削もしくはブレーカー掘削により施工されるため、仕上がりが悪く材料ロスが多かった。また他工事の通行を邪魔するため十分な作業時間がとれず施工スピードが遅いと言う問題があった。

これらの問題点を解決するため、明かりの溝掘削に使用されているトレンチャーを用い施工を行った。トンネルへの導入に当っては坑内環境を考慮し粉じん対策、排気ガス対策を行い使用した。

ここにトレンチャーの概要を紹介する。

2. 工事概要

田上トンネルは九州新幹線鹿児島ルート（八代～西鹿兒島間）の工事である。当田上トンネル（北）工事は全長 6,988m の内八代側より 5,240m 掘削するもので、片押し施工としては非常に長いトンネル工事である。本トンネルの特徴の一つとして、自走式クラッシャーと連続ベルトコンベヤを用いたずり出しシステムを採用している。そのため、ずり運搬にダンプトラックを使用しないので、坑内環境の改善および坑内交通量の減少による安全面の向上がなされている。

トンネル諸元を以下に、標準掘削パターン図を図-1 に示す。

トンネル諸元

掘削方式：NATM・発破掘削

掘削工法：ミニベンチ工法

掘削断面積：約 74.5m²

平面線形：R=6,000m

縦断勾配：3/1000～15/1000m 上り

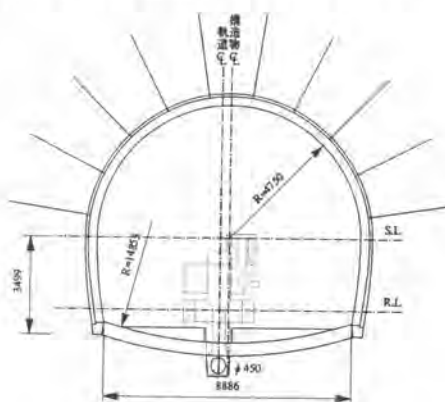


図-1 標準掘削パターン図

3. トレンチャーによる中央排水溝の掘削

3.1 トレンチャー仕様

トレンチャーとは写真-1に示すように、回転ベルトにビットが多数取り付けられている大きなカッターにより溝掘削を行う機械である。従来、明かり工事における下水道の溝掘削などに実績を残しているが、トンネル内での事例は少ない。今回採用したトレンチャーはトレンコール社（米国）製の 960HD であり中硬岩まで掘削が可能である。表-1に機械仕様を、図-2にトレンチャー図面を示す。

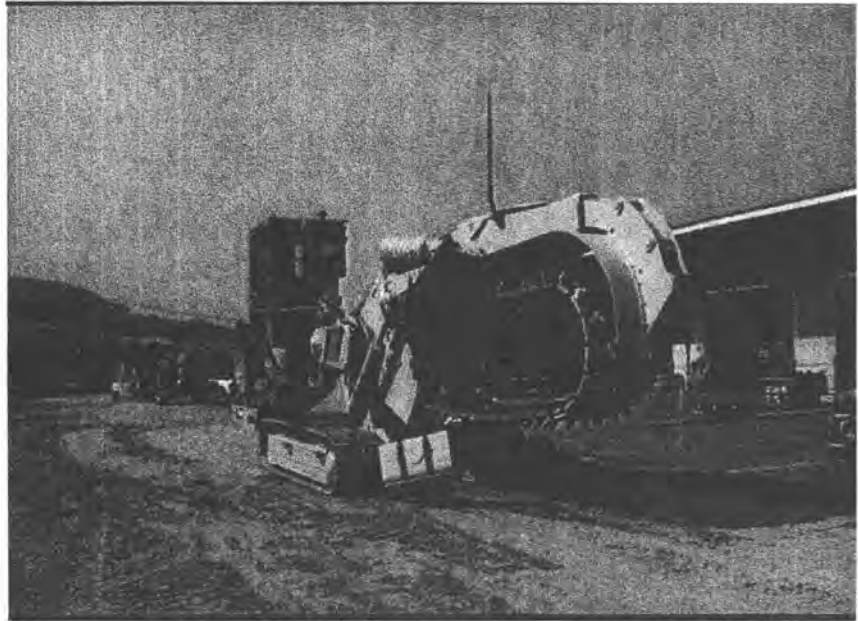


写真-1 トレンチャー全景

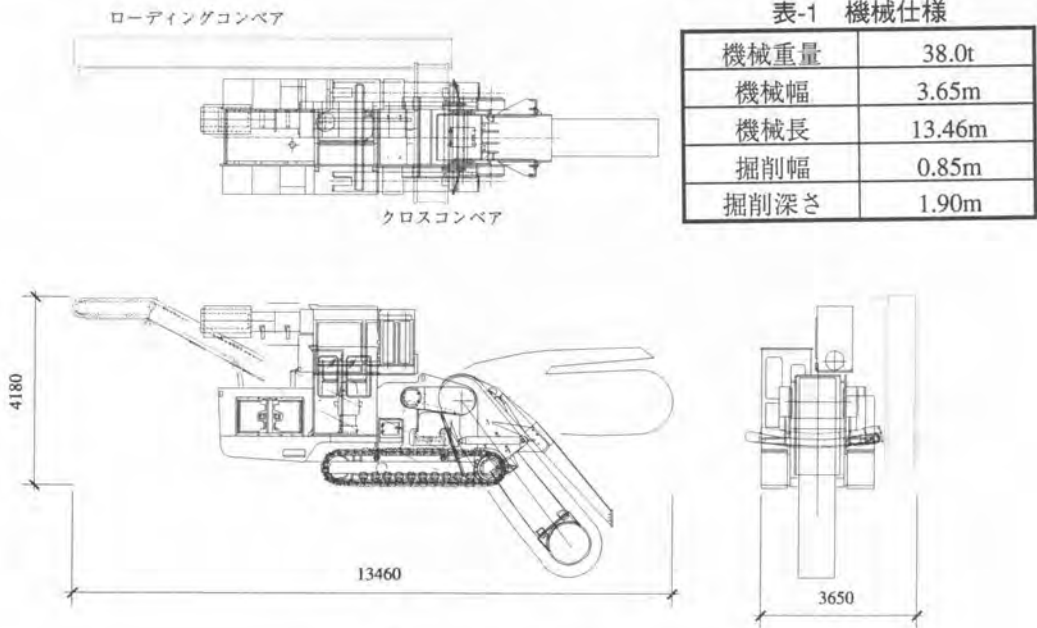


表-1 機械仕様

機械重量	38.0t
機械幅	3.65m
機械長	13.46m
掘削幅	0.85m
掘削深さ	1.90m

図-2 トレンチャー全体図

トンネルへの導入にあたり坑内環境を考慮し以下の点を改造して施工を行った。

①粉じん対策

トレンチャーカッター部にゴムのカバーを取付け集塵機により粉じん処理を行った。またトレンチャーはエンジンで駆動するため、黒煙浄化マフラーを取付け排気ガス対策を実施した。

②通行車両対策

掘削時トレンチャーがトンネル中央に位置するため掘削、覆工等の作業用車両の通行を阻害する。そのためトレンチャーのキャビン短くし他の車両の通行を可能にした。

③連続ベルコンによるずり搬出

掘削土は、カッターにより掻きあげられ、クロスコンベヤによってトレンチャーの横に排出される方法と、ローディングコンベヤをクロスコンベヤによって排出される個所に取り付け、トレンチャーの後方にずりを運び上げ、直接ダンプトラックに積み込む方法がある。しかし、これらの方法では、掘削土の積み込み、搬出に時間を要するため、掘削ずりを連続ベルコンに積み込み、坑外に搬出する方法を考えた。概念図を図-3 に示す。掘削土はローディングコンベヤにより、後方に運び上げられ、新たに開発した移動式ホッパを介して、連続ベルコンに掘削土を載せて、坑外に搬出される。移動式ホッパは、トレンチャーの掘削に合わせて、自由に移動することができる。

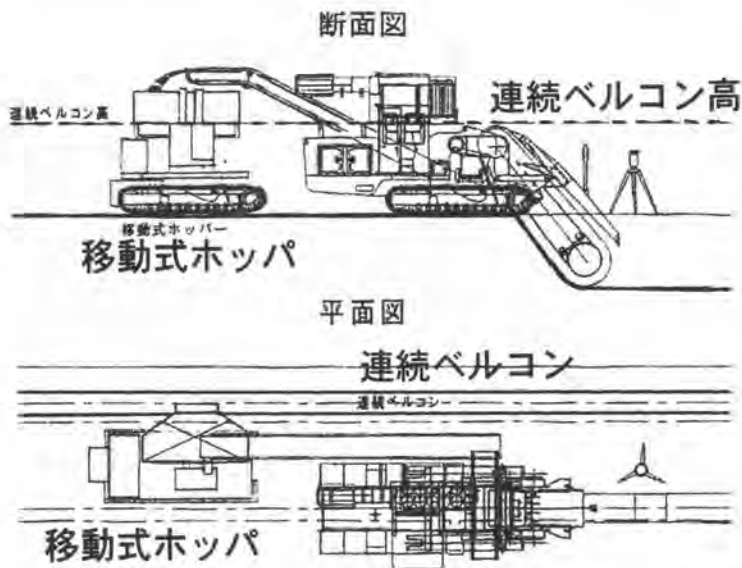


図-3 移動式ホッパによるずり出し

3.2 施工状況

田上トンネルでは、幅 0.85m、深さ 1.90m の溝を、インバート掘削を行う前に、路盤の位置からトレンチャーによって連続掘削を行った。

a) 適用範囲

一軸圧縮強度が、70MPa 程度までの岩であれば、トレンチャーによる中央排水溝の急速施工が可能である。一軸圧縮強度が 100MPa を超える硬岩に対しては、トレンチャーの掘削適用範囲を超えるため、ブレーカ掘削、発破工法を併用して掘削を行う必要がある。

b) 施工スピード

トレンチャー掘削の魅力の一つは施工速度が速いことである。一軸圧縮強度 70MPa 程度までの岩であれば、施工速度は落ちる事なく安定し、ブレーカ工法や発破工法よりも急速施工ができる。今回は、掘削、覆工と同時に並進して、作業が行われたが、データをまとめると、一時間当たり平均 10m の速度で掘削する事ができ、中央排水溝工事の急速施工を実現した。

3.3 特徴

トレンチャー掘削により改善された事項を以下に示す。

①急速施工

ブレーカ掘削の場合、坑内では作業スペースが狭いため、切羽掘削や覆工作业などの他工種の車両が通過する度に重機を移動し、通路を確保するため、その間、工事を中断せざるを得ない。

発破工法の場合、他工種の車両の通行を規制しなければならず、全体工程の遅れが考えられる。一方トレンチャー掘削では溝掘削中も他工種の車両通行は可能であり、全体工程の短縮につながる。

②余掘り量の減少

トレンチャーでは、一定の断面で掘削されるため、余掘り量が少なくなり、碎石の材料ロスが少なくなる。

③坑内環境

他工法では、騒音、振動、粉じんなどの坑内環境の悪化が懸念されるが、トレンチャーでは集塵機、黒煙浄化マフラーを取り付けることによって粉じん、排ガスを減らすことができる。

4. おわりに

明かり工事で使われてきたトレンチャーをトンネル坑内で用いるにあたり、いくつかの改良・改造を加えた。

- ・坑内環境を改善するため、トレンチャーに集塵機と黒煙浄化マフラーを取付けた。
- ・トレンチャーで掘削したずりをタイヤダンプで坑外に搬出させるのではなく、切羽のずり搬出に使用している連続ベルコンを利用した。その結果、ずりの積込み、運搬にかかる時間を短縮でき、ダンプトラックが走行しないため、坑内環境の改善につながっている。

トレンチャーによるトンネル中央排水溝の掘削は従来の発破、ブレーカーに比べ急速施工、作業環境の改善が可能になった。硬岩への対応や機械の小型化等改善の余地はあるが今後トンネルに使用されていくと考える。

42. 都市部で施工の大断面シールドの泥水処理設備

佐藤工業㈱：*朝倉 猛、小俣 文良
酒井 孝治

1. はじめに

近年、大断面施工技術が進歩し、都市基盤整備にシールド工法（特殊）が採用されるようになってきている。また、大断面シールドでは泥水シールド工法を採用する機会が多い。設備は土圧式に比べ、泥水式では容量・占有面積が大きくなり、掘削断面が大きくなればなおさら大型化する。

ここで紹介するシールド工法は、鉄道単線（シールド外径 ϕ 7.26m）シールドの「臨海、第1広町T他2」工事と、引き続き施工される駅部トンネル（シールド外径 ϕ 10.3m）シールドの「臨海、大井町st他2」工事を、1台のシールドマシンで施工できる挿入式拵径泥水シールド機（MSD対応型）を使用するもので、シールド設備および泥水処理設備を共有し、全体コストの削減・工期の短縮を図っている。なお、このときの設備容量の大半は、径の大きい駅部施工に合わせて決定される。ちなみに ϕ 10.3mのトンネル2本の施工には、東京湾横断道路と同等の規模の設備が必要となる。また、都市部のシールド工事では、施工設備を設置する用地の確保が地価高騰などの理由で困難である。今回確保できた敷地面積は約3,000 m^2 と、東京湾横断道路の処理設備ヤードに比べ約半分であった。そのため、設備は立体的に設置することになり、これまでに類をみない大きさの巨大な防音ハウス（幅70m、奥行き50m、高さ24m、三階建て）が必要となった。本報告では、今回設置した巨大な防音ハウスと泥水処理プラントの紹介をする。

2. 施工条件

2.1 工事内容

子機シールド（ ϕ 7.26m）は第2広町立坑より発進し、単線鉄道トンネルを構築し、第1広町立坑に到達する。そこで待ち受けている親機シールド（ ϕ 10.3m）と挿入拵径工事を行う。そして拵径シールド機が発進し、駅部トンネルを構築したのち、対抗シールド（ ϕ 7.26m）と異径の地中機械接合（MSD工法）を行うものである。

2.2 地質概要

図-2にしめす地層想定縦断図によると、地表から概ね埋土層、武蔵野礫層、東京粘土層、東京礫層、上総層の順で位置している。今回掘削するシールド断面は、上り線は主に東京粘土層を含む

断面から、徐々に東京礫層を主にする断面へと変化していき、拡径機の区間ではほぼ全断面が礫層であると予想された。また、下り線は全線東京粘土層が予想されている。

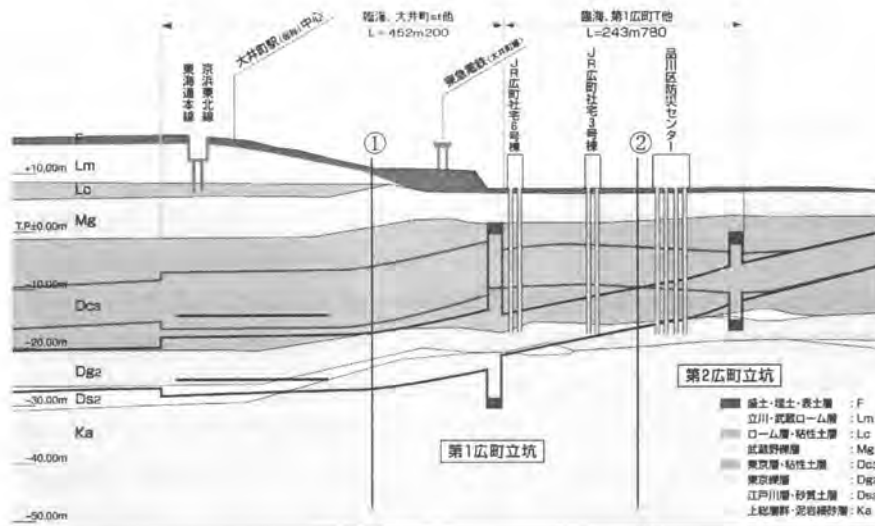


図-1 地質想定縦断面図

2. 3 計画条件

計画条件は、平均日進量は子機が 7.2m、親機 4.8mとし、設備日進量はその 1.5 倍とした。また、平均掘進速度は 30mm/min とした。シールドは 2ヶ月遅れで同時掘進を行い、設備計画はその進捗を考慮して、物質収支計算を行った。

3. シールド設備

3. 1 振動篩

振動篩の計画は、砂礫分が最大となるところで選定を行う。選定された断面は上り線が条件-①(図-1 参照)、下り線は全断面東京粘土層であるため、拡径機の断面である条件-①で検討を行った。その他設備を決定する条件として、①下り線は固結シルト対策として、前処理にローヘッドスクリーンを使用する、②シルトの固結回収率は 30%とする、③流体輸送の検討結果より、排泥流量は子機および拡径機下り線 12.0m³/min、拡径機上り線 15.0 m³/min とする。④振動篩の上下線の切換運転を可能とする。

物質収支計算により、条件-①のときの一次分離砂礫量は、上り線が 255 t、下り線が 69 tであった。

3. 2 タンク容積

タンク容積は、調整槽初期泥水量を 150m^3 として各種タンク容積の算定を行った。設計時は、シールド1基について1層の調整槽を設置し、その他のタンクについては共用する形で検討を行った。実施工時には、調整槽を大きなタンク1層とすることにした。この理由は、比重の濃くなる粘土層と、比重が薄くなり逸水の可能性がある礫層の断面の掘削を合わせることで、結果として泥水の希釈や作泥の削減を狙ったものである。

3. 3 フィルタープレス

今回の施工では、フィルタープレス台数の削減を図り、通過断面と工程を考慮して検討した。その結果、処理泥水量が最大となるのは条件-②（図-1参照）であり、この条件における処理泥水量を求め、必要なプレス容積の算定を行った。

今回のフィルタープレスの選定では、フィルタープレスの設置場所が防音ハウスの上層階となるため、重量が大きい高圧タイプが使用できなかったこともあり、圧搾型を選定することとなった。

フィルタープレスの一日の稼動時間を20時間とし、圧搾効率を考慮して計算すると、約 33m^3 の濾過容積が必要となった。この値に施工余裕を合わせて、フィルタープレスの台数を決定した。

3. 4 土砂ピット容積

土砂ピット容積は、敷地の確保が難しく、 500m^3 と 400m^3 の容積しか確保できなかった。今回の検討では、土砂ピットについても一日の掘削サイクルを想定し、必要量を求めた。この時使用した土砂ピットのサイクルのグラフを図-2に示す。本施工では、条件により一次処理土の土砂ピットが最大 700m^3 の容積が必要であった。そこで、ピット容積に問題が生じたときは、二次処理土のピットの一部を一次処理土用に切り替えて使用して対応することにした。

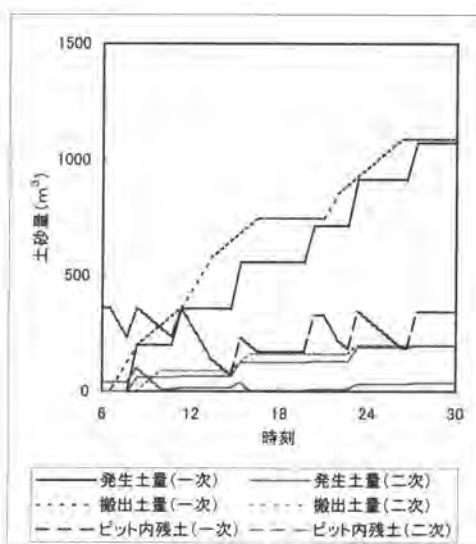


図-2 土砂ピットサイクル

3. 5 その他設備

裏込注入設備は上下線についてそれぞれ1基ずつ、また、逸泥対策として作泥設備を設置した。また、 150kN 天井クレーンも上下線に1基ずつ設置した。

4. 防音ハウスの設計

4. 1 防音ハウスの基本的構造

防音ハウスは、使用期間が約3年と長期間であったため、周辺住民に対する日照権を考慮し、24m以下とすることにした。また、隣接する品川区防災センターの公用車が場内1階を通行することと、周辺道路の渋滞対策として、既設の1階出入り口は土砂搬出専用とし、資材搬入用の出入り口をM2階に新たに設け、さらにトレーラーは場内にて転回できるように工夫した。

基本計画段階では、下階はタンク類と土砂ピット、上階に振動篩やフィルタープレスとセグメントヤードを設置する構想で計画を進めていった。

タンクの設置に関しては、配管延長の減少を図り、振動篩の下に調整槽、フィルタープレスの下に濾水槽が配置されるように考慮した。

各種検討の結果、今回設置した泥水処理設備を図-3に示す。

4. 2 構造設計

今回の防音ハウスは、設計荷重が $1,500\sim 1,900\text{kg}/\text{m}^2$ となったため、通常の防音ハウスと異なり、短編方向の中間にも主柱の入る、複雑な鋼構造物となることが予想された。そのため、仮設構造物ではあるが、この防音ハウスの設計には、建築の技術を取り入れている。

主柱の位置は、タンクの配置と、土砂搬出ヤードの作業性を考慮しなければならないため、主桁のスパンが10m前後となった。また、立坑部は中間に主柱を設けることができないため、約24mのスパンが必要となった。

解析の結果、主柱は□-850、主桁は最大のものでH-2200が選定された。これは仮設構造物としては異例の大きさであり、主柱の太さは超高層ビルに匹敵するものである。

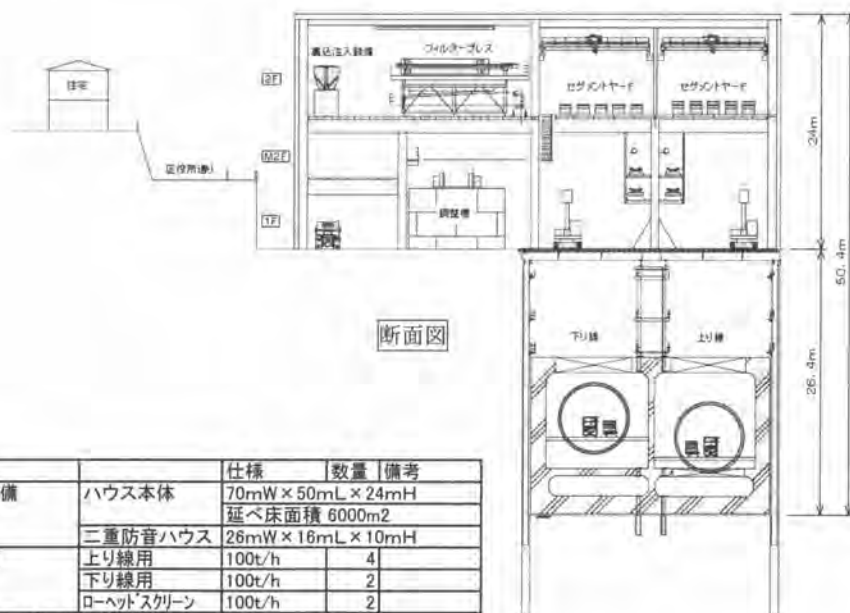
また、この荷重を支えるため、基礎はφ800~1300mmのリバース杭と高さ1500mmの地中梁にて支持された一体構造物となっている。

4. 3 防音の検討

防音に対する検討は、①地上基地設備計画からの全体防音、②振動篩超低周波音の防音、以上の2点について検討を行った。本施工においては、検討の結果、Bグレードのパネルの使用と、機械対策による低周波音対策が必要とされた。実施工時には、パネルのグレードアップのみを行い、問題が発生した場合には機械対策を設計変更対象項目とすることになった。

5. おわりに

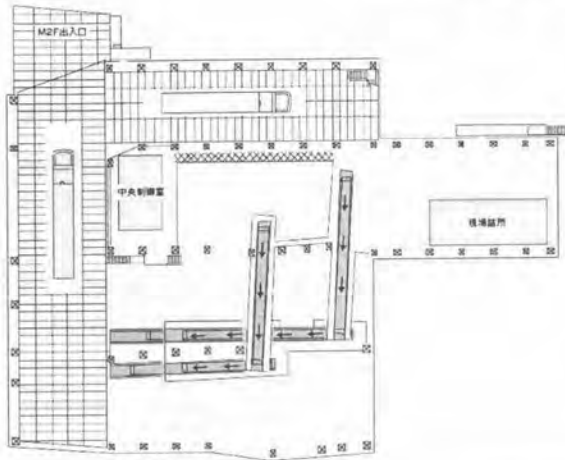
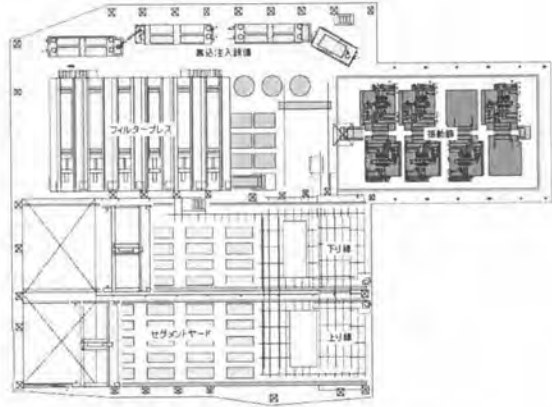
都市部における地上空間は過密化が進み、地下空間もまた、鉄道・道路などの都市基盤整備に利用され、非常に輻輳した状態となっている。そのため、シールド工法は「大口径」を含め、「大深度」「長距離」「自動化」「特殊断面」とますます発展するものとする。また、それに伴い設備の設置スペースのための用地確保が困難となっている。今回の事例は今後の類似工事の施工計画の参考になればと考える。



		仕様	数量	備考
防音設備	ハウス本体	70mW×50mL×24mH 延べ床面積 6000m ²		
	二重防音ハウス	26mW×16mL×10mH		
振動篩	上り線用	100t/h	4	
	下り線用	100t/h	2	
	ローレットスクリーン	100t/h	2	
フィルタープレス	圧搾型	6.5m ³	2	
		7.3m ³	4	
土砂ピット	一次処理土	500m ³	1	
	二次処理土	400m ³	1	
泥水槽	調整槽	450m ³	1	有効率 70%
	余剰泥水槽	170m ³	2	有効率 80%
	スラリー槽	170m ³	2	有効率 80%
	PAC槽	20m ³	2	約4日分
	濾水槽	195m ³	1	有効率 60%
		85m ³	2	
		195m ³	1	有効率 95%
裏込注入設備	良液槽	110m ³	1	
	裏込	20t	2	
	作泥	20t	1	
天井クレーン	セグメント搬送用	150kN	2	
	資材置場用	28kN	1	

2 F

- ・セグメント
- ・振動篩
- ・フィルタープレス



M2 F

- ・中央制御室
- ・資機材搬入ヤード

1 F

- ・土砂搬出ヤード
- ・泥水タンク置場

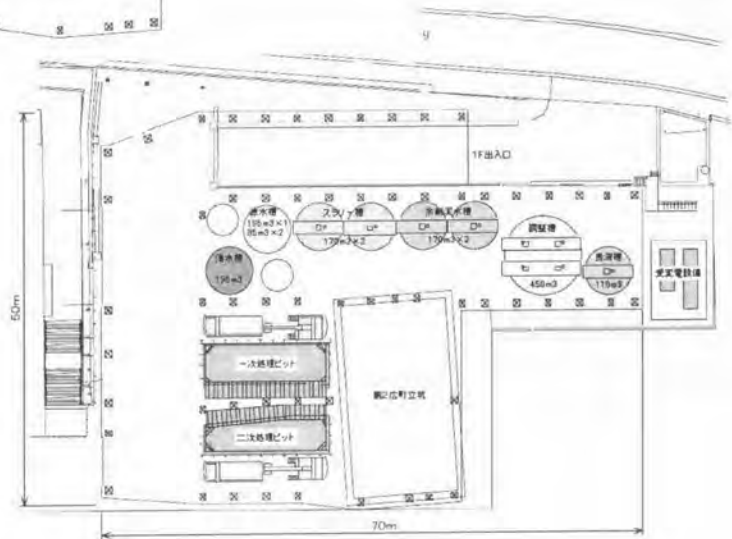


図-3 泥水処理設

43. 既設トンネル覆工背面空洞のコンパクトな新充填システム

清水建設(株)：*河野 重行, 木内 勉
澤田 正雄

1. はじめに

NATM以前の工法で造られたトンネルの覆工背面には、建設時の施工法（たとえば引抜管方式によるコンクリート打設）により、トンネルの天端部を中心として空隙が存在することが多い。これらの空隙を放置すると、トンネルが地震荷重や変圧（側圧）などを受けた場合、トンネルが縦に変形しようとし、その結果、覆工の天端部に圧ざと呼ばれる圧縮破壊や肩部の引っ張り・せん断などを誘引する可能性があるため、空隙を充填することはトンネルの安定上、非常に重要である。

従来、エアミルクやエアモルタルなどの材料が空隙充填に用いられてきた。これらの材料は流動性に富むため、天端からの注入にともない、トンネル側方へ流動するだけでなく、地山中の亀裂からの逸脱や覆工面の目地やクラックからの漏出により、天端を中心とした所定の空隙を充填することに苦勞を要していた。また、充填箇所が存在する地下水などにより注入材料が材料分離を起こしたり、圧送中の圧力や注入後の自重により消泡が発生する可能性があるなど品質面での課題もあった。

筆者らは、これらの従来の注入材料の課題を解決する新しい材料を用いた充填工法「アクアグラウト工法」を開発したが、道路トンネル・鉄道トンネル・導水路トンネルなど多くのトンネルでその効果が確認されている。

今回、道路トンネルを対象とし、アクアグラウト工法の坑内設備をコンパクトにすることにより第三者交通への影響を最小限にできる施工システム「アクアコンパクト」を新たに開発し、実際に施工を通し、その効果を確認したので報告する。

2. アクアグラウト工法の概要

当工法で用いる充填材料は、エアモルタルなどと異なり、エアをまったく用いず、セメント、アクアグラウト用ベントナイト、アクアグラウト混和剤と水から構成される（表-1 参照）。この特徴は以下のとおりである。

1) 加圧したり振動を与えると粘性が低くなり流動性を示すが、除荷すると粘性が高くゲル化する性質である撻変性を有するため、注入後は限定注入性に富む。

表-1 アクアグラウト充填材の標準配合

単位量 (kg/m ³)			
水	セメント	アクアグラウト用ベントナイト	アクアグラウト混和剤
774	350	285	8.4

2) 水に対する高い材料分離抵抗性を有する。

3) 充填材としての十分な強度を有する。(28日で1.5N/mm²以上)

4) プリージングはゼロであり、充填後の天端沈下が発生しない。

5) 注入中に、覆工の目地やクラックから充填材の漏出はほとんど発生せず、シール工などが不要。

- 6) 1液性であり、施工および施工管理が非常に容易であるとともに、設備がコンパクトである。
- 7) 1液性のため、材料の品質管理が確実。
- 8) 比重は1.3から1.4と軽量である。

3. 道路トンネル用システムの開発の経緯

建設省や地方自治体などの既設の道路トンネルで行なわれる覆工背面空隙充填工事では、一般交通を完全に遮断することが困難であり、片側車線を通行規制して施工することが一般的である。特に、延長が長く幅員が狭い上に一日中交通量が多いトンネルでは、施工中の交通への影響を最小限にとどめるため、坑内での施工設備をコンパクトにすることが求められている。

従来、圧送が困難である長い道路トンネルの覆工背面空隙充填工事では、車上型の施工システムで施工することが一般的である。この場合、注入材料を製造するための材料（セメントや水など）、製造設備、施工設備などを坑内の車両の上に搭載しなければならず、結果的に、一注入箇所に対する坑内設備が大きくならざるを得なかった。

筆者らは、アクアグラウト工法が一液性である点に着目し、坑内設備が従来の車上型施工システムと比べて各段にコンパクトな施工システム「アクアコンパクト」を開発・実用化した。

4. 「アクアコンパクト」の概要

アクアグラウト工法で用いられる充填材は粉末の材料をミキサーで一回の工程で混合・攪拌するだけで製造できる一液性であり、また、製造後、長時間にわたって粘性を保持できる。したがって、二液性と異なり、坑内で充填材を製造する必要性はない。その結果、アクアグラウト工法は施工条件に対応して、以下のような種々の施工システムが選択できる。

- 1) トンネル坑外に設置したプラントで各材料を練り混ぜ、坑内への直接圧送および中継圧送
- 2) トンネル坑外に設置したプラントで各材料を練り混ぜ、車両にて坑内へ運搬、打設
- 3) 全ての設備・材料を車両に搭載し、坑内で各材料を練り混ぜ・打設
- 4) 全ての材料（水以外）を事前にプレミックスしておき、坑内で水と練り混ぜ、打設

今回、道路トンネルにおける坑内設備のコンパクト化の必要性を勧案した場合、2)に示す充填材製造設備を坑外のヤードに設置し、製造した充填材を坑内に搬入する施工システム（以下、「アクアコンパクト」と称する）を選択することにより坑内設備の数を極力減らすことが可能となる。また、ポンプなど坑内設備には、小型の機器を配置する。充填材の配合に関しては、運搬時間の長さや施工時の気温、水温などの施工条件のもとで、注入する充填材が最適な性能を確保できるよう管理手法を確立した。

本システムは以下の設備から構成される（図-1参照）。

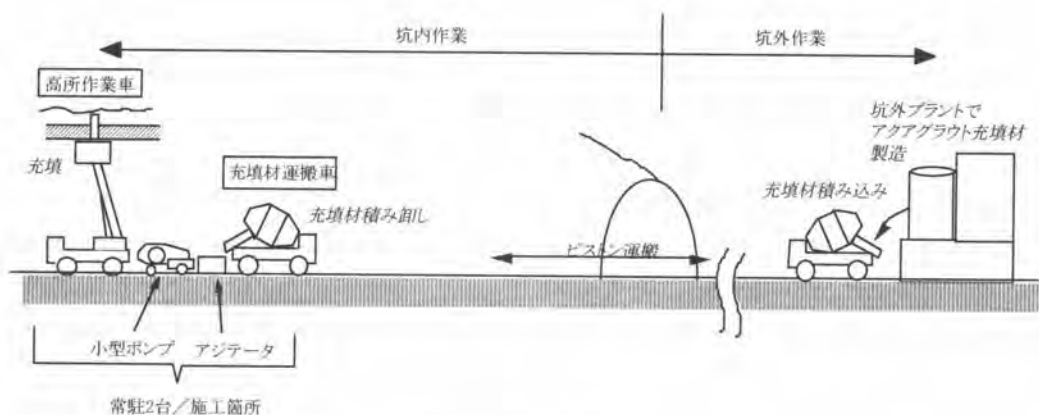


図-1 システム概念図

(1) 坑外設備

- ・坑外ヤードに集中プラント（ミキサー、アジテータ、積み込み用ポンプ）および材料を設置し、アググラウト充填材を製造する。

(2) 運搬設備

- ・アジテータを積載した運搬車に充填材を積みこみ、施工箇所まで充填材料を運搬・分配する。

(3) 坑内設備

- ・施工箇所には、充填材の受け入れ用ホッパーを配置し、運搬車から充填材料を受け取る。
- ・圧送ポンプで覆工背面空隙に注入する。

この結果、坑内設備は、運搬車、高所作業車、小型のホッパーおよび小型ポンプでよく、非常にコンパクトになる。また、坑内設備は、坑外設備と独立しているため、施工条件および工程などに応じて、坑内設備数、設備の配置および運搬設備数を自在に調整可能となる。

5. 実トンネルにおける施工

写真-1 は、群馬県の道路トンネルでの施工事例である。坑口から約 3 km はなれたヤードにアググラウト充填材の製造用集中プラントを設置し、数台の 4 t 積載用アジテータトラックにより、施工箇所まで運搬・搬入している。施工箇所の延長が長いので、工程面から、2 箇所での同時施工となっている。坑内の施工箇所では、アジテータトラック 1 台と高所作業車 1 台および小型ポンプとホッパーのみであり、コンパクトな施工設備となっており、通行車線側からの見通しなど第三者交通に対する安全性に問題はない。写真-2 には注入箇所での施工状況を示す。



写真-1 実トンネルでの坑内設備全景

アクアグラウト充填材の注入は、高所作業車を用いて、事前に削孔・設置された注入管を通し行なわれる。注入孔は両肩（天端から約23度）および天端の合計3列に、トンネル軸方向に3mで配置された。注入管の先端は空隙の背面地山から5cm下がりとなるよう設置した。注入は各孔の口元に取り付けられた圧力計で最大0.2N/mm²となるよう管理した。

注入はまず、両肩からトンネル覆工に偏圧をかけないように左右均等に行い、最後に天端注入孔から行った。天端では、注入開始時は、圧力は口元でほとんどゼロであるが、充填に



写真-2 注入箇所での施工状況

したが、ゆっくり圧力が上がってくるのが観察された。注入中、覆工のクラックや目地からは充填材の漏出はまったく見られなかった。一方、注入中に、水がクラックなどからの流出する状況が頻繁に見られた。これは、空隙に溜まっていた水が充填材に押し出されてクラックから流出したものと考えられる。水は透明であり、充填材が材料分離を起こしていないのがわかる。

6. 「アクアコンパクト」の効果

本施工システムを、アクアグラウト工法を用いた実際の道路トンネルの覆工背面空隙充填工事に導入し、道路トンネルに対する適用性を検討した。その結果、従来の車上型による施工方式に比べ、以下のような効果が確認された。

- ・坑内設備はコンパクトなため、第3者交通への支障（安全性）を最小限に抑えた既設トンネルの覆工背面空隙充填工事の施工が可能。
- ・交通への支障が最小限なため、充填作業は季節や時間帯の影響を受けにくい。
- ・坑内部分の施工設備は充填材の製造工程から独立しているため、施工箇所数および配置が容易に調整可で、施工条件に柔軟に対応可能。
- ・坑内設備がコンパクトなため、準備・片付け時間が少なく、施工時間を長くとれる。
- ・坑口付近に施工ヤードを確保する必要がなく、環境に配慮した坑外ヤードの選定が可能。

7. 今後の課題

今回、新たに開発したアクアグラウト工法のコンパクトな施工法「アクアコンパクト」は現在、15トンネルでの覆工背面空隙充填工事で適用実績があり、その効果が確認されている。今後は、これらの実績のデータをもとに、施工性のより一層の向上を図るとともに、大量施工を目指したシステムの開発を進める予定である。

44. 勾配12%を含む上水道を急勾配搬送システムで施工

大豊建設㈱： 福嶋 泰治、春木 優
*寺嶋 良

1. はじめに

近年地下空間の有効利用をはかる中で、電力・通信・上下水道等のトンネル築造においては、立坑深度を小さくする目的で急勾配のシールド工法が用いられるようになってきている。

しかし、5%を越える急勾配では従来のバッテリー機関車と軌条（レール）を用いた搬送方式は安全衛生規則から使用できないため、急勾配シールドに適用可能な搬送システムが開発されてきた。

今回、下り 12%を含み施工延長の約 70%が 5%以上の急勾配である上水道トンネルの施工にあたり、タイヤ式急勾配搬送システム（Steep-Carrying-System）を全線に亘り使用したので、その結果を報告する。

2. 工事概要

本工事は京都市水道局の発注で、泥土圧シールド工法によりセグメント外径φ3350mm、延長L=326mのシールドトンネルを築造し、その内部にφ1200mm とφ1000mm のダクティル鋳鉄管を並列に布設するものであった。

掘削断面の土質は、発進部から 50m 付近においては、礫混じり砂質シルトでφ2～40mm の礫が混入し、その後は岩盤であった。岩盤は頁岩と粘板岩から成り、風化が進み亀裂の多い緻密な岩片が重なり合った構造をしているが、非常に硬質であるため、岩盤対応タイプの泥土圧シールド工法（マシン外径φ3480mm）で施工した。

施工路線は、曲線区間が大半を占め R=50m の急曲線区間が 2ヶ所と R=150m、R=100m の曲線区間が各 1ヶ所あった。

発進部と到達部の高低差は H=25m で、発進部から 136m の区間は下り 12%の急勾配であり、到達部でレベルとなっている。勾配変化に伴う V 曲線（VR=1200m、VCL=144m）があり、全体の約 70%が 5%を越える急勾配施工、約 80%が曲線施工となっている。

路線の縦断面図を図-1 に示す

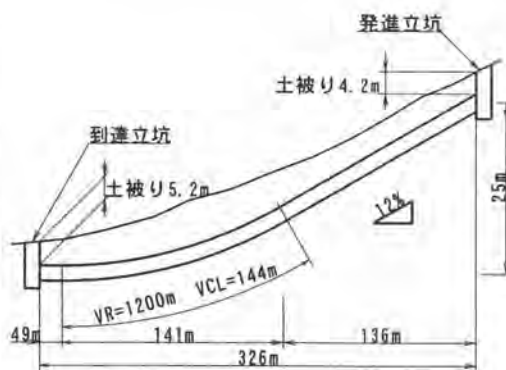


図-1 路線縦断面図

3. 急勾配搬送システム

1) 駆動原理

本搬送車はタイヤ駆動式であり、走行レール中央に I 型の駆動レールを設置し、ゴム製の駆動輪を左右より挟むように押し付け、その摩擦力によって電動機の動力を駆動輪に伝達して摩擦力を発生させ走行する。

駆動レールには、十分な牽引力を発揮させるために坑内環境を考慮してフリクションパッドを設置している。

駆動輪押し付け装置は油圧ジャッキ式を採用しており、油圧を調整することにより牽引力を変化させることができる。図-2 に駆動原理図を示す。

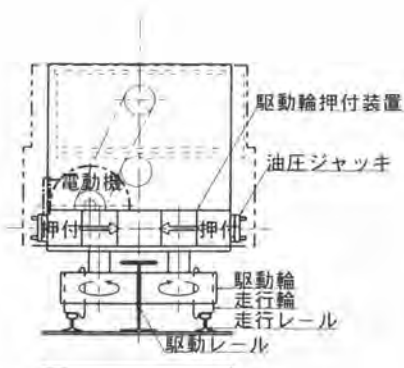


図-2 駆動原理図

2) 急勾配搬送車（じおくらいまー）の仕様

本搬送車は駆動輪 4 輪で駆動し、牽引力は 33kN を発揮する。施工可能な最小曲線半径は、R=15m である。制動装置は常用・非常用・駐車用を含め 5 種類を装備している。表-1 に搬送車の仕様、表-2 に電気・制動系の仕様、図-3 に搬送車の構造図を示す。

表-1 搬送車仕様

重量	5700 kg	全長	4150 mm	
搬送速度	高速	5.0 km/h	全幅	1100 mm
	低速	2.5 km/h	全高	1220 mm
ホイールベース	走行輪	1500 mm	駆動輪径	φ 381 mm
	駆動輪	750 mm	曲線半径	15 m
レールゲージ	610 mm	牽引力	33 kN	

表-2 電気・制動仕様

電気	制御方式	ベクトルインバータ制御	
	電源電圧	AC 400/440 V	
制動装置	常用	回生制動	回生コンバータ式
	駐車用	フリクションブレーキ	油圧式
	非常用	電磁ブレーキ	ディスク式
	非常用	非常ブレーキ	落とし込み式
	駐車用	駐車ブレーキ	落とし込み式

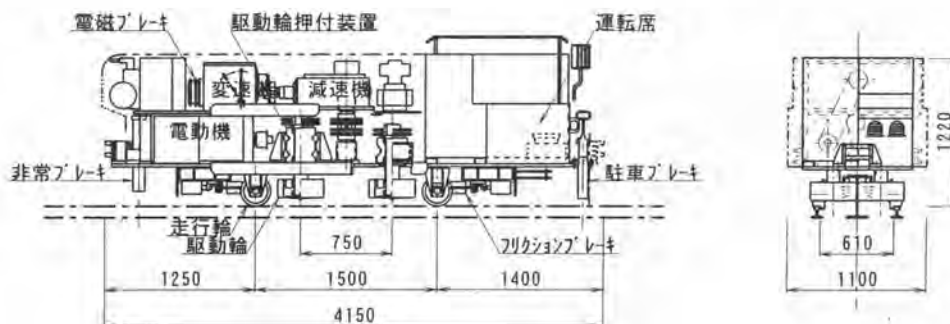


図-3 急勾配搬送車構造図

3) 給電装置

本搬送車は交流電源のため、後方にケーブルリール台車を接続し、ケーブルの巻き取り、巻き戻しによる給電方式を採用した。ケーブルリールは、ドラムの巻き取り方向とケーブル引き出し方向が直角で2層巻き、巻取量180mのものを使用し、トンネル中間点付近で折り返すことで360mの給電を可能とした。

4. 急勾配施工

1) 一次覆工

一次覆工時の列車編成は、急勾配搬送車1台、ケーブルリール台車1台、 2m^3 グランピートロ3台、セグメント台車1台で、1リング当たり2往復で施工した。また、搬送速度は 2.5km/h （低速）に設定した。列車編成図を図-4に示す。

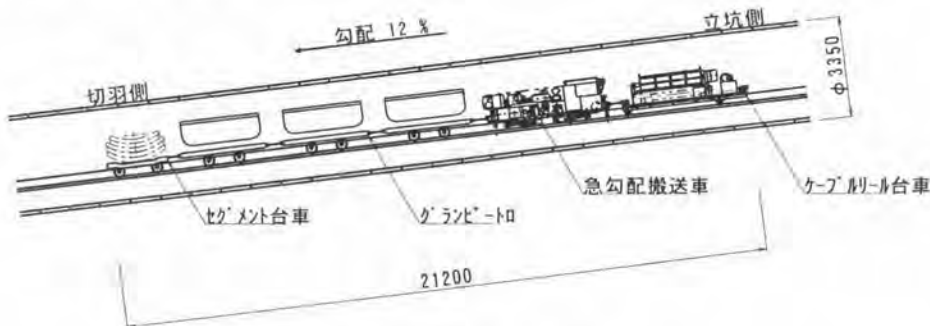


図-4 列車編成図

施工中の最大被牽引車重量は土砂運搬時における 16.5t であった。急曲線部の搬送も直線部と変わらずスムーズに行われ、制動状況も良好であった。また、掘削期間中の全走行距離は約 250km （急勾配部約 190km 、一般部約 60km ）で、この間のタイヤ交換は前輪（切羽側）2回、後輪（立坑側）1回であった。タイヤ交換の所要時間は 1h/輪 であった。

2) 水道用鑄鉄管の布設工

一次覆工後、同じシールドトンネル内に $\phi 1200\text{mm}$ と $\phi 1000\text{mm}$ のダクタイル鑄鉄管を並列に布設した。

図-5は管布設標準断面図である。

急勾配下の管布設のため、ダクタイル鑄鉄管の運搬には同じ急勾配搬送システムを使用した。

作業手順は、予め管布設部分の軌条を撤去し、受桁設置後に $\phi 1000\text{mm}$ 管を桁上まで運搬・仮置き後、 $\phi 1200\text{mm}$ 管を運搬し接合を行った。受桁上部までの管の水平移動のため、台車を前方に張り出し、管

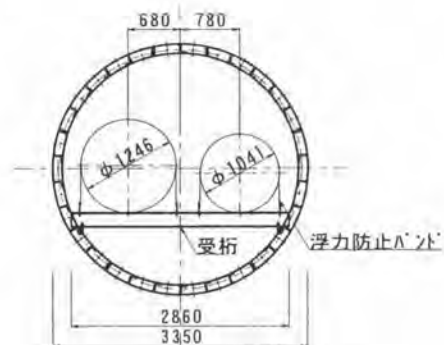


図-5 管布設標準断面図

受部をチェーン・スプロケットによって前後進させる専用の運搬台車を使用した。図-6・図-7は水道管布設作業手順図である。

軌条撤去・管運搬中の走行距離は約 100km であった。この間の最大被牽引車重量はφ1200mm×L=4000mmの管運搬時で5.7tであった。タイヤの摩耗量はごく軽微なものであり、交換の必要はなかった。

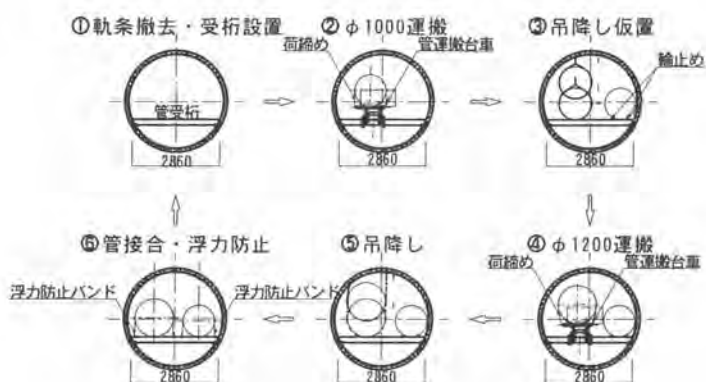


図-6 管布設作業手順図（横断面）

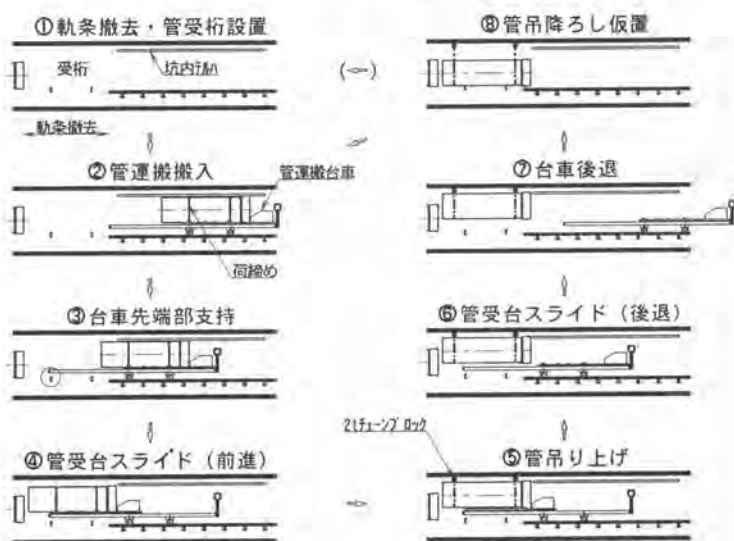


図-7 管布設作業手順図（縦断面）

5. おわりに

本急勾配搬送システムは一次覆工および水道管布設工を通して一度もトラブルをおこすことなく工事を完了することができた。そして、タイヤ駆動方式の急勾配搬送車（じおくらいまー）の安全性と急曲線施工における円滑な搬送能力を確認することができた。

45. 複線泥水シールドの調整槽の共有化

佐藤工業㈱：*朝倉 猛，小俣 文良
酒井 孝治

1. はじめに

泥水式シールド工法における掘削土処理には、礫砂分級の一次処理設備、シルト粘土分級の二次処理設備、余剰水水質調整の三次処理設備がある。泥水シールドを2本同時に施工する場合、その掘削土処理のための設備は同一箇所に設備することになる。

通常、泥水シールド機で複数断面を同時掘削する場合、二次処理設備は共有するが、調整槽や振動篩などの一次処理設備は独立した系統で使用している。本施工では、調整槽を一つに共有し施工を行った。また、流体輸送の排泥ラインにバイパスラインを設けて、一次処理設備を共通に使用できるようにした。その結果、1基の調整槽の容量が大きくなり、単線掘削時には泥水槽に大きな余裕ができるほか、単線掘削時には初期泥水量を多くすることで比重の変化が遅くなる。また、複数断面同時掘削時において、泥水の比重調整のタイミングがなくなるといったデメリットもあるが、性質の異なる土質条件で複数断面を同時に掘削する場合には、調整槽での比重調整がなくなるといったメリットもある。さらに、単線掘削時には、休止中の一次処理設備を一時使用出来ることで、工事を止めることなくメンテナンスを行うことが出来る。本報告では、このシステムの紹介と、長所と短所について報告する。

2. 調整槽の共有化のねらい

調整槽を共用化したねらいは、以下の通りである。

- ①礫層・粘土層を同時掘削したときに、比重が増大するものと減少するものとを合わせることで、比重変化量の減少をさせる。
- ②単独掘削時には、調整槽の余裕量が増大するほか、初期泥水量を多くすることで、比重変化量を減少させる。
- ③調整槽を共有化した場合、排泥ラインにバルブセットを設置するだけで、一次処理設備の相互利用が可能になる。その結果、相手側機が停止中の場合には一次処理設備の切り換えを行い、掘削を止めることなくメンテナンスを行うことできる。

3. 施工システム

本工事の泥水プラントのシステムを図-1に、伝送図を図-2に示す。このシステムが通常と大

大きく異なる点は以下の点である。

①独立して複数ある調整槽を共有化させ、1槽とする。

②排泥ラインをクロスさせるバルブを取付け、振動篩の相互利用を可能とする。

これらのシステムはすべてシーケンサを用いており、同軸ケーブル1本でつないでいる。処理設備起動の信号の形態は、流体制御盤からそれぞれ振動篩起動の信号が出力され、一度処理設備制御盤に入力される。ここで、処理設備制御盤に取付けられた処理設備の選択スイッチに従い、どちらの振動篩を使用するかを選定を行い、振動篩に起動指令を出力する。本施工では2基での使用であったため、ボタン一つで切換を行えるようにし、ストレートとクロスで区別した。

また、排泥ラインのバイパス管は、分岐部は縦配管とし、合流は横配管とすることで、砂礫分の沈降に対応した。

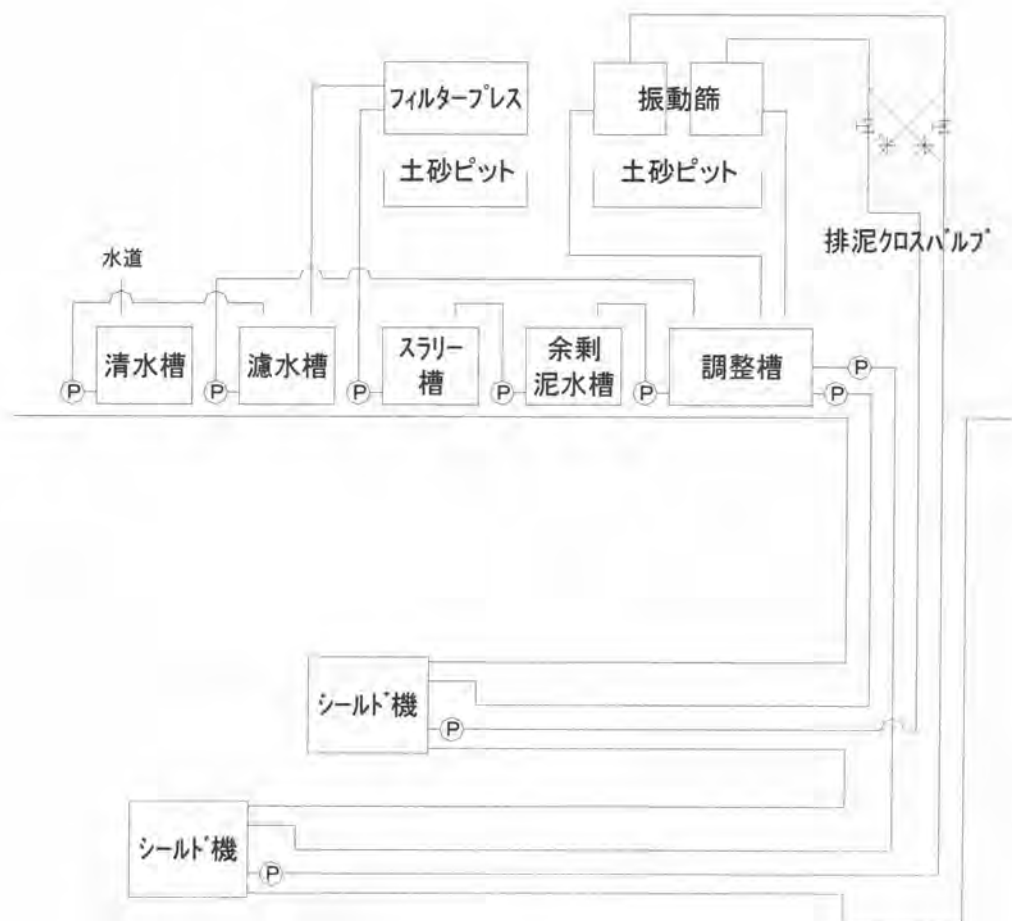


図-1 システム図

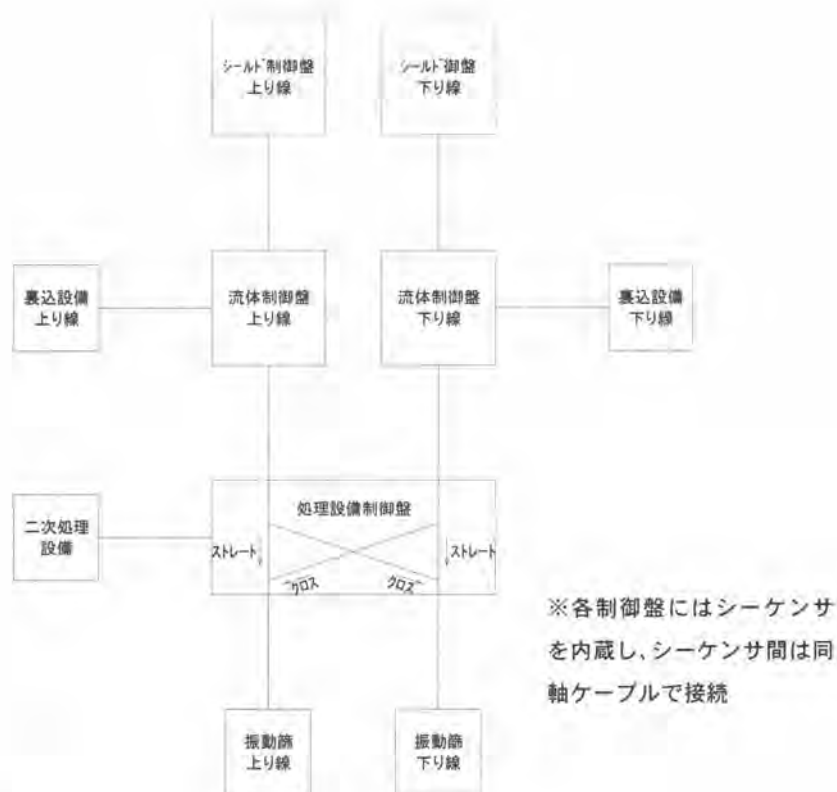


図-2 伝送図

4. 効果と問題点

効果は、以下の点があげられる。

- ①粘性土主体のトンネルにおいては、固結回収率が少なく、泥水比重が著しく増大すると懸念されていたが、初期泥水量を増量することで、比重の増大を抑えることができ、流体輸送ポンプ能力にも余裕が持てた。
- ②粘土層掘削時、振動篩の水走り対策でシャワー設備を使用した。調整槽容量に余裕がおおくあったため、オーバーフローなどのトラブルは発生しなかった。
- ③礫層掘削時には20m³弱の逸水が認められる場合もあったが、初期泥水量を多くすることができたため、調整槽の濁水などの問題も発生しなかった。
- ④メンテナンスを行う際に反対側機を使用することで、トラブル時にも掘削を進行することができた。また、反対側機の流体輸送設備がなくても、処理設備の試運転のほとんどを行うことができるため、コストの削減につながる。
- ⑤水槽を1基にまとめることで、設備コストの減少が図られた。

問題点は以下の通りである。

①同時掘削時には、掘削土量の管理が、流体輸送の比重管理に頼らざるを得なくなる。泥水処理プラントからの算定が難しい。

②施工をしてみたところ、礫層の透水性がかなり高かったため、調整槽比重・粘性を高くする必要があった。そのため、反対側シールドが粘土層を掘削し始めると、泥水の粘性が上昇し、振動篩の水走りがより増長された。その結果、多量のシャワー水を必要とした他、ポンプの能力を上昇させる必要があった。

③同時掘削時に上下線の施工サイクルが合わないときに、調整槽の比重調整のタイミングがなくなり、泥水の希釈の時間が足りなくなると反対側機の掘削を待たせることがあった。

全体的視野から考察すると、調整槽を1つにすることで、タンクのオーバーフローには余裕が生まれ、またシールド工事の場合、1箇所でも機械がトラブルを発生すると、全体をストップさせなければならなくなり、特にトラブルは掘進初期に発生することが多い。しかし、シールド掘削は片線を2ヶ月程度遅らせて掘削するケースが多く、本事例のように掘削距離が少ない場合は、実質的に同時掘削を行う時間は多くない。そのため、調整槽を共有化させることで、実質的には大きな施工余裕が生まれた。

しかし、泥水や掘削土砂は、2線が混ざったものが集積されるため、掘削管理が難しい。また、片線の影響が、反対線にも影響するため、臨機応変な対応が難しい。また、片方がセグメント組立、片方が掘削のケースでは、掘進状態が継続されるため、泥水の希釈が間に合わない場合があり、掘削に影響を及ぼしてしまった。

流体輸送では、排泥クロスバルブ部での閉塞について当初懸念されたが、本施工中には問題が発生しなかった。

5. 今後の改良点

本事例では、調整槽の共有化にあたり、大型水槽1槽としたが、掘削管理の問題や、反対側機の処理設備や流体輸送ポンプへの負荷の増大という問題点などがあった。これらの点については、調整槽の比重管理を掘削中にも行えるように、泥水希釈の手法を改善する必要がある。

6. おわりに

複数シールドを同時掘削する場合の調整槽の共有化は、同時に掘削している他のシールド掘削に、泥水比重調整時間などの影響をおよぼすことがあるが、工程の違いにより、同時掘削時間が少ない場合には有効であると思われる。

また、泥水シールドは、設備量が多くなり、その分トラブル発生率も高くなるが、シールド工事は一つのトラブルが全体工事を止めることになりかねない。そのため、本事例のように、設備の相互利用を可能にして、有効的に利用できるようにすることは、その他設備についても、今後の検討課題になると思われる。

46. 縦二連分岐式泥水シールド工法（H&Vシールド工法）に関する施工

西松建設(株)：*北本 正弘、小南 幸博

1. はじめに

東京都下水道局発注の南台幹線工事において、仕上り内径φ2,400mmとφ2,000mmの2本の集水管を発進から160.4m区間で上下に並列し、その後別方向に布設するため、縦二連分岐式泥水シールド工法(H&Vシールド工法)により築造を行った。

本工事は縦2連状態での曲線半径 R=15m の急曲線施工、機械式地中分岐、地下鉄丸の内線構築との近接施工などが計画されていた。

本報は、縦二連分岐式泥水シールド工法での急曲線施工における姿勢制御結果、地中分岐、地下鉄丸の内線との近接施工の結果に関して報告するものである。



図-1 H&Vシールド機

表-1 工事概要

工事件名	南台幹線工事、南台幹線その2工事
工事場所	東京都杉並区方南一・二丁目、中野区弥生町六丁目、南台五丁目
企業先	東京都下水道局
工事期間	南台幹線工事(発進立坑築造、管路の一部) 平成10年1月5日～平成11年3月31日 南台幹線その2工事 平成11年4月1日～平成12年5月11日
工事内容 (管路関係)	円形管内径φ2,400mm:南台幹線 シールド外径 φ3,290mm 掘削延長 730.45m 円形管内径φ2,000mm:主要枝線 シールド外径 φ2,890mm 掘削延長 923.50m

2. 工事概要および土質概要

2.1 工事概要

本工事では、杉並区和田二丁目から中野区南台五丁目までの幹線流域を集水する南台幹線(仕上り内径 2,400 mm)と、杉並区和田二丁目から方南二丁目までの周辺流域の雨水を集水する主要枝線(仕上り内径 2,000 mm)の2本の集水管を外径φ3,290 mmおよび外径φ2,890 mmの泥水シールド工法により築造を行った。また、発進立坑から約160mの地点において機械式地中分岐を行った。

南台幹線および主要枝線の平面線形を図-2 に示す。縦2連時の平面線形は、曲線半径 R=15m が2カ所、R=20m、R=100m が1カ所ある。

分岐後、南台幹線は、区道の下を通り、方南通りに入り営団丸の内線



図-2 路線平面図

構築下を離隔約 10m で約 50m 併走後、神田川を横断し到達立坑に至る総延長 728m の区間である。

一方、主要枝線は、区道の下を通り、営団丸の内線構築下を離隔約 15m で横断後、神田川を横断して到達部に至る総延長 923m の区間である。

2. 2 土質概要

南台幹線の土被りは 15~24m で、掘進対象土質は発進部から N=14~50 と非常に締まった細砂、礫混じり細砂、シルト質細砂である。

主要枝線の土被りは 18~27m で、掘進対象土質は、発進部から礫混じり細砂、シルト質細砂 (N=25~50) である。間隙水圧は、ほぼ静水圧分布に近く 150~190kN/m² である。また、透水係数は、細砂で 10⁻³ cm/sec のオーダー、砂礫で 10⁻² cm/sec のオーダーを示している。

3. 縦 2 連分岐式泥水シールド

3. 1 H&V シールド工法の特長

H&V シールド工法は、2つの円形断面シールドを接合した複断面シールドをらせん状に掘進することや、分岐したりすることを可能としたシールド工法である。H&V シールド工法の主な特長を以下に示す。

I) 独特のローリング制御機構(クロスアーティキュレート機構)により、縦2連、横2連でシールド掘進が可能である。

II) 横並列から縦並列へと断面形態の変化するスパイラルトンネルの構築が可能である。

III) シールドを地中分岐することにより、立坑を設けずに分岐トンネルの構築が可能である。

縦2連分岐式泥水シールド機の構造を図-3に、仕様を表-2に示す。

(1) 姿勢制御 (H&V 機構)

① クロスアーティキュレート機構

クロスアーティキュレート機構とは、2つの前胴が相反する方向へ中折れる機構である。これにより各々の前胴に相反する方向の地盤反力が作用し、発生する回転力によりローリング制御を行う。機構概念図を図-4に示す。

② スパイラルジャッキ

スパイラルジャッキは、シールドジャッキをシールドの進行方向に対し円周方向へ偏心させることによりジャッキ推力の分力を利用してローリング力を発生させるものである。図-5に概要を示す。クロスアーティキュレート機構に比べ回転力は小さい。上下シールドともに4本のスパイラルジャッキを装備した。

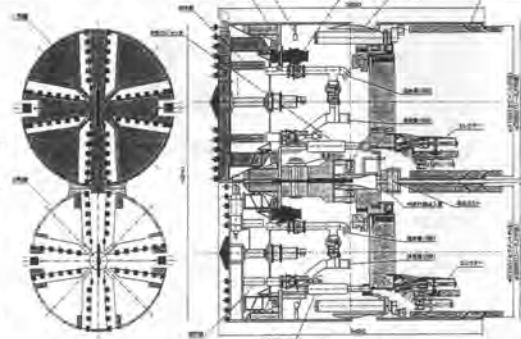


図-3 H&V シールド機構造図

表-2 H&V シールド機仕様

	上部シールド	下部シールド
外径	φ 3,290mm	φ 2,890mm
機長	5,650mm	5,450mm
シールドジャッキ	1,000kN×1150mm×10 本	800kN×1150mm×10 本
中折れジャッキ	1,000kN×585mm×8 本	800kN×585mm×8 本
中折れ角	左右 13.0°	上下 1.0°
カット回転数	0~1.8rpm	0~2.0rpm
装備トルク	常用 370kN-m 最高 560kN-m	常用 250kN-m 最高 380kN-m
コピーカット	158kN×150mm×2 台	158kN×210mm×2 台

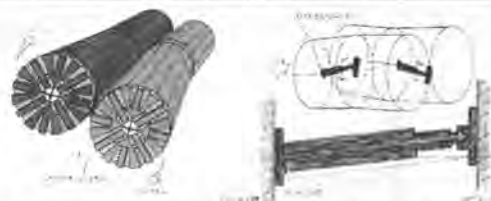


図-4 クロスアーティキュレート 図-5 スパイラルジャッキ

(2) 分岐機構

縦2連分岐式泥水シールドは、 $\phi 3,290$ mmの上部シールドと $\phi 2,890$ mmの下部シールドをスペーサと呼ばれる金物を介して、前胴・後胴それぞれを連結ピンで連結している。地中分岐の手順は、連結ピンを取り外し、シールドのスキムプレートとスペーサの付着を取るためのジャッキアップを挿入し、上部シールドが先に分岐発進する。その後、下部シールドとスペーサを分離し、スペーサを地中に残置し下部シールドが掘進する。分岐概要を図-6に示す。



図-6 分岐手順

4. 分岐工

分岐時の懸念事項は以下の通りであった。

- ①上下シールド間の離隔が極小(スキムプレート間で 60mm)のため地中に残置するスペーサがシールド通過時セグメントに干渉し、セグメントに悪影響を与える可能性がある。
- ②スペーサとシールド機の鏽等による固着によりスペーサの分離に影響がでる可能性がある。

4.1 施工結果

分岐に関しては懸念されたような事態は起きなかった。推力、姿勢制御ともに異常なく施工を終えることができた。しいて問題を挙げるとすれば、上下シールドを連結していたピンに歪が生じていたために抜取りに手間取ったことであった。

5. 縦2連シールド姿勢制御結果

今回の縦2連シールド区間では、急曲線が3カ所($R=15m$:2カ所、 $R=20m$:1カ所)存在し、シールドの姿勢、特にローリング制御が重要な課題であった。

5.1 ピッチング、ヨーイング

上部シールドの径が下部シールドより大きな縦2連という形状から急激なピッチング変化が懸念されたため、上下中折れ機構を装備した。

ヨーイング制御は、単円シールドと同様の左右中折れ機構とジャッキ選択による制御を行った。

急曲線 $R=15m$ 施工時のピッチング角の状況を図-7に、上部セグメントの計画線からの変位量(上下、左右)を図-8に示す。

セグメントの上下変位量が、35リングで30mm変化

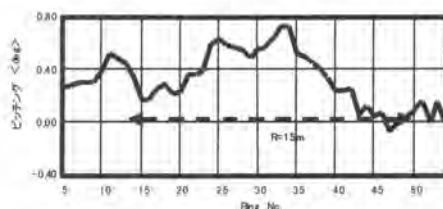


図-7 ピッチング変化

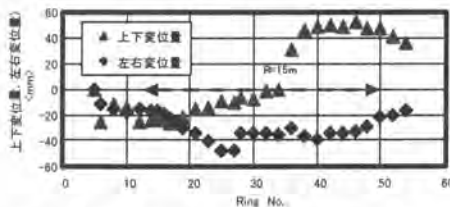


図-8 計画線からのセグメント変位量

し、50 リングまで+30～+52mm の間で推移している。発進から R=15m 区間では、セグメントの左右変位量に急激な変化はなく、±0～-49mm の間で推移している。急曲線 R=15m 施工でのピッチング、ヨーイング変位量管理目標値はともに±50mm としていたことから、満足できる結果であった。

5. 2 ローリング

ローリング制御方法は、施工性を考慮し、カッタ回転方向選択を優先し、制御が困難となった場合に、H&V 機構のクロスアーティキュレートを使用し、次にスパイラルジャッキを使用することとした。

図-9、10、11 に急曲線 R=15m 施工時のローリング角、相対中折れ角、平均中折れ角を示す。

急曲線が開始する 15 リング掘進時にローリング角が 0.27deg まで変化し、平均中折れ角を变えることなく 2 リングで 0.77 deg の相対中折れ角とし、ローリングの進行を抑制した。その後は、シールド機の変化が中折れ操作より数リング遅れる過去の実験結果を参考に、ローリング角の変化を確認しながら相対中折れ角の調整を行った。40 リング以降は、線形が曲線区間から直線へ移行するため、掘進の方向性とテールクリアランス管理に重点を置き、急激な姿勢変化をさせないようにクロスアーティキュレートの使用には慎重を期し、極力使用を控えるようにした。急激なローリング変化もなく、面盤回転制御のみによりローリング修正することが可能であった。

次に、曲線施工部 (R=100, R=15) におけるローリング変化量 $R(n) - R(n-1)$ と相対中折れ角差 $\theta_U(n) - \theta_L(n-1)$ の関係を図-12 (i) (ii) (iii) に示す。

直線での過去のローリング施工実験結果によると、ローリング角変化量と中折れ角度差にはほぼ相関関係が成立するとのことであったが、本工事の曲線施工においては、ばらつきが大きく良好な相関性はみられなかった。

R=100 m に比べて R=15 m においてばらつきが大きい理由としては以下のことが考えられる。

- ① 急曲線施工時のテールクリアランスの低減によりシールドスキムプレートとセグメント間の摩擦抵抗が増大し、回転力の発生への影響が大きい。
- ② シールドが平面的に屈曲した中折れ状態が、回転力の効果へ影響を与える。

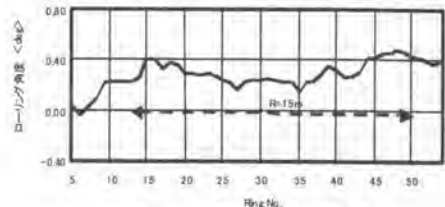


図-9 ローリング変化

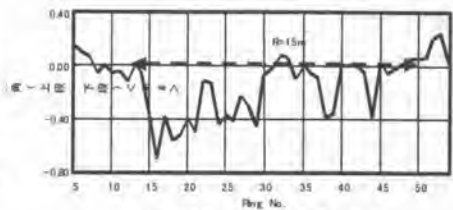


図-10 相対中折れ角

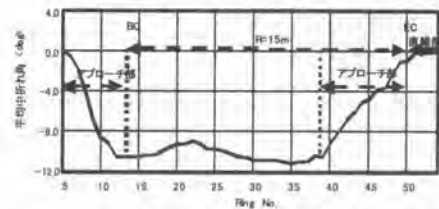


図-11 平均中折れ角

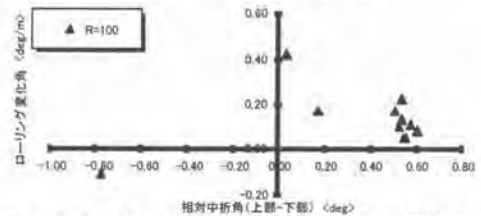


図-12 (i) 相対中折れ角度差とローリング変化角

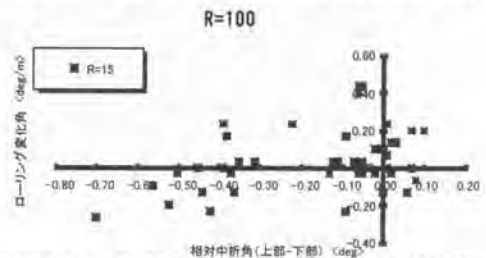


図-12 (ii) 相対中折れ角度差とローリング変化角

R=15

③中折れ状態でのピッチング変化やヨーイング制御のジャッキ選択操作などが、ローリング修正に影響を与える。

④急曲線では余掘りを大きくしているため、面盤回転方向反転によるローリング修正効果が大きくなり、その影響が考えられる。

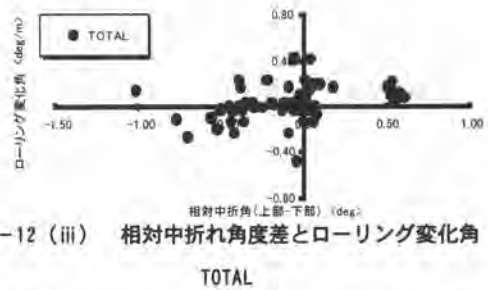


図-12 (iii) 相対中折れ角度差とローリング変化角

5. 3 姿勢制御について

今回の施工における大きな特長の一つは、縦2連形状での急曲線施工(R=15m)であり、過去に経験がないため、手探り状態での施工となった。

姿勢方向制御では、ピッチング、ヨーイング、ローリング、上下シールドのテールクリアランスなどパラメーターが非常に多く、常にバランスをとりながら、クロスアーティキュレート、中折れ角、セグメントテーパ量などの設定の方向性を探らなければならなかった。特にローリング制御に関しては、クロスアーティキュレートのタイムラグ特性を考慮した施工を求められるなど、留意すべき点が多く、発進直後の急曲線(R=15m)については慎重な施工を求められた。その後の R=15m、R=20m の施工においては、その経験を生かし無事に施工をおえることができた。

6. 余掘り充填工法

6. 1 概要

上部シールドの路線である方南通りでは、シールド機が地下鉄構築直下を離隔 9.49m(約 3D)で丸の内線と約 50m 並走するため、シールド掘進による丸の内線構築への影響が懸念された。しかし、構築直下において在来工法である地上からの地盤改良による構築の防護対策施工は物理的に不可能であった。

そこで、シールド機内からの充填材の同時注入による掘進が可能な余掘り充填工法が採用された。

また、地下鉄構築および周辺地盤へのシールド掘進による影響を把握するため、丸の内線構築内に計測器を事前に設置し構築の挙動を常時監視して管理を行った。図-13 に路線図および計測位置を示す。

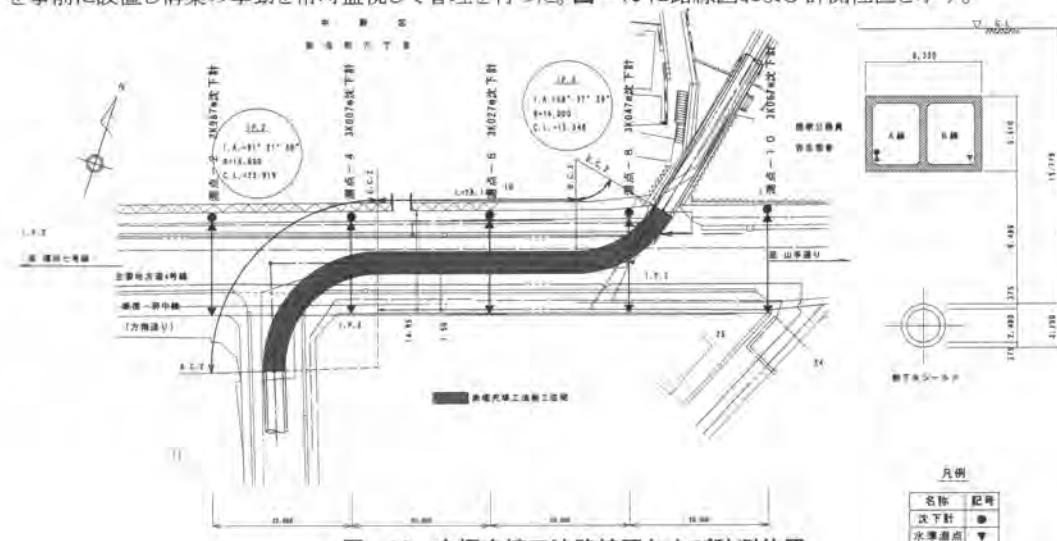


図-13 余掘り充填工法路線図および計測位置

6. 2 施工手順

近接構造物への影響を最小限に抑えるため、シールド掘進時、シールド機前後胴の注入孔（8カ所）およびテール通過後のセグメントより余掘り部およびテールポイドへの充填材の同時注入を行った。シールド通過後、速やかにセグメントグラウトホールを利用して裏込注入により充填材の置換を行った。

この際、充填材の置換効率を上げるため、袋付きセグメントの使用を行った。図-14に施工手順を示す。

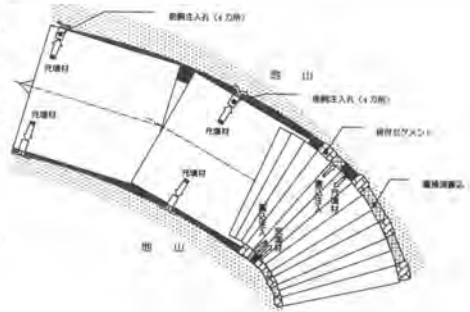


図-14 充填工法

6. 3 配合および設備

(1) 基本配合

基本配合を表-3に示す。

(2) 充填工法設備

充填工法で使用した設備を以下の図-15に示す。

①地上の作液プラントで基本配合に従いA液（ハイビック+清水）を混合し、ポンプにて坑内の充填台車に圧送した。

②坑内の充填台車上でA液とポリマー（ビスカL）をミキサーで攪拌し、切羽まで圧送、注入した。

表-3 充填材配合表

主材料名	添加量(L)	比重
ハイビック	313	2.36
清水	863	1.00
助材料名	添加量(L)	比重
ビスカL	4.7	0.90~1.05

6. 4 変状計測結果

図-16に地下鉄丸の内線計測結果を示す。前述の充填工法にともなった施工の結果をみると、シールド通過に伴う地下鉄構築の変状は最大0.5mm程度しかなく、その後のシールド通過に伴う影響と見られる沈下も1mm以内という小さな値で収束している。水準測量においても、特に変化は見られなかったため、無事にシールド掘進を施工できた。

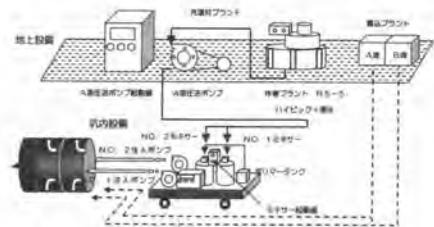


図-15 充填工法設備

7. あとがき

本工事はH&Vシールドによる急曲線施工、地中分岐、地下鉄構築での近接施工など、困難が予想されたなか、無事両シールドとも施工を終えることができた。

施工にあたりご指導、ご協力頂いた関係者各位に深く感謝いたします。



図-16 変状計測結果

47. 泥土圧シールドの掘削土再利用における流動化処理システムの開発

佐藤工業(株)：*小林 拓, 花田 行和
大浦 修三

1. はじめに

「11号線本所工区土木工事」は、泥土圧シールド工法により地下鉄複線トンネルを製造するものであり、発生土の一部を、シールドトンネルのインバート材および停車場部埋め戻し用の流動化処理土として再利用するよう計画されている。

本工事では、従来行われてきた泥水シールドの余剰泥水を利用したシステムとは条件が異なるため、現場発生土の分析および配合試験を行うことにより、設備の選定を行った。

2. 配合計画

発生土インバート材と流動化処理土の要求品質は、「発生土インバート施工指針」「土木工事追加施工指針」に右表のように設定されており、これらの条件を満足するため、現場発生土による配合試験を行った。

表-1 要求品質

種類	一軸圧縮強度 (N/mm ²)	JHSフロー値 (mm)
発生土インバート材	6.0以上	規定無し (150以上)
流動化処理土	0.13~0.56 (0.2~0.4)	180~300 (180以上)

()は自主管理目標値

試験練り試料の採取深度により粘土の流動性が異なることを考慮し、現場配合は、要求品質を満足するケースの中から、泥土利用率が高く経済的に有利な配合を選定し、下表の配合とした。

表-2 現場配合

項目	含水比%	発生土 ρ=1.6t/m ³	セメントkg	水m ³	減水剤kg	安定剤kg
発生インバート材	170	0.42	430	0.43	4.3	4.3
流動化処理土	170	0.49	50	0.49	—	—

3. 施工計画

(1) 概要

流動化プラントは、泥土の受入から解泥、含水比調整(比重調整)工程までを1ラインとし、配合の違いによりセメントの混練、混和剤添加の工程から発生インバート材製造と流動化処理土製造を別々の2ラインとした。

① 施工数量

施工数量は下表の通りである。

表-3 施工数量

種類	施工場所	施工数量(m ³)	
発生土 インバート材	立抗部	480	7,150
	シールド部	6,670	
流動化 処理土	押上一工区	10,200	23,470
	押上二工区	13,270	

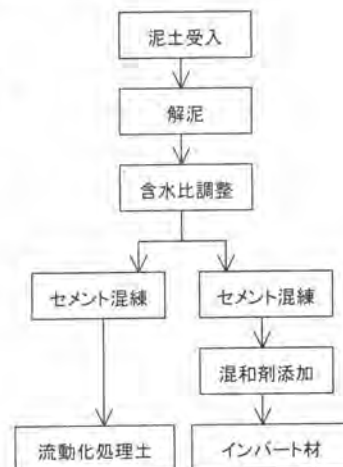


図-1 流動化プラントフロー

②施工条件

施工日数から1日あたりの施工量の平均を以下に示す。

なお、製造プラントの能力は、

(1日あたり施工量) × 120%として計画した。

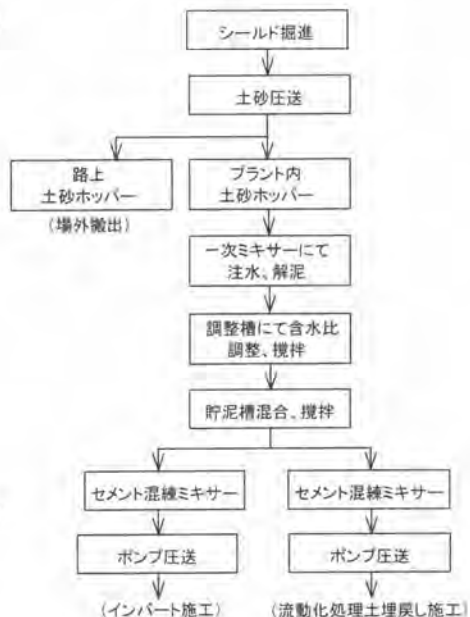
表-4 施工条件

種別	施工量 (m ³)	施工日数	1日あたり施工量 (m ³)
発生土インバート材	7,150	110	65
流動化処理土	23,470	130	180

(2) 施工フロー

シールド掘進から打設までの施工フローを右図に示す。

図-2 施工フロー図



4. 製造プラントの機種選定

坑内からポンプ圧送されてきた泥土は、圧送に要する水分を配管内周に保持しているが、内部は土塊のままの状態を維持している。

解泥ミキサーでは、使用する掘削土を均質な材料とするために、粘性土の溶解に適したミキサーの機種選定を行った。

また、セメント混練ミキサーの選定では、インバートおよび流動化処理土を設定配合に管理し、定量的に打設を行えるよう、溶解した泥土中にセメントおよび添加材を定量供給し、連続した混練に適したミキサーの機種選定を行った。以下に機種選定の実験結果を記す。

4-1. 解泥ミキサーの選定

<ミキサーの選定条件>

- ・掘削土の完全溶解
- ・溶解にかかる所要時間

<実験方法>

下表に示す3種類のミキサーを用いて溶解実験を行った。実験では、練り混ぜを10分間行い1分、2分、3分、4分、5分および10分後の練り混ぜ状況を観察し、泥水比重、JISフローを測定した。実験に使用した土は、当工区の土の性状に近い新浅草St作業所から採取した粘土質の土である。以下に使用した土の性状測定結果を記す。

採取場所	: 新浅草St作業所	
分類名、分類記号	: 粘質土 (CL)	・塑性限界 (W _p) : 54.4%
・土粒子比重	: 2.685	・粒度: 2mm~75μm (砂分) : 29%
・含水比 (W)	: 110.9%	75μm~5μm (シルト分) : 35%
・液性限界 (WL)	: 85.7%	5μm以下 (粘土分) : 36%

＜実験結果＞

表-5 実験結果

	Case1	Case2	Case3
ミキサー機種 (タイプ)	強制練りミキサー (バッチ式)	ブローシェアミキサー (バッチ式)	スパイラル・ピンミキサー (連続式)
実験の配合	＜実験条件＞ ① 生泥土のまま混練り(含水比W=110.9%) ② 練り上り泥水の含水比W=130% ③ // 含水比W=140%		
実験方法	練り混ぜを10分間行い、1分、2分、3分、4分、5分および10分後の練り混ぜ状況を観察(目視)した。また、泥水比重、JHS7ローも同時に測定した。		
実験結果 ＜練り混ぜ観察＞	・10分間練り混ぜても土塊 (max.10cm程)が残った	＜生泥土の場合＞ 練り混ぜ5分までは土塊が 残っていたが、10分経過後 では全て解けた。 ＜含水比W=130%＞ 練り混ぜ5分で土塊が無 くなった。 ＜含水比W=140%＞ 練り混ぜ3分で土塊が無 くなった。	・土の供給が不連続であ ったため、所定配合での実験 が行えなかった。 ・生泥土のみの練り混ぜで は(粘性が高いため)ミキサ が閉塞し、混練りが出来な かった。 ・しかし、加水を行えば均 一に泥水がキシングされる。実 験では、泥水比重1.325～ 1.385(含水比155～125%)
＜70値、比重＞	土塊を含むため値は参考値		
W=110.9%(生泥土)	70=81mm, ρ=1.395	70=84mm, ρ=1.400	70=114mm, ρ=1.385
W=130%	70=187mm, ρ=1.365	70=146mm, ρ=1.350	70=178mm, ρ=1.380
W=140%	70=288mm, ρ=1.345	70=272mm, ρ=1.340	

- ・強制練りミキサーの場合、土砂と水が混練槽内を羽根と共に回転し、長時間かけても土砂と水が完全溶解することはなかった。
 - ・ブローシェアミキサーの場合は、土砂と水が高速で回転する羽根で混合され、同時にミキサー内側部に配置されたチョッパーで土塊が剪断分散されることで、粘性の高い土砂であっても完全溶解が可能となる。
 - ・スパイラルピンミキサーの場合、土砂の粘性が低い時はミキシングに問題はないが、粘性が高いとピンの回転負荷が大きくなりロータが停止してミキサー内部に土砂が閉塞する恐れがある。
- 以上の結果から、ブローシェアミキサーが粘性土の溶解に適していると言える。

〈構造断面図〉

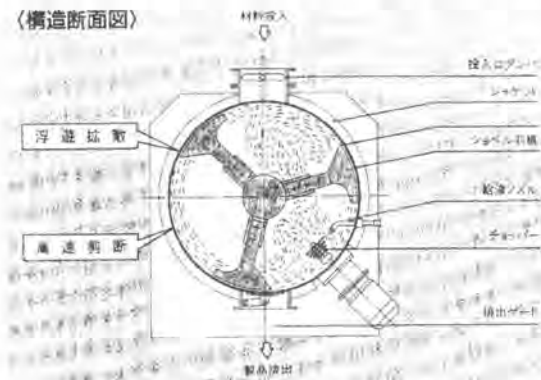


図-3 ブローシェアミキサーの構造

《ブローシェアミキサーの特徴とメカニズム》

- ・ブローシェアミキサーは、従来のミキサー能力である混合・混練という作用の他に、分散混合作用を兼ね備えた装置である。
- ・下図に示すように、独自の形状をしたショベル羽根により浮遊拡散を行うと同時に、多段式チョッパー羽根によって、高速せん断分散を効率よく行うもので、従来のミキサーでは困難とされていた『強力分散混合』を可能にした。

4-2. セメント混練ミキサーの選定

<ミキサーの選定条件>

- ・セメントおよび添加材の定量供給、連続した混練が行える。
- ・本工区の土質は、セメントと混練すると凝固が異常に早くなる性質を有しているため、混練装置には高レベルの攪拌効果が要求される。
- ・本設備は、駅部の構築内に設置するためコンパクトな装置が必要。

<実験方法>

固化実験では、流動化固化と直接固化の2種類の実験を行った。

流動化固化：溶解した泥水に固化材を添加する方式

直接固化：生泥土と固化材を混練りする方式

固化材の添加量は 500kg/m^3 と 1000kg/m^3 (外割) である。なお、使用した固化材は普通セメントである。実験では、処理土の流動性を高める目的で混和剤を添加した。混和剤はレオソイルC (ボゾリス) を使用し、添加量は 5kg/m^3 である。

なお、ミキサーで混練りされた処理土を採取し、JHS フロー値や強度を測定した。

以下に使用した土の性状測定結果を記す。

採取場所	押上二工区 16k785 GL-16m		
分類名、分類記号	粘土 (CH)	塑性限界 (Wp)	: 37.6 %
・土粒子比重	: 2.675	・粒度: 2mm~75 μm (砂分)	: 11 %
・含水比 (W)	: 62.0 %	75 μm ~5 μm (シルト分)	: 37 %
・液性限界 (WL)	: 60.0 %	5 μm 以下 (粘土分)	: 52 %

図-4 実験方法

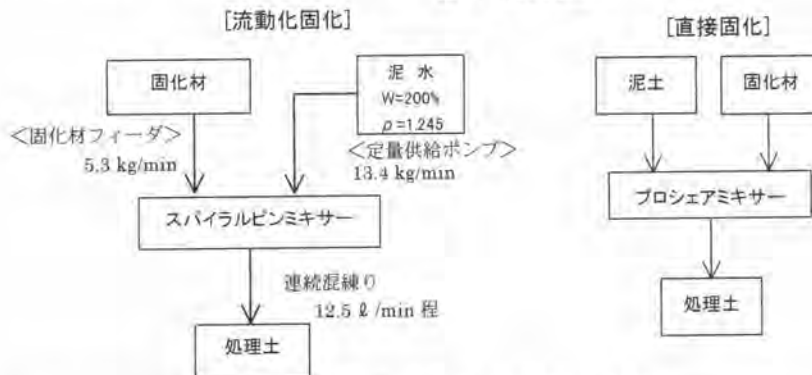


表-7 混練り時間、処理土の性状

実験条件	泥水の含水比 W	固化材の添加量 (kg/m^3)	混和剤		混練り時間	JHS フロー値	密度 (g/cm^3)	強度 σ_7 (kgf/cm^2)
			有 無	添加方式				
流動化固化	200%	500	無	—	連続	105mm	1.49	70.1
			有	前添加(*注1)	連続	166mm	—	—
			有	後添加(*注1)	連続	182mm	—	—
直接固化	80% 泥土(*注2)	500	無	—	1分	測定不能	1.377(*注3)	16.8
		1000	無	—	0.5分	測定不能	1.387(*注3)	10.5

(*注1)前添加は泥水に添加、後添加は処理土に添加して再度ミキシングした

(*注2)直接固化では、地山に加水した後の土を想定し、含水比80%の泥土を使用した

(*注3)供試体は空隙が多く均でないため、密度の値が低い結果となった

<実験結果>

流動化固化

- ・今回使用したスパイラルピンミキサー（公称能力 $1\text{m}^3/\text{h}$ ）の実質練り能力は $12.5\text{ l}/\text{min}$ ($0.75\text{m}^3/\text{h}$) であった。ミキシングの効率は 0.75 （実質能力/公称能力）である。（泥水含水比200%の場合）
- ・処理土のフロー値は、混和剤を添加しない場合で 105mm であるが、混和剤を添加すれば 166mm （前添加） 182mm （後添加）となり、混和剤の流動性の効果がみられた。
- ・混和剤の添加方法について、後添加が前添加と比べてフロー値が多少大きくなった。
- ・処理土の強度 σ_7 は $70.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ であった。
（28日強度を想定すると $112\text{kgf}/\text{cm}^2$ となる（ $\sigma_{28} \approx \sigma_7 \times 1.6$ ））

直接固化

- ・ミキサーの [実質練り量] / [材料公称練り容量] の比率は、 $0.26 \sim 0.31$ （平均 0.29 ）であった。
- ・ミキサーの練り時間（バッチ当たり）は、固化材添加量が $500\text{ kg}/\text{m}^3$ で1分、添加量 $1000\text{ kg}/\text{m}^3$ で 0.5 分であった。
- ・処理土の性状は、固化材添加 $500\text{ kg}/\text{m}^3$ では粘土状であり、固化材添加 $1000\text{ kg}/\text{m}^3$ ではパサパサもしくは粒状であった。
- ・処理土の強度 σ_7 は、 $500\text{ kg}/\text{m}^3$ 添加が $16.8\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 添加が $10.3\text{kgf}/\text{cm}^2$ であり、固化材添加量が多いにもかかわらず強度が低い結果となった。
（28日強度を想定すると $500\text{ kg}/\text{m}^3$ 添加が $27\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ が $17\text{kgf}/\text{cm}^2$ ）

以上の結果から、スパイラルピンミキサーで粘性の高い泥水の固化が確実に行えることが明らかになった。

《スパイラルピンミキサーの特徴とメカニズム》

- ・それぞれ別個の投入口から供給された材料は、高速回転する分散ローター下部とミキシングローター上部との間隙より、薄膜状となって外周部へ攪拌される。
- ・攪拌された材料は、ミキシングローター上面部にスパイラル状に配列された一次分散用ピンによりせん断される。
- ・粗分散された材料は、渦流状に回転しているため、材料自身のもつ遠心力によって滞留し、その間、二次分散ピンによって激しいせん断力を受ける。

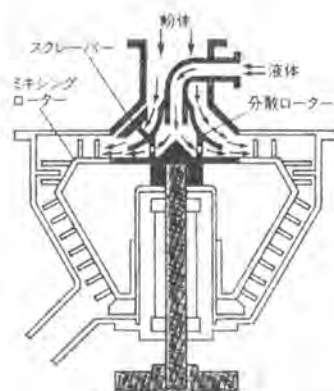
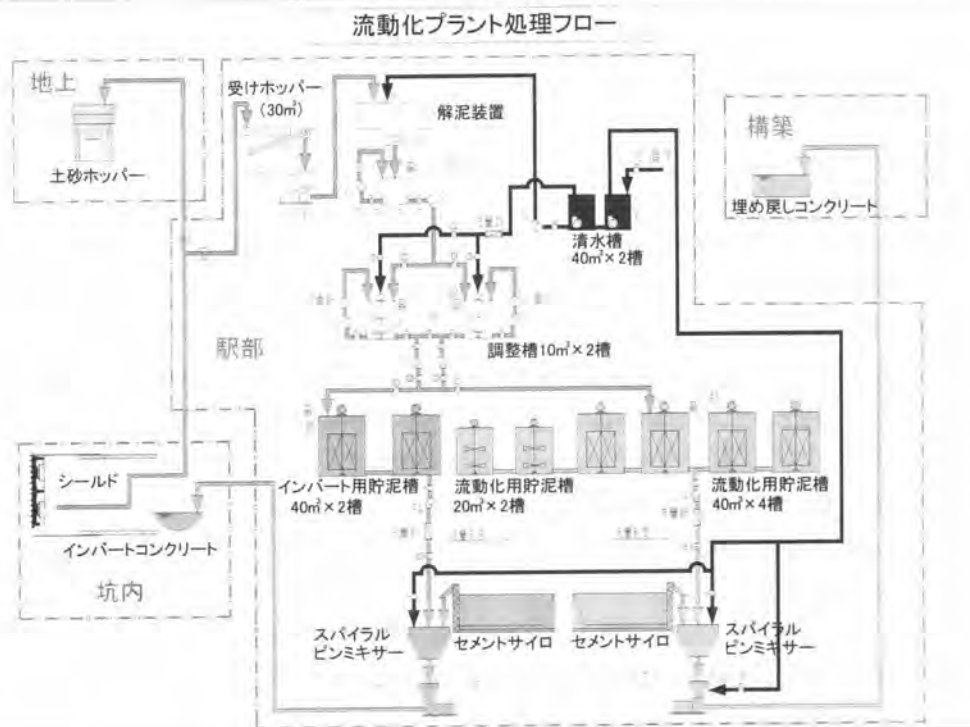


図-5 スパイラルピンミキサーの構造

5. 処理フロー

掘削土再利用設備の処理フローを以下に示す。



6. おわりに

泥土圧シールドより排出される泥土を利用した、インバート材および流動化処理土材の製造・打設設備を一連のシステムとして計画した。

計画に当たっては、現場採取土による試験練りを繰り返すことによって、強度および流動性に対する要求品質を確保し、さらに、泥土の利用率が高く経済的な施工が可能となるシステムを検討した。

本システムの特徴は、泥土を効率よく解泥・分散する装置としてプロシエアミキサーを採用し、さらに、高速でセメントと溶解泥土を強制的に混合するミキサーとしてスパイラルピンミキサーを採用し、泥土の再利用化に対応したことにある。

今後は、実施工において、掘削土の性状の変動時における配合調整や、各機器の連動性の検討を行い、システムの完成を目指すものである。

48. スパイキーハンマー付きコンクリートはつり機の開発

(株)間組：*関 俊一郎，芳賀 佳之

1. はじめに

近年、コンクリートの劣化に伴い、下水道施設の老朽化が進んでいるという現状がある。

神戸市高松汚水幹線防食塗装改修工事は、硫酸の影響により下水道の劣化したコンクリートを除去し防菌モルタルを吹き付ける全国初の補修工事である。

工事は、延長 1,200m、仕上がり内径φ3,000mm の大規模補修工事であり、コンクリート劣化部は、数～20mm 程度であるが、50 年の耐久性を確保するためには計算上 20mm の防菌剤吹付け厚が必要となった。したがって、トンネル断面積を変更しないために、劣化した管きょアーチ部のはつり除去厚も 20mm に設定した。このため、劣化部以外は $40\text{N}/\text{mm}^2$ を越える硬いコンクリートとなり、これを効果的にはつることがこの工事の最大の課題となった。

また、補修工期は実質 2 ヶ月程度の厳しい条件となった。

人力によるはつりは、コンクリートの硬さから工程確保が困難であり、また、従来技術であるウォータージェット工法は、施工精度の問題、および長距離、円形断面における設備上の課題があった。

以上のことから、施工精度と工程の確保を満足するため、新たにスパイキーハンマー付きコンクリートはつり機を開発し、現場に適用した。

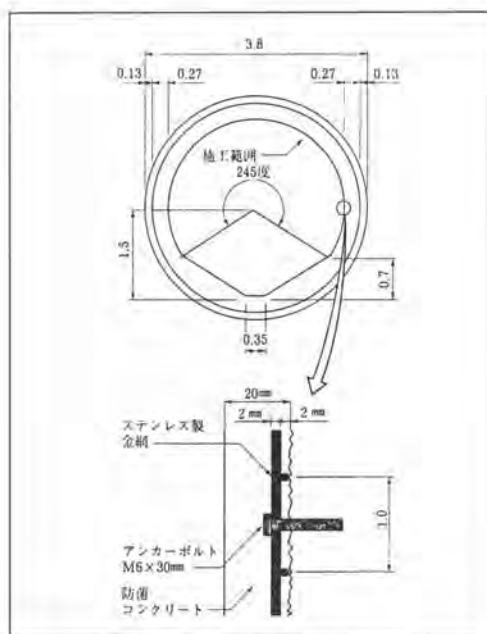
本報では、初めて下水道工事に適用したスパイキーハンマー付きコンクリートはつり機の概要および施工実績について以下に報告する。

2. 工事概要

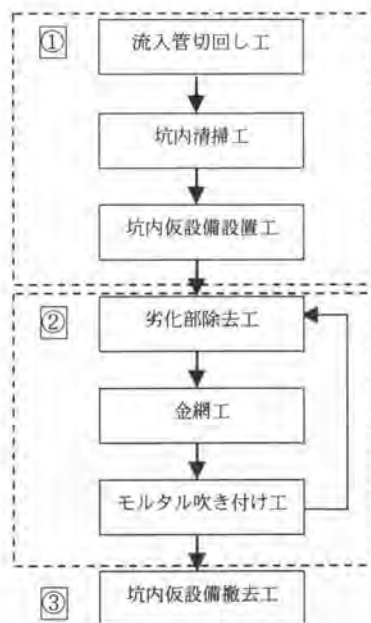
- ・ 工事名称：高松汚水幹線防食塗装改修工事
- ・ 工事場所：神戸市長田区南駒栄町
～東尻池 9 丁目
- ・ 工 期：平成 11 年 11 月 27 日
～平成 12 年 3 月 31 日
- ・ 発注者：神戸市
- ・ 工事内容：防食塗装補修 L=1,200m
トンネル内径 φ=3.0m
劣化除去工 7,871m²
モルタル吹付け工 7,871m²



写真-1 はつり除去施工状況



図一 補修する下水道断面図



図二 施工手順

3. 施工方法

補修する下水道断面を図一、工事の施工手順を図二に示す。

図一より、施工範囲は硫酸の影響を受けた管きよの天端から側面の245度の範囲である。

施工方法は、厚さ20mmを除去した後、金網を設置し、20mmの防菌モルタル吹き付けを行う。したがって、はつり厚が吹き付け量に影響するため、はつり厚の精度管理が重要である。

施工手順は、坑内清掃工とほぼ同時に仮設備設置工として、レール、枕木の軌条設備を敷設した後、劣化部除去工、金網工、防菌モルタル吹き付け工を実施する。

はつり工からモルタル吹き付けまでの工程は約2ヶ月足らずという厳しいものであり、とくに最大のネックとなるのは、はつり除去の工程であった。

そこで、工事工程を確保するため、はつり機を2台使用し、コンクリート除去箇所に追従して、金網工、モルタル吹き付け工を施工する並行作業とした。

4. はつり機械の概要

はつり機は、図三に示すように空圧式の打撃によってコンクリートを砕くスパイクハンマーをレール台車に搭載し、管きよアーチ部に沿ってガイドレールを中心に旋回する機構と、トンネル進行方向の前後2mをスライドする機構を組み合わせたものである。

はつり機の先端には、スパイクハンマーと呼ぶ直径65mmのビットが6本付いており、圧縮空気ビットを上下動させることで劣化したコンクリートを砕いていく。切削方法は、スパイクハンマー

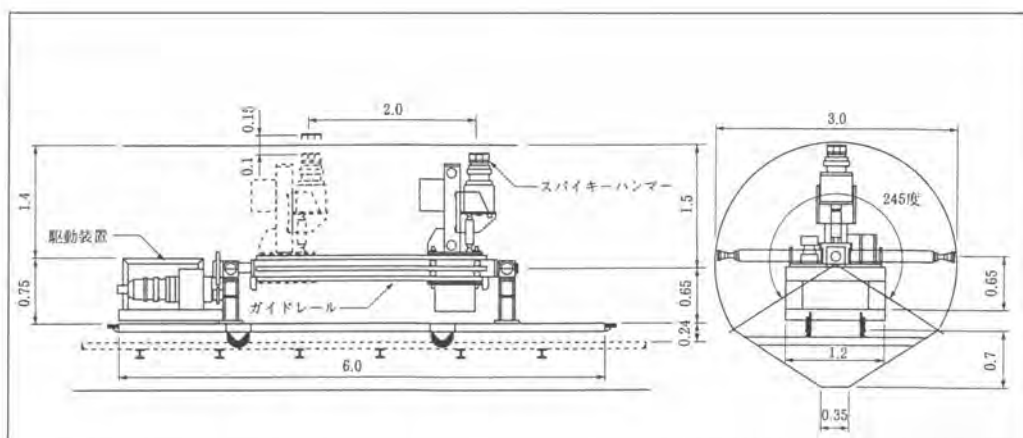


図-3 スパイクハンマー付きコンクリートはつり機

本体部がトンネル進行方向を一定速度でスライドする。はつり機の1スパンは2mであり、スパイクハンマーのチゼル束径 $\phi 230\text{mm}$ を1列とし、1スパンあたりは32列となる。また、列の移動は旋回機構によるものである。

表-1にスパイクハンマー本体の仕様、写真-2に本体部を示す。

このスパイクハンマーはバックホウ先端に取り付けて建築工事で使用されていたものである。

打撃圧は、高く設定すると劣化部分だけでなく、背後のコンクリートにまでクラックが入ってしまうため 0.49MPa に設定した。

はつり機の特徴を以下に示す。

①空気圧と送り速度を変化させることで、はつりを調整する。今回の施工の場合、1回のスライドで削る厚さを 5mm に設定し、管きょ本体に影響を与えないと同時に小刻みに削ることで施工精度を向上できるものとした。

②均一な仕上げ面を確保でき凹凸も少ないため、はつり施工後のモルタル吹き付け量を減少できる。

③トンネル延長に関係なく施工でき、円形断面での適用が可能である。

④オペレータ1名で運転可能であり、人力作業と比較し苦渋作業の低減、省力化を図れる。

表-1 スパイクハンマー本体仕様

項目	仕様
ハンマー重量	285(kg)
打撃数	1,600(blow/min)
空気消費量	7.0(m^3/min)
使用空気圧力	0.49(MPa)
チゼル径×本数	70 ϕ ×6本
チゼル束径	$\phi 230(\text{mm})$



写真-2 スパイクハンマー本体部

5. 施工実績

表-2にはつり機2台当りの施工実績、図-4に1スパン当りのサイクルタイムを示す。目標とした日当り施工量には若干及ばなかったが、ほぼ目標値に近い100m²/台日の実績が得られた。人力によると、実働8時間で4m²/人日が限界とされていることから、省力化、省人化の成果は十分得られた。

図-4のサイクルタイムから、最も時間を費やしているのは切削時間であり、1列の切削に約5分、1スパン当り160分という切削時間が進行を妨げていることがわかる。この原因としては、コンクリート劣化状況が当初の想定より良好であり、そのコンクリート強度は40N/mm²を越えていたことから、切削速度（スライド送り速度）を小さく設定せざるを得なかったためである。

また、はつり厚の精度に関しては、凹凸が±5mm以内の結果となった。これは、写真-3に示すように、はつり面の状況からチゼルの跡が縞状に発生したためである。

以上の実績から今後の課題を以下に示す。

- ①一部（スライド機構）は自動化されているが、基本的には手動操作であることからオペレータによって進捗、施工精度にバラツキがある。
- ②硬いコンクリートを24時間稼働ではつるという過酷な条件下により、今回は延長500m程度が機械の限界であったことから、耐久性の向上が必要である。
- ③はつり面の均一化（打撃プラス回転機能の検討）
- ④切削ずり処理設備の検討が必要である。



写真-3 はつり面の状況

実切削量	5.12m ² /H
日当り施工量 (目標値)	33.3m ² /日
	213m ² /日
日当り施工量 (実績値)	30.0m ² /日
	188m ² /日

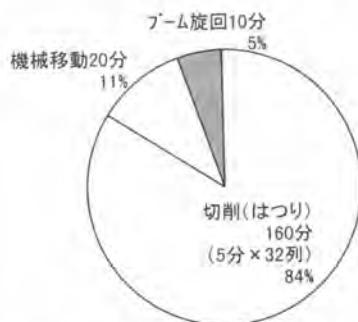


図-4 1スパン当りのサイクルタイム(実績)

6. おわりに

今回開発したはつり機の現場適用の実績から、長距離トンネルおよび円形断面におけるはつり施工能力の有効性について実証できた。今後は、施工能力の向上と、上記で抽出した課題点の克服、そして、一般的なφ2.0m級の下水道に適用できるものに改良する必要がある。

今後の市場として、下水道管きよ補修技術については注目されることと同時に、補修工事は増加するものと予想されている。よって、今回の施工実績を活かし、さらなる技術のステップに繋げていきたい。

最後に、この機械の開発にあたり、ご支援、ご指導頂いた多くの方々へ厚く御礼申し上げます。

建設機械と施工法シンポジウム論文集（平成12年度版）

平成12年10月20日 印刷

平成12年10月25日 発行

不許

複製

編集
発行所 社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8
（機械振興会館内）

TEL (03) 3433-1501

FAX (03) 3432-0289

振替口座 00170-5-71122

印刷所 昭和情報プロセス㈱
東京都港区三田5-14-3