

シールド工事における自動化装置の開発 (坑内自動搬送システム・送排泥管自動接合システム) Automatic Equipment for The Shield Tunnelling (Development of Automotive Transport System & Automatic Pipe Placement System)

小栗 利夫*
Toshio Oguri

片野 彦一*
Hikoichi Katano

内田 克巳***
Katsumi Uchida

田中 勉*
Tsutomu Tanaka

阿部 勉**
Tsutomu Abe

小林 弘****
Hiroshi Kobayashi

要 約

シールド工事においては、掘進に伴いセグメントの搬入・組立、資機材の搬入・搬出、仮設備の延伸など多くの付帯作業が介在しており、施工効率向上の面からも効率的かつ安全な作業が望まれている。現状では、これらの作業は人手で補っている部分が多く、合理化の推進が大きな課題のひとつである。このたび、作業の効率化、省力化および安全性の向上などを目的に、セグメント、資機材搬送の自動化および仮設備延伸工程のひとつである泥水輸送設備の送排泥管延伸作業の自動化を図るシステムを開発し、同一施工現場において実用化した。

本報では、以上のシステムについて、開発の経過、採用した自動化技術の紹介、実施工における運転状況などを重点に述べる。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 坑内自動搬送システムの開発
- § 3. 送排泥管自動接合システムの開発
- § 4. おわりに

§ 1. はじめに

近年、シールド工事は、大口径化および長距離、高速化施工の傾向にあり、今まで以上に作業の効率化、省力化および安全性の向上が求められている。また、自動化

の分野においても、シールドマシン制御、セグメント組立、泥水管理、セグメント・資機材搬送など掘進に伴う支援技術を中心に、将来的な無人化施工に向け様々な自動化技術が開発されつつある。今後は、より総合的な合理化が求められ、自動化技術の一層の充実が必要であると考えられる。

このたび開発、実用化した坑内自動搬送システムおよび送排泥管自動接合システムは、施工の効率化、省力化および安全性の向上を開発の狙いとし、坑内自動搬送システムについては、誘導無線を利用した自動搬送およびその運行管理・制御システム、搬送の高速化に伴う安全システムに、また、送排泥管自動接合システムについては、自動接合装置のメカニズム、全自動で実施する配管ジョイント方式に、独自の自動化技術を採用している。

* 技術研究所機電課

** 機材部電気課

*** 機材部機械課

**** 関西(支)寝屋川南部(出)

§ 2. 坑内自動搬送システムの開発

近年シールド工事は、施工の長距離化・高速化の傾向にあり、掘削、一次覆工等に必要とされる資機材を工事の進捗に合わせ、輻輳することなく適宜供給し、作業の効率化を図ることが求められている。

しかし、この作業を人手で管理することは、迅速な資機材の供給を阻害し、工事を遅滞させるだけでなく、衝突、脱線などの事故を招来し、安全面でも問題の生じる可能性がある。そこで、作業の効率化と坑内作業者の安全確保ならびに将来的なシールド工事の完全自動化へのステップとして、坑内における自動搬送システムの導入を図った。

2-1 システム概要

本システムは、シールド工事におけるセグメント、資機材の坑内搬送を自動化し、資機材搬入・搬出の管理および搬送の効率化、高速化を目的としている。

自動搬送ゾーンでは、誘導無線を利用し、走行全域で地上の中央管理室より集中制御が可能である。また資機材の搬送は、自走台車方式ではなく、一般に利用しているバッテリー機関車（写真-1 参照）での自動搬送を採用している。

本システム稼働中は、走行の自動制御に加え、バッテリー機関車に搭載した視覚装置により走行前方の映像が直視できる。また、ラダー装置により広範囲で車両前方の障害物が感知できるため、一層の安全確保が図れる。

2-2 システムの構成

本システムの構成を表-1 に、システム構成図を図-1 に示す。また、表-2 にシステムの主要諸元を示す。

表-1 システム構成

名 称	数 量	仕 様
セグメント搬送用バッテリー機関車	2 両	セグメントの搬送用バッテリー式バッテリー機関車
運行制御盤	1 面	中央制御盤 列車間隔・速度管理 誘導無線通信装置内蔵
制御子機	1 面	列車間隔・速度管理 誘導無線通信装置内蔵
リモコン	4 台	立坑/切羽ゾーンでの緊急運転装置
坑内操作モニター	2 面	搬送台車の自動運転開始指令 搬送台車の現在位置等モニター
中央モニター	1 面	搬送台車運行モニター
安全センサー台車	2 両	障害物検知装置、緊急停止灯込み

表-2 主要諸元

バッテリー機関車	バッテリー
	定格牽引力 1,200kgf、最大牽引力 1,950kgf 定格速度 9km/h 許容最大速度 18km/h 寸法 6,420×1,280×2,570 mm
安全センサー台車	牽引力速度(定格) 9km/h 牽引力速度(最大) 18km/h 寸法 2,420×1,200×1,950 mm
安全装置	ラダー装置(50m)、レーダーセンサー(15m) ソニック(8m)、光(3m)、パンバー(接触時) I T V (前方監視)
制御方式	誘導無線による集中制御方式
台車位置検知	I D マーク
データ伝送	双方向用 50GHz 誘導無線 PASOLINE60



写真-1 自動搬送バッテリー機関車

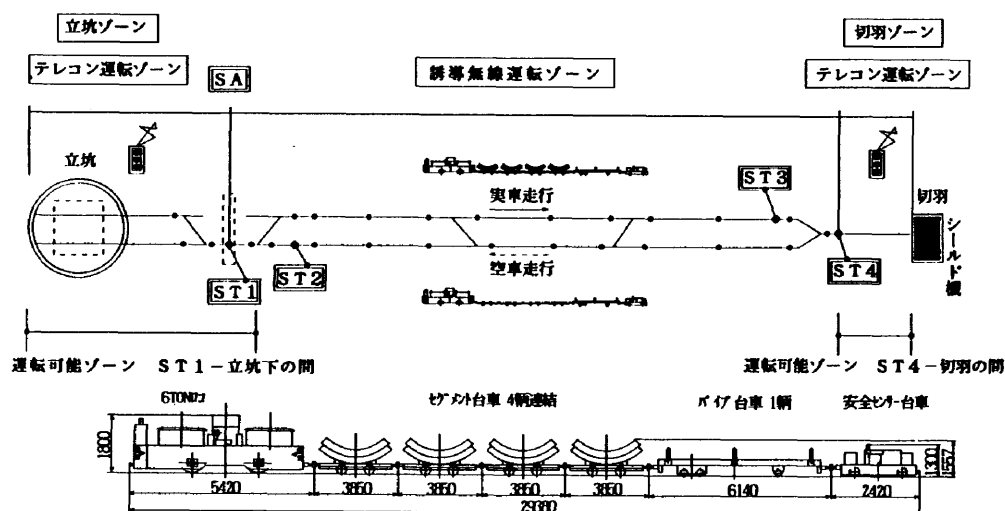


図-1 システム構成図

2-3 安全装置

坑内自動搬送には数件実例があり、それらに用いられてきた前方監視装置には、超音波センサや光電センサ、また、新しい技術としてCCDカメラなどを利用する方法も提案されている。しかし、現状ではいずれの装置も計測可能距離が数m前後のもので、そのため車両制動距離の関係より坑内の車両速度をかなり低く抑えざるを得ない。

本システムでは計測距離が数m～数百mと、広範囲での計測が可能なラダー装置（長距離を非接触でスキャンする新しい計測装置）を利用し前方監視を行うことにより、従来では感知できなかった障害物を広範囲に認識可能としている。この装置の利用により、長距離シールドトンネルにおける資機材搬送が安全かつ高速に行われ、効率的なものになる。図-2にバッテリー機関車における各センサの配置図を示す。

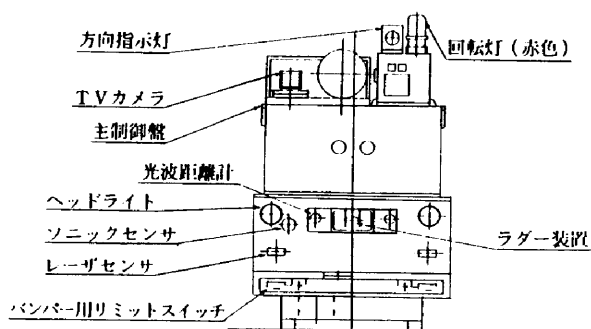


図-2 センサ配置図

ラダー装置の特徴を以下に示す。

- (1) 長距離を非接触でスキャンするラダー装置の応用により、周囲270°の範囲で障害物が認識できる。
- (2) 計測ゾーン毎にスキャンできるため、情報のゾーン管理が可能となる。
- (3) 前方数m～数百mの計測が可能のため、広範囲で瞬時に前方障害物を感知できる。
- (4) 従来のセンサでは、車両速度を4～6km/hに制限されるが、ラダー装置を搭載することにより、8～18km/h程度的高速運転が可能となる。

2-4 ラダー装置による要素実験

(1) 距離精度試験

①試験方法

ラダー装置から5～50mの距離に、また角度0、45、90、135°の位置に幅100、200、300、400mmの白色プラスチックボードを設置し、デモソフトによってラダー装置からプラスチックボードまでの距離を測定した。

②試験結果

・距離測定時、測定角度による依存性は認められない。

(どの角度でも、ラダー装置の測距精度は変化しない)

距離測定精度は、対象物の大きさには依存しない。

・距離は、35m以内では測定誤差±100mm以内35m～50m間でも測定誤差±100mm以内で測距可能である。

ただし、この測定誤差は、巻尺による基準距離測定誤差も含まれるため、実際の測距精度は、実験結果より良いと考えられる。

図-3に角度0°におけるプラスチックボードの距離測定結果を示す。また、他の角度の結果についても同様の相関関係がみられた。

なお図中横軸は、巻尺で測定したラダー装置～ボード間の距離を、縦軸は、その距離とラダー測定値の差を取った距離の偏差である。

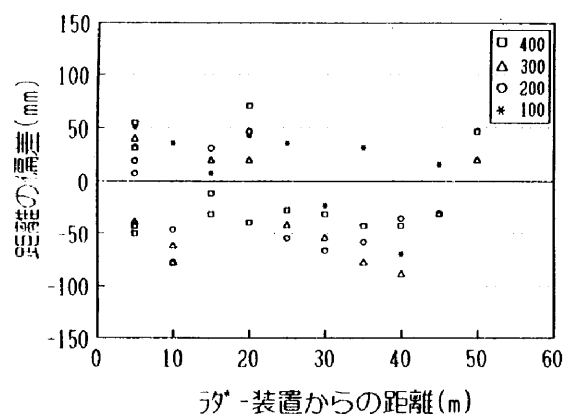


図-3 距離精度測定結果（角度0°）

(2) 角度精度試験

①試験方法

測定対象物検出角度の精度を確認するため、測定デモソフトによる以下の2種類の実験を行った。

- a. 毎スキャン同角度でビームを照射し、基準角度から0.05°ピッチで試料端部を繰り返し測定し、ビームの再現性を確認する。（図-4参照）
- b. トランシットを併用し、試料を任意の角度に設置後、その位置より0.05°ピッチ（仰角）で試料端部をラダー装置で検出する。そのラダー装置検出角度とトランシット回転角度を比較し、ラダー装置検出角度の検証、評価を行う。（図-5参照）

なお、測定試料には白色プラスチックボードを使用し、トランシットの分解能は、30" (8.3×10⁻³°) である。

②試験結果

・相対角度0°では測定対象物が全く検出不可能であったが、角度±0.15°以上では、100%測定対象物が検出可能となった。また、図-6に示すように±0.15°以上であれば、照射されるビームのスキャン毎の再現性も確認できた。

また、表-3に示した評価試験の結果によると、ラダー装置検出角度は、トランシット表示角度と、 $\pm 0.2^\circ$ 以内の誤差であった。

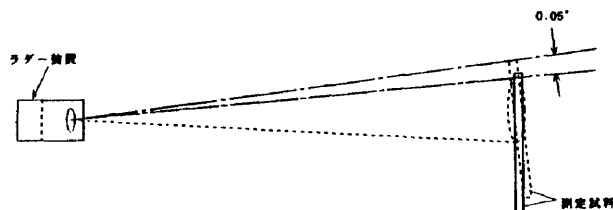


図-4 ビーム再現性の測定方法

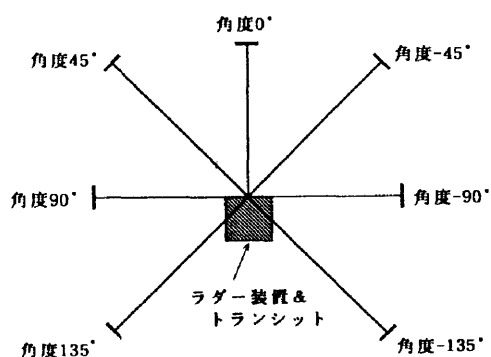


図-5 ラダー装置検出角度の評価方法

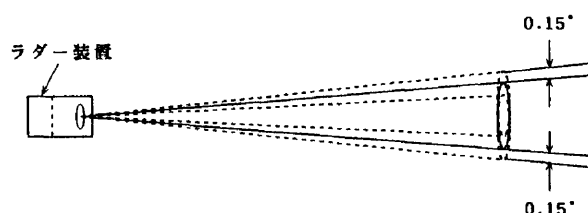


図-6 スキャン毎のビーム再現性

表-3 ラダー装置検出角度評価結果

単位(°)

ラダー装置検出角度	トランシット表示角度	ラダー装置とトランシットの角度ずれ
0.33	0.33	0.0
45.33	45.33	0.0
90.33	90.23	0.1
135.33	135.13	0.2
-44.67	-44.47	-0.2
-89.67	-89.57	-0.1
-134.67	-134.67	0.0

(注) 初期角度0.33°は、ラダー装置検出角度算出上の補正值である。

(3) 金属面および非金属面の検知能力評価試験

ラダー装置の原理は、測定対象物に照射したビーム光

を受光することで、対象物との距離、角度を検出する。その反射光強度は対象物の素性(材質、表面粗さ、反射面角度等)やラダー装置からの距離によって大きく左右される。

そこで、トンネル内の対象物と考えられる材質について、表面状態、材質、ビーム光の照射角度を変化させ、反射光強度と距離の関係を求めた。

①試験方法

幅400mmの金属板6種類および非金属板9種類をラダー装置スキャニング面と同じ高さの試験台にセットし、ラダー装置からの距離を変化させながら反射光強度を測定した。

②試験結果

- ・金属面は、熱間圧延鋼板を除いて、5～50mまで検知可能である。
- ・明度および彩度の高い方が検知距離が大きい。
- ・角度0°の場合、鏡面の度合いにより正確な距離を検出できない。
- ・白色に近い面は、5～50mまで検知可能である。
- ・コンクリート、レンガ等粗い表面は非常に検知能力が高い。
- ・黒い色では、検知能力範囲は狭くなる。

表-4に、反射光強度=50を最低検知能力とした時の検知限界距離を示す。なお、反射強度の最高検知能力は255である。

表-4 金属および非金属材料の検知限界距離

単位(m)

測定試料の名称	0°	10°	20°	30°	40°
アルミニウム	5-50	5-50	5-50	5-50	5-50
冷間圧延鋼板	3-50	3-50	3-50	5-50	5-40
熱間圧延鋼板	3-50	3-50	7-40	10-30	不可
溶接ビード後サンダー掛け	5-50	5-50	5-50	5-50	5-50
リン酸亜鉛鋼板	5-50	5-50	5-50	5-50	5-50
赤さび	5-50	5-50	5-50	5-50	5-50
白色ペイント艶有り	5-40	5-40	5-40	5-40	5-40
白色ペイント艶無し	5-40	5-40	5-40	5-40	5-40
プラスチックボード	1-40	1-40	1-40	1-40	1-40
鋼密コンクリート	5-50	5-50	5-50	5-50	5-50
ポラスコンクリート	5-50	5-50	5-50	5-50	5-50
レンガ	1-50	1-50	1-50	1-50	1-50
ペニ板	1-50	1-50	1-50	1-50	1-50
ウレタンゴム	1-50	5-40	5-30	10-20	10-20
スポンジ	8-40	10-30	10-30	10-30	不可

(4) 曲面における検知能力試験

ある曲率を持った測定対象物における、ラダー装置での検知能力試験を行った。

①試験方法

塩化ビニール製パイプを3種類用意し、ラダー装置か

らの距離を角度0, 10, 20, 30, 40°に変化させながら、反射光強度を測定した。

なお、パイプ径はφ115mm, φ230mm, φ340mmの3種類である。

②試験結果

- ・パイプ横置き試料の設置角度を0°にした場合、φ115～φ340mmのパイプは5～50mまで測定可能である。

- ・パイプ横置き設置角度10°～40°の場合、φ115mmは5～40mまで、それ以外のφ230mm, φ340mmは5～50mまで検知可能である。

- ・パイプを縦置きにした場合、測定値は横置き0°と同じ結果が予想されるが、測定では、正確にビームをパイプ中心に照射することが困難であり、非常にばらつきが大きく、有効な測定データは得られなかった。

以上の要素実験のほか、トンネル内振動特性試験および障害物検知試験などの現場実験を実施し、ラダー装置の有効性、信頼性およびその実用性について検証した。

2-5 開発のまとめ

実施工においては、走行の自動制御、広範囲で障害物が感知可能なラダー装置採用のほか、車両前方を直視できる視覚装置（ITV）を併用し、8～10km/hでの自動搬送を可能としている。

以下に、高い安全性を確保している坑内自動搬送システムの特徴をまとめる。

- (1) 地上の中央管理室からの集中制御方式を採用し、走行車両の前・後方監視を直接行うことができる。
- (2) 自動搬送システムは自動、リモコン、手動での運転操作が可能である。
- (3) 誘導無線ゾーンで自動運転中の車両は、衝突防止のためブロッキング制御、走行車両への追突を防止する車両待機指令、非常停止等の安全機能を有している。
- (4) 車両の絶対位置確認は、IDマークによる読み取り方式で行う。
- (5) ラダー装置搭載により、広範囲で車両前方の監視が可能である。

実施工においては、感知する範囲をバッテリー機関車の全幅にとり、常に前方50m以内の障害物を走行のスピード、シールド線形にあわせ、スキャンングできるよう、プログラム処理を施している。

§ 3. 送排泥管自動接合システムの開発

シールド工事の掘進に伴い介在する付帯作業のなかで、シールドマシン後方の仮設備延伸工程も、将来的な無人化施工に向け、今後、自動化を推進していかなければな

らない工程のひとつである。今回、泥水シールドにおいては欠くことのできない、また、重労働である送排泥管延伸作業の自動化装置を開発した。

3-1 開発の概要

泥水シールド工法における泥水輸送設備の送排泥管延伸作業は、全長5.5mの定尺配管を使用する場合、通常セグメント組立作業5工程に1回程度の頻度で、バッテリー機関車に連結された搬送車両からの配管の搬入、接合場所への配置および位置調整などの作業が、掘進に伴い後方車両の最後方で人力で繰返し実施されている。

本システムは、以上の作業を全自動で実施するものであり、省力化、労働負荷の軽減、安全性の向上、施工効率の向上を開発の目的としている。

3-2 要素実験概要

送排泥管延伸作業の自動化技術開発においては、自動接合に採用するジョイントの設定、配管の自動接合技術の確立が重要な課題である。

送排泥管の接続用継手には、写真-2（右）に示すヴィクトリック・ジョイントなどの汎用ジョイントが、一般的に用いられている。



写真-2 ストラブ・カップリング（左）および
ヴィクトリック・ジョイント（右）

今回の開発では、ジョイントに自動接合に適すると考えられるストラブ・カップリングを選定し、基本性能の確認、自動接合方式の検討およびその締結機能の確認のため、次の要素実験を実施した。

(1) ジョイント性能試験

配管接合時の挿入性を考慮し、写真-2（左）に示すフレックスタイプを選定したが、カップリング本体に配管の抜け防止機能がないことなど送排泥管系列への適用について信頼性が確認されていないため、実用上の性能の把握および問題点の抽出を目的に要素実験を実施した。

ストラブ・カップリングは、ステンレス製ケーシング、ゴムスリーブおよび締付けボルト類により構成され、片

側±2°（両側4°）の可とう性能を持つ。

（2）要素機能確認試験

自動接合技術の要素機能は、配管とカップリングの切離しおよび接続機能、配管とカップリングの相対位置調整機能、カップリングの締結機能に分けられ、これらの接合機能の確立が効率的かつ確実性のある自動接合方式の開発につながる。

要素機能確認試験では、要素実験装置により自動接合方式および接合機能の確認をした。また、カップリングの締結機能において締結品質の安定に重要な、締結装置の選定および性能試験についても並行して実施した。

以上の要素実験の結果、配管とジョイントの接合に独自の方式を確立することができ、また、カップリング本体についても、そのシール材形状を改良することにより気密性を確保しつつ配管挿入性を向上させ、送排泥管系列への適用について信頼性を確認することができた。

3-4 送排泥管自動接合装置工場内試験

実機の試験は、製作メーカ工場内にレールを仮敷設し、実際の工程を想定した動作確認、装置性能試験および装置の安全性確認、保守・メンテナンス性確認を行った。

表-5に、工場内試験時の動作時間を示す。

3-5 送排泥管自動接合システム

（1）システムの装置構成および仕様

自動接合システムは、後方台車の最後尾に伸縮装置およびバルブ装置と一体に配置し、以下の主要装置により構成されている。表-6に、その諸元を示す。

①自走式自動接合装置本体

②パイプ搬送装置

③切羽側接合装置（送泥管用、排泥管用各1式）

④立坑側接合装置（送泥管用、排泥管用各1式）

⑤システム制御装置

（2）自動接合工程

表-5 工場内試験時の動作時間

単位(min)	
工 程	所 要 時 間
①パイプ搬送装置により延長用配管取込み	3.3
②既設配管系列切離し	1.6
③接合装置自走（既設配管系列送り出し）	1.1
④立坑側カップリング装置内位置決め	1.3
⑤延長用配管装置内設置	2.6
⑥排泥側(88)延長用配管接合および締結	8.7
⑦送泥側(108)延長用配管接合および締結	
合 計 時 間	18.6

（注）③接合装置自走（既設配管送り出し）については、直線部5.6mにおけるデータであり、バルブ装置は連結していない。

自走式自動接合装置本体は、シールド掘進に伴い送排泥管延伸位置へ移動し、自動搬送される延長用配管を取込み、配管系列への接続を行う。

本システムの、送排泥管延伸工程における自動化の内容、フローおよび自動接合装置本体図を、図-7に示す。

（3）自動化支援技術の紹介

本システムには、送排泥管延伸工程の自動化を実現するために、さまざまな独自の技術を採用している。

以下に、おもな自動化の支援技術について紹介する。

①配管搬送技術

延長用配管の搬送装置（パイプ搬送装置）は、Xアーム式昇降機構の採用により1工程分2本の配管（送泥管、排泥管）を同時に移載かつ装置内にストックができるため、サイクル短縮など効率化が図れる。

②配管位置決め技術

自動接合では、装置内での配管およびカップリングの位置決め精度およびその信頼性が重要なポイントとなる。

配管の位置決め方式は、搬送装置により移載された延長用配管を接合装置内に配置するが、配管配置部の受け治具にV字断面構造を採用し、配管の装置内位置決めを機械的にかつ簡便に行う方式としている。また、機械的に位置決めをするため、確実性、信頼性が高く精度の良い配置が可能である。

③接合技術

a. 接合方式

本システムにおいて最も特徴があるのは、配管とカップ

表-6 主要装置諸元

装置本体	自走式車体		
	全 長		11,860 mm
	全 幅(搬送装置レールを含む)		3,100 mm
	車体幅		1,950 mm
	全 高(車体フレーム上面まで)		3,050 mm
	重 量		13 tf
	車体傾斜角度		1.5°
	走行速度		MAX.5 m/min
搬送装置	Xアーム式昇降装置		
	最大搬送荷重		450kgf
接合装置	切羽側送泥管用および排泥管用		各1式
	立坑側送泥管用および排泥管用		各1式
	装置構成	カップリング'把持装置・スリット'装置・締結装置	
	締結機構	ACサーボナットランナ	
	締結能力	3.5~9.5 kgf・m	8本
適用配管	送泥側(108)		排泥側(88)
	外 径	267.4 mm	216.3 mm
	長 さ	5,500 mm	5,500 mm
	重 量	226 kgf	182 kgf

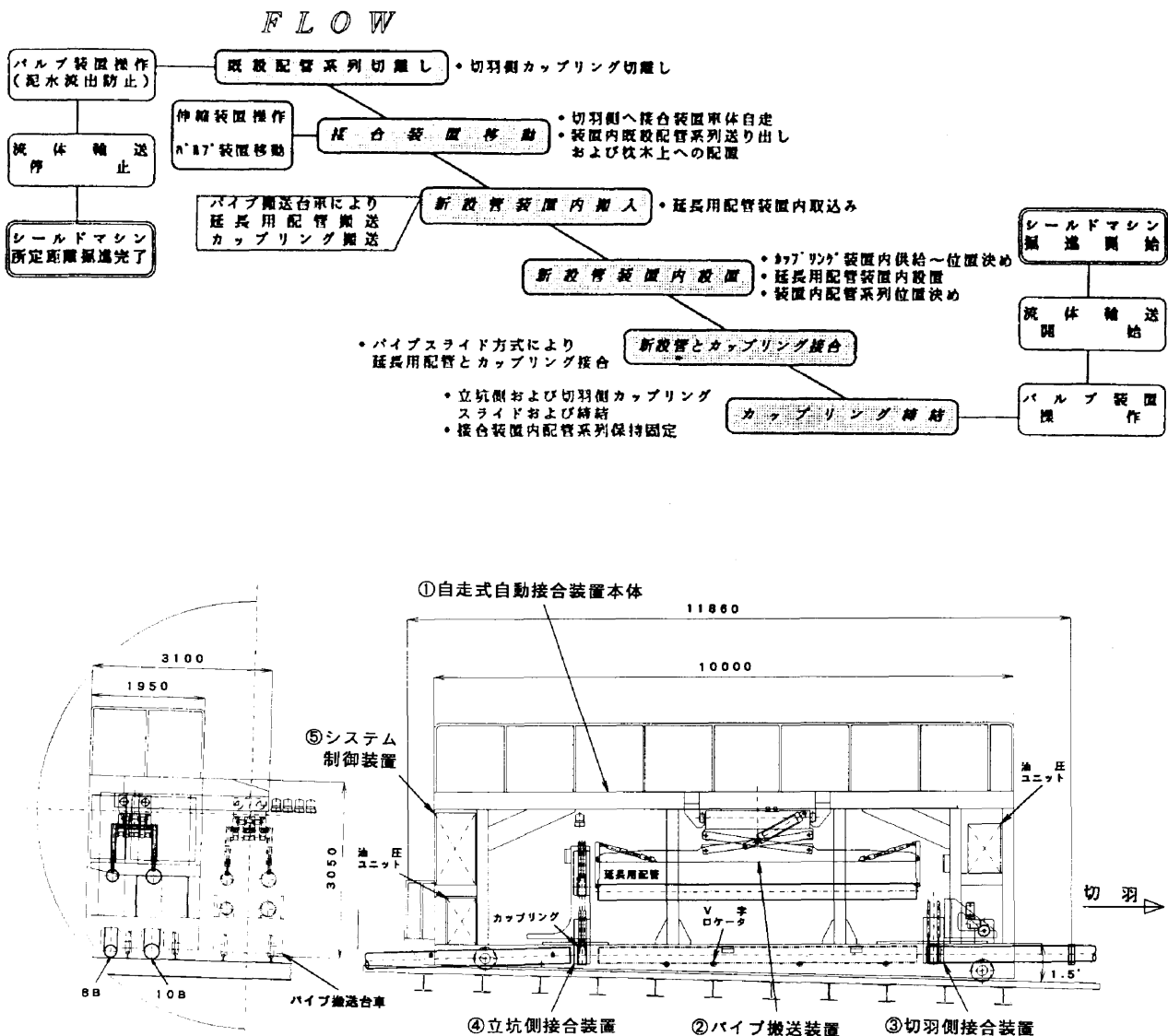


図-7 自動延伸工程フローおよび自走式自動接合装置本体図

リングの接合方式である。ここでは、パイプスライド方式と称するが、以下に、その概要について説明する。

パイプスライド方式とは、配管とストラブ・カップリングを接続する場合、待機している配管にカップリングを差込む方法がひとつ考えられるが、本方式は、待機しているカップリングに配管をスライド、挿入する方法により両者を接続する考え方である。

この方式による効果は、カップリングの把持、固定を確実にしておけば、ある程度のカップリング位置のばらつき、カップリング把持による変形、配管とシール材との摺動抵抗は、さほど影響を受けず接続が可能である。したがって、カップリングの位置決め精度を緩和でき、逆に配管の位置決め精度を向上すればよく、その機構は前述の通り、簡便かつ確実性に優れたものである。

b. 接合装置

接合装置は、パイプスライド装置（切羽側）および把持機構・スライド機構・締結機構を装備するカップリング接合装置（切羽側および立坑側）から構成されている。

パイプスライド装置は、延長用配管をスライドさせカップリングに挿入する。カップリング把持、スライド機構は、カップリングの変形を極力防止するよう、また、カップリングスライドを容易とするよう、端部を把持するクランプを採用している。また、切羽側についてはカップリングを一部改造することによりカップリングと把持機構、締結機構を一体化した専用化構造とし、繰返しの使用を考慮している。したがって、配管延長時には立坑側のカップリングのみを供給すればよく、その位置決めは、装置内接合位置は一定なため微調動作は不要であり、

カップリング供給位置から接合装置全体が下降し接合位置で停止することで完了する。カップリングの締付け制御においては、ナットランナ回転数などコントローラによる条件設定のほか、締付けトルク管理に加え近接センサによる締付け代管理を複合化し、全体をシーケンサで制御している。

c. 車体構造

車体全体を 1.5° 傾斜することにより、装置内の既設配管と延長用配管の相対角度を小さくし、また、パイプスライド装置に負荷する反力の軽減、スムーズな接合および配管の送り出しを考慮している。

車体は、前方に配置するバルブ装置を連結し、車体自走時はバルブ装置全体を同時に移動でき、配管接合時にはパイプスライド装置と連結したバルブ装置配管を接合動作に同調させることができる。

車体の自走および配管送り出し時は、配管ガイド機構により装置内から枕木上へ配置する配管位置を調整し、車体の移動はこの送り出した配管の端面を検知し、自動的に停止する。延長用配管の接合が完了すると、配管系列は装置内で保持、固定され自動接合装置全体が泥水輸送設備の一部となる。

(4) 自動延伸工程サイクルタイム

本システムの実施工におけるサイクルタイムは、自動接合工程で約24分、その他バルブ装置操作など付帯作業の約15分を含め、送排泥管延伸作業全工程について概ね40分で稼働している。自動接合工程における装置動作時間について工場内試験時のマシンサイクルデータと比較すると、ほぼ同等の動作性能を示している。

実施工においては、スライドボールバルブ装置の操作、接合装置移動と並行して作業する伸縮管装置の操作が人手によって行われる。また、配管の外れを防止するU字ボルトによる固定作業を接合完了後に実施している。

3-6 開発のまとめ

(1) 送排泥管自動接合システムの特徴

- ①パイプスライド方式による接合動作を装置本体内で行うため、装置の姿勢変化、枕木やレールの敷設精度など外的因子に影響されず確実な接合が可能である。
- ②接合後の配管系列を装置内に保持、固定するため、次回延伸作業移行時において準備作業が不要であり、延伸作業の効率化が図れる。
- ③2本の配管を同時に移動可能なXアーム式パイプ搬送装置の採用、その走行部への片持ち構造の採用など、装置全体の小型化、堅牢化を考慮した構造としている。

- ④カップリング締結機構にACサーボナットランナシステムを採用し、締結品質の安定化を図っている。

写真-3に、施工現場設置状況を示す。



写真-3 送排泥管自動接合システム

(2) 開発の成果

送排泥管延伸作業は、セグメント組立作業に並行して実施するため、セグメント組立作業時間内に短時間で効率良く延伸作業を完了させることが必要であり、施工全体の効率化につながる。

現状では、セグメント組立作業は増締め作業も含め、5～6名で50～60分要している。一方、送排泥管延伸作業は、従来の作業では、3～4名で40～50分要していたが、自動接合装置の導入により40分程度で延伸作業が完了し、装置の操作に携わる人員も2名となっている。

§ 4. おわりに

本稿で紹介した坑内自動搬送システムおよび送排泥管自動接合システムは、現在、大阪府寝屋川南部地下放水路加美調整池築造工事現場（泥水加圧式シールド工；シールド外径8,310mm、一次覆工2,861.6m）にて稼働中である。実施工におけるデータ、技術的課題など詳細については、別の機会に報告するが、開発の狙いとしているシールド工事における作業の効率化、省力化および安全性の向上の観点において、その役割りを担っている。

今後は、より総合的なシールド工事の自動化を目指し、その自動化技術開発に努力する所存である。

最後に、本システムの開発、実用化にあたり御指導、御協力頂いた寝屋川南部出張所の皆様方および製作メーカー関係各位に深く感謝致します。