

VI-207

シールド工事における自動化装置の開発（その1）

< 坑内自動搬送システムの開発 >

西松建設㈱ 技術研究所 正会員 ○田中 勉

西松建設㈱ 技術研究所 片野彦一

西松建設㈱ 機 材 部 内田克巳

1. はじめに

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、この作業を人手で効率的に管理するには多大な労力を要し、工事全体の遅滞に繋がるだけでなく、安全面でも衝突、脱線などの事故を招来する可能性がある。

そこで、作業の効率化と坑内の安全向上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、坑内自動搬送システムの導入を図った。

2. 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。

坑内自動搬送システムにおけ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。本システム稼働中は、走行の自動制御に加え、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、また、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。

図-1 にシステム概要図を示す。

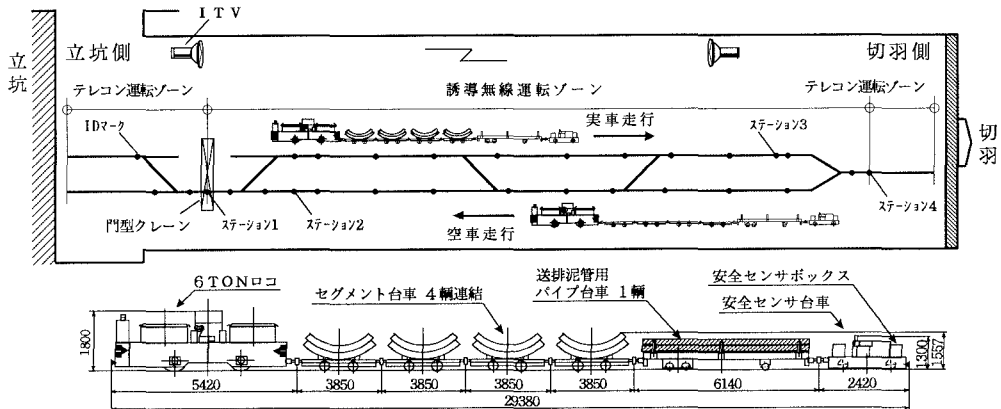


図-1 システム概要図

3. ラダー装置による要素実験

坑内自動搬送には数件事例があり、それらに用いられてきた前方監視装置には、超音波、光電センサ等があり、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かった。

本システムでは、計測距離が数m～数百mと広範囲での計測可能なラダー装置の採用で、従来では感知できなかった障害物が認識できるが、この装置の実用化にあたり以下の要素実験を行った。

(1) 距離精度試験

ラダー装置から5～50mの距離に、また角度0、45、90、135°の位置に設置した幅100、200、300、400mmの白色プラスチックボードまでの距離を測定することにより、距離精度について以下の結果が得られた。

- ・距離測定時、測定角度による依存性は認められない。
- ・距離測定精度は、対象物の大きさには依存しない。
- ・測定距離50m以内では測定誤差±100mm以内で測距可能ある。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-2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、他の角度結果についても同様の相関関係がみられた。

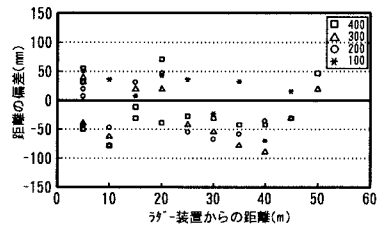


図-2 距離精度測定結果(角度0°)

(2)角度精度試験

測定対象物検出角度の精度を確認するために、以下の2種類の実験を行った。

- 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。
- 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°(仰角)ピッチで試料端部をラダー装置で検出する。その検出角度とトランシット測定角度を比較し、ラダー装置検出角度の検証を行う。

以上の実験により次の結果が得られた。

- ・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-3に示すように±0.15°以上であれば、照射されるビーム毎の再現性も確認できた。

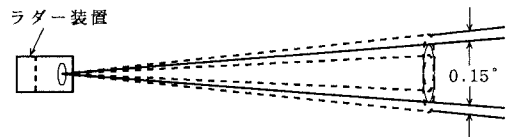


図-3 スキャン毎のビーム再現性

(3)金属面および非金属面の検知能力評価試験

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上に設置し、測定距離を変化させながら反射光強度を測定することにより、次の結果が得られた。

- ・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、鏡面の度合いによっては正確な距離を検出できない。
- ・白色に近い面は、5~50mまで検出可能であるが、黒い色では検知能力が劣る。
- ・コンクリート、レンガ等粗い表面は非常に検知能力が優れる。

(4)異なる径の曲面における検知能力試験

塩化ビニール製パイプの設置角度を0、10、20、30、40°と変化させ、反射光強度を測定することにより、以下の結果が得られた。なお、パイプ径はφ115、φ230、φ340の3種類である。

- ・横置きにしたパイプを設置角度0°の場合、全試料とも5~50mまで測定可能である。また、設置角度10~40°の場合、φ115は5~40mまで、それ以外のφ230、φ340は5~50mまで検知可能である。
- ・パイプ縦置きの場合、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、信頼性、実用性を確認した。

4. おわりに

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。

現在、大阪府寝屋川南部地下放水路加美調整池築造工事で稼働中であり、実施工における技術データ、問題点および改良点等は検証中のため、次回報告するものとする。

最後に、実験にあたり御指導、御協力を頂いた神鋼電機関係各位に感謝の意を表します。