

## AEによる大深度シールドのマシン到達誘導システム

横浜市下水道局

米山 利行

○フジタ・東急・馬淵・松尾建設共同企業体

正会員 森 俊之

フジタ・東急・馬淵・松尾建設共同企業体

正会員 渋谷 光男

(株)フジタ 技術センター

正会員 吉野 広司

(株)フジタ

高橋 繁夫

### 1. はじめに

横浜市下水道局が建設を進めている栄処理区東俣野幸浦線(第4工区)の下水道整備工事は、シールド工事の延長が4,036mで、到達側は掘削の完了した工事延長3,000mの既設トンネル(山岳トンネル工法)に地中接合で貫通する。

この地中接合の問題としては、シールド延長が長距離であることと土被りが65mと深く地上からのボーリングによるシールド機の位置確認が施工中に困難であることから、シールド機を精度良くトンネル終点へ接合することは、従来の坑内測量だけでは難しい。そこで、到達精度を向上するための補助的な方法として、シールド到達時のマシン誘導システムの適用を進めている。

本稿では、このシステムの概要と地中接続用AEセンサー設置工の実績について報告する。

### 2. 工事概要

横浜市下水道局は、耐震強化事業の一環として送泥管を複条化し、処理場間のループ化を図る工事を進めている。

本工事はこの計画路線のうち、延長4,036m、最大土被り深さ103mを、仕上り内径φ2,750mmの泥水式シールド式工法にて施工するものである。また、シールド機の到達はトンネル既設ライナー管内への地中接合で、その到達精度は±135mmが要求される。

### 3. システム概要

#### ①AEについて

AE(アコースティック・エミッション)とは、地滑り発生前のわずかな地盤の異常音を察知する音響診断技術で、シールド工事では、このAEセンサーをシールド機内に設置することで、目に見ることのできないカットによる地山切削音を聞き、これにより切羽の土質性状の変化やマシンの異常状態発生をいち早くキャッチし、それによって、カットの回転速度や推進力、排土方法などを調整したり機械の異常に即座に対応するシールド音響診断システムとして既に複数の現場で活用されている。

今回このAEセンサーを到達地山に設置して、シールド機を精度良く到達位置へ誘導する新技術に応用する。

#### ②マシン到達誘導システム

本システムは、シールド工事の到達位置の地中に設置するAEセンサー内蔵検知パイプ4本と地上のAE計測室で構成される(図-1参照)。このシステムはAEセンサーにより、シールド機のカット切削音が到達に近づくにつれて、検知パイプに接近する音を検出し、この音の変化を解析することでシールド機の現位置を正確に把握するものである。この結果シールド機の運転制御室において、マシンの姿勢制御管理に即座に対応させることで到達精度を向上させることができる。

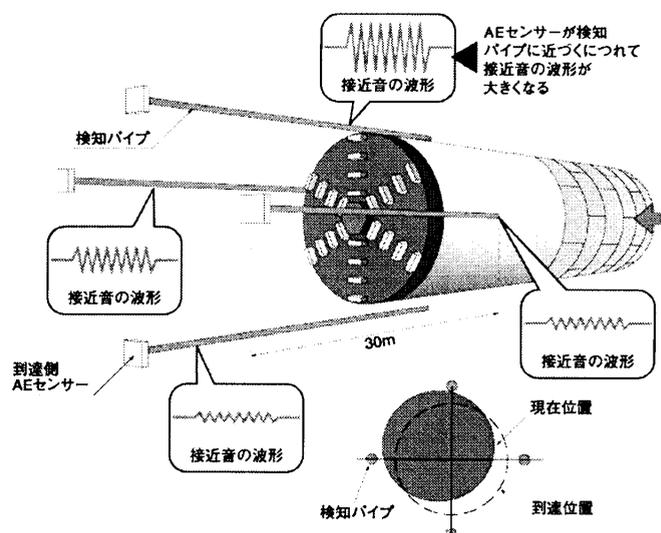


図-1 マシン到達誘導システム

キーワード シールド工法、大深度地下、到達、AE

連絡先 〒247-0013 横浜市栄区上郷町 682-1 TEL045-896-0637・FAX045-896-0638

4. AE センサー設置工の実績

①AE センサー内蔵検知パイプの設置手順

AE センサー内蔵の検知パイプ 4 本を到達位置 10m~40m 手前に設置するため、バーカッションドリルで 40m の水平削孔を行った。この作業手順を図-2 に示す。

②検知パイプ設置精度の確認

地盤内における検知パイプの設置精度を、孔曲り測定機（写真-1）で確認した。この孔曲り測定機は、サーボ型傾斜計と回転角計を搭載し、ドリフト誤差が少なく長時間において高精度の測定が可能で、水平方向と鉛直方向の曲りを測定できる。精度については、事前の確認試験で測量（マンモス）との比較により、その差は平均で鉛直成分 4mm 水平成分 15mm と非常に小さく、信頼性の高いことを確認した。

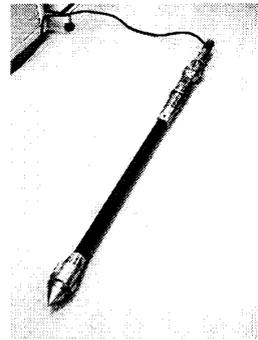
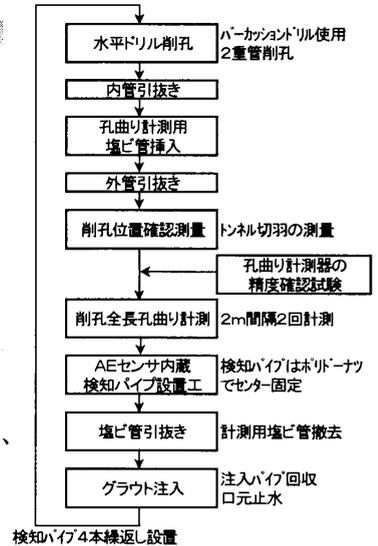


写真-1 孔曲り測定機



検知パイプ4本繰返し設置

図-2 検知パイプ設置手順

ドリル削孔完了後、トンネル切羽の孔位置座標と削孔進入角度を測量で確認し、孔曲り計測の結果と合わせて算出した検知パイプ設置の実施工線を図-3 に示す。計画では到達から 10m 地点でシールド機との離隔を 0mm とし、40m 地点で 1500mm を目標とした。この結果、概ね計画通りに削孔されているが、詳細に見ると鉛直方向は下向きに、水平方向は僅かに右向き（ドリル回転方向）に削孔していることが判明した。

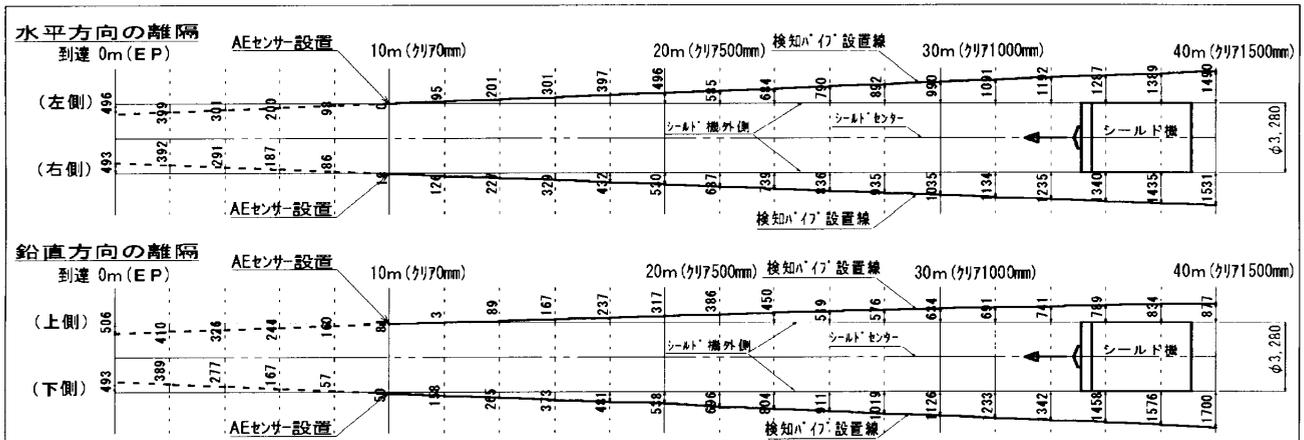


図-3 検知パイプ設置計測結果

5. 到達時の計測誘導手順

今回の検知パイプ設置出来形図を基に、シールド基線と上下左右 4 箇所 の検知パイプとの離隔距離を 2 m 毎に整理し、これをマシン誘導管理図として到達時に 40m 手前からシールド機の姿勢方向制御を行う計画です。

誘導手順としては、①シールド到達時にカッターが検知パイプに接近する音を AE センサーで捉え、延長ケーブルを介し地上の AE 計測室にてデータ取込みを行なう。②AE 音響モニタ装置、波形分析機器、データ記録レコーダおよびパソコンで構成される AE 計測室での結果は、データ通信で発進基地の中央制御室オペレータに連絡され、掘進中のシールド機の姿勢方向制御を行うことができる。その結果、到達位置へ精度良く誘導する予定である(図-4 参照)。

6. おわりに

今回は、本システムの準備工として、到達側の AE 検知パイプ設置とその設置精度の確認まで行なった。今後は、事前の実証実験でマシン接近音の伝播距離と波形強弱の相関を実際の土質で検証し、解析手法を確立する予定である。これにより、実施工時には本システムが到達精度の向上に寄与できると考える。

最後に、本システムの計画から施工に際しご指導いただきました横浜市下水道局ならびに到達側での施工管理全般にわたり協力を得た飛鳥・伊ヶ保土ヶ谷特定建設共同企業体各位に対し謝意を表します。

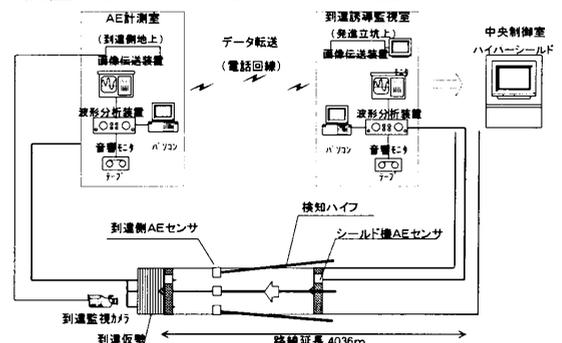


図-4 シールド到達誘導方法