

AEマシン位置検知システムを大深度長距離シールドに適用

フジタ・東急・馬淵・松尾JV 正会員 渋谷 憲昭 (株)フジタ 正会員 藤倉 裕介
(株)フジタ 正会員 大井 隆資 (株)フジタ 正会員 〇 異 研

1. はじめに

近年、シールド工事の長距離化が著しく増大の傾向にある。長距離シールド到達時、測量精度を向上させるために、地上からの鉛直ボーリングにて地上と坑内の位置確認を行う方法が一般的に採用されている。しかし、トンネルが大深度であったり、地上の交通量や埋設物の関係から従来の鉛直ボーリングによる位置確認方法が困難な場合がある。今回、大深度長距離シールド工事で精度良く到達させる確認方法として、AE技術を応用したマシン位置検知システムを開発し、実用化を図った。本稿は、このシステム概要と適用について報告するものである。

2. AEについて

AE (Acoustic Emission) は、材料の亀裂の発生や進展などの破壊に伴って発生する弾性波（振動、音波）で、土木工事においては地滑り前の前兆現象として地盤の微小な変形に伴って発生する微小振動等が該当する。シールド工事では、このAEセンサ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振動を計測し、切羽の土質性状の変化やマシンの異常発生をいち早く把握して、カットの回転速度や推進力、排土方法を調整し、機械の異常に即座に対応するシールド音響診断技術として多くの現場で活用されている。

3. AEマシン位置検知システム

3.1 工事概要

横浜市下水道局発注の栄処理区東俣野幸浦線（第4工区）下水道整備工事は、延長4,037mをシールド外径φ3,280mm、(図3-1参照)の泥水式シールド工法にて施工するものである。工事の特徴は、大深度（平均土被り83m・最大土被り103m）、高水圧（平均地下水圧0.7MPa・最大地下水圧0.88MPa）の施工であり、到達部も深さ65m（地下水圧0.55MPa）の大深度となっている。

3.2 AEマシン位置検知システムの開発

本工事の到達は、掘削を完了した既設馬蹄型トンネル（山岳トンネル工法）への地中接合で、図3-2に示すように既設ライナー管内に流動化処理土を充填した区間をマシン停止位置まで掘進するものである。接合精度は偏芯量±100mm、面角0.9°が要求され、シールドマシンを精度よくトンネル終点に到達させる必要があった。到達地点は、土被りが65mの大深度であるとともに、交通量の多い主要幹線道路交差点に位置するため、従来の地上からのボーリングによる位置確認方法は困難であった。検討の結果、シールドマシン位置をタイムリーに確認する目的で、以下に述べるAE技術を応用した検知システムを開発し、実用化を図った。



図3-1 坑内断面図

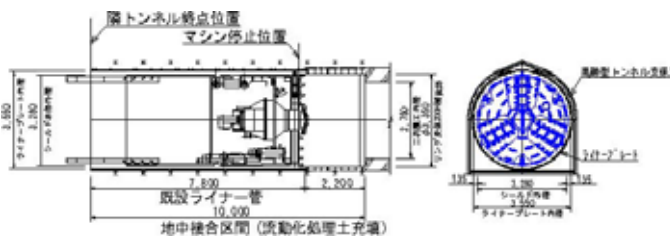


図3-2 地中接合部の概要図

3.3 システム概要

本工事でのAEマシン位置検知システムは、4チャンネル仕様のAE計測装置、波形観察用オシロスコープ、テープレコーダおよびパソコンで構成される。マシンの掘削により発生する弾性波は、地盤内に埋設された検知パイプを伝達

キーワード：シールド・大深度・長距離・地中接合・計測・AE

連絡先：〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 TEL 03-3796-2298・FAX 03-3796-2304

してAEセンサに受信される。受信された信号は、AE計測装置によって自動的に処理され、AEカウント数や最大振幅値などのパラメータに置き換えられる。到達側の計測室で得られた結果は、インターネット通信で発進基地の中央制御室に送られ、オペレータは、シールド機のリアルタイムでの位置を確認し、姿勢制御に反映させるものである。本システムの概要図を図3-3、図3-4に示す。

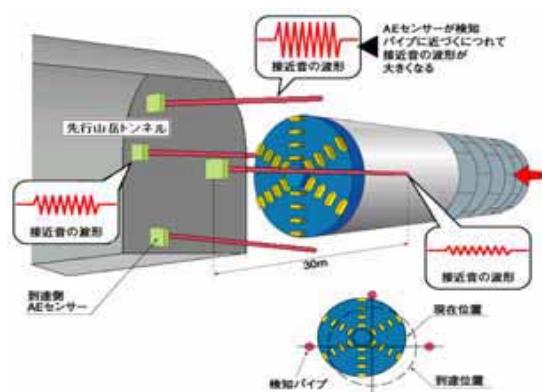


図3-3 AEマシン位置検知システム概念図

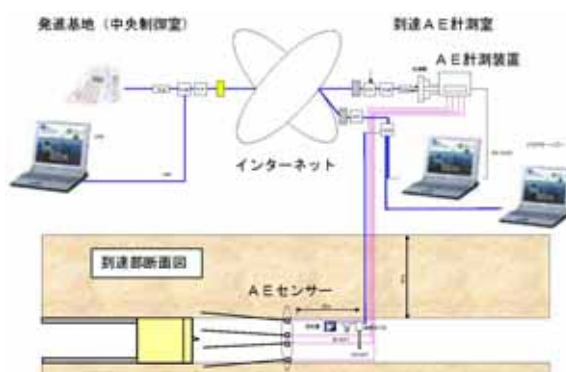


図3-4 AE計測システム概略図

4. 適用結果

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2m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制御に反映させた。マシン位置の算定および掘進管理は、マシンの中心座標(X,Y)の変化を示すことにより実施した。図4-1にマシン位置算定結果の表示状況を示す。計測モニタリングにおける赤色の円がリアルタイムのマシン位置を示している。X方向とは水平をY方向とは鉛直の誤差を表し、このマシン位置とシールド基線の誤差を確認しながらマシンの姿勢制御を行った。接合手前40m地点からAEによるマシンの位置検知システムによる連続計測・解析を開始し、坑内測量による実測値と極めて近似していることが検証できた。そのため、マシンの姿勢方向制御は大きな修正もなく、到達誤差18mm（上10mm・右15mm）の高精度で隣接工区のトンネル内へ無事地中接合できた（写真4-1参照）。

マシンの掘削等により生じた弾性波をAEセンサで計測し、マシン位置をミリ単位の精度で検知することは、地盤の不均一性を考慮すれば非常に高度な技術であり、更なる検証が必要であるが、本システムはこれからの大深度地下開発に向けた有用な技術であると考察する。

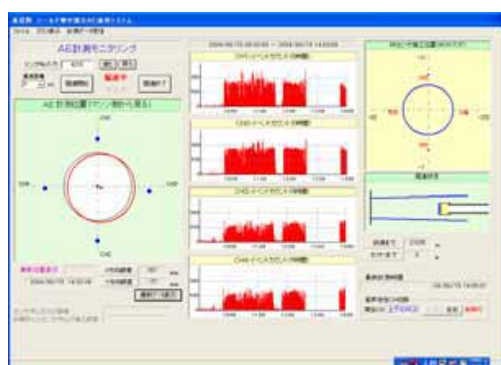


図4-1 AEマシン位置算定結果の表示状況



写真4-1 地中接合完了状況

5. おわりに

今回、大深度長距離シールドの地中接合で実用化したAEマシン位置検知システムは、従来の交通量の多い地上からの大規模なボーリング等を必要とせず、交通渋滞や地下水汚染等の周辺環境にも配慮したシールド補助技術と位置付けられる。今後は、今回のデータを精査し実績を重ねることで、高精度かつ汎用性のあるシステム構築を図っていく所存である。

最後に、本技術の施工にあたり、発注者である横浜市下水道局をはじめ、関係各位の皆様に多大なるご指導、ご協力を得たことを感謝申し上げる次第である。