

大深度長距離シールドの地中接合にA Eマシン位置検知を適用

(株)フジタ 首都圏土木支店 会員 渋谷 憲昭

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)下水道整備工事は、シールド工事延長が4,037mで、到達側は掘削の完了した工事延長3,000mの既設山岳トンネル(断面は馬蹄形)であり、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と大深度のため、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位置検知システムを適用した。

本稿では、このシステムの概要と施工実績について報告するものである。

2. 工事概要

横浜市は、阪神・淡路大震災の教訓をもとに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、幹線延長22kmのうち、延長4,037m、仕上り内径2,750mmの泥水式シールド工法にて施工するものである。工事の特色としては、本工区は山越えルートのため、シールド路線は大深度(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)条件の施工となり、到達の地中接合部も深さ65m(地下水圧0.55MPa)の大深度となる。また、到達はトンネル既設ライナー管内への地中接合となり、その到達精度は±135mmが要求される。

3. システム概要

3.1 A Eによる地中接合の必要性

一般に長距離シールド到達時の坑内測量の精度をあげる手法として、地上からの鉛直ボーリングにてセグメントを貫通させ、下げ振りを用いて地上と坑内の座標確認を行う方法が採用される。しかし、本工区の接合地点は、土被りが65mの大深度であることと、交通量の多い主要幹線道路交差点に位置するため、地上からのボーリングによるマシン位置確認方法の採用は困難であった。また、山岳トンネルの既設ライナー管への地中接合(図3-1)は、偏心量±100mm・面角0.9°が要求され、シールド機を精度良くトンネル終点へ誘導するための補助的方法として、A E技術を応用した検知システムを開発し、実用化を図った。写真3-2に地中接合状況(手前：マシン側・奥：既設トンネル側)を示す。

図3-1 地中接合部の概要図

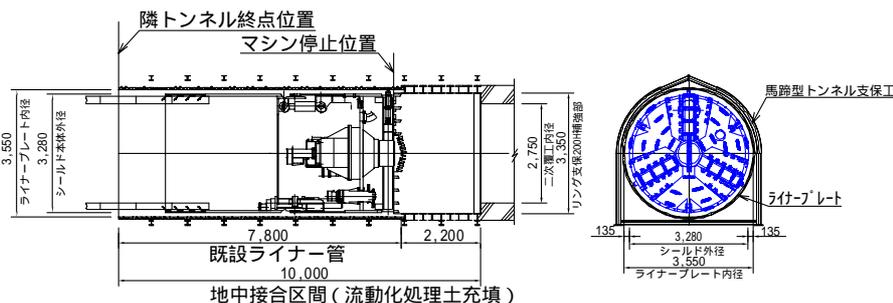


写真3-2 地中接合状況



3.2 A Eについて

A E (Acoustic Emission) 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である。シールド工事では、このA E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、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。今回、このA Eセンサを到達側から水平ボーリングによって設置し、シールド機を精度良く到達位置に誘導する新技術に応用した。

キーワード : シールド・大深度・長距離・地中接合・計測

連絡先 : 〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷5-23-15 TEL 03-5360-3220・FAX 03-5360-3266

3.3 AEによるマシン位置検知システム

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センサ内蔵検知パイプ4本と地上の計測室で構成される(図3-3)。このシステムは、AEセンサにより、シールド機のカッタ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、音の変化を解析することでシールド機の現位置を把握するものである。この結果、中央制御室において、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。

4. 地中接合時の位置計測

4.1 AE計測システム

AE計測システムは、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。マシンの削孔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。システムの概要図を図4-1に示す。

4.2 マシン位置検出結果

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4-2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、坑内測量によるデータと極めて近似していることが実証できた。そのため、マシンの姿勢方向制御は大きな修正もなく、スムーズに行われ、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の地中接合に成功した。カッタ切削により生じた弾性波をAEセンサで計測することで、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。今回のように観測孔からの座標確認ができないケースでは、掘進管理の補助的な技術として十分に適用可能と考えられる。

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された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、交通渋滞を引き起こすこともなく、周辺環境に配慮したシールドの補助技術と位置付けられる。今後は、本システムを大深度地下開発に向けた技術として、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、関係各位の皆様にご多大なるご指導、ご協力を得たことを感謝申し上げる次第である。

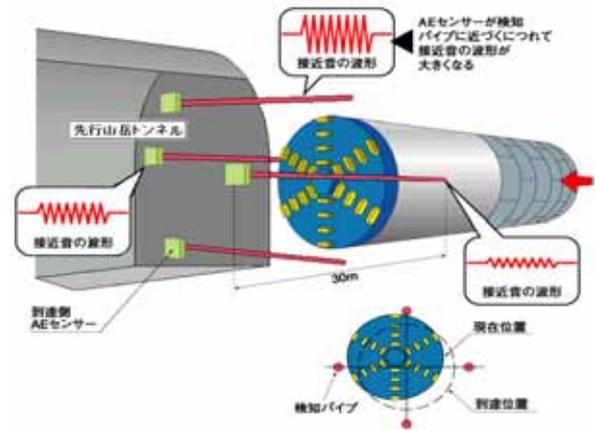


図3-3 マシン位置検知システム概念図

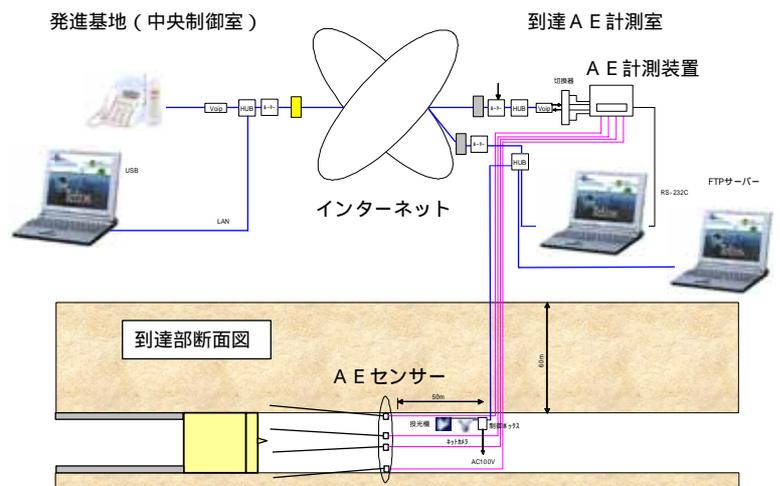


図4-1 AE計測システム概略図

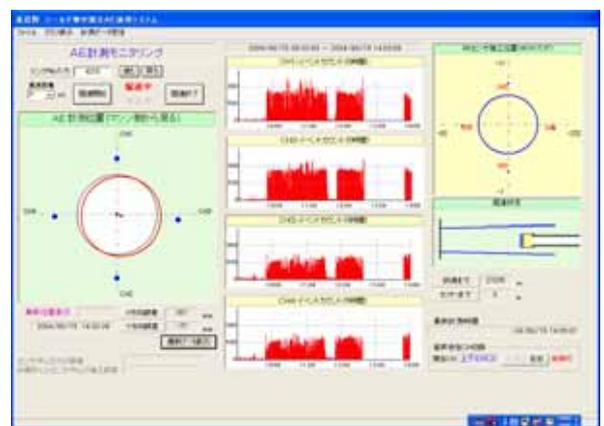


図4-2 マシン位置算定結果の表示状況