

大断面シールドにおける小土被り掘進対策

大成建設(株)東京支店 正会員 ○首藤 悠歩

大成建設(株)東京支店 正会員 福田 隆正

大成建設(株)東京支店 正会員 池野 裕悟

中日本高速道路(株)東京支社 長濱 清孝

1. はじめに

東京外かく環状道路 本線トンネル（北行）大泉南工事（以降、本工事と称する）は、現在施工が進められている東京外かく環状道路（関越～東名）の全長 16.2 kmのうち、関越側に位置する大泉ジャンクションから発進するトンネル延長 6.9 kmの北行本線シールドトンネル工事である。

本工事は、シールド機外径 16.1mの国内最大の泥土圧シールド機によって施工され、セグメント外径は 15.8 m、セグメント厚さは 650mmである。掘削土層は上総層群の江戸川層及び、舎人層（粘性土、砂質土、砂礫の互層）でN値 30～50 以上、土被りは最小 7m～最大 57mである。

図-1 及び図-2 に小土被り部の縦断面図と横断面図を示す。発進立坑から 100mにおいては特に小土被りであり、重要構造物が近接しているため、地表面の変状だけでなく重要構造物の変状も抑制する必要があった。シールド工事における主なトラブルの一つとして余掘り地盤の不安定化・裏込め注入量の不足による地盤変状が挙げられる。本工事は大断面でありながら最小 7mの小土被りを掘進することから、そのリスクが増大することが考えられる。以上より余掘り量を検知するシステムを開発し裏込め注入の補足管理として活用した。

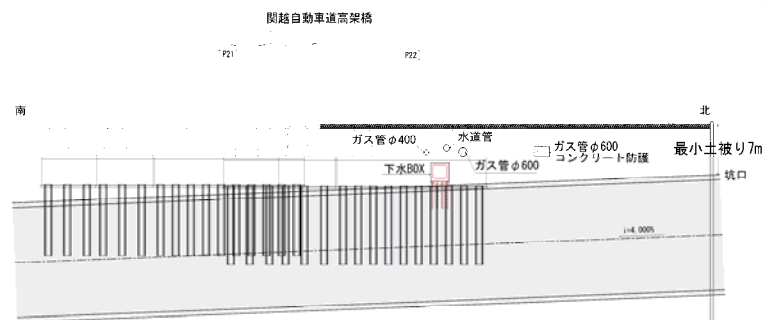


図-1 小土被り部縦断面図

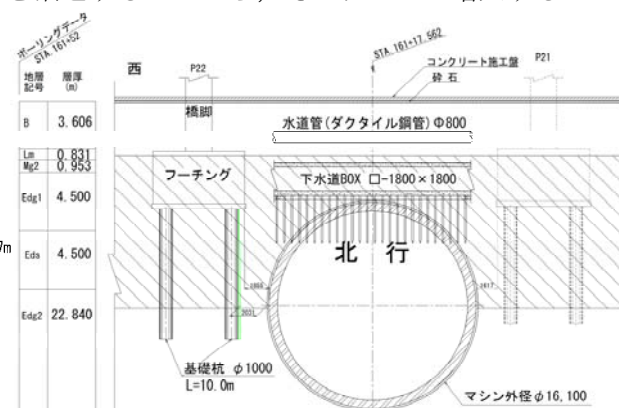


図-2 小土被り部横断面図

2. 電磁波レーダー探査装置による地山形状の把握技術の開発

掘進中の切羽近傍における地山の断面をリアルタイムで計測するため、電磁波レーダー探査装置を設置し、地山形状の把握を行う検討を行った。

本装置のアンテナから送信された電磁波（送信波）は、均質な地盤内を進む場合、減衰して反射しない。

送信波は地山に空洞があると、その空洞中を進んで異質である地山境界面にて反射する。この反射波を受信した上で、送信と受信の時間差を算出し、電磁波速度からスキンプレート外縁から境界面までの空洞距離 L を算出する。このことで切羽近傍での地山の断面形状を把握することが出来る。

キーワード シールドトンネル、小土被り、裏込め注入

連絡先 〒178-0062 東京都練馬区大泉町 5-4 関越下自動車道高架下 大成建設東京支店外環大泉トンネル作業所 TEL 03-6913-3602

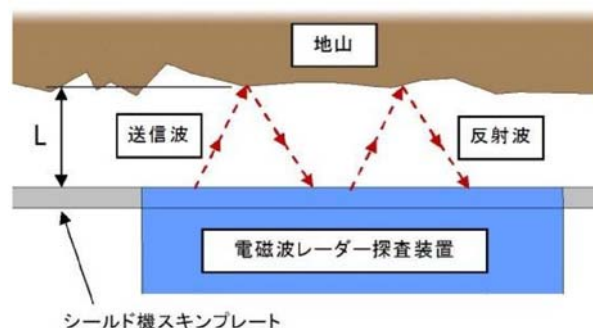


図-3 電磁波レーダー探査装置概略図

3. 開発実験

シールド機への電磁波レーダー実装に先んじて、模擬土層を用いて事前実験を行った。図-4に事前実験の模式図を示す。シールド機上部での地山状態を想定したものをモデル化し、電磁波レーダーから地山までの空隙に満たされている物質とレーダーの周波数を変化させて確認を行った。空隙には、空気、水、気泡混合土砂を満ちし、周波数は900MHz、1600MHz、2600MHzのそれぞれ3パターンで実験を行った。図-5に電磁波レーダー画像を示す。周波数1600MHz以上のアンテナは解像度が高く空隙に空気、水、気泡混合土砂を満ちた全ての場合で地山との境界を検出することが出来た。2600MHzのレーダーは測定可能深度が20～30cm程度と小さいため1600MHzのアンテナを採用した。

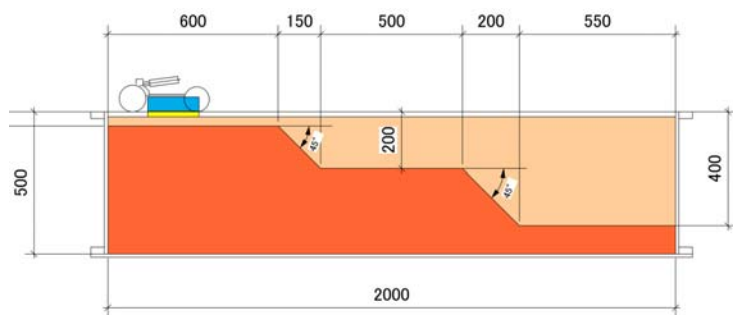


図-4 事前実験模式図

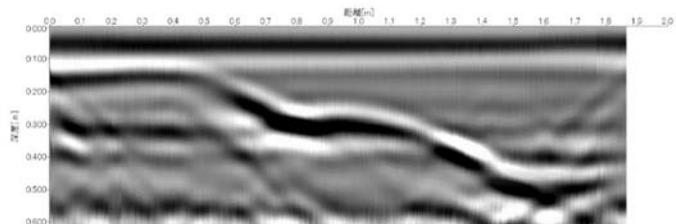


図-5 電磁波レーダー画像

4. シールド機への実装

電磁波レーダー探査装置をシールド機の前胴上半に、6箇所設置した(図-6)。反射波の信号処理結果とシールドジャッキストロークデータを同期させ、掘削土量をリアルタイムで算出することで排土量との差分を連続的に確認することができる。また、可視化により掘進中の地山の空洞状況を連続的に把握することができ、空洞規模に応じ、胴体注入、裏込め注入量の増量・追加注入を即時実施することで取り込み過剰や地山崩壊による地表面沈下を未然に防止することが可能となる。掘進開始後は、電磁波レーダー測定値の正確性を確認するために、1Rごとに地山探査装置を直接的に地山に貫入し、相互のデータを確認することで精度の確認を行った。

図-7に電磁波レーダーシステム画面を示す。空洞状況を可視化し、空洞体積、ベルトコンベヤの排土量および裏込め注入量と連動するシステムを構築した。

電磁波レーダーによる空洞の測定は毎秒行っており、シールド機掘進量と連動して1R当たりの空隙体積として算出される。ここでの測定結果をシステム上で一元管理することで、ベルトコンベヤの排土量、裏込め注入量と連動しており比較検討が容易に可能となった。

5. さいごに

電磁波レーダーシステムによる空洞探査は既存の技術であり、山岳トンネルの覆工背面の空洞探査において実績のあるモニタリング方法である。今回、地下水以深のシールド工事において電磁波レーダーを用いた空洞または余掘り量の計測の有効性と裏込め注入量と連動する一連のシステムを確立した。本工事の小土被り部においては、地表面ならびに重要構造物に変状を発生させることなく掘進することが出来た。今後、重要構造物に近接するシールド工事をより安全に施工する技術として有効であり、更に本技術の実用性を高めていきたい。

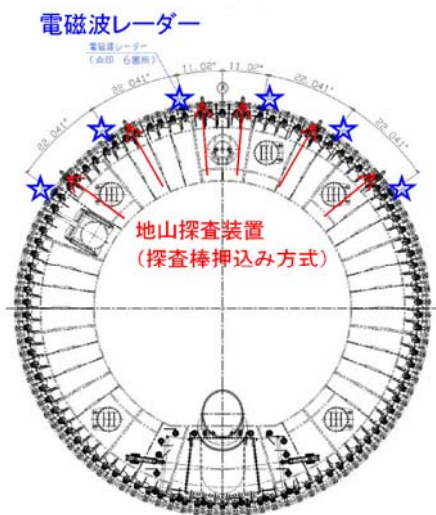


図-6 電磁波レーダー設置位置

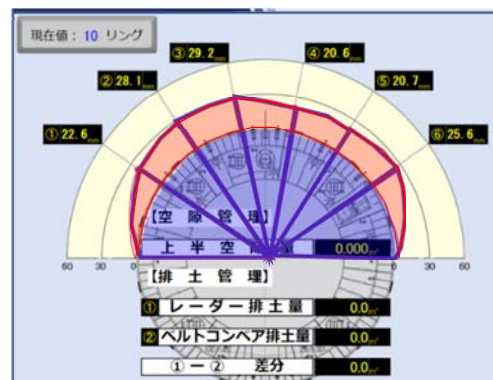


図-7 電磁波レーダーシステム画面