

地山空洞の有無を掘進しながら確認できる超音波式地山探査装置の開発

大成建設株式会社 正会員 ○志田 智之
大成建設株式会社 正会員 田村 憲
大成建設株式会社 正会員 小森 敏生

1. はじめに

密閉型シールド機による施工では、地山の状態を直接目視することができないため、掘削土量やシールド機のモニタリングデータを参照しながら、地盤に緩みや空洞を生じさせないように対応している。しかし、初期掘進時や掘削対象土質が急激に変化する場合等には、種々の試行と調整が必要になるため、一時的に掘削土量が過剰になることがある。この際に地盤に緩みや空洞が生じ、これが地上に至ると地表面の沈下や陥没が生じることになるが、早期に崩壊の有無を検知し直ちに空隙を充填できれば、陥没を防止することができる。このような状況を踏まえ、掘進中に連続した測定が可能で比較的安価な「超音波式地山探査装置」(写真-1)を開発し、室内での精度確認後、実工事に適用したので報告する。

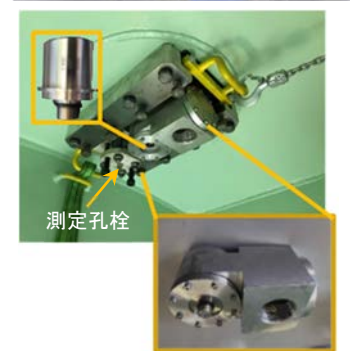
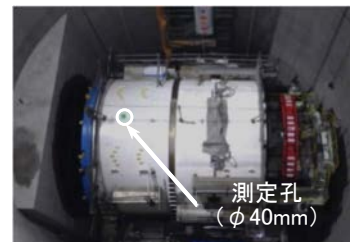
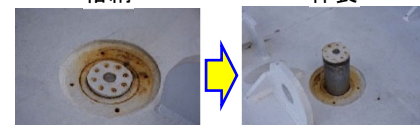


写真-1 超音波式地山探査装置
格納 伸長



2. 従来技術の現状

従来から密閉型シールド機に装備されてきた貫入式地山探査装置(写真-2)は、シールド機鋼殻から測定装置を突出させるため、その使用は掘進を停止した状態に限定される。このため、通常はシールド掘進完了時に1回のみ測定し、掘進途中での空隙の有無は検知していないのが現状である。

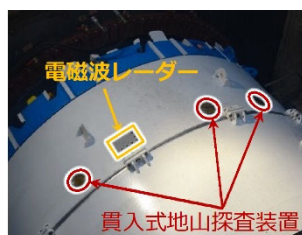


写真-2 貫入式地山探査装置

また、シールド機を掘進しながら連続して測定できる非接触型のものに「電磁波レーダー」を用いた地山探査装置¹⁾があるが、装置自体が大きく高価であることから、シールド機への実装は進んでいない。

3. 超音波式地山探査装置の概要

超音波式地山探査装置は、非破壊検査で広く利用されている超音波センサーと、これを内包する取付治具から構成され、破損時等に取り外せるように、シールド機側にスライド式交換機構(図-1)を備えている。この機構は、段取替え等でシールド機を長期停止する場合に、測定用の孔の中に地山から土砂が入ることを防ぐことにも活用される。

シールド機により切削した部分と、その外側の未切削の地山部分では、波動伝搬のしやすさを表す音響インピーダンス Z (ρ :

密度, c : 伝播速度とすると $Z = \rho \cdot c$) が異なるため、その境界で反射が生じる。超音波を発信してから反射波を受信するまでの時間 Δt と、シールド機外周にある媒質(泥水等)の伝播速度 c から、地山までの距離 L を、 $L = c \cdot \Delta t / 2$ で推定することができる。

ここで媒質の伝播速度 c は温度により変化することが知られているが、媒質の温度はほぼ一定であること、

キーワード 地山探査, 超音波, 陥没, 空洞

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル 大成建設株式会社 TEL 03-5381-5284

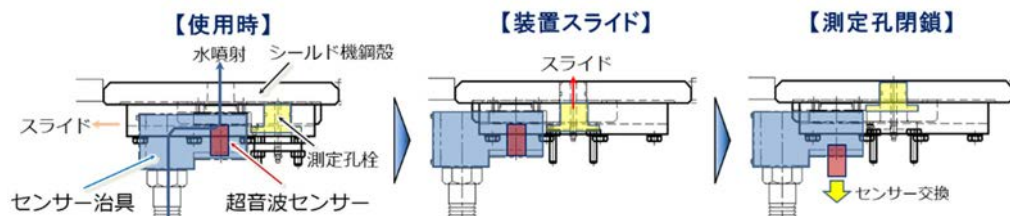


図-1 スライド式交換機構

必要な測定精度がミリメートルオーダーであることから、温度による影響は考慮しないこととした。

4. 適用限界・精度確認実験

超音波センサーで測定可能な距離と精度を確認するために、水および濃度の異なる泥水を使用して、室内実験を行った。実験は、図-2 に示すように水槽底面から既知の距離に超音波センサーを据え付けて、検知した距離との比較を行った。結果の一例として、最も高濃度の泥水($\rho=1.2$)の場合を図-3 に示す。横軸は据付位置、縦軸は測定結果を示しており、両者の差は 1mm 以内で、十分な測定精度を有することを確認できた。また、超音波センサー先端部より水を噴射することにより、検知可能な距離が約 60% 向上 (155mm \Rightarrow 250mm) することを確認した。

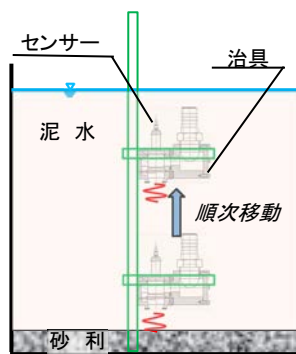


図-2 室内実験概要

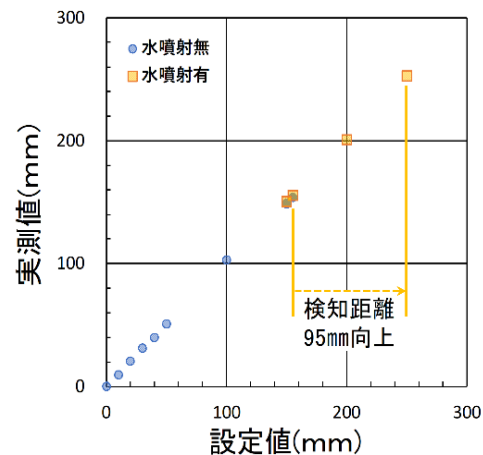


図-3 室内実験結果

5. シールド機への実装

超音波式地山探査装置を実装したシールド機は、写真-1 に示した通り、外観上は前胴部鋼殻に直径 40mm の穴が開いているのみである。一方、シールド機内は、超音波センサーを内包する治具があり、長さ 300 mm、幅 200 mm、高さ 100 mm の空間のみを占有し、中口径以上のシールド機では複数台設置することも可能である。

測定結果の一例を図-4 に示す。図中の設定値は、カッターにより切削された地山面までの距離を示しており、60mm 余掘りをした状態である。これに対して実測値は数 mm 小さい値を示しており、シールド機天端位置の地山が沈下したことを示している。また、ジャッキストロークが 450 mm と 720 mm 付近で急激に実測値が小さくなっているのは、超音波センサー先端面に土砂が堆積したためと考えられ、水を噴射することで測定可能な状態に回復できている。

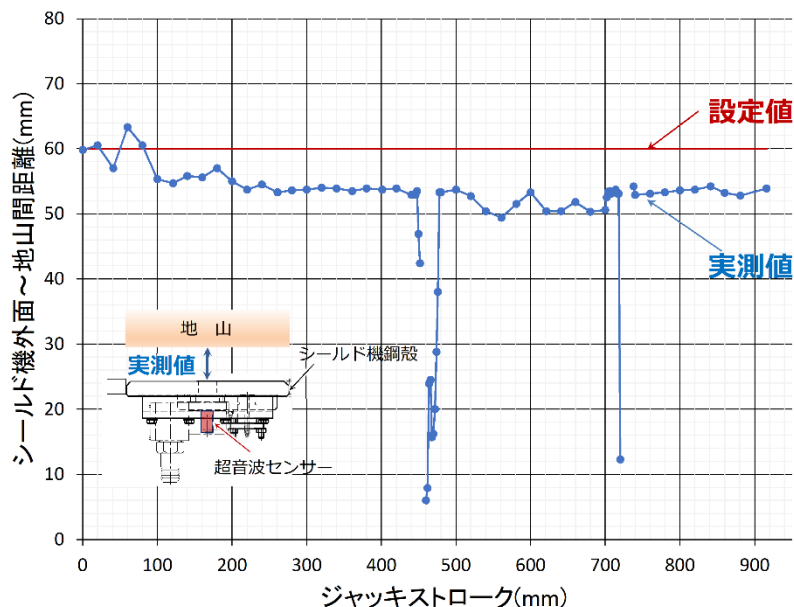


図-4 シールド機実装時測定結果

6. まとめ

超音波式地山探査装置を開発し、室内実験で適用性を確認した。更に、シールド機に実装して、実地盤で掘進しながら連続して測定できることを確認した。

今後は、砂礫地盤や均等係数が小さい砂質土などの崩壊性の高い地山や、鉄道営業線等の重要構造物直下を掘進する工事に積極的に適用していくとともに、交換機構を簡略化して導入コスト低減を図っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 首藤悠歩, 福田隆正, 池野裕悟, 長濱清孝: 大断面シールドにおける小土被り掘進対策, 土木学会第 76 回年次学術講演会 VI-399, 2021