

小土被りトンネルにおける表面波探査を利用した地質調査事例

鹿島建設(株) 正会員 ○白鷺 卓 山本 拓治 横田 泰宏

1. はじめに

土被りの小さなトンネルでは、グラウンドアーチが形成されにくく、地山の緩みに伴う地表面沈下や陥没等が発生しやすい。また、切羽の安定性も問題になることが多く、地山の強度や変形特性を事前調査によって把握することが重要である。本報告では、小土被りトンネルを掘削する際に一般的に行われる事前調査手法の問題点を挙げ、それらの問題点を解決するために表面波探査手法を利用した施工中調査を実施したので、その適用性を報告する。

2. 小土被りトンネルにおける事前調査手法の問題点

小土被りトンネルを掘削する前には事前調査として、地盤の物性が直接把握できる調査ボーリングが実施される。しかしながら、調査ボーリングから得られる結果は「線の情報」に限定されるため、「面的な情報」が得られる物理探査手法を組み合わせ、ボーリング結果を補完することでより高精度な地質調査が可能となる。一般的に、物理探査手法による事前調査ではP波屈折法探査が用いられるが、以下に示すような小土被りトンネル特有の問題点がある。

- ・ 地下水位が高く、地下水のP波速度よりも小さい或いは同等の軟弱地盤が分布する地質では、透過するP波が地下水の影響を受けるため、実際より地盤物性を高く評価する危険性がある。
- ・ 弾性波速度が相対的に速い層が上層部に分布する場合、それより下層に分布する弾性波速度が遅い層（逆転層）を検知することはできない。

そこで、筆者らは以下に概説する表面波探査手法であれば上記の問題点を原理的に解決することができると考え、小土被りのシールドトンネルやTBMトンネル掘削時の施工中調査に適用し、その精度を検証した。

3. 表面波探査概要

表面波探査は、図-1に示すように、地表で起振させ地盤を伝わった波の中から波長の異なる表面波を抽出することにより、地盤の速度構造を算出する弾性波探査の一手法である。広範囲に実施されるP波屈折法探査に比べ探査深度は限られるが、探査精度に優れ地下水の影響を受けない。また、アスファルト舗装や地表付近に高速度層がある逆転層であっても調査が可能である。また、測定自体も容易で、1日で100mから300m程度の範囲を調査することができる。

4. 調査結果

(1) シールドトンネル

本工事では、土砂対応の泥土圧シールドによる掘削が計画されていたが、近隣工事から得られた情報によると施工上問題となる硬質な岩が計画路線上に分布することが懸念されたため、岩の物性や分布状況の確認を目的として表面波探査を実施することにした。本調査地点の地下水位は高く、P波を用いた探査では精度の高い調査を実施することは難しい。図-2は探査状況、図-3は表面波探査解析結果である。解析結果によると、約100mにわたって、深度5mから14mにS波速度500m/s以上の岩盤層が分布していると推定された。

図-4は、探査範囲内で実施したボーリング結果である。この結果

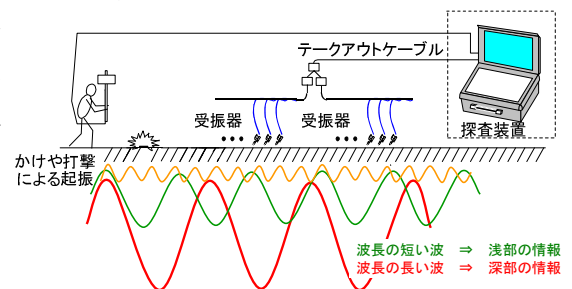


図-1 表面波探査原理



図-2 探査状況写真

キーワード 小土被りトンネル、地質調査、表面波

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6593

によると、深度 5m 付近から強風化砂岩が分布し、深度 7m 以深では一軸圧縮強さ 30MPa から 40MPa 程度の風化岩盤層が分布していることが確認でき、表面波探査と整合性が見られる結果となった。本工事では、調査結果を踏まえて土砂対応シールドの到達堅坑位置を手前に変更した。高精度な施工中調査により、工期遅延リスクを事前に回避することができた事例と考えられる。

(2) TBM トンネル

本工事では、硬質な花崗岩中を TBM 工法により掘削が進められていたが、天端付近に風化マサ土の分布が懸念されたため、その風化部との岩盤境界深度を把握することを目的として、表面波探査を実施することにした。図-5 は表面波探査解析結果と測線上で実施されたボーリング結果を重ね合わせた結果である。解析結果によると、深度 5m 付近までは S 波速度 300m/s 程度の軟弱層が分布し、深度 5m から 8m 付近では S 波速度 300m/s から 600m/s 程度の層が分布することが確認できた。さらに、それ以深には S 波速度 600m/s 以上の岩盤層が分布すると予測された。ボーリング結果を踏まえて評価すると、S 波速度 300m/s 程度の軟弱層はマサ土層（強風化層）、300m/s から 600m/s の層は CL 級の風化花崗岩、S 波速度 600m/s 以上の層は CM 級から CH 級の花崗岩であると判断でき、表面波探査結果とボーリング結果には整合性が見られる結果となった。本調査区間では、比較的密にボーリングが実施された区間であるが、表面波探査は線の情報であるボーリング結果を面的に補完することができ、当該区間における TBM 掘削計画の立案に資することができた。

5. まとめ

今回、小土被りトンネルの施工中調査手法として表面波探査を利用した結果を 2 件報告した。これらの結果より以下の知見を得た。

- ・ 表面波探査から得られた S 波速度は測線上で実施されたボーリング結果と整合性が高いことを確認した。
- ・ 得られた S 波速度から、地盤と岩盤の境界面や風化の程度を把握することができた。
- ・ 地下水位が高く、軟弱地盤が分布するような小土被りトンネル特有の地質であっても、精度の高い調査を実施できることが分かった。
- ・ 測定や解析は比較的簡易な手法で施工者にも容易に実施でき、調査コストを抑制できる。また「線の情報」であるボーリング結果を精度良く「面的に補完」することができるため、施工計画に活用しやすい調査手法と言える。

今後も調査実績の増加に努め、合理的かつ安全な小土被りトンネルの掘削に貢献していく所存である。

参考文献

- 1) 内田充, 藤田尚弘, 森竹淳, 荒木均：可燃性ガス・高水圧などの課題を克服し長距離トンネルを建設, トンネルと地下, pp. 25-35, 2011, 12 月。

