

表面波探査によるトンネル覆工背後の地山強度測定事例

Measurement of rock strength behind tunnel lining using surface wave exploration

美馬健二*, 川浪聖志 (有限会社太田ジオリサーチ), 筒井勝美 (和合建設コンサルタント株式会社)

Kenji MIMA*, Seishi KAWANAMI (Ohta Geo Research Co.,Ltd.),

Katsumi TSUTSUI (Wago construction consultant Co.,Ltd.)

キーワード: トンネル覆工, インフラメンテナンス, 表面波探査, 地山強度

Keywords: Tunnel lining, Maintenance, Surface wave exploration, Ground strength

1 はじめに

トンネルの点検を行うと、覆工に著しいひび割れや浮き等の変状を確認することがある。これらの変状について対策を検討する場合、変状が覆工そのものの劣化によるものなのか、それとも覆工背後の地山の緩みで生じているのかを明らかにすることが極めて重要である。

覆工劣化の原因を究明するには、覆工背後の地山の強度を確認する必要があるが、ボーリング等の掘削を伴う調査法は、調査時に老朽化した覆工をさらに劣化させてしまう恐れがある。また、ボーリング調査に要する費用と工期、通行規制を考慮すると調査実施が難しい場合もある。非破壊で迅速に覆工背後の地山強度を調査する手法を確立することは、トンネルの維持管理を効果的に実施する上でも重要であると考えられる。

非破壊で迅速に地山強度を調査できる方法として表面波探査が挙げられる。表面波探査は、地山のS波速度を求める手法であり、S波速度から岩級区分やN値に換算することができる。著者らは、表面波探査を用いて擁壁の背後¹⁾やモルタル吹付の背後²⁾の地山強度を測定してきた。

本発表では、実際の老朽化したトンネルにおいて表面波探査を行い、地山強度を調査した結果を報告する。

2 トンネルにおける表面波探査法の概要

表面波探査法は、以下の方法で行った。

- ① 図-1のように、覆工表面に地震計を水平方向に0.5m間隔で複数個並べる（探査状況は写真-1）。
- ② その端部をハンマーで起振し、レイリー波が通過する時間を測定器で記録・計測する。
- ③ この記録した波形をもとに周波数ごとのレイリー波速度を解析で求め、最終的には1/3波長経験則により図-2のように深度とS波速度（以下、 V_s ）のグラフを作成する。探査の限界深度は、2～3mである。
- ④ 最も小さい V_s を読み取り、地山強度を評価する。

る。

V_s は地盤が硬いほど速く、軟らかいほど遅くなる性質を持った指標であり、N値や岩級区分との相関がある。例えば、 $V_s=300\text{m/s}$ であればN値40相当³⁾、 $V_s=700\sim1500\text{m/s}$ であれば岩級区分CL級相当⁴⁾と換算することができる。

なお、モルタル吹付斜面の崩壊部で実施した表面波探査の事例²⁾では、地山強度は $V_s=300\text{m/s}$ 程度であったことから、 $V_s=300\text{m/s}$ を目安に地山強度の安定性を評価することとした。

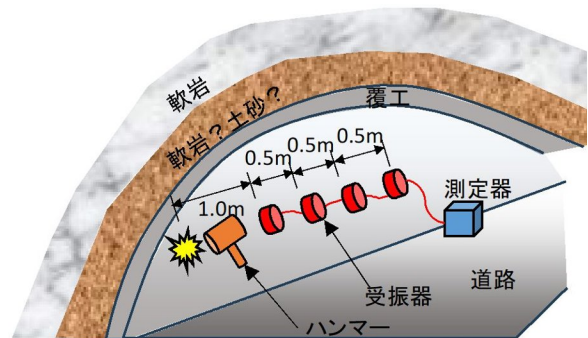


図-1 トンネルにおける表面波探査の模式図



写真-1 トンネルでの表面波探査状況

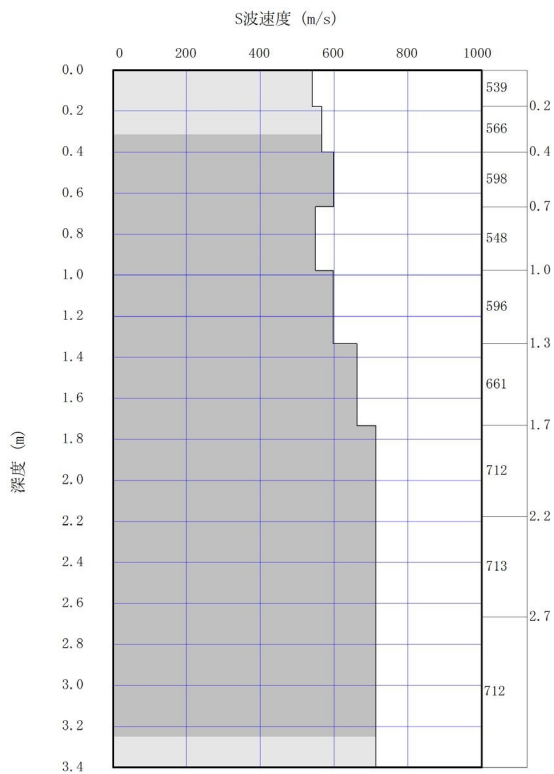


図-2 表面波探査で得られた S 波速度構造図

3 現場概要

現場は、千葉県南房総市山名地先に位置する片側 1 車線の棚石トンネル（南房総市）である。地質図によると、基盤岩は、第四紀更新世の礫岩及び凝灰質砂岩である。棚石トンネルは、1980 年に竣工された延長 75m のトンネルであり、覆工部はモルタル吹付である。当該トンネルには、目視点検によりひび割れや浮き等の変状が多数認められており、地山の緩みが懸念されていた。

目視点検において抽出された変状の著しい箇所の内、右側面で 2 箇所、左側部で 2 箇所、天井部で 2 箇所の計 6 箇所表面波探査を実施した。天井部の表面波探査は、写真-2 のように高所作業車を使用して行った。現地での作業時間は、1 箇所当たり 20 分程度であった。



写真-2 トンネル天井部の表面波探査状況

4 表面波探査結果

6 箇所で実施した表面波探査結果を図-4 に示す。いずれの探査箇所においても、 $V_s > 400 \text{ m/s}$ であった。崩壊が懸念される $V_s = 300 \text{ m/s}$ を上回っており、地盤は安定している評価した。したがって、覆工の変状は、構造物自体の劣化であると判断した。

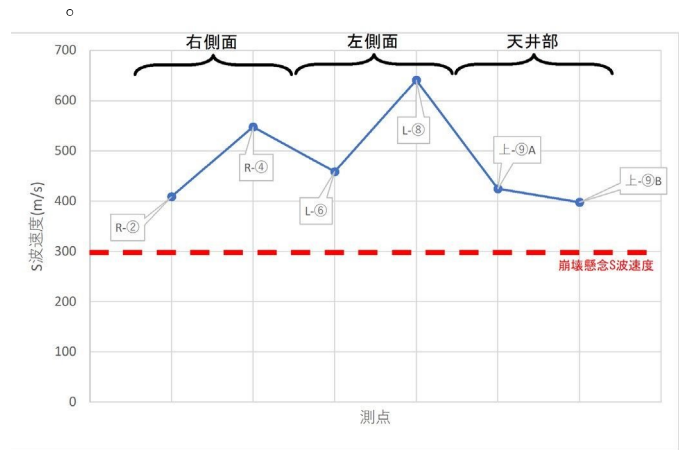


図-4 表面波探査結果

5 まとめ

トンネルの覆工部で表面波探査を実施し、以下 3 点の結果を得た。

- ・表面波探査によって、トンネル覆工部から深度 2 ～ 3m 程度の地山強度を把握することができた。
- ・表面波探査時間は、1 箇所当たり 20 分程度であり、迅速に調査できた。
- ・覆工部背後の地山強度を測定することで、覆工の変状原因が、地山の緩みではなく構造物自体の劣化であることが分かった。

本稿では、構造物に負荷をかけず、かつ迅速にトンネル覆工背後の地山強度を把握する手法として表面波探査が有効であることを示した。本事例がトンネルの効果的な維持管理に寄与すれば幸いである。

参考文献

- 1) 美馬健二, 川浪聖志, 太田英将(2021): 空石積擁壁と練石積擁壁の判別に用いる表面波探査, 第 60 回日本地すべり学会研究発表会.
- 2) 美馬健二, 川浪聖志, 太田英将(2020): 一次元表面波探査を用いたモルタル吹付背面の地山強度測定, 第 59 回日本地すべり学会研究発表会.
- 3) 今井常雄, 殿内啓司(1982): N 値と S 波速度の関係およびその利用例, 基礎工, Vol.16, No.6, pp.70-76.
- 4) 林正夫(1984): 軟岩の工学的分類の概念について, 応用地質特別号岩盤分類, p.10.