

III-B 63 トンネル切羽における簡易弾性波の現場計測試験

建設省土木研究所 正会員 池口 正晃
 同上 正会員 真下 英人
 同上 正会員 宮川 順一

1. はじめに

山岳トンネルの支保の設計は地山条件に大きく依存するが、地山の安定度を客観的に評価する手法が確立されていないため、判断する人によって地山の評価結果が異なり、構造物の力学的安定性、経済性の面から、最適な設計が行われているとはいえない。このことは施工中の切羽の安定化対策においても同様である。このような状況に鑑み、最適な支保、切羽安定対策をおこなうための客観的な切羽評価基準を確立し、力学的かつ経済的に合理性をもった設計、施工が求められるところである。本研究では、切羽安定性を定量的に評価する指標のひとつとして、簡易計測器を用いて得られる地山物性値が適用可能であるかを検討するために、施工中のトンネル切羽で簡易弾性波試験を用いた現場計測を行い、その結果を考察した。

2. 計測器の特徴

簡易弾性波試験とは、トンネル切羽表面の一部をハンマー等で打撃を与え、そのとき生じた波動を同じ切羽面上の別の受信点で受けることによって、その計測区間の伝搬速度を測定する調査法のことである。ただしその速度は、起振点から直接切羽面を通して受振点へ到達する直接波ではなく、切羽奥へ向かって伝搬した波が切羽表層とその奥の部分との境界で屈折し、境界沿いを横方向に進み、再び切羽面に伝わり受振点へ到達する屈折波の速度である（図-1 参照）。すなわち切羽表面より少し奥の部分の岩盤の弾性波速度であり、その部分が掘削等によってどれだけ緩んでいるかを知る手掛かりとなる。具体的には、1起振点から発した波動に対する3受振点の伝搬時間の差と距離の関係で得られた直線の傾きとした（図-2 参照）。簡易弾性波試験は、施工をする際にとくに知りたい情報である現在より数 m 先の地山物性を直接計測すること、また施工サイクルに影響を与えることなく短時間で計測できることから、切羽の安定度を評価する指標としては有利である。

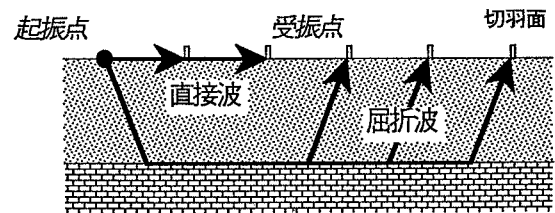


図-1 簡易弾性波試験の波動の経路

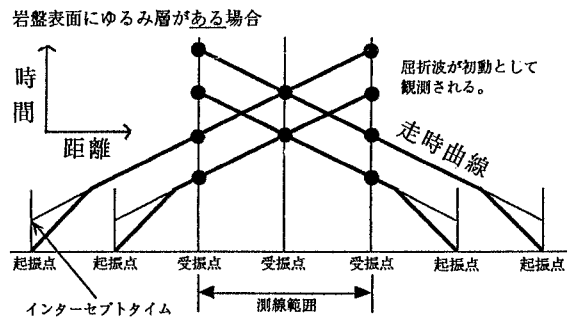


図-2 弾性波速度の求め方

3. 計測方法

図-3に示すように、切羽面に受振点となる3つの地震計をそれぞれの間隔が0.5~1.0mになるように同一線上（以降この線を測線という）に設置し、測線上をハンマーで打撃した。地震計より得られた3つの波動は測定器へ送られ、そこで走時曲線を求める。これを1切羽につき数測線計測し、その平均値をその切羽の簡易弾性波速度とした。

4. 計測結果

図-4に一般的な弾性波速度試験と簡易弾性波試験との比較を示す。一般的に弾性波速度試験と同様、硬質・塊状・新鮮・強固結なもののほど大きい値が測定される傾向があるが、この図によると、簡易弾性波試験の計測値は、一般の弾性波試験のものと比較して小さくなることが多いことがわかる。これは切羽面が自由面近傍であることや、掘削によって緩みが生じることに原因があると考えられる。

図-5に、計測した3トンネルの各切羽ごとの簡易弾性波と一軸圧縮強度（シュミットハンマー計測値の換算も含む）との関係を示す。ただしそれぞれの岩種は、Sトンネルは砂岩、Aトンネルは砂岩と頁岩の互層、Yトンネルは粘性土である。この図を見ると、一軸圧縮強度が高いときでも、その弾性波速度は必ずしも高いとはいえないことがわかる。例えばAトンネルの一軸圧縮強度は他のトンネルとほぼ同程度あるいはそれ以上で、高いものには500kgf/cm²近くのものがあるにもかかわらず、弾性波速度は1.0km/s以下の領域のものが多く見られる。一方、評価の対象となる実際の現場における切羽安定性をそれぞれのトンネルについて述べると、Sトンネルが比較的安定していたのに対し、その他のトンネルは切羽の崩壊が起こるなど不安定な状態であり、フォアパイリング、鏡吹付けコンクリート、リングカットなどの切羽安定の対策工が実施されていた。以上のことより弾性波速度が高いほど切羽の安定性も高いという傾向があることがわかる。この理由として、一軸圧縮強度試験は切羽の一部分から抽出されたある点の強度を表わすのに対し、簡易弾性波試験は測線間の地山物性を評価し、その計測値は切羽面の岩盤の不連続性に大きく影響を受けることが考えられる。とくに一軸圧縮強度がかなり高いにもかかわらず弾性波速度が低い場合は、切羽全体の強度としてとらえると亀裂の度合いが多く、切羽の安定性が悪いことが推論できる。

5. おわりに

所有しているデータ量はまだ充分ではないが、簡易弾性波速度の試験値が、切羽安定の評価として使える可能性があることが示された。当面は現場計測のデータを蓄積していくことが重要な課題であるといえる。

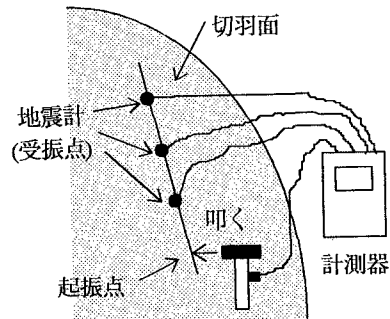


図-3 計測方法

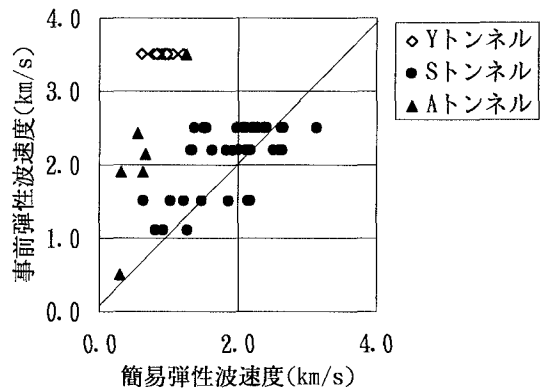


図-4 事前探査における一般的な弾性波速度と簡易弾性波速度との関係

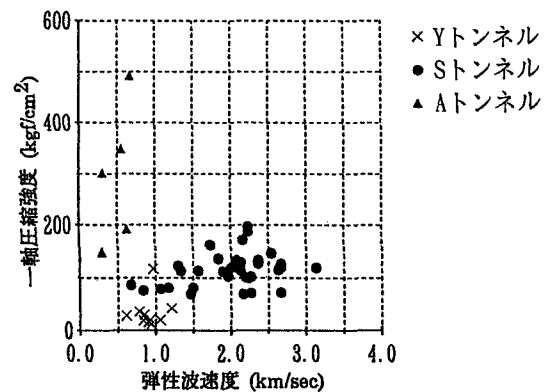


図-5 簡易弾性波速度と一軸圧縮強度との関係