

VI-84

レーリー波探査法による山岳トンネル前方探査法の検討

(株) 間組○正会員 笠 博義、正会員 巽 治、正会員 黒台昌弘
ビイック(株) 黒須 修、大賀一秀

1. まえがき

トンネルの地中前方探査はトンネル工事の安全かつ経済的な遂行のためにも重要な技術である。特にTBM工法による山岳トンネル施工では、切羽前方の任意の距離における地質状況を簡単に精度良く探査することが困難であり、より高度でシステム化された地中前方探査の技術が必要である。

筆者らはこの地中前方探査技術としてレーリー波を用いた方法を提案¹⁾し、実際のトンネルにおいて実験を行ない、実用化に向けての検討を行なった。以下にその概要を報告する。

2. 探査手法の概要と実験目的

レーリー波探査法による前方探査は、切羽に取付けられた起振機によって前方の岩盤に振動を与え、それによって発生したレーリー波速度から前方の地質構造を探査する技術である。このレーリー波探査法では振動エネルギーのおよそ70%を占めるレーリー波を探査の対象としていることから、比較的小さな振動エネルギーで大きな探査深度を確保し、他の物理探査法に比較しても高い精度の探査が可能である。また、レーリー波速度から変形係数などの岩盤工学的な係数を統計的に推定することが可能であり、切羽前方の岩盤の状況にある程度定量的に把握できると考えられる。

本実験では上に示したレーリー波探査法により、TBM工法で大きな問題となる断層破碎帯の位置を正確に測定することの可能性について定量的に評価することが目的であり、その結果をもとに本探査方法の実用化を目指すものである。

3. 実験概要

実験は図-1に示すように、施工中のトンネルの拡幅部において側壁方向に測線を設けて実施した。また、起振機は岩盤に完全に固定された完全に固定されたアンカーボルトに締結し、検出器は急結セメントにて直接岩盤に固定した。これらの作業は通常の岩盤ドリルがあれば簡単にでき、準備に要する時間も30分程度であった。なお、起振機の振動軸方向と検出器の設置方向は同一となるよう注意し、2つの測線を設定した。

探査機器が設置された場所は岩盤の表面にモルタルが吹き付けられているが、その背後には鉄筋や空洞が存在せず、モルタルと岩盤が密着している場所を選定した。これは起振力が十分に岩盤に伝達し、検出器にもその振動が確実に伝達するように配慮したものである。また、探査方向にはこれまでのボーリング調査から断層破碎帯の存在が推定されている。

4. 実験結果

レーリー波探査では空洞や地質の不連続面が存在する場合は、レーリー波速度の急激な変化点として現れると同時にレーリー波速度値自体も小さくなる。

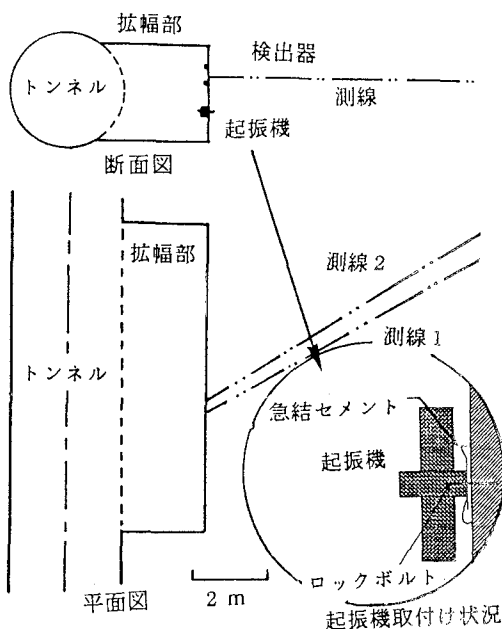


図-1 実験現場概要

この2点に着目して本実験の探查結果（図-2）を評価すると、かなり明瞭に断層破砕帯が抽出されている。すなわち、レーリー波速度曲線および区間速度分布から推定される異常部（低速度帯）は6.1m～12mおよび6.2m～10.3mの範囲である。この区間は両方の測線においてレーリー波速度値（ V_r ）が小さくなっており、断層破砕帯の存在を示唆している。特に測線1で6.1m～8.7m、測線2で6.2m～7.9mの区間は速度が1300～1400m/sと、低速度帯の背後に連続する健全な部分（ $V_r=2700$ m/s）と比較して、著しくその値が小さくなっており断層破砕帯となっている可能性が高い。

また、データ取得の状況からこの位置での探查限界は約20mであり、高周波成分の減衰によって有効なデータが得られていない距離0～2.5mまでの範囲を除いて、今回の実験において探查が可能であった区間は2.5m～20mの範囲であると言える。

今回の実験の探查結果をこれまでに行なわれたボーリング結果と合せて表示したものが図-3である。この結果から今回のレーリー波探查にて低速度帯として計測された部分は、地質調査にて推定された断層破砕帯に相当するものと考えられ、その位置、規模ともに地質探查結果とよく一致している。

5. まとめと今後の課題

本実験の結果は以下のようにまとめられる。

- ① 岩盤におけるレーリー波探查は有効であり、今回の実験箇所においては前方6m～12mの範囲において断層破砕帯と考えられる低速度帯が測定された。この低速度帯はこれまでの地質調査においてその存在が確認されている断層破砕帯の延長部分に相当するものと考えられる。
 - ② 探查可能距離は岩盤の状況にも左右されるものと考えられるが、今回用いた起振機では20m程度であると考えられる。また、探查機器が取り付けられた岩盤面より2.5m程度は高周波成分の減衰や、実体波の影響などによって測定が困難である。この部分の測定にはより詳細な周波数ステップでの計測などが必要となるものと考えられる。
 - ③ 起振機の岩盤への取り付けはアンカーボルトによる方法でよいことが確認された。また、検出器は急結セメントによって直接岩盤に固定する方法が簡単でもあり、適当であると考えられる。
- 今後の課題としては、TBM搭載タイプのシステム開発を進めると同時に、岩盤での探查データの蓄積を図り、岩盤状態に応じて最適な起振周波数帯域を自動的に選定するソフトウェア開発を行なう必要がある。また、山岳トンネル建設現場の環境における耐久性についての十分な検討が必要である。最後に、本実験を実施するに当たり御協力して下さるとともに貴重な資料を提供して頂いた皆様に心から御礼申し上げます。

【参考文献】1)笠博義、巽治、木下正生、黒須修：地中前方探查技術の地下空間建設への適用、土木学会地下空間利用シンポジウム1990，pp.91～96，1990

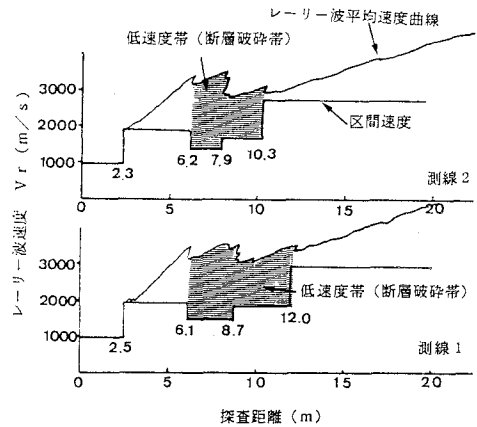


図-2 探查結果

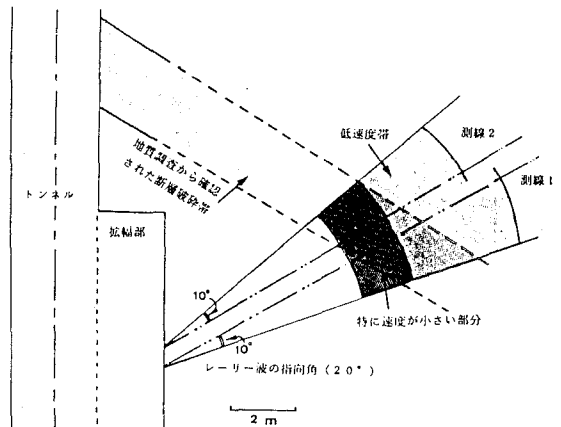


図-3 断層破砕帯の推定