

速度検層による鏡ボルトの合理的な設計について

応用地質	正会員	○木村正樹
応用地質	正会員	竹林垂夫
応用地質		大橋弘紀
応用地質		高橋貴子

1. 目的

トンネルの地山分類は弾性波探査による速度区分が大きな割合を占める。弾性波探査の限界や解釈上の留意点はこれまでも数多く報告されているが、地質が均一で「速度の逆転層」を伴わない地山でも土被り荷重により割れ目が圧着して弾性波速度が上がるため、亀裂性の地山では特に切羽解放時の割れ目の開口に注意する必要がある。ここでは、弾性波速度を指標とした鏡ボルトの選定とその問題点について紹介する。

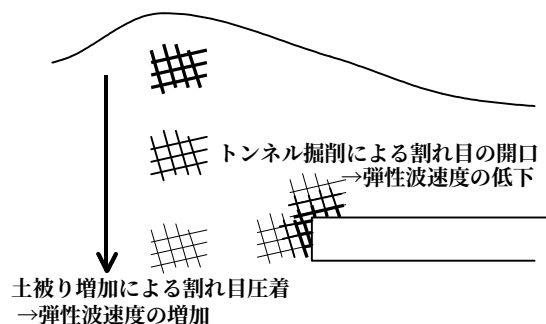


図-1 割れ目圧着による弾性波速度の増加

2. 地質

調査を行った地質は付加体の頁岩で、高精度の弾性波解析や地表からのボーリング孔内の速度検層の結果でも 3.6～4.0km/s の中に数 m～数十 m 間隔で 2.0～2.8km/s 層を挟むような複雑な地層であった。¹⁾

3. 対策工法の選定

このような割れ目の多い頁岩は、土被りが約 80m の場合の地山強度比は 1 以下で、かつ、内部摩擦角は約 20° と考えられ、このような地山物性で切羽周辺地山を対象とした三次元 FEM 弾塑性解析を行なった。

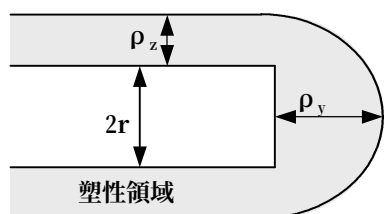


図-2 塑性領域の分布

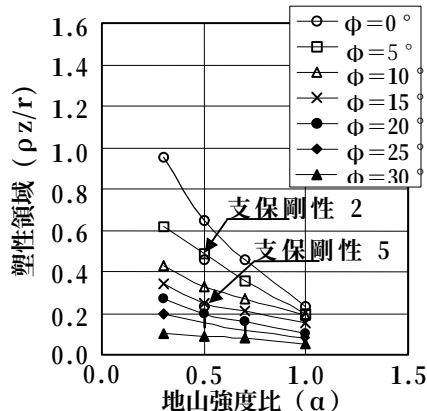


図-3 地山強度比と周辺地山の塑性域の関係

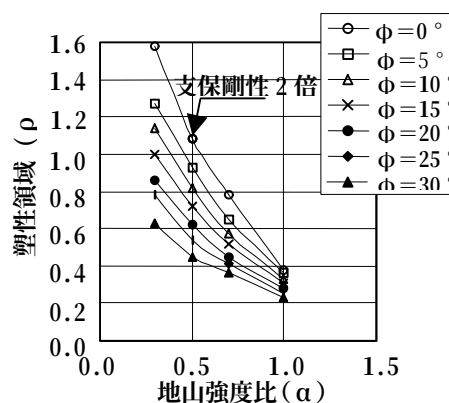


図-4 地山強度比と切羽前方の塑性域の関係

解析の結果は、図 2～4 に示すように支保の剛性を上げることによりトンネル半径方向の塑性領域は減少させることができるが切羽前方の塑性領域の大きさは減少せず、別途切羽補強工が必要となる²⁾。

このため、切羽前方の安定性を確保するためには鏡ボルト等で補強することが有効で、ボルトの施工によって鏡面の押し出し量が大幅に低減することも報告されている（図 5）³⁾

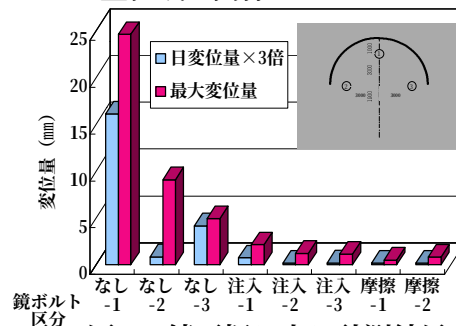


図-5 鏡面押し出し計測結果

キーワード：トンネル，切羽前方探査，鏡ボルト，切羽前方ゆるみ

連絡先：〒532-0021 大阪府大阪市淀川区田川北 2 丁目 4 番 66 号 Tel 06-6885-6357

4. 速度検層を用いた鏡ボルトの合理的な選定

鏡ボルトの採用にあたっては、打設延長と本数の合理的な設定が課題となる。ここでは切羽前方のボーリング孔内での速度検層の結果からボルト延長やボルトの効果を評価した。図6には右から左方向にトンネルが掘削される場合に、繰り返し速度検層を実施した例を示す⁴⁾。速度検層の結果では切羽前方5～6mにわたり弾性波速度の低下域が確認されこの区間を緩み領域として最低限ボルトで補強する区間とした。また、泥質岩の場合、ボルト作業期間中のクリープ変位やボルト削孔時の送水や振動の影響でかえって地山を緩めることが懸念される。このため、同一切羽において鏡ボルトの打設前後で速度検層を実施して弾性波速度の低減率の増加、速度低下区間の増加が無いことを確認した。

また、図6には切羽評価点も合わせて示したが、当初の速度区分で前後より弾性波速度が2.7km/sと遅い区間では切羽評価点も低く地質状況が悪い。このような区間が事前に確認できれば鏡ボルトの必要性が裏付けられる。

このように、速度検層を用いた鏡ボルトの施工管理の流れを図7に示す。継続的な速度検層が簡易に実施できれば弾性波速度の低減比率や低下区間長の分布から、鏡ボルトの必要性や打設延長・本数の合理的な低減を行うことが可能となる。

5. 今後の課題

速度検層は孔壁が自立しない地山でも塩ビ管等で補孔することにより可能であるが、かけやのような人力起振で約30m程度、コンクリート破砕剤のような非爆薬を用いても50～60m程度が限界となる。短時間で精度の高い計測を実施することが課題である。

また、弾性波速度の低下は地下水位の低下によっても生じるため地質や地下水の状況を考慮した判定法を提案していきたい。

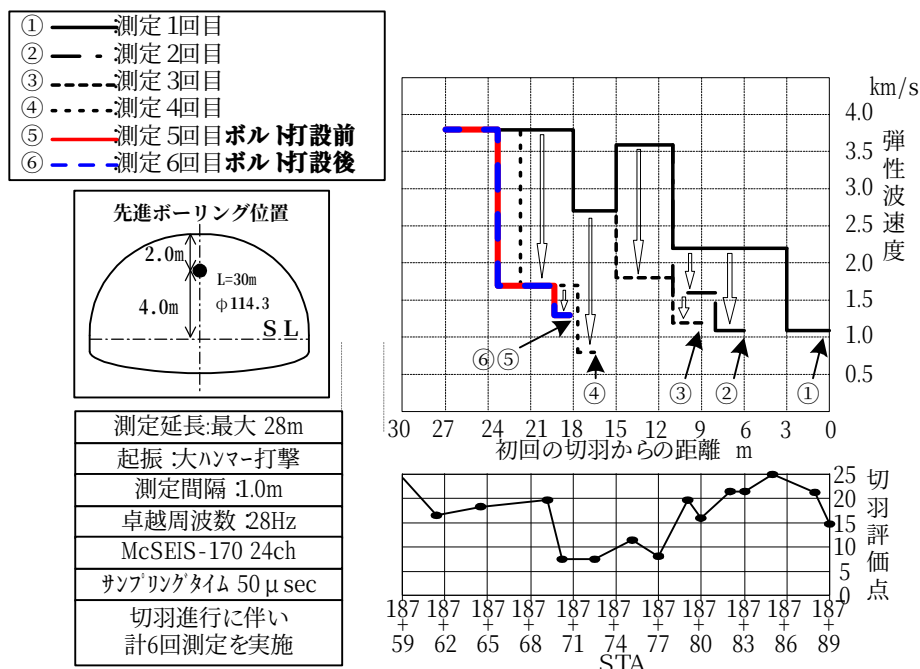


図-6 切羽進行に伴う切羽前方の弾性波速度の変化

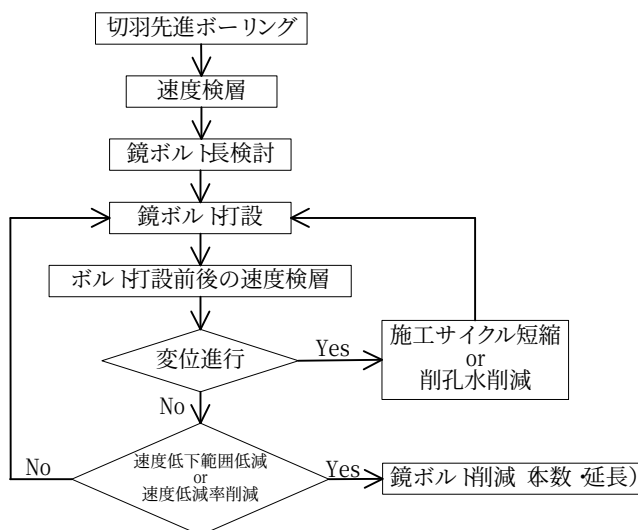


図-7 速度検層による鏡ボルト施工管理フロー

- 1) 村瀬, 田中, 小川, 足立: 付加体中の先行緩み探査と対策, トンネルと地下第33巻10号, 2002.10
- 2) 竹林, 山本, 泉谷, 上岡: 切羽の不安定現象の分類と対策に関する考察, トンネル工学研究論文・報告集, 第9巻, 1999, pp.1～8
- 3) 足立, 小川: 軟弱地山における緩み測定結果と長尺ボルトの効果について, 土木学会第57回年次学術講演会, III-269, pp.537-538, 2002
- 4) 木村, 高橋, 古田, 田中, 足立: 付加体におけるトンネル周辺の弾性波速度と地山評価, 第12回トンネル工学研究発表会, 2002