

メランジェにおける弾性波速度の評価と地山等級の関係

清水建設(株)土木事業本部技術第2部	正会員	多川 博章
日本道路公団静岡建設局浜松工事事務所	正会員	田山 聡
清水・戸田・大日本共同企業体	正会員	平野 宏幸
清水建設(株)土木事業本部技術第2部	正会員	山本 和義

1. はじめに

引佐第二トンネルは第二東名と現東名の連絡路に位置するトンネルである。本トンネル下り線中央付近において、事前調査では弾性波速度 $V_p=4.3\text{km/s}$ と C 等級地山と評価されていたにもかかわらず、実施工では断層破砕帯に遭遇し D パターンでの施工を余儀なくされた。このように付加体におけるトンネルの施工では、当初の弾性波速度は比較的大きな値を示す場合が多く、当初設計の地山等級が実施工においては2ランク以上相違する場合がある。本稿は、高精度弾性波トモグラフィおよび前方ボーリングにより得られた、付加体メランジェにおける弾性波速度と地山等級との関係についての見解を示すものである。

2. 地質状況

引佐第二トンネル下り線（全長 $L=1,535\text{m}$ ）の地質は、いわゆる秩父帯と御鉢帯の層境にあり、中生代に付加された付加体である。岩石は輝緑岩、チャート、蛇紋岩、凝灰岩等で構成されており、典型的なメランジェである。トンネル坑口から約 640m 付近（事前弾性波探査での 5.1km/s 層と 4.3km/s 層の境界）を境に、トンネルの変形モードが天端沈下卓越から水平変位卓越に変わり、700m 付近で弱層（粘土を挟在した断層破砕帯）による切羽崩壊が発生した。なお、事前調査によるとこの地点の弾性波速度は 4.3km/s あり、C 等級地山と評価されていた。また、崩壊地点より前方約 90m に F-9 断層が確認されている。

3. 高精度弾性波トモグラフィでの探査

出現した断層破砕帯が今後どの程度続くかを把握する目的で、既存のボーリング孔を用いた高精度弾性波トモグラフィを実施した。本探査は従来の弾性波探査と違い、測線上のボーリング孔やトンネル坑内で受信または起信を行い、トモグラフィを用いてデータ解析を行うため、複雑な地質構造でも精度良く速度構造を求めることができる手法である。

本調査では、切羽付近上部から前方の地表部およびボーリング孔内に起受信点を配置し、切羽～ボーリング孔内～地表間で弾性波探査を行い、既存の弾性波探査データも併せて解析を行った。また、切羽手前 80m 区間において坑内弾性波探査も合わせて実施した。図-1 に測定位置を示す。

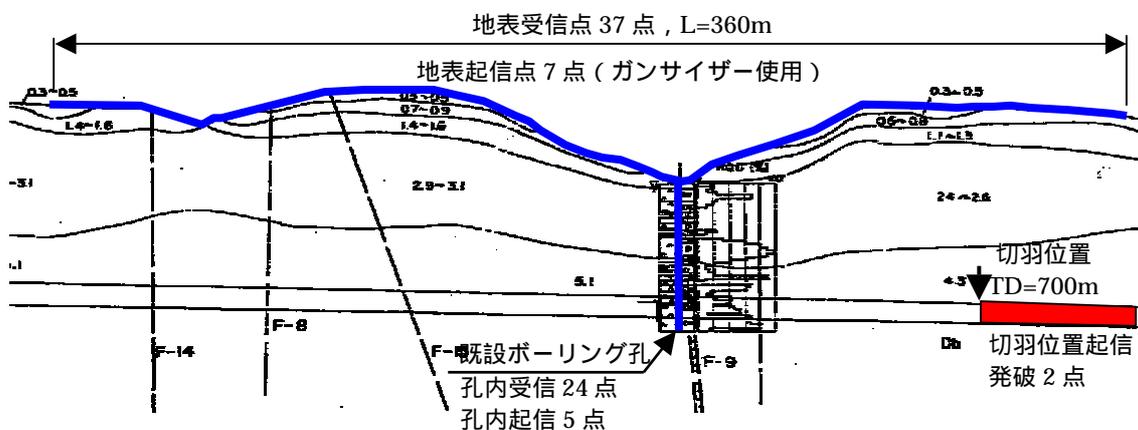


図-1 測定範囲位置図

キーワード トンネル, 断層破砕帯, 高精度弾性波探査, 孔内弾性波探査

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーパルス館 清水建設株式会社 TEL 03-5441-0566 E-mail: h-tagawa@shimz.co.jp

4. 探査結果

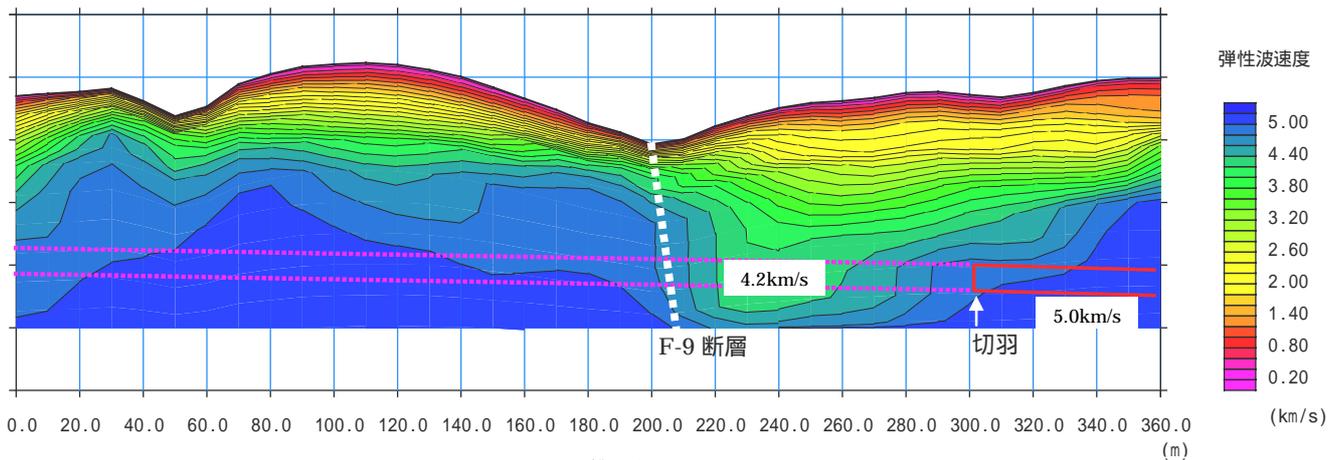


図-2 弾性波トモグラフィー探査結果

探査結果を図-2に示す。これによると、切羽手前の速度値(5.0km/s)と比較し、測定切羽位置より前方100m程度(F-9断層付近)までの速度値の低下がみられるが4.2km/s程度である。日本道路公団の地山分類によると、5.0km/sはC等級、4.2km/sはC等級に分類される。しかしながら、5.0km/s区間の切羽状況は比較的亀裂が発達し、岩石強度も手で容易に破碎されるほど低く、支保パターンもDパターンを余儀なくされた。

同時期に行った前方ボーリング結果によると、4.2km/s区間では部分的に粘土化が著しい破碎帯が確認された。ボーリング孔を利用して孔内載荷試験を行った結果、地山の变形係数は切羽前方10.5mでは160MPa、1.5m地点では64MPa程度であった。この4.2km/s区間における支保パターンは、ボーリング結果も考慮した解析の結果、Dパターン(H-200)と補助工法としてフェイスボルトが必要となる結果となり、現在実施中である。

切羽手前80m区間において実施した坑内弾性波探査結果を図-3に示す。これによると、トンネル周辺4~6mの地山は、掘削の影響により弾性波速度が1.6~2.5km/sまで低下している。この速度は地山等級ではDに相当する。しかしながら、新鮮部の坑内弾性波速度は指で容易に碎けるような脆弱な岩盤であるにもかかわらず、当初の速度に相当する4.1~4.5km/sを示している。

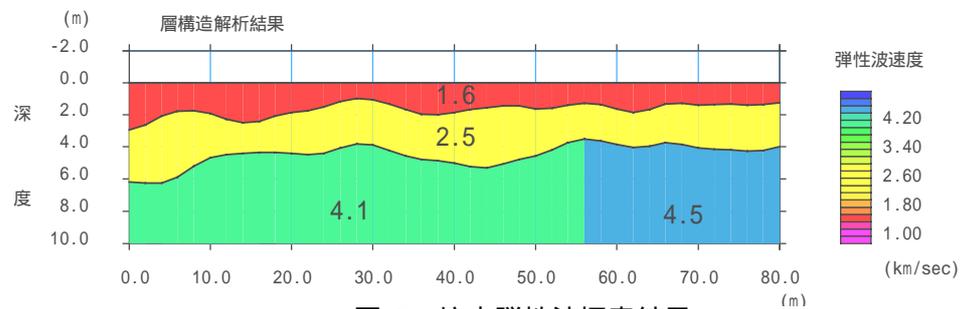


図-3 坑内弾性波探査結果

この値は、上述した弾性波トモグラフィー探査結果の5.0km/sと大きな差はなく、確かに地山の弾性波速度は大きかったと考えるのが妥当である。この要因としては、付加される際の広域的な動力により潜在的な亀裂が密着していることや、転石状に存在するチャートなどの硬質岩の速度を捕らえている事などが考えられる。また、トンネル近傍の弾性波速度は1.6~2.5km/sまで低下しており、この状態は孔内載荷試験結果からも明らかのように、切羽面前方にも確認される。つまり、トンネルはD等級地山を掘削しているということであり、このことが当初設計と比べ地山等級が2ランク以上下がるような現象を引き起こす原因であると考えられる。

5. おわりに

高精度弾性波トモグラフィーおよび前方ボーリングにより得られた見解を以下に示す。

新鮮部の地山の弾性波速度が5.0km/s(C等級)と大きくても、トンネル周辺は掘削の影響で1.6~2.5km/sとD等級まで低下する。このため、弾性波速度が5.0km/s部でDパターン、4.2km/s部ではDパターンの支保が必要となった。

付加体メランジェにおける前方探査では、ボーリング孔を利用した弾性波トモグラフィー探査が非常に有効である。