

全日本コンサルタント㈱ 正員 三 木 一 美○
井 上 次 郎
沖 泰 三

1. はじめに

新青山トンネルは、近畿日本鉄道㈱大阪線複線化工事の中心をなすもので、伊賀盆地と伊勢平地を境する山地中央部をほぼ東西に横切る、全長 5.652 Km の複線トンネルである。トンネルは東西両工区に別け掘削されたが、両切羽間の距離が約 1 Km の時、未掘削部の地質状況を推定するため、本調査を実施した。

すなわち、両切羽で発破をかけ現在線青山トンネル内の約 2 Km の間に 15 m 間隔で受振器を設置して走時を記録した。調査区域での青山トンネルは、新トンネルより約 80 m 高く、南側 350～400 m をほぼ平行して走る。調査に際して、青山トンネル内は現在列車が運行されているので深夜の限られた時間内で作業を行わなければならなかつた点およびショットマークの送信は有線で行なつたが、10 Km 以上の連絡線を確保しなければならなかつた点に労力を要した。

2. 地質概要

本地点の地質は、トンネル掘削着工前、工事中一貫して詳細に調査されており、白神、米田（昭和 50 年日本地質学会春季講演会発表）によれば、次の通りである。すなわち調査地点の地質は、花崗岩および縞状片麻岩よりなる嶺家複合岩体よりなり、地質構造上 2 区分される。その 1 はトンネル西坑口より 3、3.5 および 4.5 Km（それぞれ西発破点東側 0.8、1.3 および 2.3 Km）地点等に見られる逆断層群である。これらは岩層の幅が大きく、押し潰されもまれたような構造が見られ、坑内では走向 N 50～60°W、50～70°N へ傾斜するが、これは逆断層群の上、下盤を構成する片麻岩の葉理の走向傾斜に調和的であり、走向断層と考えられる。また上盤は非常に乱されており、東から掘削していれば断層の約 100 m 手前から予兆が見られた。他の 1 つは西坑口より 2 Km（西発破点西 0.2 Km）地点以西の上昇波曲状の存在である。波曲の東端は西坑口より 2.7 Km（西発破点東 0.5 Km）地点で南北方向の断層で限定され、付近では広く岩盤の破砕がみられる。この断層は断層面が歪んでいて孤状断層の状態になつている部分もある。上昇波曲状部で代表される西部地域は、東部地域に比べて地質的擾乱は少ない。この 2 つの地質構造区分を総合して考えると、東方からの衝上を伴う応力による積移地塊は西方に卓越して分布するより剛性の細粒花崗岩塊を押し上げ波曲状態を形成すると同時に、その一部はこの花崗岩塊の上にのり上げたと推定される。

3. 測定結果および解析

測定結果は横軸に発破点から受振点までの直線距離を、縦軸に走時を示す走時曲線として示し、併せて両点間が均一な速度層とした場合の計算走時をも記した。弾性波探査の解析はすべて観測値 $T = \int ds/dv$ $\div \Delta s_0/v_0$ を満足する s 、 v を定めることであるが、屈折法の場合普通には、走時曲線自体より v 、 s を実用範囲内で定めることができ、 s は v より Snell の法則で自動的に定まる。他方直接法の場合観測値だけから v 、 s を一義的に定めることは不可能であり、現在 Bois et al による電算機を使用した解法はあるがごく一般的な手法は開発されていない。今回は屈折法という図式解法に類似する方法すなわち当初ある仮定のもとに出来るだけ合理的と思われ、また計算の単純のため簡単な速度モデルを作成し、このモデルに対する計算走時と観測走時の差が出来るだけ小さくなるまでモデルを修正した。ほとんどすべての測点についてそれらの差が 5/1000 sec 以内になるまでくり返した。この場合、すべての波路は両発破点と全受振点を結ぶ一つの曲面内のみあり、その曲面はほとんど平面に近いものであると仮定した。また岩盤の異方性については一切考慮しなかつた。走時曲線に示す観測走時及びその曲線の勾配は、計算走時およびその曲線の勾配と比較すれば発破点から受振点までの平均走時および速度層分布の状態を定性的に表して

いることがわかる。すなわち平均速度が高い場合、発破点と受振点を結ぶ直線あるいはその近傍に高速度帯が分布し、平均速度が低い場合発破点と受振点を結ぶ直線と交わる低速度帯が分布する。勾配が小さい場合横軸に示す距離の増分が実際の波路の増分より大きい事すなわち受振点への入射角は発破点と受振点を結ぶ直線に対する角度はかなり大きく勾配が大きい場合横軸に示す距離の増分が実際の波路の増分より小さいこと、すなわち入射角が鋭角をなすことを示しているこれは屈折法の昇射、降射の走時曲線の形状に一致する。地表面に相当する発破点と受振点を結ぶ直線の両側を考慮しなければならない点が屈折法と異なる。広い区間内平均速度および勾配が一定している所は実際の速度も比較的一様であり、速度変化あるいは勾配変化が著しい所では波路内でも小規模な各速度層が複雑に分布していると考えられる。これらの比較的合理的と思われる推論に従って走時曲線および平均速度区分図の顕著な点を検討した。① $M 10 \sim 25$ の波路には 3.7 Km/sec 程度と思われる低速度帯があり、このゾーンの形状は西側からのあまり多くの波路には影響しないようなものであるが、このゾーンを挟み特に西側からの波路に大きく影響する形で高速度帯がある。② $M 40$ および $M 50$ 付近に小規模ではあるが著しい低速度帯がある。③ $M 30 \sim 35$ では、特に西側の波路内にかなりの高速度帯がある。④ $M 67 \sim 80$ の波路は均質な速度層であろう。⑤ $M 78 \sim 80$ 付近では西側からの波路中にかなりの低速度帯がある。⑥ $M 85 \sim 105$ の波路中にはかなりの高速度帯が、 $M 110 \sim 120$ の波路中には周辺に比べてかなりの低速度の部分が分布する。以上のことを検討組合せて速度分布を作成した。この図の特徴は、 $M 65 \sim 70$ 付近より南北に延びる線を境にして、速度層の配列の方向が異なることおよび東側では比較的速度分布が複雑であるが、西側では単純であることである。

4. 考 察

この速度分布図作成時本地点の地質はほとんど明確にされていたが、これら地質資料を考慮せずに、当初の推論のみをもとに作成したものである。この図より推定できる地質状況と、既に明らかにされていた地質との間に一致することは、東西両側では地質構造が異なること、東側の方が複雑であることのみで、しかもその東西を分ける境界の位置は大きく異なっていた。特にここに存在する南北性のかなりの幅をもつた断層については、その存在を暗示することさえもむずかしかった。後この断層に対して、その速度を $3.0 \sim 3.5 \text{ Km/sec}$ の低速度帯を想定して、再度モデル作成を試みたが、ある種の低速度帯と思われる大きなゾーンの存在が暗示されたので、この他西発破点東側約 800 m および 900 m の断層を考慮して新たに速度分布モデルを仮定して速度分布図を作成した。この図の著しい特徴は、① 速度層の配列が $M 70$ 付近より NNE に延びる線の東側では NW $\sim$ NNW で、西側では NNE $\sim$ NE である。② 既述の南北性の断層は完全な連続した一つの低速度帯としては存在しないが、ほぼ南北の一つの低速度帯の存在が暗示される。③ ①で記した線付近の東側では西側に比べて速度の幅が大きい。更に $M 70$ 付近から東側では速度層のねじれが一本の NE 方向の線状にならぶ等である。④は既述のとおり地質上大きな傾向としては正しいが多少位置がずれる。⑤は地質上の事実と一部は合致するが問題は残る。⑥は断層群の速度仮定により、ある程度まではその幅をせばめられるが、観測値より想定しうる範囲内で操作を行なう場合どのような低速度帯の値を仮定しても西側に比べて速度分布のパターンはかなり異なる。これは地質上の事実より推定されることと一致する。また傾向として片麻岩は花崗岩に比べて低速度部になつている。弾性波探査結果は地質と大ざっぱな範囲で一致したり何かを暗示することもあるが、必ずしも一致はしていない。発破点と受振点距離が 1 Km 以上という範囲で波路が同一面内にあるという仮定がなりたたないなどの原理上の、あるいは速度モデル想定の不備等手法上の問題等十分検討しなければならない点が多い。また、岩盤の異方性に対しては一切考慮しなかつたが、全調査区域がほぼ同じ方向性を持つ場合には、簡単に計算中に組み入れられる。このような弾性波速度に及ぼす地質上の要因に対する配慮を組み入れることによつて、より地質と合致する直接法が行なえるものと思われる。