3 成分 HSP 切羽前方探査による作業坑・本坑交差部の地質予測

日本道路公団静岡建設局静岡工事事務所　正会員　○片寄 学・大窪 克巳
清水・青木・徳倉共同企業体　正会員　小川 直司
清水建設土木本部技術第 2 部　正会員　山本 和義・竹内 伸光

1. はじめに

弾性波探査反射法によるトンネル切羽前方探査の事例が数多く報告されているが、その多くはTSP法を代表とする2成分での測定・解析を行った事例である。ごく最近ではあるが、3 成分 HSP 切羽前方探査測定・解析システムが実用化され、トンネル工事へ適用することが可能となったが、現在のところ適用事例、報告とも極希少である。

第二東名高速道路静岡第三トンネルでは、作業坑と本坑の交差部付近に断層破砕帯が出現することが懸念された。そこで作業坑・本坑交差部の地質状況を事前に把握し検討・設計を行うために、3 成分 HSP 切羽前方探査を行った。

本稿では、現在のところ最新の技術である 3 成分 HSP 切羽前方探査の実施を報告するとともに、その解析・解釈結果と掘削時の地質観察から得られた情報とを比較する。

2. 地質状況

本地域は、瀬戸川帯の分布域であり、主に、泥岩、泥岩砂岩互層および砂岩から構成され、一部に玄武岩、チャート、石灰岩などを伴う。地層は一般に北東-南西方向ないし、北北東-南南西の走向をもち、北西方向に傾斜する。

図-1 に作業坑地質観察結果を示す。作業坑の地質状況は以下の通りである。

・全線にわたり黒灰～暗灰色を呈する泥岩が分布し、他の岩種は分布しない。
・泥岩は亀裂が発達し、白色粘土を挟在することが多い。鏡肌は認められない。
・亀裂の方向は、瀬戸川帯の一般的な地層とほぼ同じ方向に卓越する。
・多亀裂帯や脆弱な区間が多く見られる。
・湧水はほとんどない。多くて滴水程度である。
・亀裂の多い区間では 10～30 ﾘｯﾄﾙ/min の湧水が見られる。

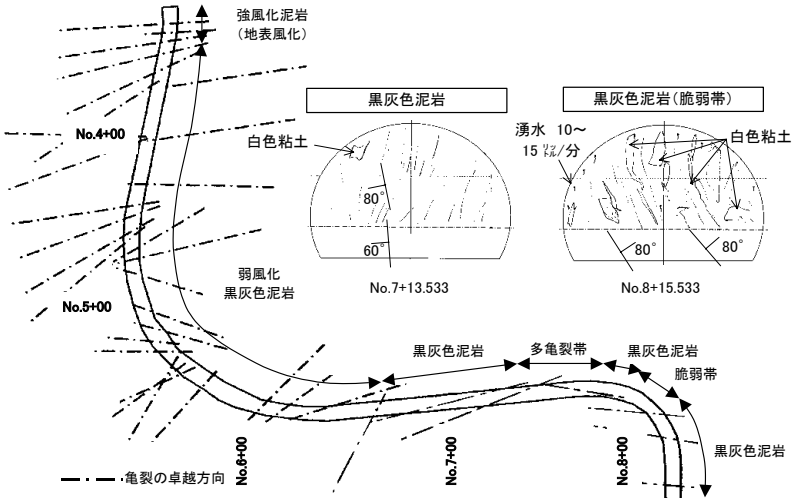

図-1 作業坑地質観察結果

3. HSP 切羽前方探査

図-2 に HSP 切羽前方探査の概念図を示す。

3 成分 HSP 切羽前方探査は坑内切羽付近において、起振点・受振点を設置して弾性波による測定をおこない、VSP 検層および反射法地震探査の処理・解析技術を用いて、切羽前方の地質境界、断層破砕帯などの不連続面から到来した反射波を抽出し可視的に表現する探査法である。

弾性波探査反射法による切羽前方探査には、TSP、HSP がある。今回は、3 成分 HSP 切羽前方探査により測定を実施した。本探査法は TSP 等従来の 2 成分による探査に比べ、虚像の発生が少なく、反射面の位置・角度の精度が優れているため、切羽前方のより正確なイメージングが可能となっている。

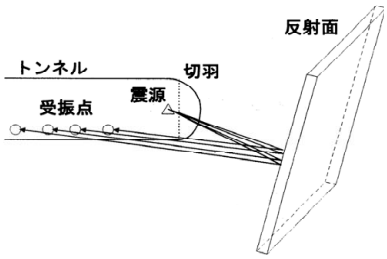

図-2 HSP 切羽前方探査の概念図

キーワード トンネル, 切羽前方探査, 3 成分, HSP, 弾性波探査反射法,
連絡先　〒420-0804 静岡県静岡市竜南 1-26-20 日本道路公団静岡工事事務所 TEL 054-248-7253

4. 探査結果

解析結果図を図-3 に示す。測定は 2 回行ったが、結果図では 1･2 回目の結果を重ね合わせた。切羽前方の地山速度は、同時に行った坑内弾性波探査の結果から、4.25km/s および 4.1km/s を用いた。反射面の色調と地質状況との関係は、赤及び黄色が「硬→軟」、黒及び青色が「軟→硬」の岩質変化を示す。反射面の大きさ（反射強度）と地質状況の関係は、反射面の色が濃色であるほど反射面前後の地質状況の変化が大きいことを示す。

また、地質状況から考慮すると、探査区間では岩石自体の密度や弾性波速度の変化が少ないため、反射面は、岩盤内に発達する亀裂状況の変化を示すと想定された。特に、亀裂が開口し集中湧水がみられる区間や、厚い粘土化した挟在物をもつ亀裂が多い区間などは、大きな反射エネルギーをもつ面として検出される可能性が高い。

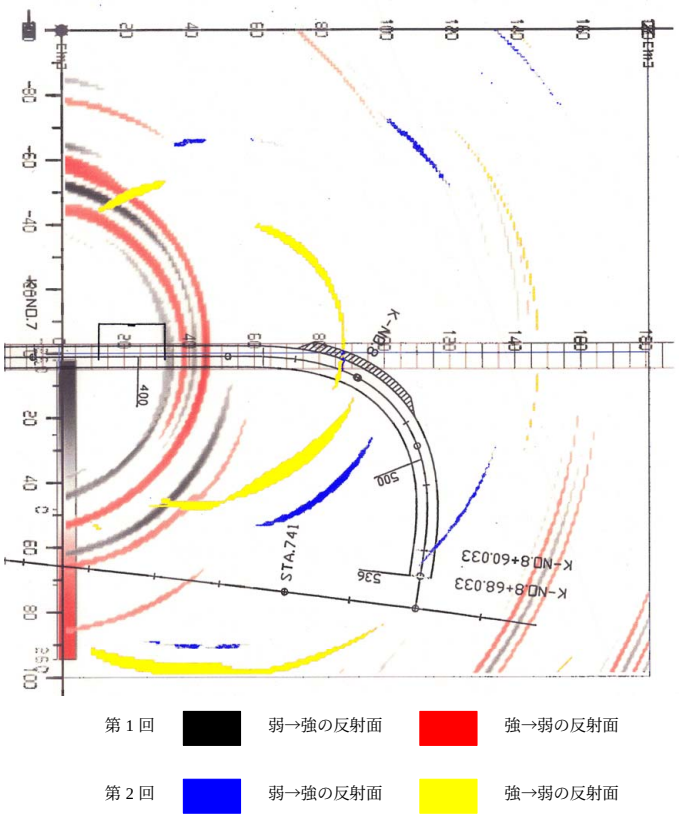

図-3　HSP 解析結果（1･2 回目合成）

5. 地質解釈と結果

図-4 に解析結果から解釈された地質状況予測を示す。探査からは、多亀裂帯と脆弱帯が予測された。他の区間は、測線区間と同様の硬質な泥岩の分布が予測された。

実際の地山状況は、図-1 に示した通りであった。

多亀裂帯は、出現位置はほぼ一致した。幅は予測された幅に比べ広い分布を示した。しかし、多亀裂帯の終端部と考えられた反射面は認められる。地山の性状は亀裂の多い区間であると予測したが予測通りであった。

脆弱帯は、出現位置、幅ともにおおむね一致した。地山の性状は、明瞭な境界面であると予測したが、亀裂間に白色のシルトを多く挟在し、亀裂が細かく脆弱化している状況であった。探査区間内では最も反射面を形成しやすい岩盤状況であったと考えられる。

その他の区間については硬質な泥岩が分布するものと予測した。部分的にシルト分を薄く挟在したり、亀裂が細かい部分があったりするものの、全体的には、予測通り特に脆弱な区間もなく硬質な泥岩が分布した。

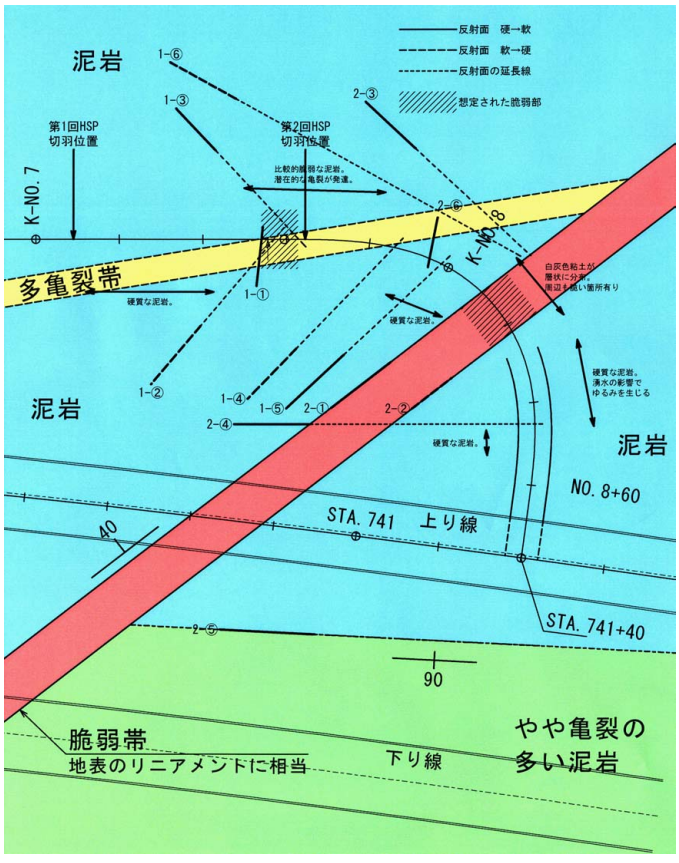

図-4　HSP 切羽前方探査による地質予想

6. まとめ

探査区間では支保パターンの変更等は行わずに支障なく掘削を終えており、土木工学的には有意な差のない一様な地山であったという判断もできる。しかし実際の地山の状況には、明確な差が認められ、3 成分 HSP 切羽前方探査で得られた反射面との対応も良い対応を示した。

3 成分 HSP に限らず、切羽前方探査の結果は、土木工学的な視点からのみ評価されがちである。しかし、正しい評価を行うためには、地質学的な評価もあわせて行うことが重要である。今後、探査事例を積み重ね、きちんと評価を加えることにより、測定･解析技術、解釈技術とも向上し、探査法としてより発展することを期待する。