

膨張性地山中のトンネル施工 - (1)切羽周辺の緩み領域調査

日本鉄道建設公団	正会員	剣持	三平
日本鉄道建設公団	正会員	竹津	英二
応用地質株式会社	正会員	○平林	孝英
大成建設株式会社	正会員	森田	隆三郎

1. はじめに

北陸新幹線飯山トンネル木成工区は著しい膨張性地山で上半内空変位で最大 400mm 以上が計測されている。このような大変形に対応するために、通常の支保工の内側に 3.5D 程度遅れて支保工を建て込む多重支保工法を用いて施工している。支保工の建て込み時期やロックボルトの長さ等について逐次検討を実施しているが、より精度の高い検討を行う上では掘削に伴う緩み領域の把握が重要である。

本報では、緩み領域調査の一環として実施した弾性波探査の結果より推定した緩み領域分布について述べる。

2. 地質概要

飯山トンネルは長野県と新潟県境にある東頸城丘陵南端部の標高 300～700m の山地に位置している。木成工区の地質は主に寺泊層、椎谷層よりなる。塊状無層理の中硬質泥岩を主体とし、砂岩・凝灰岩を挟む。大局的な構造は走向 $N30^{\circ} \sim 40^{\circ} E$ ・傾斜 $20 \sim 60^{\circ} SE$ で

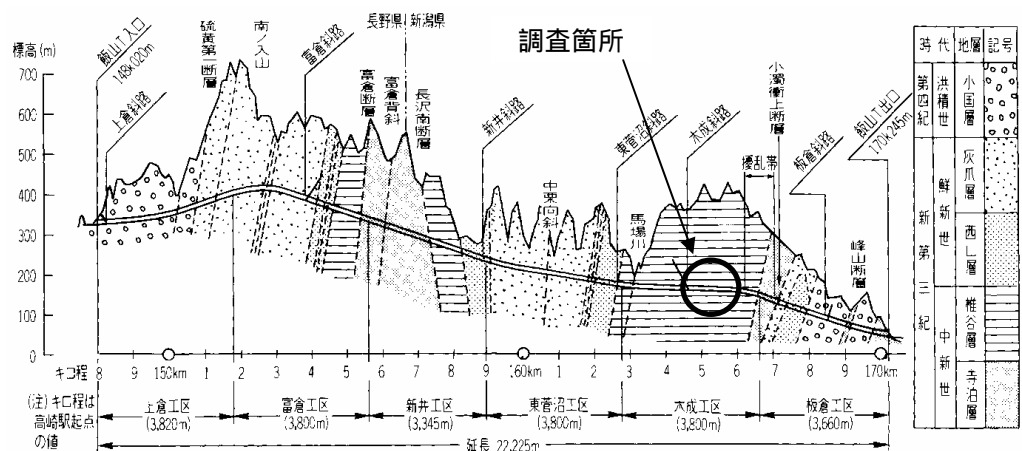


図1 飯山トンネルの地質

ある。今回の調査箇所は、掘削方向と約 $10 \sim 20^{\circ}$ 斜交し、 $40 \sim 60^{\circ}$ で切羽右側に向かって傾斜する流れ盤構造である。泥岩の一軸圧縮強度は $0.6 \sim 7MN/m^2$ とばらついた値が得られた。当工区の土かぶりが 200～270m 程度であり、地山強度比は良好部でも 1.5 以下で 1 を下回る部分がある。

3. 施工概要

施工方法は、ベンチ長 15m 程度のショートベンチ工法で、支保工は多重支保工を採用している。一次支保工として鋼製支保工 200H、補強繊維混入吹き付けコンクリート最小厚 25cm、変形余裕量 30cm としている。二次支保工は鋼製支保工 125H、吹き付けとして補強繊維混入吹き付けコンクリート最小厚 12.5cm、変形余裕量 10cm である。トンネル内空変位は上半内空変位 200～500mm 程度、天端沈下 50～400mm 程度である。

4. 調査項目と結果

弾性波探査を同じ測線で 2 回実施し、切羽離れに伴う地山弾性波速度値の変化状況の把握を行い、緩み領域の推定を実施した。探査は上半盤 +1m 位置の右側坑壁を対象に切羽の進行に伴い、距離程 165km195m～234m（第 1 回目）及び距離程 165km195m～272m（第 2 回目）にて実施した。

切羽進行に伴う緩み領域の拡大の有無とその傾向については、地表部にて掘削以前に実施した弾性波探査結果および今回実施した 2 回の弾性波探査における地山弾性波速度値の低下傾向について比較する事によって検討した。地表からの弾性波探査結果では、施工前の地山弾性波速度は $V_p=2.2km/s$ 程度と推定されていることから、 $V_p=2.0km/s$ 未満の区間は掘削により発生した緩み領域に相当すると考えられる。

キーワード：トンネル、岩盤評価、弾性波探査、剪断帯、緩み領域

連絡先 〒943-0861 新潟県上越市大和 6 丁目 3 番 33 号 日本鉄道建設公団 上越鉄道建設所

< 第1回弾性波探査 >

$V_p=2.0\text{km/s}$ の速度層境界は上半盤区間では坑壁から深度 4m 付近、下半盤区間では坑壁から深度 5m 付近にある。

< 第2回弾性波探査 >

$V_p=2.0\text{km/s}$ の速度層境界は上半切羽から約 57m 離れた区間において坑壁から深度 8m 付近にある。

< 両者の比較 >

第2回目の $V_p=2.0\text{km/s}$ の速度層境界の分布深度が第1回の弾性波探査に比べ、深くなる現象については以下の要因が考えられる。

- ・165km220m 付近から上越方に向かい右坑壁方向へ剪断帯が分布しており、地山弾性波速度値の $V_p=2.0\text{km/s}$ の速度層境界の分布深度が深くなる範囲はこれとほぼ一致し、劣化岩盤区間の掘削により地山速度値の低下が深部に及んだ。

- ・第1回目の弾性波探査実施時には、上記の剪断帯区間においては上半掘削のみであった。このため下半盤の拘束効果によって $V_p=2.0\text{km/s}$ の速度層境界の分布深度は坑壁から深度 4m 程度に抑制されているものと考えられる。

< 緩み領域の推定 >

- ・地山状況が比較的良好な椎谷層泥岩部においては、坑壁～深度 5m 程度まで掘削に伴う緩み領域の発生が認められる。また、剪断帯等の地山劣化部においては、坑壁～深度 8m 程度まで掘削に伴う緩み領域の発生が認められる。これらの結果は、同時に実施した水平ボーリング調査の速度検層結果とも合致した。また、165km229m にて実施されている B 計測結果ともほぼ整合している¹⁾。
- ・施工前の地表からの弾性波探査による最下層速度値は $V_p=2.2\text{km/s}$ であり、これを地山本来の弾性波速度値と考えると、坑内からの探査で得られた最下層速度値は $V_p=2.0\text{km/s}$ とほぼ一致している。したがって、坑壁近傍の低速度領域は掘削による変化（＝ゆるみ領域）を良好に捉えていると言える。
- ・地質構造的要因（剪断帯等の岩盤劣化の有無）により地山弾性波速度の分布状況は大きく左右されるものの、地山状況がほぼ一定の場合、地山弾性波速度分布は、概ね坑壁に平行しており、切羽距離 1 D 以内で大半が発生し、インバート閉合（切羽距離 15m）以降では切羽の進行に伴う緩み領域の拡大傾向は認められない。

5. 考察

これらのことから弾性波速度値の低下範囲を緩み領域と想定した場合には次のような点が明らかとなった。

- 1) 通常の椎谷層泥岩の緩み範囲は坑壁より 5m 程度、剪断帯等の劣化部では坑壁より 8m 程度に及ぶ。
- 2) インバート閉合（上半切羽離約 15m）以降では切羽の進行に伴う緩み領域の顕著な拡大はみられない。
- 3) 掘削進行に伴う緩み領域は、切羽到達以前に始まり切羽距離 1 D 以内で大半が発生する。下半盤による抑制効果も認められ、緩み領域の拡大はインバート閉合時までにほぼ収まっていると考えられる。

参考文献

- 1) 剣持、他：膨張性地山中のトンネル施工 - (2)掘削時地山・支保挙動計測、土木学会年講、2003（投稿中）

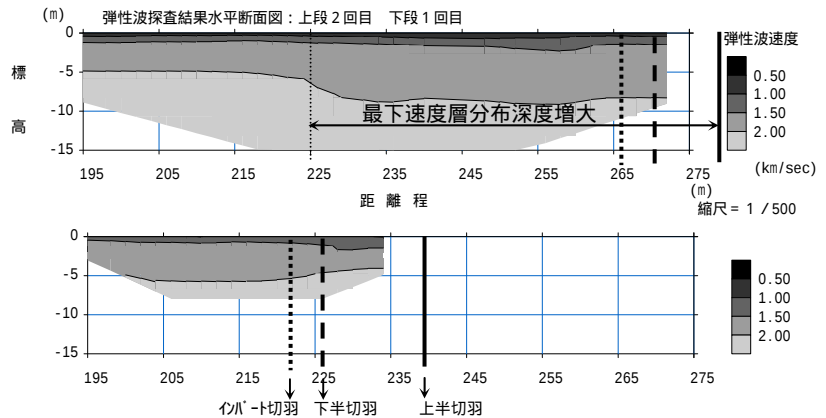


図2 弾性波探査結果（下段：1回目、上段：2回目）

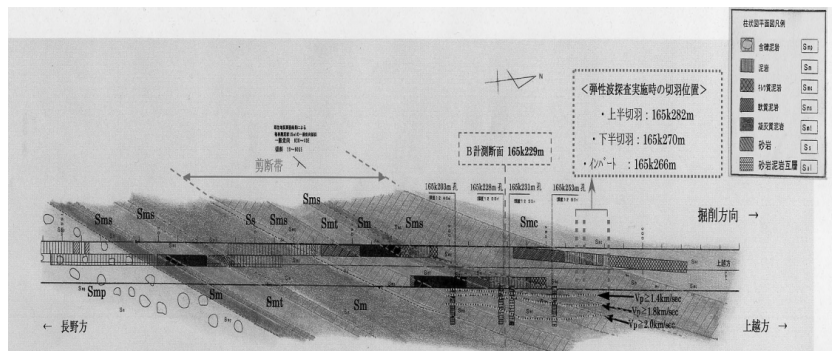


図3 飯山トンネル木成工区の地質構造