

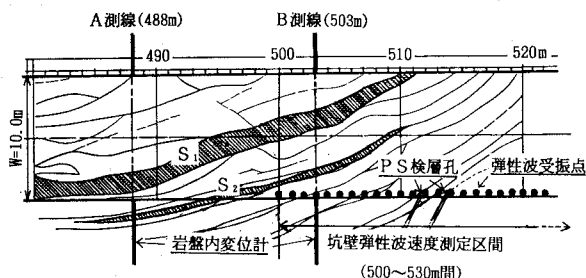
III-474 不連続性岩盤における空洞周辺の劣化域測定と逆解析

清水建設機技術研究所 正会員 ○石塚与志雄・斎藤 章

1. はじめに 掘削に伴う空洞周辺岩盤の劣化域の評価は、空洞の長期安定性、透水性の評価や掘削工法、支保方法の選定において非常に重要である。劣化の範囲・程度は割れ目などの地質構造、岩盤強度、初期地圧とともに空洞規模、掘削・支保方法などに依存するが、発破による硬岩空洞の掘削では①発破による岩盤への直接損傷と、②空洞の半径方向応力の減少による既存割れ目の開口が主原因と考えられる。原位置の劣化域は、弾性波速度測定¹⁾、岩盤内変位計測²⁾や透水試験³⁾などで推定される場合が多いが、測定例が少ないことや割れ目挙動の解明が十分でないなどのために定量的評価には至っていない。今回、割れ目が卓越する不連続性岩盤で劣化域を測定する機会を得た。そこで、原位置の測定結果（岩盤内変位計測、弾性波速度測定）と逆解析結果を示し、岩盤の不連続性が劣化の発生に与える影響について報告する。

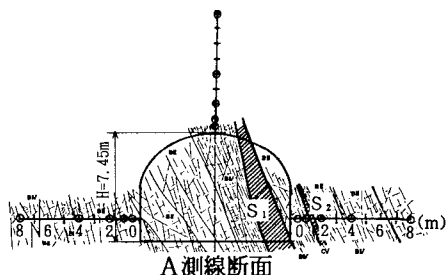
2. 調査地点の地質と調査内容

(1)地質状況： 調査地点は新第三紀中新世の安山岩（岩石物性：圧縮強度約1300kgf/cm²、弾性係数 4.68×10^5 kgf/cm²、P波速度5.02km/sec）で新鮮堅硬な岩盤である。不連続面は図-1に示すように高角度で南東に傾斜する割れ目と2本の弱い破碎帯（S₁, S₂）が存在する。割れ目は連続性があり開口性のものが1～3m間隔で分布していることが多いが、破碎帯近傍では密着して連続性に乏しい割れ目が10～30cm間隔で分布している。RQD（水平ボーリングから評価）は60前後である。S₁, S₂の弱破碎帯は粘土は伴わないが鏡肌を有する岩片の集合体よりなる。S₁は底盤で約2mの幅を持つが、上方に行くに従い薄くなる。S₂は約40cm幅である。走向傾斜は周囲の割れ目と同じ走向N20E～N30E、傾斜50～80Eである。なお、調査地点の土被りは約163mであり、掘削は発破による全断面掘削である。

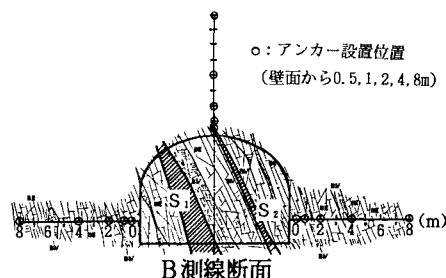


(a)平面図

(2)調査内容： 劣化域の測定として、図-1に示すように岩盤内変位計測と弾性波速度測定を実施した。岩盤内変位計測は、トンネル半径方向の変位性状測定を目的としてA、B測線の2箇所にそれぞれ3本づつ、切羽通過直後に変位計を設置した。変位計の固定点は壁面から0.5, 1, 2, 4, 8 mの5点である。弾性波速度測定は、壁面を測線とした屈折法による坑壁弾性波速度測定（図-1で500～530mの30m間で底盤からの高さは1.5m、受振点間隔1m）と2本の水平ボーリング（図-1でP S 検層孔と表示）におけるP S 検層（受振点間隔0.5m）の2種類を行った。



A 測線断面



(b)断面図

3. 測定結果と逆解析

(1)測定結果： 変位計測で得られたひずみ分布を図-2に示す。符号は引張を正としている。変位データは、掘削直後に変位計を設置しているために発破の影響は少なく、切羽の進行に伴う応力再配分の影響が主である。A測線では、右側壁の0～2m範囲で0.6～0.8%と非常に大きな値を示す。2m以深ではほとんど変位がないため、壁面近傍の変状は破碎

図-1 地質状況と調査位置

帯 S_2 の影響と推定される。一方、左側壁・天盤では、左側壁の0.5m以内で0.2%程度のひずみが発生している以外はほとんど変位していない。左側壁と天盤の差は割れ目の分布・卓越方向の影響と考えられる。また、B測線では、破砕帯 S_2 が横切っている天盤付近と右側壁の0.5~1.0m間で約0.2%のひずみが発生している以外は大きな値は示さない。以上のように、岩盤の劣化は破砕帯を含む割れ目の影響を大きく受ける。

図-3は坑壁弾性波速度測定から得られたP波の速度層断面図である。速度値は2層に区分でき、1.0~1.2m程度が壁面からの劣化と推定された。また、調査孔を用いたPS検層でも同様の結果が得られた。変位データとはB測線の右側壁のひずみ（1.0m程度劣化）と比較でき、よい対応を示す。

(2)逆解析結果： 櫻井の方法¹⁾による逆解析結果を図-4に示す。解析では空洞変位データは使用せず、岩盤内変位データのみ使用した。A測線では右側壁のデータが大きく影響して空洞周辺全体で大きなひずみ分布（0.2%以上のせん断ひずみが5.6m範囲に広がる）を示し、分布形状は計測結果とは大きく異なる。これに対して、B測線では0.1%以上となる範囲は0.5m程度であり計測結果とほぼ対応する。このように、逆解析は等方弾性論に基づいて定式化されているため、割れ目が存在してもB測線のように連続的な挙動の場合には計測結果とほぼ対応するが、A測線の破砕帯のように大きな不連続面が劣化の形成に影響を与える場合には適用に限界がある。

4. まとめ 破砕帯を含む割れ目が卓越する硬岩空洞の劣化域の計測結果（変位計測と弾性波速度測定）と逆解析結果を示した。この結果、劣化域の形成は割れ目、特に破砕帯の存在に大きな影響を受けることを示した。逆解析は原位置データを基に解析するため、非常に有力な解析手法であるが、割れ目が卓越する岩盤への適用には限界がある。そのため、割れ目が卓越する不連続性岩盤の劣化域を推定するためには割れ目をモデルに取り入れた解析手法が必要になる。

【参考文献】

- 1) 池田和彦ら：トンネル掘削に伴うゆるみ層厚または塑性範囲の推定，鉄研報告No. 941, 1974.
- 2) 本島睦ら：岩盤内大規模空洞掘削時の挙動，第6回岩の力学国内シンポジウム, 1984.
- 3) 本島勲：地下空洞掘削に伴う周辺岩盤における透水度の変化に関する一考察，第6回岩の力学国内シンポジウム, 1988.
- 4) 櫻井春輔ら：トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法，土木学会論文報告集，第337号, 1983.

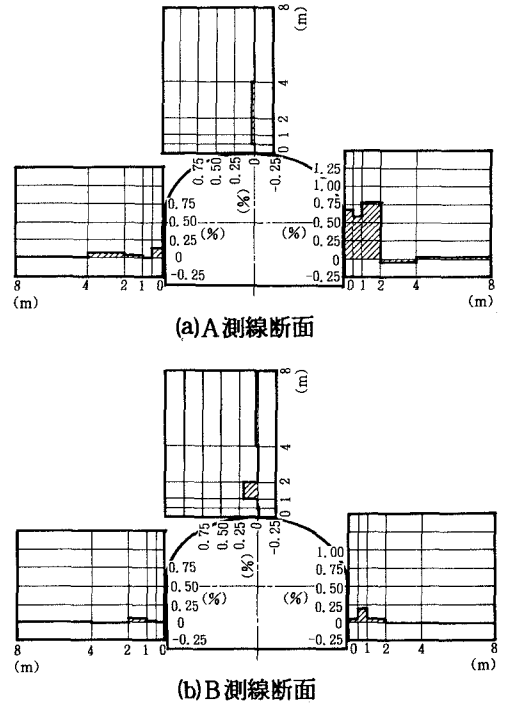


図-2 変位計測によるひずみ分布

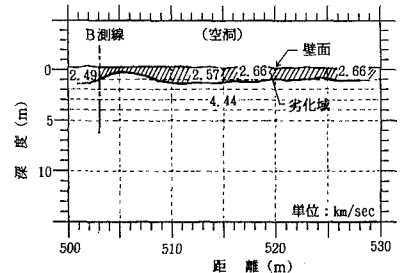


図-3 弾性波速度による劣化域

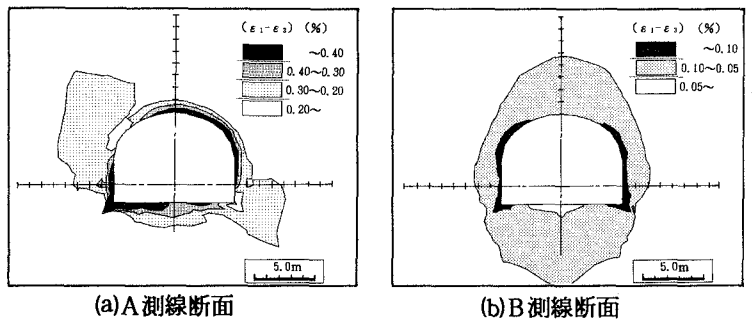


図-4 逆解析によるひずみ分布