

III-65

トンネル周囲岩盤の損傷領域の応力測定

西松建設(株) 技術研究所 正会員 〇田中義晴
 西松建設(株) 技術研究所 正会員 平田篤夫
 熊本大学大学院 張 鉉國
 熊本大学工学部 正会員 尾原祐三

1. はじめに

筆者らは、トンネル掘削実験を行い、トンネル掘削発破による損傷領域を弾性波探査により明らかにしている¹⁾。本研究では、このトンネル周囲岩盤において、円錐孔底ひずみ法による応力測定を行い初期応力を求めるとともに、発破損傷領域の応力分布を決定し、原位置の不連続面群に作用する応力状態について検討する。

2. 測定概要

円錐孔底ひずみ法²⁾による応力測定は、岩手県釜石鉱山の550mレベル坑口より2.0km地点の蟹岳花崗閃緑岩体に掘削された、土被り430mの試験トンネル周囲岩盤で実施された。掘削場所の平面図および断面図を図1に示す。応力測定は、トンネルの左右両壁面から2.5mの範囲で17点、地山の初期応力状態の測定として切羽よりトンネル軸方向に7.2m地点で1点(図中のP点)で行われた。なお、座標系はトンネル軸にy軸、側壁面に垂直にx軸、鉛直上向きにz軸とした。

トンネル側壁で観察された不連続面の走行・傾斜を下半球極投影すると図2のようである。y軸と交差するような2つの不連続面(C1, C2)と、y軸と平行な走行の不連続面(C3)の3種類の不連続面が卓越して存在している。

試験トンネルは、切羽に向かって、センターラインより右側の最外周孔に起爆秒時精度の高い電子式遅延雷管(EDD)を、左側にDS電気雷管を用いて、スムーズブラッシングで掘削されたものである。掘削後、図1に示す左右両壁面においてトンネル軸方向に沿って測線を設け弾性波探査を行い、表層除去法を適用したところ図3に示すような結果が得られた。○印はセンサーを設置した場所で、両側とも弾性波速度 $V_p=1.0\sim 2.0\text{km/s}$ の薄い表層が存在し、また、左側は約1mの幅で $V_p=4.5\text{km/s}$ の中間層が存在している。すなわち、弾性波探査によると、左側の岩盤が右側に比較して損傷が大きいという結果が得られている。

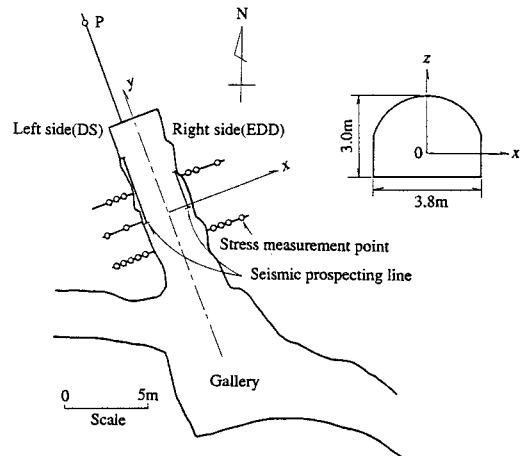


図1 測定場所と座標系

3. 応力測定の結果と考察

P点での測定から決定された初期応力状態を示すと図4のようである。図は主方向をステレオ投影したもので各応力成分は表中に示している。応力は回収したコアより作成した供試体を用いた一軸圧縮試験において、除荷時のヤング率およびポアソン比を用いて決定されたものである。最大主応力 p_1 は、ほぼ南北に約30度北側上方より作用している。また、この測定サイトの初期応力の特徴は σ_y が大きく、 σ_z が推定土被り重量圧11.6MPaより約4割小さいことである。

両側壁岩盤で得られた応力成分³⁾を、卓越した各不連続面(C1, C2, C3)に定めた局所座標系に座標変換し、

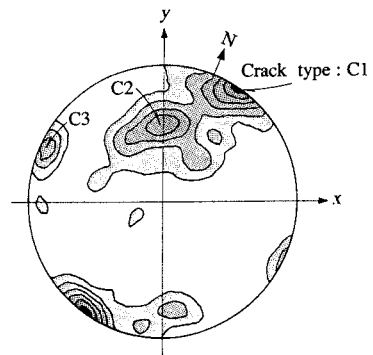


図2 不連続面の下半球極投影

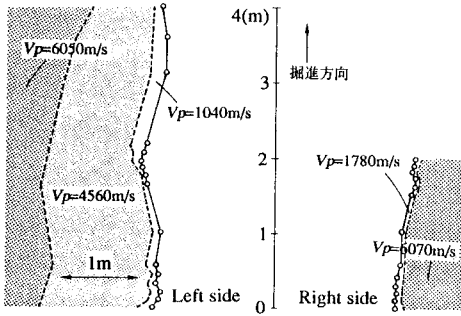


図3 弾性波探査による損傷領域

不連続面上に作用するせん断応力 τ^* と垂直応力 σ^* の比の絶対値 τ^*/σ^* を求めた。粘着力を0と仮定すると、 τ^*/σ^* の値が大きいほど不連続面が滑りまたは開口の状態へと移行し不安定な状態にあるといえる。

図5に各不連続面に対する τ^*/σ^* の値と壁面からの距離の関係を示す。なお、図中の白丸は切羽に向かって右側、黒丸は左側の岩盤における値であり、破線は初期応力値を座標変換したときの τ^*/σ^* の値である。不連続面C1およびC3に対する τ^*/σ^* は、壁面近くでは値が大きく奥部では初期応力レベルへと収束している。また、壁面からの距離が0.5～1.5mの範囲において左側側壁の τ^*/σ^* の値が右側に比較して大きい。すなわち、壁面近くでは両側ともに損傷しており、特に、左側は壁面から1.5m付近まで損傷していると考えられ、これは弾性波探査の結果と調和的である。また、C1の1.5mとC2の2mにおける左側の τ^*/σ^* が大きい。これらは、滑りあるいは開口に対して高いポテンシャルを有すると考えられるが、これらは奥部に存在するため不連続面で囲まれる岩盤ブロックは拘束され、滑りあるいは開口に対して安定であると考えられる。詳しくはキーブロックの考え方から明らかにする必要がある。一方、C2においては壁面からの距離に関らず初期応力レベルで一定であり、発破による損傷が不連続面C2には無関係であることを示している。トンネル軸に直行する方向の発破による衝撃応力が、トンネル軸方向のそれと比較して十分大であると考え、トンネル軸に直交する不連続面に対して、発破による衝撃応力が影響しないことは興味深い。

4. おわりに

トンネル周囲岩盤において、円錐孔底ひずみ法を用いて応力測定を実施し、初期応力および損傷領域の応力状態を決定した。損傷領域は不連続面に対する応力状態と密接に関係しており、それは弾性波探査の結果と調和的である。また、トンネル軸に対して斜交する不連続面に発破の影響が強く現れることがわかった。

【参考文献】1)田中他：第9回岩の力学国内シンポ，pp563-568，1994

2)坂口他：資源・素材学会誌，pp455-460，1992，3)張他：資源・素材学会春季大会，pp343-344，1994

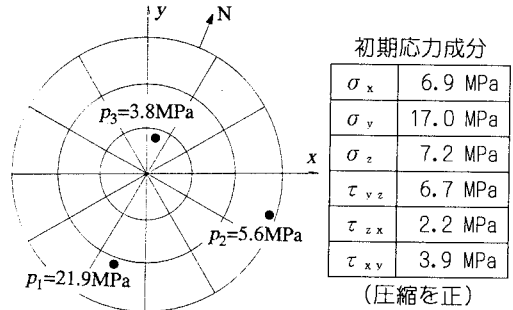


図4 初期応力成分と主方向(下半球投影)

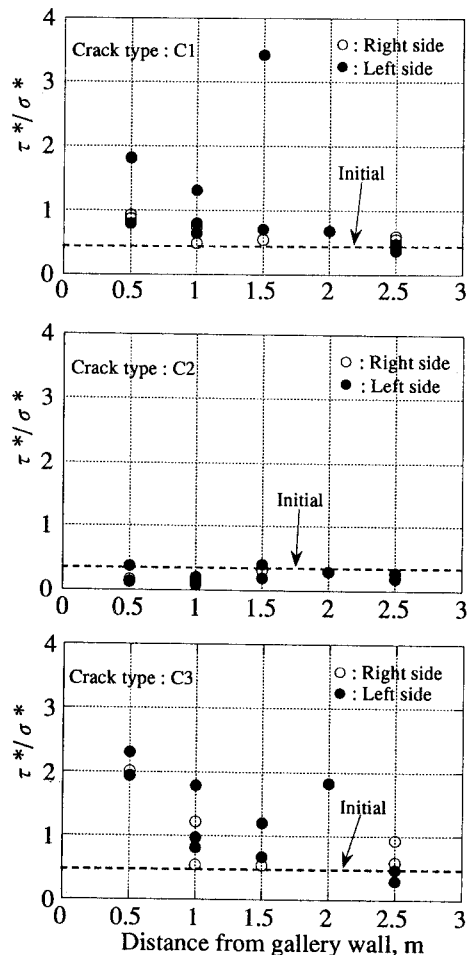


図5 不連続面群に作用する応力状態