

神岡鉱山跡津坑内で実施した水圧破砕法による応力測定

Stress measurement with the hydraulic fracturing method performed in the Atotsu tunnel of the Kamioka mine

山下 太 [1]; 小村 健太郎 [1]; 山田 隆二 [1]; 松田 達生 [1]; 福山 英一 [1]; 溝口 一生 [1]

Futoshi Yamashita[1]; Kentaro Omura[1]; Ryuji Yamada[1]; Tatsuo Matsuda[1]; Eiichi Fukuyama[1]; Kazuo Mizoguchi[1]

[1] 防災科研

[1] NIED

2006年1~2月に、岐阜県飛騨市神岡町の神岡鉱山跡津坑内に掘削した同一のボアホール内で、複数の手法による応力測定が実施された(小村ほか, 2006; 本連合大会)。本発表では、その一環である水圧破砕法による応力測定の結果を報告する。

測定サイトは、跡津坑の坑口より1.1 kmほど北に入った地点にある坑道脇の待避所であり、待避所の幅は約6 m、奥行きは約10 m、高さは約4 mである。また、地表までの被りは約550 mである。活断層詳細デジタルマップによると、跡津川断層は跡津坑口近くでトンネルを横断しているとされており(中田・今泉編, 2002)、したがって、待避所の跡津川断層からの距離も約1.1 kmである。この待避所において、鉛直方向に深さ約35 mまでのボアホールが掘削された。孔径はPQである(孔径123 mm, コア径85 mm)。岩質は飛騨変成岩類であり非常に硬いものの、採取されたコアには亀裂も見られた。コアを観察し比較的亀裂の少ない3箇所を選んで水圧破砕試験をおこなった(深さ: 9.4 m, 23.5 m, 25.8 m)。しかしながら、明瞭なブレイクダウンは深さ9.4 mの試験でしか確認することができなかった。他の深さでは、既存の亀裂から水が漏れ出し、適正な試験がおこなえなかったためと考えられる。よって、ここでは9.4 mでの試験結果のみを報告する。試験区間への加圧には掘削用のロッドを利用した。試験中は地表で水圧および流量をモニターしたが、それに加えてパッカーエレメントにも圧力計を設置し(分解能: 0.01 MPa, サンプリング: 10 Hz)、水圧をモニターした。加圧区間は約2 mである。加圧開始後、11.84 MPaでブレイクダウンが発生した。その後、再開口圧(P_r)と閉口圧(P_s)を読み取るため、4回加圧を繰り返した。亀裂の伸展の影響が少ないと考えられる1・2回目の再加圧では、 P_r が5.4 MPa、 P_s が7.8 MPaであった。これを従来使われてきた関係式、 $P_r=3Sh-SH-P_p$ 、 $P_s=Sh$ に代入すると、SHが17.9 MPa、Shが7.8 MPaとなる。ただしSHは水平面内最大主応力、Shは水平面内最小主応力である。Ppは間隙水圧で0.09 MPaとした。一方、Ito et al. (1999)によって提唱されている関係式 $P_r=(3Sh-SH)/2$ を使用すると、SHは12.6 MPaとなった。また、亀裂の方位を型どりパッカーによって確認した結果、S40-45°E方向に見つかった。したがってSHの方向はS42.5°E ± 25°と考えられる。

上記のように深さ9.4 mでの応力値が決定されたが、近年では、従来の水圧破砕法では加圧システムのコンプライアンス(水圧に対する加圧体積の変化しやすさ)が大きすぎ、正しい P_r が原理的に読み取れないとの指摘がある(例えばIto et al., 1999)。実際、本試験のシステムのコンプライアンスは $4.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{MPa}$ と大きく、したがって、ここで推定したSHの値も適正でない可能性がある。ただし一方で、測定結果はIto et al. (1999)が指摘する問題点; $P_r=P_s$ の関係にはなっていない。今後、試験区間のコアを使用して引っ張り強度を測定し、破砕圧からSHを見積もる等の検討をする必要があるだろう。さらに、地形や坑道の効果の影響も考慮し、本質的かつ信頼性の高い応力場を決定する予定である。