

水圧破砕法による地殻応力推定の信頼性向上のための引っ張り強度測定

Tensile strength test of rock cores for reliable crustal stress estimation of hydraulic fracturing experiments

山下 太 [1]; 溝口 一生 [1]; 福山 英一 [1]; 小村 健太郎 [1]

Futoshi Yamashita[1]; Kazuo Mizoguchi[1]; Eiichi Fukuyama[1]; Kentaro Omura[1]

[1] 防災科研

[1] NIED

地殻応力の絶対値は、地震発生のシミュレーションやテクトニクスのモデリングにおいて、それらの結果に拘束を与える重要なパラメータである。したがって、その値は高い信頼性を持つことが必要とされる。地殻応力を推定する手法の一つに、水圧破砕法があり、防災科研では過去に数多くおこなってきた。水圧破砕法では、掘削したボアホール内で強制的に発生させた亀裂を水圧により再開口させて、その時の圧力値（および閉口時の圧力値）から最大主応力値を見積もる。測定時の操作が比較的簡便で大深度でも実施可能であることから、広く採用されている手法である。しかしながら、この再開口時の圧力値（再開口圧 P_r ）の読み取りについては問題性が指摘されており、特に近年では、Ito *et al.*(1999) がシミュレーションにより、従来のコンプライアンスの大きいシステムでは本質的に再開口圧を読み取ることができないと主張している。一方、亀裂を発生させた時の破砕圧 P_b から再開口圧を見積もることも可能であるが、その場合は岩石の引っ張り強度 T を測定する必要がある。このとき、 $P_r = P_b - T$ と考えられている。我々は、Ito *et al.* (1999) によって指摘されているこの再開口圧に関する問題を確認すること、および、この問題を回避してより信頼性の高い最大主応力値を見積もることを目的とした、岩石の引っ張り強度測定試験を実施した。測定方法としては、現場での状況に近づくことと、より簡便に測定をおこなうことを目的として、中空にしたボーリングコアに内圧をかけて破砕させる方法を選択した。コアの外部からの圧力はかけていない。Haimson and Zhao (1991) により、ボアホール径が 20 mm より小さくなると、サイズ依存性が生じる可能性が指摘されているため、ボアホール径は 25 mm とし、それに適応したメカニカル・パッカーを製作した。使用する試料は、過去に防災科研が水圧破砕法による応力測定を実施した、跡津川断層、野島断層（平林井、岩屋井、甲山井）、阿寺断層（上野井、福岡井、畑尻井）で採取されたものである。それぞれ、水圧破砕法による応力測定がおこなわれた深度と近い、あるいは物理検層（密度、P 波速度、比抵抗）のプロファイルから、応力測定がおこなわれた深さの岩石と同質の岩石と考えられるコア試料を選んだ。現場の状況に近づくため、岩石試料は湿潤状態にした。間隙内の空気を可能な限り抜き出し飽和度を高めるため、試料を水につけ、72 時間、真空下においた。実際に応力測定を実施した現場の試料を使用する前に、物性の良く知られている稲田花崗岩を使った試験をおこなった。稲田花崗岩は、それぞれ直交する 3 つの石目（割れやすい面）を持つことが知られており、引っ張り強度が低い順に、リフト面、グレイン面、ハードウェイ面と呼ばれる。今回は、それぞれの面に対して垂直なコア軸を持つ試料を 3 つずつ製作し、測定をおこなった。全ての試験において、試料のコア軸に対して平行な二つの面のうち弱い方の面に沿う縦亀裂が発生した。リフト面、グレイン面の引っ張り強度の平均値は、それぞれ 6.5 MPa, 8.5 MPa となった。この値は、本郷他 (2006) によって報告されている稲田花崗岩の一軸引っ張り試験の結果（リフト面：4.51 MPa, グレイン面：6.56 MPa）と、圧裂引っ張り試験の結果（リフト面：9.78 MPa, グレイン面：9.99 MPa）との中間程度であり、試験が適正であることを確認できた。本連合大会においては、実際に断層で採取された試料を使った試験結果と、それぞれのボアホールでおこなわれた応力測定の結果についての再検討をおこなう。本試験により、より正確な再開口圧および最大主応力値を推定できるとともに、一見、適正な測定がおこなわれたようでも、実際には既存の亀裂が開かれていたような試験結果を発見し、そのデータを排除することで、信頼性を向上させることができると期待できる。