

地震発生帯掘削における地殻応力測定の可能性について

Feasibility of experimental determination of three-dimensional crustal stresses in seismogenic zone drilling

林 為人[1]; 伊藤 久男[2]; 徐 垣[1]; 廣野 哲朗[1]; 木下 正高[1]

Weiren Lin[1]; Hisao Ito[2]; Wonn Soh[1]; Tetsuro Hirono[1]; Masataka Kinoshita[1]

[1] JAMSTEC; [2] 産総研

[1] JAMSTEC; [2] AIST

海洋プレートが大陸もしくは島弧の下に沈み込むプレートの境界付近では、海溝型の巨大地震が数十～数百年の周期で繰り返して発生する。平成 16 年度にも完成されるライザー掘削船「ちきゅう」を用いて、その地震発生帯まで掘削して、その場の物質の採取、孔内計測および掘削後の長期観測等を行い、巨大地震発生のメカニズムを理解しようとする計画が進められている。その際、地震発生のドライビングフォースである地殻応力を評価することが極めて重要と考えられる。とりわけ、断層物質のせん断・摩擦強度と比較して地震の発生条件やタイミングを考えるために、地殻応力の絶対値は重要であるほか、最大主応力と最小主応力のコントラスト、すなわち、“最大主応力 最小主応力 = 2 × 最大せん断応力”の値や、最大せん断応力の方位情報も不可欠である。また、断層の上下での応力分布を精度良く測定することができれば、その断層の部分がアスペリティであるかどうかを判断する材料になると考えられる。さらに、長期観測等により、海洋プレートの沈み込みに伴う地殻応力の経時変化を明らかにすることができれば、地震サイクルに対する理解を深めることができるとともに、地震発生の予測も実現できる可能性があると期待される。そこで、地震発生帯への掘削を先駆けて、海上で実施される大深度掘削における地殻応力測定の実施可能性を検討し、手法の開発を含めた技術的な整備を早急に行う必要がある。今回は本研究の第一報として、既存の成果に基づく地震発生帯掘削における地殻応力測定のフィージビリティに関する検討結果を報告する。

一般的な物性試験と比べると、岩盤中の応力を正確に測定することが難しく、とくに、掘削深度 5km 以深での測定はさらに困難であると予測される。これまで色々な応力測定の手法は提案されてきたが、測定対象の深度にかかわらず完璧な手法は未だに存在していない現状である。さらに地震発生帯のような大深度での条件を考慮すると、複数の手法を用いて、測定結果のクロスチェックを行い、その信頼性の向上を図るとともに、ある個別の手法で得ることのできない情報をほかの手法で補うことにより、完全な応力テンソル、すなわち三次元地殻応力の絶対値と主方向とを決定することが実現可能性のもっとも高い現実的な選択であると判断された。

大深度掘削に適用できる可能性のある手法としては、大きく分けるとポアホールを利用する方法とコア試料を用いる方法とがある。一般的に、前者の手法、とくに孔壁を破壊させて応力を直接求める水圧破碎法などは、得られる応力の絶対値の信頼性が高いが、孔軸に直行する平面内の二次元的な応力情報を求めることとなる。一方、コア法は、掘削による応力解放にもたらされた粘弾性ひずみやマイクロクラックの密度などを測定して応力情報を間接に評価するが、三次元的な主方向や主応力値の比の取得に適しているといえる。また、コア法の実施は、掘削船上あるいは陸上の実験室で行うため、コア試料が採取できるという前提では大深度への適用は不都合がないどころか、大深度での応力値が大きく、粘弾性ひずみやマイクロクラックの密度も大きくなるため、コアに含まれる応力の情報が引き出しやすく、浅部での実施より精度が向上すると期待できる。したがって、ポアホール法（たとえば、Extended Leak-Off Test and/or 孔壁のイメージングなどの検層データによるブレイクアウト等の解析）による主応力の絶対値と、コア法（たとえば、Anelastic Strain Recovery Method）による三次元的な主方向と主応力の比（あるいは偏差主応力の比）で、完全な三次元地殻応力テンソルを評価することが可能であると考えられる。また、ポアホール法による孔軸に直交の面内の最大主応力方向とコア法による主方向の比較により、両者の整合性を確認し、データの質を評価することも可能と考えられる。以上述べたように、概ね現用の計測技術を活用することにより、地震発生帯掘削における地殻応力の評価の可能性が高いと結論づけたい。