

大深度科学掘削のための新しい原位置地殻応力計測法 (Deep Rock Stress Tester, DRST) の提案

A new concept of Deep Rock Stress Tester (DRST) proposed for scientific deep drilling

伊藤 高敏 [1]; 伊藤 久男 [2]; 佐野 修 [3]

Takatoshi Ito[1]; Hisao Ito[2]; Osam Sano[3]

[1] 東北大・流体研; [2] JAMSTEC; [3] 東大・震研

[1] Inst. Fluid Sci., Tohoku Univ.; [2] JAMSTEC; [3] ERI

IODP および ICDP に代表される科学掘削では、より深い孔を掘削し、また、その孔のコアを回収できることが必須である。これを実現するには、地層の状態を正しく把握し、それに応じて適切な掘削計画（泥水比重、ケーシング・プログラム、場合によっては掘削終了・地点変更など）を立てなければならない。掘削計画に必要な情報の一つに地殻応力がある。その重要性は掘削深度が大きくなるほど増大し、断層付近を掘削する際には特に必須のものとなる。

一方、石油掘削の分野では、しばしばリークオフテスト (LOT) という方法で地殻応力を評価し、その結果を掘削計画に反映させている。ただし、LOT で得られる情報は貧弱で、地殻応力 3 成分の内の最小値に限られ、応力の方向もわからない。逸泥の原因となる坑井壁面の引張破壊を防止するだけなら確かに地殻応力の最小値の情報だけで十分かもしれない。しかしながら、整ったコアを得るには、圧縮破壊のない、断面が円形の安定した坑井を掘削することが必要であり、そのためには坑井直交面内の最大および最小応力の情報がなければならない。また、LOT の実施に伴って坑井を起点とする大きなフラクチャーが形成されるため、それが坑井周りの地層の状態を乱してしまう可能性が大きく、検層ならびに坑井掘削後に坑井内に設置したセンサーによる測定に影響することが懸念される。

地下深部の原位置において地殻応力を定量評価できる実用的手段は水圧破碎法をもって他にない。しかし、従来の測定法には致命的な欠陥があって坑井直交平面内の最大地殻応力を評価できない (Ito et al., 1999, 2006)。これを最大応力計測問題と呼ぶ。この問題点は、著者の伊藤 (高) が 1999 年に発表した Ito et al. (1999) で初めて指摘したものであり、現在では広く国際的にも認知されてきている。また、最大応力計測問題の原因は試験装置のコンプライアンスがフラクチャーのコンプライアンスに比べて大きすぎることにある。したがって、コンプライアンスが極小となるように改良した装置を用いれば、最大地殻応力の評価が可能となる (Ito et al., 1999, 2006)。

しかしながら、特に km 級のボアホールへ適用することを考えると、ボアホールは直径が大きく、加圧システムも大型になるために問題の C を十分小さくすることが原理的に難しい。このジレンマを解決する方法として提案したのが Deep Rock Stress Tester (DRST) による計測法であり、既に深度 800 m のボアホールを用いた実規模試験に成功している。この方法では、ボアホールの坑底に直径の小さい試験孔を新たに掘削し、その中で水圧破碎を実施する。ここで、本体のボアホールをマザー孔 (Mother hole)、その坑底に掘削する小口径の試験孔をベビー孔 (Baby hole) と呼ぶ。また、ベビー孔の掘削には、IODP / ODP で開発された MDCB (Motor Driven Core Barrel) coring system ないし、それに類似したシステムを適用する。特長をまとめると以下ようになる。

1. 加圧システムが小型でコンプライアンス C を極小にすることが可能である。
2. ベビーホール掘削時のコアを検査して、天然割れのない、水圧破碎に適した試験区間を選定できる。
3. 装置の上げ下ろしをワイヤーラインで実施するため、大深度でも測定時間を極小にできる。
4. 掘管内部で装置の上げ下ろしを行うために、抑留の危険がない。

これが達成できれば、任意の掘削深度における、坑井直交面内の最大および最小応力の大きさと方位を、坑井周囲の地層に大きなダメージを与えることなく、かつ、短時間で測定することが可能となる。坑井直交面内の応力情報は、掘削に寄与するのみならず、むろん地層内で起こる諸現象の理解に大きく貢献するものである。