

AE 活動の載荷履歴依存性にもとづく新たな地殻応力測定法

A new technique to measure crustal stresses based on histerisis of AE activity during load-unload cycle

矢部 康男[1]; 佐藤 凡子[2]; 山本 清彦[3]; 小原 一成[4]; 笠原 敬司[5]

Yasuo Yabe[1]; Namiko Sato[2]; Kiyohiko Yamamoto[3]; Kazushige Obara[4]; Keiji Kasahara[5]

[1] 東北大・院理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・観測セ; [4] 防災科研; [5] 防災科研

[1] RCPEV,Tohoku Univ.; [2] Graduate School of Science,Tohoku Univ.; [3] RCPEV, Tohoku Univ.; [4] NIED; [5] N.I.E.D.

はじめに：地震の発生過程や準備状態をあきらかにする上で、断層運動の駆動源である地殻応力の測定はきわめて重要である。地殻応力測定法は、水圧破碎や応力解放法といった現場測定法と AE 法や DRA といったコア計測法に大別できる。現場測定法は、測定原理は明確であるが、その実施には大掛かりな設備が必要である。一方、コア計測法は、測定原理が必ずしも明確でないものの、簡便な設備で実施可能である。これまでわれわれは、専ら DRA を用いた地殻応力測定をおこなってきた。DRA は、コアから切り出した試験片に繰り返し載荷をおこない、試料が記憶している応力を、応力-歪関係の載荷サイクル間の差(歪差関数)の屈曲点として同定する手法である。すなわち、試料の非弾性的振る舞いの載荷履歴依存性に、応力記憶の情報が含まれているという原理にもとづいている。一方、AE の発生に伴い、試料は非弾性変形するはずであり、応力-歪関係の履歴依存性に屈曲点が見られるのと同様に AE 活動の載荷履歴依存性にも、試料が記憶している応力を境にして何らかの変化が見られることが期待される。本報告では、このことを検証し、AE 活動にもとづく新たな地殻応力測定法を提案する。

コア試料： AE 活動から推定した地殻応力の妥当性を検討するためには、真の地殻応力値がある程度予測できる必要がある。本報告では、異なる地点の異なる深度でえられたコア試料から鉛直方向の試験片を切り出して測定をおこなう。具体的には、産業総合研究所が長野県王滝地区でおこなった 800m 級の掘削および、防災科学技術研究所がおこなった以下の掘削によりえられたコア試料を使用した。鳴子(202m)、上野(243m)、牛伏寺(327m)、男鹿(345m)、畑尻(400m)、甲山(640m)、括弧内はコア試料の採取深度である。

測定方法・結果・議論：約 1.4cm × 1.4cm × 3.5cm の直方体の試験片の側面に歪ゲージ 4 枚と圧電素子 2 個を貼付し、繰り返し載荷を行う。最大印加応力は期待される被り圧の 1.5 - 2 倍程度とした。圧電素子の出力は包絡線検波した後、100kHz で連続収録した。AE の同定は、包絡線波形から、適当な基準振幅よりも大きなピークを抽出することによりおこなった。これまでに、上野(243m)、牛伏寺(327m)、畑尻(400m)、甲山(640m)の試験片で測定をおこなった。いずれの場合も、基準振幅を最大平均振幅よりもわずかに大きな値にした時の AE レートは、非弾性歪と類似した載荷履歴依存性を示しており、AE レートが非弾性歪の情報を含んでいることが示唆される。また、1 回目と 2 回目の載荷時の AE レートの比には、ほぼ被り圧に相当する応力で明瞭な折れ曲がりが見られた。このことから、岩石が記憶している応力を境にした非弾性的な振る舞いの変化が AE レートからも検出できるといえる。ただし、AE レートは、1 回目の載荷時よりも 2 回目のときのほうが高いので、AE レートの比に見られる折れ曲がりの原因は、単純なカイザー効果だけでは説明できない。また、DRA では 2 回目以降の載荷に伴う非弾性歪を解析対象にしているの、上記の折れ曲がり屈曲点と同一のメカニズムにより生じたものであるかはさらに検討を要する。

地殻応力測定法として従来用いられている AE 法では、繰り返し載荷をおこなわず、1 回目の載荷の際に、AE 活動が顕著になり始める応力を地殻応力として同定する。上に述べた基準振幅では、被り圧よりも小さな軸応力でも AE が同定されており、AE 活動の急増点は明瞭ではない。ただし、最大平均振幅の 2 - 3 倍程度に大きな基準振幅では、印加応力が被り圧を超えるまで、AE はほとんど検出されなかった。

Yoshikawa&Mogi(1981, Tectonophysics)は、試料に人為的に先行応力を印加した後、繰り返し載荷をおこない、軸応力が先行印加応力を超えると 1 回目と 2 回目の載荷時の AE レートの差が顕著に増加し始めることを指摘した。本報告の測定でも、いくつかの試料で、2 倍程度にして計測した AE レートで同様の傾向が見られたが、2 回目の載荷時の方が 1 回目比べて AE レートが高い点は、彼らの報告とは異なる。

なお、DRA、AE 法、載荷サイクル間の AE レートの差および比から推定した地殻応力値は、被り圧から期待される値の前後 10%以内に分布しており、そのばらつきは平均値の数%以下であった。

謝辞：本報告では、産業総合技術研究所及び防災科学技術研究所より提供していただいた掘削コアを使用しました。記して感謝します。