

S 波スプリッティングを用いた応力変化の検出について；地震発生の制御実験-南 アフリカ金鉱山における-(23)

Observations of S wave splitting and anisotropy of the upper crust; Semi-controlled experiment in a gold mine in South Africa(23)

永井 直子[1], 安藤 雅孝[2], 南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験国際共同グループ 住友則彦
Naoko Nagai[1], Masataka Ando[1], International Research Group for Semi-controlled Earthquake Generation Experiment
at South African Gold Mine Sumitomo Norihiko

[1] 京大防災研, [2] 京大・防災研

[1] DPRI, Kyoto Univ.

南アフリカのヨハネスブルグ郊外の金鉱山では、地下約 3km の深い場所で金鉱石の採掘が行なわれており、世界で最も深い鉱山のひとつである。地下 3km における垂直圧縮力は、80MPa にもなる。そのような大きい圧力場では、鉱石を掘り出すことによって地中に空洞（切り羽）があくと、その空洞の回りに応力集中が起こり、周辺の岩盤の応力場は急激に変化し、不安定な状態になる。空洞では厚さ 3km もの岩盤の重量を支えることが出来ないからである。そして再び安定した応力場を獲得するため、無数の微小地震が発生する。

金鉱山での地震観測は深さ約 2650m の観測坑で行なわれている。この観測坑の上方約 50m のところと下方約 1km のところには金鉱石の鉱脈があり、採掘作業が行なわれている。設置されているのは 9 個の 3 成分加速度計で、約 15kHz という高速サンプリングで波形を記録している。本研究の目的は、鉱山地震の S 波スプリッティングを用いて掘削に伴う応力変化をモニターすることである。このため、ここでは S 波スプリッティングを発生させる異方性領域の深さや広がりを求め、スプリッティングの大きさや方向の時間変化の検出を試みた。

今回使用するデータは 1996 年 2 月から 10 月までに記録されたものである。そ採掘作業に伴って採掘場所周辺で多数発生した微小地震の記録が得られている。それらのイベントのうち、震源決定精度が比較的良好と考えられるものの中から P 波のパルスが単純な形を持つもの、かつ S 波の立ち上がりが明瞭に読みとれるものを選び出して解析に用いた。解析するデータは、観測期間中センサーが正常に動いていてかつノイズレベルの低い 4 観測点を選び、そこで記録された波形を用いた。

S 波形の解析を行ない、スプリッティングを表現するパラメータとして速く伝わる S 波と遅い S 波との間の到着時間差 t と、先行する S 波の振動方向、という 2 つを用いて調査を行なった。スプリッティングの原因を多数のクラックの定方向配列と考える場合、 t はクラック密度を、 θ はクラックの方向を表すパラメータとなる。鉱山誘発地震の多くは非常に明瞭な S 波スプリッティングを示していた。S 波スプリッティングを生じさせる異方性領域の位置は、観測坑道よりさらに 1000m 深い、深さ 3.6km の切り羽の周辺であることが明らかになった。掘削に伴う応力変化の影響でクラックが開いたり閉じたりしていると考えられる領域である。一方、観測点の周辺には異方性は見つからなかった。また、2 つの分離した S 波の到着時間差 (t) の明らかな時間変化も検出された。 t は 5 カ月のあいだに 3ms から 1ms に減少していた。

誘発地震が発生することで、掘削により集中していた応力が少しずつ解放され、クラック密度が低くなり、時間差 t を小さくするものと思われる。 t の変化は採掘の影響による応力レベルの変化に対応していると考えられる。本研究より S 波スプリッティングは応力変化のモニターに応用出来ることが明らかになった。