

2-2 地下応力と地震波速度変化に関する一考察

東大地震研究所 金森博雄

地下応力の状態を地震波速度の変化から知ろうとする試みは、早川、Eisler、地質調査所等により考察され、実行されている。数ある地震予知研究の中でも、この種の“active”な実験はあまり例がなく、その点で興味がある。

地球内部での地震波速度は岩石の性質によってきまる。岩石の性質は地下1~2kmの所までは、応力のみならず、地下水の状態、堆積状態等によっても大きく変化する。したがってそのような深さでの地震波速度の変化によって地下応力の状態を推定するのはかなり困難である。一方、地下数km以深では地震波速度の変化は主に応力状態によってきまる。したがってそのような深部を通る地震波の伝播速度の変化をはかれば、地下応力の変化の様子をかなり詳しく調べ得る。ただし、一般に震源（爆破点）と観測点は地表にあるので、完全に地下深部のみを通る地震波を用いることは不可能であるから、浅い所の影響を適当な方法で補正する必要がある。

例として、今地下10kmの深さの所に距離Lkmにわたって x barの応力変化がおこったとする。この範囲が将来起る地震の震源域となるとすると、経験的に、そのマグニチュードMは、 $M=5.6+\log L$ で与えられる。

岩石についての実験により地下10km（圧力約3kbar）では、 x barの応力変化により地震波速度は $\delta v = 2 \times 10^{-4} x$ km/sec・bar変化することが知られている。したがって、このような場所で、深さ約10kmの所で伝播する地震波を用いて、その走時を測定すると、地表附近の影響等をとりのぞいた後の、距離Lについての走時の変化 Δt は、 $\Delta t = - (L/\bar{v}) (\delta v/\bar{v}) = - 2 \times 10^{-4} (L/\bar{v})(x/\bar{v})$ となる。但し、 \bar{v} は地殻内の地震波の平均の速さ（約6 km/sec）である。もし、 $L = 100$ kmとすると、これは $M = 7.6$ の地震に対応するが、 $x = 10, 20, 50$ barに対応して $\Delta t = - 5.6, - 11, - 28$, msecとなる。最近の地震学によれば、日本附近の浅い地震では、50bar位の応力変化を伴うことが知られている。したがって、完全に応力（静水圧以外）が0の状態では $\Delta t = 0$ として出発すると Δt が $- 28$ msec位になると $M = 7.6$ 位の地震の発生と密接に関係してくることになる。 $L = 50$ kmでは $\Delta t = - 14$ msecで $M = 7.3$ となる。今回の実験では $L=50 \sim 100$ km, $\Delta t = 0 \sim - 10$ msec位であるから、地震予知の立場からは無視できない。しかし、ここにいくつかの問題点があることを指摘したい。これらの問題は、地震波速度変化の測定が地震予知に有効にむすびつくためには近い将来にどうしても解決されねばならない。

1. 浅い構造の影響の補正

極端な場合には観測された Δt と同じ程度、あるいはそれ以上の走時変化が、地表附近の地下水等の影響でおこり得る。これらの補正のためには、理想的には、爆破点と観測点の近傍での走時の精密決定が必要である。これが出来ない場合には適当な test site を設けてそこで地下水等の影響を独立にしらべる必要があるだろう。

2. 走時の観測精度の向上

現在走時の決定精度は $\pm 5\text{msec}$ といわれているが、爆破状態の変化、ノイズ、記録紙の送りの早さ、記録方式等を考えると $\pm 5\text{msec}$ の精度を常時確保することは容易ではない。しかし上の考察から明らかのように $\pm 5\text{msec}$ は許容し得る最大の誤差であるから、将来、観測方式全般に十分な検討を加えて、 $\pm 5\text{msec}$ の精度を確実に得られるようにすべきであろう。

3. 岩石内を伝わる地震波の応力による変化

このような問題では岩石を静水圧 + 非静水圧のもとにおいて実験を行うことが必要であるが、現在までそのような実験はほとんどない。上の議論ではやむをえず静水圧下の結果を流用したが、これは必ずしも妥当ではない。将来これらに関して系統的に質の高い実験的研究が必要である。

4. 地震に伴う応力変化、及びその様式

地震予知の対称となる大地震、巨大地震について、それらの発生にともなう応力変化の大きさや震源域の大きさを定量的に知る必要があるが、これらは過去の巨大地震の震源過程を量的に再検討することによって可能となろう。