

第5図 強度-粒径関係図

壊をし、500 bars および 1000 bars で延性変形に近づく応力-歪曲線から降伏強度 および最大強度を読みとり粒径との関係を調べてみると、表1および第5図のようになる。最大強度は 1 bar (常圧)、降伏強度は500 bars の場合を示す。この図から強度と粒径の間には密

接な関係があり

$$\sigma = d^{-n}$$

であらわされることがわかる。ここに d は粒径 n は定数である。

この式は 金属の強度と粒径の関係について Petch の式として知られているのと同様であって 大理石が力学的に金属とよく似ているばかりでなく 結晶構造的にも類似していることを示しているものとして興味深い。

今後の問題として さらに多くの試料について測定を行なうとともに 一方では横波速度の測定 受振波長の変化の測定なども試みる必要がある。横波振動子は常圧用で性能のよいものがあるが 本装置に組込むためには直径10mm φ 以下にすることが必要で 技術的に可能であるが 性能の点で必ずしもよくないようである。試作した振動子で試みた範囲では 縦波と干渉して初動を読みにくくしている場合が多いが 試料によっては明確に読みとることができる。

(筆者は物理探査部)

反射法地震探査における最近の構造解析技術

畠山 勉

1. ま え が き

反射法地震探査は人工的に発生させた弾性波が地層の不連続面で反射して地表または海面にかえってくる現象を観測して地下構造を明らかにする技術である。この弾性波発生震源としては ダイナマイトなどの爆薬の爆発によるものが一般的であるが 最近では爆薬を使用しない非爆薬装置利用が広く行なわれ わが国においても海上ではエアガンが主として使われている。スパーカーも地震探査の一種であるが これは音波探査といわれることもある。

弾性波には縦波 (P波)・横波 (S波)・表面波などの種類があるが 現在の反射法では 縦波を対象としている。この縦波が地層で反射する際には

$$K = (\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1) / (\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1)$$

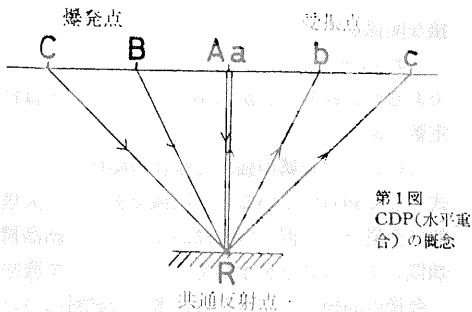
であらわされる K という反射係数の割合で反射されるここに $\rho_2 \cdot v_2$ はそれぞれ反射面の下および上の層の密

度 $v_2 \cdot v_1$ は同じくそれぞれの層の縦波速度)。各面において この反射係数の割合により弾性波の反射および透過 (屈折) が行なわれるので 地表面または海面から対象反射面までの弾性波の往復伝播径路において その途中の各地層面による反射および透過の積み重ねが行なわれることになる。したがって 受振される反射記録は途中の地層の密度および伝播速度の特性を含んだものであり これを裏返せば 反射記録を細かく分析することにより この特性を引き出すことも原理的には可能である。一般に 各地層間の密度変化は伝播速度変化に比べて微小であるので 伝播速度変化だけに着目しても差し支えない。

最近電子計算機が発達し それに伴ってその周辺機器や反射を記録するデジタル探査機も高度なものが出現するようになってきた。これらを駆使して 上記の伝播特性および反射波のその他の性質を利用して さらに最近の情報理論を巧みに利用することにより 反射波以外のいわゆるノイズから反射波を抽出して 地下の地層のある種の物性や構造を明確に解析する技術が最近発展している。電子計算機を利用した資料処理はデジタル処理と呼ばれる。ここでは われわれの行なっている最近の地震探査デジタル処理の数例について簡単に概要を記すことにする。

2. 動補正および CDP (水平重合法)

爆発による弾性波がある地層面で反射して受振されるとき 爆発点と受振点が同一地点の場合の往復反射時間



をTとし、爆発点から距離Xにある受振点で観測される反射時間を $T + \Delta T$ とし、爆発・受振面と反射面との間の平均速度をVとすると、近似的に

$$\Delta T \approx X^2 / (2TV^2)$$

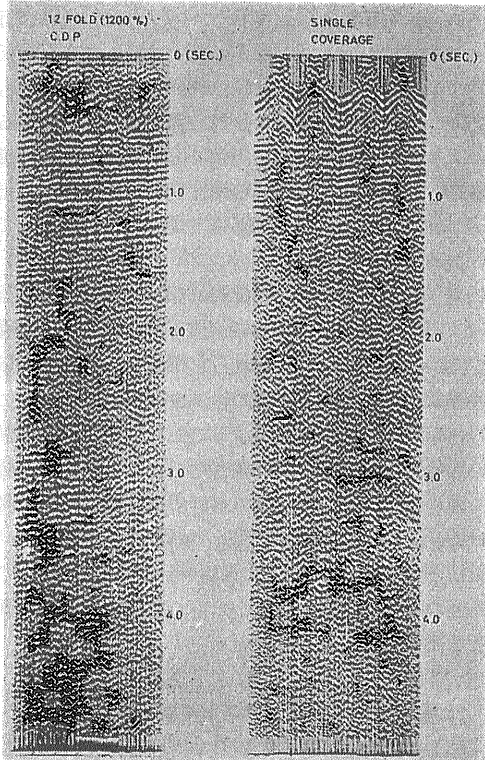
であらわされる。これは、爆発点受振点間の距離が大きいほど、また反射時間が短いほど ΔT が大きくなることを意味し、各反射時間から ΔT を差し引くことにより、すべての反射時間が爆発点と受振点が同一の場合の時間に補正されることになる。この補正を動補正という。この補正量は、上式からわかるように平均速度Vによっても変わる。動補正を施した各反射記録を並べると、スパーカーの記録のように地下断面図の深度を時

間に置きかえたような記録断面図が得られる。

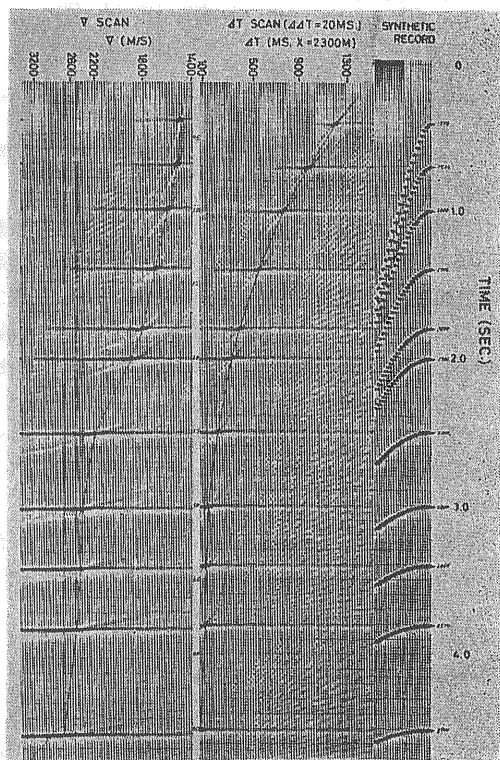
次に、CDP (水平重合法) についてであるが、この方法は、第1図に示すように、爆発点受振点間距離の異なる $ARa \cdot BRb \cdot CRc$ のおのおのの反射径路でも反射点は共通のR点であり、 $BRb \cdot CRc$ も動補正を施せば ARa と同じ反射時間になることを利用する。すなわち、調査測線上で爆発点と受振展開を少しづつ移動しながら測定し、動補正を施しながら各測定データについて反射点が共通の組み合わせになるように重ね合わせれば水平重合した結果が得られる。この際、平均伝播速度が実際の場合と異なるもので動補正をして重合すると、反射波形が重ならず効果が上らないので、最適な伝播速度で補正することが重要である。第2図は水平重合処理結果の例で、右の重合前の記録では、反射時間にして1秒以前の反射が見受けられるのに対して、共通の反射点の12コの組み合わせの記録を水平重合した左の記録では、右図で見受けられる反射が明瞭になったばかりでなく、1秒以後の深部の反射もよく読みとれるようになっている様子がわかる。

3. 速度解析

水平重合法においては、正確な伝播速度を使うことが重要であることは今記したが、前項の式からわかるように、動補正の量 ΔT がわかれば逆に伝播速度が求まる。



第2図 水平重合前(右)と1,200%の水平重合後(左)の記録断面

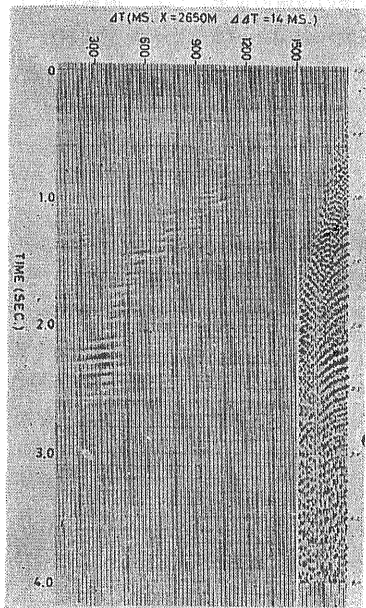


第3図 合成反射記録のCDPの組に対する速度解析処理

これを行なうためには 反射点が共通である CDP の組の記録をとり出して並べ 何種類かの平均速度を仮定して それぞれの平均速度で動補正をして それらを全部足し合わすと 最適な平均速度の場合に振幅が最大になるので 速度分布が求められるという理屈を利用した手段が一般にとられる。

第3図は合成した反射記録にこの方法を適用したものである。右の図は合成した反射記録の CDP の組を右端から左に順に爆発点受振点間距離が大きくなるように並べたものである。左の図がこの合成記録に対して 1400m/s から3400m/s までの20m/s 毎の速度について それぞれの平均速度で 各トレースを動補正して1本のトレースに重ね合せたものを順に並べて表示した図である。これにより振幅のもっとも大きい部分(ここでは振幅の大小を濃淡で現わしているため黒さの濃い部分)がその反射時間に対しての平均速度になる。この方法をわれわれは Velocity Scan (V Scan) と呼ぶ。中央の図は 速度を仮定する代りに 爆発点受振点間距離が2300mにおける動補正量 ΔT を仮定して それに相当する平均速度で同様な手段により現わしたもので この方法を ΔT Scan と呼ぶ。このようにして V Scan か ΔT Scan の 何れかにより平均速度分布が得られることになる。

これを実際の反射記録に対して適用した例が第4図であり 右が反射記録の CDP の組のトレースを配列した図で 左がこれに ΔT Scan を適用した結果である。もちろん合成記録に対するものほど明確ではないが 速度分布がかなり正しく求められることがわかる。



第4図
実際の反射記録の
CDP の組に対する
速度解析処理

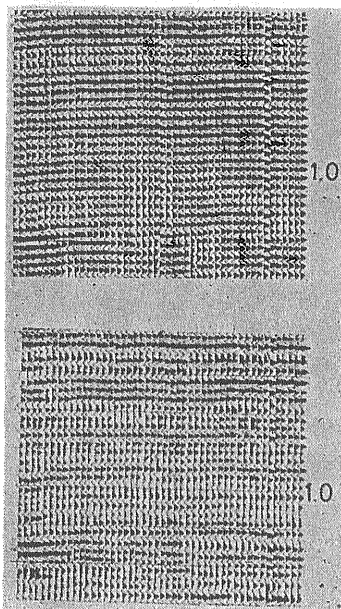
4. ディコンボリューション

地震探鉱反射記録には 反射面からの1回の反射の他に何回か反射を繰り返すいわゆる重複反射が含まれることが多い。とくに海上地震探鉱では 海面海底間の重複反射が強く 共鳴現象による残響としてエネルギーが長時間保持される傾向がある。

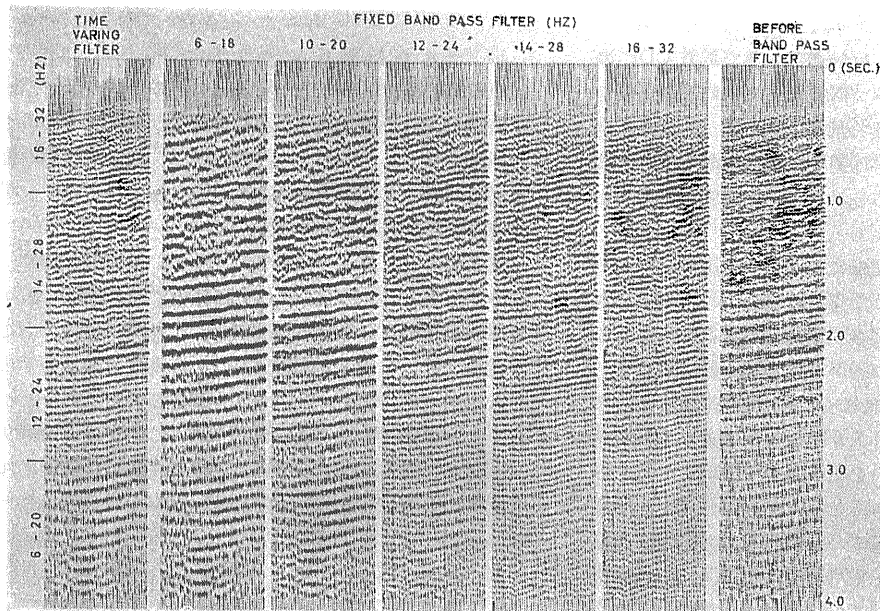
第5図の上図がその残響を起こしている反射記録の一部分である。この部分では ほぼ同じ時間間隔で波が並びいずれが真の反射か判別出来なくなっている。この現象に対して 情報理論に基づいた高度な数学的手法であるディコンボリューションを適用して これをとり除くことができる。第5図の下図がこのディコンボリューション処理を適用した後の結果で 波列が整理されて反射の検出が容易な分解能の高い記録が得られることがわかる。

5. TVフィルター (時間によって変化するフィルター)

地震探鉱記録には周波数カットまたはパスのフィルターを施すことが通常行なわれる。しかし弾性波は長い径路を経るほど すなわち時間が長くなるほど高周波数成分が失われて低周波数成分が卓越するようになるので 1つの周波数フィルターで浅い反射から深い反射までを判別しやすくすることは無理な場合が多い。したがって 浅い反射に対しては 高分解能の特性をもつ高周波数を活かし 深い反射に対しては 深部まで到達する低周波数を活かすようにすることが望ましい。このために 時間毎に遮断周波数幅を変える TV



第5図
反射記録に対する
Deconvolution 処理 (上) 処理実施前
(下) 処理実施後



第6図
TVフィルター処理の例

フィルターをデジタル処理の過程で適用した例が第6図である。この図の右端がフィルターを施す前までの処理結果の記録であり、これに5コの異なる幅のフィルターを施したそれぞれの結果がその左の5つの記録であり、このテストに基づいて最終的にTVフィルターを施した結果が左端の記録である。このようにして、浅い反射、深い反射それぞれの特性を活かした結果が得られる。

6. まとめ

現在われわれが行なっている若干のデジタル処理の例について説明した。この他にも、資料編集や整形さらには多成分のフィルターなどのデジタル処理があり、アナログでもプロット・重合・レーザーキャンなどの処理が行なわれる。

これらの資料処理のうちでも今後特に着目すべきものは速度解析であろう。前にも記したように、現在の処理方法で各層までの平均速度がかなり詳しく得られる。この平均速度分布から各層のそれぞれの地層速度分布はすぐに得られる。この地層速度分布を着目地域内の各地点毎に求めれば、その地域内の特定地層についての速度分布図も得られる筈である。しかし、このためには反射記録自体が明確なものでなければならず、速度解析処理や他の資料処理も高度なものを必要とする。これらのことは、現在でも個々の反射が明瞭に得られる地域では可能であり、今後の技術の進展につれ、地層速度分布図からその地層内の砂岩—頁岩比の算定、さらには石油埋蔵量の推定を下す一連の処理方法が一般化することも遠い夢ではないと思われる。

(筆者は石油開発公社事業本部物理探鉱部)

岩石の電気的性質

武居由之

物質の電気的性質には機械的性質(力学性)、熱学的性質、光学性、放射性、磁性、電気性などがあるが、筆

者は岩石の電気的性質について若干記すことになった。

岩石の力学的性質については、岩石物性研究の主題となつていろいろの角度から研究が続けられている。岩石の熱学的性質は最近著しく研究され、地球熱学という分野も生れている。岩石の光学性研究は岩石の顕微鏡観察などを通じて岩石研究上必須のものであったことは周知の通りである。岩石の放射性は放射性の存在が知られて未だ一世紀を経っていないが、急速に研究され、地史学において決定的な役割を果たすに至っている。磁性は古代より鉱物が保有することを認められていた。今日では探鉱、地史研究に著しい貢献をするに至った。岩