

特別講演—2 人工地震について

東京大学理学部

松沢武雄

人工地震のいろいろ。人間のいとなみによって起されるすべての地面の振動は人工地震といえます。トラウヤ電車や自動車や ところ人間のあやみまで 地面の雑微動—いわば ノイズ—と名づけてあらわれます。都會地では いつでも このまじなノイズで充満しています。

たとえば 本郷通生町の地球物理教研室のある台地では 周波数毎秒数サイクルのノイズが 数ミクロンの振幅で あらわれています。ただし その大きさは 時刻による変化があるので 夜中の2~3時頃には 1/20 位に小さくなります。

このまじなノイズは ほぼ12 沢山の震源から お互に位相でやってくる波のたまわりであるもので たいへん不規則な波形をもっています。それで たいしていい測定の場合には 邪魔物になります。

このまじな相おれによる振動はところを 建物や 地盤などを調べる為には わざわざ地面に振動を与えることがあります。たとえば ひきつきたサイ型の振動を与えるといふ 中心をはおれた所に おもりを付けた輪を まわします。そしてその輪の軸は 地面に固定します。このまじな輪を 小たつ作って 適宜に組合せれば 上下の力がけ あるいわ 水平の力がけ 与えることもできます。

もしまた 瞬間的に孤立した波を おこせると思えば 高所から おもりを落したり 大薬の爆破を使ったりします。おむりの方では 十分な強い振動が できるので たいしての場合 大薬にたよります。

こゝでは もっぱら この場合 特々大爆破の地震波の利用のばありについて 御話しすることにします。

地震探鉱—探査地地下探査。これは 今般では 多い 大土木工事のばあいや 大鉱山会社などには ますます 必要でないといふ 思ひます。ただ一言地盤を加えるならば 地表から あまり深くない所の地層のたえなり具合を調べるとするもので 石油探査のばあいでさえ たまたま 数4 川 たら上を問題とするのが普通です。

したがって 地震計を多く測線の長さも かなり長いことも要した。それ故にまた 大爆破を要した。ことにたります。

大爆破地震波の研究。こゝで大爆破といふのは 大薬量1トン内外 ないしは それ以上のものを 指すことにします。このまじな大爆破を利用するのは 地表下数十メートルに及び深さを いろいろな性質の地層の たえなり具合を 調べるのを おもむきの目的とします。

このことは 天然の地震を利用して 50 年位前から 行われて来たことでした。あるらゝ 兵に地震が 起こったばあいに これをいろいろの場所で観測すると 地震波の到着する

時刻は それぞれ ちがうわけ、横軸に震央距離をとり 縦軸に到着時刻をヒッティング曲線を作ると だいたいある線の上にあることになり、このより外線も 走時曲線といひます。震源から観測点に波が到着するまでの時間は その途中の道筋の上の波速変化の分布でまよるわけ、この道筋は また 地層中の速度分布でまよるわけ、それから要するに 走時曲線の形は 地中の速度分布でまよることになり、そこで問題を逆にすると 走時曲線の形を知って 地中の速度分布を出せまいか といふことになり、これは 一般には 数値技術上めんどうな問題ですが ひとつにまよる左巻の出し場合が なくともあり、

このように 走時曲線の解析が たいへん難しくなるので、走時曲線を作らなめには、少なくとも 震源の位置が必要になり、震源時刻もわかれば たいへんわかり、ここで 天然地震のばあいには 震源の位置も 震源時刻も あらかじめわかっている、これを まめてみるに、これらをもまよるのには 地中の波速は種々のありえ、わからぬ、と、なんと、まよるなりことになり、したがって 問題は ぐるぐるまよるをすることになり、

これらの事は 人工地震なら まよめて明快に 解決され、これは のどむ場所ののどむ時刻に 知ること、その上、天然地震の起こる場所は 区域に 限定されてい、人工地震なら 天然地震の起こる区域も 調べること、

精度の問題。走時曲線解析のといは、震源点と観測点との相対的位置が 正確にわかっていなくとも、その精度は 波速の走時の測定の結果とつりあつたものであつても 必要とし、

天然地震の日席観測のばあいを例にとれば、波速到着時刻測定の平均誤差は 0.5秒程度 ありと思われ、伝播速度 5 Km/sec の波速のばあい、これは距離にして 2.5 Km になり、観測点の位置の精度も、少なくともこれ位になり、このことを示す、たゞ、この観測点の位置は 経緯度ごとの精度で与え、精度1分の弧の長さ、だいたい、1.8 Km であり、おおよそ つりあつてい、

また、爆破地震動測定のばあい、これは、JTY の分秒報時、直ちに 波速記録機に いれ、これを NHK の 第1放送のセグメントのメモ、記入する、そのついで、この時刻の比較は、まよめて 正確であり、

波速到着時刻の決定には、波の判定の問題が、はいって、爆破点に近い所では、波速が鋭いから、1/1000 分の精度で、まよること、速く、なると、波速減衰の結果、次第に波速が丸くなり、到着時刻の判定が、おおよそしくなり、それが、200 Km 位まで、1/100 分の精度で、まよること、これは、速度 5 Km/sec の波速では、50m を進む時間、観測点の位置も、この程度の精度を要するわけ、精度1分の弧の長さは、約 30m であり、経緯度ごとの、約、この為、おおよそ、一等三角点くらいで、位置を定め、測定の、おおよそ、

地層構造のニホキとから来る問題。かなり広い区域がほぼ一様な性質をもつていられる時にニホキとニホキの地層として区別しやす。爆破地層では左と右の二つより広い区域のニホキより集合つながら集合などを見めるのを本より大きな目的とします。このより広い区域のニホキには地球規模大陸規模をもつたものからさらにニホキく数kmおのいばもつてニホキのものもあつて居ります。

地殻構造の場合にも深い所では一様な性質の区域がかなり大きくあつていゝと思われやす。地表付近はかなり複雑でニホキの区域がつながらあつていゝと思われやす。

人工地震計測定がかなりおのびのびと観測点間の距離はだいたい20km程度になつていゝ。この間隔は地表付近の地層構造のニホキとに比べてもややあつたさうさうみみありませう。人工地震の走時距離も1物にせいぜいばらつきはしばしばあつたさうみみありませう。これは測定誤差がなくて地殻構造の中をニホキの不均等から来るものであつた。このニホキが正確をもつていゝのは前にも述べた測定精度がかなりおのびのびと量よりはよかに上であつたからであつた。

日本での研究。1950年に岩手県の石川で大きな地震が起つたのを機に目的が明確な約57トンの大爆破がなされた。その頃はこの研究の為に測定器も揃はずなつた。おのびのびと又同じ位には知らないので充分なことは出来なかつたが同じ相はあつて測定を行つた。爆破点から約140kmはたれた巨匠山で人工地震計をとらえることが出来た。当時の地震計の能力としてはだいたい見込み通りの記録がとれたのであつた。これを機会に城田敏、田中などの諸氏により測定器が完成された。おのびのびと大爆破地震研究グループが出来るようになった。今に到るまで研究をつつていゝ。その経費は地質学部の研究費、地震研究所の特別研究費、おのびのびと特別研究費、おのびのびと関係機関の有形無形の寄付の援助などであつた。

爾来、数回の石川大爆破、釜石鉱山の大爆破、伊東の大爆破、野反(のせり)の大爆破、横芝(よこしば)の大爆破、鉾田の大爆破、柳井(やなぎい)の大爆破などを研究して来た。

1観測点にはおのびのびと人住の熟練した研究者が必要であつた。20点以上の観測点を置くにせよおのびのびとほぼ全国の有能な地震学者を動かすことにあつた。これはおのびのびと協同研究の典型的な例が見られるわけであつた。

以上諸例のうちダム工事や鉱山の大規模な爆破を利用したものは、おのびのびと場合が多いのであつた。横芝と鉾田の場合は特にこの研究の為に、おのびのびと大爆破がなされておのびのびとこれを自力爆破と呼んでいゝ。自力爆破の利点は、おのびのびと場所、おのびのびと時刻に爆破を行つたことが出来る。おのびのびとなるべく少量の火薬量で、おのびのびとなるべく有効な地震動を生ずるような爆破法をもつた。おのびのびとことであつた。

これらの研究から東北地方の地層構造、関東地帯、長野県大町方面へかけての地層構造などの大體を掴んで居ります。

また地震の地層区別の目ざしは地震波の速度、特にP波の速度であつた。これは地質学的目ざし、おのびのびと岩の地質学的組成や鉱物の組成などに影響を及ぼすことは

必ずしも容易にはありませぬ。それ故にこゝでは専らP波の速度を用ひしとして地層の区別をすることにした。

とて東北地方で求められたものを綜合しますと $P_1=2.51 \text{ km/sec}$, $R=5.75 \sim 5.85 \text{ km/sec}$, $P_2=6.1 \sim 6.2 \text{ km/sec}$, ならびに $P_3=7.5 \sim 8.0 \text{ km/sec}$ の4層にたります。その石沢～釜石間の鉛直断面のかたちをFig. 1に示すようにあります。P₁層はなほごく表面の層にすぎず、

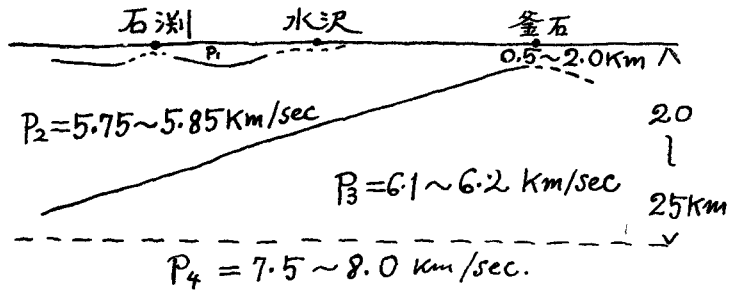


Fig. 1.

はたしかたこゝには云へません。P₂及びP₃層の境界は走向は北から東をわりの測、 $\approx 200^\circ \sim 210^\circ$, 傾斜は西向きに $6^\circ \sim 10^\circ$ 程度の傾斜を呈すると思われまふ。P₂層の厚さはこの地方では20~25 kmと推定され、その深さは20~25 kmと推定され、P₂層以下は深成岩の領域に属するものと思われまふが、この地方では古い地層にわたる、とかなり地表近く所が、P₂層及びP₃層の境界は、いわゆるモホロウィチの不連続面(或は略してモホ)と呼ばれるもので、これはこの地方ではかなり浅く、深い。この層の厚さは、この地方ではかなり浅く、深い。この層の厚さは、この地方ではかなり浅く、深い。

1954年以来、私は、関東から中部地方へかけての地体構造の研究を始めた。この地方の大規模、鉛直の自力爆破などの研究結果を綜合しますと、その方向の鉛直断面下の地下構造はFig. 2のようになり、あまり厚くないと推定される堆積岩の層を除いて、 $P_2=5.5 \text{ km/sec}$, $P_3=6.0 \text{ km/sec}$, $P_4=7.7 \sim 8.0 \text{ km/sec}$ の層に大わけされ、P₂層の厚さは大体10 kmと推定され、P₃層の厚さは、特に筑波、赤城山の東南麓、のどりの地帯ではP₃層がかなり地表近くまで見られる。P₂層とP₃層との境界は、モホ面と推定されるもので、この地表からの深さは30 kmをこへません。

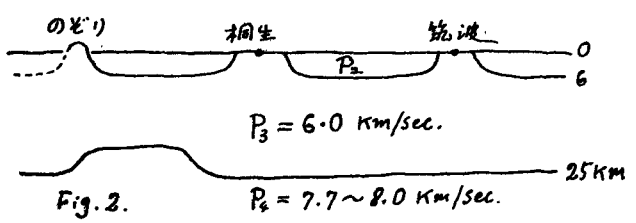


Fig. 2.

この測線の北側には、鬼怒川地帯帯と推定された地帯の深部にはこの区別があります。その震源の深さは、たいてい30~50 km程度のものが多いから、モホ面の下をわりのいわゆる地殻のふちまで、このことになり、以前から、浅い地震は地殻中をたつたモホ面から上へおこるといふ考えがありましたが、これは修正されるを得ることになりました。これは地震の原因を考慮する上、たいした事柄があります。

私の研究は、現在、中部地方から近畿地方にかけての地体構造の研究にまでなっています。