

近地々震の P 波振幅に及ぼす表面層の影響

本 間 正 作

1. 緒 言 茲にモホロビチック層或ひは類似の層の存在が淺發地震の初動振幅に及ぼす影響に就て簡単な量的吟味をした。方法は故木下潤一理學士⁽¹⁾のものと大體同様であるが、同氏とは獨立に行つたものであり、又少し違つた場合を取扱つてあるから此處に發表させて頂く。尤も日本に於てはモホロビチック層が有るが無いかは疑問とされる説もあるし、之に關しては將來、表面波其他より精密な吟味が期待されてゐるわけであるが、今回は單にモホロビチック層があるとした場合に就いて議論する。即ち差當つては歐洲等で測定された近地々震の振幅の解釋と見ればよろしいわけである。

2. 吟 味 モホロビチック層内の P 波、S 波の速度を v_1, \mathfrak{B}_1 、下層の夫を v_2, \mathfrak{B}_2 とする。震源が上層内に在ると、震央の極めて近くを除いては、下層を通つて屈折して來た P 波が初動として現はれる。この波は第 1 層 (上層) を P で通り、屈折して第 2 層 (下層) に入り、再び上層に P として出て來た波と言ふ意味で $P_1P_2P_1$ と書く。同様に $S_1P_2S_1, P_1P_2S_1, S_1P_2P_1$ 等の位相が現はれる筈であるが、之等の走時と $P_1P_2P_1$ の走時を比較すると、その差は極めて小さい爲、大規模の地震で週期が數秒のものでは、之等 4 者が重り合つて複雑な振幅を生じ、初動振幅の解釋上大いに考慮を要する事になる。

先づ各相の走時差を調べると、良く知られてゐる様に

$$t_{P_1P_2P_1} = \frac{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}{v_1v_2} (2D - h) + \frac{\Delta}{v_2},$$

但し D はモホロビチック層の厚さ、 h は震源の深さ、 Δ は震央距離である。同様に

$$t_{S_1P_2S_1} = \frac{\sqrt{v_2^2 - \mathfrak{B}_1^2}}{\mathfrak{B}_2v_2} (2D - h) + \frac{\Delta}{v_2}$$

(1) 地震研究所彙報, 15 (1937)

従つて、

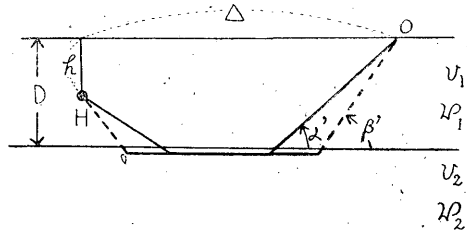
$$t_{S_1P_2S_1} - t_{P_1P_2P_1} = \left\{ \frac{\sqrt{v_2^2 - \mathfrak{B}_1^2}}{\mathfrak{B}_1 \cdot v_2} - \frac{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}{v_1 \cdot v_2} \right\} \cdot (2D - h)$$

で $S_1P_2S_1$ と $P_1P_2P_1$ の走時差は震央距離に無関係に一定値である。表面層のモデルとしては $v_1 = 5.5$, $v_2 = 7.6$, $\frac{v_i}{\mathfrak{B}_i} = \sqrt{3}$, ($i = 1, 2$), $D = 34$ (単位、杆及び秒) として、この値を十分大きくする爲 $h = 0$ の場合を考えると、

$$t_{S_1P_2S_1} - t_{P_1P_2P_1} = 1 \text{ 秒}$$

第 1 圖

$h = D$ なら、この値の半分である。 $S_1P_2P_1$, $P_1P_2S_1$ は之より更に走時差が小さい筈であるから實際上區別困難な場合が在り得る事が分つた。



次に振幅を調べる。 $P_1P_2P_1$ に

比し他のものが無視出来る程小さければ問題は無い。先づ簡単な場合として $P_1P_2P_1$ と $P_1P_2S_1$ の振幅を比較する。両者は P_1P_2 迄は殆ど共通の振幅を持つと見られるから、最後に下層から略々水平に入射した P_2 が上層に屈折して P_1 になるか、 S_1 になるかに依り、振幅がどう違ふかを見ればよい。此種の問題の嚴密な理論の出現は、現在、最も待望されて居る處であるが、茲では簡単に不連続面に於ける平面波の反射屈折の理論で、オーダーを當つて見るに止まる。この時の上、下層

第 2 圖

の物性の假定は前記のものと同少々違ふが河角、鈴木兩氏の結果を用ひる。即ち第2圖の模圖に示した通りである。兩氏論文第1表より下層に於ける P_2 波入射角 α に對し

$$\mu' = 0.61\mu, \quad \rho', \quad \frac{v_1}{2\rho_1} = \sqrt{3}$$

$$\mu, \quad \rho = 1.1\rho', \quad \frac{v_2}{2\rho_2} = \sqrt{3}$$

上層に屈折する P_1 波, S_1 波の射出角 α', β' は(第1圖)次表の様に殆ど一定である。

(1) 筆者; 地震 8 (昭和 11 年)

(2) 地震; 4 (昭和 7 年)

α	α'	β'	\mathcal{U}'	\mathcal{B}'
0°	$35^\circ 16'$	$61^\circ 52'$	0	0
1	$17'$	$53'$	0.077	- 0.019
2	$19'$	$53'$	0.144	- 0.035
3	$23'$	$55'$	0.206	- 0.051

次に兩氏第2表に依り P_2 の變位ポテンシアルに對する、屈折した P_1, S_1 の變位ポテンシアルの大きさ $\mathcal{U}', \mathcal{B}'$ は何れも甚だ小さく、大部分は反射 P 波になるのであるが、

$$\left| \frac{\mathcal{U}'}{\mathcal{B}'} \right| \doteq 4$$

と云ふ關係が常に成立してゐる（上表）。この關係は α が 10° 位迄よく保つて居るが、それから先では段々 \mathcal{U}' が \mathcal{B}' を引離して卓越して行く。

次に變位の大きさを考へると、

$$u' = \frac{\partial \phi'}{\partial x} - \frac{\partial \psi'}{\partial z}, \quad w' = \frac{\partial \phi'}{\partial z} + \frac{\partial \psi'}{\partial x},$$

$$\phi' = \mathcal{U}' \cdot e^{i\gamma t - ik(x+z \cdot \text{tg}\alpha')},$$

$$\psi' = \mathcal{B}' \cdot e^{i\delta t - ik(x+z \cdot \text{tg}\beta')}.$$

故に

$$\begin{cases} u' = -ik\mathcal{U}' e^{i\gamma t - ik(x+z \cdot \text{tg}\alpha')} + ik \cdot \text{tg}\beta' \cdot \mathcal{B}' a^{i\gamma t - ik(x+z \cdot \text{tg}\beta')}, \\ w' = -ik \cdot \text{tg}\alpha' \cdot \mathcal{U}' \quad " \quad -ik \cdot \mathcal{B}' \quad " \end{cases}$$

之等の第一項は P_1 に依る變位、第二項は S_1 に依る變位を示す。次に大きさを比較すると前述の様に α', β' は殆ど變らないから

$$\left| \frac{u_p'}{u_s'} \right| = \left| \frac{\mathcal{U}'}{\mathcal{B}'} \right| \cdot \text{ctg}\beta' \doteq 2.15,$$

$$\left| \frac{w_p'}{w_s'} \right| = \left| \frac{\mathcal{U}'}{\mathcal{B}'} \right| \cdot \text{tg}\alpha' \doteq 2.84,$$

$$\frac{\sqrt{u_p'^2 + w_p'^2}}{\sqrt{u_s'^2 + w_s'^2}} = \left| \frac{\mathcal{U}'}{\mathcal{B}'} \right| \cdot \frac{\cos\beta'}{\cos\alpha'} \doteq 2.3$$

で何れにしても $P_1 P_2 S_1$ は $P_1 P_2 P_1$ の 2~3 倍大きいだけである。更に松澤博

士の自由表面に於ける補正⁽¹⁾を加へても、これ等の値は殆ど變らない事が確められる。

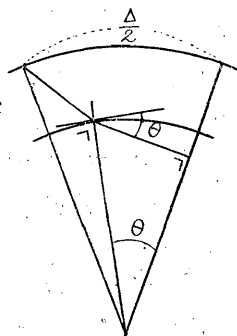
次に $S_1P_2P_1$ を比較して見よう。この時は P_2P_1 の部分が共通だから同一の P_2 を與へる様に震源から出る P_1 と S_1 の比を考へればよろしい。之も前と同様な方法で計算すると $\left| \frac{S_1}{P_1} \right| = 5 \sim 10$ で、屈折波の射出角 α が十分 0 に近ければ、この値は大體 5 になる。實際淺發地震を十分遠方が觀測すれば、S 波は P 波より遙かに卓越して居る事は經驗よく分知れてゐる事であるから、 $\left| \frac{S_1}{P_1} \right|$ が 5 ~ 10 位の發震機構は十分想像出来るし、少く共 $P_1P_2P_1$ の振幅が $S_1P_2P_1$ により可成り變形を蒙ると考へなければならぬ。

$S_1P_2S_1$ の場合は $P_1P_2S_1$ 、 $S_1P_2P_1$ の組合せたものであるから、 $P_1P_2P_1$ の振幅の $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{40}$ になるが、矢張り S 波の初期値が大きいから相當效くのである。

實際は地表が平面でないから、 α は 0 とは可成り距るかも知れないから當つて見よう。表面に薄い層のある地球を考へ(第 3 圖)界面の上、下で彈性波の速度が一定であるとするれば、界面に對する震央距離を 2θ とすると θ が P_2 の射出角となり、 $\frac{\Delta}{2} > \theta$ であるが、 $\frac{\Delta}{2} = \theta$ としても、 $\Delta = 1300$ 軒で $\theta = 6^\circ$ 位になる。實際射線の屈折を考へると θ はもつと大きくなるかも知れないが、兎に角上述の議論に影響を與へる様なことは無い。

3. 結論 以上簡単な吟味に依り表面層の振幅測定に及ぼす影響を、起り得る種々の場合に就て調べ複雑性を指摘した。

第 3 圖



(1) 地震 4; (昭和 7 年)