

韓國 南部地域의 地殼構造

金 性 均* · 鄭 富 興*

Crustal Structure of the Southern Part of Korea

Sung Kyun Kim and Bu Hung Jung

Abstract: Events detected by the KIER microearthquake network operated in the Southern Part of Korea for 265 days in 1982~1984 were reviewed, and some of them were identified to be a dynamite explosion from several construction sites. The purpose of the present work is to determine the crustal structure of the Southern Korea using the time-distance data obtained from such explosion seismic records. The time-distance data can be well explained by a crustal model composed of four horizontal layers of which thickness, p and s -wave velocity (V_p and V_s) are characterized as follows.

1st layer (surface)	:	0~2km,	$V_p=5.5\text{km/sec}$,	$V_s=3.3\text{km/sec}$
2nd layer (upper crust)	:	2~15km,	$V_p=6.0\text{km/sec}$,	$V_s=3.5\text{km/sec}$
3rd layer (lower crust)	:	15~29km,	$V_p=6.6\text{km/sec}$,	$V_s=3.7\text{km/sec}$
4th layer (upper mantle)	:	29km~	$V_p=7.7\text{km/sec}$,	$V_s=4.3\text{km/sec}$

The relatively shallow crust-mantle boundary and low P_n velocity compared with the mean values for stable intraplate region are noteworthy. Supposedely, it is responsible for the high heat flow in the South-eastern Korea or an anomalous subterranean mantle.

The mean V_p/V_s ratio calculated from the relation between p -wave arrival and s - p arrival times appears to be 1.735 which is nearly equivalent to the elastic medium of $\lambda=\mu$. However, the ratio tends to be slightly larger with the depth. The ratio is rather high compared with that of the adjacent Japanese Island, and the fact suggests that the underlying crust and upper mantle in this region are more ductile and hence the earthquake occurrences are apt to be interrupted.

As an alternative crustal model, a seismic velocity structure in which velocities are successively increased with the depth is also proposed by the inversion of the time-distance data. With the velocity profile, it is possible to calculate a travel time table which is appropriate to determine the earthquake parameters for the local events.

序 論

震央地의 정확한 결정은 近代 地震學에 있어서 중요한 과제의 하나로 취급되어 왔다. 어떤 지역내에서 地震活動의 양상, 특히 地質構造와 震源의 空間分布의 관계를 규명하기 위해서는 좀더 정확한 震源의 결정이 요구된다. 震源의 決定 精度는 地震觀測 시스템의 특성에 직접적으로 영향을 받게 되며, 간접적으로는 震

源決定의 algorithm 및 입력한 走時表(또는 速度構造)의 적절성에 따라 크게 달라진다. 이러한 局地的인 地震의 震源決定 精度에 관계되는 지구표층부의 地震波 速度構造는 地域性이 커서, 어떤 特定地域의 構造가 다른 地域에 반드시 적용되지 않는다는 특질이 있다. 이러한 표층부의 速度構造는 自然地震 또는 人工地震 資料의 分析을 통하여 얻을 수 있다. 그러나 自然地震을 대상으로 하는 경우, 어떤 特定の 構造를 미리서 가정하게 되므로 결과적으로 얻어지는 速度構造에 초기에 가정한 構造와 관련된 계통적 오차가 포함되기

* 韓國動力資源研究所

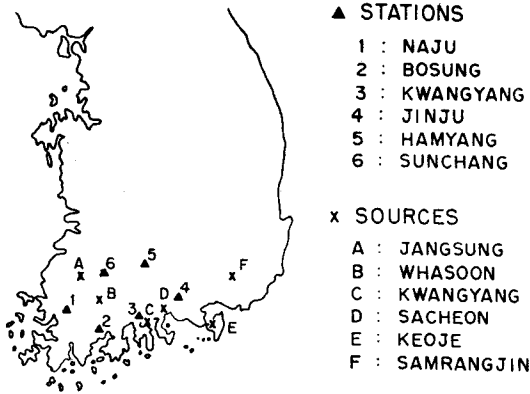


Fig. 1 Location of artificial sources and stations.

Table 1 Location of artificial sources and stations.

Source or Station	Longitude	Latitude	Remarks
Jangsung	126.778	35.280	limestone mining
Whasoon	127.099	35.081	dam construction
Kwangyang	127.736	34.936	coast reclamation
Sacheon	127.951	35.070	road construction
Keoje	128.611	34.897	coast reclamation
Samrangjin 1	128.906	35.407	dam construction
Samrangjin 2	128.873	35.421	dam construction
Naju	126.679	35.031	1984 station
Bosung	127.139	34.782	1984 station
Kwangyang	127.640	34.970	1984 station
Jinju	128.049	35.222	1984 station
Hamyang	127.708	35.501	1984 station
Sunchang	127.148	35.404	1984 station
Hampodong	128.928	35.395	1983 station
Whajaeri	128.966	35.345	1983 station
Gacheonri	129.091	35.530	1983 station

섭다(The Research Group for the Travel Time Curve, 1967). 1961~1962년에 日本內에서 발생한 地震 76개를 대상으로, 人工地震 觀測資料를 잘 설명할 수 있는 地殼構造로부터 再計算한 震源과 기상청 발표의 震源을 비교한 Aki(1965)는 震央의 위치와 심도에 각각 수 km, 수십 km의 차가 있음을 지적하였다. 따라서, 韓半島內의 震源決定 精度는 觀측점의 분포와 수, 觀측 시스템 및 사용되고 있는 速度構造의 적절성등을 日本의 경우와 비교할 때 수십 km에 달할 것으로 추정된다. 이러한 관점에서 韓半島에서 발생한 自然地震으로부터 얻어진 地震波 速度構造(Lee, K.H., 1979; 金尙照外, 1983)는 개선의 여지가 있으리라 생각된다.

韓國動力資源研究所는 耐震研究의 일환으로 1982~

1984년에 걸쳐 韓國 南部地域에서 微少地震 觀측망을 운영하여 그 資料를 分析하여 왔다(金楨浩外, 1983; 趙東行外, 1984; 金性均外, 1985). 觀측자료를 분석하여 계산한 震央의 위치 및 發震時刻을 地域內에 산재한 人工發破場의 위치 및 發破時刻과 대비한 결과, 댐 및 도로건설 또는 해안매립 공사장에서의 체석발파에 의한 人工的인 振動이 다수 기록되었음이 확인되었다. 그림 1과 표 1에 1984년의 微少地震 觀측점과 확인된 人工發破源의 위치를 제시한다. 본 연구는 이러한 人工的인 振動의 觀측기록으로부터 얻어진 走時資料를 분석하여, 韓國 南部地域에 대한 地殼構造를 제한한다. 다음節에서는 觀측방법 및 資料의 質에 대하여 서술하게 되며, 제 3절에서는 資料의 分析方法과 分析結果로부터 얻어진 地殼構造를 제시하게 된다. 끝으로, 제 4절에서는 地震波 速度構造에 대한 結論 및 전망이 기술된다.

觀測資料

觀측에 이용된 受振器는 Teledyne Geotech회사의 Model S-500 短周期 地震計로서 실제의 觀측에서는 速度性分을 검출, 기록하였다. 또한 記錄計로서는 같은 회사의 아날로그형 Portacorder RV-320B를 사용하였다. 觀측계기의 應答特性 및 설치방법에 대해서는 趙東行外(1984) 및 金性均外(1985)에 상세히 기술되어 있다.

地震記錄의 생명이라고 할 수 있는 시각조정을 위해 일본의 표준주파수 방송인 JJY(10MHz 또는 15MHz)를 廣域短波受信器로 受信하여 地震記錄計에 입력시켜 평균 1회/3일의 빈도로 시각을 조정하였으며 조정시의 시각오차는 ±0.05sec로 줄였다. 또한 記錄計 자체의 시각편차는 ±0.1sec/day이내이므로 시각조정후 다음 조정시각까지의 3일간의 누적치는 최대 ±0.3sec에 달한다. 따라서 각 位相 도달시각에서의 시각편차를 최소화하기 위하여, 시각조정후 경과시간에 대한 보정치를 직선적인 內插法으로 계산하여 가감하였다. 한편 기록계의 드럼회전속도는 2mm/sec로 고정하였으므로, 각 位相 도달시각은 ±0.125sec이내의 정도까지 읽을 수 있다.

본 연구에서 走時表 작성에 채택한 것은 地震記錄計의 시각조정이 이루어진 1983년의 일부자료와 1984년의 資料중 人工發破源에 의한 振動으로 확인된 것들이다. 그림 1에 도시한 人工發破源에 의한 振動은 각 觀측점에 대략 수회~수십회 기록되어 있으므로, 그들중 각 位相의 도달이 비교적 뚜렷한 것만을 선택하였다.

위에서 지적한 모든 시각오차에 관련된되는 사항을 고려할때 人工地震記錄으로 부터 검출한 各 位相의 도달시각오차는 $\pm 0.15\text{sec}$ 이내로 제한된다.

前節에서 지적한바와 같이, 地下速度構造를 구하는데 있어서 人工地震資料를 사용할 경우 自然地震資料에 비하여 未知數를 줄일수 있다는 利點이 있다. 그러나 본 연구에서 채택한 자료는, 振動源의 위치(위도, 경도, 심도)는 명확하지만, 發震時刻이 未知數로 나타난다. 따라서 別個의 방법으로 發震時刻을 결정하지 않으면 안된다. 이하 본 연구에서 채용한 Wadati(1933)의 방법에 대하여 기술하기로 한다. p 파와 s 파의 경로가 같다고 할때, 各 觀測點에서의 p 파 및 s 파의 도달시각을 각각 T_p, T_s 라하면 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$T_p - t_0 = \int_s \frac{ds}{V_p} \quad (1)$$

$$T_s - t_0 = \int_s \frac{ds}{V_s} \quad (2)$$

여기서

t_0 : 발진시각

V_p : p 파속도

V_s : s 파속도

s : 전파경로

이때, (1) 및 (2)식으로 부터, 다음과 같은 관계를 얻을 수 있다.

$$T_{s-p} = \left(\frac{V_p}{V_s} - 1 \right) (T_p - t_0) \quad (3)$$

단, $T_{s-p} = T_s - T_p$

따라서 둘 이상의 觀測點에서 T_p 및 T_{s-p} 가 알려질때 (3)식으로 부터 發震時刻 t_0 및 s 파에 대한 p 파의 速度比 V_p/V_s 를 얻을 수 있다. 이와 같은 방법으로 개개

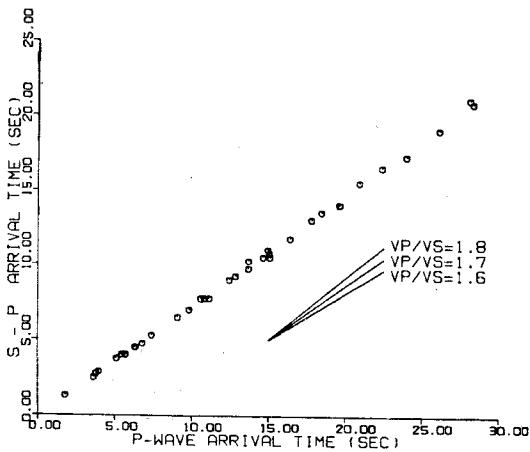


Fig. 2 S-P arrival time versus P-wave arrival time.

Table 2 Travel time data. T_p and T_{s-p} represent P-wave travel time and S-wave arrival time minus P-wave arrival time, respectively.

Source	Station	Distance (km)	T_p (sec)	T_{s-p} (sec)
Jangsung	Naju	29.1	5.12	3.75
Jangsung	Bosung	64.4	11.17	7.75
Jangsung	Kwangyang	85.6	14.67	10.50
Jangsung	Jinju	115.6	19.67	14.00
Jangsung	Hamyang	87.8	15.07	10.75
Jangsung	Sunchang	36.3	6.37	4.50
Whasoon	Naju	38.6	6.83	4.75
Whasoon	Bosung	33.4	5.73	4.00
Whasoon	Kwangyang	50.8	8.98	—
Whasoon	Jinju	87.8	15.13	10.50
Whasoon	Hamyang	72.3	12.48	9.00
Whasoon	Sunchang	36.2	6.33	4.50
Kwangyang	Naju	96.9	16.43	11.75
Kwangyang	Bosung	57.1	9.88	7.00
Kwangyang	Kwangyang	9.53	1.78	1.30
Kwangyang	Jinju	42.7	7.43	5.30
Kwangyang	Hamyang	62.9	10.88	7.75
Kwangyang	Sunchang	74.6	12.88	9.25
Sacheon	Naju	115.9	19.61	14.00
Sacheon	Bosung	80.6	13.71	9.75
Sacheon	Kwangyang	30.4	5.46	4.00
Sacheon	Jinju	19.1	3.61	2.50
Sacheon	Hamyang	52.7	9.11	6.50
Sacheon	Sunchang	81.8	14.01	—
Keoje	Naju	176.7	28.35	20.75
Keoje	Bosung	134.9	22.40	16.50
Keoje	Kwangyang	88.9	15.00	11.00
Keoje	Jinju	62.6	10.65	7.75
Keoje	Hamyang	106.0	17.85	13.00
Keoje	Sunchang	144.4	24.00	17.25
Samrangjin 1	Naju	206.5	32.23	—
Samrangjin 1	Bosung	175.1	28.13	21.00
Samrangjin 1	Kwangyang	124.9	20.93	15.50
Samrangjin 1	Jinju	80.4	13.73	10.25
Samrangjin 1	Hamyang	109.0	18.48	13.50
Samrangjin 1	Sunchang	159.4	26.13	19.00
Samrangjin 1	Hampodong	2.40	0.60	—
Samrangjin 1	Whajaeri	8.78	1.72	—
Samrangjin 1	Gacheonri	21.6	3.80	2.63
Samrangjin 2	Whajaeri	11.9	2.15	—
Samrangjin 2	Gacheonri	23.2	3.97	2.75

의 人工發破에 대한 發震時刻을 결정하여 走時表를 작성, 표 2에 제시한다. 이때 개개의 人工發破에 대해서

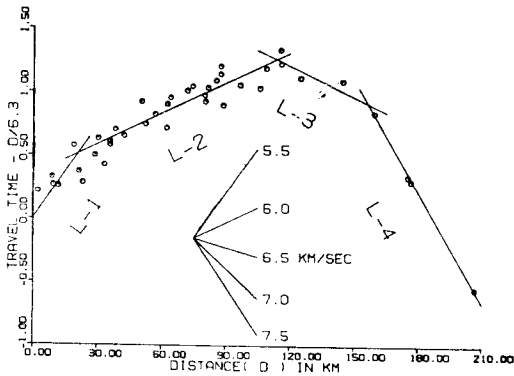


Fig. 3 Reduced travel time curve.

얻어진 發震時刻를 좌표원점으로 하여 $T_p - T_{s-p}$ 의 관계를 그림 2에 도시한다. 그림 2에서 각 관측치들은 대체로 일직선상에 놓이지만, 일부 벗어나는 것들은 T_{s-p} 의 점측오차와 관련되거나 또는 V_p/V_s 의不均性に 기인하는 것이라 생각된다. 여기에 대해서는 다음節에서 다시 취급하기로 한다.

地震波 速度構造

前節에서 얻어진 走時表의 質과 量을 참조하여, 彈性波速度가 각각의 層내에서 일정한 수개의 水平層으로 구성된 단순한 速度構造 모델을 가정한다. 먼저 표 2에 주어진 走時表로부터, 震央距離(D)에 대한 p파 走行時間—震央距離/6.3($T - D/6.3$)을 도시하면, 走時曲線은 대체로 4개의 회귀직선(그림 3의 L-1~L-4)으로 近似할 수 있음을 알 수 있다. 여기서 주어진 震央距離 범위내에서 각 회귀직선은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

- 0~25km; $T = D/5.47$
- 25~110km; $T = D/6.00 + 0.34$
- 110~150km; $T = D/6.64 + 2.17$
- 150~210km; $T = D/7.71 + 5.44$

또한 그림 2에 도시한 $T_p - T_{s-p}$ 의 관계로부터, 震央距離를 수개의 區間으로 나누어 V_p/V_s 를 계산하면 다음과 같다.

- 0~25km; $V_p/V_s = 1.693$
- 25~110km; $V_p/V_s = 1.728$
- 110~210km; $V_p/V_s = 1.780$
- 0~210km; $V_p/V_s = 1.735$

위에서 얻은 走時曲線에 대한 회귀직선들로부터 個個의 層의 두께 및 p파 속도를, 또한 V_p/V_s 의 比를 이

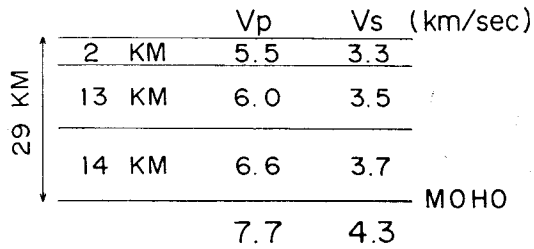


Fig. 4 Crustal structure.

용하여 대응되는 s파속도를 계산하여 얻은 地殼構造 모델을 그림 4에 제시한다.

그림 4에 도시한 地殼構造 모델에서, 제 1층은 지표의 복잡한 암상분포에 대응되는 완전내지 부분적으로 풍화된 지층으로서, 그 속도는 이러한 층의 평균적인 값으로 볼 수 있다. 또한 제 2층 및 3층은 각각 화강암질의 上部地殼과 현무암질의 下部地殼에 대응되는 것으로 해석할 수 있다. 한편, 위에서 계산된 V_p/V_s 의 평균치는 1.735 정도로서, $\lambda = \mu$ 인 彈性體의 값과 거의 일치하며, 이 比는 대체로 지표에서 아랫쪽으로 갈수록 증가한다. 주목할만한 사실은, 이 지역의 V_p/V_s 가 日本地域에서 얻어진 값(Hashizume, 1970; Okano and Kimura, 1983)에 비하여 약간 크다는 점이다. 이 사실은 이 지역내의 地殼 및 上部맨틀이 비교적 軟性이 크다는 것을 암시하며, 일종의 파괴현상으로 볼 수 있는 地震發生의 어려움을 의미할런지 모른다.

위에서는 地震波速度가 層內에서 일정한 4개의 수평層으로 구성된 地殼構造 모델을 제안하였다. 다음으로 地震波速度가 지표에서 지구중심쪽으로 갈수록 연속적으로 증가하는 速度構造 모델에 대하여 생각하여 보기로 하자. 震源이 지표에 있을때 震央距離가 클수록 地震波線(seismic ray)에 대한 最深點(vertex or deepest point)의 깊이는 일반적으로 증가한다. 다시 말하면, 傳播距離가 먼 地震波일수록 더 깊은 곳을 통과하게 된다. 이때 震央距離 D는 다음 식과 같이 最深點($r = r_m$)에서 지표($r = r_0$)까지의 적분형으로 나타낼 수 있다.

$$D = 2 \int_{r_m}^{r_0} \frac{p dr}{r \sqrt{(r/v)^2 - p^2}} \tag{4}$$

여기서

- r : 지구중심으로 부터의 거리
- v : 지진파 속도

p : 지진파선 상수(ray parameter)

이 적분방정식의 해는 Herglotz에 의해 얻어져 Wiechert에 의해 개량되어, 지구내부의 速度構造 연구에 사용되어 왔으며 Herglotz-Wiechert 법이라 불린다(Utsu, 1977). 즉 (4)식에 대한 解는 다음과 같다.

$$\ln \frac{r_0}{r_m} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\Delta} \cosh^{-1} \frac{\bar{V}_{\Delta}}{\bar{V}_x} dx \quad (5)$$

단 \bar{V}_x : 진앙거리 x 에 있어서의 겉보기 속도

\bar{V}_{Δ} : 진앙거리 Δ 에 있어서의 겉보기 속도

여기서 最深點 r_m 에서의 속도 V_m 은 또한 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$V_m = \frac{r_m}{r_0} \bar{V}_{\Delta} \quad (6)$$

따라서 震央距離를 변화시키며 (5)식의 右邊에 대한 적분치를 계산하여 대응되는 r_m 이 얻어지며, (6)식으로 부터 $r=r_m$ 에서의 속도가 결정된다. 이 방법을 적용하기 위해서는 몇가지의 조건이 필요하다. 즉 앞에서 지적한바와 같이 震源이 지표에 있으며 V 가 r 만의 함수인 $V=f(r)$ 로 나타나야 한다. 또한 $\cosh^{-1} X$ 라는 함수는 $X > 1$ 로 정의되므로 $\bar{V}_x < \bar{V}_{\Delta}$ 이 성립되어야 하며, $\frac{dV}{dr} < \frac{V}{r}$ 라는 조건이 또한 필수적이다(Utsu, 1977).

위에 서술한 Herglotz-Wiechert법에 의하여 地下速度構造를 얻기 위하여, 먼저 p 파의 走行時間 T 를 震央距離 Δ 의 함수로 나타낼 필요가 있다. 여기서는 資料의 質을 참조하여 다음에 주어진 조건아래에서 $T=f(\Delta)$ 를 아래와 같은 형태의 식으로 근사하였다.

$$T = a_0 + a_1 \Delta + a_2 \Delta^2 + \dots + a_5 \Delta^5 \quad (7)$$

$$\Sigma (T_c - T_0)^2 \rightarrow \min \quad (8)$$

단 T_c : 주행시간의 계산치

T_0 : 주행시간의 관측치

여기서 지적하지 않으면 안될 것은 $|T_0 - T_c| > 0.15 \text{ sec}$ (관측치의 오차범위)인 자료는 近似多項式의 계수를 결정하는데 있어서 제외되었다는 점과, 大局性을 잃지 않는 범위내에서 관측치를 만족시키기 위해서는 5차 多項式이 가장 적절하다는 사실이다. 관측치 및 近似曲線은 그림 5에 도시한 바와 같으며, 5차 近似多項式

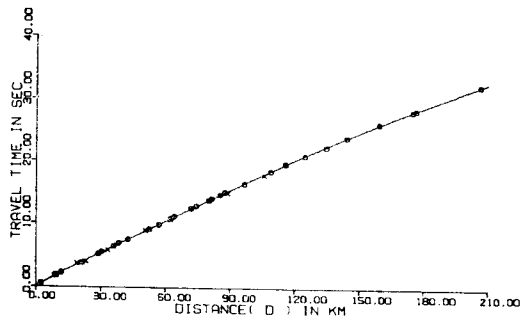


Fig. 5 Travel time-distance plots and travel time curve expressed as a polynomial function of 5-th degree. The data marked by the cross are rejected in the process of approximations.

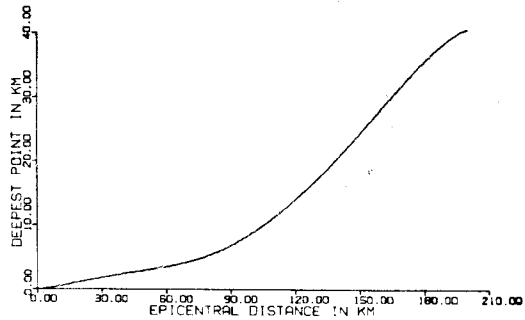


Fig. 6 The depth of the deepest point to epicentral distance.

의 계수는 아래와 같다.

$$a_0 = 0.8283080 \times 10^{-1}$$

$$a_1 = 0.1802317 \times 10^0$$

$$a_2 = -0.2863645 \times 10^{-3}$$

$$a_3 = 0.3545371 \times 10^{-5}$$

$$a_4 = -0.2207857 \times 10^{-7}$$

$$a_5 = 0.4276043 \times 10^{-10}$$

震央距離 0~200km에 대하여 식 (5)와 (6)으로 부터 얻어진 震央距離-最深點의 관계를 그림 6에 도시하였으며, 대체로 震央距離 90km를 경계로 하여 最深點의 깊이는 急增하며 180km부근에서 약간 감소하는 것이 특징적이다. 그림 7에 人工地震 資料를 이용하여 본 연구에서 얻은 速度分布(A-1, A-2)와 韓半島內에서 발생한 自然地震 자료로 부터 얻은 速度分布(B-1, B-2, C)를 도시한다. 速度分布 A-1은 地下構造가

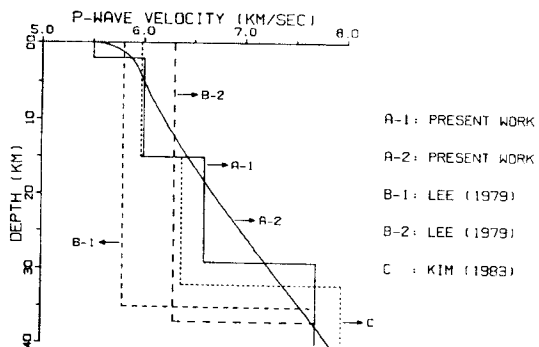


Fig. 7 Seismic wave velocity profiles obtained from natural earthquakes and explosions. A-1 and A-2 represent profiles obtained by multiple horizontal layers of constant velocity and by Herglotz-Wiechert method, respectively. The difference between profiles B-1 and B-2 is originated from the assumed hypocentral depth of used earthquakes.

일정속도를 갖는 수개의 수평층으로 구성되어 있다고 가정할 경우의 것이며, A-2는 Herglotz-Wiechert의 방법으로 계산한 결과이다. 속도분포 A-1은 自然地震資料로부터 얻어진 속도분포 B 및 C와 비교하여 부분적으로 일치하지만 전반적으로 다른 양상을 보여준다. Brune (1969)에 의하면 安定大陸의 上部맨틀의 地震波速度 즉 p_n 速度는 대략 8.2~8.4km/sec이며, 비교적 활동적인 지역의 값은 7.4~7.8km/sec의 범위에 들어간다. 따라서 여기서 얻어진 p_n 速度 7.7km/sec는 韓半島의 地殼構造적 위치를 고려할 때 기대이상으로 작은 값이라 할 수 있으며, 이것은 韓半島 東南部地域의 高熱流(金性均, 1984) 또는 上部맨틀 構成物質의 異常과 관련이 있을지 모른다.

結論 및 展望

韓國動力資源研究所가 1982~1984년에 걸쳐 韓國 南部地域에 전개한 微少地震 관측망이 검출한 地震記錄을 검토한 결과, 그들중 일부가 人工發破에 의한 振動으로 확인되었다. 본 논문은 이러한 人工地震記錄으로부터 얻은 距離- p 파 走行時間 자료를 분석하여, 韓國 南部地域에 대한 地殼構造모델을 제안한다. 地殼을 地震波速度가 일정한 수개의 수평층으로 가정하여 계산한 각각의 層의 두께와 p 파 및 s 파速度(V_p, V_s)는 다음과 같다.

1st Layer (Surface); 0~2km, $V_p=5.5$ km/sec,
 $V_s=3.3$ km/sec

2nd Layer (Upper Crust); 2~15km, $V_p=6.0$ km/sec,
 $V_s=3.5$ km/sec

3rd Layer (Lower Crust); 15~29km, $V_p=6.6$ km/sec,
 $V_s=3.7$ km/sec

4th Layer (Upper Mantle); 29km~, $V_p=7.7$ km/sec,
 $V_s=4.3$ km/sec

여기서 주목할 만한 사실은 地殼의 두께(29km) 및 p_n 速度(7.7km/sec)는 安定大陸에 대한 평균치에 비하여 상대적으로 작다는 것이며, 이것은 韓國 東南部地域의 高熱流 또는 上部맨틀 構成物質의 異常을 시사할런지 모른다.

한편, p 파 到達時刻-初期微動계속시간의 관계로부터 계산된 V_p/V_s 의 평균치는 1.735정도로써 $\lambda=\mu$ 인 彈性體의 값과 거의 일치하며, 그 비는 地表로부터 깊이에 따라 약간씩 증가한다. 이 지역에서 계산된 V_p/V_s 는 인접 日本列島の 값에 비하여 약간 큰 편이며, 이것은 이 지역의 地殼 및 上部맨틀의 軟성이 상대적으로 커서 地震發生이 어려움을 암시한다.

현재 韓半島내에서 발생하는 地震의 震央地 및 發生深度를 비롯한 地震要素 결정에는 日本의 標準走時表를 잠정적으로 사용하고 있으며, 地震要素의 결정오차를 줄이기 위해서는 韓半島의 地殼構造에 맞는 走時表의 작성이 요청되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 위에 제시한 地殼構造 모델과는 별개로, 距離- p 파 走行時間의 관계에 대한 近似多項式에 Herglotz-Wiechert의 방법을 적용하여 地震波 速度가 지표로부터 깊이에 따라 연속적으로 증가하는 速度構造를 또한 계산하였다. 이 速度構造는 지표면 아래 약 40km까지 주어지며, 그 이하에 가장 널리 사용되고 있는 Jeffreys-Bullen의 速度構造(Jeffreys and Bullen, 1948)를 적당히 접속시킴으로서 이 지역에 적절한 走時表를 작성할 수 있을 것이다. 韓半島의 重力異常 자료의 분석을 통하여 얻어진 地殼構造(Kim, S.K., 1979)를 참조할때, 韓國 南部地域에 대한 走時表는 인접지역에서도 사용가능할 것으로 판단된다. 따라서 앞으로 작성될 走時表는 추가의 자료에 의하여 수정, 개선될때까지 임시로 사용할 수 있으리라 생각되며, 현재 사용되고 있는 走時表보다는 地震要素의 결정오차를 좀더 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

參 考 文 獻

- 金尙照 · 金昭九(1983) 地震波를 利用한 南韓의 地殼構造 研究. 鑛山地質, 第16卷, 1號, p. 51-61.
- 金性均(1984) 韓半島 地熱流量에 對한 若干의 考察. 鑛山地質, 第17卷, 2號, p. 109-114.
- 金性均 · 趙東行 · 鄭富興(1985) 韓半島 西南地域의 微少地震活動. 國土基本地質調查研究, 韓國動力資源研究所 p. 89-130.
- 金楨浩 · 梁承珍 · 全明純 · 鄭富興(1983) 韓國의 統計的 地震危險度分布 및 微震에 關한 研究. 國土利用地質調查研究. 韓國動力資源研究所, p. 239-292.
- 趙東行 · 金性均 · 全明純 · 鄭富興(1984) 韓國原子力發電所 敷地 G값의 意味 및 慶尙盆也의 地震活動. 國土利用地質調查研究, 韓國動力資源研究所, p. 181-277.
- Aki, K. (1965) Accuracy of origin time, epicentre and focal depth of local earthquake determined routinely by the Japan Meteorological Agency. Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ., v. 43, p. 23-38.
- Brune, J.N. (1969) Surface waves and crustal structure in the earth's crust and upper mantle: In Hart, P.J. (ed.) Geophysical Monograph 13, American Geophysical Union.

- Hashizume, M. (1970) Investigation of microearthquakes-On the nature of the crust. Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., v. 20, p. 53-64.
- Jeffreys, H. and K.E. Bullen (1948) Seismological tables. British Association for the Advancement of Science, Gray Milne Trust.
- Kim, S.K. (1979) Geodetic and geophysical analyses of gravity data in Korea. Journ. Korean Inst. Mining Geol., v. 12, p. 17-28.
- Lee, K.H. (1979) On the crustal structure of the Korean Peninsula. Journ. Geol. Soc. Korea, v. 15, p. 253-258.
- Okano, K. and Kimura, S. (1983) The ratio of compressional to shear wave velocities and its relation to the seismic activity in Central Shikoku, Japan. Zisin (Journ. Seis. Soc. Japan), v. 36, p. 431-437 (in Japanese).
- The Research Group for the Travel Time Curve (1967) Travel time curve of near earthquakes in Japan area and some related problems. 1. Procedures and preliminary results. Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ., v. 45, p. 625-656.
- Utsu, T. (1977) Seismology. Kyoritsussuppan, Tokyo, 286p. (in Japanese).
- Wadati, K. (1933) On the travel time of earthquake waves (Part II). Geophys. Mag., v. 7, p. 101-111.