爆破地震動観測資料による南関東の地殻構造

東京大学地震研究所 浅野周三・一ノ瀬洋一郎

地質調査所 長 谷 川 功

東海大学海洋学部 飯 塚 進

防災科学技術センター 鈴 木 宏 芳

(昭和 53 年 12 月 18 日受理)

Crustal Structure in the Southern Kanto District as Derived from Explosion Seismic Data

Shuzo ASANO and Yoichiro ICHINOSE

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Isao HASEGAWA

Geological Survey of Japan

Susumu IIZUKA

Faculty of Marine Science and Technology, Tokai University

Hiroyoshi SUZUKI

National Center for Disaster Prevention Research

(Received December 18, 1978)

In the southern Kanto district, the experiments to detect precursory change in velocity of seismic waves by means of explosion seismic method have been repeated under the earthquake prediction research project since 1968. These explosion seismic data supply good materials to obtain information on the crustal structure in the area although the distribution of observation sites is not suitable for the crustal studies. The shot points are Izu Oshima and Tateyama in the Boso Peninsula. Because of charge size and the distance of observation stations from the shot points, the information on the depth of the Mohorovičić discontinuity and Pn velocity could not be obtained.

The features of crustal structure derived from these data in addition to the existing explosion seismic data are as follows:

- 1) In the Boso Peninsula, thick surface layers with low velocities such as 2.5, 4.5 km/s are present above the layer with a velocity of 5.6 km/s.
- 2) Between Izu Oshima and the Boso Peninsula, there is a possibility to have a lateral change of structure. In this paper, it is assumed that this change takes place beneath the fault as indicated in the sea bottom topography, that is, the layer with a velocity of 5.6 km/s on the east side contacts with the layer with a velocity of 6.0 km/s beneath this place.

3) Beneath the Boso Peninsula, the layer with a velocity of 5.6 km/s exists directly above the layer with a velocity of 6.9 km/s, that is, the layer with a velocity of 6.0 km/s is missing or very thin if exists.

4) Near Nagasa in the central part of southern Boso Peninsula, there is an offset in the upper boundaries of layers with a velocity of 5.6 and 6.9 km/s.

5) In the area of Izu Oshima and the Izu Peninsula, the layer with a velocity of 6.0 km/s is shallow.

6) From both shot points, Izu Oshima and Tateyama, the layer with a velocity of 6.9 km/s becomes shallower toward the Boso Peninsula and Dodaira, while it becomes deeper toward the Izu Peninsula.

7) Near Izu Oshima, the layer with a velocity of 6.9 km/s becomes fairly shallower almost independent of the direction of profiles.

§ 1. 序

地震予知研究計画の下で地質調査所により伊豆大島で地震波速度変化の観測のための爆破が1968年3月に行なわれ現在も継続されている。また、1971年から3年間、南関東の異常地殻変動に関連して、主として房総を含む地域の地震波速度変化の観測を目的として地震研究所により千葉県館山市郊外で爆破が行なわれた。この爆破は伊豆大島の爆破の時期にあわせて行なわれ、これらの爆破による地震動の観測は地質調査所、防災科学技術センター、東海大学、地震研究所などの協同行なわれ南関東における地震波速度変化の観測を強化した。これらの観測資料は地殻構造を求めるのに用いることができる。

南関東、伊豆地域では爆破地震動研究グループによつて銚子爆破、河津・安中・紫雲寺爆破による地震動の観測資料から地殻構造が得られている。河津・安中・紫雲寺測線では特に北部でいわゆる玄武岩質層、約 6.8 km/sec の速度をもつた層が日本の爆破地震動観測で初めて得られている〔堀田他 (1964)〕。一方、中部地方をほぼ南北に横断する渥美・能登測線では玄武岩質層が欠けるか、あつても極めて薄い構造が求められている〔AOKI *et al.* (1972)〕。もちろん、これらの測線はかなり離れており、その間に Fossa Magna が存在し、構造のかんりの変化が予想される。しかし、大島、館山爆破の観測資料は伊豆から中部への資料を含んでおり、大局的な構造の情報を与えるものであり、これが両測線の構造と大きく矛盾しないことが望ましい。また、房総半島ではわが国で初めて地殻構造研究のために爆破孔を作孔して行なつた銚子爆破による構造があり、1971年には、伊豆大島・館山爆破による地震動を房総南部で観測して地殻構造を求めた〔爆破地震動研究グループ (1974)〕。

本論文では、地震波速度変化の研究、微小地震の震源決定などのために、地震波速度変化の観測のために得られた資料、爆破地震動研究グループの資料などから南関東の大局的な地殻構造を求めた。

Cross mark: shot point. In addition to Oshima and Tateyama shot points, the shot point in Choshi profile is also shown.

Solid circle } : temporary stations for observation of change in velocity of seismic
Small open circle } : waves.

Small solid circle: temporary observation stations for crustal studies. Those by Research Group for Explosion Seismology are also included.

Open circle: permanent stations of Dodaira Microearthquake Observatory.
Open triangle: observation stations in Choshi profile by Research Group for Explosion Seismology.

§ 2. 觀測資料

§ 2. 觀測資料

Fig. 1 には、大島・館山両爆破の爆破点、観測点を示してある。地震波速度変化の観測点の他に、爆破地震動研究グループによる房総の観測点、銚子爆破の爆破点、観測点；地震研究所堂平微小地震観測所の観測点、富士川地殻変動観測所、その他の臨時観測点も示されている。爆破は伊豆大島では 500 kg、館山では 800 kg の火薬を 2 本の爆破孔につめて行なつた〔地震波速度変化研究グループ (1975)、浅野周三他 (1976)〕。伊豆大島からは北東方向（房総方向）、北方向（大山、堂平方向）、北西方向（伊豆方向）に観測点が存在し、館山からも、ほぼ 3 方向に並んでいる。Table 1 には観測点の緯度、経度、高度が示されている。爆破地震動研究グループの観測点などの資料については省略してある。

この実験は、元来、地震波速度変化をみるために実施されたので、大部分の記録は良好である。爆破が毎年繰返して行なわれ、記録の再現性がよいので、或る年の記録が悪くても他の年

Table 1. Coordinates of shot and observation points for Oshima and Tateyama explosions

Observation point	Station code	Longitude	Latitude	Elevation
Oshima*		139°21'56'' E	34°47'40'' N	<5m
Tateyama*		139 54 34	34 56 44	110
Okuno	OKN	139 04 14	34 55 55	140
Ukihashi	UKH	138 59 59	35 01 02	230
Fujigawa	FUJ	138 28 19	35 13 54	125
Oshiro	OSR	138 23 01	35 19 39	500
Kamiinako	KMI	138 31 58	35 15 48	210
Narada	NRD	138 18 10	35 34 00	750
Isehara	ISH	139 16 06	35 26 10	260
Miyagase	MYG	139 13 49	35 31 02	300
Motojuku	MTJ	139 08 43	35 43 42	420
Ubukawa	UBK	139 06 46	35 57 18	520
Takeyama	TKE	139 40 01	35 13 01	112
Tateyama	TTY	139 50 53	34 58 15	~30
Hata	HAT	139 54 32	34 56 08	110
Masaki	MSK	139 52 30	35 01 27	~20
Shimotakita	STK	139 54 18	35 02 49	50
Masuma	MSM	139 55 25	35 03 37	70
Oi	OI	139 59 51	35 05 36	30
Nagasa	NGS	140 01 59	35 06 31	140
Yuya	YYA	140 06 15	35 08 14	30
Tsurumai	TRM	140 11 17	35 22 25	80
Oshima	OSM	139 21 56 **	34 47 40 **	<5
Oyama ⁺	OYM	139 14 35	35 25 12	600
Shiroyama ⁺	SRY	139 16 27	35 36 30	254
Dodaira ⁺	DDR	139 11 36	35 59 54	800
Tsukuba ⁺	TSK	140 06 35	36 12 39	280
Kiyosumi ⁺	KYS	140 08 54	35 11 52	180

* Shot point.

**The coordinates of the shot point are used since the difference of distance is not significant.

⁺ These belong to Dodaira Microearthquake Observatory, Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

の良い記録を用いることができ、かつ、初動部分を重ね合わせることによつて読み取りの信頼度を高めることができる。従つて初動の読み取り精度は極めてよい。ただし、爆破方法と爆破点の地質によると推測されるが、相対的に大島爆破による地震動は、館山爆破に比べて数倍大きく、SN 比にも影響している。Table 2 には走時表が与えられている。Figs. 2, 3 には、それぞれ大島、館山爆破の地震波速度変化観測の観測点より得られた record section を示す。

§ 3. 地殻構造

Table 2 に示された大島、館山両爆破の観測資料；爆破地震動研究グループによる銚子爆破、大島、館山爆破の観測資料を用いて、南関東の地殻構造を求める。

Table 2. Travel time data in Oshima and Tateyama explosions

Observation point	Oshima explosion			Tateyama explosion		
	Distance	<i>P-O</i> *	<i>P-O-Δ/6</i>	Distance	<i>P-O</i>	<i>P-O-Δ/6</i>
OKN	31.06km	6.41 ^s + A**	1.23 ^s	76.66km	14.62 ^s + B	1.84 ^s
UKH	41.69	8.27 + A	1.32	83.45	15.81 -	1.90
FUJ	94.91	17.18 + D	1.36	—	—	—
OSR	107.35	18.93 + C	1.04	—	—	—
KMI	92.11	16.38 + A	1.03	130.38	22.84 + B	1.11
NRD	129.28	22.22 +	0.67	—	—	—
ISH	71.89	13.67 + A	1.69	79.83	16.14 + D	2.83
					16.27 -	2.96
MYG	81.31	14.94 + A	1.39	88.58	17.28 -	2.52
MTJ	105.58	18.26 + B	0.66	111.36	20.26 + C	1.70
UBK	130.80	22.30 + B	0.50	—	—	—
TKE	54.36	11.84 + B	2.78	37.37	10.46 + C	4.23
TTY	48.26	10.43	2.39	—	—	—
HAT	52.09	11.19 + B	2.51	—	—	—
MSK	53.17	11.43 - B	2.57	—	—	—
STK	56.68	12.20 + B	2.75	11.23	4.44 + A	2.57
MSM	59.01	12.58 + A	2.74	—	—	—
OI	—	—	—	18.27	6.13 + B	3.08
NGS	70.37	13.91 + A	2.18	21.33	6.92 + A	3.36
YYA	77.43	14.63 + D	1.72	27.61	8.27 + A	3.67
		14.76 -	1.85			
TRM	98.77	18.32 +	1.86	53.85	13.01 + D	4.03
					13.73 -	4.75
OSM	—	—	—	52.47	11.46 + B	2.72
OYM	70.31	13.49 + A	1.77	80.36	16.25 + C	2.86
SRY	90.68	16.42 + B	1.31	93.54	18.87 + D	3.28
DDR	134.49	22.86 -	0.44	133.67	23.50 +	1.21
TSK	171.04	27.50 +	-1.01	141.56	25.16 +	1.51
KYS	84.30	15.80 - D	1.75	35.46	9.92 - C	4.01

* *O*: Shot time

** 6.41^s + A means that the travel time is 6.41^s, the direction of ground motion at the onset is upward and the rank of identification is A. Identification of first arrivals is classified by taking clarity of onset and time accuracy into account as follows:

A: very clear, B: clear, C: fairly clear, D: accuracy of identification worse than 0.1 sec or doubtful onset.

The mark 「 shows that signals are recognized after this time, that is, signals must arrive earlier than this time.

房総方向

先ず、房総半島の構造を求めるために、館山、銚子爆破の資料を正逆測線の資料として用いる。Fig. 1 に示されるように、この 2 測線は、ほぼ平行であるが約 10 km 離れており厳密には正逆測線ではない。しかし房総の地質構造の走向がほぼ東西で、2 測線がほぼ同じ角度で走っているため、対応する走時曲線を組合せて真の速度を求めても大きな誤差が生ずるとは考え

Fig. 2. Record section obtained at temporary observation stations in Oshima explosion.

られない。Fig. 4 は館山および銚子爆破の資料による走時図である。銚子爆破の資料からは、爆破地震動研究グループによつて表層付近を除いて 4.88, 5.60 km/s の速度が得られているが、ここでは、これにとらわれず、館山爆破の走時図を考慮してひいた走時曲線が Fig. 4 に示され走時の式は次の通りである。

館山爆破

$$T_1(s) = 1.88 + \Delta(\text{km}) / 4.32$$

$$T_2(s) = 3.37 + \Delta(\text{km}) / 5.56$$

銚子爆破

$$T_1' = 1.32 + \Delta(\text{km}) / 4.61$$

$$T_2' = 2.45 + \Delta(\text{km}) / 5.65$$

この館山爆破の走時を解釈するに際し、大島爆破の走時も参照している。すなわち、直線からのずれが大きい観測点は、大島・館山両爆破でずれがほぼ同じになるように走時の線をひいた。上述したように館山、銚子爆破は正逆測線となっていないので、上の走時式の reverse point は合わせていない。館山における各層への深さと層の傾き、真の速度を得るために、上式を用

Fig. 3. Record section obtained at temporary observation stations in Tateyama explosion.

Fig. 4. Reduced travel time plot for Tateyama-Choshi (Yokoshiba) profile.

Identification of first arrivals in Tateyama explosion is classified by taking clarity of onset and time accuracy into account as follows:

A: very clear, B: clear, C: fairly clear, D: accuracy of identification worse than 0.1 sec or doubtful onset.

L: Signals are recognized after this plot, that is, the first arrival is expected to be present earlier than this plot.

Fig. 5. Reduced travel time plot for Oshima and Tateyama explosions.

Classification in identification of first arrivals except for E is the same as given in the caption of Fig. 4. Data designated by E means those derived from observation by other scientists. On the lefthand side of each shot, open marks show data along Oshima-Izu Peninsula profile and solid marks show those along Oshima-Dodaira profile.

いと、館山での第2層の厚さ: 2.84 km, 第2層の上面の傾斜: -1.26° , 第2層の真の速度: 4.46 km/s, 第3層の厚さ: 4.95 km, 第3層の上面の傾斜: 1.46° , 第3層の真の速度: 5.60 km/s と求まる。

房総における第3層より深部の情報は、館山爆破では不十分で、大島爆破の房総における観測資料より得られる。Fig. 1 にみられるように、館山爆破の爆破点は大島爆破の測線より南にずれており、地震波が同じ構造を通っていない恐れもあるが、現在は資料がないので、一様として解析した。Fig. 5 には館山、大島爆破の走時図が爆破点で観測点を東西に分けて示されている。Fig. 5 より大島爆破の房総における走時は、fluctuation が大きく、かなり複雑なことがわかる。前述したように、2つの爆破の走時の fluctuation の相関がかなりよいので、表層の effect と考え、図に示されるような直線をひいた。この直線は

$$T_3 = 4.00 + 4/7.20$$

となる。 T_3 が初動として現われるのは 60~70 km の距離であり、極めて近くから 7 km/s をこえる見掛け速度が得られ南関東の地殻構造の特徴を示している。

館山 (TTY)―増間 (MSM) の近距離の点は

$$T_2 = 1.25 + 4/5.22$$

の線にのる。 T_2 , T_3 の間には 0.4 s 近い offset があり、構造の offset の存在が推測される。

大島爆破の T_3 を参照して館山爆破の筑波の観測をみると、筑波では他の観測点より速いことを考慮して T_3 をひくことは可能である。この T_3 がどの層によるかは問題である。いわゆる花崗岩質層の傾斜によるとすれば傾斜が大きくなり上層にぶつかるという不都合を生ずる。

従つて房総では 6 km/s の層が欠けているか、あつてもかなり薄い、そして 5.6 km/s 層の下に 6.8 km/s 前後の速度の玄武岩質層が存在し T_3 の見掛速度を与えると考えざるを得ない。

そこで他の方向で 6 km/s の見掛速度が出ていないかと Fig. 5 をみると、大島爆破の西方、奥野 (OKN)、浮橋 (UKH) などの資料が 6 km/s の見掛速度を与える。大島爆破では、大島で田中ら (1969) の観測があり、その資料と今回の資料を組合せると大島から伊豆へかけての構造が求められる。表層の速度は 2.0 km/s として

$$T_1^{\circ W} = 0.48 + d/3.91$$

$$T_2^{\circ W} = 1.25 + d/6.00$$

なる観測より得られた走時をもとに、平行層の仮定で大島での厚さを求めると 2.0 km/s 層が 0.56 km, 3.91 km/s 層が 1.86 km となる。

上述のように房総半島南部では 5.6 km/s 層の下に玄武岩質層が直接存在するとみなす方がよい。この玄武岩質層の速度は今回の資料からは余りよく求められないが、仮に大島西方 (OKN—KMI) と大島東方 (房総方面) の測線を split profile とみなすと 6.9 km/s の速度が得られる。この値は、紫雲寺、河津爆破 [堀田他 (1964)] で得られた 6.8 km/s に近い。房総での玄武岩質層の傾斜を余り大きくしないためにも、大きい値が都合がよいので、本論文では一様に 6.9 km/s とした。走時の式

$$T_3 = 5.43 + d/7.17$$

より傾斜は 3.46° となる。また、仮に館山、銚子爆破よりの浅部構造が存在するとすれば、6.9 km/s 層の上面の館山における深さは 15.43 km と求められる。

大島爆破の房総における観測で、 T_2 、 T_3 の間に存在する offset は 5.6 km/s 層と 6.9 km/s 層の上面に存在する offset によるとした。offset を 2 層に分けたのは、一方だけにすると offset が大きくなりすぎ、層が pinch out するからにすぎない。

以上のように走時図から推定されることを出発点として大島、館山爆破の房総における観測を説明するために、大島から房総へかけての構造を求めると Fig. 6 のようになる。O—C は大部分 0.1 s 以内である。このモデルの特徴を要約すると、館山付近では 5.6 km/s 層の上に、

Fig. 6. Crustal structure derived for Oshima-Boso Peninsula profile.

2.5, 4.5 km/s の速度をもつ層がかなり厚く存在すること, 6.9 km/s 層は館山付近で最も深くなり (約 14 km), 大島方向, 東方に向つて浅くなる, 特に大島へ向つては浅くなる (大島の下では約 9 km) こと, 房総では 5.6 km/s 層の下に 6.9 km/s 層が存在する, 或は 6.0 km/s 層が欠けていること, 5.6 km/s 層は相模湾の断層的な海底地形の下付近で 6.0 km/s 層と接していること (これは断層的な海底地形を考慮したものであるが, 十分な観測資料はない), 5.6 km/s 層, 6.9 km/s 層の上面が長狭 (NGS) 付近で約 1 km 浅くなっていることなどである. なお, 館山爆破では地震波の通る経路が大島爆破の時と異なるので, 館山爆破の資料のみより考えると, 館山爆破の測線方向では 6.9 km/s 層の上の境界面の offset はやや大きく, かつ, 館山の爆破点へむけて境界面が深くなる傾向がある. また, 横瀬 (YKS), 市の郷 (ICN) の間には地表面に 2.5 km/s より低速度の層が図示されているように存在すると考えられる.

房総半島の地質は, はば東西の走向をもっているが, 観測点, 爆破点の密度が十分でないので表面地質との対応はよくない. しかし, 長狭付近には嶺岡層という玄武岩を主とする地層が露出しているので, 長狭付近で 5.6 km/s 層, 6.9 km/s 層に offset が存在することと対応しているといえる.

伊豆方向, 大山・堂平方向

次に大島, 館山爆破の伊豆方向, 大山 (OYM)・堂平 (DDR) 方向の構造を求める. Fig. 1, Fig. 5 より, この方向では近距離の観測がほとんどないので, 大局的な構造が求まれば十分である. この方向でも, 大島, 館山爆破による地震波は異なる所を通るが, 本論文では類似の構造になるようにした. Fig. 5 で特徴的なことは, 爆破点にかかわらず, 大山・堂平方向には 7.4 km/s 以上, 伊豆方向には約 6.5 km/s の見掛速度がみられ, 6.9 km/s 層の上面の傾きが類似していることである. 大島爆破の方が観測点の配置がよく記録もよいこと, 奥野 (OKN), 浮橋 (UKH) で 6 km/s の見掛速度が出ていることなどの理由から, 先に大島爆破の資料を用いて構造を求める.

まず, 北部 (大山・堂平) 方向では, 大島直下では 2.0, 3.91, 6.0 km/s の層が平方層として存在するとして

$$T_3^{\circ N} = 4.00 + 4/7.43$$

の線がひけるので, 真の速度を 6.9 km/s として傾斜を求めると 6.55° になる. 大山・堂平間の観測点は関東山地に存在し, 表層の低速度の層はないか, 薄いと考えられるので, 過去の測線の結果を参照して単に 5.5 km/s 層が 4 km の厚さで一様に存在すると仮定した. 遠方の本宿 (MTJ), 生川 (UBK), 堂平 (DDR) は 6.27 km/s の見掛速度を与えるが, 12.7° の傾斜で 6.9 km/s 層が深くなっているためと解釈した. 一点だけではあるが館山爆破においても

Fig. 7. Crustal structure in Oshima-Dodaira profile (the lower figure) and in Tateyama-Dodaira profile (the upper one).

堂平は同じ傾向を示している。Fig. 7 下図には観測値を説明するためのモデルの例を示した。このモデルでも大島へ向つて 6.9 km/s の上の境界面がかなり急激（モデルでは 10° としたが、他の方向の傾向からみて大島の近くでは更に急に浅くなる）に浅くなっている。また、6.9 km/s 層が北に深くなる傾向は 139°E に沿う測線で求められた構造〔堀田他 (1964)〕の傾向と類似している。

次に、館山爆破による大山・堂平間の構造を、上に求めた大島爆破による構造と調和するように求める。Fig. 5 に示されるように、伊勢原 (ISH)，大山 (OYM)，宮ヶ瀬 (MYG)，本宿 (MTJ) の走時は

$$T_3^{TN} = 5.78 + 4/7.69$$

なる線を与える。館山爆破点下の構造は、北東方向の構造と同じとして、上の見掛速度を 6.9 km/s 層が与えるための傾斜は 8.76° となる。この傾斜では館山での深さが大きくなりすぎる、館山で浅くすると遠方では浅くなりすぎるという不都合を生ずるので、他の方向の館山の下の深さを考慮して途中から 6° の傾斜で館山へ向つて浅くなるとして観測値を説明した。6.9 km/s 層が最も深くなるのは距離約 50 km の下であり 20 km に達する。前述のように堂平 (DDR) は T_3^{TN} の線よりおくれるが、大島測線と同じ傾向である。仮に 6.5 km/s の線に堂平がのつているとすると 6.9 km/s 層の傾斜は 7.0° と求まる。大山・堂平の 6.9 km/s 層の傾斜は 8.8° と求められ、大島爆破からは 6.6° と求められたが、この差は測線の位置の違いと考えられる。館山方向の構造の傾斜が急であるのは基盤の傾向からも想像される。また、武山

Fig. 8. Crustal structure in Oshima-Izu Peninsula profile (the lower figure) and in Tateyama-Izu Peninsula profile (the upper one).

(TKE) は館山爆破の正木 (MSK), 増間 (MSM) 方向と同様の構造で説明されるが, 表面に低速度の層の存在が推定される。

次に大島から伊豆方向へかけての構造を求める。すでに述べた T_1^{OW} , T_2^{OW} に加えて Fig. 5 の走時図に示されるように

$$T_3^{OW} = 2.37 + \Delta/6.53$$

なる線がひける。6.93 km/s 層の傾きによるとすると 6.35° と求まる。奥野, 浮橋の浅部構造には大島とこの2点によるものをそのまま仮定し, 上稲子 (KMI), 大城 (OSR), 奈良田 (NRD) の浅部構造には, 堂平方向と同様, 5.5 km/s 層が 4 km の厚さで存在すると仮定した。走時を説明する構造の1つのモデルを示すと Fig. 8 の下図のようになる。6.9 km/s 層の上面は奥野, 浮橋付近で約 15 km の深さ, 上稲子付近で 20 km をこえる。糸魚川・静岡構造線が存在するが, この傾向は 139°E 線に沿う測線下の構造, 渥美・能登測線の構造 (玄武岩質層がうすい) の傾向と定性的に一致する。 139°E 線に沿う測線の構造と比べると浅いが, 6.9 km/s 層の上面に関しては, 139°E 線の測線の南の端に近く, この差は余り問題にならないと考えられる。

次に館山爆破による上稲子方面の構造について述べる。Fig. 5 に示されるように, 奥野, 浮橋, 上稲子の走時は

$$T_3^{TW} = 2.88 + \Delta/6.52$$

なる直線になる。見掛速度は大島爆破のこの方向の値と同じなので, 6.9 km/s 層上面の傾斜

6.35° で説明できる。観測点下の浅部構造は大島爆破の測線下で仮定したものを、爆破点下のそれは、館山付近のものを仮定し、奥野、浮橋の下での 6.9 km/s 層の上面の深さがほぼ同じになるようにして構造を求めると、Fig. 8 の上図に示されるようになる。観測走時を説明するためには、館山爆破点付近の 6.9 km/s 層の上面の傾きを 16° とかなり大きくする必要がある、館山付近では方向によつて構造がかなり変化していると考えられる。

§ 4. 議 論

求められた南関東の構造について、既存の資料との関係などを述べる。

すでに述べたごとく、今回の資料は房総を除いて地震波速度変化の観測のために得られたので、構造を求めるにはかなり不十分であり、他の解釈の余地は存在する。ただ、速度に関していえば、館山、銚子爆破の資料は正逆測線とみなすことができ、6.9 km/s 層については大島爆破の房総側と伊豆側の資料を split profile として求めている。また、Fig. 5 に示されるように、南関東では小さい距離から 6.5~7.7 km/s の大きい見掛速度が得られるが、6.9 km/s 層の傾斜によつて説明される。ただ、爆破点、観測点が少ないため、表層の情報は不足している。爆破地震動研究グループによる関東付近などの過去の測線の構造を参照して、伊豆方向、大山・堂平方向の遠方では、5.5 km/s 層が 4 km の厚さで一様に存在すると仮定した。伊豆大島、館山からの測線の方向は異なるが、この仮定で観測走時を説明することができた。

房総半島では、すでに述べたように、爆破地震動研究グループによつて 1956 年に銚子爆破が行なわれ、表層付近を除き深さ約 2 km から 4.9 km/s 層が約 2 km の厚さで 5.6 km/s 層の上に存在する構造が得られている〔爆破地震動研究グループ (1958)〕。測線の場所が異なるので層の厚さはかなり違うが、速度は似ており本論文の構造の方が資料もふえているのでよいといえよう。

また、1971 年伊豆大島、館山爆破による地震動を爆破地震動研究グループが長狭 (NGS) 付近から北東への測線で観測して構造を求めた〔爆破地震動研究グループ (1974)〕が、本論文では資料を追加し、かつ、他の方向への構造とも調和するよう改善してある。房総半島南部長狭 (NGS) 付近には、地質図に玄武岩質の嶺岡層群の露頭が示されている。走時にも、この付近で offset がみられ、本論文では 5.6, 6.9 km/s 層の上面の offset で説明した。また、今回観測された走時より、伊豆大島・房総半島間に構造の不連続の存在が推定される。このことは海底地形にも示されているといえる。すなわち、相模トラフの東側には断層的な地形が存在している。本論文では、伊豆大島と伊豆半島は構造的に連続しており、地形が断層的な海底下で 5.6, 6.0 km/s 層が接していると仮定した。

さらに伊豆大島付近では観測走時を説明するためには、どの方向からでも 6.9 km/s 層が浅くなっていることが必要である。このことは、伊豆大島が玄武岩質の火山であることを考えると極めて興味深いことである。

他に、爆破地震動研究グループによる関東西部、東経 139° 線に沿った紫雲寺・河津爆破の測線の構造がある〔堀田他 (1964)〕。この構造では、伊豆に向つて 6.0 km/s 層が厚くなり、 6.8 km/s 層が薄くなつており、 6.8 km/s 層の上面の傾斜は 1.5° である。伊豆は測線の南端で資料は不十分であるが、単純に延長した 6.8 km/s 層の上面の深さは 20 km をこえている。本論文の伊豆方向の測線では、浮橋 (UKH) 付近で 6.9 km/s 層上面の深さは約 15 km であり、北西へ向つて深くなっている。 139°E 線とはほぼ平行の大島から堂平方向では 6.9 km/s 層は北へ向つて浅くなっている。これらの傾向は、 139°E 線の構造の傾向と似ているが傾斜は大きい。

さらに西の中部地方をほぼ南北に縦断した渥美・能登測線下の構造は、 6.0 km/s 層が厚く、玄武岩質層はないか、うすいと求められている〔AOKI *et al.* (1972)〕が、伊豆方向への構造は定性的には調和的である。ただ、Fossa Magna、静岡・糸魚川構造線が介在して複雑に構造が変化している可能性があるので、関係づける意味はうすいとも考えられる。

関東地方のやや大規模の地震探査による構造としては、石油資源開発株式会社の資料を使って石井基裕がまとめた論文がある〔石井基裕 (1962)〕。主として関東平野の基盤を論じた論文であるが、南関東の浅部構造の情報はほとんど含まれていない。基盤の速度は、九十九里浜付近の測線の南西部で $4.6 \sim 4.9 \text{ km/s}$ 、浅部では $1.68, 1.84, 2.10, 2.50 \text{ km/s}$ の層が約 2.5 km の厚さで存在し、北東へ向つて浅くなっている。本論文の浅部構造は、地震探査によるほど詳しくないが、調和的といえる。上記の基盤の速度、関東平野の谷田部、飯能間の測線下のそれは $5.0 \sim 5.8 \text{ km/s}$ とかなりの幅があるが、本論文の房総で得られた値は、どれを基盤とするかによるが矛盾していないといえよう。

§ 5. 結 論

地震波速度変化観測のための大島、館山両爆破による地震動の観測資料から南関東地域の地殻構造を求めた。両爆破点から 3 方向、計 6 方向に対して一応、観測走時を説明できる構造を求めることができた。ここに得られた大局的な構造の特徴についてまとめる。

- 1) 房総半島では、 5.6 km/s 層の上に低速度の層がかなり厚く存在している。
- 2) 大島・房総間では或る種の構造の不連続が存在する可能性があり、本論文では仮に海底地形の断層的な場所の下で 5.6 km/s 層と 6.0 km/s 層が接しているとした。

- 3) 房総半島では 5.6 km/s 層が直接 6.9 km/s 層の上に存在し、6.0 km/s 層はないか、薄い。
- 4) 長狭 (NGS) 付近では、5.6 km/s 層、6.9 km/s 層とも、その上面に offset が存在する可能性がある。
- 5) 大島から伊豆へかけては、6.0 km/s 層は浅い。
- 6) 6.9 km/s 層は、両爆破点から房総方向、堂平方向に浅くなっており、伊豆方向には深くなっている。
- 7) 大島付近では、どの方向からも 6.9 km/s 層がかなり浅くなっている。

本論文で得られた地殻構造は、用いた資料が別の目的の実験によつて得られたもので、地殻構造を求めるのに十分な資料ではないが、南関東の地殻構造の情報は少ないので、この地域の震源決定などに貢献し得ると考える。いうまでもなく、この地殻構造は、微小地震の観測資料、今後の爆破地震動観測資料によつて改善されるのが望ましい。

最後に、貴重な資料を提供された伊豆大島、館山爆破の観測に参加された方々、爆破地震動研究グループの方々に深く感謝致します。

文 献

- AOKI, H., T. TADA, Y. SASAKI, T. OOIDA, I. MURAMATSU, H. SHIMAMURA and I. FURUYA, 1972, Crustal Structure in the Profile across Central Japan as Derived from Explosion Seismic Observations, *J. Phys. Earth*, **20**, 197-224.
- 浅野周三・一ノ瀬洋一郎・是沢定之・長谷川功・飯塚 進・鈴木宏芳, 1976, 館山爆破による南関東の地震波速度変化の観測, 第 509 回地震研究所談話会.
- 爆破地震動研究グループ, 1958, 銚子爆破地震動観測結果報告, 爆破地震動研究グループ会報, **16**号, 10-22,
- 爆破地震動研究グループ, 1974, 大島・館山爆破から得られた房総半島南部の構造, 昭和 49 年度地震学会秋季大会講演予稿集, **49**.
- 堀田 宏・村内必典・宇佐美竜夫・嶋悦三・本谷義信・浅沼俊夫, 1964, 爆破地震動観測による本州中部を南北に横断する測線上の地殻構造 第 2 部 地殻構造, *地震*, **2**, **17**, 201-209.
- 石井基裕, 1962, 関東平野の基盤, *石油技術協会誌*, **27**, 615-640.
- 地震波速度変化研究グループ, 1975, 爆破地震による地震波速度の時間的变化に関する研究, 第 1 部 観測報告, *地質調査所報告*, **254**, 1-33.
- 田中康裕・清野政明・田沢堅太郎・赤羽俊郎, 1969, 伊豆大島の地震波速度と地下構造について, *火山*, **2**, **14**, 84-96.