

## 11. 東京の基盤構造 その3

### 第4回, 第5回夢の島爆破実験による地下深部探査\*

地震研究所	}	嶋	悦	三
		柳	沢	馬
		工	藤	一
		吉	井	敏
東京工業大学		瀬	尾	和
東京都土木技術研究所		黒	羽	公
				明

(昭和53年1月31日受理)

#### 1. はじめに

東京都夢の島における3回の爆破実験ならびに吉川町における爆破実験の結果、東京東部を南北にきる測線での基盤構造が明らかにされた(嶋他, 1976a, 1976b)。これによれば、東京直下でのP波の構造は、第1層( $V_p=1.8$  km/sec)の厚さは1.5 km, 第2層( $V_p=2.8$  km/sec)の厚さは0.8 km, 基盤層のP波速度は5.6 km/secであり、その深度は2.3 kmである。そして基盤は夢の島より埼玉県境にいたる間やや深くなるが、県境で基盤に500 m程度の北上りの段差があり、埼玉県下では、2.0 kmと浅くなり、さらに吉川町の爆破点近傍では、1.2~1.5 km程度と急激に浅くなる。P波で得られた第1層でのS波速度は、地表付近にうすい $V_s=0.58$  km/secの地層が検出されたが、あとは、 $V_s=0.70$  km/secの地層が厚く、かつ安定に存在することが確認された。 $V_s=3.0$  km/secの基盤の上には、 $V_s=1.5$  km/secの層があり、 $V_p=2.8$  km/secの層と対比されるが、このように軟かい地層が厚く存在することは、東京ならびに首都圏がいかに地震に対して弱いかを示している。

得られた結果を活用して、将来東京が大地震におそわれたときに予想される地震動の卓越周期(SHIMA, 1977, 田中・吉沢, 1977)、さらに、発震のからくりのわかっている地震について、この地下構造から期待される理論表面波形と実記録との比較(工藤, 1977)、この構造を考慮に入れた東京附近の地震の震源の再決定(座間, 1977)等、東京の震災対策を考える上に有用な結果も発表された。このような研究から三次元的な地下構造を知ることの重要性が痛感された。

大地震の前にはその震源域を伝わるP波速度が小さくなるといわれている。そこで、この調査の一環として、P波速度の変化を調べている。このような調査が、地震予知研究のための1つの基礎データとなると考えたからである。ところで、このようなP波速度の変

\* 人工地震の観測は、首都圏基盤構造研究グループにより行なわれた。

化には応力のかかり方により方向性があるといわれている(茂木・望月, 1976). 東京直下で, どのような力が加わっているかについては, 現在のところ必ずしも明らかではない. よって, この目的のためには, ただ一方向でのみこの変化を調べるだけでなく, 色々な方向について調べておく必要がある.

このような理由で, さらに詳しい首都圏の基盤構造を解明すると同時に, P 波速度の時間的変化を調べるための観測点を増設する目的をもって, 東京都夢の島を爆破点として, その西方に約 75 km の測線を設定し, ほぼ 2 km おきに 34 地点で人工地震の観測をおこなった. 爆破実験は, 昭和 51 年 11 月 7 日(第 4 回夢の島爆破)と昭和 52 年 3 月 27 日(第 5 回夢の島爆破)の 2 回にわたって実施された. 以下その結果について報告する.

## 2. 爆破地震動の観測結果

爆破地震動の観測には, 1~5 Hz の固有周波数をもつ電磁式地震計を用い, 磁気録音方式で記録した.

爆破点(東京都夢の島 15 号地南端)と観測点の地図を Figure 1 に示す. また, 爆破点, 観測点の位置, 距離および観測者を Table 1 (第 4 回夢の島爆破) および Table 2 (第 5 回夢の島爆破) に示す. 観測点番号は両者に共通である. 第 4 回の夢の島爆破点は前回とほぼ同じ場所であったが, 第 5 回のそれは, 北方に 150 m ずれている. ただし, この 2 回の実験では, 観測が爆破点からほぼ真西に測線をとって実施されているので, 震源距離はほとんど変わっていない. パーカッション方式によりうがった爆破孔の径は 30 cm, 深度

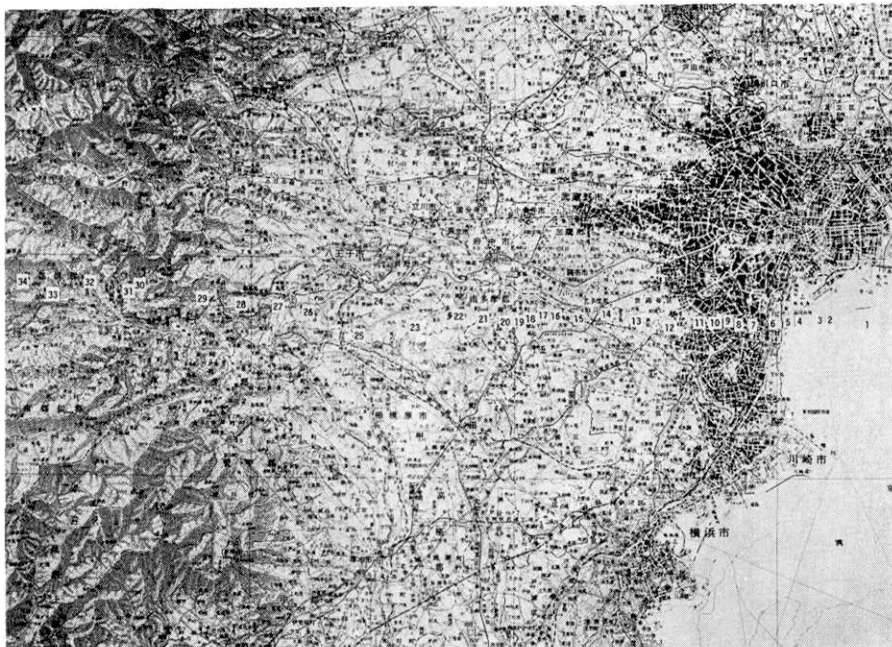


Fig. 1. The map of shot and observation points.

Table 1. Locations of shot and observation points for 4th Yumenoshima Explosion.

爆破時刻 昭和51年11月7日 3時04分59.55秒

観測点 番号	観測点	位 置		距 離 Δ km	観 測 者
		東 経	北 緯		
1	夢の島爆破点	139°50'17.4"	35°36'51.5"	0	大場 (日本物探)
2	鉄鋼埠頭	139°48'14.4"	35°37'18.9"	3.21	星野 (都土木研) 工藤 (震研)
3	フェリー埠頭	139°47'29.1"	35°37'17.5"	4.31	工藤 (震研)
4	船の科学館	139°46'32.9"	35°37'04.1"	5.67	工藤 (震研) 星野・小林 (都土木研)
6	台場小学校	139°44'49.0"	35°37'04.5"	8.28	嶋 (震研) 鈴木 (都土木研)
7	芳水小学校	139°43'39.8"	35°36'56.5"	10.01	遠藤・山本・児玉 (早稲田大)
9	小山台小学校	139°42'22.7"	35°37'10.7"	11.96	長能・阿部 (竹中技研)
10	碑小学校	139°41'37.0"	35°36'57.1"	13.10	小林(喜)・翠川(東工大)
11	都立大学	139°40'33.8"	35°37'03.4"	14.69	瀬尾 (東工大)
12	中町小学校	139°38'47.3"	35°36'50.4"	17.36	小林(啓) (東工大)
13	砧南小学校	139°36'54.0"	35°37'09.8"	20.23	田中・坂上 (震研)
14	狛江第三小学校	139°35'17.2"	35°37'29.6"	22.69	沢田・吉岡・佐々木 (電力研)
15	登戸小学校	139°33'53.8"	35°37'09.8"	24.76	山崎・山口 (東学大) 小口・秋山 (法政大)
18	読売ランド	139°30'54.3"	35°37'22.6"	29.29	一ノ瀬 (震研)
20	稲城第二小学校	139°29'19.9"	35°37'18.9"	31.66	浅野 (震研)
21	稲城病院	139°28'04.5"	35°37'16.3"	33.55	坂 (震研)
22	北永山小学校	139°26'56.3"	35°37'27.1"	35.28	吉井 (震研)
23	府中カントリー	139°24'38.3"	35°38'02.2"	38.74	柳沢・座間 (震研) 黒羽 (都土木研)
24	長 沼	139°22'36.7"	35°37'59.0"	41.84	柳沢・座間 (震研) 黒羽 (都土木研)
25	多摩美大学	139°21'11.2"	35°36'32.1"	43.95	柳沢・座間 (震研) 黒羽 (都土木研)
26	殿 入	139°18'05.0"	35°37'32.7"	48.65	柳沢・座間 (震研) 黒羽 (都土木研)
27	高 尾	139°16'31.9"	35°37'58.4"	51.01	柳沢・座間 (震研) 黒羽 (都土木研)

Table 2. Locations of shot and observation points for 5th Yumenoshima Explosion.

爆破時刻 昭和52年3月27日 2時44分58.93秒

観測点 番号	観 測 点	位 置		距 離 Δ km	観 測 者
		東 経	北 緯		
1	夢の島発破点	139°50'19.9"	35°36'56.6"	0	大場 (日本物探)
5	品川埠頭	139°45'41.2"	35°37'04.3"	6.99	星野・鈴木・小林 (都土木研)
6	台場小学校	139°44'49.0"	35°37'04.5"	8.31	坂上・田中 (震研)
7	芳水小学校	139°43'39.8"	35°36'56.5"	10.07	遠藤・山本・児玉・藤田 (早稲田大)
8	荏原一中学校	139°42'57.9"	35°36'58.3"	11.10	長能・阿部 (竹中技研)
10	碑小学校	139°41'37.0"	35°36'57.1"	13.14	小林 (啓)・翠川・渡入 (東工大)
11	都立大学	139°40'33.8"	35°37'02.4"	14.73	小林 (啓)・小林 (喜) (東工大)
12	中町小学校	139°38'43.6"	35°36'48.0"	17.50	小林 (啓)・瀬尾 (東工大)
14	狛江第三小学校	139°35'15.8"	35°37'29.6"	22.75	沢田 (電力研)
16	東菅小学校	139°32'23.0"	35°37'25.9"	27.09	吉岡・佐々木 (電力研)
17	フルーツパーク	139°31'33.9"	35°37'19.6"	28.32	小口・秋山 (法政大) 山崎・小口 (直) (東学大)
18	読売ランド	139°30'54.3"	35°37'22.6"	29.34	浅野・坂 (震研)
19	読売カントリー	139°30'29.0"	35°37'13.1"	29.95	浅野・坂 (震研)
27	高尾	139°16'31.9"	35°37'58.4"	51.05	黒羽 (都土木研)
28	高尾トンネル	139°14'46.5"	35°37'50.2"	53.67	嶋・座間 (震研)
29	底沢	139°11'20.0"	35°37'56.7"	58.89	吉井 (震研)
30	橋詰 A	139°08'33.4"	35°38'23.8"	63.10	堀江 (東大理) 柳沢・工藤 (震研)
31	橋詰 B	139°08'12.4"	35°38'13.6"	63.62	柳沢・工藤 (震研)
32	小倉	139°05'53.6"	35°38'46.0"	67.15	柳沢・工藤 (震研)
33	桑久保東	139°04'26.6"	35°38'06.5"	69.29	柳沢・工藤 (震研)
34	奥山	139°02'06.2"	35°38'42.9"	72.86	柳沢・工藤 (震研)

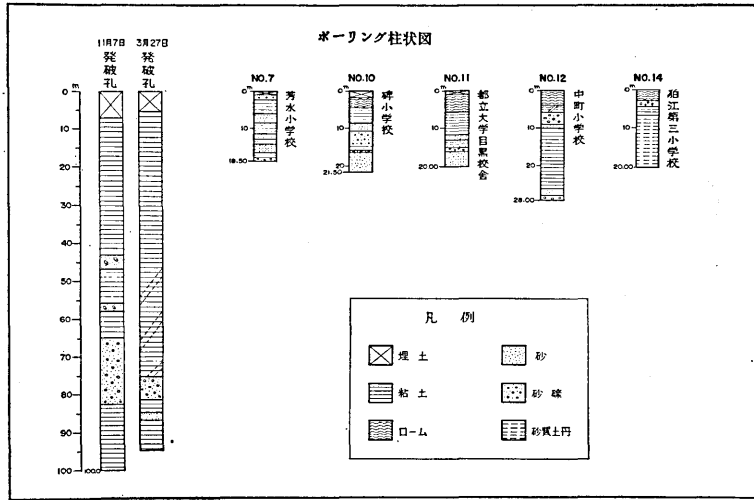


Fig. 2. Geological sections at the shot and observation points.

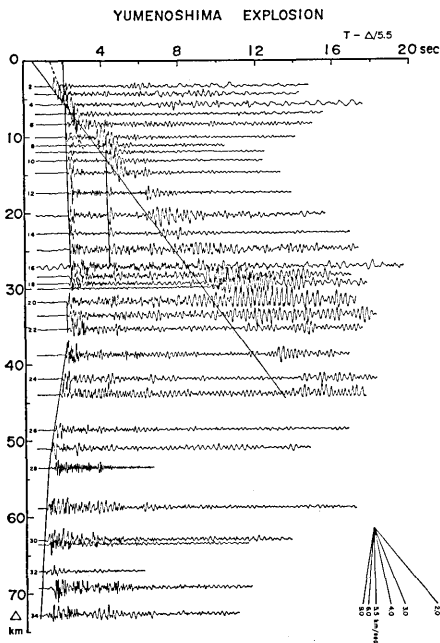


Fig. 3. Seismograms obtained by the 4th and 5th Yumenoshima Explosions (vertical component).

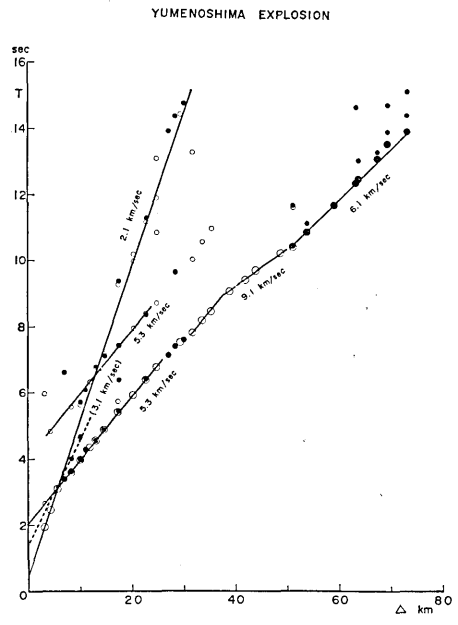


Fig. 4. The travel time graph for P-waves. ○: 4th Yumenoshima Explosion. ●: 5th Yumenoshima Explosion.

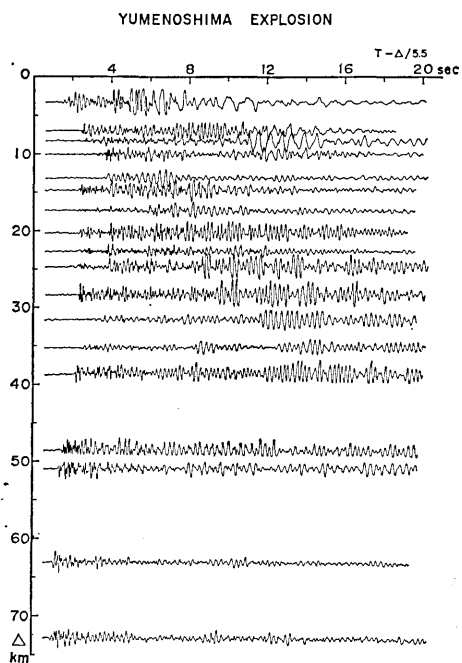
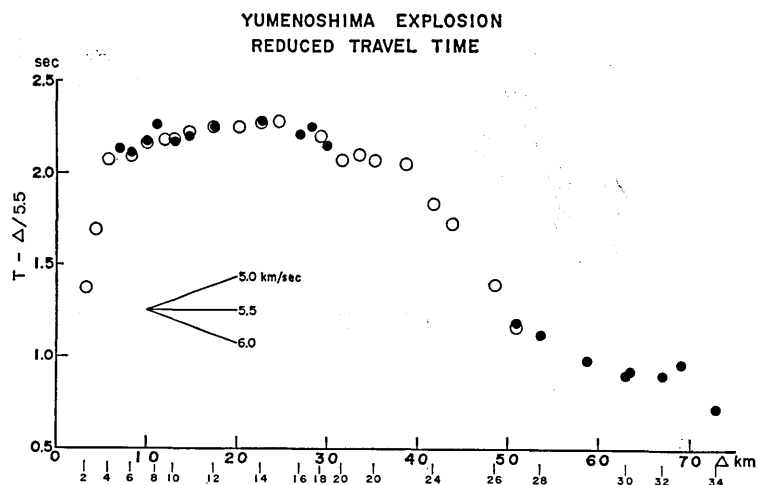


Fig. 6. Seismograms obtained by the 4th and 5th Yumenoshima Explosions (radial component).

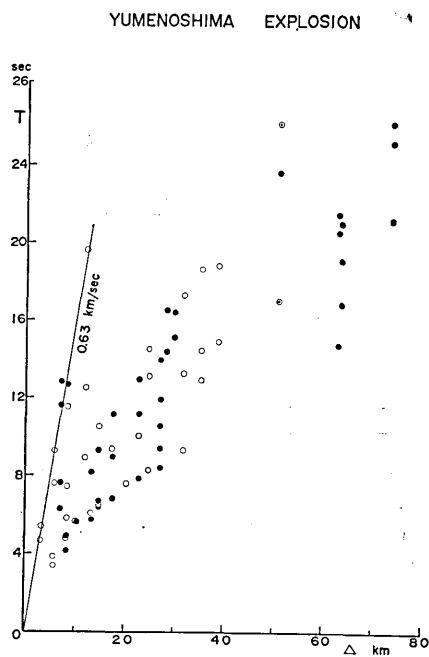


Fig. 7. The travel time graph of late arrivals.

は、それぞれ、100 m, 95 m であった。薬量は共にダイナマイト 495 kg, 薬長は 13.6 m であった。Figure 2 に両爆破孔の柱状図および、P 波速度の時間的変化を調べるため、地中に地震計を設置した 5 地点の柱状図を示す。これらの地点では、将来実施されるであろう爆破のさいは常に観測を行ない、P 波速度の時間的変化を調べる目的があるため、P 波初動を見やすくするために、より硬い地中に地震計を設置し、SN 比の改善をはかったのである。なお、この 5 地点のうち、芳水小学校、碑小学校、都立大学（観測点番号それぞれ 7, 10, 11）の 3 地点は第 4 回爆破の際、あとの 2 地点、中町小学校、狛江第三小学校（観測点番号それぞれ 12, 14）は第 5 回爆破の際に設置された。この 2 地点では、第 4 回の爆破の際には地表での地震動観測を行なった。ただし、その時の観測地点は近くではあるがやや離れている。地表、地中での観測結果を較べると、地中の方が短周期ノイズの振幅が小さく、SN 比はかなり改善されたといえる。

第 4 回、第 5 回夢の島爆破は、それぞれ、昭和 51 年 11 月 7 日 3 時 4 分 59.55 秒、昭和 52 年 3 月 27 日 2 時 44 分 58.93 秒に実施された。第 5 回夢の島爆破地震動観測では、第 4 回のそれで得られた走時曲線で、地下に異常があると予想された登戸小学校 ( $\Delta \approx 25$  km, 観測点番号 15) と稲城第二小学校 ( $\Delta \approx 32$  km, 観測点番号 20) の間を精査すること、ならび

Table 3. Travel times for 4th Yumenoshima Explosion.

観測点 番号	観 測 点	距 離 $\Delta$ km	P 波走時 (上下成分)		顕著な位相走時 (R 成分)
			初動走時	後続位相走時	
1	夢の島発破点	0	sec	sec	sec
2	鉄 鋼 埠 頭	3.21	1.95	2.66 5.96	4.56 5.37
3	フ ェ リ ー 埠 頭	4.31	2.47	4.83	
4	船 の 科 学 館	5.67	3.10		3.38 7.85 7.58 9.26
6	台 場 小 学 校	8.28	3.62	4.01 5.56	4.75 5.80 7.44 11.5 12.8
7	芳 水 小 学 校	10.01	3.98	4.64 5.63	5.63
9	小 山 台 小 学 校	11.96	4.35	6.32	8.9 12.5 19.6
10	碑 小 学 校	13.10	地中4.56	6.77	6.06
11	都 立 大 学	14.69	地中4.89	7.18	6.47 10.5
12	中 町 小 学 校	17.36	5.41	5.74 7.43 9.28	9.36
13	砧 南 小 学 校	20.23	5.93	7.95 9.99 10.20	7.55
14	狛 江 第 三 小 学 校	22.69	6.40	8.41 11.20	7.92 10.03
15	登 戸 小 学 校	24.76	6.78	8.73 10.87 11.92	8.27 13.12 14.51
18	読 売 ラ ン ド	29.29	7.53	14.47	
20	稲 城 第 二 小 学 校	31.66	7.83	10.04	9.29 13.31 17.27
21	稲 城 病 院	33.55	8.20	10.58	
22	北 永 山 小 学 校	35.28	8.48	10.99	12.91 14.43 18.65
23	府 中 カ ン ト リ ー	38.74	9.09		14.92 18.83
24	長 沼	41.84	9.44	21.70	
25	多 摩 美 大	43.95	9.71		
26	殿 入	48.65	10.24		
27	高 尾	51.01	10.43	11.63	16.99 26.14

Table 4. Travel times for 5th Yumenoshima Explosion.

観測点 番号	観測点	距離 $\Delta$ km	P 波走時 (上下成分)			顕著な位相走時 (R 成分)
			初動走時	後続位相走時		
1	夢の島発破点	0	sec	sec		sec
5	品川埠頭	6.99	3.40	3.59	6.61	6.28 7.61 11.57 12.82
6	台場小学校	8.31	3.64			4.12 4.87 12.66
7	芳水小学校	10.07	4.00	4.67	5.71	5.60
8	荏原一中学校	11.10	4.28	6.07		
10	碑小学校	13.14	4.56	6.78		5.72 8.15
11	都立大学	14.73	4.88	7.11		6.37 6.67 9.37
12	中町小学校	17.50	5.43	6.39	7.42 9.39	6.80 8.96 11.14
14	狛江第三小学校	22.75	6.42	8.37	11.31	7.84 11.16 12.95
16	東菅小学校	27.09	7.14	13.95		{ 8.37 9.38 10.54 11.90
17	フルーツパーク	28.32	7.40	9.66	14.41	{ 13.94
18	読売ランド	29.34				14.37 16.52
19	読売カントリー	29.95	7.60	14.80		15.12 16.42
27	高尾	51.05	10.46	11.69		16.98 23.63 26.13
28	高尾トンネル	53.67	10.88	11.14		
29	底沢	58.89	11.69	16.60		
30	橋詰 A	63.10	12.37	14.68		14.72 20.52 21.47
31	橋詰 B	63.62	12.49	13.05		16.83 19.08 21.00
32	小倉	67.15	13.11	13.4		
33	桑久保東	69.29	13.56	13.92	14.74	
34	奥山	72.86	13.97	14.4	15.17	21.14 25.13 26.13

に、基盤が地表に出ていると思われる高尾 ( $\Delta=51$  km, 観測点番号 27, 第 4 回夢の島爆破実験の最遠観測点) より遠方の地点の観測を行ない基盤の P 波速度を確認することに主力をはらった。比較のため、7 観測点では両爆破による地震動を観測した。後にもふれるが、これらの観測点での両爆破による走時は大変よく一致しているので、2 回の観測結果はそのまま重ねあわせて解析することが出来る。

Figure 3 は、上下動成分の記録をあつめたものである。基盤を通過してきた P 波の初動を見やすくするために、各記録の走時から、( $\Delta/5.5$ ) 秒をさし引いて示してある。すなわち、初動を結ぶ線が縦軸に平行になれば速度は 5.5 km/sec になる。Figure 3 から基盤を通過した P 波の見かけ速度は 5.5 km/sec よりややおそいことがわかる。走時曲線を Figure 4 に、また P 波初動の Reduced Travel Time Graph を Figure 5 に示す。図で白丸、黒丸はそれぞれ、第 4 回、第 5 回夢の島爆破地震動走時である。この結果、基盤層を通過した P 波の見かけ速度として 5.3 km/sec がえられた。 $\Delta=25$  km に 0.3 秒の走時の段差があり、ふたたび 5.3 km/sec の見かけ速度がえられるが、次に 9.1 km/sec という非常に速い見かけ速度がみられる ( $\Delta=40\sim 50$  km)。基盤が急に浅くなるためと思われる。高尾より遠くでは、6.1 km/sec のみかけ速度が得られた。後続位相としては、基盤で一度反射したものと思われる 5.3 km/sec の位相速度をもつものが前回同様顕著にあらわれた。つぎに、



2.1 km/sec の位相速度をもつものがはっきりみとめられるが、これは原点を通らないので直接波ではなさそうである。中間層の速度については必ずしもはっきり確認することが出来なかったが、図には一応点線で示してある。速度は 3.1 km/sec である。

Figure 6 は、S 波の位相を調べる目的で、水平動 (Radial 成分) の記録をみつめたものである。しかしながら、P 波の勢力が大変大きく、これがノイズとなって、位相の確認を非常に困難にしている。Figure 7 にめぼしい位相の走時図を示してあるが、はっきり S 波であろうと確認出来るのは、最表層の 0.63 km/sec の位相速度をもつものだけである。

Tables 3, 4 に両爆破の P 波走時ならびに顕著な位相の走時を示してある。

### 3. 地下構造

最表層の P 波速度としては、前回、夢の島近傍の観測から 1.5 km/sec が得られている (嶋他, 1976b)。前報では、 $V_p=1.8$  km/sec の走時がほぼ原点を通っていたため、 $V_p=1.5$  km/sec の層は大変うすいものとして、P 波の解析では無視した。しかしながら、S 波の構造については、 $V_s=0.58$  km/sec、その下に  $V_s=0.68$  km/sec をもつ二層が  $V_p=1.8$  km/sec 層に対応するものとされた。今回の観測では走時曲線にあらわれるもっともおそい走時として 2.1 km/sec の位相速度をもつものが顕著にあらわれたが、これが最表層の P 波速度をあたえるものでないことは、走時が原点を切っていないことからわかる。1.5 km/sec の最表層が東西方向には南北の測線に比べてやや厚く存在するためと思われる。基盤層の P 波みかけ速度は 5.3 km/sec と得られているので、前報で得た真の速度 5.6 km/sec より小さいことから、西方にいくに従い基盤が深くなっていると考えられるのもとも普通である。しかし基盤の傾斜は小さく、高高  $2^\circ$  程度であることを簡単な計算の結果知ることが出来る。そこで、大よその概念を得る意味で、原点走時を用いて、平行層近似で東京直下の構造を計算してみた。前回の結果と較べて見たものが Figure 8 である。3.1 km/sec の層はあまりはっきりとはしていないので図には点線で示してある。基盤の深

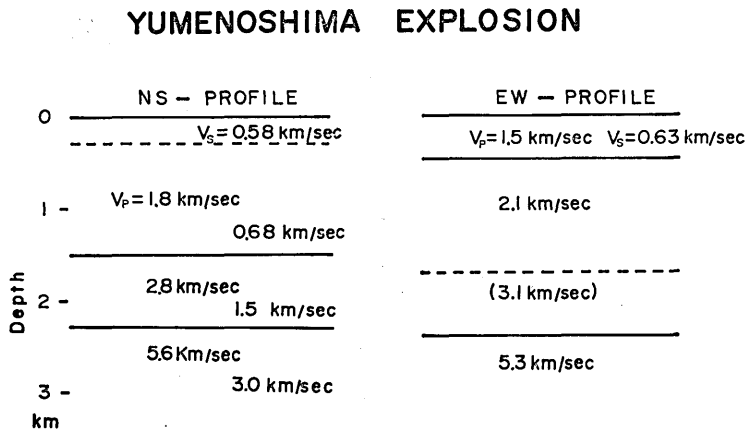


Fig. 8. The underground structure of Tokyo area. The EW-profile was obtained assuming the parallel layering, since the profile was not reversed.

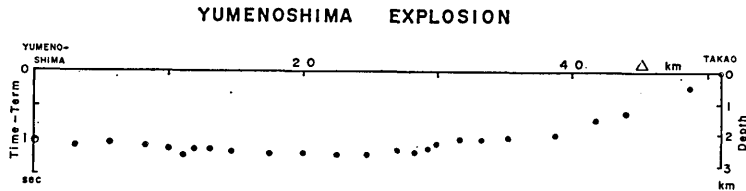


Fig. 9. The underground structure obtained through the time-term method.

さについては 2.4 km と得られ、前回の結果 2.3 km とよく一致している。中間層  $V_p = 3.1$  km/sec に関するデータがすくないのではっきりしないが、これが前回得られた  $V_p = 2.8$  km/sec の層に対応するとすれば、この層は西方に行くに従いその深度が浅くなっていると考えられる。しかしながら、このようなことを断定するほどのデータは得られなかったため、大よその地下構造に対応するものとして、Figure 9 に示すように各観測点における Time Term をもとめた。縦軸は時間であるが、これは近似的に深さに比例すると考えればよい。ただし、夢の島の Time Term は 1.03 秒、基盤の深度 2.3 km、高尾以遠では基盤が露出していると仮定した。高尾以遠で見られる 6.1 km/sec 層が 5.6 km/sec 層の下に存在するかどうかは今回のデータのみでは不明であるが、おそらく、東京直下にも 6.1 km/sec 層は存在し、その上の 5.6 km/sec 層は高尾にむかって浅くなり、高尾以西では 5.6 km/sec 層または 6.1 km/sec 層が露出していると思われる。

$d = 25$  km 付近に見られた走時の段差 0.3 秒が地下の断層によるものか、あるいは単に基盤に西あがりの段差があるためかは、我々のもつデータからはにわかには断定することは出来ない。大よその見当を得るため、この走時の段差が基盤層の上に存在する三層に等分に由来するものとするれば、基盤層では 370 m の段差、3.1 km/sec、2.1 km/sec 層でそれぞれ 290 m、160 m の段差を考えなければならない。なお、基盤層でこのような段差がはじまる地点は、地表の観測点で走時の段差がはじまる地点より約 1.2 km 東になる。より具体的には、狛江第三小学校と登戸小学校の中間の多摩川附近である。

#### 4. 基盤層における P 波速度の時間的变化

1975 年 2 月 23 日におこなわれた第 1 回夢の島爆破実験以来、現在までに夢の島を爆破点とした 5 回の爆破がおこなわれた。このうち、第 2 回爆破は夢の島の北端でおこなわれたが、他の 4 回は同島南端でほぼ同じ場所でおこなわれた。第 2 回の爆破点はこの爆破点と較べ約 1.2 km 北にずれている。第 3 回爆破までで、夢の島と吉川町を結ぶ北方測線での地下構造の解析が一段落したので、第 4 回爆破以降、北方測線では 5 固定観測点でのみ観測を続けている。

今回は、固定観測点のカバーしている地域で、基盤からの屈折波が見られ、かつ基盤構造が平坦であるとおもわれる地域での走時から、最小自乗法により各々の爆破について速度をきめ比較した。Table 5 はこの結果をまとめたものである。第 3 回爆破については、比較のため、利用しうるすべてのデータを用いた場合と固定観測点のみを用いた場合を併記してある。固定観測点のうち 1 つでは、基盤からの屈折波が初動でないため、上記の目

Table 5. The variation of P-wave velocity of the base rock with respect to time.

Date	No. of Data	Distance covered (km)	Velocity (km/sec)	Intercept Time (sec)
NS-Profile				
75y 2 <sup>m</sup> 23 <sup>d</sup>	9	7.23-20.58	5.56±0.06	2.09±0.03
3 30	9	6.01-19.25	5.54±0.09	2.02±0.04
12 14	6	6.81-20.65	5.61±0.03	2.10±0.02
	4	6.81-16.61	5.64±0.04	2.11±0.01
76 11 7	4	6.81-16.61	5.58±0.04	2.07±0.01
3 27	4	6.65-16.46	5.56±0.12	2.05±0.04
EW-Profile				
76 11 7	5	10.01-22.69	5.22±0.03	2.07±0.02
3 27	5	10.07-22.75	5.21±0.03	2.06±0.02

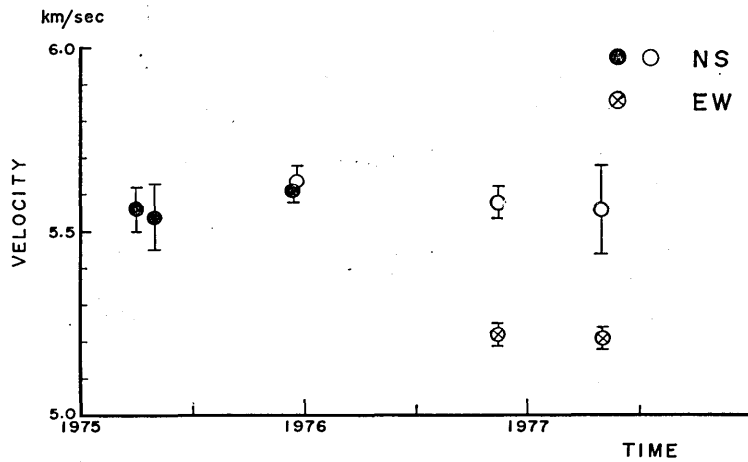


Fig. 10. The variation of P-wave velocity with respect to time.

的に利用出来るのは4点である。これでも十分目的を達しうることが Table 5 からわかる。第5回爆破で速度の Probable error が大きいのは、たまたま一点のデータが読み取り精度が悪かったためである。基盤層の P 波みかけ速度の時間的変化を Figure 10 に示す。一見したところ、北方測線では、第3回爆破以降速度が減少しているようにも見える。一方西方測線ではよい一致を示している。しかしながら、これは誤差の範囲でのことであるから今後ともこの調査を続けなければ輕輕しく結論を下すわけにはいかない。

一つの観測点で、爆破点と観測点の Time Terms をとりさって (基盤層より上にある地層をとりさることに相当する)、いくつかの爆破の走時を較べるのも一方法であろう。Time Terms は場所により異なるであろうが、基盤層は平坦であると考えられるので、一率に 2.08 秒を引き去ることにした。このことによる誤差はすくないと思われるからであ

Table 6. The variation of travel time between shot and observation points.

第7砂町小学校				小松川第2中学校			
爆破	$\Delta$ (km)	$t$ (sec)	$t_{10}$ (sec)	爆破	$\Delta$ (km)	$t$ (sec)	$t_{10}$ (sec)
1	—	—	—	1	9.35	1.64	1.75
2	—	—	—	2	8.07	1.36	1.69
3	6.81	1.24	1.82	3	9.43	1.70	1.80
4	6.81	1.21	1.78	4	9.43	1.68	1.78
5	6.65	1.20	1.80	5	9.27	1.60	1.73

木根川小学校				北三谷小学校			
爆破	$\Delta$ (km)	$t$ (sec)	$t_{10}$ (sec)	爆破	$\Delta$ (km)	$t$ (sec)	$t_{10}$ (sec)
1	12.12	2.13	1.76	1	16.55	2.98	1.80
2	10.80	1.89	1.75	2	15.23	2.72	1.79
3	12.21	2.18	1.79	3	16.61	2.98	1.79
4	12.21	2.16	1.77	4	16.61	2.97	1.79
5	12.06	2.12	1.76	5	16.46	2.95	1.79

註  $t$ : 走時から Time terms を差し引いたもの。  
 $t_{10}$ :  $\Delta=10$  km で予想される  $t$ .

る。この結果を Table 6 に示す。震源距離が各爆破について異なるので、表には観測点が  $\Delta=10$  km にあった場合に予想される走時に規準化したものを示してある。これで見ると、速度変化があるとは考えられない。

## 5. おわりに

夢の島から西方に約 75 km の測線を取り、ほぼ 2 km おきに 44 地点で、第 4 回、第 5 回夢の島爆破地震動を観測した。また北方測線では、5 固定観測点で、それぞれの人工地震動を観測した。この結果は次のように要約することが出来る。

I) P 波の速度構造は上から順に、 $V_p=1.5$  km/sec,  $V_p=2.1$  km/sec,  $V_p=3.1$  km/sec (やや精度が悪い)、そして基盤層のそれは 5.6 km/sec である。

II) 各層の深度は、夢の島から多摩川附近までの平均的なものとして、それぞれ、0.45 km, 1.7 km, 2.4 km がえられた (Figure 8)。

III) 基盤は西にいくに従いやや深くなるが、多摩川の附近で基盤の段差があり 400 m 程度浅くなる。稲城附近から基盤は急激に浅くなり、高尾以遠では、5.6 km/sec または 6.1 km/sec の基盤が地表に出ている。

IV) Time Terms 法を用いて西方測線の断面図が推定された (Figure 9)。

V) S 波に関しては、最上層に  $V_s=0.63$  km/sec の層のみが確認された。

VI) 基盤層における P 波速度には現在までのところ誤差の範囲をこす程の変化は見られない (Figure 10, Tables 5, 6)。

おわりに、今回の調査にあたって、東京都防災会議の関係職員諸氏の寄せられた御助力に謝意を表したい。東京都港湾局の関係職員諸氏には爆破点設定に関し大変お世話になった。また観測点として使用させて頂いた東京都ならびに神奈川県下の小中学校、諸施設で御世話になった多くの方々にも厚く御礼申し上げる。

人工地震の観測に参加され、貴重なデータを提供された首都圏基盤構造研究グループの方々にも厚く御礼申し上げる。

## 文 献

- 工藤一嘉, 1977, 強震地動と表面波, 第14回自然災害科学総合シンポジウム論文集, 337-340.  
 茂木清夫・望月裕峰, 1976, 三軸圧縮応力下の変形——特にダイラタンシーの異方性, 地震学会講演論文予稿集(昭和51年春).  
 嶋悦三・柳沢馬住・工藤一嘉・吉井敏尅・一の瀬洋一郎・瀬尾和大・山崎謙介・大保直人・山本喜俊・小口雄康・長能正武, 1976, 東京の基盤構造, 地震研究所彙報, 51, 1-11.  
 嶋悦三・柳沢馬住・工藤一嘉・瀬尾和大・山崎謙介, 1976, 東京の基盤構造その2, 地震研究所彙報, 51, 45-61.  
 SHIMA, E., 1977, On the Base Rock of Tokyo Metropolis, *Proc. 6th World Conference of Earthquake Engineering, New Delhi, India 2*, 161-166.  
 田中貞二・吉沢静代, 1977, やや長周期帯域における地震動の特性 (I), 第14回自然災害科学総合シンポジウム論文集, 341-342.  
 座間信作, 1977, 表層の影響を考慮した地震の震源再決定, 東京大学理学部修士論文.

### 11. *On the Base Rock of Tokyo*

#### III. *Observations of Seismic Waves Generated from the 4th and 5th Yumenoshima Explosions.*

By Etsuzo SHIMA, Masumi YANAGISAWA,  
 Kazuyoshi KUDO, Toshikatsu YOSHII,  
 Earthquake Research Institute;  
 Kazuo SEO,  
 Tokyo Institute of Technology  
 and  
 Kimiaki KUROHA,  
 Tokyo Institute of Civil Engineering,  
 Tokyo Metropolitan Government.

Two explosions of 500 kg of dynamite were set off at Yumenoshima, the southernmost part of the reclaimed land of Tokyo, and the resulting seismic waves were observed at 34 temporary observation points along a spread, 75 km in length, extending west from the shot points. The results are summarized as follows:

- i) The P-wave underground structure consists of four layers having velocities of

1.5 km/sec, 2.1 km/sec, 3.1 km/sec and 5.6 km/sec, respectively. The last one corresponds to the base rock.

ii) The depths of these layers near the shot points are 0.45 km, 1.7 km and 2.4 km, respectively (Figure 8).

iii) The depth of the base rock near the shot points increases slightly toward the west. Near the Tama River, around 25 km from the shot point in our spread, a fault around 400 m like the upheaval of the base rock (west side up) was found. The depth of the base rock becomes shallower west of Inagi and the base rock is exposed to the surface west of Takao.

iv) A configuration of the top of the base rock was obtained through a time-term analysis, and it is shown in Figure 9.

v) It was very hard to determine the accurate S-wave velocities because of P-wave noises, and only a velocity of the topmost layer was determined to be 0.63 km/sec.

vi) Concerning the P-wave velocity of the base rock, no indication of time variation exceeding the probable errors was found (Figure 10, Tables 5 and 6).

---