

# 八王子市における地震観測結果について

角 田 智 彦 泉 定 一  
瀬 尾 和 大

## Observations of Earthquake Motions in Hachioji City

T. Tsunoda T. Izumi  
K. Seo

### Abstract

Observations of earthquake motions have been carried out continuously in Hachioji City since June 1971. Results of observations on 17 earthquakes are presented in this paper. Furthermore, several of these earthquake records, relations between characteristics of records and various factors (that is, magnitude, intensity, epicentral distance of earthquakes and vibrational properties of ground) are studied.

### 概 要

八王子市郊外の丘陵地区において自然地震の長期観測を継続中であるが、昭和46年6月に観測を開始して翌年5月迄の約1年間に17個の地震動を採取することができたのでここに報告する。

またこれらの地震記録波形を用いて、地震の規模、震源距離、表層地盤の動的特性等が記録波形に及ぼす影響について若干の検討を行なった結果を併せて報告する。

### 1. まえがき

近年、各種測定技術、解析技術の進歩に伴い、また一方では設計地盤の動的特性が地震時に及ぼすであろう影響を重視する立場から、地震の評価を建物の耐震設計に積極的に取り入れることが盛んになった。

地震観測を通して地盤の動的特性と地震動との関係を調べようとする場合、その研究方法は次の二つに大別される。その一つはある地震動の多点同時観測結果に注目する方法であり、他の一つはある観測点の地震記録を多数採取する方法である。前者は地震動の震源を、また後者は観測点の地盤条件を fix することによって夫々複雑な地震動の生成・伝播の機構の中からパラメータを一つ除去して考えることができる。

本報告は上記のうち後者の立場から、地震の規模、震源距離等の諸要素、地盤の動的特性などと観測された地震波の特性との相関関係を検討したものである。

### 2. 地震観測場所の地盤条件

地震観測場所は八王子市北端の丘陵地で、ほぼ全体が層厚10m前後のロームから成る洪積層におおわれており、そのすぐ下には新第3紀の三浦層が存在すると

いうきわめて地盤の良い所にある。Fig.-1に地震観測に用いた観測孔のボーリング資料と観測点位置を示す。-26M測点はすでに三浦層群の中にあり、一応地震基盤と考えてよいと思われる。

### 3. 地震観測システム

地震観測は地表および-26Mで行なうこととし、夫々水平2成分(NS・EW)の地中加速度計を用いた。観測システムおよび計器の仕様をFig.-2に、換振器—増巾器—記録計の総合感度特性をFig.-3に示した。地中地震計は自動スターターの起動信号としても使用できるようにし、その起動感度を0.5gal以上とした。

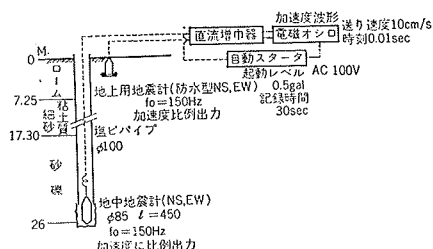


Fig.-2 地震観測システム

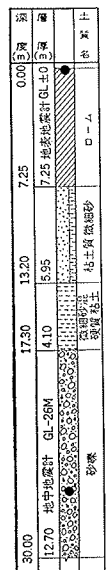


Fig.-1

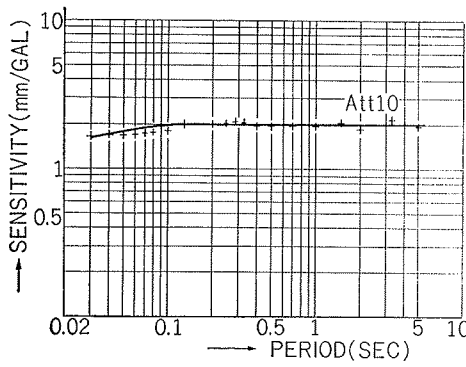


Fig-3 地震計システム総合感度特性

地震番号	年月日	時刻	震源地	マグニチュード	震源の深さ(km)	震害の程度	震害の範囲	震害の被害	解析
1	'71-6-13	13:06	茨城県沖	5.3	49	II	1	0	0
2	'21-07-57		茨城県沖	4.9	59	II	1	0	0
3	'71-11-21	21:37	茨城県沖	—	49	III	0	0	0
4	'23-07-07		山梨県沖	5.3	19	III	0	0	0
5	'27-08-08		茨城県沖	—	60	III	0	0	0
6	'30-20-55		茨城県沖	—	192	0	0	0	0
7	8-02-16	25	茨城県沖	7.0	69	III	0	0	0
8	'12-04-02		茨城県沖	4.8	70	III	0	0	0
9	9-21-17	45	茨城県沖	—	170	III	1	0	0
10	10-25-18	20	水戸附近	—	—	0	—	—	—
11	11-06-17	00	茨城県沖	—	50	III	0	0	0
12	'72-01-06	07:38	山梨県沖	—	10	III	0	0	0
13	02-12-20	51	茨城県沖	—	30	III	0	0	0
14	'18-02-30		茨城県沖	—	40	III	0	0	0
15	'29-12-23		茨城県沖	7.2	40	III	0	0	0
16	03-05-21	03	茨城県沖	—	70	III	0	0	0
17	05-05-12	49	茨城県沖	—	80	I	—	—	—

Table-1 地震記録リスト

4. 地震記録

昭和46年6月の地震計設置以来、47年5月までの約1年間に計17個の地震記録が採取された。Table-1にそれらのリストを掲げた。またFig-4は観測地震動の震央分布を、Fig-5は地震規模別（東京における震度で表示）の発生頻度を示したものである。この中で最大規模の地震は47年2月29日に発生した八丈島近海地震(No. 15)で、マグニチュード7.2、東京における震度はIVであった。また採取された地震の震源はその大部分が茨城県に集中しており、その他に上述の八丈島近海、山梨、新潟、そして震源が最も遠い浦河沖等の地震が採取された。

5. 地震波形解析システム

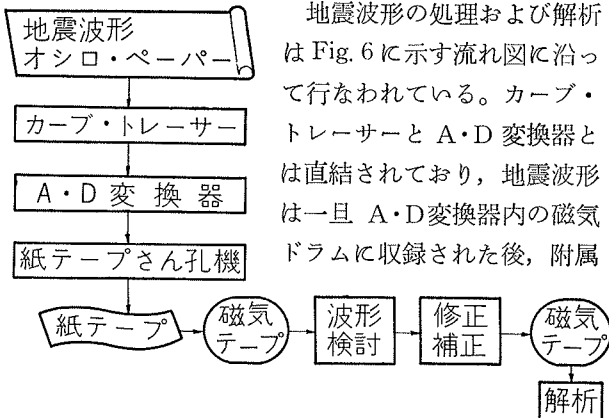


Fig-6

の紙テープさん孔機によってデジタルのデータとなる。次にデジタル計算機によって紙テープから磁気テープへの変換を行ない、上記行程中に生じたミス・データの修正、最小二乗法によるO軸の補正等を施した後、解析用データとして保管される。

6. 解析結果

観測された17個の地震記録の中、8個の地震記録の数值化を上記の手順に従って行なった。これらの資料

に基づいて以下の解析、検討を行なうこととした。

6.1. 観測波形の最大

加速度振巾に関する検討

観測された地震の震源位置と規模の分布をFig-7に示した。また記録最大加速度をTable-2に示した。表中\*印を付したものは手読みによる値を、その他は数值化されたデータの最大値を示す。

ところで、地震のマグニチュード、震

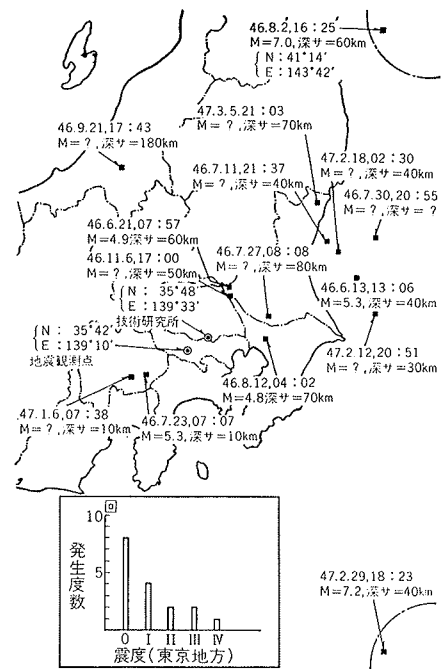


Fig-4,5

地震番号	年月日	記録最大加速度および地震増巾率					
		GL NS	-25M NS	GL NS	GL EW	-25M EW	GL EW
1	'71.6.13	—	0.60 X	—	—	0.78 X	—
2	'21	—	0.96 X	—	—	1.14 X	—
3	7.11	4.10	0.352	11.6	5.12	0.366	14.0
4	'23	5.84	1.75	3.34	8.10	2.00	4.05
5	'27	7.50	1.09	6.88	—	1.23	—
6	'30	3.20	0.344	9.30	4.34	0.673	6.45
7	8.02	2.64 3.06 X	0.30 X	10.2 X	5.66	1.46	3.88
8	'12	4.71	0.750	6.28	8.36	1.51	5.54
9	9.21	4.90	0.620	7.90	12.90	1.85	6.97
10	10.25	—	—	—	—	—	—
11	11.06	—	—	—	—	—	—
12	'72.1.6	4.80 X	0.45 X	10.7 X	11.4 X	1.08 X	10.6 X
13	2.12	—	—	—	—	—	—
14	'18	—	—	—	—	—	—
15-1	'29	41.6	—	—	50.5	9.46	5.34
15-2	'29	13.0	—	—	16.1	3.78	4.26
16	3.05	—	—	—	—	—	—
17	5.05	—	—	—	—	—	—

X手読みによる資料

Table-2

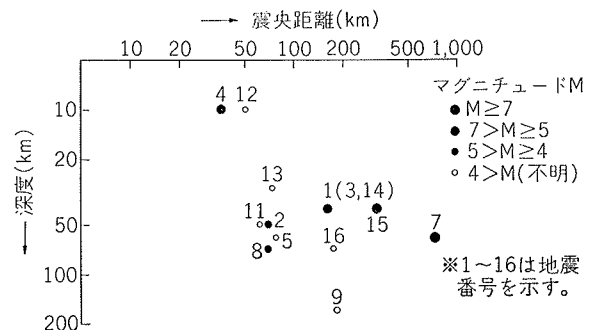


Fig-7 観測地震動の震源分布

源距離からある地点の地震動のスペクトルを推定する方法として、金井博士が経験的に定めた実験式がある。後述の結果を用いて本例の地盤卓越周期を0.22secとした時、地表観測記録の最大加速度と金井式より計算した地表最大加速度との関係をFig.-8に示した。但し観測記録の値は NS, EW

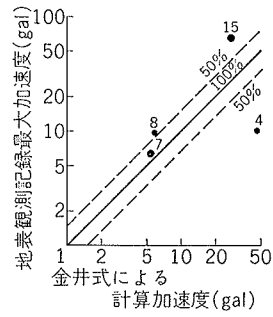


Fig.-8 記録最大加速度と金井式による計算最大加速度との関係

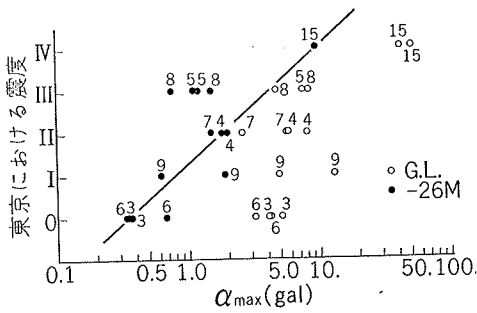


Fig.-9 震度と最大加速度との関係

両成分の二乗平均値をもって示してある。図中の実線は両加速度が全く一致する場合、破線は50%の誤差が生じる場合を示しているが、本例の場合 No.7 の地震

を除いて観測結果と計算結果の対応はよくない。また Fig.-9 は東京における震度と観測波形の最大加速度との関係を示したものであるが両者の相関は比較的好いことがわかる。但し、震度 III に相当する No. 5, No. 8 の地震の相関がよくないのはこれらの地震の震源が東京に近いためと思われる。

### 6.2 観測波形の周期特性に関する検討

各観測波形のフーリエ・スペクトルにおいて最も卓越するピークに対応する周期を  $T_{max}$  としてこの  $T_{max}$  と地震の震源・規模との関係を調べてみた。Fig.-10 は  $T_{max}$  と東京における震度、Fig.-11 は地中記録の  $T_{max}$  とマグニチュード、Fig.-12 は地中記録の  $T_{max}$  と震源距離との関係を夫々示した

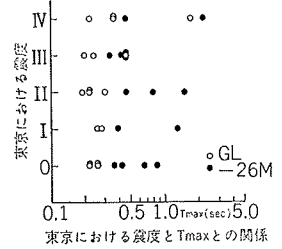


Fig.-10

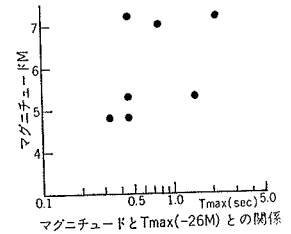


Fig.-11

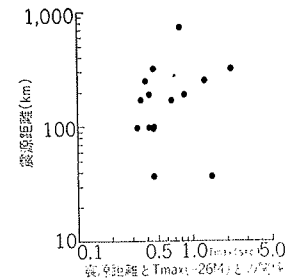


Fig.-12

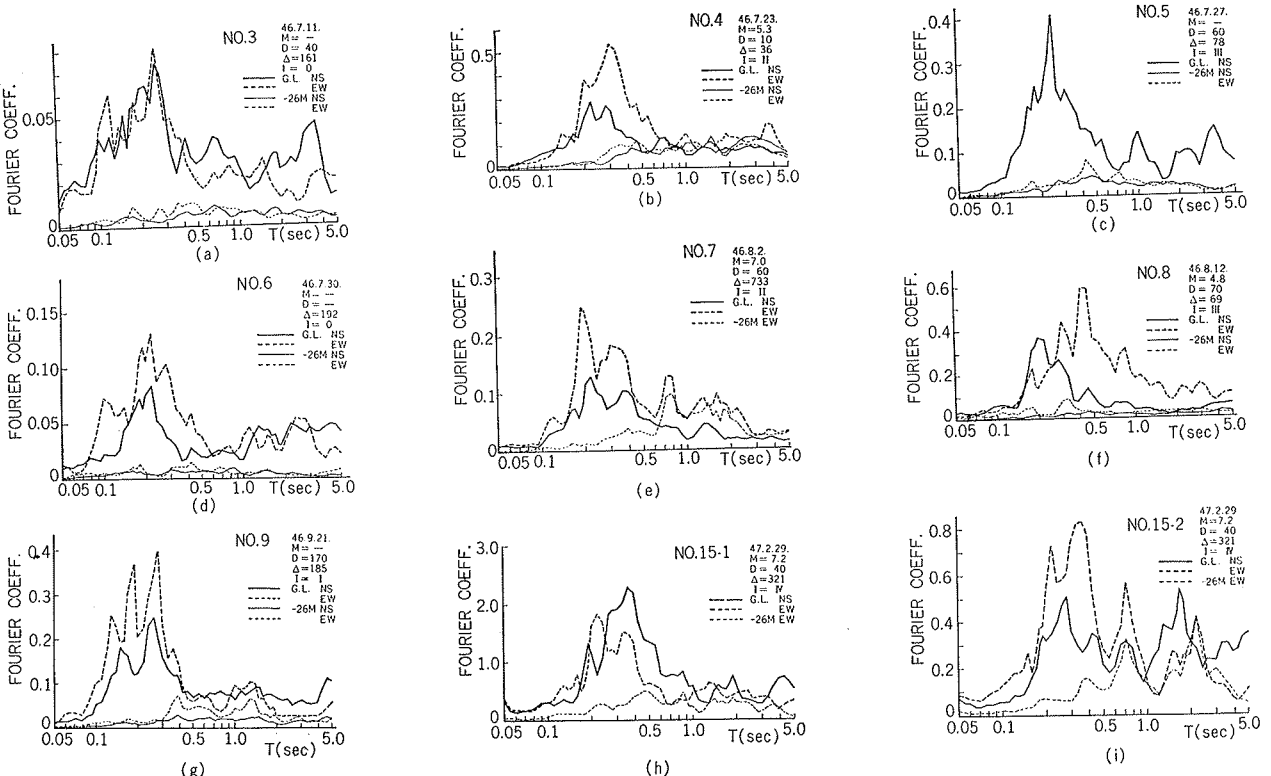


Fig.-13 観測地震波のフーリエ・スペクトル

ものであるが、いずれの場合も相互の関係は明瞭ではない。強いてその傾向をあげれば、震度が大きなる程、またマグニチュード、震源距離が大きなる程  $T_{max}$  は長周期側に移行すると考えられなくもないが、むしろ相互関係がないとみる方が自然のようである。

Fig.-13 は各観測波形のフーリエ・スペクトルであるが、上述のように地中観測波形の周期特性にことさら注目するよりは地表観測波形の周期特性との対比に重点を置く方が好ましいのではないかとこの観点に立って両者を同一スケールで描いたものである。次に Fig.-13 に示された17個の地表記録および15個の地中記録を用い、夫々に単純平均を施すことによって地表および地中記録波形の平均スペクトルを作成した。Fig.-14 にその特性を示すごとく、得られたスペクトルの形状は極めて単純かつ明瞭である。特に地中記録波形の平均スペクトルがほぼ平坦であることは注目に値する。

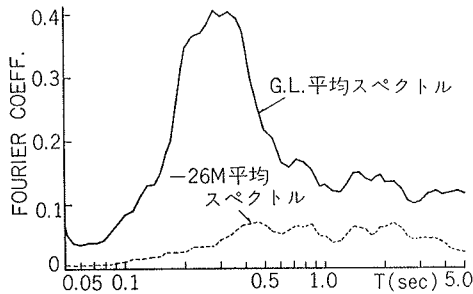


Fig.-14 観測記録波形のフーリエ平均スペクトル

### 6.3. 地盤増巾率に関する検討

Fig.-15はTable-2をグラフ化したものである。即ち縦軸、横軸を夫々地表および地中最大加速度とすれば図中の斜線は地中最大加速度に対する地表最大加速度の比を示しており、これは各地震毎の地盤増巾率とみなし得るものである。本図から明らかのように、この

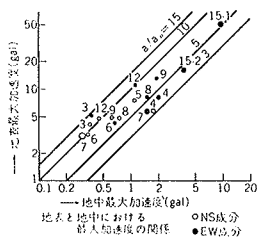


Fig.-15

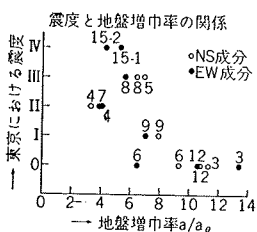


Fig.-16

地盤増巾率は各地震によって様々であるがその巾は3~15倍の限度内に分布しており、しかも最大加速度が小なる程、倍率は大きくなる傾向にあることがわかる。Fig.-16 は東京における震度と上記地盤増巾率との関係を、またFig.-17, Fig.-18 は夫々地表および地中最大

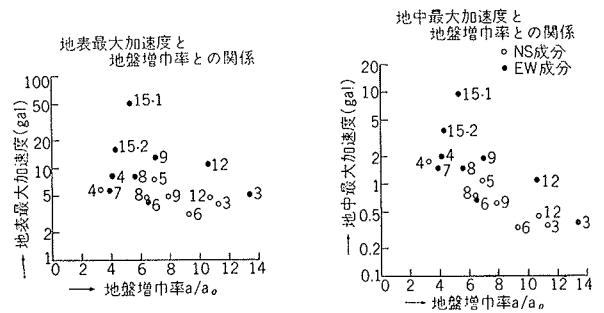


Fig.-17

Fig.-18

加速度と地盤増巾率との関係を示したものであるが、いずれも上述の傾向が顕著であり、特に地中最大加速度との相関がよいことがわかる。

一方、各観測波形の地表と地中におけるフーリエ・スペクトルの比から地盤の増巾特性を求めることができるが、その結果は非常に煩雑になり易い傾向を持っている。そこでまず地表と地中とのフーリエ・スペクトルが得られている14組のデータについてフーリエ・スペクトル比を求め、前記と同様にその単純平均より地盤増巾特性を求めた。その結果、Fig.-19 に示すごとく理想化された表層地盤の平均増巾特性が得られた。

### 6.4. 表層地盤の地震応答解析

前節で得られた表層地盤の増巾特性に基づいて、そのような増巾特性を持つ地盤モデルのアプローチを行なってみた。ここでは未だ最適の地盤モデルに近似できていないが、これまで行なった中で比較的事実性に合う2種類の例をFig.-19中に示した。MODEL 1は第1層地盤の固有周期を、またMODEL 2は第1層、第2層を併せた地盤の固有周期をもって平均増巾特性の0.20~0.26secの周期に適合させようと試みたものである。MODEL 1の第2層のS波速度500m/sec.は非常識的とも思われる程大きな値となっているが、この値を400m/sec, 300m/secと変化させるに従って平均増巾特性との対応が好ましくない側へ移行するため、とり敢えずの措置として採用したものである。

次にMODEL 1の地盤モデルを用いてS波の重複反射理論<sup>2)</sup>による表層地盤の地震応答解析を行ない、

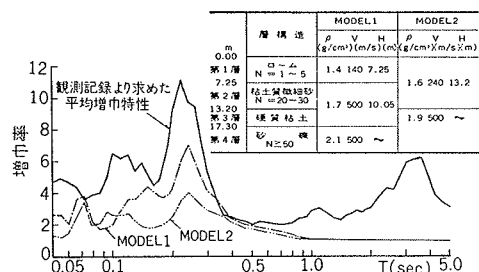


Fig.-19 表層地盤の増巾特性

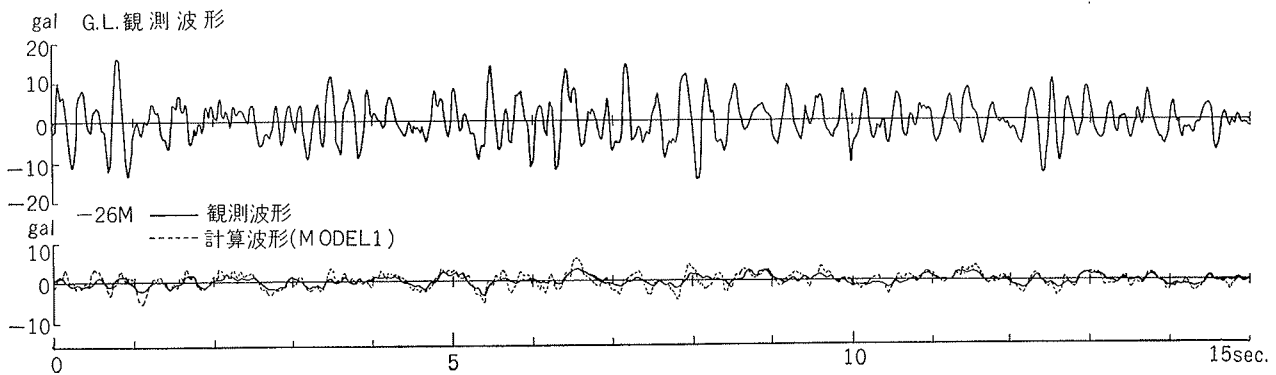


Fig.-20 S波の重複反射理論による計算波形と観測波形との比較（地震 No. 15-2 による検討例）

観測波形との比較検討を試みた。その結果は Fig.-20 に示すごとくであるが、地表観測波形よりS波の重複反射によって求めた -26M の計算波形は、同地点の観測波形とかなりよい一致を示した。またMODEL 2 についても同様の計算を行なったところ、ほぼ MODEL 1 と同様の結果が得られた。このように地盤のモデルが左程適正でない状態において、しかも地盤定数の大きく異なるこれらのモデルで上記の計算がある程度の精度を持ち得ることより、地震動に寄与する地盤の動的性質としては、その増巾率よりも周期特性の方が大きな比重を占めることが推察される。

## 7. まとめ

以上、観測資料に基づいて若干の検討を行ってきたが、その結果得られた結論、問題点を要約すると以下のごとくである。

- 1) 地表最大加速度における観測記録と金井式とは本例の場合よい一致をみなかった。この点に関しては今後、金井式の根拠となっている基盤の速度振巾に注目した検討を行なう必要がある。
- 2) 地中観測波形の周期特性と地震の震源・規模との相関は顕著でない。
- 3) 観測波形のフーリエ・スペクトルより平均スペクトルを求めたところ、その特性は単純明瞭なものとなった。特に -26M のフーリエ平均スペクトルは特性がほぼ平坦となった。

- 4) 観測点における地震動の大きさと地盤増幅率との間には地震動の最大加速度が大なる程、地盤増巾率が小さくなる傾向がある。
- 5) 地表と地中とのフーリエ・スペクトル比を平均して得られた地盤の平均増巾特性は 0.20~0.26 sec にピークを持つ単純な形状をしている。
- 6) 上記の地盤増巾特性に対して近似の地盤モデルを作成し、S波の重複反射による計算波形と観測波形との比較を行なったところ、地盤モデルが未だ適正なものでないにもかかわらず両者はある程度一致する。
- 7) ここで行なった地盤モデルの作成は地盤の平均増幅特性との卓越周期の符合に重点を置いたもので、増幅率の対応は未だ好ましくない状態である。
- 8) 以上のことより地震動に寄与する地盤の動的性質としては、その増巾率よりも周期特性の方がより大きな比重を占めていることが推察される。

## 謝辞

本地震観測については当組職員吉原醇一君に協力をいただいたことを附記しておく。

## 参考文献

- 1) 金井清他：建築構造学大系1「地震工学」彰国社
- 2) 鏡味洋史・小林啓美“水平な多層地盤でのS波の重複反射による増幅”日本建築学会論文報告集第173号 1970.7.