

岩盤地帯の地震動の最大加速度について

東京大学生産技術研究所 ○ 田村 重四郎
 埼玉大学 岡本 舜三
 東京大学生産技術研究所 加藤 勝行

1. まえがき

著者等は 栃木県塩谷郡藤原町、東京電力(株)、鬼怒川自動制御所地帯内において 昭和38年より地震観測を実施している。観測結果は11回の本研究発表会に於いても一部報告した。その後蓄積された観測資料も含めて 昨夏で記録された地震は約300ヶになった。この資料に基づいて最大加速度、震央距離、マグニチュードの関係を新たに調査したのでここにのべる。

2. 地震観測の状況

2-1. 地震計 地震計の設置状況は図-1に示す様に、地下発電所に通ずる竖坑で地表から地下67.2mまでの間No.1~5までの5点(間隔約17m)に加速度計(電磁型、0.4~25Hzまで感度略々一定)、更にNo.1とNo.5点には夫々変位計(固有周期1秒、総合周波数特性は1.5Hz以上で略々一定)を設置し、竖坑より約15mはなれたボーリング孔には、地表から深さ67.0mまでの間に、岩盤内に狭在する薄い風化層を考慮しながら、8ヶの加速度計(歪計型、10Hzまで感度略々一定)を埋設している。地震計は水平方向ですべてE-W方向に設置してある。

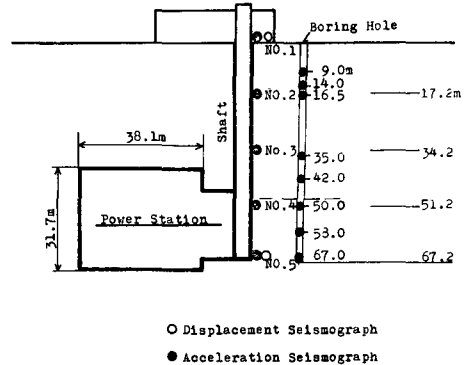


図 - 1

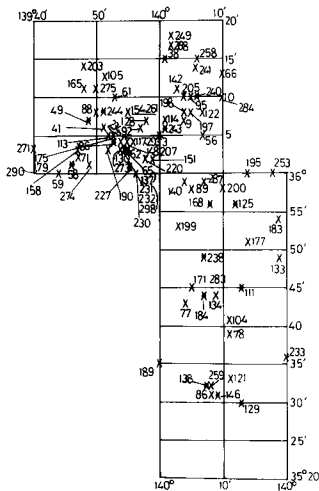
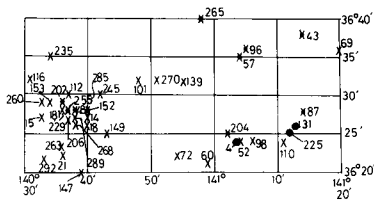
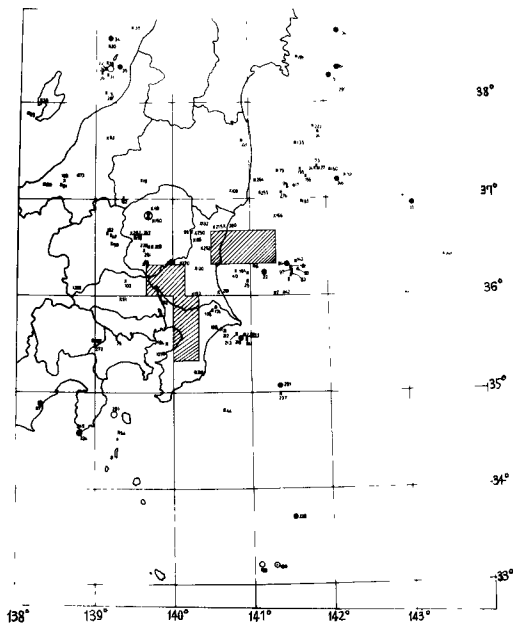
2-2. 地質 ボーリングで得られた試料によれば、深さ約42mまで粗粒緑色凝灰岩の層でこの層の上部11~23mには薄い(厚さ15~45cm)風化層又は粘土化した層が4ヶ所あり、42~58mの間は粗粒緑色凝灰岩、細粒緑色凝灰岩及びスレートの互層になっており、58~68mは粗粒緑色凝灰岩となっている。47m以深では約50m、52m点に多少亀裂がみられるが、コアの採取率は100%に近く風化層はなく堅硬である。

3. 地震記録

1978年宮城、岩手地震まで299ヶの地震を記録した。この中には、新潟地震、1974年伊豆半島沖地震、1978年伊豆大島近海地震等も含まれる。震央距離の大きい少数の地震を除いて記録した地震の震央の位置を図-2に示した。震央の位置は地震月報(気象庁)によったが、極く局所的な地震については震央は決定されていないため、図-2には震央を示していない地震もある。茨城県南西部、茨城県沖、東北地方の東方沖合等地震源をもつ地震が多く、マグニチュード6~6.9の地震は29ヶで、7以上は13ヶである。

3-1. 波形の分類 スターターは感度が略々一定になっているため、地震動の強さによっては記録波形が初期微動一主要部一終部の順に記録されていない。又、地震動によっては波形が全体にだらだらした形状になっている場合もある。最大加速度を記録より読みとるためには、各種の記録波形を整理する必要があり、ここでは図-3のI-Vの5種に分類した。別別は必ずしも明確にできない場合もあった。IV、V特にVについては最大値を記録していない場合がある。しかしながら、299ヶの地震の内、V型は43ヶで2例を除いてマグニチュードは4.4以下で、近地地震が多い。

3-2. 深さ方向の地震動の性状 既報の様に、岩盤地帯に於いても、地震動の性状を知るためには、沖積地帯の場合と同様に、地質状況と表層部分の動特性を知る必要がある。著者等が今までに行った研究によれば、地震波動は、ここでは震源の方向の如何に拘らず略々鉛直下方から地表に向かって進行し、S波伝播速度は1.6~



- X M ≤ 4.9
- X 5 ≤ M < 5.9
- 6 ≤ M < 6.9
- 7 ≤ M

図 - 2

1.7 km/secであること 粘土化した表層の存在により地盤の動特性があらわれること、そのため表面部分で地震動が増幅される場合があることなどが明らかになった。そこで表層岩盤の動特性の影響のなるべく少ない波形をみるため No.4とNo.5点で記録した波形を取り扱うことにした。No.1~No.5における波形を対比した場合 表面に近いNo.1~No.3点の記録にはしばしば表層部の卓越振動と思われる振動が認められるからである。

4. 最大加速度の震央距離

ボーリング孔での観測については 測点の深さに対応して波形に堅坑の場合と同様な性質が認められるが 最大加速度の値は堅坑の場合に比較して10%~20%程度小さい場合が多い。これは加速度計の周波数特性によるものとみられる。そこでここでは堅坑における記録のみを調査対象とした。

3. で述べた理由により最大加速度はNo.4とNo.5点での最大加速度の大きい方の値をとることにした。又 対象とする地震はマグニチュード 4 以上とし 震央距離は 280 km以内 最大加速度の 0.4ガル以上とした。

図-4は 震央距離(大規模地震の場合は余震域の中心からの距離をとった)と最大加速度の関係を示したものである。図に記された地震はマグニチュード 4.0~4.9が112ヶ, 5.0~5.9が66ヶ, 6.0~6.9が13ヶ, 7.0以上が3ヶとなっている。図で・印はマグニチュード 4.0~4.9, ●印は5.0~5.9, ○印は6.0~6.9, ⊙印は7.0以上の地震を夫々示している。又 ↓, ●は夫々震源の深さが100km以上のマグニチュード 4.0~4.9, 5.0~5.9の地震を夫々あらわしている。ここに記したマグニチュード 6 以上の地震の諸元は次表の通りである。

震央距離をこの範囲に選んだのは 一般に最大加速度の距離による減衰は略対数的であるとみられているが比較的規模の大きい地震を対象とした場合、この程度の範囲では 図の様に略々直線とみなしてよいとみられたからである。但し 震央距離の増加と共に最大加速度が急激に減少し、これよりせまい範囲で小さい値となる様

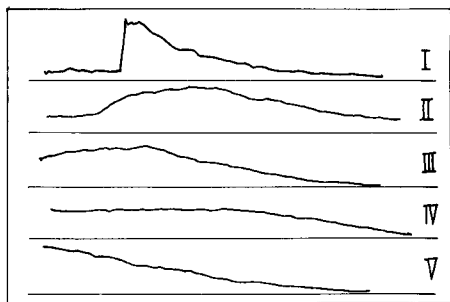


図 - 3

な地震動の場合 直線とみなされる領域はせばめられることになる。

図-4で左側に集中している震源深さ100km以上の地震を別にすれば、マグニチュードをパラメーターとして 震央距離と最大加速度の関係を可成り明瞭に図より読み取ることが出来る。しかしながら大規模地震が近接して発生した例がない。そこで、この資料の不足を埋めるため 同種類の地震計で別途観測を続けている山王海ダム記録(新潟地震、1968年十勝沖地震、その他) 新潟地震における藤原ダムの記録、コイナ地震におけるコイナダムの記録等を参考にした。その結果 基盤に於ける最大加速度 マグニチュード、震央距離の関係を示す次の経験式を作成した。

年月日	マグニチュード	震源深さ (km)	震央距離 (km)	No.2又はNo.5に於ける最大加速度(gal)	波形の分類	摘要
1964 2 5	6.0	40	131	2.4	II	茨城県 東沖
1964 5 30	6.2	40	150	1.9	II	"
1964 6 16	7.5	40	176	5.4	II	新潟地震
1965 4 20	6.1	20	250	0.8	IV	静岡県 附近
1965 9 18	6.7	40	170	5.85	II	茨城県 東沖
1967 1 17	6.3	30	264	0.9	III	金華山 沖
1967 11 19	6.0	50	145	3.8	II	茨城県 東沖
1969 9 9	6.6	0	254	0.5	IV	岐阜県 中部
1971 4 5	6.0	50	280	0.4	IV	宮城県 沖
1974 3 3	6.1	60	175	2.3	II	千葉県 東沖
1974 5 9	6.9	10	260	2.6	II	伊豆半島沖地震
1974 7 8	6.3	40	142	5.9	II	茨城県 東沖
1975 5 4	6.0	30	220	0.6	IV	福島県 沖
1978 1 14	7.0	0	230	1.3	IV	1978年 伊豆大島山沖地震
1978 4 7	6.1	30	250	1.1	IV	千葉県 東方沖
1978 6 12	7.4	40	250	6.5	III	1978年 宮城県 沖

表

$$\log_{10} \frac{\alpha}{1000} = \frac{\Delta + 50}{100} (-4.93 + 0.89M - 0.043M^2)$$

α ; 最大加速度 (ガル)

Δ ; 震央距離 又は 余震域の中心からの距離 (km)

M ; マグニチュード

斜め実線は夫々 マグニチュード 5, 6, 7, 8, について上式の関係を示したものである。M=4~4.9の地震については 震源深さ100km以上の5ヶを除けば 107ヶの地震の内 101ヶがこのM=5の線の範囲に含まれ M=5~5.9についても同様に62ヶの内 56ヶがM=6の線の範囲に入っている。

この関係は第11回の本研究発表会で著者等が発表した式を若干変更したものである。その主な点はM=8, 7等の大規模地震について震央距離100~150km附近の最大加速度をかえることなく 加速度の距離による減衰の割合を僅かに増加させたことであるが M=4, 5の地震についても僅かに距離による減衰の割合が増加している。

5. 考察

地震動の加速度波形には震央の位置による特徴がみられること 震央距離によって周波数特性が異なることなどが認められている。本研究の基礎資料となった地震の大部分が関東各部、関東東方沖、東北、東北沖合に震源をもちいて 関東より西部の地震動の記録が乏しいことに注意する必要がある。

図-5は 1978年 宮城県沖地震で得られた地盤上、地中又は建物の地階の最大加速度(主に国立防災科学技術センター強震速報による)を余震域の中心(N 38°10' E 142°0'と仮定)からの距離と対応して示したものであって 点に付された番号は観測点とあわす記号である。1~5はダムサイトの岩盤で得られたもので5を除けば距離に対し最も小さい最大加速度となっている。5は構水ダムの記録で最大のピーク値は238ガルであるが2以下のピーク値は130ガル以下となっている。6は空風橋における風化岩石の値で、27は仙台市合同庁舎で地下30m地点の記録である。之等の加速度は何れも距離に対応し最も小さい値となっている。この値は前述の式で M=7.4~7.5とした場合の値と可成りよく一致している。図-6は同様にして1978年

2月20日 巨城県北部沖合で発生した $M=6.7$ の地震の際の地盤上又は地中で記録した最大加速度(主に国立防災科学技術センター-強震速報による)を示したものである。図-5の場合と略々同様な傾向が見出される。図-7は同様にして1978年伊豆大島近海地震の場合のものである。図-80は 中央道環川橋岩盤, 82は 千葉県郡ダム岩盤, 83は 熱海市附近トンネル内, 42は 館山地殻観測所のトンネル内で夫々得られたものである。本地震の場合にはここに提案した経験式が合っていないことがわかる。地震動の特性が異なっているものと推測される。現在之について調査中である。終りに 観測に便宜を与えられた東京電力(株)の方々に感謝します。

