

土 木 研 究 所 資 料

東京湾沿岸における地中地震動特性の解析

昭和57年 7 月

建設省土木研究所
地震防災部・振動研究室

Copyright ©1982 fiscal year by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor transland into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。
したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ま え が き

現在までの強震観測結果によれば、同一の地震により震源から同程度の距離にある2点間でも、両者の地盤条件が異なれば地表面の振動は大きく異なることが知られている。これは、構造物等の耐震設計に考慮される強震動の主要部分は主としてせん断波動であり、これが地中深部から地表に鉛直に伝播している間に、地盤の影響を受けて特性を変化させるためと考えられている。したがって、構造物等の設計地震力の設定に際しては、地震動に及ぼす地盤条件の影響を解明し、これを適切に設計に反映させることが重要な課題である。

このような観点から、建設省関東地方建設局および土木研究所は、東京湾環状道路調査の一環として、昭和44年以後東京湾沿岸の千葉県富津岬、川崎市浮島公園、横須賀市観音崎および横浜市扇島において地中地震観測を継続して行っている。観測開始後、昭和56年2月までの上記4地点における全記録のとりまとめは、土木研究所振動研究室および東京湾岸道路調査事務所により行われている。¹⁾

本報告は、これらの結果をもとに、東京湾沿岸における地中地震動の最大加速度の増幅特性を解析した結果について報告するものである。

昭和57年7月

建設省土木研究所地震防災部振動研究室

室 長 荒 川 直 士

主任研究員 川 島 一 彦

相 沢 興

高 橋 和 之

目 次

まえがき

1. 地中地震観測および地震動記録	1
2. 地中内最大加速度の分布	8
3. 地中地震動の距離減衰特性	13
4. 表層地盤の増幅特性	24
5. 結 論	30
謝 辞	31
参考文献	32
付 録	33

1. 地中地震観測および地震動記録

東京湾周辺の千葉県富津岬、神奈川県川崎市浮島公園、神奈川県横須賀市観音崎および神奈川県横浜市扇島においては、図1-1に示すように東京湾環状道路調査に係わる自然条件調査の一環として、昭和44年以後地中地震動の観測が行われている（表1-1参照）。各観測点の概要はすでに報告した通りである²⁾³⁾

表1-1 東京湾周辺の地中地震観測点

設置位置	設置年度	設置深度
千葉県富津岬	44-10	地表, -70 m, (-110 m), -150 m
川崎市浮島公園	45-1	地表, -27 m, -67 m, -127 m
横須賀市観音崎	46-3	地表, -80 m, -120 m
横浜市扇島	49-3	-5 m, -15 m, -38 m, -160 m

注 富津岬 昭和44年10月～昭和56年3月：地表, -70 m, -110 m
昭和56年4月以後 : 地表, -70 m, -150 m

が、観音崎では地表面と地表面下80 m, 120 mの3箇所、富津岬では地表面と地表面下70 m, 110 mの3箇所（昭和56年4月以後は地下110 mは観測を中止し、地下150 mの観測を開始）、扇島では地表面下5 m, 15 m, 38 m, 160 mの4箇所、浮島公園では地表面と地表面下27 m, 67 m, 127 mの4箇所において、それぞれ観測が行われている。

地盤の構成は、観音崎においては図1-2に示すように地表面から地下120 mまではほぼ様なシルト質岩（地表数mはかなり風化）であり、所々厚さ3 m程度までの砂岩が混っている。浮島公園では図1-3に示すように地表面から地下約50 mまではN値10以下の軟質な沖積シルト、それ以下はN値50以上のよく締まった洪積の砂～礫、富津岬では図1-4に示すように地表面からボーリングの行われた地下150 mまでは砂、シルト質細砂、中砂等から成っている。¹⁾³⁾⁴⁾ 扇島の地盤条件は浮島公園と比較的似ている。

上記4地点において表1-1に示した観測開始日から昭和55年12月25日までに観測された全地中地震記録は、東京湾岸道路調査事務所および土木研究所により整理されている。¹⁾これによると、現在までに合計345回の地震により上記4地点のいずれか1地点において記録が得られており、このうち、地表面での最大加速度が2 gal以上あった記録の個数は、観音崎、富津、扇島、浮島公園に対して、それぞれ155, 74, 28, 28個である。このうち、地震の諸元（マグニチュード、震源等）がはっきりしない記録を除き、観音崎、富津、浮島公園に対して、それぞれ124, 54, 21の記録を後述の解析対象とした。ただし、扇島では記録数が少ないため、解析対象から除外した。これらの記録を震央距離およびマグニチュードM別に分類すると図1-5のようになる。これより、大部分はMが4～6の小規模な地震（マグニチュードの平均は、観音崎、富津、浮島公園に対して、それぞれ4.7, 5.4, 5.5）の記録であり、震央距離も30～150 kmの範囲のものが多くわかる。

また、記録を最大加速度別に分類すると図1-6（観音崎）、図1-7（富津岬）、図1-8（浮島公園）のようになり、大部分は10 gal以下の小さい記録である。



図 1 - 1 東京湾周辺地中地震計設置点図

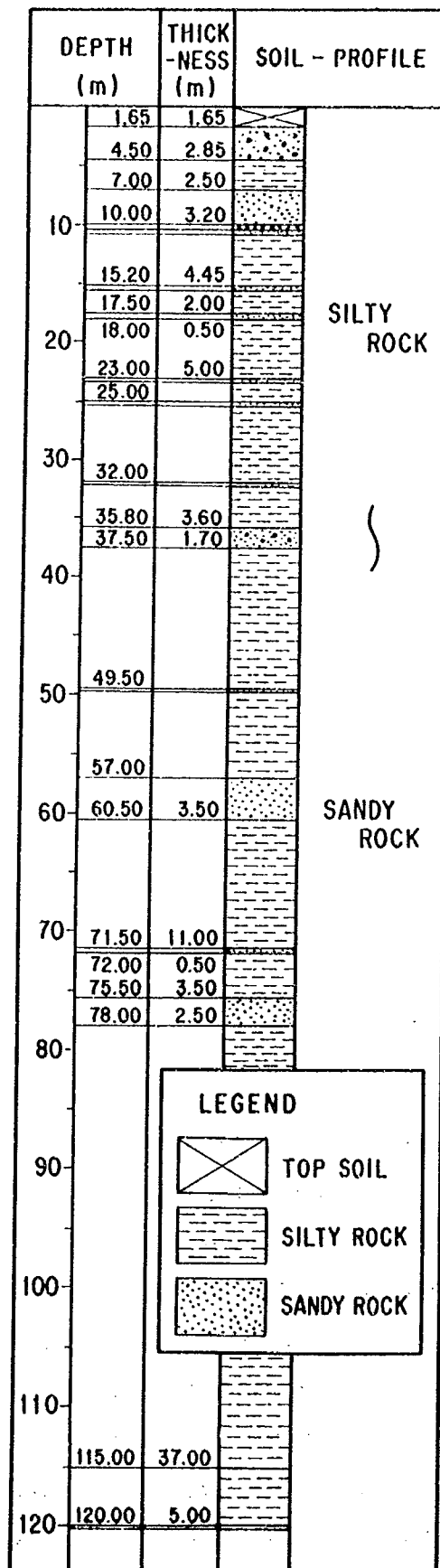


図 1 - 2 観音崎の地盤条件

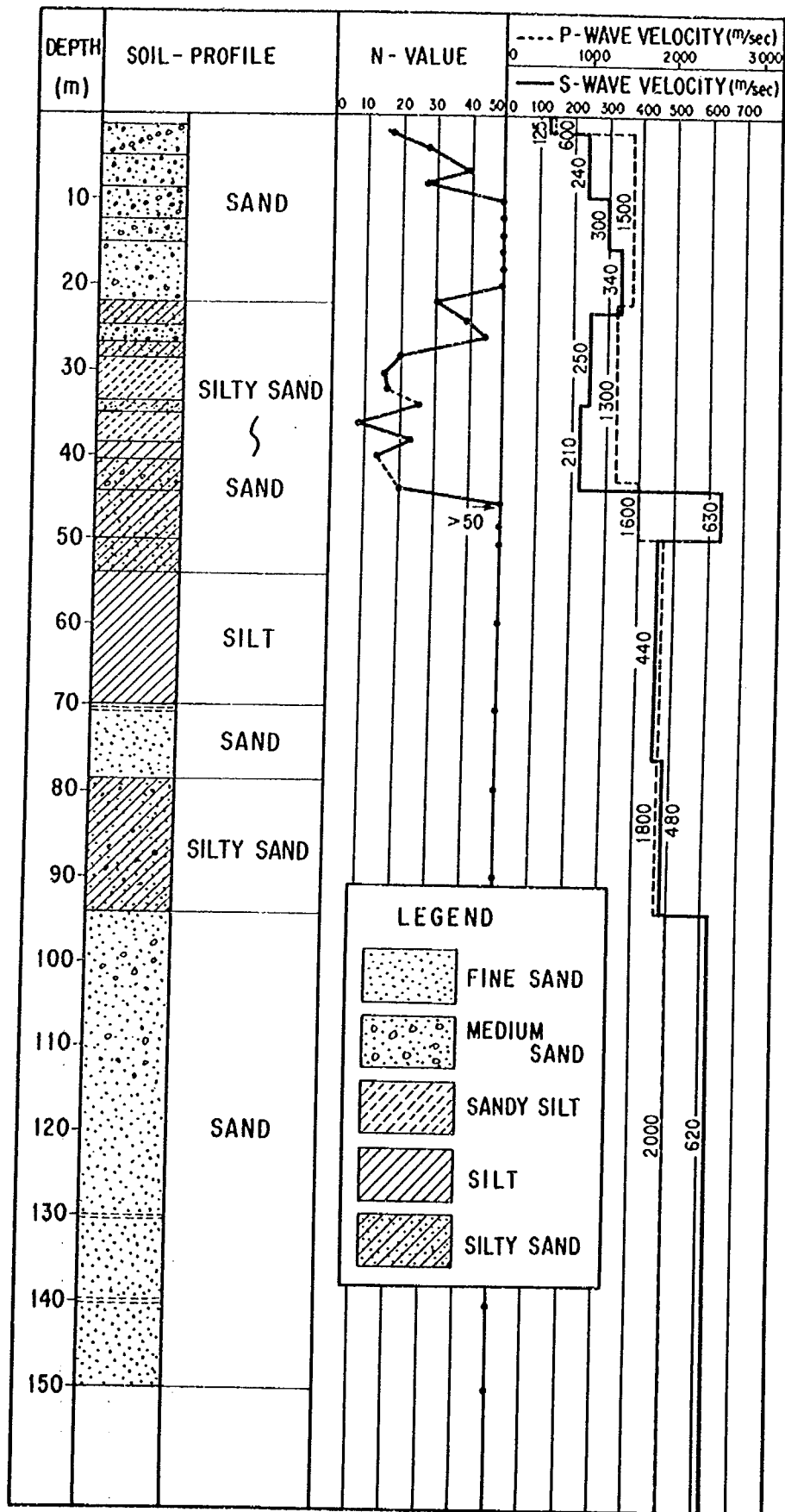


図 1 - 3 富津岬の地盤条件

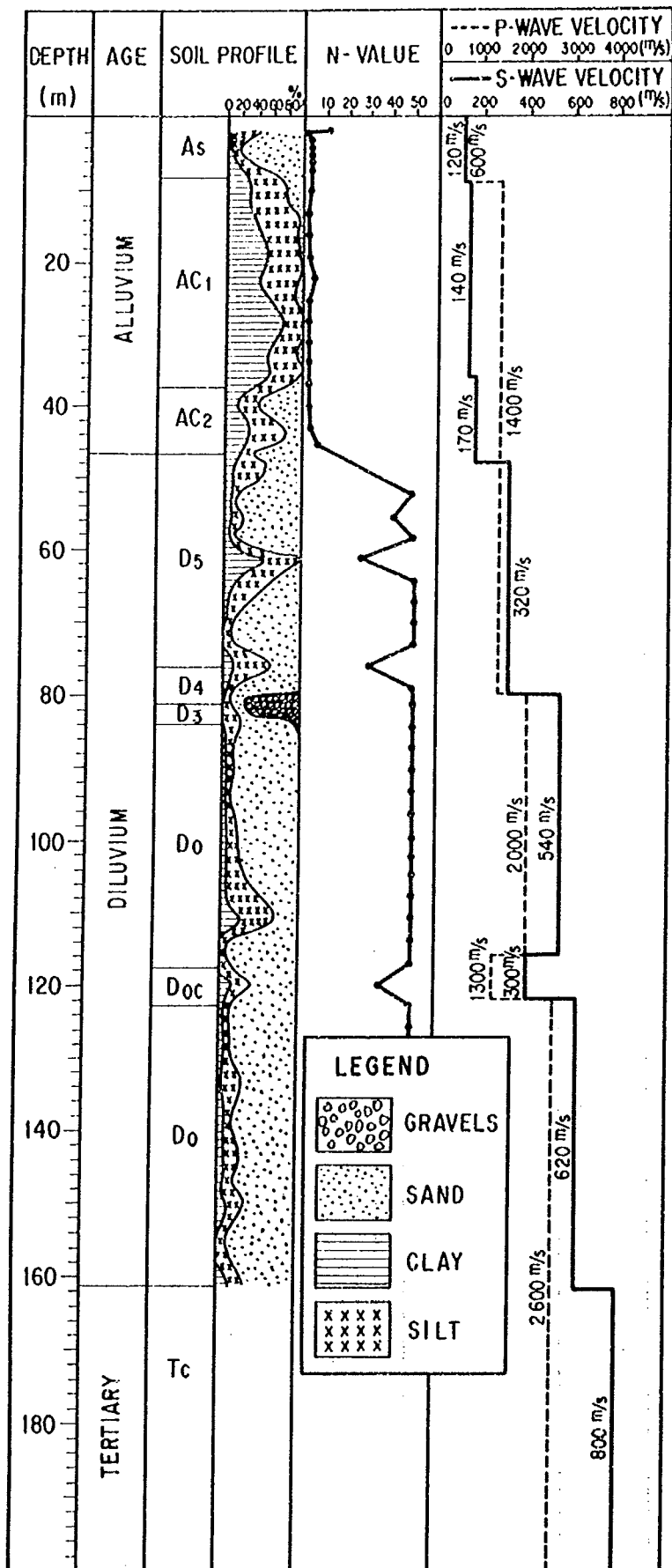
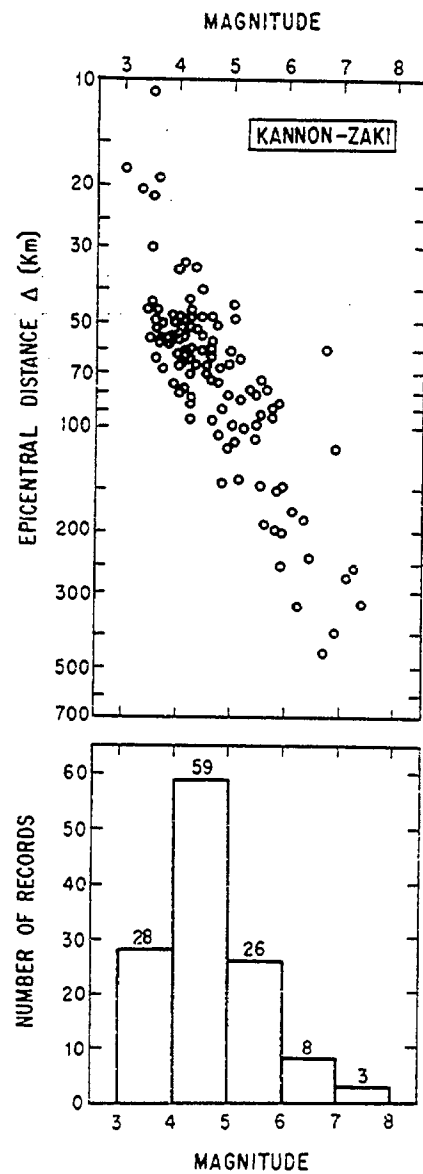
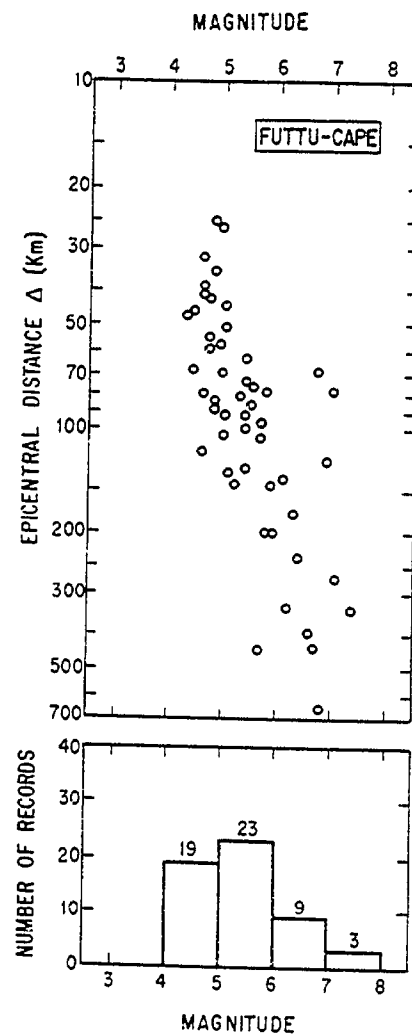


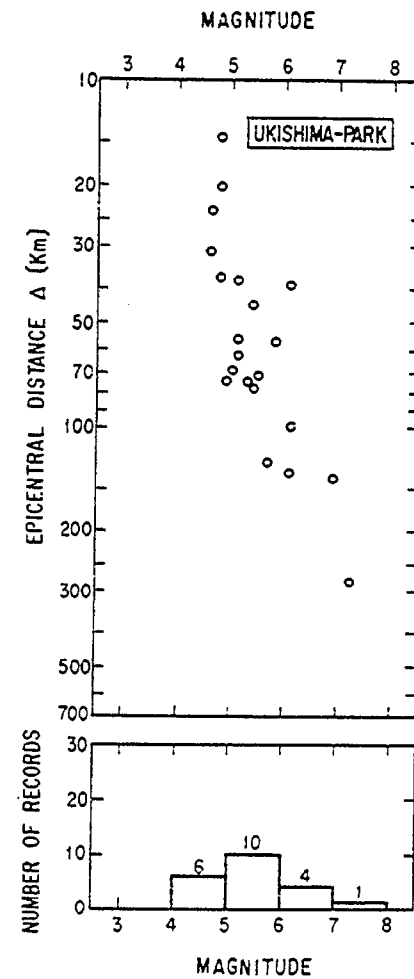
図1-4 浮島公園の地盤条件



(a) 観音崎

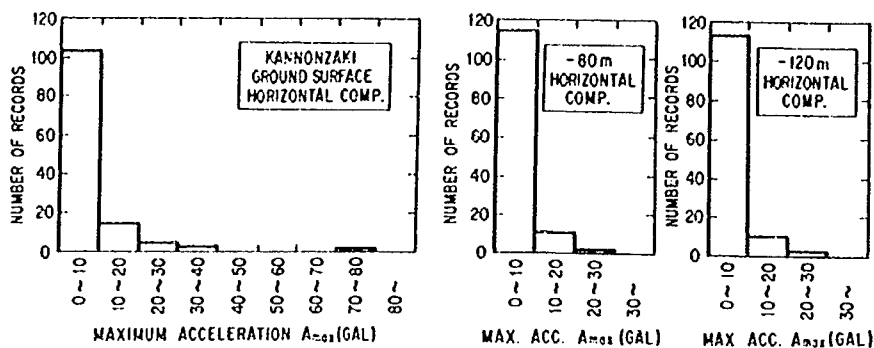


(b) 富津岬

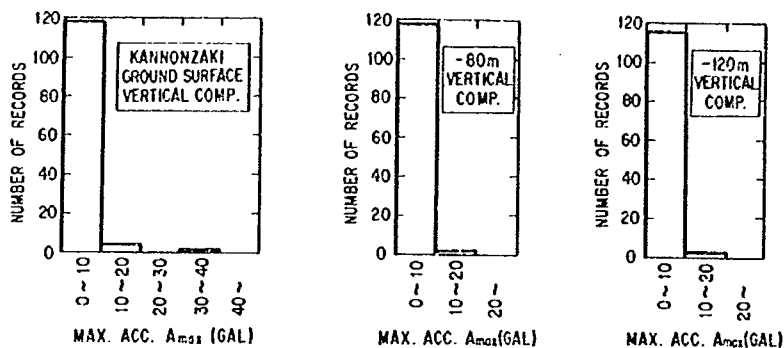


(c) 浮島公園

図 1-5 解析対象記録の震央距離およびマグニチュード別の分類

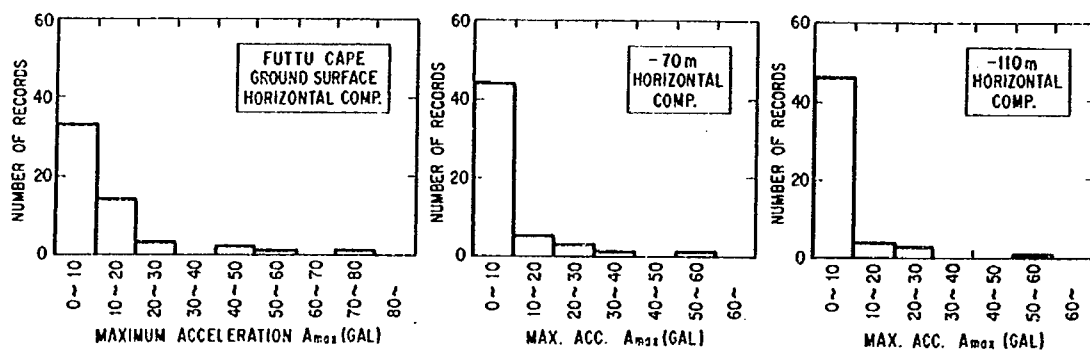


(a) HORIZONTAL COMPONENT

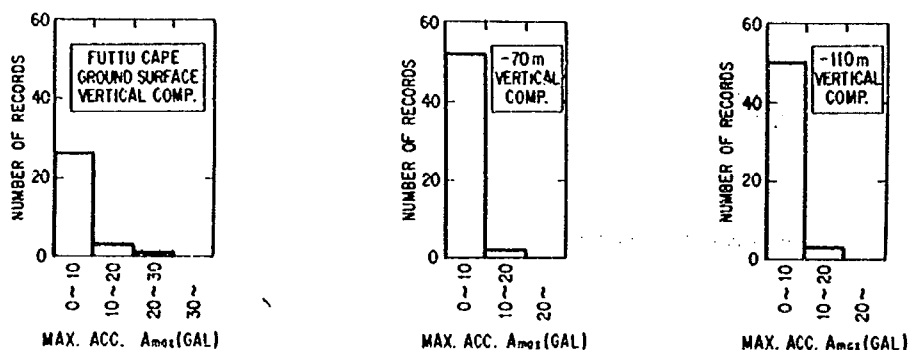


(b) VERTICAL COMPONENT

図1-6 最大加速度別の頻度分布（観音崎）



(a) HORIZONTAL COMPONENT



(b) VERTICAL COMPONENT

図1-7 最大加速度別の頻度分布（富津岬）

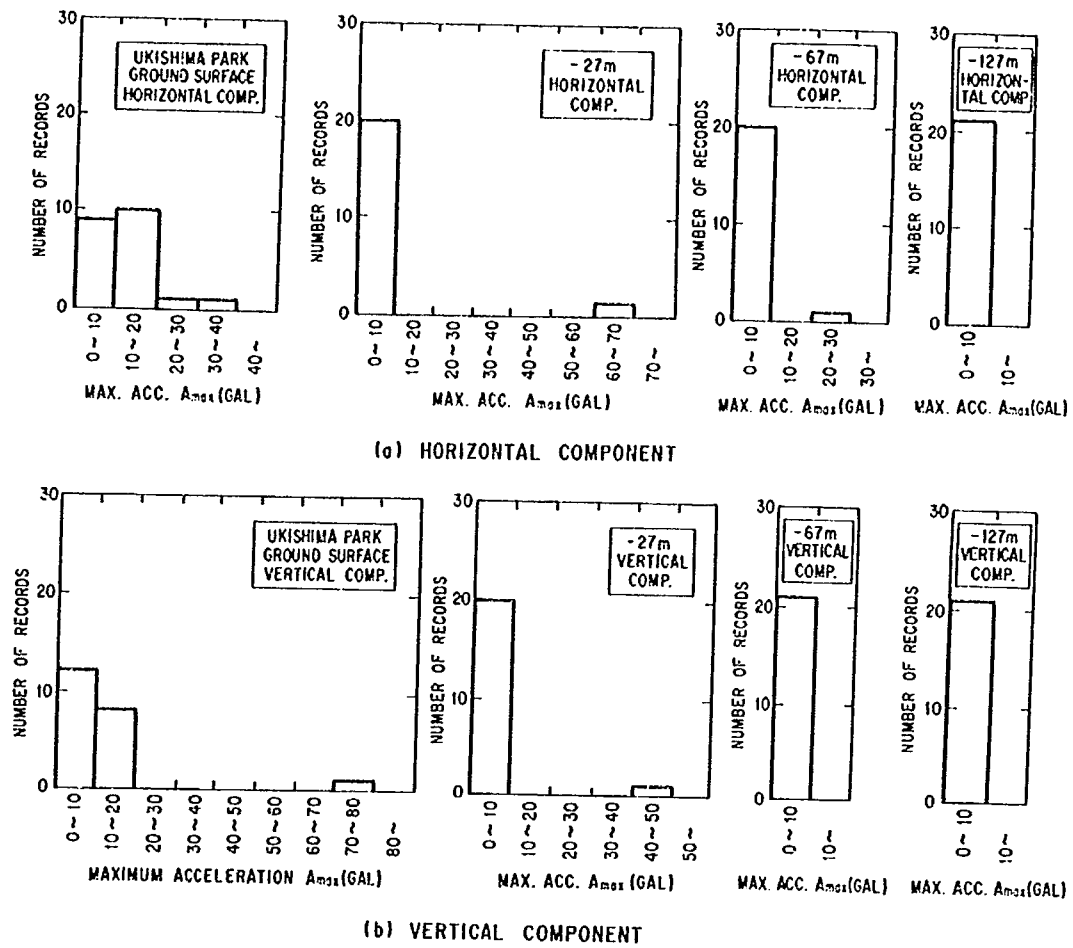


図 1 - 8 最大加速度別の頻度分布（浮島公園）

2. 地中内最大加速度の分布

同一観測点の地中内の加速度分布を比較すると、図2-1（観音崎）、図2-2（富津岬）、図2-3（浮島公園）に示すように地震ごとに相当の変動があると同時に、地表よりも大きな加速度が地中で生じる場合もある。しかし、一般的には加速度振幅は地中深部など減少し、その減少の割合は浮島公園において最も著しい。このような傾向を示すため、それぞれの地点において、地表面における最大加速度を1.0とした場合の地中最大加速度を求め、地震ごとに求まるこれらの値の平均 m およびこれに標準偏差 σ を加減した値を求めると、図2-4（観音崎）、図2-5（富津）、図2-6（浮島公園）のようになる。これらの結果をもとに、個々の観測点ごとに、地中内最大加速度の分布を求めると以下のようになる。

1) 観音崎では、地表面を基準とした場合の最大加速度は、水平成分に着目すると、地表面下80mでは約56%、地表面下120mでは約54%となる。したがって、地表面下80mと地表面下120mの間では、最大加速度はほとんど減少していない。また、上下成分に着目すると、地表面下80mでは約62%、地表面下120mでは約54%となる。したがって、上下成分に関しては、地表面から地表面下120mに至るまで、最大加速度は深さとともにおおむね一定の割合で漸減していると言える。

2) 富津岬では、地表面を基準とした最大加速度は、水平成分に着目すると、地表面下70mでは約61%、地表面下110mでは約50%となる。地表面から地表面下70mまでの間の観測データが無いため、地表付近の増幅度がはっきりしないが、地表から地表面下12mまでの沖積層を除き、それ以深の洪積世の下総層群、上総層群においては、地中深部になるにつれて最大加速度は漸減していると考えられる。これに対して上下成分の場合には、地表面を基準とした最大加速度は、地表面下70mで約41%、地表面下110mでは約53%となる。地表面下110mの方が地表面下70mよりも大きいのが注目されるが、これについては、標準偏差が大きいことからわかるように、地震ごとのばらつきが大きいことに注意しなければならない。

3) 浮島公園では、地表面を基準とした場合の最大加速度は、水平成分に着目すると地表面下27mでは約76%、地表面下67mでは約40%、地表面下が127mでは約35%となる。また、上下成分に着目すると、地表面下27m、67m、127mに対して、それぞれ69%、50%、43%となる。したがって、沖積軟弱層の堆積する地表から地表面下50m程度までの間は、地中深部になる程加速度は大きく減少するが、洪積世の下末吉層群が現われる地表面下50m程度から東京礫層、上部相模層群に至る間は、最大加速度は深さによりそれ程大きく変化しないことがわかる。このような傾向は水平成分および上下成分の両者に表われているが、水平成分の方が上下成分よりも一層顕著にこの傾向を持っている。

次に、上述した地表面最大加速度を基準とした場合の地中内加速度の平均値をもとに、単位深さ当りの最大加速度の減少率 r 〔%/m〕を次式で定義した。

$$r_i = (\beta_i - \beta_{i+1}) / L_i \times 100 \quad [\% / m] \quad (1)$$

ここで、

β_i : 地表面最大加速度を1.0とした場合の第 i 点（地表面を $i=1$ とし、以下、下方に、

$i = 2, 3 \dots$ ととる) における地中内最大加速度の平均値 (図 2-4, 2-5, 2-6 参照)

L_i : i 点と $i+1$ 点の間の垂直距離[m]

式 (1) により r_i を求め、これを地盤条件と対応付けて示すと図 2-7 のようになる。観測点の深度と地層区分が必ずしも対応していないため、式 (1) の r_i は異なった地層間の平均的な減少率を示していると考えられるが、浮島公園の地表～地表面下 27 m のように軟質な沖積地盤の水平成分に対する r_i は約 1 %/m にも達することがわかる。また、3 観測点 (観音崎, 富津岬, 浮島公園) とも、地表面下 70 m 程度以深になると、 r_i は水平成分および上下成分のいずれの場合にも小さくなり、約 0.2 %/m 程度となることがわかる。

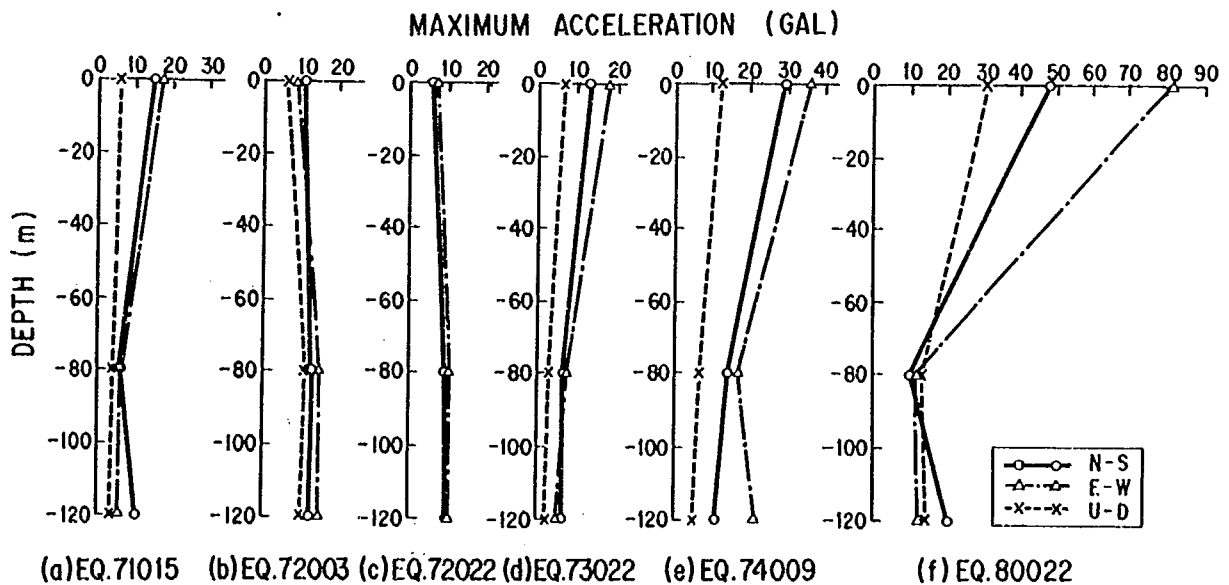


図 2-1 地中内最大加速度の分布 (観音崎)

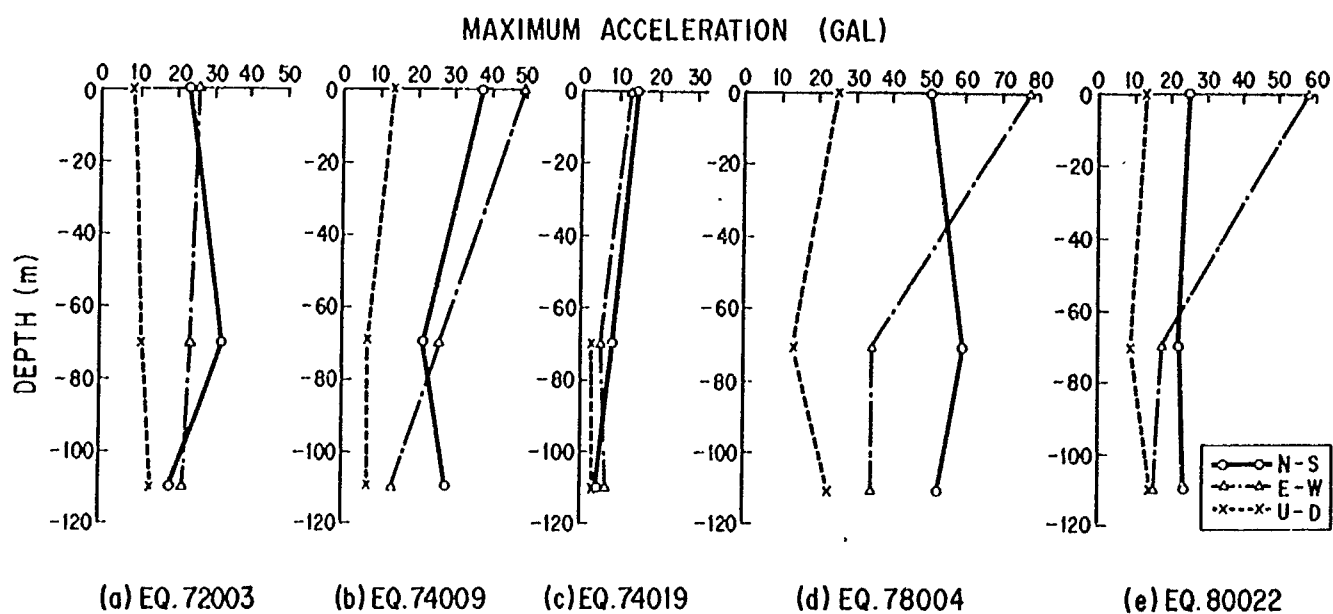


図 2 - 2 地中内最大加速度の分布 (富津岬)

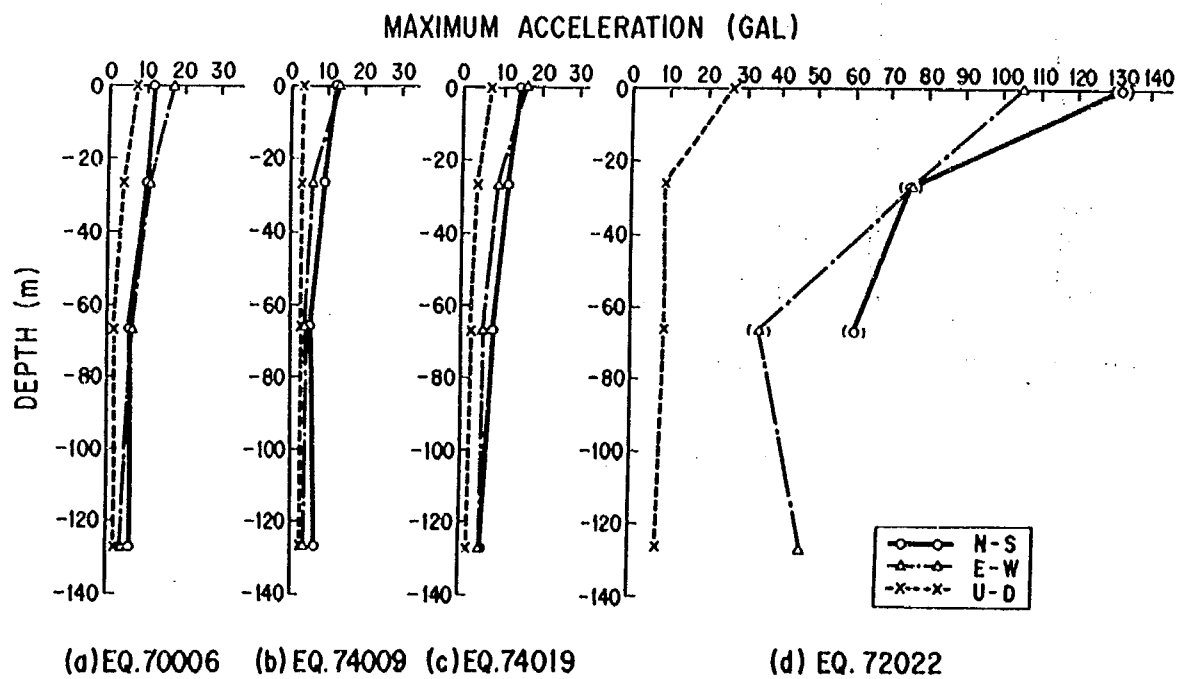


図 2 - 3 地中内最大加速度の分布 (浮島公園)

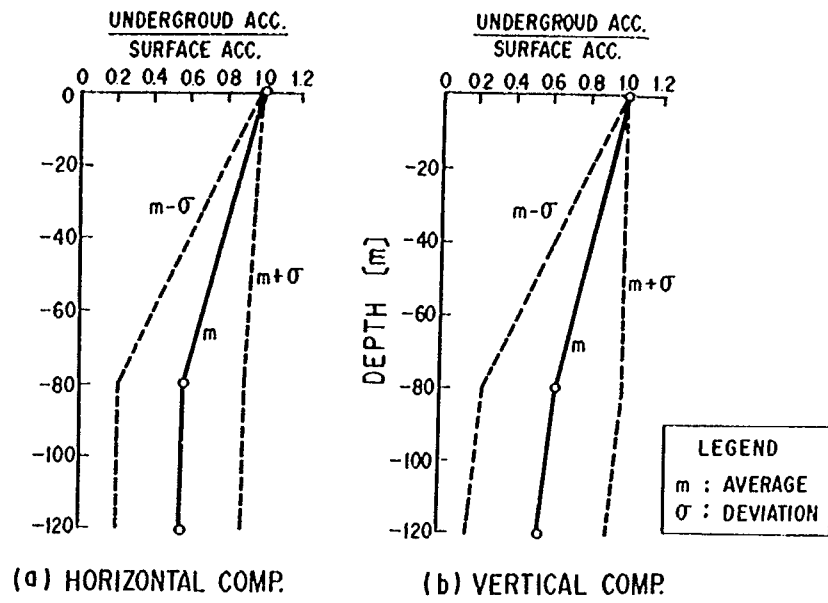


図 2 - 4 地表最大加速度を1.0とした場合の地中最大加速度の平均値（観音崎）

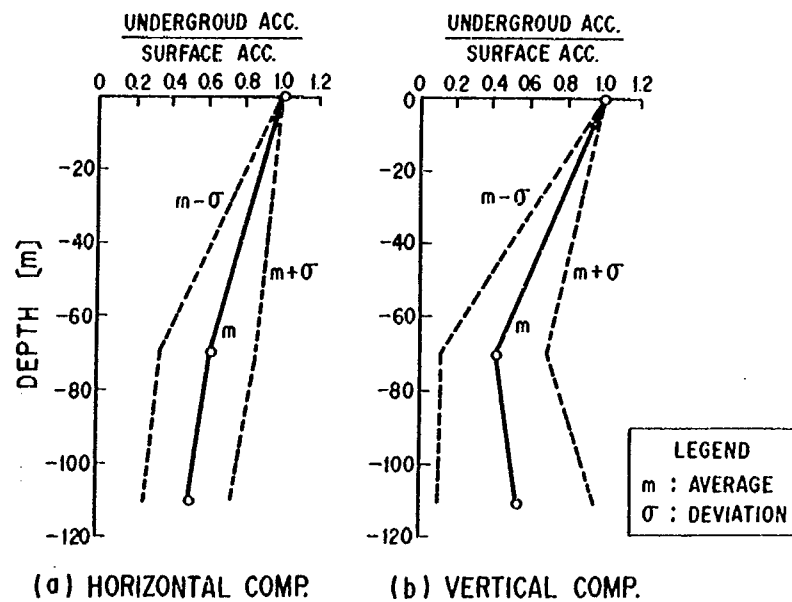


図 2 - 5 地表最大加速度を1.0とした場合の地中最大加速度の平均値（富津岬）

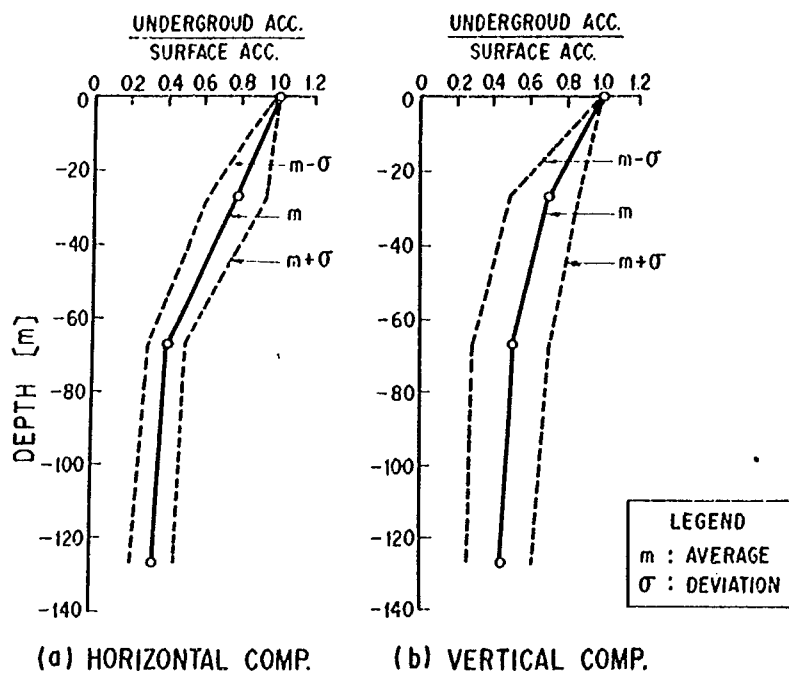


図 2 - 6 地表最大加速度を1.0とした場合の地中最大加速度の平均値（浮島公園）

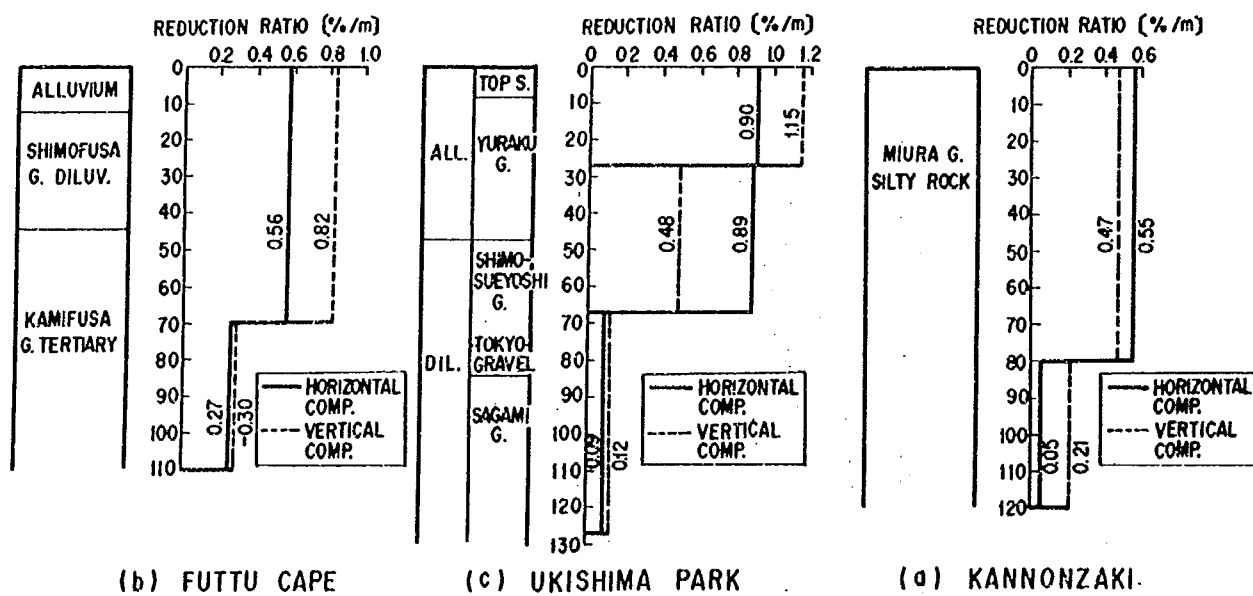


図 2 - 7 単位深さ当りの最大加速度の減少率

3. 地中地震動の距離減衰特性

以上は、個々の観測点における地中内の加速度の分布を示したものであるが、観測点ごとに異なった地震グループから求められた特性であり、これらが相互に比較し得るかどうかは疑問である。また、仮に同一の地震により3観測地点とともに記録が得られていたとしても、震源から3観測地点までの距離等の条件が同じでないため、地中内の地震動の増幅特性等を直接比較することはできない。そこで、3箇所における各観測深度ごとに、最大加速度を地震のマグニチュードMおよび震央距離 D [km]を従属変数とする距離減衰式を求め、これらを相互に比較することにより増幅特性を検討することとした。

解析対象としたのは、水平2成分のいずれか大きい方の最大加速度 a_{Hmax}^x [gal] (x は観測深度[m]を表わす)および上下成分の最大加速度 a_{Vmax}^x [gal]であり、距離減衰式は次式を仮定した。

$$\left. \begin{array}{l} a_{Hmax}^x \\ a_{Vmax}^x \end{array} \right\} = a \times 10^{bM} \times D^c \quad (2)$$

ここで、 a 、 b 、 c は未定係数である。前述した地震諸元の明確な図1～5に示した記録を用いて、重回帰分析により係数 a 、 b 、 c を定めると表3-1のようになる。式(2)による回帰式の重相関係数は0.68～0.82(平均0.78)であり、ある程度実際の距離減衰を近似していると考えることができる。ただし、浮

表3-1 距離減衰式の係数 a 、 b 、 c および重相関係数

	成分	深 度	a	b	c	重相関係数
観 音 崎	水平成分	0 m	6.226	0.408	-1.07	0.683
		- 80 m	0.4431	0.576	-1.13	0.783
		-120 m	0.7317	0.547	-1.13	0.757
	上下成分	0 m	1.600	0.473	-1.13	0.754
		- 80 m	0.1998	0.574	-1.07	0.816
		-120 m	0.2640	0.609	-1.23	0.808
富 津 岬	水平成分	0 m	1.906	0.561	-1.24	0.793
		- 70 m	0.8831	0.598	-1.29	0.800
		-110 m	0.9027	0.638	-1.46	0.814
	上下成分	0 m	15.24	0.462	-1.11	0.784
		- 70 m	0.2312	0.524	-1.01	0.819
		-110 m	0.4759	0.559	-1.25	0.824
浮 島 公 園	水平成分	0 m	0.3704	0.858	-1.87	0.751
		- 27 m	1.939	0.552	-1.35	0.737
		- 67 m	0.3884	0.678	-1.52	0.804
		-127 m	0.2400	0.741	-1.64	0.808
	上下成分	0 m	0.3752	0.695	-1.64	0.783
		- 27 m	0.5391	0.465	-1.09	0.734
		- 67 m	0.0761	0.585	-1.08	0.775
		-127 m	0.0742	0.561	-1.01	0.786

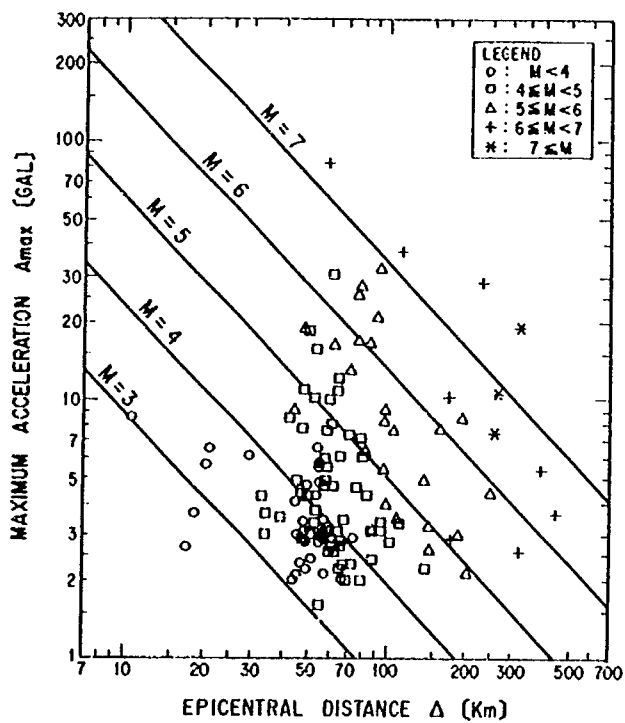
注) 距離減衰式は式(2) 参照

島公園については、記録数が28と少ないため、解析結果が特定の属性の地震に影響されている可能性がある。こうした点については、将来記録の蓄積を図り、再検討が必要と考えられる。

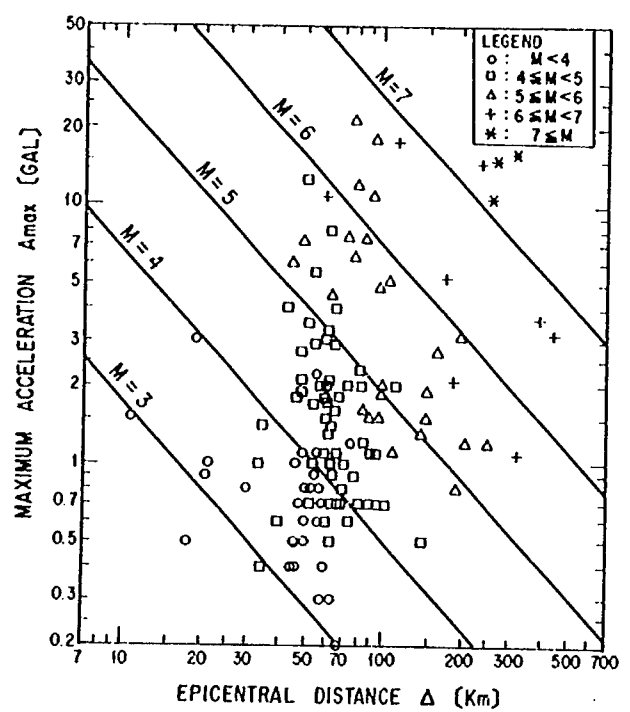
式(2)により、最大加速度の距離減衰式を実測値と比較して、観測地点ごとに $M=6$ および7の場合について示すと、水平成分については図3-1(観音崎)、図3-2(富津岬)、図3-3(浮島公園)、上下成分については図3-4(観音崎)、図3-5(富津岬)、図3-6(浮島公園)のようになる。また、観測地点ごとに、距離減衰式と比較すると、図3-7(観音崎)、図3-8(富津岬)、図3-9(浮島公園)のようになる。これより、各深度ごとの距離減衰を比較すると、観音崎では地表面下80mと地表面下120m、富津岬では地表面下70mと地表面下110m、浮島公園では地表面下67mと地表面下127mが、それぞれ非常に近い傾向を有している。これは、このような深度における地盤が硬く、この間での増幅が小さいことを示している。

次に、式(2)により3箇所の観測地点間の最大水平加速度を地表面および最も深い観測深度の両所について比較すると図3-10(水平成分)および図3-11(上下成分)のようになる。ここで、最も深い観測深度とは、観音崎、富津岬、浮島公園に対して、それぞれ、地表面下120m、110m、127mであり、これらは深さが多少異なっているが、この程度の差異は問題ないものと考えた。同一の震央距離における地表面位置の最大加速度を3観測点間で比較すると、マグニチュード M および震央距離 d により一様ではないが、 M が大きい程、また d が小さい程、浮島公園が一番大きく、以下、富津岬、観音崎の順となり、地盤が軟質な程、最大加速度も大きくなる傾向が認められる。ただし、震央距離の増加による最大加速度の減少率(式(2)の係数 $-c$ 、表3-1参照)は、浮島公園の場合が富津岬および観音崎の場合よりもかなり大きいことが注目される。これについては、浮島公園の記録数が一番少なく(図1-5参照)、式(2)の重回帰分析結果の精度等も含めて、今後の観測記録の蓄積を待って検討していきたい。

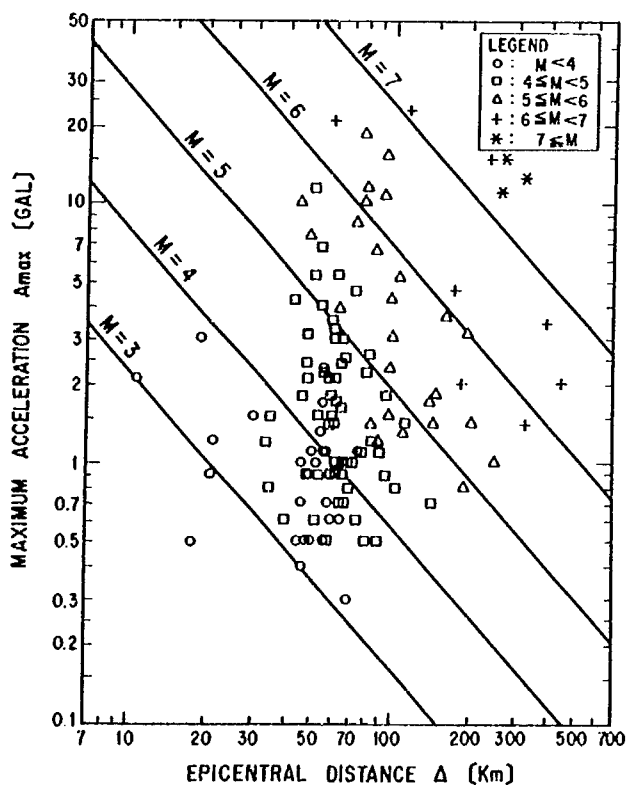
また、同一の震央距離における最深部の最大加速度を3観測点間で比較すると、上述した地表面の最大加速度の場合と同じように、 M および d により一様ではない。しかしながら、最深部の3観測点間の最大加速度は、地表面に比較してばらつきが小さく、相互に比較的近接した値となっている。このような点は、設計地震力を設定する際、表層地盤の増幅作用を受け、ばらつきの大きい地表面を避け、地中の基盤面(耐震計算上の基盤面)で与える手法の妥当性を示すものと考えられる。しかしながら、最深部においては同一震央距離に対する最大加速度の幅が3観測点間で比較的小さいといっても、なおその幅は2倍程度あり、東京湾沿岸における耐震設計上の基盤面および基盤地震動を選定する際には、このような点を十分考慮することが必要とされる。



(a) 地 表 面

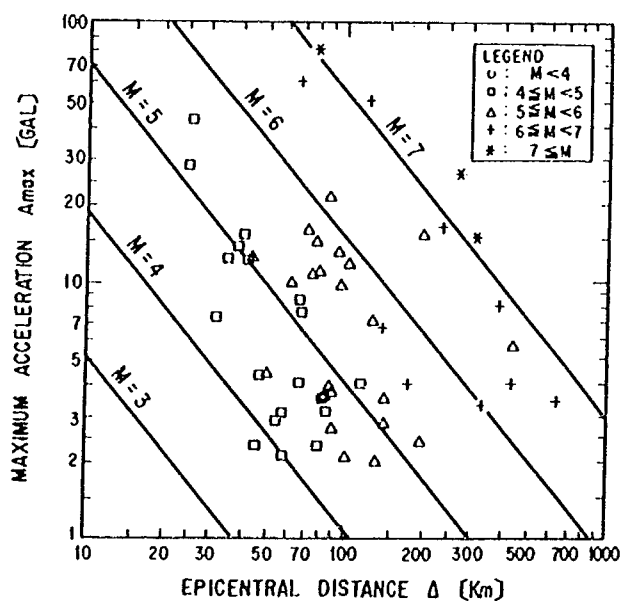


(b) 地表面下 80 m

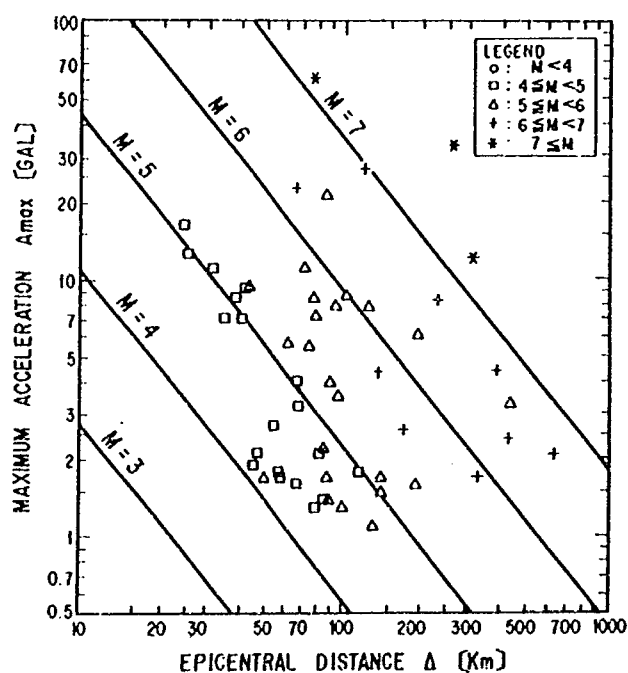


(c) 地表面下 120m

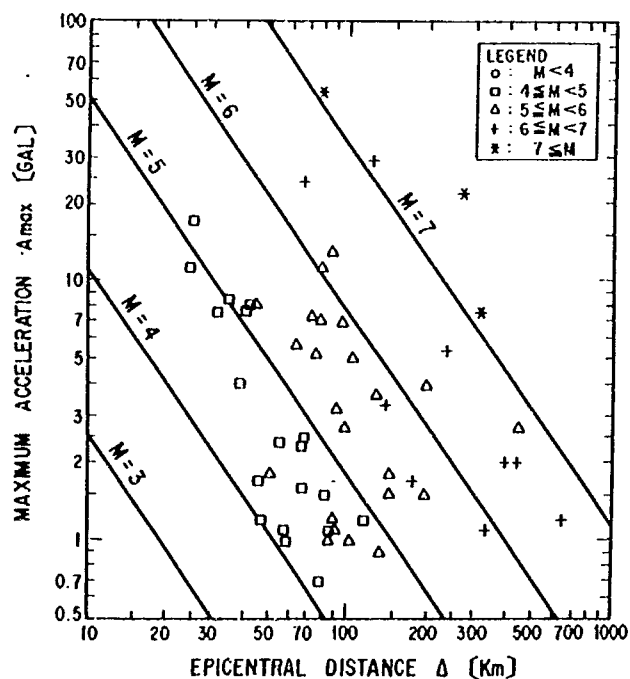
図 3 - 1 最大加速度の距離減衰（観音崎，水平成分）



(a) 地 表 面

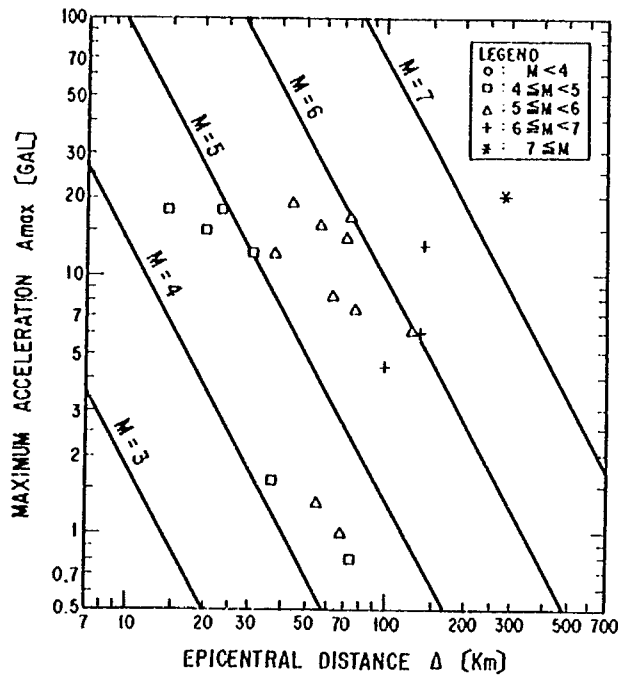


(b) 地表面下 70 m

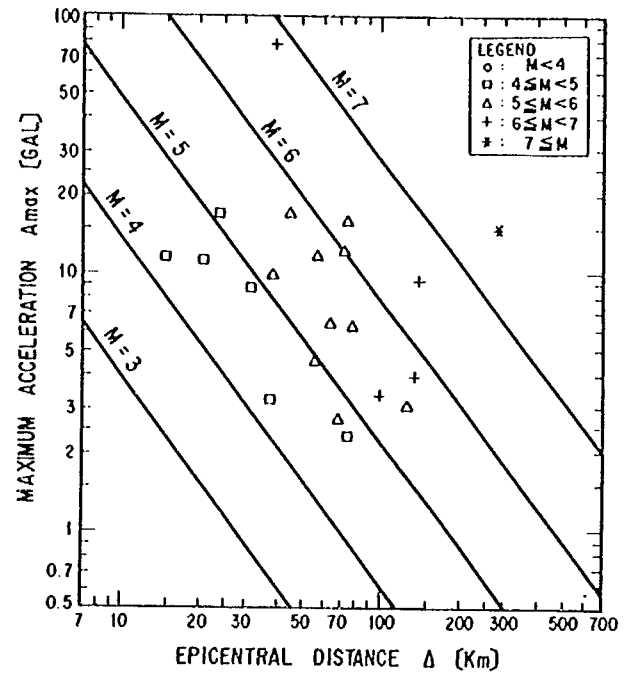


(c) 地表面下 110m

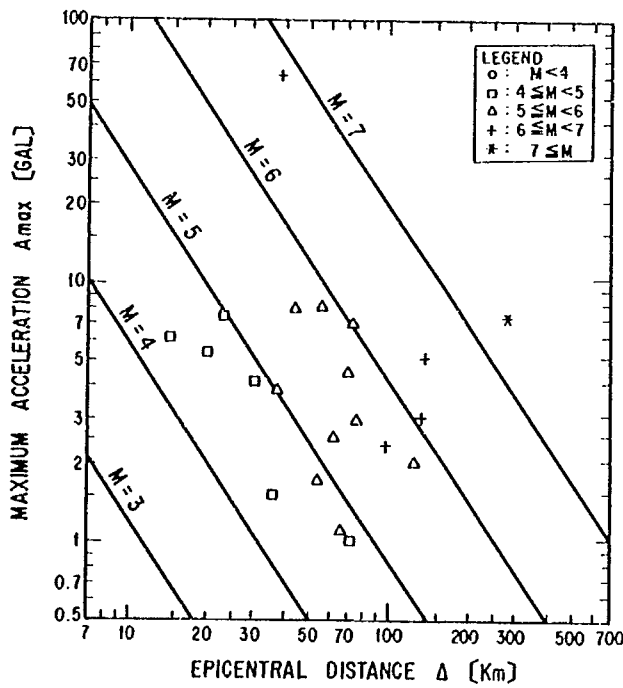
図 3 - 2 最大加速度の距離減衰 (富津岬, 水平成分)



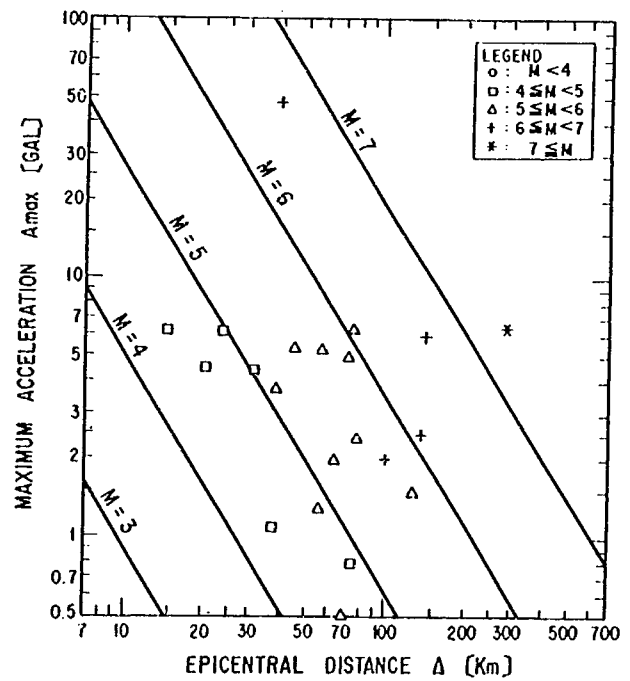
(a) 地 表 面



(b) 地表面下 27 m

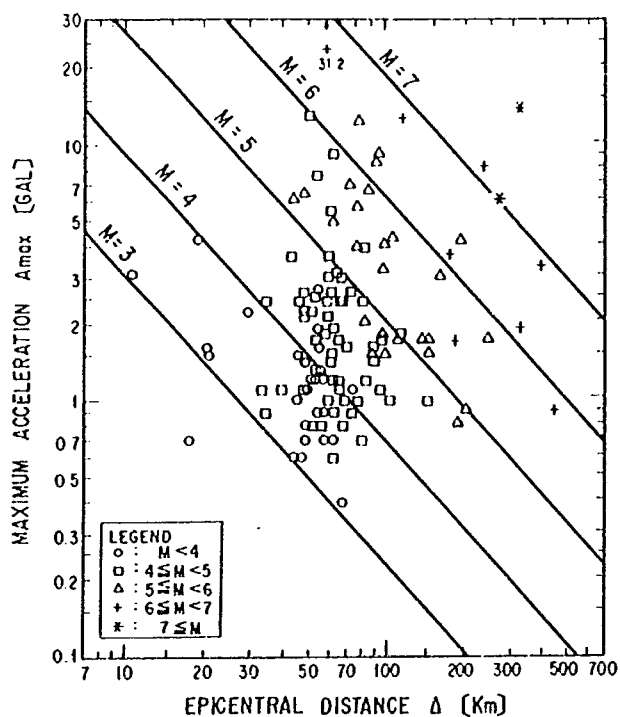


(c) 地表面下 67 m

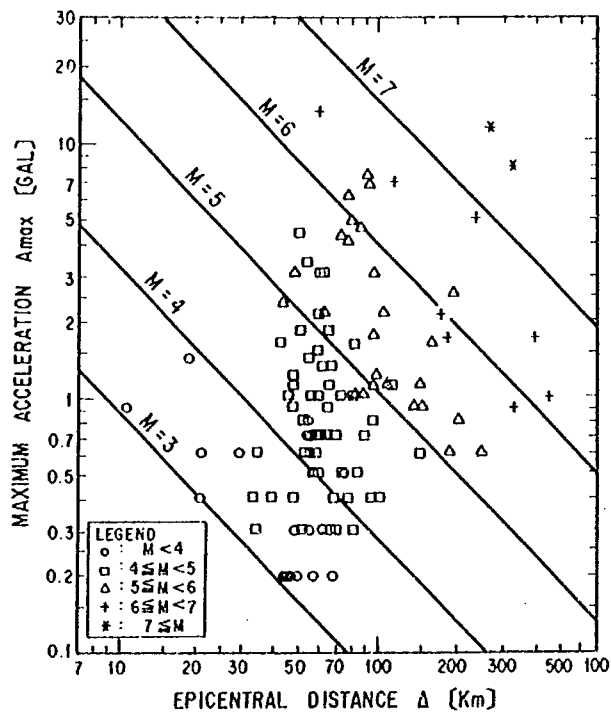


(d) 地表面下 127 m

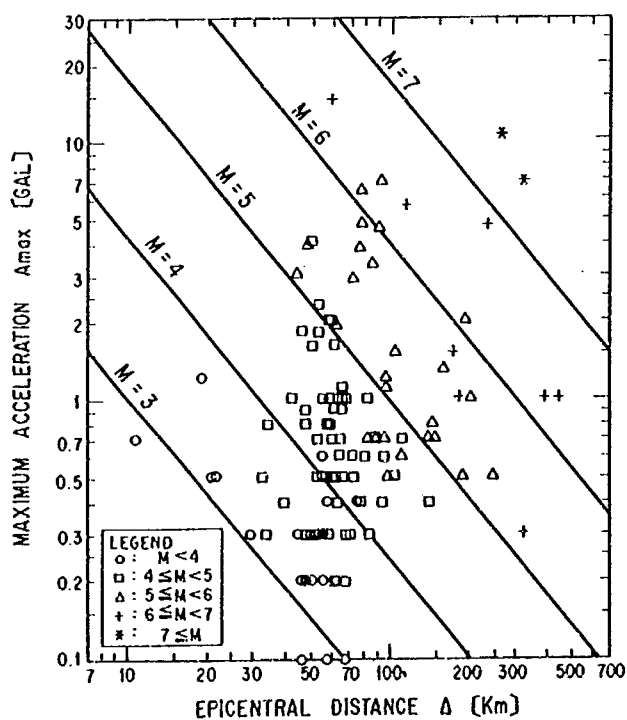
図 3 - 3 最大加速度の距離減衰（浮島公園，水平成分）



(a) 地 表 面

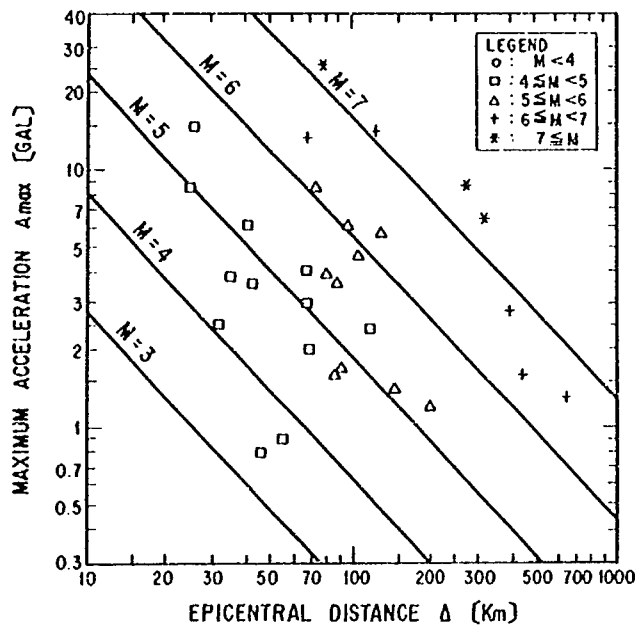


(b) 地表面下 80 m

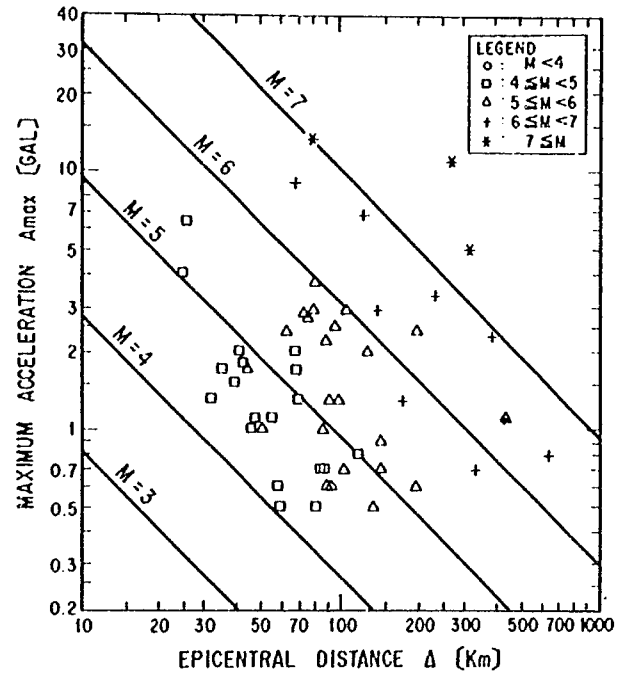


(c) 地表面下120m

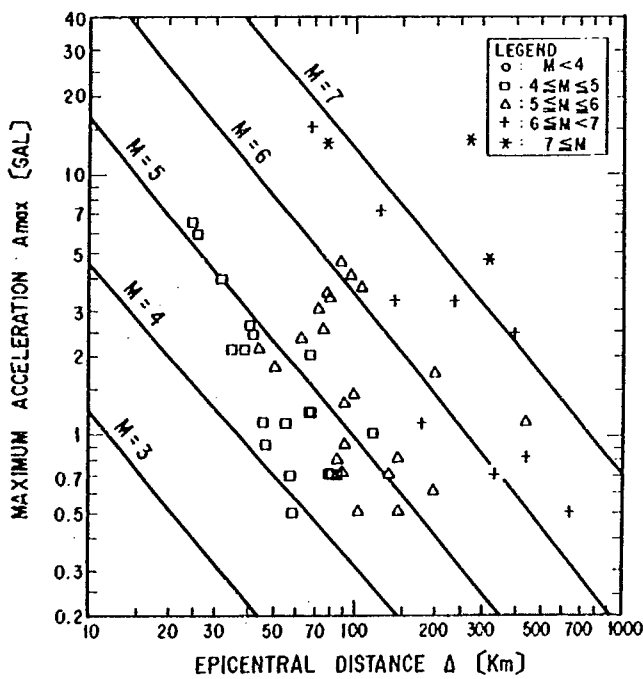
図 3-4 最大加速度の距離減衰(観音崎, 上下成分)



(a) 地 表 面

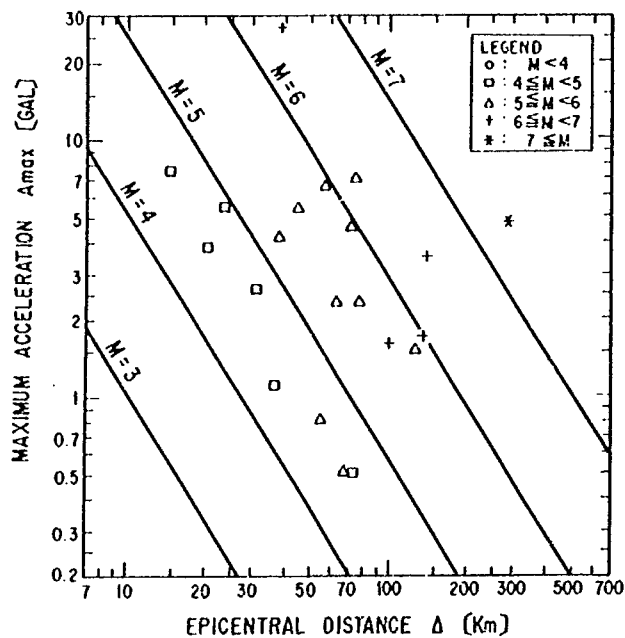


(b) 地表面下 70 m

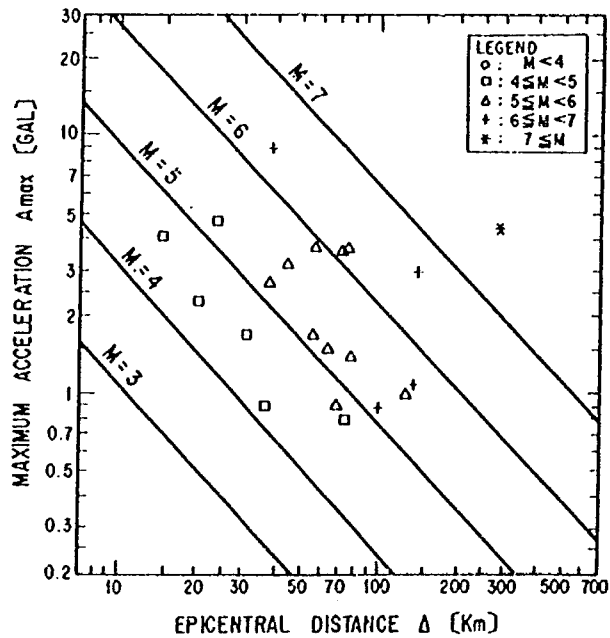


(c) 地表面下 110 m

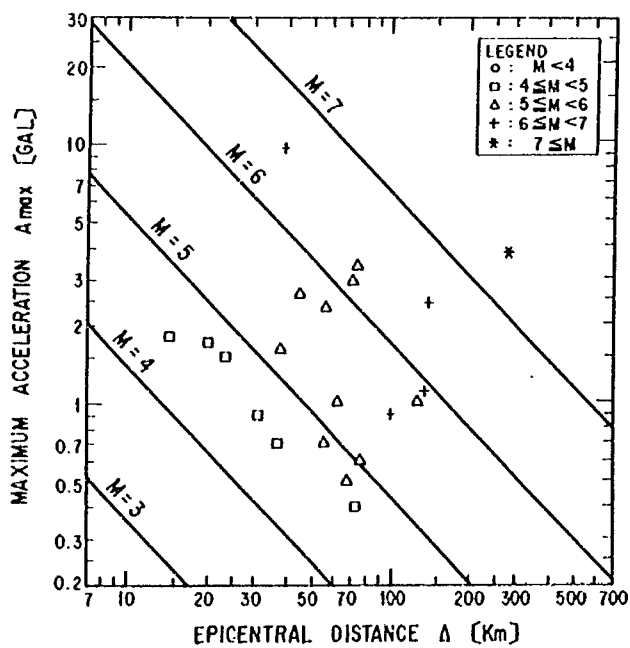
図 3 - 5 最大加速度の距離減衰（富津岬，上下成分）



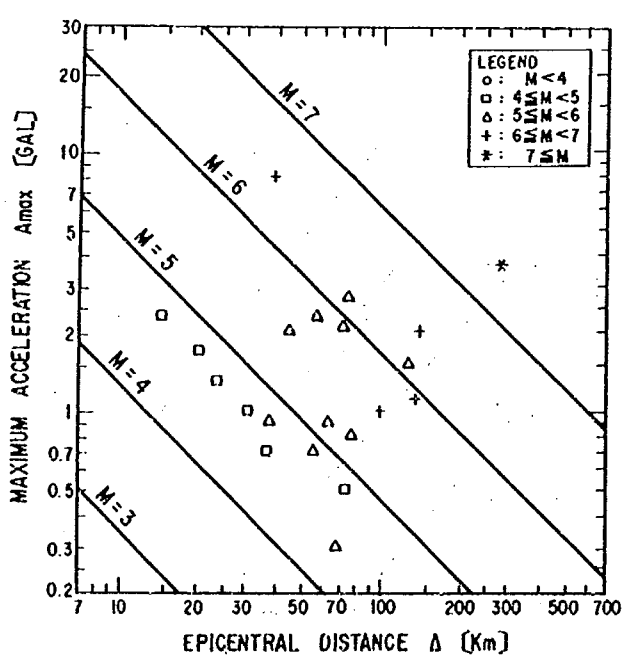
(a) 地 表 面



(b) 地表面下 27 m

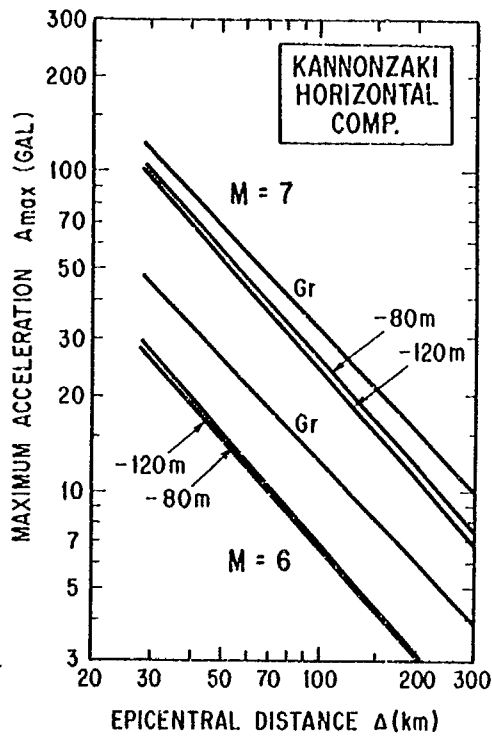


(c) 地表面下 67 m

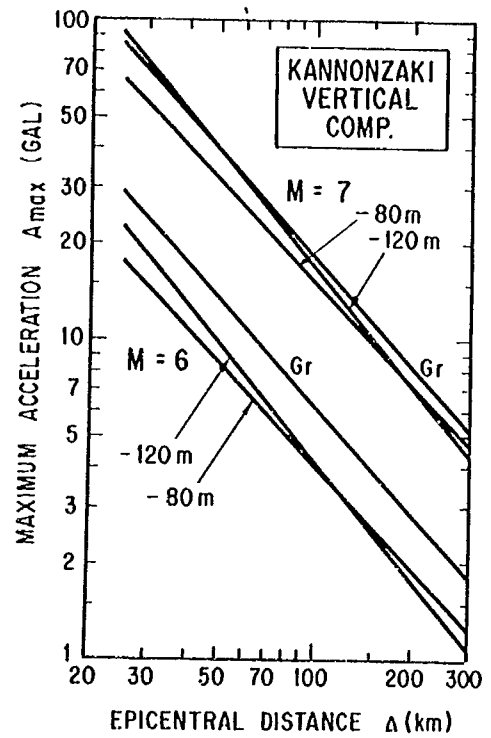


(d) 地表面下 127 m

図 3 - 6 最大加速度の距離減衰（浮島公園，上下成分）

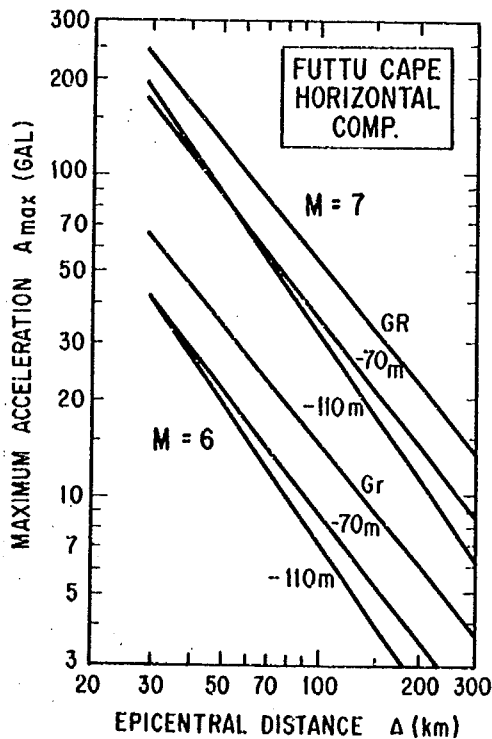


(a) HORIZONTAL COMPONENT

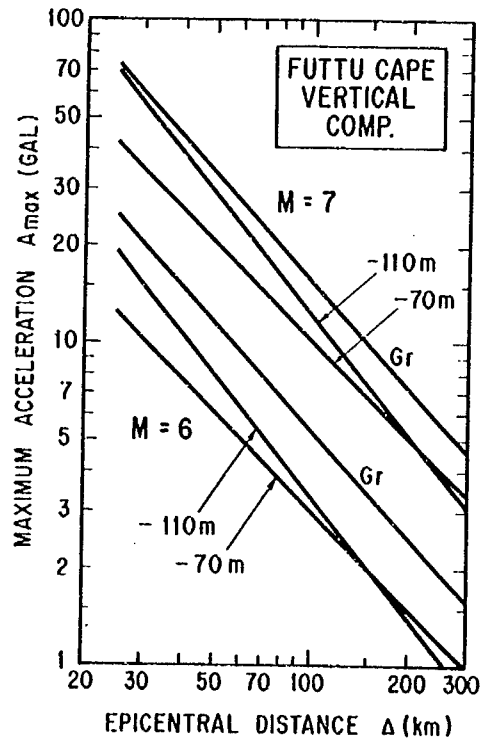


(b) VERTICAL COMPONENT

図3-7 最大加速度の距離減衰式 ($M = 6, 7$ の場合, 観音崎)

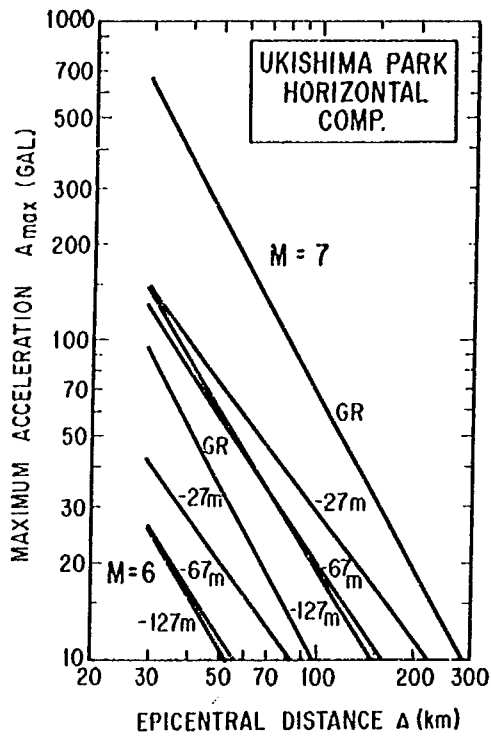


(a) HORIZONTAL COMPONENT

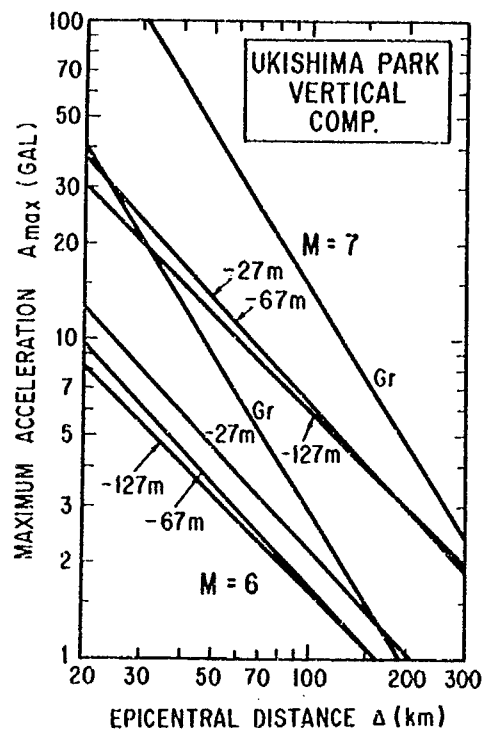


(b) VERTICAL COMPONENT

図3-8 最大加速度の距離減衰式 ($M = 6, 7$ の場合, 富津岬)

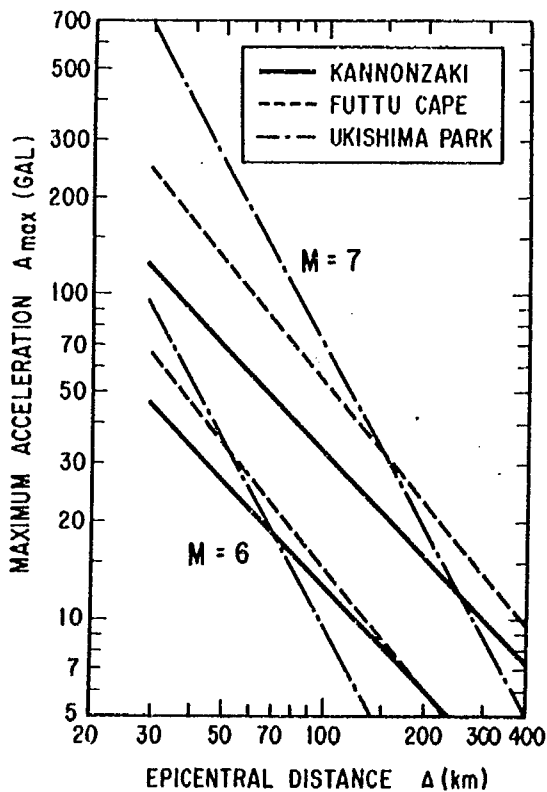


(a) HORIZONTAL COMPONENT

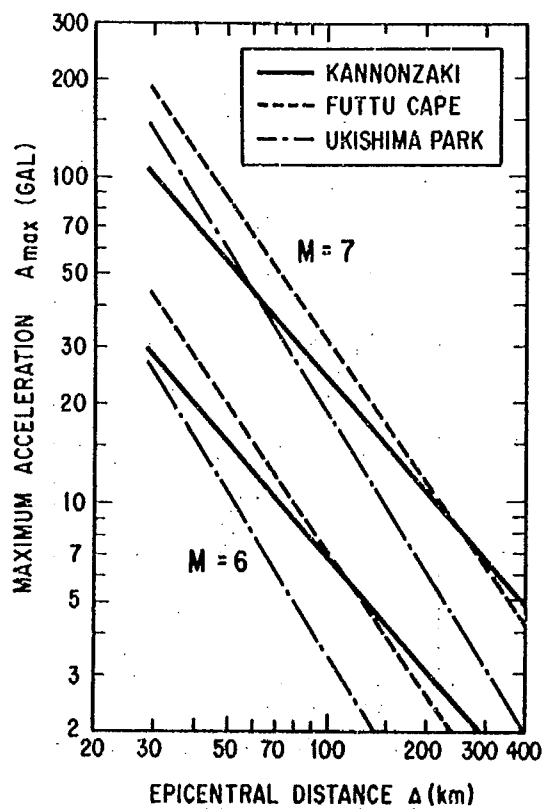


(b) VERTICAL COMPONENT

図 3-9 最大加速度の距離減衰式 ($M=6, 7$ の場合, 浮島公園)

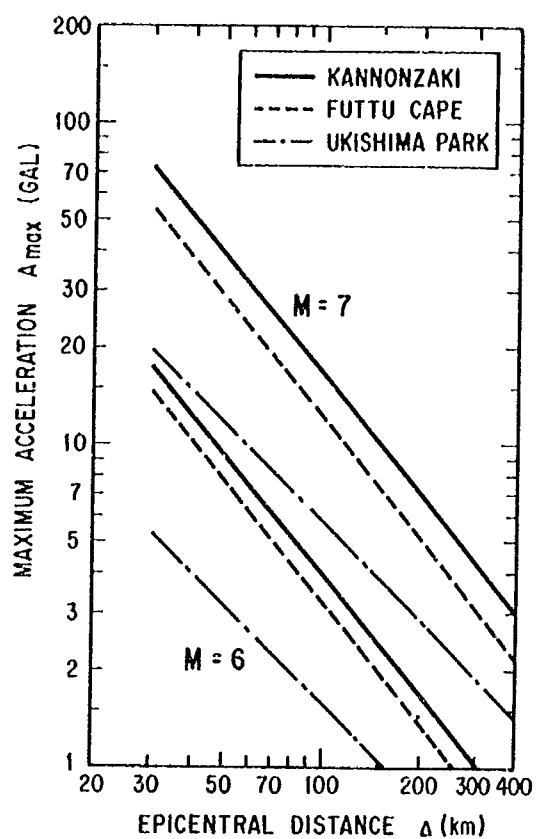


(a) GROUND SURFACE

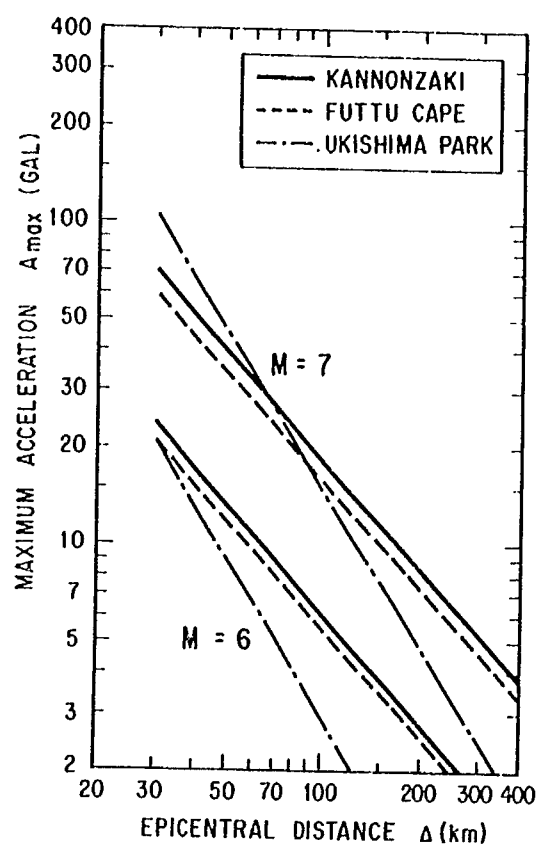


(b) THE DEEPEST POINT

図 3-10 3 地点における水平成分最大加速度の距離減衰の比較



(a) GROUND SURFACE



(b) THE DEEPEST POINT

図 3-11 3 地点における上下成分最大加速度の距離減衰式の比較

4. 表層地盤の増幅特性

次に、式(2)で求めた観測点ごとの最大加速度の距離減衰式を用いて、表層地盤の増幅特性を検討した。いま、ある地点において深度 x [m] における水平および上下成分の最大加速度をそれぞれ $a_{H\max}^x$ 、 $a_{V\max}^x$ とすれば、深度 x [m] の観測点に対する深度 y [m] の観測点の増幅率 $\beta^{y/x}$ は次式で与えられる。

$$\beta^{y/x} = \left\{ \begin{array}{l} a_{H\max}^y / a_{H\max}^x \\ a_{V\max}^y / a_{V\max}^x \end{array} \right\} = a' \times 10^{b'M \times d^c} \quad (3)$$

式(3)に式(2)を代入することにより、増幅率 $\beta^{y/x}$ をマグニチュード M および震央距離の関数として求めることができる。係数 a' 、 b' 、 c' を式(2)から求めると表4-1のようになる。

表4-1 最大加速度の増幅率の係数 a' 、 b' 、 c' (式(3)参照)

観測所名	成分	深度間の増加率	a'	b'	c'
観音崎	水平	$\beta_H^{0/-80}$	14.051	-0.168	0.06
		$\beta_H^{80/-120}$	0.606	0.029	0.02
		$\beta_H^{0/-120}$	8.509	-0.143	0.08
	上下	$\beta_V^{0/-80}$	8.008	-0.101	-0.06
		$\beta_V^{80/-120}$	0.757	-0.035	0.16
		$\beta_V^{0/-120}$	6.060	-0.136	0.1
富津岬	水平	$\beta_H^{0/-70}$	2.158	-0.037	0.05
		$\beta_H^{70/-110}$	0.978	-0.04	0.17
		$\beta_H^{0/-110}$	2.111	-0.077	0.22
	上下	$\beta_V^{0/-70}$	6.592	-0.062	-0.1
		$\beta_V^{70/-110}$	0.486	-0.035	0.24
		$\beta_V^{0/-110}$	3.202	-0.097	0.14
浮島公園	水平	$\beta_H^{0/-27}$	0.191	0.306	-0.52
		$\beta_H^{27/-67}$	4.992	-0.126	0.17
		$\beta_H^{67/-127}$	8.079	-0.189	0.29
		$\beta_H^{0/-127}$	0.015	0.117	-0.23
	上下	$\beta_V^{0/-27}$	0.696	0.23	-0.55
		$\beta_V^{27/-67}$	0.539	-0.12	-0.01
		$\beta_V^{67/-127}$	7.265	-0.096	-0.08
		$\beta_V^{0/-127}$	5.057	0.134	-0.63

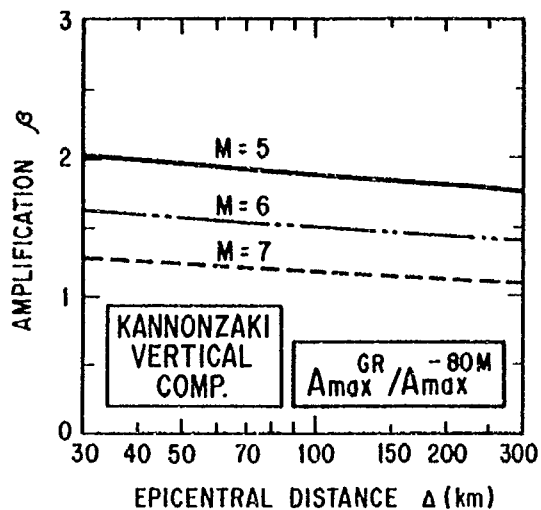
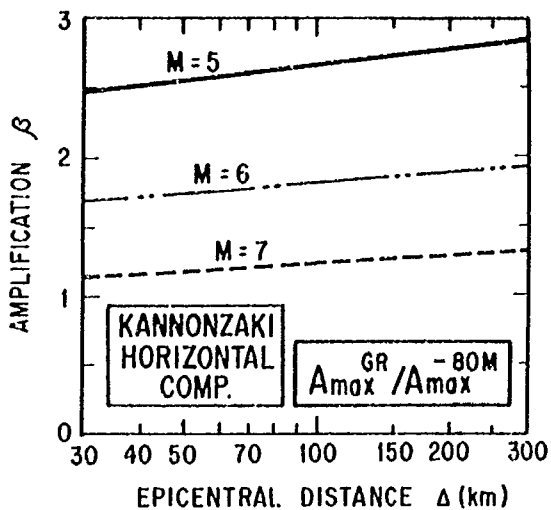
このようにして、各観測地点ごとに、上下方向に相隣る2観測点間の増幅率を求めると、図4-1(観音崎)、図4-2(富津岬)、図4-3(浮島公園)のようになる。これらの結果を主として水平成分に着目してまとめると、表層地盤の増幅率 $\beta^{y/x}$ に関して以下の事項が指摘される。

1) 観音崎では、 $\beta^{0/80}$ は M が小さくなるにつれ増加するが、 $\beta^{80/120}$ は、 M によってほとんど変化をしない。また、 $\beta^{0/80}$ 、 $\beta^{80/120}$ と震央距離 d によってほとんど変化しない。したがって、地表面下120mから80mの間では、増幅率は M および d によらず常にほぼ1.0程度であり、この間では最大加速度の増幅がどの

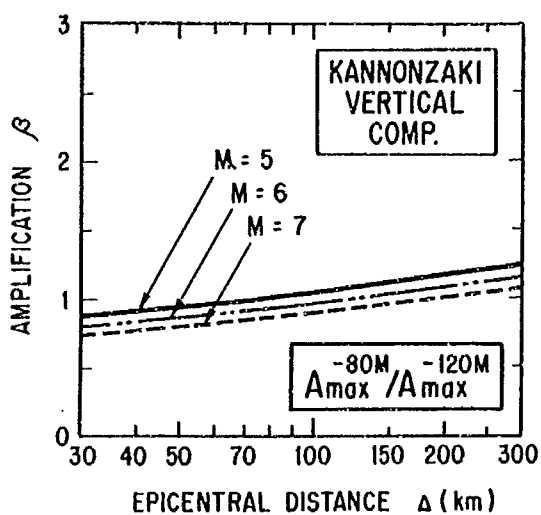
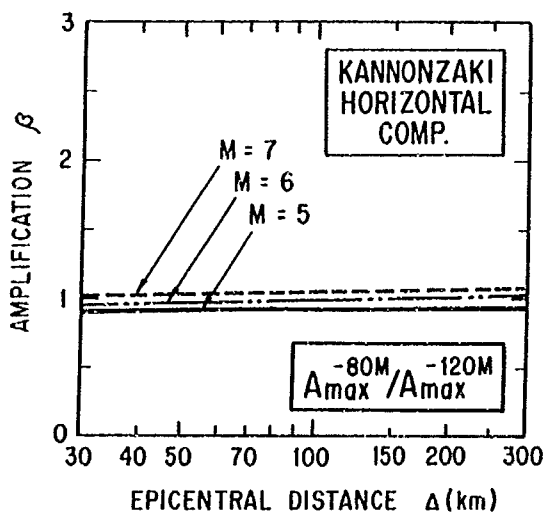
ような条件下でも生じないことを示している。これに対して、地表面から地表面下 80 mの間では、小規模地震の場合ほど増幅率が大きく、 $M=5$ の場合には増幅率は 2.5 ～ 3 倍になることがわかる。

2) 富津岬では、 $\beta^{0/70}$ および $\beta^{70/110}$ とともに、 M が小さい程、また、 Δ が大きい程、わずかではあるが大きくなる傾向にある（上下方向の $\beta^{0/70}$ だけは、 Δ の増加に伴い減少する）。すなわち、地中深部の地表面下 110 m ～ 70 m の間においても、増幅率は M および Δ により 1 ～ 1.5 倍程度変化しており、上述した観音崎における地表面下 120 m ～ 80 m 間の増幅率が M 、 Δ にはほとんどよらないことと対照的である。

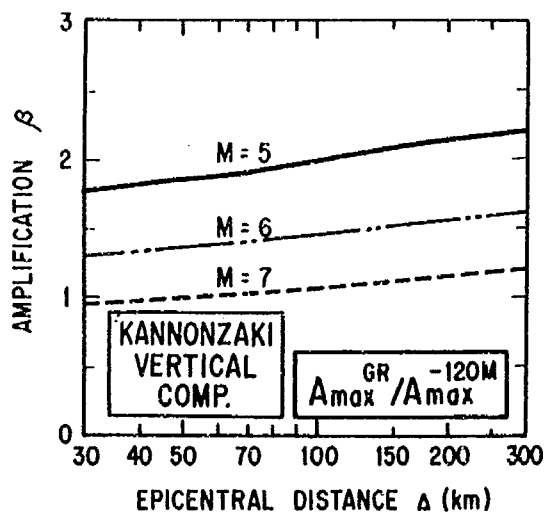
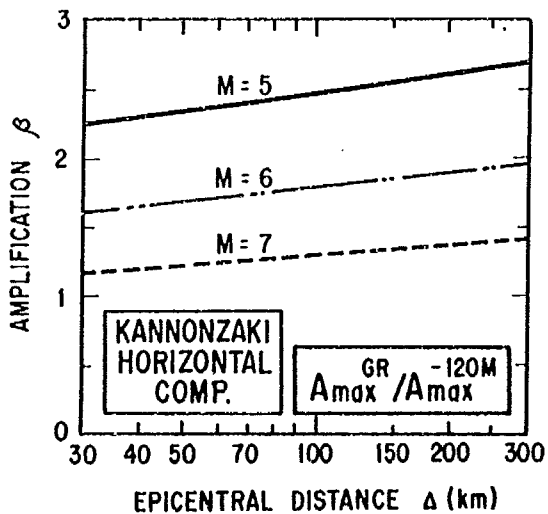
3) 浮島公園では、 M が小さくなる程、また、 Δ が大きい程、 $\beta^{27/67}$ および $\beta^{67/127}$ は大きくなっており（上下方向の $\beta^{27/67}$ 、 $\beta^{67/127}$ は Δ にあまりよらない）、このような傾向は上述した観音崎および富津岬の場合と同じである。しかしながら、 $\beta^{0/27}$ はこれらと反対で、 M が大きい程、また、 Δ が小さい程、増幅率は大きくなる。すなわち、地表面下 27 m ～ 地表間では $M=5$ 程度の小規模地震の場合には、増幅率は 1.0 以下であるのに対して、 $M=7$ の場合には $\Delta=100$ km では 2.5 倍、 $\Delta=50$ km では 3.5 倍にも達している。ただし、3.にも述べたように、浮島公園での距離減衰式は、比較的小数の記録から求めたものであり、今後の観測記録の蓄積を待って、上記結果の信頼性を再検討してみたいと考えている。



(a) 地 表 ~ - 80 m

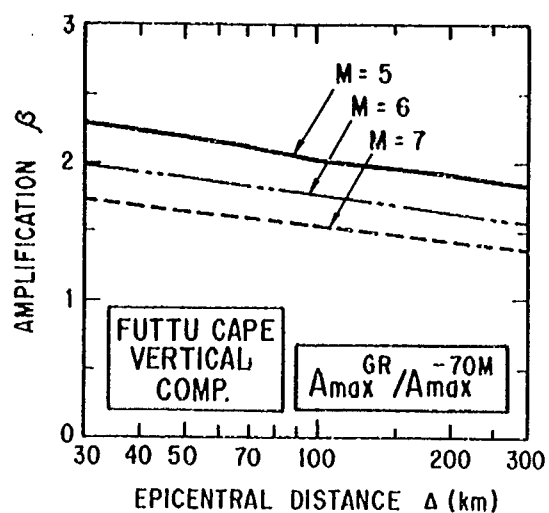
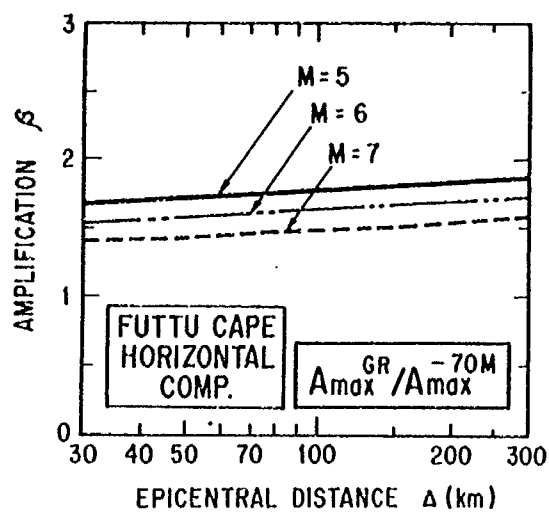


(b) ~ 80 m ~ -120 m

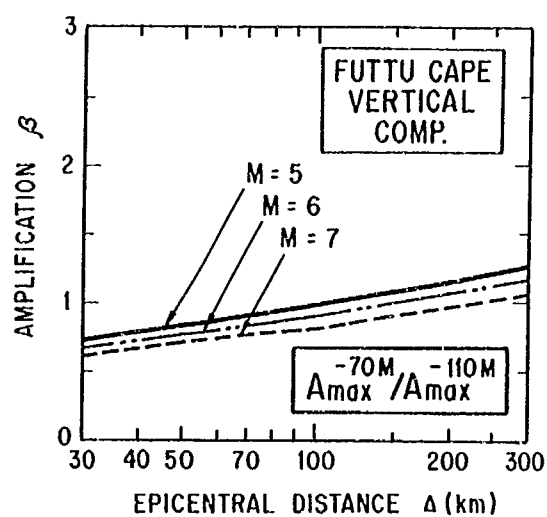
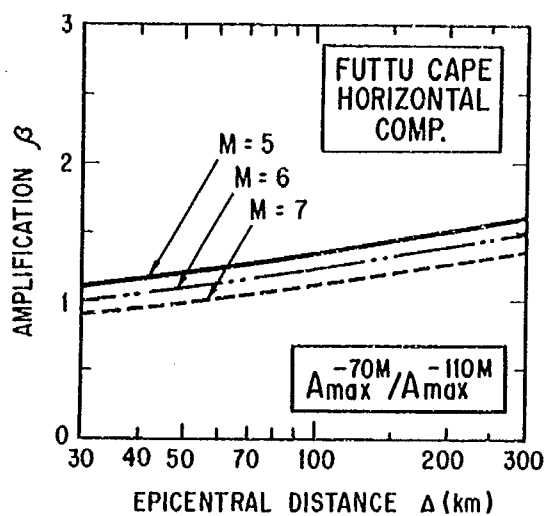


(c) 地 表 ~ -120 m

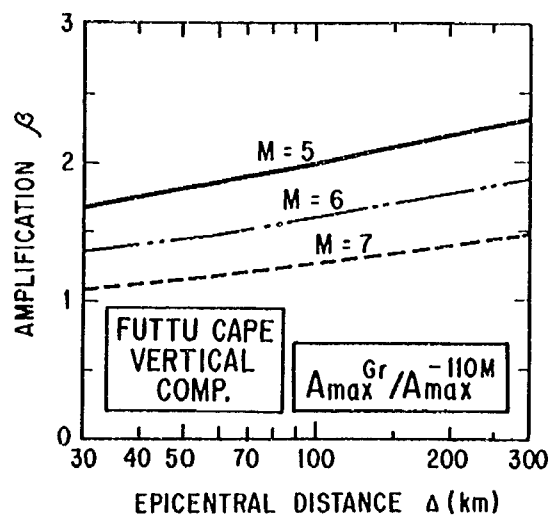
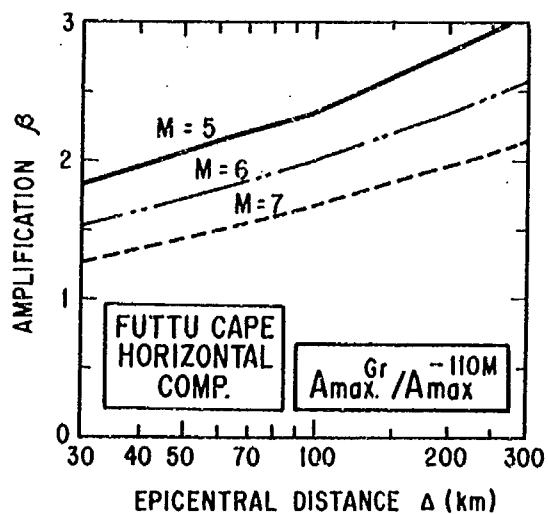
図4-1 最大加速度の増幅率(観音崎)



(a) 地 表 ~ - 7 0 m

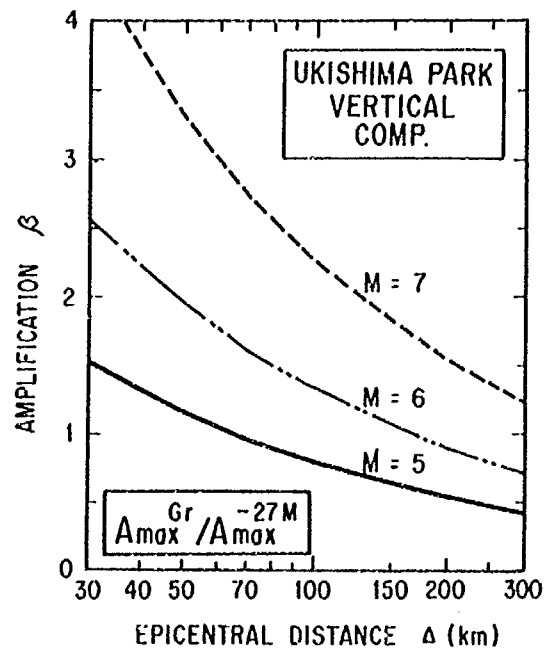
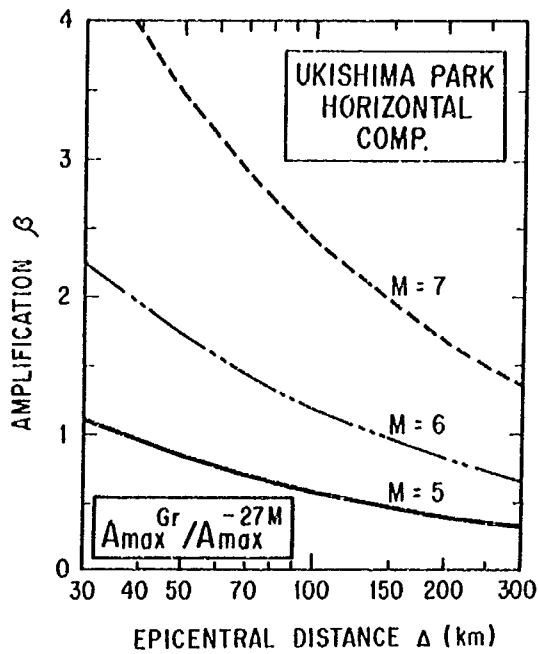


(b) - 7 0 m ~ - 1 1 0 m

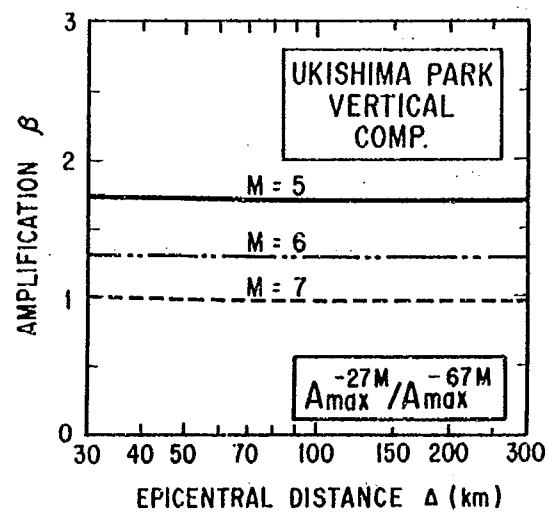
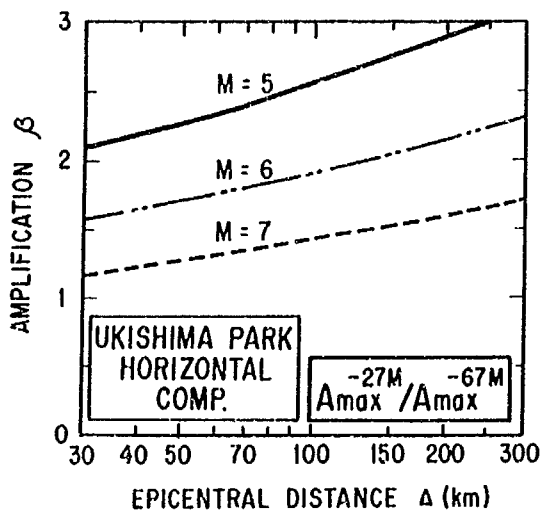


(c) 地 表 ~ 1 1 0 m

図 4-2 最大加速度の増幅率 (富津岬)

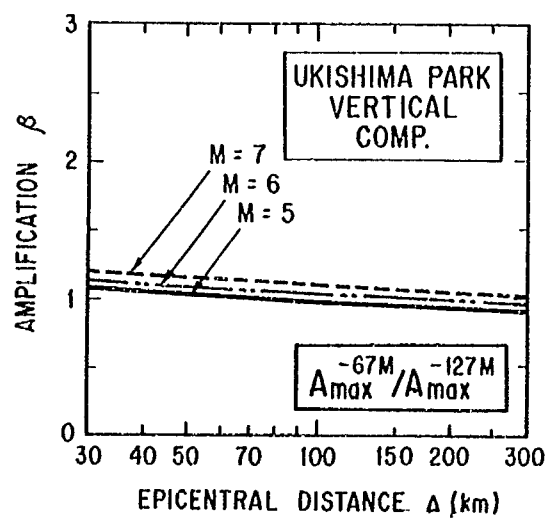
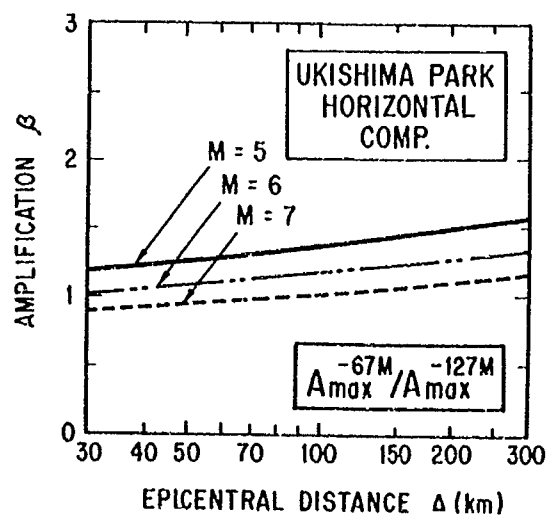


(a) 地 表 - 27 m

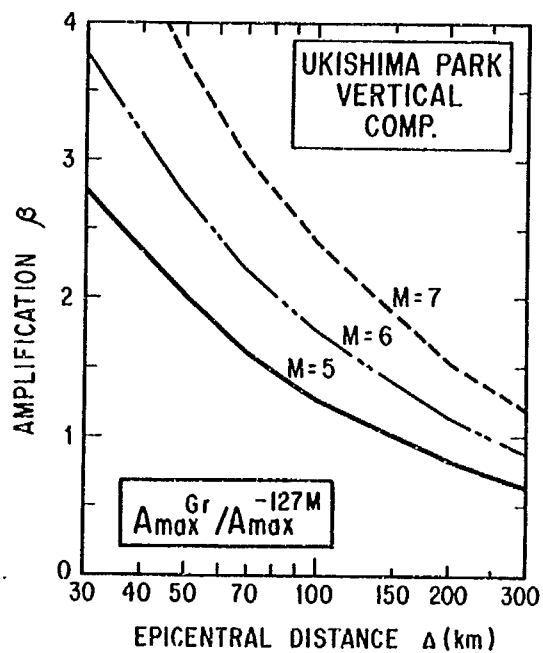
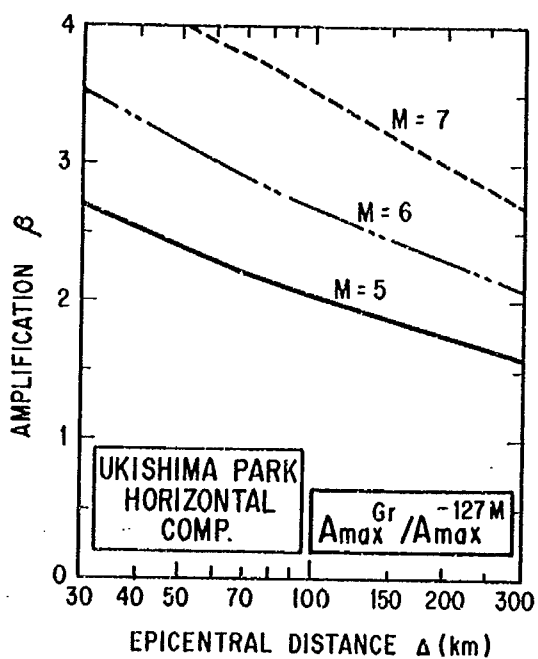


(b) - 27 m ~ - 67 m

図4-3 (1) 最大加速度の増幅率 (浮島公園)



(c) - 67 m ~ - 127 m



(d) 地 表 ~ 127 m

図 4-3 (2) 最大加速度の増幅率 (浮島公園)

5. 結 論

現在までに東京湾沿岸の3箇所（横須賀市観音崎、千葉県富津岬、川崎市浮島公園）における地中地震観測から得られた記録をもとに、地盤内の最大加速度の分布、単位深さ当りの最大加速度の減少率、表層地盤の増幅特性等を検討した。本解析の結果は、以下のようにまとめることができる。

1) 3地点における各観測点の最大加速度の距離減衰式を式(2)のように求め、これをもとに同一震央距離に対応する3地点間の最大加速度を相互に比較した。この結果によれば、3地点間の最大加速度の大小関係は、地震の規模（マグニチュード）および震央距離によって複雑に変化するが、一般的傾向としては、地表面においては3地点間の最大加速度が相互に大きく異なるのに対して、地下深部（地表面下120m程度）になると、このような違いは相対的に小さくなり、3地点間の最大加速度が相互に接近することがわかった。この意味においては、地震動の箇所別の変化の著しい地表面を避けて、地中の基盤面において地震動入力を設定しようとする手法は合理的であると考えられる。しかしながら、地表面下120m程度においても、3地点間の最大加速度にはなお1～2倍程度の差があり、東京湾沿岸の構造物の耐震設計において共通した入力地震動を設定しようとする際には、このような地中地震動の特性を考慮に入れることが必要とされる。

2) 上下方向に相隣る2観測点間の最大加速度の増幅率を上記(1)で求めた距離減衰式どうしの比(式(3))から求めると、同一条件における増幅率は浮島公園の地表面下27m～地表の場合を除き、全体として小規模地震の場合ほど、また、震央の遠い地震の場合ほど大きい。また、増幅率の大きさは、地盤条件と密接な関係がある。

3) 2)による最大加速度の増幅率は、中新世新期三浦層群に属するシルト岩から成る観音崎の地表面下120m～80m間では、ほぼ1.0であり、また、この値は地震の規模および震央距離によって変化しない。したがって、このような地盤の上面が耐震計算上の基盤面として最も理想的であると考えられる。しかしながら、富津岬における地表面下110m～70m間（新第3紀の上総層群）および浮島公園における127m～67m間（洪積世の下末吉層群～相模層群）の増幅特性は、地震の規模および震央距離によって著しくはないが変化し、この間で地震動の増幅があることを示している。したがって、このような地点においては、耐震設計上の基盤および基盤地震動の選定に際して、表層地盤の地震動の増幅作用を見込む必要がある。

4) 地中地震観測により現在までに蓄積されたのは、マグニチュード6程度以下の小規模な地震による小さい記録が大部分である。本来、地震防災上の観点から耐震設計等で考慮する必要のあるのは大地震時の強震動もしくは、中規模地震による震源直近の強震動であり、今後の観測の継続により、このような地震動を捕捉し、その特性を明らかにしていく必要がある。

謝

辞

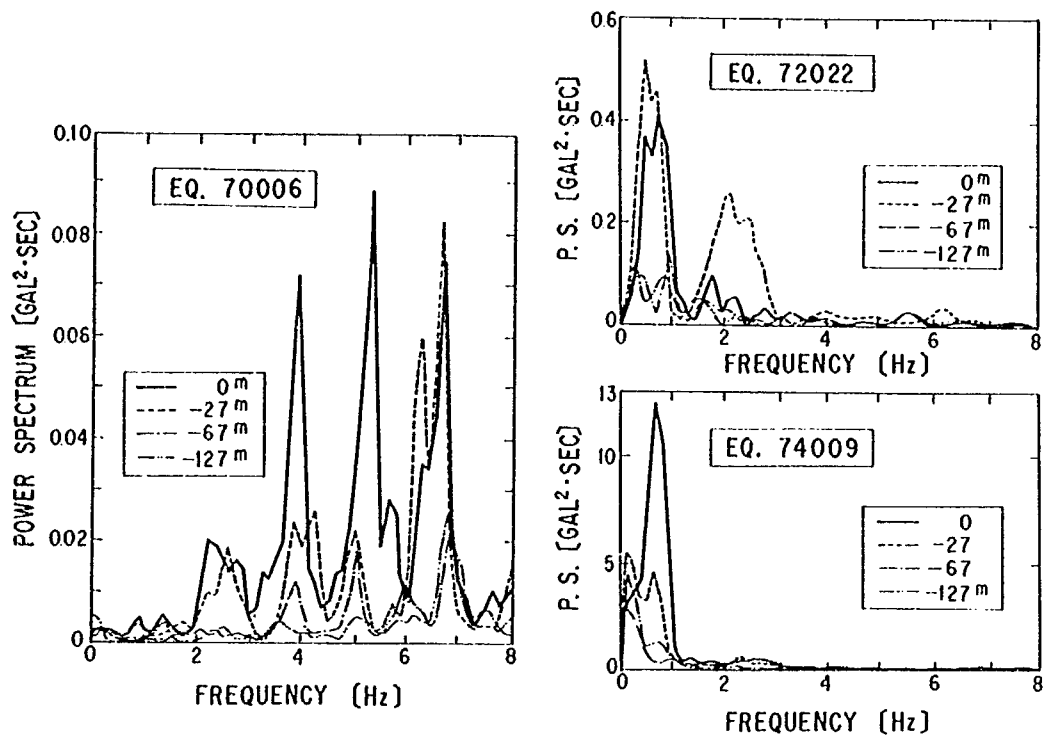
本解析のもととなった東京湾沿岸の地中地震観測は、関東地方建設局東京湾岸道路調査事務所により実施されたものである。末尾ながら、御関係の皆様には厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

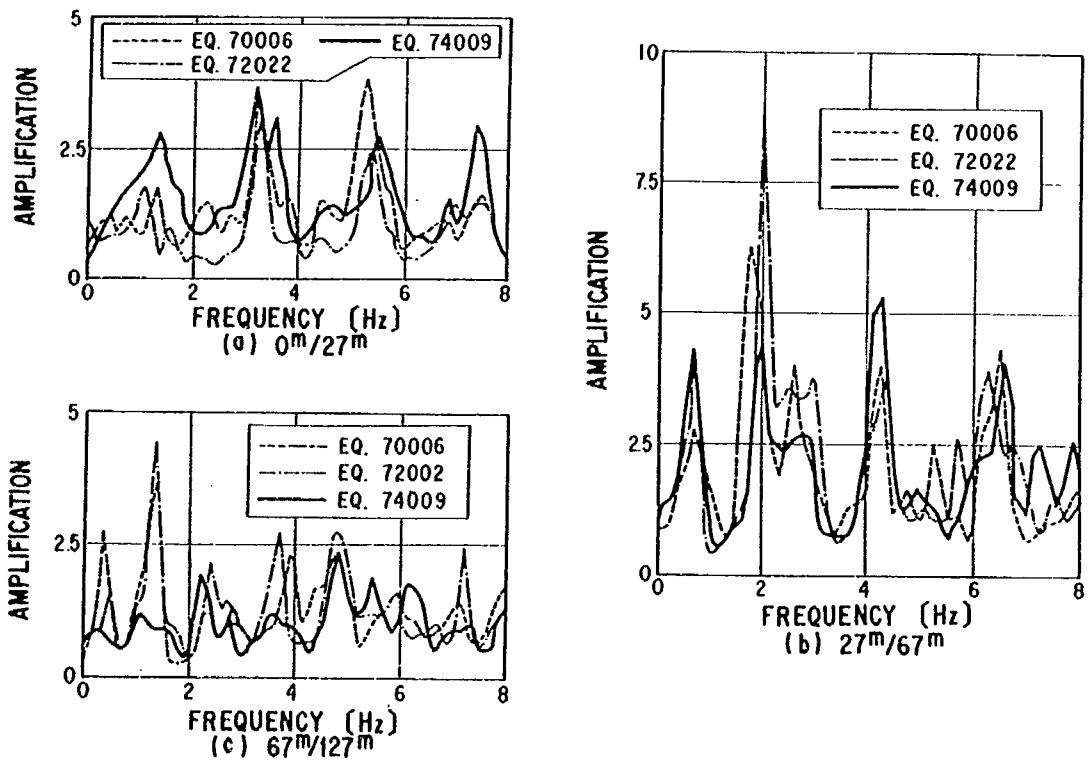
- 1) 建設省土木研究所振動研究室・建設省関東地方建設局東京湾岸道路調査事務所：東京湾沿岸における地中地震観測記録（第1報），土木研究所資料，第1718号，昭和56年3月。
- 2) 岩崎敏男，若林 進，堀内俊一：東京湾周辺地域における地中地震動の実測結果，土木技術資料，Vol. 18-8，昭和51年8月。
- 3) 岩崎敏男，川島一彦，高木義和：地中地震記録に基づく表層地盤の地震応答特性，土木技術資料，Vol. 21-1，昭和54年1月。
- 4) 建設省計画局東京湾総合開発協議会：東京湾周辺の地盤，都市地盤調査報告，第17巻，昭和44年4月。
- 5) 建設省土木研究所：地震動入力の設定法に関する研究，土木研究所資料，第1192号，昭和52年2月。
- 6) 荒川直士，川島一彦，相沢 興，高橋和之：実測による地中地震動特性の解析，第17回土質工学研究発表会，昭和57年6月。
- 7) 川島一彦，相沢 興，高橋和之：地中地震記録に基づく表層地盤の増幅特性と最大加速度の距離減衰，第37回土木学会全国大会，昭和57年10月。
- 8) 岩崎敏男，川島一彦，相沢 興：地震応答解析における基盤の選定法，土木技術資料，Vol. 23-12，昭和56年12月。

付 録

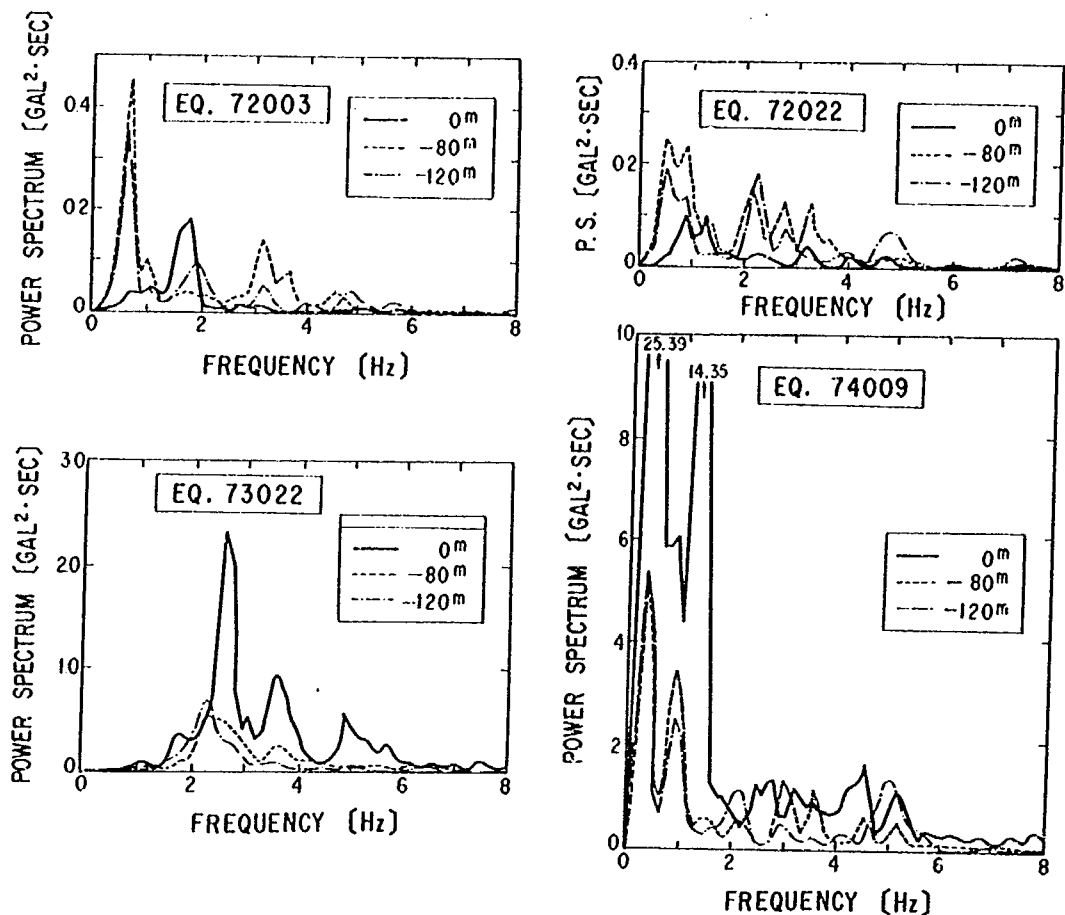
表層地盤の伝達特性



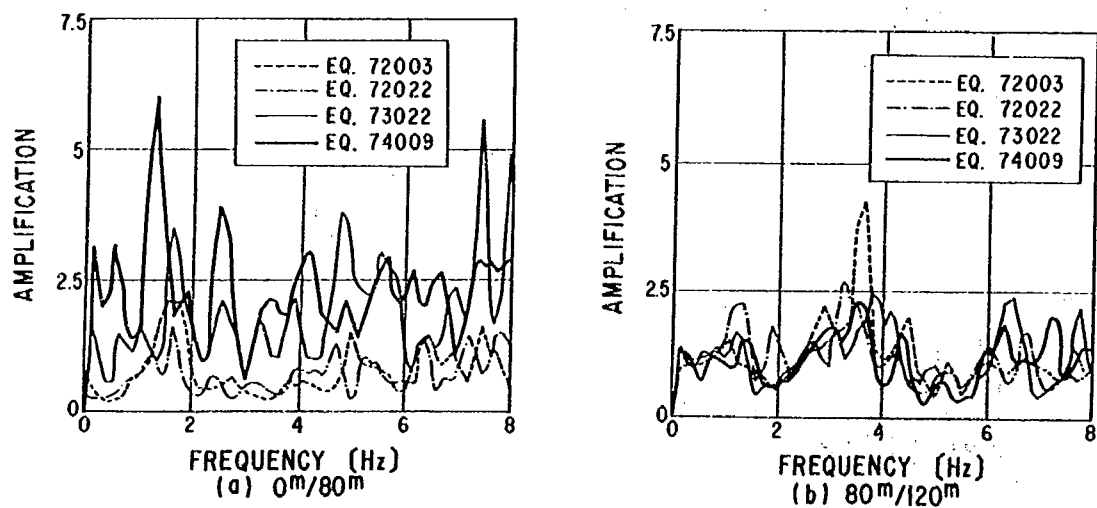
付図-1 浮島公園のパワースペクトル



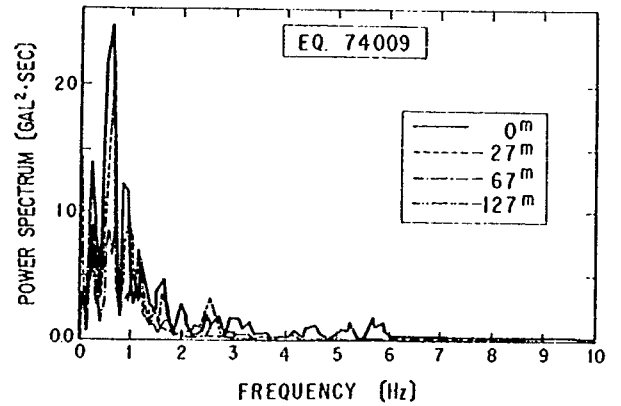
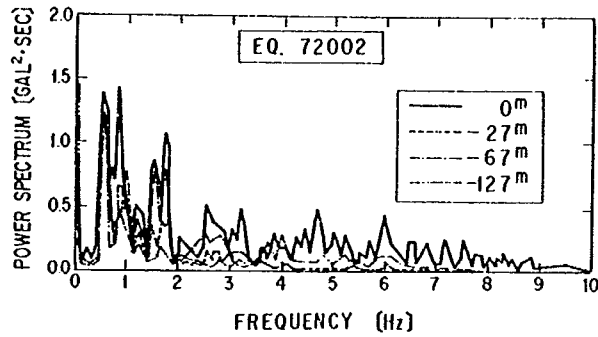
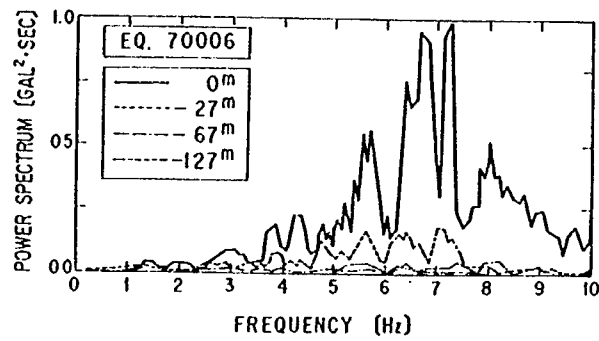
付図-2 浮島公園の伝達関数（絶対値）



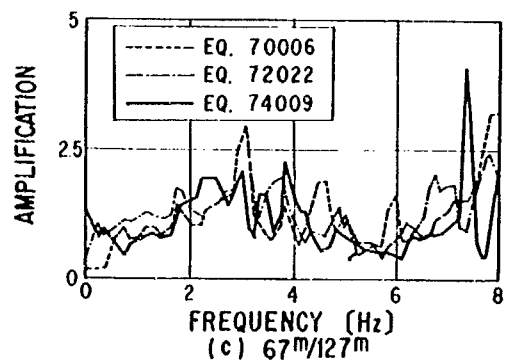
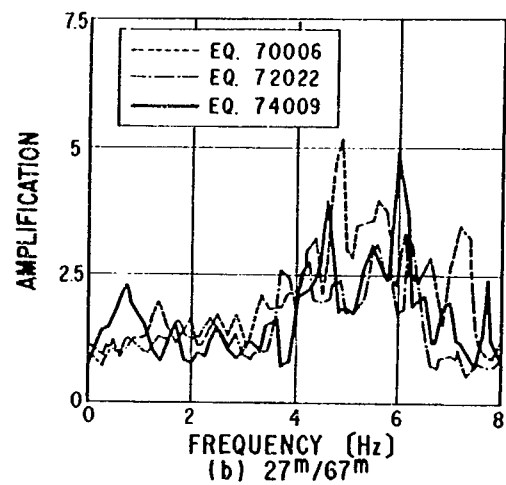
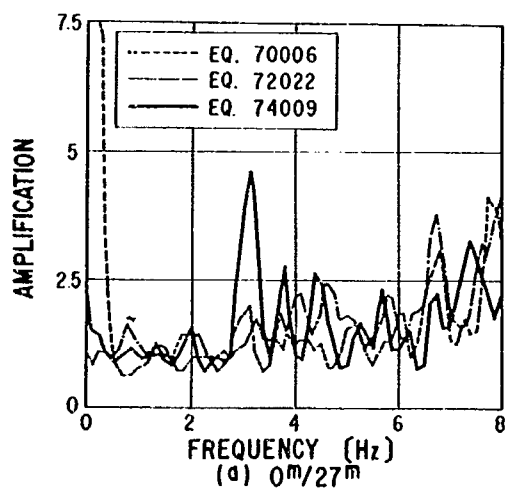
付図-3 観音崎のパワースペクトル



付図-4 観音崎の伝達関数(絶対値)



付図-5 浮島公園（上下方向）のパワースペクトル



付図-6 浮島公園（上下方向）の伝達関数（絶対値）

東京湾沿岸における地中地震動
特性の解析

ISSN 0386-5878
土研資料第1852号
昭和57年7月(1982年)

キーワード 地中地震記録, 耐震設計,
地震応答解析

荒川直士
川島一彦
相沢興之
高橋和之

要 旨

本資料は東京湾沿岸の千葉県富津岬, 川崎市浮島公園,
横須賀市観音崎における地中地震記録の検討結果をとり
まとめたものである。



郵便はがき

下を40
さは円
いっ切
て手

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
振 動 研 究 室 御 中

No.177

No.177

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第1852号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

