

東京大学生産技術研究所 正員 ○ 片山 恒雄

東京大学生産技術研究所 正員 佐藤 暢彦

目 白：比較的単純な構造と均質な土層からなる地盤で測定された地震動の性質が、たかだか数十m離れた地点でどの程度違うものかを定量的に検討する。近年、地震応答解析のための計算技法が急速に進歩し、構造物の時刻歴応答解析が耐震検討に使われる機会も増えてきている。従来の地震動記録の大部分は、1点で得られたものであり、これらの中から代表的な波形が選ばれて時刻歴応答解析に使われ、計算結果として得られた構造物各部の数mmの変位の違いや数kgf/cm²の応力の違いが、きわめて重要なものとして議論される場合もある。このようなときに使われる1点の地震動記録は、どれ位の重みをもつものだろうか。地震動特性の不規則性に影響する要素は多いが、ここでは、この点にしばって検討する。

デ ー タ：東京大学生産技術研究所千葉実験所で1982年4月以来実施している高密度アレー観測網で得られた11個の地震記録を用いる。観測点とこれら11地震の位置関係を図-1に示す。このアレー観測網は平面的および深さ方向に配置した36台の3成分埋設地震計（合計108成分）からなり、特に観測孔C0を中心とした15m以内には、C0を含めて9本の観測孔（C0～C4およびP1～P4）があり、地下1mから40mの範囲に29台の地震計が埋設されている(1, 2)。観測孔P5およびP6はC0とともにほぼ一辺100mの三角形を作っている。今回の検討では、相互に水平距離30m以内に位置する29台の地震計による加速度記録を対象とする。

主 要 事 実：図-2は、1984年1月1日の東海沖の地震の地下1mの10記録および観測孔C0内の地下1, 5, 10, 20, 40mの5記録の強震部（すべてRadialすなわち震央方向成分）を示したものである。地下1mの波形は大局的には極めて良く似ているが、当然のことながら全く同じではなく、この違いが地盤や埋設管をひずませているのである(3, 4)。表-1は、1983年2月27日の茨城県南部の地震の108成分の最大加速度の一覧表である。観測孔P5およびP6は少し離れているので別にすると、たとえば9記録のEW成分は44.5ガルから53.0ガルまでの間にばらついており、平均は48.7ガル、変動係数は0.055である。表-2は、11地震のすべてについて、水平距離30m以内の同一埋設深さ加速度記録の最大値の平均値と変動係数をまとめて示したものである。水平成分は震央方向(Radial)と震央直交方向(Tangential)を対象とした。たかだか30mの範囲においてさえ、変動係数で0.1～0.2程度のばらつきがある。地下1mと地下10mにはそれぞれ9記録があり、明らかに埋設深さの大きいところでは変動係数が小さい。アレー観測網の設置場所はほぼ平坦で、土質柱状図からも単純な成層構造とみなしてよいことを考えると、どんなに解析の精度が上がっても、解析結果の解釈にあたっては、単なる数値的な解釈以上に、全体的傾向をとらえた「工学的な」判断がされてよいことを示しているように思われる。

参 考 文 献：1) T. Katayama, N. Sato, 第6回日本地震工学シンポジウム, 1982. 2) 佐藤・片山, 生産研究 35-9, 1983. 3) J. Farjoodi, T. Katayama, N. Sato,

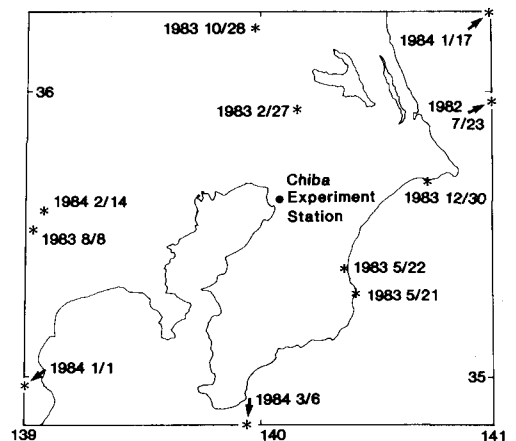


図-1 観測点と震央位置

生産研究, 35-9, 1983. 4)佐藤・片山・大保・
岩本・中村, 土木学会第39回年次学術講演会,
1984.

表-2 最大加速度の平均値 (MNS)と変動係数 (COV)

Date	Y	1982										1983										1984																		
		M/D	2/23	2/27	5/21	5/22	8/ 8	10/28	12/30	1/ 1	1/17	2/14	3/ 6	M/D	2/23	2/27	5/21	5/22	8/ 8	10/28	12/30	1/ 1	1/17	2/14	3/ 6	M/D	2/23	2/27	5/21	5/22	8/ 8	10/28	12/30	1/ 1	1/17	2/14	3/ 6			
Magnitude			7.0	6.0	5.0	3.7	6.0	5.2	5.4	7.3	5.6	5.4	7.9		7.0	6.0	5.0	3.7	6.0	5.2	5.4	7.3	5.6	5.4	7.9		7.0	6.0	5.0	3.7	6.0	5.2	5.4	7.3	5.6	5.4	7.9			
Depth (km)			30	72	49	40	22	60	50	90	388	43	20	460		30	72	49	40	22	60	50	90	388	43	20	460		30	72	49	40	22	60	50	90	388	43	20	460
Epc.D. (km)			178	35	46	34	99	67	55	374	138	93	692		178	35	46	34	99	67	55	374	138	93	692		178	35	46	34	99	67	55	374	138	93	692			
-1m	R	MNS	31.1	59.3	20.3	9.5	18.5	14.7	13.3	26.5	17.3	6.8	29.8		31.1	59.3	20.3	9.5	18.5	14.7	13.3	26.5	17.3	6.8	29.8		31.1	59.3	20.3	9.5	18.5	14.7	13.3	26.5	17.3	6.8	29.8			
		COV	0.112	0.074	0.084	0.165	0.161	0.066	0.085	0.087	0.192	0.128	0.059		0.112	0.074	0.084	0.165	0.161	0.066	0.085	0.087	0.192	0.128	0.059		0.112	0.074	0.084	0.165	0.161	0.066	0.085	0.087	0.192	0.128	0.059			
		MNS	27.2	46.7	18.2	5.3	16.3	13.7	14.5	24.7	11.9	10.1	23.0		27.2	46.7	18.2	5.3	16.3	13.7	14.5	24.7	11.9	10.1	23.0		27.2	46.7	18.2	5.3	16.3	13.7	14.5	24.7	11.9	10.1	23.0			
		COV	0.092	0.061	0.136	0.261	0.139	0.083	0.044	0.081	0.046	0.067	0.036		0.092	0.061	0.136	0.261	0.139	0.083	0.044	0.081	0.046	0.067	0.036		0.092	0.061	0.136	0.261	0.139	0.083	0.044	0.081	0.046	0.067	0.036			
-5m	UD	MNS	12.6	14.6	16.5	23.0	6.2	5.9	5.1	10.7	6.3	2.7	7.7		12.6	14.6	16.5	23.0	6.2	5.9	5.1	10.7	6.3	2.7	7.7		12.6	14.6	16.5	23.0	6.2	5.9	5.1	10.7	6.3	2.7	7.7			
		COV	0.122	0.102	0.076	0.052	0.142	0.109	0.061	0.144	0.094	0.194	0.100		0.122	0.102	0.076	0.052	0.142	0.109	0.061	0.144	0.094	0.194	0.100		0.122	0.102	0.076	0.052	0.142	0.109	0.061	0.144	0.094	0.194	0.100			
		MNS	16.7	41.4	10.1	3.3	7.6	7.3	6.7	12.6	6.9	3.5	24.7		16.7	41.4	10.1	3.3	7.6	7.3	6.7	12.6	6.9	3.5	24.7		16.7	41.4	10.1	3.3	7.6	7.3	6.7	12.6	6.9	3.5	24.7			
		COV	0.032	0.024	0.059	0.136	0.045	0.041	0.065	0.039	0.058	0.040	0.021		0.032	0.024	0.059	0.136	0.045	0.041	0.065	0.039	0.058	0.040	0.021		0.032	0.024	0.059	0.136	0.045	0.041	0.065	0.039	0.058	0.040	0.021			
-10m	T	MNS	18.8	36.8	7.9	1.8	8.5	6.8	7.3	14.9	6.5	6.5	20.8		18.8	36.8	7.9	1.8	8.5	6.8	7.3	14.9	6.5	6.5	20.8		18.8	36.8	7.9	1.8	8.5	6.8	7.3	14.9	6.5	6.5	20.8			
		COV	0.079	0.026	0.068	0.081	0.028	0.067	0.052	0.076	0.073	0.047	0.028		0.079	0.026	0.068	0.081	0.028	0.067	0.052	0.076	0.073	0.047	0.028		0.079	0.026	0.068	0.081	0.028	0.067	0.052	0.076	0.073	0.047	0.028			
		MNS	9.6	11.8	8.6	8.5	4.0	3.4	4.4	7.1	4.3	2.1	8.3		9.6	11.8	8.6	8.5	4.0	3.4	4.4	7.1	4.3	2.1	8.3		9.6	11.8	8.6	8.5	4.0	3.4	4.4	7.1	4.3	2.1	8.3			
		COV	0.155	0.040	0.037	0.045	0.103	0.067	0.036	0.060	0.017	0.150	0.079		0.155	0.040	0.037	0.045	0.103	0.067	0.036	0.060	0.017	0.150	0.079		0.155	0.040	0.037	0.045	0.103	0.067	0.036	0.060	0.017	0.150	0.079			
-20m	UD	MNS	13.7	34.5	8.2	1.6	6.4	5.3	4.9	10.1	5.6	2.9	22.2		13.7	34.5	8.2	1.6	6.4	5.3	4.9	10.1	5.6	2.9	22.2		13.7	34.5	8.2	1.6	6.4	5.3	4.9	10.1	5.6	2.9	22.2			
		COV	0.052	0.056	0.077	0.066	0.113	0.048	0.046	0.045	0.063	0.084	0.026		0.052	0.056	0.077	0.066	0.113	0.048	0.046	0.045	0.063	0.084	0.026		0.052	0.056	0.077	0.066	0.113	0.048	0.046	0.045	0.063	0.084	0.026			
		MNS	17.2	26.6	5.7	1.4	6.9	5.1	6.2	11.0	5.6	4.5	20.4		17.2	26.6	5.7	1.4	6.9	5.1	6.2	11.0	5.6	4.5	20.4		17.2	26.6	5.7	1.4	6.9	5.1	6.2	11.0	5.6	4.5	20.4			
		COV	0.064	0.059	0.110	0.193	0.074	0.061	0.034	0.070	0.060	0.059	0.026		0.064	0.059	0.110	0.193	0.074	0.061	0.034	0.070	0.060	0.059	0.026		0.064	0.059	0.110	0.193	0.074	0.061	0.034	0.070	0.060	0.059	0.026			
-30m	UD	MNS	6.6	9.6	7.6	7.5	3.0	2.7	3.5	5.9	3.2	1.7	6.6		6.6	9.6	7.6	7.5	3.0	2.7	3.5	5.9	3.2	1.7	6.6		6.6	9.6	7.6	7.5	3.0	2.7	3.5	5.9	3.2	1.7	6.6			
		COV	0.056	0.071	0.080	0.048	0.056	0.164	0.121	0.087	0.074	0.169	0.073		0.056	0.071	0.080	0.048	0.056	0.164	0.121	0.087	0.074	0.169	0.073		0.056	0.071	0.080	0.048	0.056	0.164	0.121	0.087	0.074	0.169	0.073			
		MNS	9.4	23.6	6.3	1.4	4.2	3.7	3.7	8.7	5.7	2.0	18.0		9.4	23.6	6.3	1.4	4.2	3.7	3.7	8.7	5.7	2.0	18.0		9.4	23.6	6.3	1.4	4.2	3.7	3.7	8.7	5.7	2.0	18.0			
		COV	0.064	0.036	0.067	0.085	0.046	0.037	0.041	0.054	0.061	0.024	0.019		0.064	0.036	0.067	0.085	0.046	0.037	0.041	0.054	0.061	0.024	0.019		0.064	0.036	0.067	0.085	0.046	0.037	0.041	0.054	0.061	0.024	0.019			
-40m	T	MNS	13.1	20.1	5.1	1.4	4.6	3.9	4.6	7.7	3.8	3.7	18.8		13.1	20.1	5.1	1.4	4.6	3.9	4.6	7.7	3.8	3.7	18.8		13.1	20.1	5.1	1.4	4.6	3.9	4.6	7.7	3.8	3.7	18.8			
		COV	0.057	0.029	0.060	0.093	0.050	0.059	0.059	0.062	0.037	0.063	0.034		0.057	0.029	0.060	0.093	0.050	0.059	0.059	0.062	0.037	0.063	0.034		0.057	0.029	0.060	0.093	0.050	0.059	0.059	0.062	0.037	0.063	0.034			
		MNS	5.5	7.5	6.2	7.1	2.6	1.9	2.5	4.3	2.4	1.2	5.9		5.5	7.5	6.2	7.1	2.6	1.9	2.5	4.3	2.4	1.2	5.9		5.5	7.5	6.2	7.1	2.6	1.9	2.5	4.3	2.4	1.2	5.9			
		COV	0.049	0.094	0.035	0.061	0.117	0.144	0.073	0.170	0.053	0.150	0.056		0.049	0.094	0.035	0.061	0.117	0.144	0.073	0.170	0.053	0.150	0.056		0.049	0.094	0.035	0.061	0.117	0.144	0.073	0.170	0.053	0.150	0.056			

表-1 最大加速度一覧 (1983年 2月27日)

Depth	Comp.	C0	C1	C2	C3	C4	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1m	EW	48.0	45.8	48.2	46.8	50.6	53.0	49.3	44.5	52.1	40.2	38.6
	NS	55.5	53.3	57.3	55.1	57.9	66.4	62.5	61.4	64.5	59.7	51.5
	UD	12.5	13.6	16.5	13.1	14.4	15.3	13.8	17.3	15.2	14.7	15.7
5m	EW	37.7	39.6	37.5	39.8	39.2						
	NS	41.4	41.8	40.9	39.2	42.1						
	UD	12.4	11.0	11.7	12.1	12.0						
10m	EW	28.9	29.3	28.5	27.3	30.1	31.3	26.4	25.3	29.2	20.3	23.9
	NS	33.0	35.9	34.4	31.9	32.5	35.8	37.2	35.0	31.1	30.4	32.2
	UD	9.3	8.9	9.9	10.3	9.4	10.4	8.3	9.6	10.4	9.6	11.6
20m	EW	19.3					20.4	19.0	20.1	20.3	18.5	20.2
	NS	22.9					22.9	21.1	21.6	21.0	22.1	23.0
	UD	7.4					6.8	7.0	7.3	8.8	8.1	9.9
40m	EW	18.7					19.2					
	NS	18.3									17.4	
	UD	7.3									8.6	

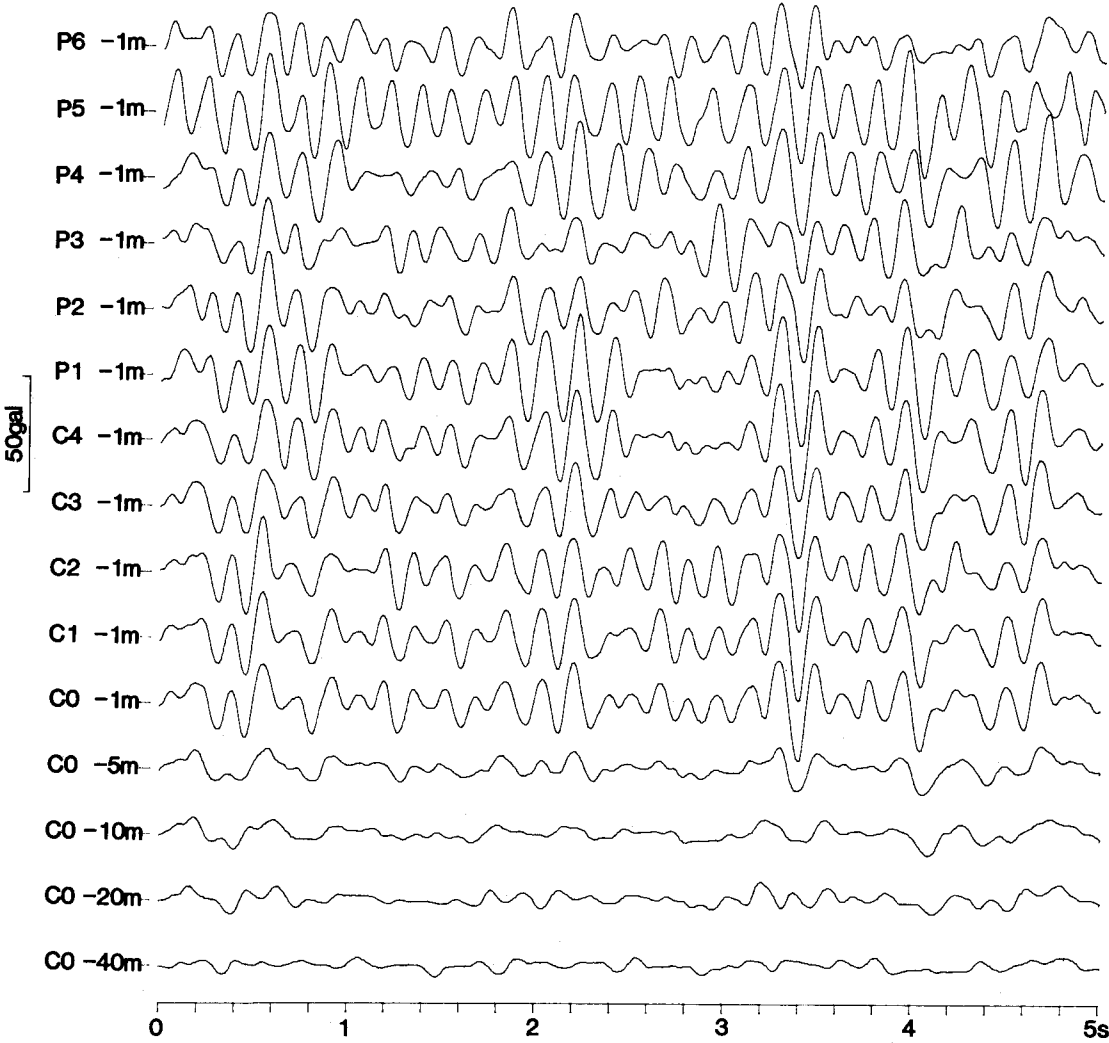


図-2 強震部の加速度波形 (1984年 1月 1日の地震の震央方向成分)