

I-232 我国の地盤上で得られた地震動の加速度波形記録 および加速度応答スペクトルの特性について

日本技術開発株式会社 正員 佐伯 光昭
東京大学 生産技術研究所 正員 片山 恒雄
建設省 土木研究所 正員 岩崎 敏男

1. まえがき

構造物の耐震設計を行う際、入力とする対象地震動の規模を適切に決定することが重要となる。このための基礎資料を作成することを目的として、これまで国内で観測された地震の地盤上の加速度波形記録(主にはSMA-C強震計による)および地盤上で得られた記録から計算されている加速度応答スペクトルの各特性について整理解析を実施した。本文はこの結果の概要を報告するものである。

2. 加速度波形記録の整理解析

国内で観測された既往の地盤上での地震動加速度記録を対象として、波形特性と地震諸元および地盤条件の関係を調べることとした。対象とした記録は、建設省土木研究所の資料の他、東京大学地震研究所、科学技術庁国立防災科学技術センター、運輸省港湾技術研究所、日本国有鉄道鉄道技術研究所などの諸機関が所蔵している資料のうち、マグニチュード $M \geq 5.0$ 、最大水平加速度 $A_{max} \geq 50 \text{ gal}$ の地震で得られたものである。

着目した項目は下記のとおりである。

1° 地震諸元: マグニチュード M , 震央位置, 震源深さ D , 発生時刻

2° 波形特性値: 最大水平加速度 $A_{max}(\text{gal})$, A_{max} 時の周期 $T_1(\text{sec})$, 継続時間 $T_d(\text{sec})$, T_d 間での加速度 $|A_{max}/2|$ となるピーク数 n (以上図-1参照), A_{max} に対する最大鉛直加速度の比 V_H

3° 観測地点の条件: 地盤条件 $G.C.$, 震央距離 Δ , 観測器種; 地盤条件 $G.C.$ は日本道路協会「道路橋耐震設計指針」に準拠し、①種地盤: 岩盤地域, ②種地盤: 洪積地域, ③種地盤: 沖積地域, ④種地盤: 沖積地盤のうちの軟弱地帯とした。

上記のデータは発生した地震毎に記録台帳を作成し整理を行なった。これらの結果から地震諸元についてはマグニチュード M , 観測地点の条件として震央距離 Δ と地盤条件 $G.C.$ に着目して波形特性値との関係をプロットしたが、ここでは紙面の都合上省略することとし、表-1に上記の各要因の平均

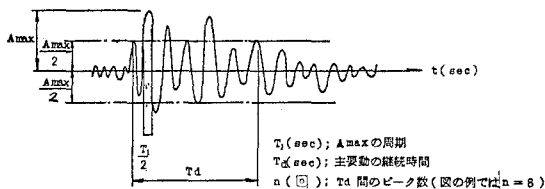


表-1. 地震諸元, 波形特性値の平均値一覽表

値の一覽表を示した。

その結果、地震動の特性について、

つぎの事項が明らかになった。

1° M の大きな地震ほど Δ が長いものが多い。

2° A_{max} は Δ の増加につれて減少する。

3° T_1 は M , Δ の増加および地盤が軟質化するに伴って長くなる。

4° T_d および n は M および Δ の増加につれて大きくなる。

分類	定義	例数	A_{max} (gal)	M	Δ (km)	T_1 (sec)	T_d (sec)	n (回)	V_H
合計		433	49.1	6.4	168	0.49	13.0	21	0.35
M	I $M < 5.5$	53	48.8	5.2	61	0.35	4.0	11	0.33
	II $5.5 \leq M < 6.5$	165	38.0	6.1	113	0.44	6.9	16	0.38
	III $6.5 \leq M < 7.5$	157	42.3	6.9	246	0.50	17.8	27	0.39
	IV $7.5 \leq M$	58	60.2	7.7	340	0.77	26.8	30	0.39
Δ (km)	I $\Delta < 20$	15	11.9	5.4	13	0.38	2.3	9	0.33
	II $20 \leq \Delta < 50$	60	60.0	5.7	39	0.44	5.5	12	0.29
	III $50 \leq \Delta < 100$	82	47.1	6.1	75	0.39	8.1	16	0.39
	IV $100 \leq \Delta < 200$	127	37.2	6.5	147	0.45	14.1	25	0.39
	V $200 \leq \Delta$	149	33.3	7.1	355	0.66	24.7	29	0.40
$G.C.$	I 岩盤	60	40.7	6.5	183	0.34	13.3	29	0.41
	II 洪積	90	50.0	6.5	161	0.41	9.7	18	0.37
	III 沖積(普通)	174	42.8	6.5	196	0.48	12.5	20	0.38
	IV 沖積(軟)	107	42.8	6.4	191	0.69	16.9	21	0.36

5° γ_1 は 0.3~0.4 の範囲にあり M の増加に伴い大きくなる。また岩盤地帯で 0.41 と大きくなっていることが注目される。

6° G.C. の相違は地形特性の中で T および γ_1 に対して影響を与えているものと判断される。

以上の事項はいずれも従来より定性的には認められていたものであるが、今回の成果である程度定量的にも明らかになったと言える。今後はより実用的な成果を得るためより精度の高い解析を行うことが必要である。

3. 加速度応答スペクトルの解析

国内で観測された既往の地震動加速度記録から計算されている応答スペクトルに着目し、加速度の周波数特性に及ぼす各種要因の影響を数量化理論によって明らかにしようと解析を試みた。対象とする応答スペクトル記録は建設省土木研究所および運輸省港湾技術研究所で計算された絶対応答加速度 SA を対象とした。着目した要因は①地震諸元: M , 震央位置, 震源深さ D , 発生時刻, ②記録特性: f_{max} , Δ , G.C. であり、変数とした値 SA は 22 種の周期 ($T = 0.1 \sim 0.4$ sec; $0.5 \sim 0.9$ sec; $1.0 \sim 3.0$ sec; $4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 10.0$ sec) 減衰定数 1 種 ($\eta = 0.05$) に対する絶対加速度とした。対象記録は表-2 に示すように 154 成分である。この表中には各要因毎の範囲と平均値とを示した。表-3 に数量化理論による解析結果の一部を示す。この結果

表-2. 対象記録の要因範囲別平均値

分類	定義	個数	f_{max} (g)	M	Δ (km)
合計		154	84.9	6.3	81
M	I $M < 5.5$	24	73.8	4.9	66
	II $5.5 \leq M < 6.5$	48	70.5	6.0	88
	III $6.5 \leq M < 7.5$	39	82.5	6.9	148
	IV $7.5 \leq M$	33	120	7.7	245
Δ (km)	I $\Delta < 20$	29	113	5.2	13
	II $20 \leq \Delta < 50$	17	70.1	5.6	38
	III $50 \leq \Delta < 100$	38	77.8	6.2	76
	IV $100 \leq \Delta < 200$	41	78.3	7.1	147
	V $200 \leq \Delta$	29	84.4	7.0	382
G.C.	I 岩盤	24	68.1	6.3	148
	II 洪積	41	85.6	6.4	113
	III 沖積(普通)	66	83.6	6.4	154
	IV 沖積(軟)	23	106	6.2	116

から M および Δ の範囲, および G.C. と与えれば該当する欄の 3 つの重み係数の値と加算することにより T_i に対応する SA の推定値を求めることができる。このようにして求めた T_i と SA の推定値との関係の一部を図-2 に示す。これより G.C. が軟化化することによって SA の値は減少し、 SA の最大値をとる周期はより長い方向へずれる。

表-3. 応答スペクトル (SA) の整理、数量化理論による解析結果の一部
単位: gal

重注: 941

外的 地理 的 条 件	T _i (sec)	重 相 関 係 数 r		M				Δ					G.C.			
				I	II	III	IV	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV
SA ₁	0.10	0.31	重み係数 レンジ	-191	-150	-67	0	186	91	78	-4	0	177	176	170	172
						191					186				T	
SA ₂	0.15	0.46	重み係数 レンジ	234	-192	-77	0	235	151	115	31	0	242	195	202	200
						234					235				4T	

る傾向を示していることが分る。

また、 M , Δ , G.C. が SA に及ぼす影響の程度を調べるために表-3 に示したレンジに着目してまとめたものが図-4 である。この図から SA は周期全般にわたって M の影響を強く受けること、 $T = 0.5 \sim 2.0$ sec では相対的に G.C. の影響が強くなり、 Δ よりも効いていることが分る。今回の解析の問題点としては重相関係数が 0.31~0.68 と小さいことで、今後要因の種類、範囲化、推定式などについて検討することが必要であろう。

4. 謝辞

この解析は、建設省土木研究所が国土開発技術研究センターへの委託で設立された耐震技術研究委員会(岡本委員長)の地震学地震学会において審議検討された。同部会の久保部会長、白野、石原西部会長代行 13 名様に委員各位の本解析への貴重な御助言、御指導に対して感謝の意を表す次第である。

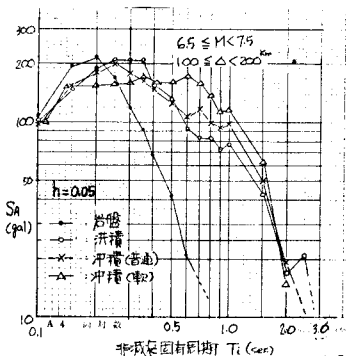


図-2 T_i と数量化理論による推定 SA の関係

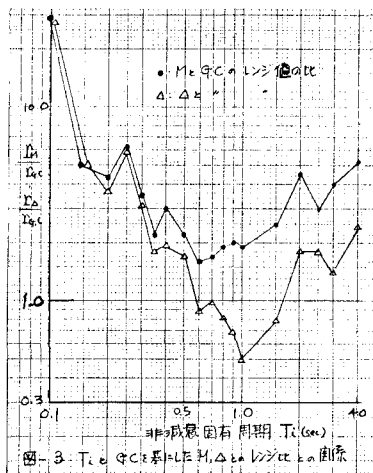


図-3 T_i と G.C. に準じた M , Δ のレンジとの関係