

I-80 周波数特性よりみた強震記録の分類

建設省土木研究所 正員 栗林 栄一
建設省土木研究所 正員 岩崎 敏男
建設省土木研究所 正員 〇辻 勝成

まえがき

構造物の地震時挙動を調査するために各種の解析や実験が行なわれている。この場合地震入力としては、例えば El centro 地震などの強震記録が用いられる事が多い。しかしながら、これらの入力を用いるのはあくまで便宜的なもので、地震動は地盤やその他の因子によって大きく影響され、複雑な周波数特性を持つ事を考えれば、理想としては、構造物の架設地点での強震記録を用いるべきであると思われる。

今日では全国的な強震観測によって徐々に記録も増えつつあるが、任意の構造物架設地点での強震記録は得られていない場合が多い。その場合架設地点の地盤特性や期待される地震の強さなどの観点から、一番適切と考えられる強震記録を用いたり、2, 3 の強震記録を用いて応答値を類推する方法なども考えられる。

本報告では、これまで土木研究所で解析作業が行なわれた表-1に示す強震記録を対象として、その周波数特性を検討し、強震記録を分類することを試みている。

1. 観測地点の地盤概況

観測地点の地盤の概況を図-1、表-2に示す。

表-1 強震記録一覧表

記録番号	強震記録	地震発生年月日	震度	震源の深さ (km)	震源の距離 (sec)	観測地点
4	901-GR-4 N-S	1963.8.4	5.1	163	76.75	土研千歳
6	901-GR-4 E-W				71.00	
10	SHIOTA N-S				42	塩屋(国鉄)
12	SHIOTA E-W				54.55	
13	IWAYA N-S	1963.3.27	6.9	53	22.38	新津(国鉄)
15	AKASHI N-S				146	明石(国鉄)
17	AKASHI E-W				36.3	
40	904-GR-18 N-S	1966.4.5	5.4	8	206.13	坂倉橋
43	904-GR-18 E-W				41.30	
44	904-GR-18 N-S	1965.4.20	6.1	40	100.40	新天竜川橋
47	904-GR-17 E-W	1966.9.8	4.8	5	45.00	黒坂一橋
48	901-GR-17 E-W				45.00	土研千歳
49	901-GR-17 N-S	1966.10.9	4.9	55	45.00	
50	801-GR-1 N-S	1966.11.12	6.0	11	117.50	有明海
51	801-GR-1 E-W				85.50	
52	605-GR-2 N-S	1966.5.28	5.3	12	22.72	10.0
53	605-GR-2 E-W				136.88	
54	605-GR-26 N-S	1966.8.20	4.9	11	130.38	桜花ダム
55	605-GR-26 E-W				129.13	
56	308-GR-2 N-S	1968.4.1	7.5	104	159.88	坂島橋
57	308-GR-2 E-W				86.25	
58	1303-GR-1 N-S	1968.5.16	7.9	322	174.88	新石狩大橋
59	1303-GR-1 E-W				174.88	
61	1303-GR-1 N-S	1968.5.16	7.5	223	170.88	
62	1303-GR-1 E-W				170.88	
63	1303-GR-1 N-S	1968.5.16	7.9	156	77.50	30.0
64	1303-GR-1 E-W				32.25	
65	1303-GR-1 N-S	1968.5.16	7.5	74	27.50	30.0
66	1303-GR-1 E-W				27.50	
68	310-GR-18 N-S	1968.7.1	6.1	89	58.13	25.0
69	310-GR-18 E-W				48.72	
70	308-GR-4 N-S	1968.8.8	6.6	19	360.88	15.0
71	905-C-7 E-W	1966.4.5	5.4	8	146.88	20.0
72	905-C-7 N-S				139.38	25.0

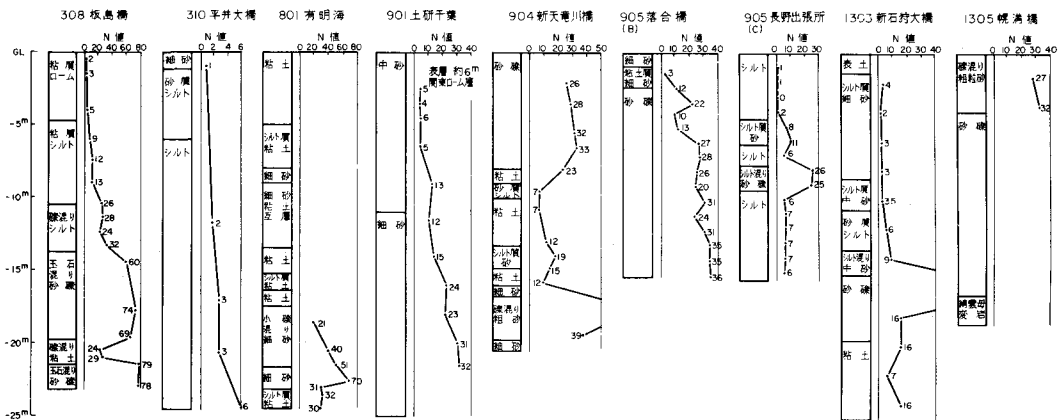


図-1 観測地点の土質柱状図

2 周波数特性の検討

本報告においては強震記録の周波数特性を自己相関関数とパワースペクトルから検討した。強震記録を $f(t)$ で表わした場合、自己相関関数 $R(\tau)$ は次式で求められる。

$$R(\tau) = \frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} f(t) f(t+\tau) dt \quad (1)$$

ここで t_0 は記録の継続時間である。

パワースペクトルは上記の自己相関関数のフーリエ変換から求める方法とフーリエスペクトルから求める方法がある。両方法を比較し大差ない事を確認したので、現在ではフーリエスペクトルから求める方法をとっている。この場合パワースペクトル $P(\omega)$ は次式から求められる。

$$P(\omega) = \frac{1}{4\pi t_0} [F_1(\omega)^2 + F_2(\omega)^2] \quad (2)$$

$$\text{ここで } F_1(\omega) = \int_0^{t_0} f(t) \cos \omega t dt \quad F_2(\omega) = \int_0^{t_0} f(t) \sin \omega t dt$$

以上の解析も電子計算機で波形処理解析の一環として行なう。まず入力となる強震記録は0.1秒間隔を基準とし、その間にピーク値がある場合はその点も含めてディジタル化する。SMAC記録の場合は最大加速度が、ある加速度を越えた場合には円弧補正によって時間軸を修正している。

計算する際には、さらに細かい0.01秒間隔の値を直線補間又は正弦波補間から求めているが、今回は直線補間によっている。計算のピッチは時間軸に対して $\Delta t = 0.01$ 秒とし、周波数軸に対しては $\Delta \omega = 0.2 \text{ rad/sec}$ を基準としている。

自己相関関数は入力地震の大きさによって値のバラツキがあるので、 $\tau = 0$ における自己相関関数値 $R(0)$ を1とした自己相関係数の形で整理している。

以下に得られた結果の中から代表的な例を示す。

図-2, 3は板島橋の記録による結果である。両図とも1.5%と4%付近の周波数成分が卓越していることを示しているが、震央距離が約100kmの記録による図-2では1.5%がより卓越し、震央距離が約20kmである図-3では4%がより卓越し、その他の周波数成分も多く含まれており、明らかな対比が示されている。自己相関係数には両方向成分の記録による結果を示しているが、方向性によってはほとんど差がないと思われる。

表-2 観測地点地質概況

観測地点	地 質
岩 屋	花崗岩を主体とする極めて風化した砂岩
楢 屋	凝灰質砂岩 下部花崗岩
明 石	礫層 砂層等の互層 (建物の影響もかなり受けている)
楢花ダム	凝灰角礫岩
魚沼橋	砂 岩

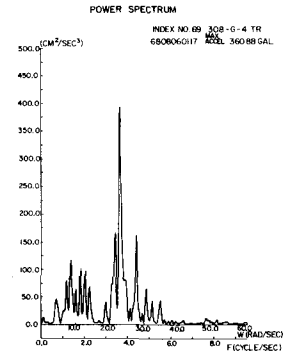
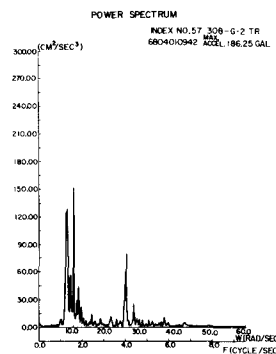
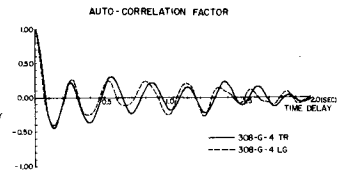
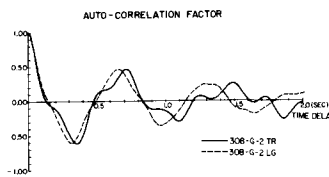


図-2 板島橋 (308-GR-2)

図-3 板島橋 (308-GR-4)

図-4, 5 は十勝沖地震(1968)

による新石狩大橋と幌満橋の記録による結果である。図-4に示すように新石狩大橋の例では1%付近が非常に卓越し、3%以上の周波数成分はほとんど含まれていないのに比べ、図-5の幌満橋の例では4%付近がやや卓越しているが、幅広く各周波数成分を含んでいる。これらの非常に対照的な違いは地盤構成によるものと推測される。

自己相関係数には本震、余震における同方向の記録による結果を示しているが、それらの間には大きな違いはみられない。

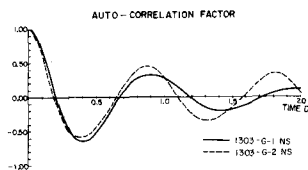


図-4 新石狩大橋

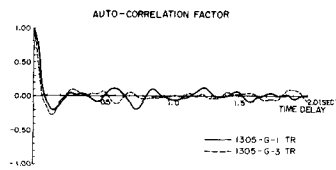


図-5 幌満橋

図-6, 7 は松代地震(1966.4.5)による落合橋と建設省長野国道事務所長野出張所での記録による結果である。この場合にも両図から地盤によると考えられる非常に対照的な差がみられる。図-7は非常に近距離の地震によるものであるが5%以上の周波数成分はほとんど含まれていない。

図-8は松代地震(1966.8.20)による裾花ダムでの記録による結果である。自己相関係数には両方向成分の記録による結果を示しているが、方向による違いがわずかにみられる。いずれにしても多くの周波数成分を含んでいる。

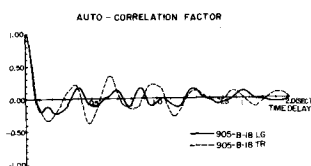


図-6 落合橋

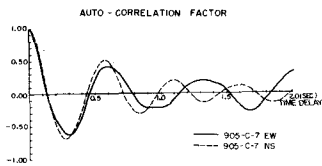


図-7 長野出張所

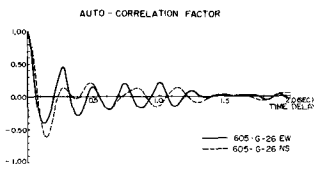


図-8 裾花ダム

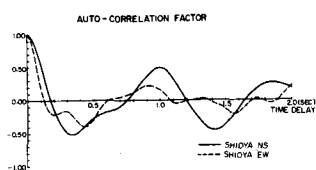


図-9 塩屋

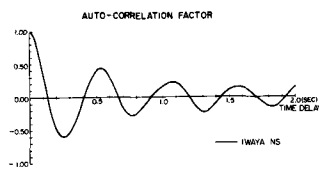


図-10 岩屋

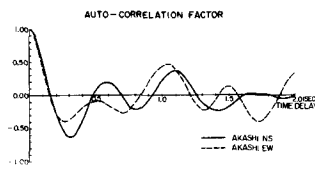


図-11 明石

図-9, 10, 11は越前沖地震(1963)による塩屋, 岩屋, 明石での記録による結果である。いずれも4%以上の周波数成分はほとんど含まれていず、1%~2%の周波数成分が卓越したよく似た結果を示している。

3. 強震記録の分類

以上の検討結果から、次のような点が指摘される。

- (1) 同一地点では、卓越する周期はほぼ一致しているが地震によって優勢な周波数成分は変化する。
- (2) 軟らかい地盤では、短周期成分はほとんど含まれず単一ピーク型の周波数特性を示す事が多い。
- (3) 岩盤もしくは、それに類する硬い地盤では、多くの周波数成分を含むことが多いが、遠距離の地震の場合には、そのうちの特に優勢な周波数成分が卓越する例もある。

強震記録の周波数特性は以上述べたように地震によって変わるが、そのみではなくて地震の性質によっても種々変化することがわかる。この点から考えても、今後さらに強震記録の観測が強化され、より多くの記録が得られることが望まれる。

現在の資料から強震記録を分類するとすれば、地盤条件から大きく二種類にわけ

- (1) 新石狩大橋地点の記録で代表される軟らかい地盤における単一周波数成分が卓越する記録。
- (2) 幌満橋地点の記録で代表される硬い地盤における多くの周波数成分を含む記録。

とすることができると考えられる。このうち(1)には板島橋の例に示されるような二つのピークが卓越する記録も含まれると考えられる。又(2)には塩屋, 岩屋での例にあるように短周期成分がほとんど含まれない記録もあるが、これは震央距離による影響とも考えられる。

以上の結果は常時微動測定による卓越周期の様子とは違った傾向を示している。この点からみても強い地震動の周波数特性は常時微動のような小さい振動によるものとは相当違った様相となるように思われる。