

# 地震動の非定常性の一取扱法について

On an Approach for the Nonstationary Characteristics of Earthquake Records

佐藤 壽 芳 ・ 武藤 敏 昭

## 1. はじめに

建築・機械構造物系における機械構造物系の耐震設計法について、地震動記録とアナログ計算機による応答計算、地震に定常性を仮定してモデル化した統計的計算の両面より検討をすすめてきた<sup>1)</sup>。しかし両者のよりよい一致をみるためには、後者に地震動本来の性質である非定常性を加味した取扱いが必要である。これまでにも非定常性に重点をおいた研究も発表されているが、必ずしも実際の地震動に基づいていないうらみがあった<sup>2)3)</sup>。本速報では、この点を考慮した非定常性取扱いの一つの試みについて述べる。

## 2. 基礎式

地震動のような非定常不規則振動では、パワーならびにパワー・スペクトルの時間的変動があると考えられるが、それを次のように表わすこととする。 $f(t)$  をもとの地震動記録とすると、

$$F(t, t_0) = f(t) \exp[-\alpha|t - t_0|] \quad 0 \leq t_0 \leq T_1 \quad (1)$$

$T_1$  は地震動記録の継続時間

なる  $F(t, t_0)$  について時間平均、パワーを次のように計算することができる。

$$\Phi(\tau, t_0) = \frac{1}{T_1} \int_0^{T_1} F(t, t_0) \cdot F(t + \tau, t_0) dt \quad (2)$$

$$\Phi(0, t_0) = \frac{1}{T_1} \int_0^{T_1} \{F(t, t_0)\}^2 dt \quad (3)$$

これらは時点  $t_0$  対応する時間平均、パワーと考えられる。また (2) をフーリエ変換すれば、その時点に対応する関数 (1) のパワー・スペクトルも得られる。これを  $\Psi(\omega, t_0) = F[\Phi(\tau, t_0)]$  (4) とあらわしておく。

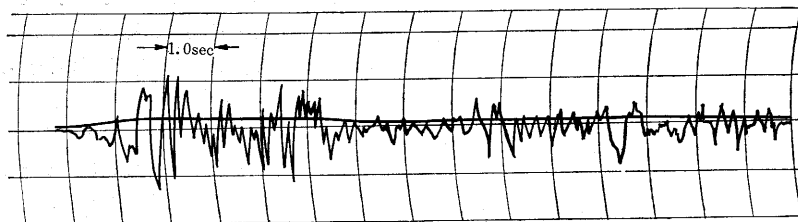
## 3. 計算例

El Centro (May 1940), Taft (July 1940) の二つの地震記録について  $\alpha=0.5$  として (3) の計算<sup>4)</sup> をおこなった結果を第 1 図に示す。 $\alpha$  が小さい方が大きいときよりある時点で考慮する時間幅が広く、したがって曲線はなめらかに、値も大きくなっていく。 $\alpha$  がより大きくなるとある時間近傍の影響のみが強くあらわれることになる。またこれらの計算結果によれば、 $\Phi(0, t_0)$  (以後  $\sigma^2(t_0)$  とかくこととする) の最大値は、地震記録の最大値に一致している。さらにこの結果を用いれば、最大値近傍の変化の状態からもとの地震記録について大振幅が継続する時間長さの評価も可能のようにみえる。

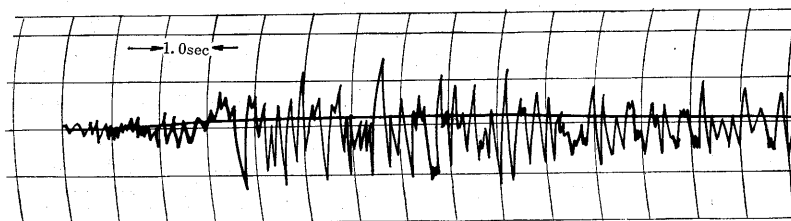
第 1 表は、 $\sigma(t_0)$  が最大となる時間を中心にして、その値が最大値の各何%になるまでの時間幅、すなわちある

第 1 表  $\sigma(t_0)_{\max}$  にたいし  $\sigma(t_0)$  を減少させたときの継続時間 (sec)

地震	%				
	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50
El Centro	1.3	3.3	4.3	5.0	5.9
Taft	2.2	5.7	7.0	9.1	13.2

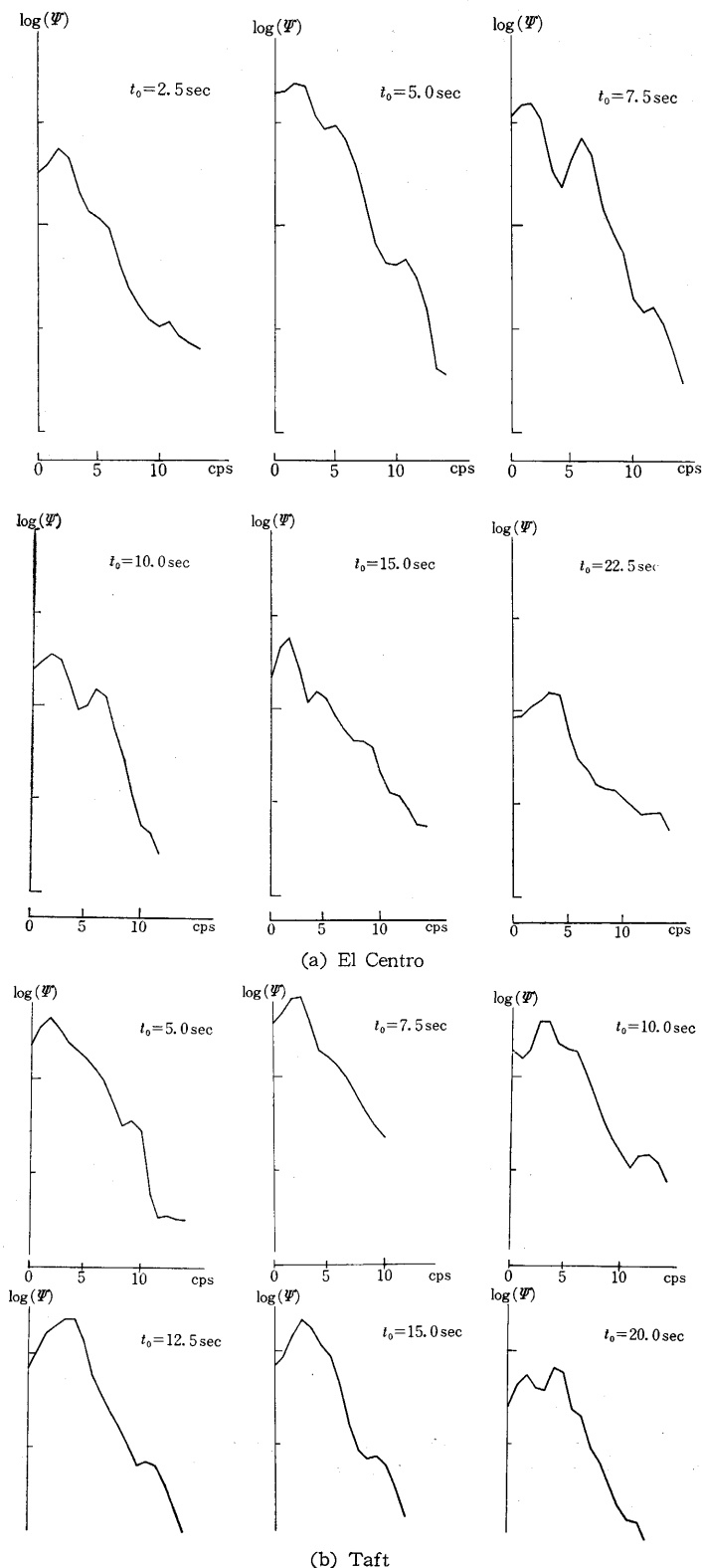


(a) El Centro



(b) Taft

第 1 図  $\sigma(t_0)$  の計算例 ( $\alpha=0.5$ ) 計算は図よりも長い時間にわたっておこなっている

第2図  $\Psi(\omega, t_0)$  の計算例

程度以上の振幅が続く継続時間をもとめたものである。この結果によると El Centro 地震の方がその値が小さく、より衝撃的、Taft 地震の方が持続的な性質を有することを意味するとみられるが、第1図に示すもとの加速度波形も、このことをよく裏がきしている形であるといえよう。

第2図は、同じく上の二つの地震記録について(4)の計算をおこなった1例である。まず El Centro 地震についての結果から次のようなことがわかる。1) パワー・スペクトルの時間的变化を追ってみると、全体を通じてほぼ同じ振動数に対応するピークがあり、それに対応する振動数は 1.6~2.5 cps である。2) 地震記録が最大となるときを中心として、その前後ではピークが二つになっている。低い振動数のピークは動かず、新たに 5.5~6.0 cps にピークが生じている。3) パワー・スペクトル・レベルは  $t_0=5.0, 7.5$  sec で最も大きくなり、地震振幅が大きくなると一致している。

一方 Taft 地震の結果については、全時間を通じてパワー・スペクトルの形はほとんど変わらないとみてよく、最も顕著なピークとして 2.5~3.3 cps に対応するものが表われていることが観察される。

(2) 等の計算を実行するときに、(1)において  $\alpha$  の選び方により 1)  $t=t_0$  より十分はなれた  $t$  では  $F(t, t_0)$  の値が小さく、その範囲を無視した方が計算を有効におこなうためには望ましいことが考えられる。第2表は、上記例の地震記録(データ総数 3000, 0.01 sec 刻み)について、(2)の積分項にあたるものを  $\alpha=0.5$  にたいして計算した結果である。これによると  $N \geq 1000$  のときの变化は数%にとどまり、この程度のデータ個数をとれば十分であることがわかる。

第3表は、地震記録の最大値と  $\sigma(t_0)$  の最大値の比をもとめたものである。表中  $\sigma(t_0)|_{\alpha=0}$  は何も処理をほどこさないもとの地震記録の標準偏差を表わし、 $\alpha=0.5$  のときのデータ個数が上記の検討により 1000個であるのに対し、3000個を使っている。今後は同様な計算を数多くすすめることにより、より一般的関係を知ることが必要であろう。

4. む す び

以上簡単であるが地震動の非定常性を取り扱う一方法を示し、二つの地震加速度記録についてこの取扱いをおこなった例を示した。以上の結果は単にそれだけにとどまることなく、地震の強さ、震源からの距離、地盤特性によって  $\sigma(t_0)$  の形、パワー・スペクトルの時間的変化がどのように変わるか、これらとアナログ計算機による応答計算との関係はどうなっているか、変化するパワー・スペクトルのピークと常時微動の周期頻度曲線との間にはどんな関係があるか等今後検討すべき問題は多い。

終わりに日頃懇切なご討議をいただいている本学藤井・亘理教授、柴田助教授、文部省統数研 赤池博士に心からお礼申し上げる。  
(1965年10月5日受理)

参 考 文 献

- 1) 佐藤：機械構造物の耐震設計に関する研究，生産技術研究所報告 15, 1 (1965.12)
- 2) T.K. Caughey & H.J. Stumpf: J. Appl. Mech., 28-4 (1961-2), 563.
- 3) J.L. Bogdanoff & others: Bull. Seism. Soc. Am., 51-2 (1961-4), 293.
- 4) 赤池：日本機械学会第 198 回講習会 (昭 38-10), 17.

第 2 表 (2) の積分項に相当する量 (El Centro については  $N=400$ )

	$t_0$ sec	N			
		3000	2000	1000	500 (400)
El Centro	0	13.18	13.18	13.18	5.828
	5.0	576.3	576.4	574.3	546.8
	10.0	92.97	92.98	90.20	56.40
	15.0	103.9	103.7	103.3	92.76
	20.0	40.62	40.46	39.84	31.62
	25.0	51.75	51.76	51.60	41.36
	30.0	70.95	70.96	70.96	23.76
Taft	0		7.177	7.166	5.86
	5.0		360.0	358.9	331.9
	10.0		380.8	379.1	357.8
	15.0		162.5	161.2	149.2
	20.0		59.64	58.92	52.55
	25.0		30.74	30.46	27.94
	30.0		13.08	12.92	12.81

第 3 表 地震記録の最大値と  $\sigma(t_0)$  の関係

\*このとき  $t_0$  は地震記録が最大となるときをとっている

	$\sigma(t_0)  _{a=0} / f(t)_{max}$	$\sigma(t_0)  _{a=0.5} / f(t)_{max}$
El Centro	0.213	0.171
Taft	0.290	0.199

次 号 予 告 (1月号)

巻 頭 言

年頭にあたって ..... 岡 本 舜 三

研究解説

材料の表面と疲れ (2) ..... 北 川 英 夫

MHD 発電について ..... 棚 沢 一 郎

研究速報

ニッケルメッキ層の組織と再結晶 ..... 西 川 精 一

アクリロニトリルのオリゴマー ..... 浅 原 照 三  
藤 中 貞 良  
藤 崎 善 輝

バリウムスルホナゾキレートを示指薬とする第四アンモニウム滴定法 ..... 武 藤 義 一  
和 田 芳 秀 裕 夫  
正 岡 秀 夫

新しい化合物の合成 ..... 永 井 芳 昌 男  
松 尾 昌 季