I－31　　強震地震動の継続時間の評価法について

京都大学工学部　正会員　亀田弘行
京都大学大学院　学生員　○泉並隆二
京都大学大学院　山田裕一

1. まえがき　地震動の特性解析は，従来から，主として振動数特性，強度特性などの面から行なわれてきたが，これらだけでは十分とは言えないようである。たとえば，最大加速度は大きいが衝撃的な地震動と最大加速度はあまり大きくはないが持続的な地震動とでは，構造物の応答に与える影響が異なることから，地震動の時間的な長さを無視して議論することは適当でない。かかる観点から，これまでに地震動の等価継続時間なる概念を提案したが[1]，本報告ではさらにその考え方を拡張し，実地震記録に適用した結果について述べる。

2. 地震動の非定常性の表現　構造物に動的な入力として作用する地震動の非定常性を考慮して，地震時の地動加速度 $x(t)$ を次式のように表わす。

$$x(t) = \beta f(t) g(t) \tag{1}$$

式(1)の β は加速度の次元をもつパラメーターであり，$f(t)$ は最大値1なる確定関数であり，さらに $g(t)$ は平均0，分散1なる定常確率過程である。

実地震記録から土岐らの方法[2]によって $f(t)$ を求めた結果の一例が図-1であり，これより算出した $g(t)$ について振幅の確率密度を求めたものが図-2である。同図からわかるように，確率密度は正規分布とみなして大過ない。このことから3.では $x(t)$ は正規分布に従うものと仮定して解析を行なった。

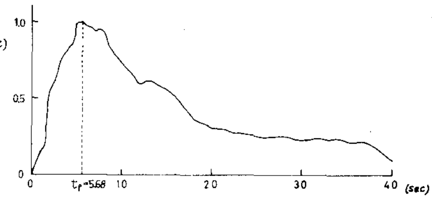

図-1　shape function（タフト）

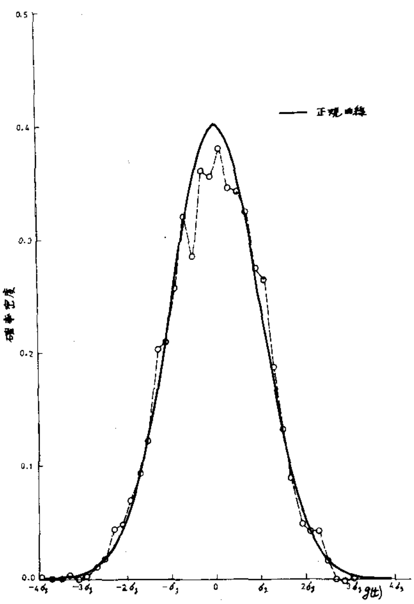

図-2　振幅の確率密度（タフト）

3. 最大加速度の期待値による等価継続時間の設定　地震時における構造物応答が一定値を越えた時に構造物が破壊すると考えられる場合には，入力地震動の最大加速度が重要となる。そこで，使用した地震記録をそれぞれ式(1)のような確率過程とみなして最大加速度の期待値を求め，それらをもとにして等価継続時間を次のように決定する。すなわち，地動加速度 $x(t)$ の最大加速度 α の期待値 $E[\alpha]$ に，定常過程 $\beta g(t)$ からある時間 τ だけ切り出したものから得られる最大加速度の期待値が等しくなるとき，この τ を $x(t)$ の等価継続時間とする[1]。$E[\alpha]$ の算出については文献1)を参照されたい。

4. 全パワーの期待値による等価継続時間の設定

構造物によって消費される地震エネルギーがある一定限度を越せば破壊すると考えられる場合には入力地震動のもつエネルギー量が問題となる。このような問題に関連する量として次に示すようなP_Tを考える。

$$P_T=\int_0^\infty x^2(t)\,dt \qquad (2)$$

山原[3]はこれを地震動のもつ全パワーと呼んだが，本節では$\beta g(t)$からある時間τ'だけを切りだしたもののもつ全パワーの期待値が$x(t)$のもつ全パワーの期待値に等しくなる場合，このτ'を$x(t)$の等価継続時間とする。非定常過程$x(t)$について，P_Tの期待値は次式で与えられる。

$$E[P_T]=E\left[\int_0^\infty x^2(t)\,dt\right]=\int_0^\infty \beta^2 f^2(t)\,E[g^2(t)]\,dt = \beta^2\int_0^\infty f^2(t)\,dt \qquad (3)$$

同様に定常過程$\beta g(t)$について次式を得る。

$$E[P_T]=E\left[\int_0^{\tau'} \beta^2 g^2(t)\,dt\right]=\beta^2\tau' \qquad (4)$$

式(3)と式(4)を等置することによって等価継続時間τ'が次のように求まる。

$$\tau'=\int_0^\infty f^2(t)\,dt \qquad (5)$$

	El Centro	Taft	八戸	室蘭	長野	落合
τ sec.	1.95	3.35	2.51	3.18	1.37	1.14
τ' sec.	7.13	9.97	10.35	14.14	3.11	2.56
τ/T_0	4.29	10.05	1.00	7.00	2.47	2.74
τ'/T_0	15.84	30.21	4.14	31.42	5.55	6.10
図3での番号	(3)	(1)	(6)	(2)	(5)	(4)

表-1　等価継続時間

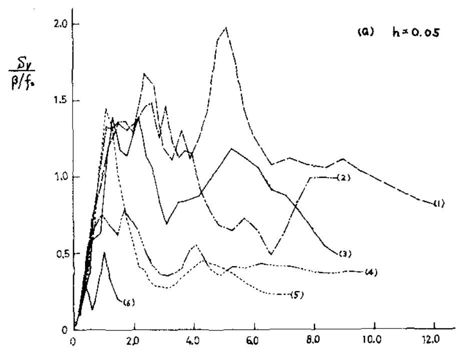

図-3　無次元速度応答スペクトル

5. 計算結果と考察　以上の方法を実地震記録に適用して数値計算を行なった。用いた記録は，(1) El Centro, 1940, NS成分，(2) Taft, 1952, S69°E成分，(3) 1968年十勝沖地震，八戸，NS成分，(4)同地震，室蘭，NS成分，(5)松代地震，1966年4月5日，長野，NS成分，(6)同地震，落合橋地盤，橋軸方向成分であり，それぞれ表-1のように略称する。同表に二種の継続時間τ，τ'と，それらと卓越周期T_0との比を示した。τ，τ'は衝撃的な地震ほど小さな値を示し，継続時間としての妥当性を示している。またτの値がτ'よりかなり小さいことから，最大加速度は，強度が最大となるごく短い時間に現われるということと対応している。図-3は，これらの地震動に対する無次元速度応答スペクトルを示すが，長周期構造物では等価継続時間が長いほど応答が大きい傾向がある。短周期構造物では応答はτ，τ'には無関係で，ほぼβに比例するとみなせるが，図-4によれば固有周期が0.3sec程度以下でこの関係が成り立っている。

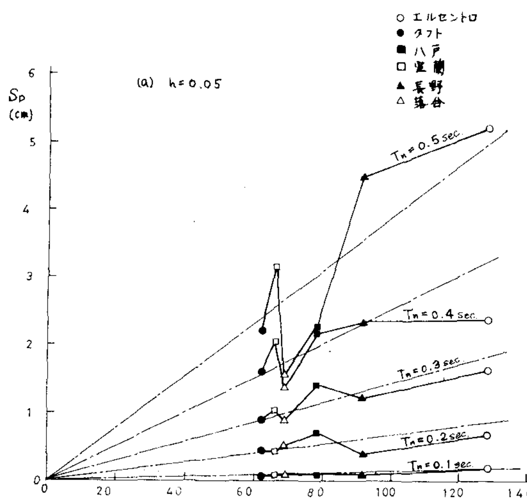

図-4　最大応答と地震動強度の関係　β (cm/sec²)

1) 亀田：土木学会論文報告集, 201号, 昭47.5, 2) 土岐・石黒：年次学術講演会, 昭43, I-127, 3) 山原：建築学会論文報告集 No.175