

群遅れ時間による震動継続時間の定義とその統計解析

徳島大学大学院 学生員 ○永江 正広
 徳島大学工学部 正員 沢田 勉

1. まえがき

地震動の継続時間は、構造物の応答を支配する重要な特性であり、構造物の耐震性を考慮する上で正しく把握する必要がある。しかし、震動継続時間の特性を定量的に評価する指標としては、決定的なものがないのが現状である。従来用いられている主な震動継続時間としては、地震記録の振幅があるレベルを最初に越える時間と最後に越える時間の時間長として定めたBoltの継続時間と、地震記録の全パワーの90%を含む区間長として定めたTrifunac and Bradyの継続時間がある。しかし、これらは地盤の卓越周期に対応する周波数成分の継続時間の影響を受けるため、耐震設計においてはより基本的な非定常特性のみを表わしうる継続時間を設定する必要がある。本研究では、地震動のフーリエ位相特性が地震動の非定常性と密接に関係することに着目^{1), 2)}、フーリエ位相より得られる群遅れ時間の標準偏差を継続時間の指標として定義し、これらがマグニチュード、震央距離によりどのように変化するかを重回帰分析により検討した。

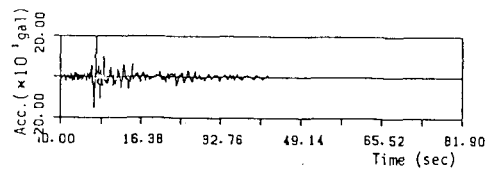
2. 継続時間の定義

図1(a)はEureka地震によるFerndale City Hall(1954)の記録である。これをフーリエ変換して得られたフーリエ位相 ϕ_k より、その位相差分 $\Delta\phi_k$ が式(1)によって求められる。これを、周波数領域のデータ間隔 $\Delta\omega$ で除して、式(2)に示す群遅れ時間 t_{grk} を得る。

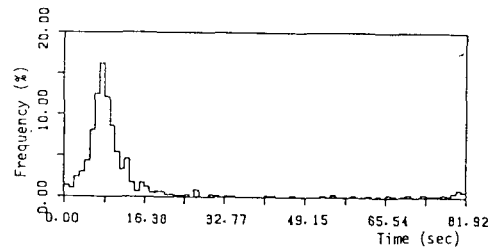
$$\Delta\phi_k = \phi_{k+1} - \phi_k \quad (1)$$

$$t_{grk} = -\Delta\phi_k / \Delta\omega \quad (2)$$

図1(b)は、このようにして求めた群遅れ時間 t_{grk} の頻度分布を示したものである。これらの図より、群遅れ時間の特性が地震動の非定常性と密接に関係していることがわかる。本研究では、この群遅れ時間の標準偏差を震動継続時間の指標として用いた。一般に実地震動のフーリエ解析を行なう場合には、FFTを使用する都合上、記録の前後にゼロを付加して時間点数を2の整数乗として計算を行なう。しかしながら、本解析では、付加したゼロが継続時間に影響を与えることがわかったので図2(a)に示すように記録にゼロを付加せずに時間点を直線で補間して計算を行なった。また、フーリエ解析におけるリンク効果を取り除くために、

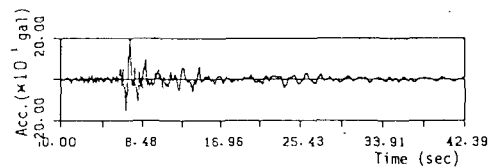


(a) 時間記録

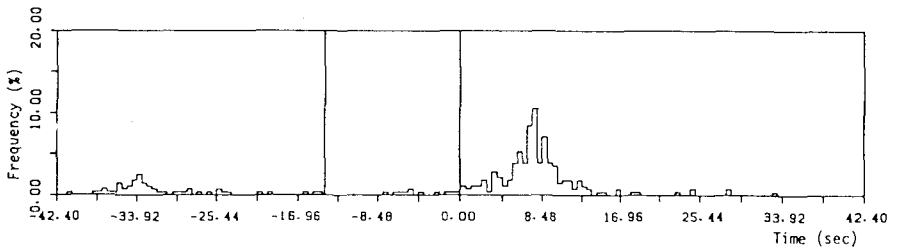


(b) 群遅れ時間

図1 継続時間の定義



(a) 時間記録



(b) 群遅れ時間

図2 継続時間の計算法

図2(b)に示すように群遅れ時間 t_{grx} を $-T \sim T$ (T :記録の長さ)の範囲で計算し、記録のピーク値が発生する時刻より $T/2$ を減じた時刻 T_{cut} から前の部分の情報を除去して、群遅れ時間の標準偏差を求めた。

3. 継続時間の統計解析

以上の方法により、日本の第2種および第3種地盤の地盤上で得られた加速度記録の水平成分の継続時間を求め、重回帰分析によって、それらのマグニチュード、震央距離に対する依存性を検討した。重回帰式としては、一般に用いられているいくつかの式について予備計算を行ない、最も適合度の高かった式(3)を用いた。

$$\sigma_t = P_0 + P_1 \cdot M + P_2 \cdot \log(\Delta + 30) \quad (3)$$

ここに、 σ_t :継続時間(sec)、 M :マグニチュード、 Δ :震央距離(km)、 $P_0 \sim P_2$:重回帰分析によって求められる係数、である。式(3)を用いて、第2種23個、第3種38個の計61記録について分析を行ない、地盤種別ごとおよび全記録についての回帰係数および重相関係数を求めた。表1は、その結果を示したものである。これらより次のことがわかった。

- 1) マグニチュード、震央距離が大きいほど継続時間が増大する傾向がある。これは、従来より用いられている Boltの継続時間、Trifunac and Bradyの継続時間の示す傾向³⁾と一致している。
- 2) 各地盤ごとの分析および全記録を用いた分析における重相関係数はすべて0.82程度であり、本研究の継続時間が地盤の影響をあまり受けないことがわかった。このことは、従来の継続時間が地盤条件に大きく影響されるフーリエ振幅特性に支配されるのに対し、本研究の継続時間がフーリエ位相特性にのみ依存しており、地盤の影響が取り除かれたためと考えられる。

図3は、式(3)による継続時間の予測値と実測値の関係を示したものであるが、これと表1の重相関係数より、式(3)がまずまずの適合度を得ていることがわかる。

4. あとがき

本研究の継続時間は、地盤条件の影響をあまり受けない。したがって、従来の継続時間と比較して、地震動の非正常性に関するより基本的な情報を与えると考えられる。なお、2で示した継続時間の計算法では、初期微動部や減衰部の欠落した記録を用いることができないので、データ数を増加させるために、さらに計算法を改良する必要がある。

参考文献

- 1) 大崎, 岩崎, 大川, 政尾; 『地震波の位相特性とその応用に関する研究』, 第5回日本地震工学シンポジウム講演集, pp.201~207.
- 2) Katsukura, Watanabe, Izumi; "A Study on the Fourier Analysis of Nonstationary Seismic Wave" 8th WCEE, Vol.2, pp.525~532, 1984.
- 3) 神山; 『地盤の影響を考慮した震動継続時間およびその関連パラメータの統計解析』, 土木学会論文集第350号/I-2, pp.271~280, 1984.

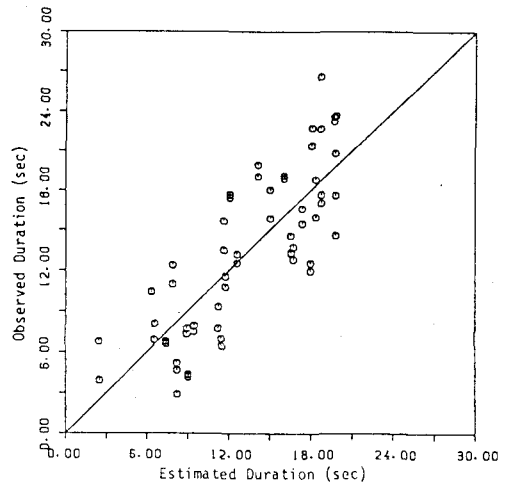


図3 継続時間の予測値と実測値の関係
地盤条件; 第2種, 第3種

表1 重回帰分析の結果

Soil Condition	Regression Coefficient			Multiple Correlation
	P_0	P_1	P_2	
Class - 2	-31.16	3.97	6.94	0.82
Class - 3	-27.44	2.16	12.31	0.83
Class - 2 & Class - 3	-30.08	2.25	12.75	0.81