

1. はじめに

耐震技術の進歩により、震度4や5程度で大きな被害は出なくなった。次の課題は、震度6や7への対策である。模擬地震波を経験的手法を用いて求めようとするとき、弱点は、震度6や7という大震度の強震記録が最近までほとんど得られなかった事、そして近い将来にその数が飛躍的に伸びるとは期待できない。震源近傍での大震度の強震記録では、将来の強震記録の様なランダムな位相特性を持たず、比較的長い見かけ周期を持つ第一波目にエネルギーの大部分が集中している事が注目される。

2. 模擬地震波の作成

2.1 解析方法

まず、地震動の非定常スペクトル特性を規定するモデルパラメータの統計的性質を検討し、地震マグニチュードと震央距離に対する地震動を推定する手法を用いて、マグニチュード8、震源距離100kmの地震波形を求めた。非定常特性を有する工学的基盤における地震動 $x(t)$ を次式のように表すことができる。

$$x(t) = \sum_{k=1}^m \sqrt{4\pi \cdot G_x(t, 2\pi f_k) \Delta f} \cdot \cos(2\pi f_k t + \phi_k) \quad (1)$$

上式における非定常パワースペクトル $G_x(t, 2\pi f_k)$ を、図-2.1のような関数でモデル化し、次式で表現する¹⁾。

$$\sqrt{G_x(t, 2\pi f)} = \begin{cases} 0 & ; 0 \leq t \leq t_s \\ \alpha_m(f) \frac{t - t_s(f)}{t_p(f)} \exp \left[1 - \frac{t - t_s(f)}{t_p(f)} \right] & ; t_s < t \end{cases} \quad (2)$$

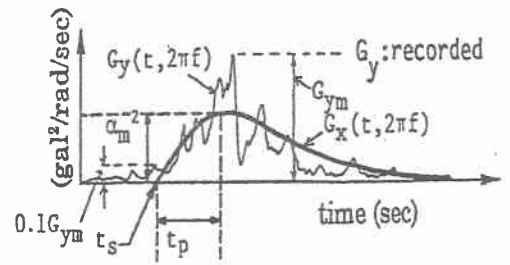
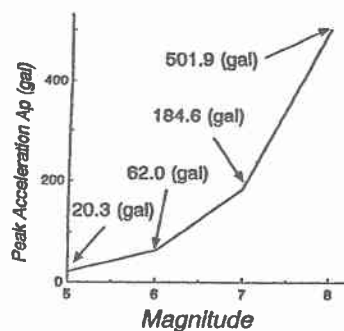


図-2.1 非定常パラメータのモデル

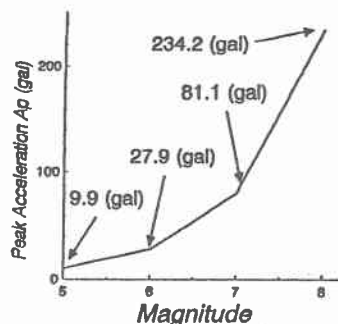
主な強震記録114成分を工学的基盤レベル相当の地震動に変換し、強度パラメータ、時間パラメータ、継続時間パラメータを、それぞれマグニチュードと震源距離に対して重回帰分析した。これより、マグニチュードと震源距離に対する工学的基盤レベルでの非定常地震動がシミュレーションできる。この手法では断層の2次元的広がり、破壊伝播方向を考慮していないため、大規模断層をマグニチュード6相当の小断層に分割し、小断層からの非定常スペクトルを時間軸上で重ね合わせるにより、断層の大きさ、破壊方法、破壊速度、破壊様式の影響を考慮できる強地震動予測手法を用いる。

2.2 解析結果とその考察

マグニチュードを5～8と変化させ、震源距離を50km, 100kmの最大加速度を図-2.2に示す。同図よりマグニチュードが大きくなれば最大加速度も放物線状に順次大きくなる事がわかる。代表例としてマグニチュード8、震源距離100kmの波形を図-2.3に南海模擬地震波として示す。次に、図-2.4にマグニチュードを5～8、断層の長さ、幅、地震モーメントを決めて、最大加速度を示す。マグニチュードを5, 6, 7, 8と大きくするとき、地震モーメントも大きくなり、加速度の最大値が順次大きくなる。しかし、同図では、マグニチュード7のとき321galと他と比べて小さくなっている。これは、断層の長さ、幅をそれぞれ50km, 60kmとし、地震モーメントを他のケースに比べて小さく予測したためである。なお、南海トラフと中央構造線の西側を想定断層として、最大加速度を求めると、中央構造線(268gal)よりも南海トラフ(353.4gal)の方が最大加速度が約80gal大きくなる。



(a) Short Distance to Hypocenter
x=50km (EMP-I R)



(b) Short Distance to Hypocenter
x=100km (EMP-I R)

図-2.2 Relationship x and Ap

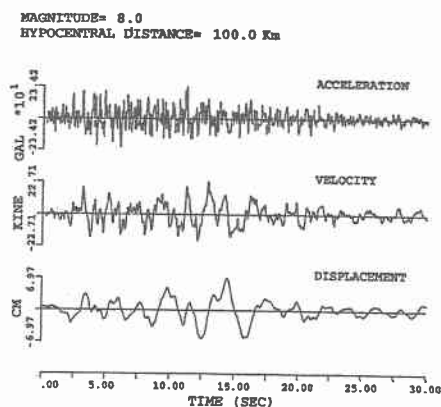


図-2.3 南海模擬地震波

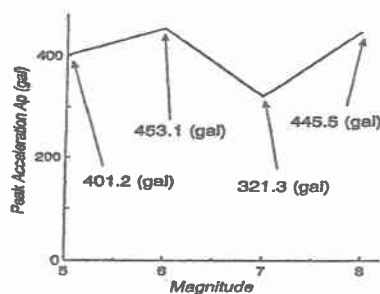


図-2.4 Relationship between M and Ap

Magnitude and Short Distance to Hypocenter No change				
Magnitude	5	6	7	8
Short Distance to Hypocenter (km)	50	50	50	50
Length of Fault (km)	80	60	50	30
Width of Fault (km)	120	100	60	50
Seismic Moment (*10 ²⁶ dyn*cm)	30	50	70	150
Depth of Hypocenter (km)	20	20	20	20
Epicentral Distance (km)	45.83	45.83	45.83	45.83
Number of Unit Event	Nx	Ny	Nz	Nt
	6	6	6	6
Xs (km)	19.86	19.86	19.86	19.86
Ys (km)	-41.3	-41.3	-41.3	-41.3
Zs (km)	0	0	0	0
Peak Acceleration (gal)	-401.2	453.1	-321.3	445.5

3. 南海模擬地震波を用いた地震応答解析

地震波動を入射波と反射波に分け、連続条件を用いることで、隣接する層の波動が漸化式として与えられることを利用して、偏微分方程式を解く方法、すなわち重複反射理論を用いる^{2),3)}。

3. 1 解析方法とその結果

線形化することにより周波数領域で行えるため、任意の層の波動（入射波、反射波、複合波）を与え、任意の層の波動が取り出せるという特徴を持っている。等価線形を用いたため、逆解析が可能である。地盤を14層に分割し、地表に模擬地震波（地表で最大値を100gal）を2Eとして入射したとき、各層のせん断剛性と減衰定数がわかっているため、基盤の14層で求めた入射波形を図-3.1に示す。基盤と表層のフーリエスペクトルを図-3.2に示し、表層と基盤の増幅関数を図-3.3に示す。

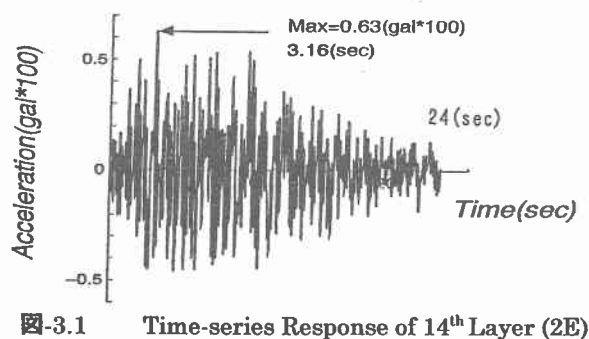


図-3.1 Time-series Response of 14th Layer (2E)

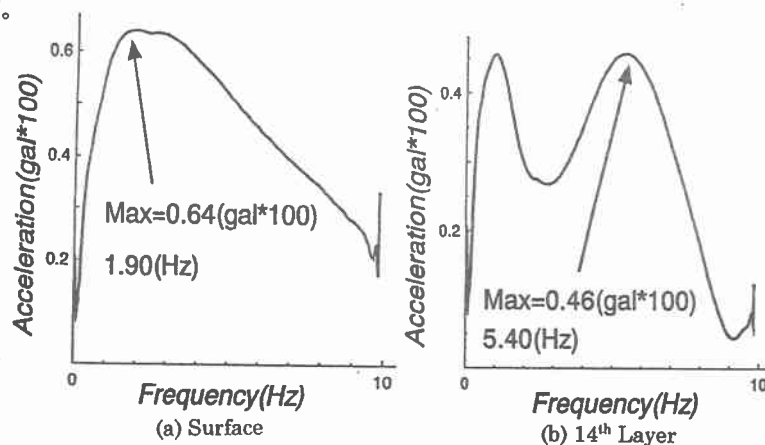


図-3.2 Fourier Spectrum

参考文献

- 1) Masata SUGITO and Hiroyuki KAMEDA: PREDICTION OF NONSTATIONARY EARTHQUAKE MOTIONS ON ROCK SURFACE, PROC. OF JSCE Structural Eng./Earthquake Eng. Vol.2, No.2, pp. 395~405, October 1985.
- 2) 吉川正昭, 西内啓太: 観測地震波を用いた高知市地盤の地震応答解析—非線形解析と等価線形解析—, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp. 66~67, 1999. 5.
- 3) 吉田望, 末富岩雄: 等価線形法に基づく水平成層地盤応答解析, 佐藤工業 (株) 技術研究所報 No.22, pp61~70, 1996.

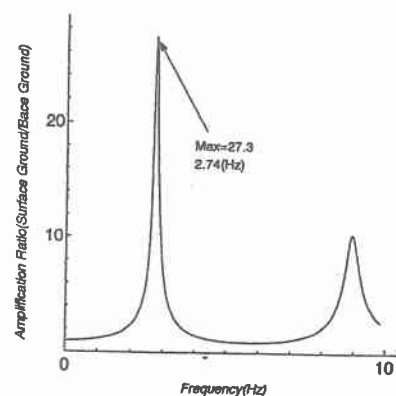


図-3.3 Amplification Ratio (1/14) (2E)