

都立大学 学生員 宮野道雄

同上 正員 望月利男

同上 同上 国井隆弘

1. はじめに

様々な地層構成から成る広域地盤が、地震時にどのような応答特性を示すかを知ることは、広域地震災害予測を行う上に重要である。そこで、本報告では、国の内外の各地地盤の地表付近で記録された地震波を、重複反射理論によって、現地の地盤で判明している硬質地層における地震波に変換し、東京都区内各地地盤から選定した85地実の基盤（第三紀層）上面に入力して地震応答計算を行い、文献1)で求めた都区内地盤の周波数応答計算結果との関係から地盤応答解析を行うことにした。

2. 地震応答計算方法

文献1)では、都区内741地実の各地地盤について、周波数応答計算を行ったが、ここではその結果から周波数特性、応答倍率、および地域などに片寄りを生じないように85地実を選定し、地震加速度応答計算および地震速度応答計算を行った。図-1は上記741地実の周波数応答計算結果から、各地実の最大周波数応答倍率およびそれに対応する周波数の分布を示したものであり、○印は選定した85地実を示す。また、入力地震波としては、記録地実の地層構成が判明している El Centro (1940. NS), Taft (1952. EW), Tokyo 101-2 (1968. 7. 1. NS), Tokyo 134 (1968. 7. 1. NS, EW), Tokyo 145 (1968. 7. 1. NS, EW), Tokyo 103 (1956. 9. 30. NS, EW), Tokyo 125 (1963. 12. 24. NS, EW), Tokyo 132 (1968. 7. 1. NS, EW), Tokyo 116-2 (1963. 12. 24. NS, EW), Kanto 601-1 (1963. 5. 8. EW), Kanto 601-2 (1963. 5. 8. NS, EW), Kanto 602 (1968. 7. 1. NS, EW), Sendai 501 (1962. 4. 30. NS, EW), Osaka 205 (1963. 3. 27. EW), Osaka 206 (1963. 3. 27. NS) の24種を使用しており、それらの地表での最大加速度は10 gal から330 gal の間にある。つぎに、地震加速度応答計算の手順を示す。(i). 観測地震波(地表付近)の時系列波を有限フーリエ変換し、これを $F(i\omega)$ とする。(ii). 観測地実で判明している最下層の上端における周波数伝達関数 $T_f(i\omega)$ を求める。(iii). 最下層上端のフーリエ変換係を求める。すなわち、 $F(i\omega) \times T_f(i\omega)$ を計算する。ここで、最下層のフーリエ係数が得られたことになる。(iv). 有限フーリエ逆変換により、時系列波を求める。すなわち次式の計算を行う。

$$\int_{-\infty}^{\infty} F(i\omega) \times T_f(i\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (1)$$

ここで、観測地実における基盤(最下層)の地震波が得られたことになる。(v). 対象とする都区内各地地盤の地表での周波数伝達関数 $T_f(\text{地盤})(i\omega)$ を求める。(vi). (iv)で得られた基盤における地震波の最大加速度を1galとし、そのフーリエ変換係 $F(i\omega)$ を求める。(vii). 都区内各地地盤における地表でのフーリエ変換係 $F(i\omega) \times T_f(\text{地盤})(i\omega)$ を求める。(viii). (1)式と同様にして、地表での地震加速度(時系列波)を求める。

以上の計算を85(地実数)×24(地震波数)回行った。地震速度応答計算は、上記

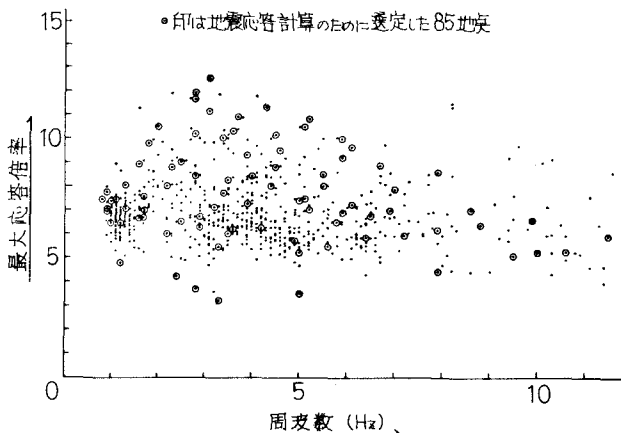


図-1 最大周波数応答倍率と対応周波数の関係

手順(i)で観測地震波の $F(\omega)$ (加速度スペクトル)を速度スペクトルに変換し、(ii)以下を同様にして行った。

3. 地震応答計算結果

3-1. 加速度応答

図-2は上記のようにして求めた、都区内各地地盤(85地質)の基盤に最大加速度1.0 galの地震波が入力した時の地表における最大応答倍率を最大周波数応答倍率との関係で示したものであり、24地震波全ての計算結果を重ねてプロットしている。また、図-3は周波数応答計算により、最大応答倍率(最大ピーク)を生ずる時の周波数(卓越周波数)と最大地震加速度応答倍率の関係をプロットしたものである。両図の示すところを要約すれば次のようになる。

- (i). 地盤の卓越周波数が高くなるにつれて、地震応答加速度が高くなるような結果は得られていない。
- (ii). 周波数応答倍率が高く、かつ卓越周波数が3~4 Hz内外の地盤が地震入力に対し、最も高い加速度応答値を示している。このような地盤の典型は、腐植土層を含め、数m厚の軟弱層を有する谷底低地である。
- (iii). 軟弱層厚の大きな下町低地の卓越周波数は1.0 Hz内外であり、図-3によれば、そのような地質での地震波の最大加速度応答倍率は4.5倍内外にとどまっている。従って、地震加速度応答が他地域に比べて、必ずしも大きくならないことが推測される。

3-2. 速度応答

図-4は上記24地震波のうちTokyo 101-2(1968.7.1. NS), Tokyo 125(1963.12.24. EW), Osaka 206(1963.3.27. NS)を除く21地震波について地震速度応答計算を行い、その最大応答倍率と最大周波数応答倍率との関係を上と同様に全地震波に対して重ねてプロットしたものである。また、図-5は同計算結果から、横軸に卓越周波数をとり、最大周波数応答倍率との関係をプロットしたものである。図-4によれば、21地震波のうちEl Centro地震波のように地質によっては、最大周波数応答倍率が増加するに伴って地震速度応答倍率も増加する例外的な応答型が存在するため、高位の応答値にややばらつきがみられるが、全体的にみて、ほとんどの応答値は2.5ないし、それ以下の値付近に、最大周波数応答倍率に対し一定の型で分布している。図-5においても、El Centro, Tokyo 145 NS地震波に対する速度応答値が、それぞれ2.0 Hzおよび1.0 Hz内外でピークを示すなど、いくつかの特定の地震波によるばらつきはあるが、形状としてはよく知られている1角周系の地震波に対する速度レスポンススペクトルにおいて、周波数に対する応答がほぼ一定の傾向を示す結果と一致している。

【謝辞】 末尾ながら、本研究を行うに当たり、多くの御助言をいただいた都立大学工学部田泊米辰雄教授、同理学部松田智余助手に感謝致します。

【文献】 1) 東京都内各地盤のS波速度とその増幅特性について、(その1, 2),

宮野, 望, 田泊, 昭和51年度日本建築学会周波数研究報告集, P109~P116.

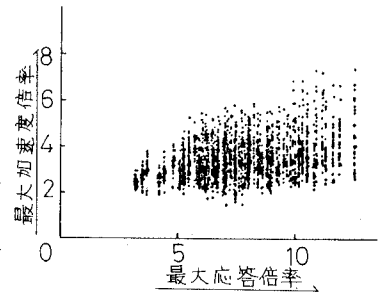


図-2 地震波の最大加速度応答倍率と最大周波数応答倍率の関係

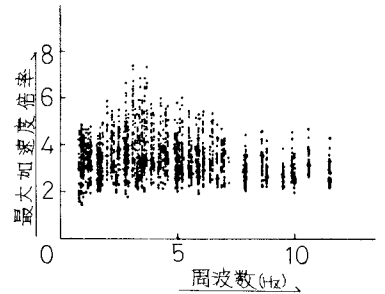


図-3 地震波の最大加速度応答倍率と卓越周波数の関係

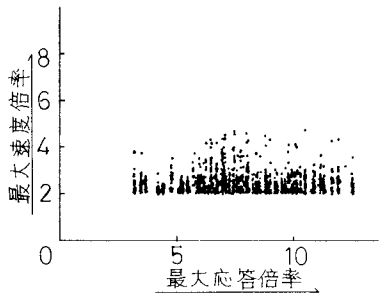


図-4 地震波の最大速度応答倍率と最大周波数応答倍率の関係

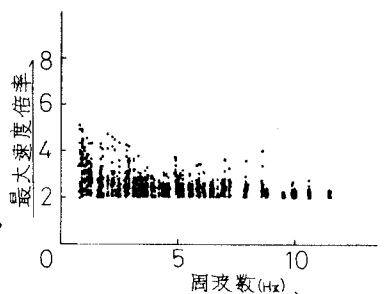


図-5 地震波の最大速度応答倍率と卓越周波数の関係