

軟弱地盤における非定常地震動の予測モデル

京大工学部 正会員 後藤尚男・亀田弘行
東電設計 同 ○吉田郁政

1. まえがき 構造物建設地点において、その地盤特性を反映させた強震地震動の予測を行うことは耐震工学上非常に重要なことである。日本では軟弱地盤においても重要構造物が建設されることが少なくない。本研究は先の研究¹⁾で提案された、マグニチュード、震央距離、地盤の柔らかさ、地盤の伝達特性による地震動の予測モデルの適用範囲を軟弱地盤に適用できるように拡張し、非定常強震地震動を予測する方法を提案したものである。

2. 非定常地震動予測モデル

先の研究においては強震地震動の非定常パワースペクトルを、図-1に示すように3つのパラメータ α_m , t_p , t_s を含む関数でモデル化し、各振動数におけるモデルパラメータをマグニチュード M , 震央距離 Δ (km) に対して次に示す形で回帰分析した。



図-1 非定常パワースペクトルとモデル関数

$$\log \hat{\alpha}_m = B_0 + B_1 \cdot M - B_2 \cdot \log(\Delta + 30) \text{ ----- (1)}$$

$$\hat{t}_p = P_0 + P_1 \cdot M + P_2 \cdot \log(\Delta + 30) \text{ ----- (2)}$$

$$\hat{t}_s = S_0 + S_1 \cdot \Delta \text{ ----- (3)}$$

3つのモデルパラメータのうち強度パラメータ α_m は地盤の柔らかさ、震動特性の影響をうけやすいので、 α_m に関して地盤条件による補正を行う。実地震記録より得られた $\alpha_m(f)$ の振動数軸上における変動 $U_s(f)$ 、対数振動数軸上における $\alpha_m(f)$ と $\hat{\alpha}_m(f)$ との面積比(全体的強度のばらつきを表わす) C_0 を考え、次の式が得られる。

$$\alpha_m(f) = C_0 \cdot U_s(f) \cdot \hat{\alpha}_m(f) \text{ ----- (4)}$$

予測モデルでは C_0 を地盤の柔らかさから、 $U_s(f)$ を地盤の伝達関数からそれぞれ推定する。

地盤の柔らかさを示すパラメータとして N 値によって決まる S_n を定義した。 $\log C_0$ と S_n について回帰分析が行われ、その結果得られた回帰式を次に示す。

$$\log \hat{C}_0 = 0.4805 \cdot S_n \text{ ----- (5)}$$

$U_s(f)$ は地盤の伝達関数 $A(f)$ を、地盤が一般的に持つと思われる伝達関数 $E(f)$ で正規化した $A^*(f)$ で推定する。 $E(f)$ は各地点の伝達関数を振動成分ごとに相乗平均して求められた。 $A^*(f)$, 予測モデルにおける強度パラメータ $\hat{\alpha}_m^*(f)$ を次式に示す。

$$A^*(f) = A(f) / E(f) \text{ ----- (6)}$$

$$\hat{\alpha}_m^*(f) = \hat{C}_0(S_n) \cdot A^*(f) \cdot \hat{\alpha}_m(f) \text{ ----- (7)}$$

以上の方法の詳細については文献¹⁾を参照されたい。

3. 軟弱地盤における非定常地震動の予測モデル

軟弱地盤で記録された6地点14成分の強震記録についてそれぞれ C_0 , S_n を求め、図-2に Δ 印で示した。また一般的堅さの地盤(2,3種地盤)で記録された強震記録について、先の研

Hisao GOTŌ Hiroyuki KAMEDA Ikumasa YOSHIDA

究で計算された C_0 , S_n を○印で示した。△印は式(5)で示した回帰直線の延長上ではなく、頭打ちの傾向がある。そこで S_n が一定値を超える地盤については、 \hat{C}_0 を S_n によらず一定値と考えることにする。その \hat{C}_0 は軟弱地盤において記録された強震記録の C_0 の相乗平均によって定める。その結果、軟弱地盤における \hat{C}_0 は、 $\hat{C}_0 = 1.827$ となった。式(5)において、 $\hat{C}_0 = 1.827$ を与えるのは $S_n = 0.55$ である。よって式(5)に示した \hat{C}_0 の推定式は軟弱地盤を考慮することにより、次のようにした。

$$\hat{C}_0 = \begin{cases} 10^{0.4805 \cdot S_n} = 3.023^{S_n} & S_n < 0.55 \\ 1.827 & S_n \geq 0.55 \end{cases} \quad (8)$$

強度パラメータの振動数軸上における変動を、重複反射理論より求めた地盤の伝達関数がどの程度表現しているかみるため α_m , α'_m , α''_m を図-3に示した。図-3において α_m は強震記録より得られたものであり、 α'_m , α''_m は次に示す式で得られる予測モデルの強度パラメータである。

$$\alpha'_m(f) = C_0 \cdot \hat{\alpha}_m(f) \quad (9) \quad \alpha''_m(f) = C_0 \cdot A^*(f) \cdot \hat{\alpha}_m(f) \quad (10)$$

$\alpha_m(f)$ との比較のため、 $\alpha'_m(f)$ と $\alpha''_m(f)$ では \hat{C}_0 を用いず C_0 そのものを用いている。

伝達関数を求める際のひずみ依存性については、先の研究で一般的堅さの地盤を対象とした時に定めた値と同じ値を用いた。すなわち、せん断ひずみを深さ 40 m 以上で 10^{-5} 、40 m から 20 m の間で 10^{-4} 、20 m 以内で 5×10^{-4} としている。

図-4 に α''_m から計算した加速度波形、速度波形と、強震記録のそれぞれの波形を示した。

参考文献 1) Kameda, H., Sugito, M., Asamura, T., "Simulated Earthquake Motions Scaled for Magnitude, Distance, and Local Soil Conditions", proceedings, 7WCEE, Vol.2, 1980, pp.295-302.

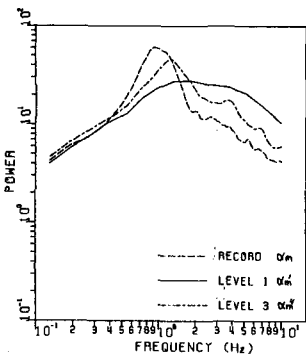


図-3 強度パラメータ α_m の比較 (塩釜工場)

宮城県沖 1978.6.12

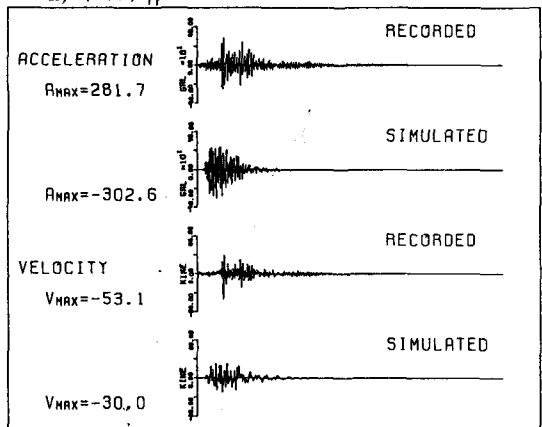


図-4 加速度波形、速度波形の比較 (塩釜工場)

宮城県沖 1978.6.12