

強震時における地盤の非線形特性の影響を考慮した地震動の予測モデル

京都大学工学部 正 員 後藤尚男 杉戸真太 亀田弘行

京都大学工学部 学生員 〇上田勝也

1. はじめに 本研究は、従来の非定常地震動予測モデル¹⁾における強度パラメータ $\alpha_m(f)$ の推定において、地盤パラメータ S_n が $\alpha_m(f)$ に及ぼす影響の振動数依存性、岩盤深さ d_p 、及び地盤の非線形特性が $\alpha_m(f)$ の振動数軸方向の特性に与える影響を考慮した修正モデルを提案するものである。

2. 分割した振動数域における S_n と $\alpha_m(f)$ の関係 文献1)では0.13~10.03 Hzの振動数域で一律に算出された $\alpha_m(f)$ の S_n による補正係数を対数振動数軸上でほぼ3等分した各振動数域毎に評価する。式(1)で表される各振動数域の地震動パワーのばらつき C_{OL} , C_{OM} , C_{OH} ²⁾と S_n を $S_n \leq 0.4$ の範囲で回帰分析を行なった。ただし、最大加速度の推定式における S_n と同じ扱いにするため、 C_{OM} , C_{OH} の推定式は、 $S_n \leq 0.6$ と $S_n > 0.6$ の範囲に分ける。また C_{OL} については $S_n > 0.6$ となっても頭打ちの傾向を示さないため S_n の全範囲において回帰分析による推定式を用いた。(図-1~図-3)

$$C_{OL, M, H} = \int_{f_l}^{f_u} \alpha_m(f) d(\log f) / \int_{f_l}^{f_u} \alpha_m(f) d(\log f) \quad (1)$$

ただし、 f_u, f_l は各振動数域の上、下限である。

3. 岩盤深さ d_p の $\alpha_m(f)$ に及ぼす影響 d_p が $\alpha_m(f)$ に及ぼす影響のモデル化は既に文献2)で行われているが(1)式を用い同様の解析を行なった。各振動数域で推定値 C_{OL} , C_{OM} , C_{OH}

からのばらつき C'_{OL} , C'_{OM} , C'_{OH} を次式で表わす。

$$\begin{aligned} C'_{OL} &= C_{OL} / \hat{C}_{OL}(S_n) & C'_{OM} &= C_{OM} / \hat{C}_{OM}(S_n) \\ C'_{OH} &= C_{OH} / \hat{C}_{OH}(S_n) \end{aligned} \quad (2)$$

(2)式と d_p との間で回帰分析を行なった。低振動数域における結果を図-4に示す。

4. 非定常地震動予測モデルへの適用 2, 3で求めた各振動数域での $\alpha_m(f)$ の補正式より各振動数における補正係数を次の方法で求める。0.13Hzから低振動数域中央の点までは低振動数域の補正式を、高振動数域の中央の点から10.03 Hzまでは高振動数域の補正式を、残りの振動数域については各振動数域の中央の点で各補正式を直線で結んだものをそれぞれ各振動数での補正係数とする。各振動数における補正式を

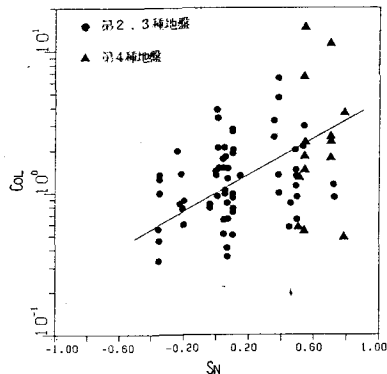


図-1 ばらつき C_{OL} と S_n との関係

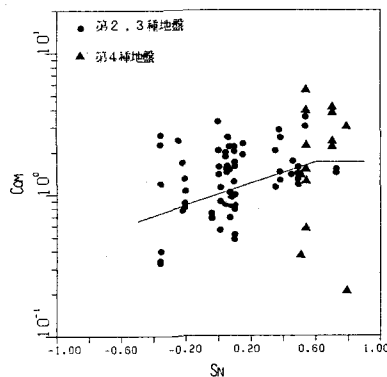


図-2 ばらつき C_{OM} と S_n との関係

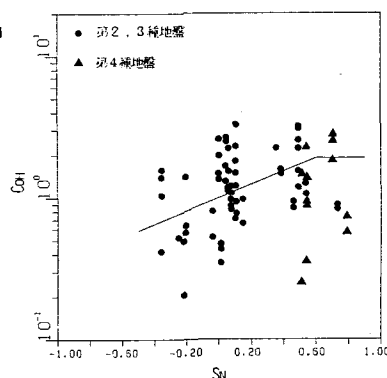


図-3 ばらつき C_{OH} と S_n との関係

表-1に、補正係数の例を図-5、6に示す。

5. 地震動の強さに応じたひずみレベルによる地盤の伝達関数

地表付近のひずみ β が与えられた場合の地盤の深さ方向のひずみ分布 $\gamma(X)$ を次式で仮定する。

$$\gamma(X) = \sqrt{\frac{(0.05\beta)^2 - \beta^2}{dp} X + \beta^2} \quad (3)$$

ここに x ; 地表からの深さ(メートル)

dp ; 岩盤深さ(メートル)

(3)式より求まる地盤の各層の中央の点におけるひずみを、その層のひずみとする。 β を 5×10^{-4} 単位で変化させた場合の伝達関数と実地震の水平2方向の記録より得られる

$\alpha_m(f)$ とを比較し、第1のピークが生ずる振動数が最もよく一致する場合の β をその地震におけるひずみとする。なお、比較の対象としたのは $\alpha_m(f)$ 、伝達関数、とも比較的明確に第1のピークが生じている7個の記録である。 β と M 、 Δ より推定される最大速度 $\bar{V}$ との間で回帰分析を行なった。(図-7)

β の推定式は次式である。

$$\bar{\beta} = 10^{-3.22} \times 10^{0.0293 \bar{V}} \quad (4)$$

M 、 Δ から、(4)式より求まる地盤ひずみ β における伝達関数 $A(f)$ を用い、文献1)と同様に $\alpha_m(f)$ の振動数軸方向の特性を取り入れることにした。

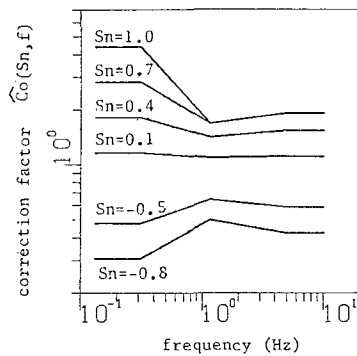


図-5 S_n による補正係数

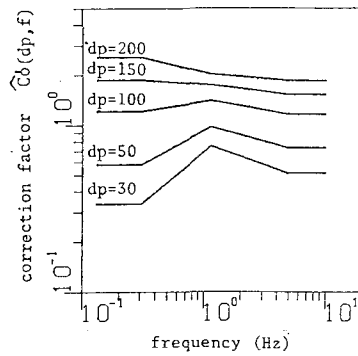


図-6 dp による補正係数

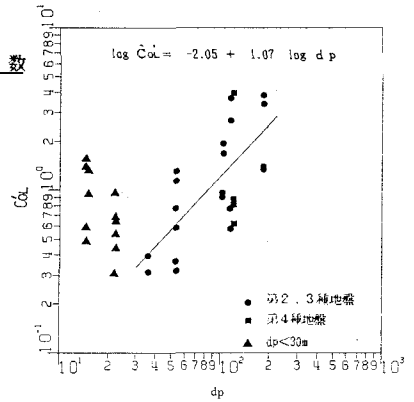


図-4 ばらつき Co_L と dp との関係

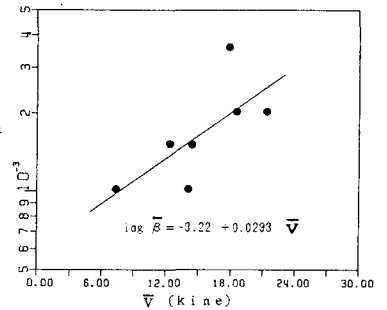


図-7 ひずみ β と最大速度の推定値 $\bar{V}$

表-1 S_n , dp による $\alpha_m(f)$ の補正式

パラメータ 振動数	地盤パラメータ S_n		岩盤深さ dp ($dp \geq 30m$)
	$S_n \leq 0.6$	$S_n > 0.6$	
0.13~0.31 (Hz)	$4.40 S_n$	$4.40 S_n$	$10^{-2.05} \times dp^{1.07}$
0.31~1.14 (Hz)	$10^{(0.405-0.469 \log f) S_n}$	$10^{(0.204+0.401 \log f + 0.0647 S_n - 1.14 S_n \log f)}$	$10^{(2.0-0.948 \log dp) \log f - 1.03+0.585 \log dp}$
1.14~4.87 (Hz)	$10^{(0.378+0.138 \log f) S_n}$	$10^{(0.222+0.0825 \log f)}$	$10^{(-0.58+0.224 \log dp) \log f - 0.882+0.518 \log dp}$
4.87~10.03 (Hz)	$2.92 S_n$	1.90	$10^{-1.28} \times dp^{0.672}$

参考文献 1) Kawada, H., Sugito, M., Asamura, T., 7WCEE, Vol. 2, 1980. 2) 亀田 弘行・後藤 尚男・杉戸 真太・得津 明弘, 土木学会関西支部講演会概要集, 昭和58.5. 3) Kameda, H., Sugito, M. and Goto, H., 3rd International Earthquake Microzonation Conference, Vol. III, 1982.