

地盤の非線形性を考慮した変換係数による堆積地盤での計測震度の推定法

岐阜大学工学部 ○ 鈴木貴詞 杉戸真太 古本吉倫

1. はじめに 地震動波形により求められる気象庁計測震度は、個々の地点の地震動強度を表すだけでなく、地震被害を把握するための指標として、防災計画上の見地からも今後の利用が期待されている。一方、一般の沖・洪積地盤において地震動予測を行い、多数の地点において気象庁計測震度を求める場合、想定された基盤地震動から、重複反射理論により地表地震動を個々の地点ごとに計算するには、応答解析のための地盤構造が必要となり大変煩雑である。このような場合、比較的容易に得られる表層の地盤特性を考慮した変換係数を掛けることにより、基盤レベルでの計測震度を簡単に地表での計測震度に変換する手法^[1]が有効である。

本研究では、そのための試みとして、いくつかの条件の異なる地盤を選び、基盤計測震度から堆積地盤表面への変換係数を求めた。

2. 工学的基盤での非定常地震動シミュレーション 想定地震に対応する地震動強度は、表層の堆積地盤によりその増幅特性が大きく変化するため、筆者らは、工学的基盤面での地震動データに基づく非定常地震動予測モデル (EMPR)^[2]を提案している。沖・洪積地盤とその真下の基盤面での強震記録は、徐々に蓄積されつつあるとはいえ、比較的大きな地震による記録が少ないのが現状である。そこで、EMPR モデルを用いて工学的基盤面でのシミュレーション地震動を算出し、それらを種々の地盤特性を有する沖・洪積地盤の基盤への入力とし、周波数依存性を考慮した等価ひずみによる等価線形化手法 (FDEL)^[3]により、地表地震動を算出した。このようにして得られたシミュレーション地震動に基づき、基盤面と地表面での計測震度の変換係数を求めた。図1に、基盤地震動を算出するマグニチュード M 、震源距離 R の組合せを示した。 $M=5.0 \sim 8.0$, $R=10 \sim 300$ km の範囲で 32 組あり、各組合せごとに 7 成分ずつ合計 224 成分のサンプル波を得た。

3. 地盤パラメータ $S_n^{[4]}$, $d_p^{[5]}$ 地表面下 15 ~ 20m 程度の軟弱さを連続量で表す指標 S_n は、以下のように N 値により与えられる。

$$S_n = 0.264 \int_0^{d_s} \exp(-0.04N(x)) \exp(-0.14x) dx - 0.885$$

ただし、 $N(x)$: 深さ x (m) における N 値、 d_s : ボーリング資料の深さである。また、せん断波速度が 400 ~ 600m/sec 程度のいわゆる工学的基盤までの深さを d_p (m) とする。ごく表層付近の地盤の状態は S_n で、さらに深部の概略的な特性は d_p でそれぞれ表されることから、この 2 つのパラメータにより異なる振動数の地盤地震動の特徴を把握できるものと考えられる。表1には対象とした地盤における 2 つのパラメータを示した。

4. 基盤計測震度の地表面への変換 ここでは杉戸ら^[1]の方法に従い、基盤面での計測震度と地表面での計測震度の比を変換係数 β と定義し、基盤での計測震度 K_p を地表での計測震度 K_s および変換係数 β により、

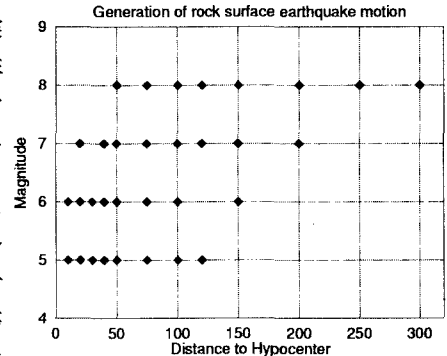


図1. EMPR による地震動シミュレーションの M と R の分布

表1. 強震観測地点の地盤パラメータ

地点名	S_n	d_p
室蘭-S	0.03	14.5
八戸-S	-0.05	380.0
細島-S	0.466	51.0
青森-S	0.37	115.1
品川-S	0.71	28.9
板島橋	0.48	18.5
塩釜工場-S	0.52	16.8
小名浜-事-S	-0.22	8.3
山下変-S	0.39	35.0
仙台-M	-0.07	11.6
ポートアイランド	0.568	35.00
総合技術研究所	0.256	97.00
出水	-0.40	10.0

$K_s = \beta \cdot K_r$ の形で推定する。

図 2,3 には, シミュレーション波形により求めた計測震度, 実効加速度 (対数関数によって, 計測震度と等価とみなせる), ならびに最大加速度により, 代表的な条件の地盤について, 基盤面から地表面への変換係数を求めた。表 1 における 2 地点での最大加速度, 実効加速度, 計測震度のどの指標も, 基盤地震動が大きくなるに従い, その変換係数は下る傾向が見られる (図 2)。また, 地盤が軟弱な場合 (図 3) は, 堅固な場合と比べ実効加速度の変換係数が相対的に大きくなるのがわかる。

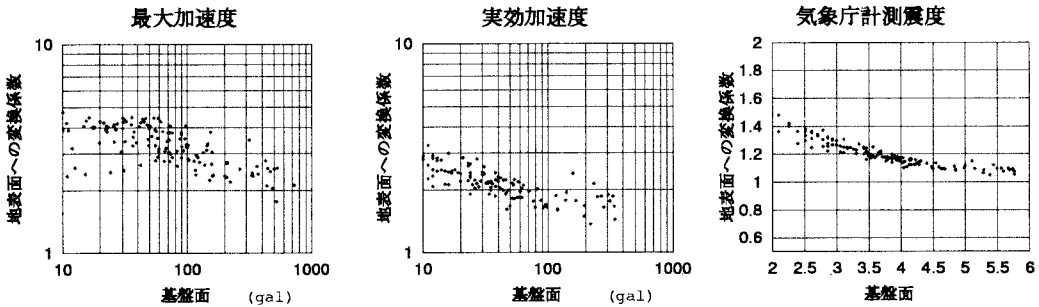


図 2. 比較的硬く, 基盤層が浅い地盤 (小名浜事-S) における変換係数 ($S_n = -0.232, d_p = 8.3\text{m}$)

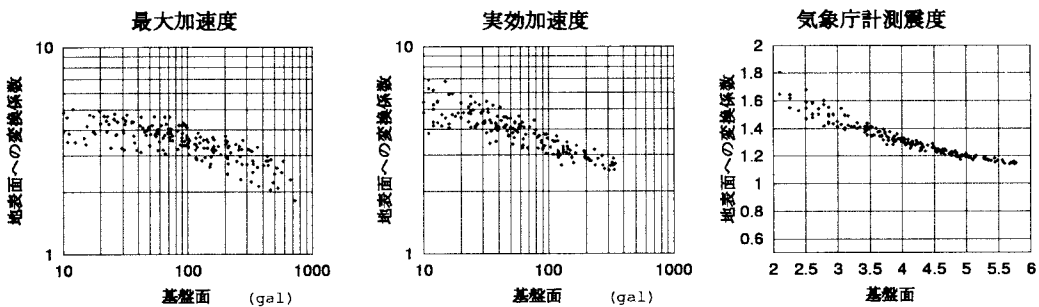


図 3. 比較的軟らく, 基盤層が深い地盤 (品川-S) における変換係数 ($S_n = 0.725, d_p = 28.9\text{m}$)

5. おわりに 比較的容易に得られる地盤パラメータにより表層地盤の影響を考慮した変換係数を用いて, 基盤波形により得られる計測震度から地表面の計測震度を推定する方法について考察した。本研究では, 条件の異なる代表的な地盤について計測震度の変換係数を求めたが, 今後, さらに計算結果を蓄積し, 地盤パラメータ S_n, d_p について統計処理を行い, 与えられた基盤計測震度に対応する一般の沖・洪積地盤での計測震度を, S_n, d_p から推定するモデルとして提案する予定である。

なお, 本研究で用いた地盤モデルは, 運輸省港湾技術研究所, 建設省土木研究所, 関西電力, 神戸市開発局, K-NET による強震観測地点での地盤資料に基づいたものである。記して深謝の意を表する次第である

参考文献

- [1] 杉戸真太・亀田弘行・後藤尚男・廣瀬憲嗣:土木学会構造工学論文集 Vol.32A pp.789-799,1986. [2] 洞谷元司・杉戸真太・古本吉倫・杉山武「非定常スペクトル重ね合わせによる強震動予測法の再検討」土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集 I(B), pp.550-551, 1998. [3] 杉戸真太・合田向義・増田民夫:周波数依存性を考慮した等価ひずみによる地盤の応答解析法に関する一考察:土木学会論文集 No.493II-27, pp.49-58, 1994 [4] Kameda, H., Sugito, M. and Goto, H.: Microzonation and Simulation of Spatially Correlated Earthquake Motions, Proc. Third International Microzonation Conference, Seattle, Vol. III, pp.1463-1474, 1982 [5] 杉戸真太・亀田弘行:地震動予測における地盤条件の影響について, 土木学会第 38 回年次学術講演会, I-418, 1983.