

武蔵工業大学

フジタ工業(株) 技術研究所

(株)東日交通コンサルタント

正会員 星谷 勝

正会員 斎藤 悦郎

正会員 O山崎 晃弘

1. はじめに

筆者らは液状化を伴う地盤に対して、等価線形モデルを用いた等価線形計算法を提案した¹⁾。この等価線形モデルは、液状化発生過程の複雑な物理現象をEK-WGI法を用いて、等価固有円振動数、等価減衰定数という少ないパラメーターで表わし、この等価動特性値をせん断ひずみの蓄積量であるせん断ひずみエネルギーとの関係により表現したものである。そして、等価線形計算法はこの等価線形モデルを用いて繰返し応答計算を行い、せん断ひずみエネルギーの収斂値を求め、間隙水圧比のせん断ひずみエネルギー依存曲線から間隙水圧比の上昇を算定するものである。なお、これらの計算に用いた対象地盤は一層の非排水飽和砂質地盤である。本研究は、本方法を多自由度系へ拡張し、その可能性を確認したうえで、新潟市川岸町地盤データに対して本方法の適用を試みたものである。

2. 川岸町地盤における等価線形モデル

表-1は、石原らがモデル化した川岸町地盤データを参考に作成したものである。この地盤は1964年に発生した新潟地震の際に、液状化現象による被害が顕著に見られたものである。

図-2は、地下水面下(-2m)の飽和砂質地盤に対して、EK-WGI法から求めた各層の等価動特性値(せん断弾性係数比 G/G_0 、減衰定数 β)をせん断ひずみエネルギー E_r の関数として整理したものである。同図の右端の数字は、表-1の各層番号に対応する値である。また、等価線形計算法の間隙水圧比の上昇を判定する間隙水圧比のせん断ひずみエネルギー依存曲線も同図に示した。

次に、地下水面より上層の地盤に対しては、従来からの液状化現象を伴わない地盤の非線形問題に対する等価線形計算²⁾のモデルの動特性のひずみ依存曲線を用いる。図-1

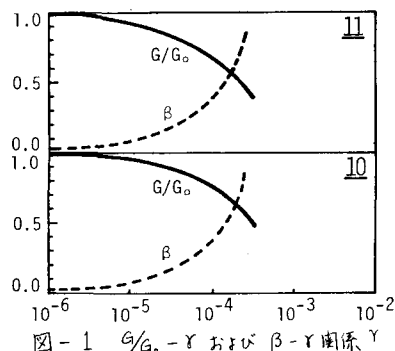
は、図-2と同様にEK-WGI法を用いて、各層(11, 10層)の等価動特性値を求め、せん断ひずみ γ の関数として整理したものである。

なお、EK-WGI法は制御理論の拡張カルマンフィルターを基本にしたシステム同定法で、入力および出力の観測波形からシステム内の動特性値を推定するものである。ここでは、振幅特性、周波数特性の異なる入力波形、およびこれらの入力波形を用いて有効応力解析法から算出した応答波形を、それぞれ一對の観測波形とした。

また、図-1のせん断弾性係数比のひずみ依存曲線は、過去の多くの砂質土に対する実験結果と良い対応を示した。しかしながら、減衰

表-1 新潟市川岸町地盤データ

Z (m)	Layer	e	γ_t (KN/m^3)	σ'_{v0} (KN/m^2)	K_0 -value	ϕ' (deg)	N-value	Dr (%)
11	11	1.08	12.74	6.86	0.5	29	6	59
10	10	1.08	12.74	19.60	0.5	28	6	54
9	9	1.13	17.64	37.24	0.5	26	6	49
8	8	0.89	18.62	55.86	0.6	30	8	53
7	7	0.89	18.62	77.42	0.6	32	12	60
6	6	0.89	18.62	110.74	0.6	32	15	60
5	5	0.69	19.60	152.88	0.7	37	15	55
4	4	0.54	20.58	184.24	0.8	41	15	50
3	3	0.54	20.58	216.58	0.8	41	40	78
2	2	0.54	20.58	248.92	0.8	42	40	74
1	1	0.54	20.58	281.26	0.8	46	40	70

図-1 G/G_0 - γ および β - γ 関係

のひずみ依存曲線は、ひずみレベルが大きくなるに従い、急激に大きくなり、ひずみが 10^{-4} 程度で1.0に近づいてしまい、従来の実験結果との対応が悪くなった。このことは、履歴型Hardin-Drnevichモデルから等価線形特性値を推定していることによるものと思われる。

3. 解析例

応答計算に用いた入力波形は、図-3に示すような周波数が0.01~5Hzの間で一様なパワーを有するホワイトノイズで、最大振幅値を 60 cm/sec^2 とし、形状関数を用いて非定常性をもたせた波形である。図-4は、有効応力解析法を用いて求めた表層の応答変位波形である。

図-5は、それぞれ入力波形の継続時間が2秒、6秒、10秒の場合の本方法(実線)から求めた間隙水圧比の深さ方向の分布を示したものである。また、同図には比較のため、有効応力解析法から求めた間隙水圧比の深さ方向分布を点線で示した。図-5から、等価線形計算法と有効応力解析法の結果を比較すると、各継続時間に対して、間隙水圧比の深さ方向分布はほぼ良い対応を示すことがわかる。

以上から、本方法は液状化現象を伴う地盤の簡易応答計算法として、有効な方法であることが数値的に確かめられた。

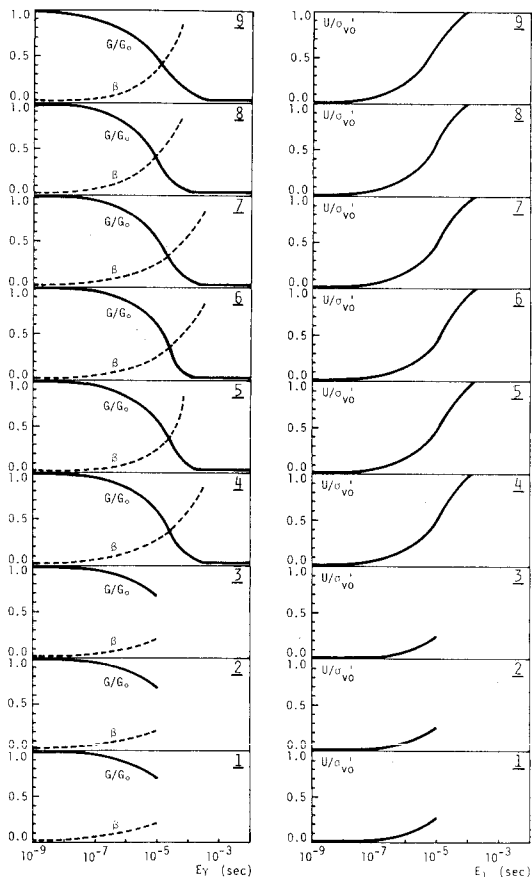


図-2 G/G_0 - E_1 , β - E_1 および U/α_{vo} - E_1 関係

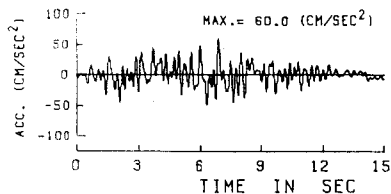


図-3 入力加速度波形

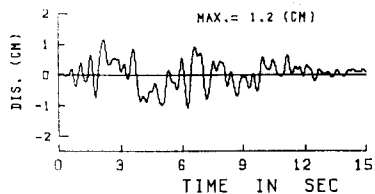


図-4 表層の応答変位波形

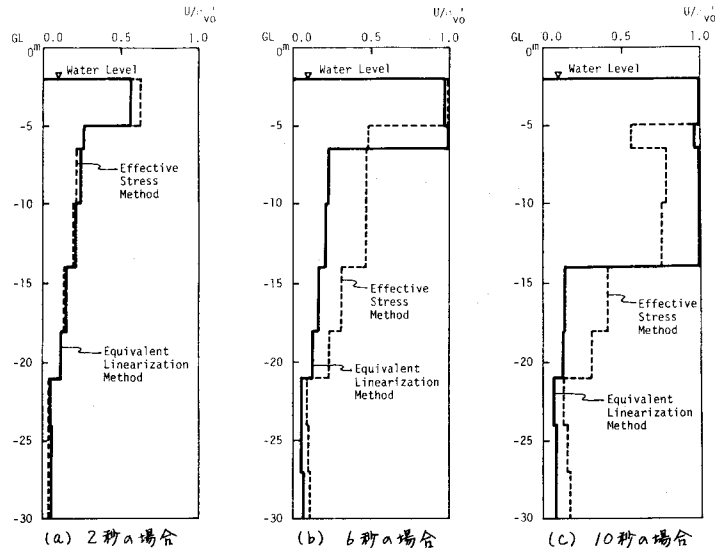


図-5 等価線形計算法と有効応力解析法の間隙水圧比における比較

参考文献

- 1) 星谷, 斎藤: 液状化を伴う地盤の等価線形化, 土論集, No.340, 1983.12.
- 2) 星谷, 斎藤: 振振カルマンフィルターを用いた同定問題の各種構造系への応用, 土論集, No.339, 1983.11.
- 3) 星谷, 斎藤, 山崎: 液状化現象を伴う地盤の等価線形計算法—1層地盤の2層分割モデルの場合—, 第11回関東支部学術大会
- 4) Ishihara, K. and Towhata, I.: One-Dimensional Soil Response Analysis during Earthquakes Based on Effective Stress Method, Journal of the Faculty of Engineering, University of Tokyo(B), Vol.35, No.4, 1980.
- 5) 栗林, 岩崎, 鹿岡, 堀内: 土の動的変形特性—共振土質試験機による測定, 土本研究資料, 912号, 建設省土本研究所
- 6) Finn, W.D.L., Lee, K.W. and Martin, G.R.: An Effective Stress Model for Liquefaction, ASCE, Vol.103, GT6, 1977
- 7) 国生: 非線形応力-ひずみモデルの等価線形化過程での誤差, 第16回地震工学研究発表会