

III-277

地震時における地盤の有効応力解析手法について

東京電力(株) 正会員 西脇 芳文
長内 進

1. はじめに

地震時における地盤の液状化現象を解析する手法としては、「全応力解析手法」と「有効応力解析手法」の2つに大別できる¹⁾。有効応力解析手法は、全応力解析手法に対し、「地震動の継続期間中、時間の経過とともに地盤中の過剰間隙水圧が上昇し、有効応力が減少して地盤が軟化する」という地盤の動的特性を厳密に再現できる長所を有している。本研究は、千葉県東方沖地震(S62.12.17)において、地盤内に設置された計器により加速度および過剰間隙水圧が計測されたので、これらの実測結果を利用することにより、地震時における地盤の有効応力解析手法について、実地盤への適用性を評価するために行ったものである。

2. 解析方法

解析は、石原・東畑の方法²⁾を用いた。解析対象地盤は、東京湾臨海部の当社火力発電所における動的間隙水圧計設置(GL-5.3m, GL-9.3mに2箇所ずつ)地盤で、地盤上に構造物が設置されておらず、地盤改良等の液状化対策は特に実施していない地盤である。入力地震動は、動的間隙水圧計設置地盤の基盤面(N値=50:GL-59.3m)における実測波(最大加速度=30.5gal)であり、解析に用いた物理定数は現位置サンプリングによる室内土質試験、文献資料等の結果に基づいて表-1に示すとおりに設定した。

3. 解析結果

まず、最大加速度深度分布図は、図-1に示すとおりであり、基盤面入力地震動の30.5galに対し、地表面で63galの最大加速度の解析値を得た。実測値としては地表面で68galを得ており、解析値と実測値とはほぼ等しい結果となった。また、最大過剰間隙水圧比深度分布図および過剰間隙水圧経時変化図(GL-9.3mの例)はそれぞれ図-2および図-3に示すとおりであり、これより以下のことがわかった。

- ① 過剰間隙水圧の上昇開始時刻は、実測値、解析値とも地震発生後約8秒後と一致した。
- ② 過剰間隙水圧比の最大値は、GL-5.3mおよびGL-9.3mとも、それぞれ2箇所ずつの実測値の平均値が、解析値とほぼ等しい結果となった。
- ③ 過剰間隙水圧の最大値発生時刻および逸散開始時刻は、実測値で地震発生後約12~13秒後であるのに対して、解析値では約15~16秒後となった。
- ④ 過剰間隙水圧の逸散終了過程については、実測値では地震発生後約20~30秒後に終了しているのに対して、解析値ではまだ継続している結果となった。

4. おわりに

今回、千葉県東方沖地震時において計測された、加速度および過剰間隙水圧の実測結果を利用することにより、実地盤における有効応力解析手法の適用性の評価を試みた。その結果、過剰間隙水圧の逸散過程についてはそのシミュレートに一部課題を残したが、発生過程については比較的シミュレートでき、過剰間隙水圧の最大値および発生時期は、十分な精度で予測可能であることがわかった。今後はこの解析手法の適用事例を増やし、それらの解析結果の整理・分析を試みることにより、この解析手法を適用するに当たっての妥当性・信頼性をさらに向上させることとしている。最後に、今回の解析に当たり、貴重な御指導・御助言をいただいた石原教授(東京大学)に、末筆ながら感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 石原研而：地盤の液状化 4. 液状化を考慮した地盤の応答解析法，土と基礎，Vol.29, No11, 1981, PP.85 ~91.

2) Ishihara, K. and Tohata, I.: One-Dimension Soil Response Analysis During Earthquakes Based on Effective Stress Method, Journal of the Faculty of Engineering, The University of Tokyo, Vol. 135, No.4, 1980, PP. 655 ~ 700.

表-1 解析用物理定数一覧表

深 度 (m)	層 号	N 値	単位 体積質量 γ (kgf/cm ³)	有効 圧	S波速度 V_s (cm/s)	初期 せん断 弾性係数 G_0 (kgf/cm ²)	過剰間隙水圧消散パラメータ			過剰間隙水圧発生パラメータ			液状 化 強度 R_{20}	内部 摩擦角 ϕ_i (°)	初 期 せん断 強度 τ (kgf/cm ²)	土 層 構 成									
				σ'_{vs} (kgf/cm ²)		体積圧縮 係数 m_v (cm ² /kgf)	透水係数 k (cm/s)	初期間隙 率 n	B_v	B_u	変角 ϕ (°)														
1	1.16	1	12	1.1×10^{-1}	2.1×10^4	8.3×10^2	—	—	—	—	—	—	—	34	3.6×10^{-1}	Fs									
2	2.80	2	1.85×10^{-2}	2.8×10^{-1}			1.7×10^4	5.5×10^2	2.0×10^{-2}	4.8×10^{-1}	—	8.4×10^{-1}	5.0×10^{-2}				—	0.41							
3	4.50	3		4.3×10^{-1}								3.1×10^{-2}	1.1				1.4×10^{-1}	—	0.32						
4	6.00	4		5.8×10^{-1}								2.3×10^{-2}	1.3				2.1×10^{-1}	—	0.28						
5	7.50	5		6.9×10^{-1}	1.9×10^{-2}	1.3						2.8×10^{-1}	23	0.26											
6	8.50	6	1.85×10^{-2}	8.0×10^{-1}	1.7×10^4	5.5×10^2	2.0×10^{-2}	4.8×10^{-1}	—	1.4	4.2×10^{-1}	—	0.24	34	2.4×10^{-1}	Fs									
7	9.52	7		8.8×10^{-1}						1.4×10^{-2}	1.5	4.5×10^{-1}	0.23												
8	11.12	8		1.95×10^{-2}						1.0	2.5×10^4	1.2×10^3	1.3×10^{-2}				2.0×10^{-2}	4.0×10^{-1}	1.2	2.6×10^{-1}	23	0.28	34	9.0×10^{-1}	As
9	17.47	9		1.83×10^{-3}						1.2	3.5×10^4	2.2×10^3	1.0×10^{-2}				2.0×10^{-3}	5.0×10^{-1}	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	24	0.70	36	1.4	Ds1-1
10	17.47	10	1.3																						
11	17.47	11	1.5																						
12	27.12	12	1.88×10^{-3}	1.7	3.5×10^4	2.2×10^3	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	5.0×10^{-1}	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	26	0.70	38	4.1	Ds1-2									
13	27.12	13		1.9																					
14	27.12	14		2.2																					
15	27.12	15		2.4																					
16	50.57	16	1.87×10^{-3}	2.6	3.8×10^4	2.7×10^3	1.0×10^{-2}	3.0×10^{-2}	5.0×10^{-1}	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	26	0.70	38	4.8	Ds2									
17	50.57	17		2.9																					
18	50.57	18		3.4																					
19	50.57	19		3.8																					
20	50.57	20	111	4.3	4.5×10^4	3.9×10^3	1.0×10^{-2}	2.0×10^{-2}	5.0×10^{-1}	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	26	0.70	38	4.3	Ds3									
50	50.57	20	1.93×10^{-2}	4.9																					
59	59.32	21	111	1.93×10^{-2}	4.9	4.5×10^4	3.9×10^3	1.0×10^{-2}	2.0×10^{-2}	5.0×10^{-1}	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-3}	26	0.70	38	4.3	Ds3								

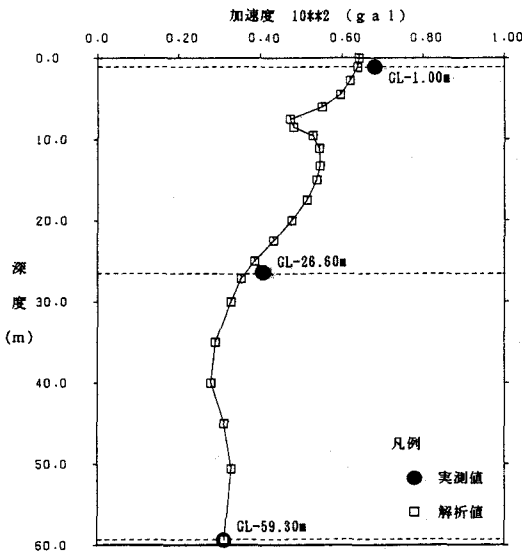


図-1 最大加速度深度分布図

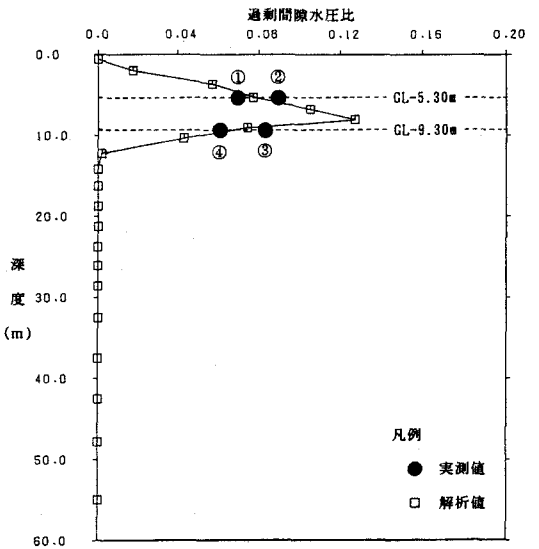


図-2 最大過剰間隙水圧比深度分布図

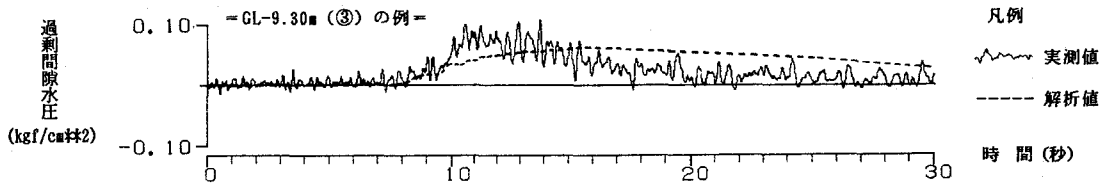


図-3 過剰間隙水圧経時変化図