

液状化地盤における構造物の簡易沈下解析

九州工業大学 大学院 学生会員 ○規矩大義  
 同上 工学部 正会員 安田 進  
 同上 工学部 正会員 永瀬英生

※はじめに※

過去の地震において、多くの構造物が地盤の液状化によって被害を受けてきている。特に1964年の新潟地震では、鉄筋コンクリートのビルや石油タンクが液状化によって沈下・傾斜したり、橋脚が破損して甚大な被害をもたらした。しかし、こうした液状化時の構造物の沈下量を推定する方法については、あまり研究が行われておらず、複雑な試験と解析が必要な有効応力解析や残留変形解析を用いる方法しか提案されていないのが現状である。筆者ら<sup>1)</sup>は静的な有限要素解析と液状化前後の地盤の物性値を用いて、液状化した地盤の地盤変状(永久変位)を予測する手法を考案している。

そこで本研究では、小・中規模住宅のような直接基礎を有する構造物を対象に、前述の永久変位解析手法を適用して、液状化した地盤中の構造物の沈下量を簡便に予測する方法について検討する。

※解析法のレビュー※

解析は既往の永久変位解析手法と同じく、2次元の有限要素法を用いている。まず、①対象とする地盤～構造物系の断面に対して自重解析を施し、地盤の初期応力および初期ひずみ(変位置)を算定する。②次に、求めた初期応力から各節点の等価節点力を算定する。③自重解析と同じ有限要素に対して、各要素の変形係数として、液状化後の地盤の物性値を用い、外力として②で算定した等価節点力を加えて応力解析を行う。④求めた変位置から初期変位置を差し引いて最終変位置とする。

※新潟地震で被害を受けたアパートの解析※

解析の対象には新潟地震の際に被害を受けた新潟市川岸町の県営アパートを選んだ。このアパートは、ほぼ水平に堆積した厚さ約7mの液状化層を持つ地盤の上に建てられ、新潟地震の際には液状化によってベントハウス側に2～8°傾いて不等沈下したことが報告されている。

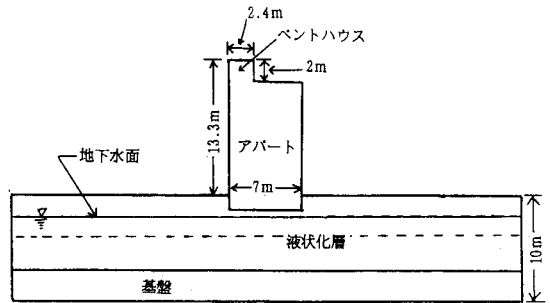


Fig. 1 解析モデル

Fig. 1にはアパートと下層地盤の断面図を、Table. 1にはその初期の材料定数を示す。また、液状化後の解析に用いる変形係数は、既往の実験より、せん断弾性係数Gを液状化前の1/1000に低下させた。さらに、液状化時の等体積変形条件を満たすようポアソン比を $\nu=0.499999$ と仮定した。

Fig. 2(a)は、地下水面以下の要素だけが完全に液状化したと仮定した場合の解析結果である。アパート全体が若干沈下してはいるが、表層の非液状化要素に拘束されて変形量は少ない。アパート天端の変位置は、水平変位が2.93cm、沈下量が21.1cmで、傾斜率も1/481と非常に小さく、実際の被害を説明するには十分ではない。

Table. 1 初期の材料定数

	単位体積重量 ( $\gamma$ ) ( $\text{tf}/\text{m}^3$ )	せん断弾性係数 ( $G$ ) ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )	体積弾性係数 ( $K$ ) ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )
地下水位以浅	1.8	2222	5796
液状化層上部	1.9	2346	6117
液状化層下部	1.9	4362	11377
基盤層	2.0	6636	17305
アパート部	0.7	ヤング率 E	ポアソン比 $\nu$
		$5.3 \times 10^5$	0.3

次に、地下水位以浅のアパートに隣接する要素の剛性も1/1000に低下させた解析を行った。Fig. 2(b)に解析結果を示す。不等沈下が大きく発生し、アパートが傾斜している様子が伺える。アパート天端の沈下量

も約2mとなり非常に大きいですが、アパートの沈下によって周辺地盤が引張られて、幾分不自然な変形形状ではある。さらに、アパート直下の要素が、等体積変形を保つために周囲の要素を押し出して、逃げ場を失ない上方に隆起してしまっている。

そこで、アパート周囲に薄肉要素を配して、この要素に対して疑似的なジョイント効果を導入した。このジョイント特性は、地盤の変形に伴って引張り応力が働いた場合にのみ、さらに剛性が低下し、地盤と構造物の滑りを表現できるようにしたものである。Fig. 3には、アパートの階下部分の側壁周囲4要素にジョイント特性を導入したケースでの変形図である。解析結果を見ると、アパートはベントハウス側に大きく傾き、沈下も大きく発生している。アパートの周辺地盤は圧縮側では、地盤内部に若干引き込まれるような挙動を示しているが、引張り側では完全に摩擦が切れたように開きが生じている。アパート天端左側の変位置、傾斜率に注目すると、水平変位が145cm、沈下量161cm、傾斜率が1/10、傾斜角5.9°となった。実測された川岸町アパートの傾斜角は2~8°であるので、この解析結果はかなり実現象を再現していると考えてよい。

※おわりに※

液状化地盤中の構造物の沈下を予測する手法として、有限要素法を用いた解析を行い、実際に被害が発生した新潟市のアパートモデルに対して解析を施した。その結果、簡易的な手法であるにも拘わらず、実測値とも良好な一致が見られた。今後、他の解析手法との比較、検討を行うとともに、石油タンク等の構造物にもこの手法を適用する必要があると考えられる。

※参考文献※

- 1) S.Yasuda, et.al : The Mechanism and A Siplified Procedure for the Analysis of Permanent Ground Displacement due to Liquefaction, Soils and Foundations, Vol.32, No.1, pp.149~160, 1992.

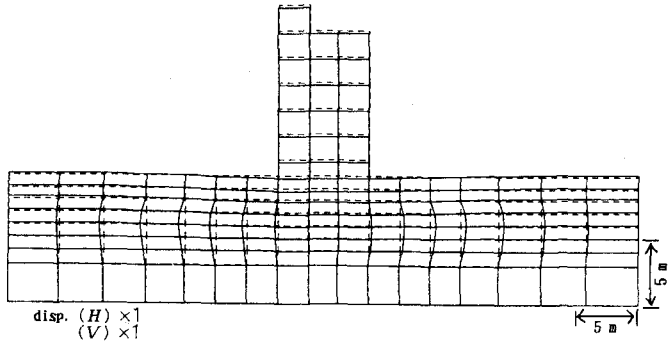


Fig. 2(a) 解析結果 (剛性低下は液状化層のみ)

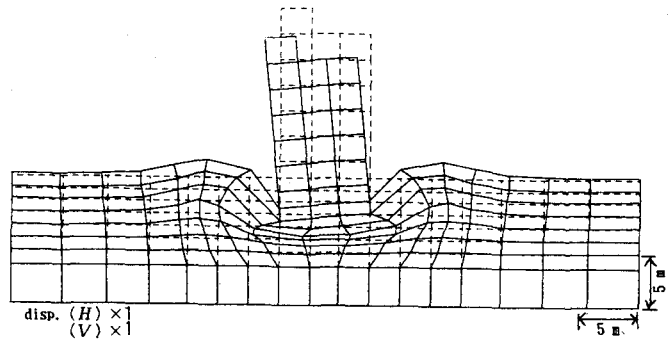


Fig. 2(b) 解析結果 (表層まで液状化したと仮定)

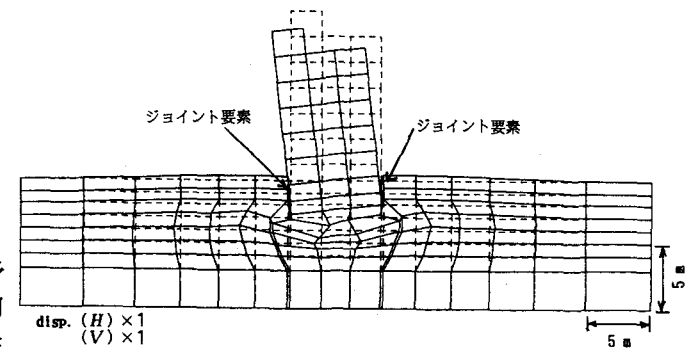


Fig. 3 アパート周囲にジョイント要素を用いた解析結果