

液状化に伴う直接基礎の沈下量に関する簡易解析

東京電機大学 学生員 ○ 出野智之
東京電機大学 正会員 安田 進
東京電機大学 学生員 櫻井裕一

1.はじめに

著者たちは、基礎の沈下に関して残留変形解析方法 “ALID”¹⁾を用いて液状化層厚、基礎下の非液状化層厚、相対密度 (N 値)、平均粒径 (F_c)、F_L、基礎幅の影響を検討してきた²⁾。これらの要因のうち、基礎幅を除いた他の要因が沈下量に与える影響は、遠心力載荷実験などから得られた傾向とかなり一致していたが、基礎幅の影響は反対の傾向となった。その要因は、基礎の荷重により基礎下の地盤の拘束圧が大きくなり液状化し難くなると考えていたのに対して、これまで解析方法ではこれを考慮できなかったことにあると考えられる。そこで、基礎下では液状化し難いことを考慮した解析方法を検討した。また、基礎幅や、荷重、液状化層厚の影響も検討した。

2.基礎幅の影響を考慮する解析手法の考案

2.1 解析方法

解析には、応力解放法や応力～ひずみ関係の非線形性を考慮できる “ALID2” を用いた。ALID2 で用いる解析方法の概要を以下に示す。

工程 1 (初期応力): 解析対象とする地盤の 2 次元の有限要素メッシュを用意し、弾性解析を行う。

工程 2 (要素生成): 生成する要素を FEM モデルに追加し、その要素の自重による解析を行う。

工程 3 (解放流動): 液状化層のせん断剛性を低下させ、剛性低下に伴う解放応力を作用させた解析を行う。

工程 4 (液状沈下): 工程 3 で発生した液状化層の過剰間隙水圧を消散させる解析を行う。

モデル地盤は $\gamma_t=18\text{kN/m}^3$ 、地下水位=GL-2.0m の地盤に荷重強度=2.9tf/m² の構造物が設置してあり、地表面最大加速度が 400gal の地震が襲った場合を想定した。基礎幅の影響がうまく解析できるかどうか調べるために、地下水位基礎幅を 5m, 10m, 15m, 液状化層厚を 5m, 10m, 15m と変化させ、基礎下では液状化が発生し難いことを考慮しない場合をパターン 1、基礎下では液状化が発生し難いことを考慮した場合をパターン 2 として解析を行った。

基礎下では液状化が発生しにくいことを考慮するために、本来なら 2 次元の地震応答解析から地震発生せん断力 L を求める必要がある。しかし、この解析を多く行うことは大変なため、ここでは道路橋示方書³⁾に示されている L を求める簡易式 (式 1) を用いた。

$$L = (1 - 0.015 \cdot Z) A_{\max} \cdot \sigma_v / g / \sigma_v' \cdots (式 1)$$

各メッシュにおいて、FEM の初期応力解析において得られる σ_v' を上式に入れて L を計算した。なお、 σ_v' は基礎の構造物の荷重が加わっていない水平地盤として求めた値を用いている。このようにすると、基礎下の地盤では周囲の地盤より L が小さくなるのが考慮できる。また、動的せん断強度比 R_L については、構造物の荷重による地盤の密度増加の影響を無視すれば、有効上載圧が大きくなっても一定の値をとるとみなせるため、構造物が加わらない水平地盤から求めた。

2.2 解析結果

各パターンの液状化による沈下量 (工程 4 での沈下量 - 工程 2 での沈下量) の解析結果を表-1 に示す。基礎幅と液状化沈下量の関係を図-1 に示す。これをみるとパターン 1 では、液状化層厚を 5m, 10m, 15m に変化させた場合
キーワード: 液状化, 解析, 沈下量, 直接基礎, 地震

連絡先: 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911(2748) FAX 0492-96-6501

表-1 解析結果

	基礎幅 (m)	液状化層 (m)	液状化沈下量(m)	
			パターン1	パターン2
CASE11	5	5	0.64327	0.31984
CASE12	5	10	2.53463	1.70829
CASE13	5	15	3.84419	2.83141
CASE21	10	5	0.49631	0.17004
CASE22	10	10	2.84031	1.09383
CASE23	10	15	4.90149	2.17460
CASE31	15	5	0.40030	0.10893
CASE32	15	10	2.54496	0.75772
CASE33	15	15	4.77362	1.49100

沈下量は増加する結果となった。しかし、基礎幅を変化させた場合での沈下量を見てみると、基礎幅が広がったとしても沈下量は減少しないという結果となった。これは、基礎下の液状化が発生し難いことを考慮していないことと、建物の荷重増加による影響が現れていることが原因であると考えられる。それに対してパターン 2 では基礎幅を 5m、10m、15m と変化させていくと、沈下量は減少する結果となった。また、液状化層厚を 5m、10m、15m に変化させた場合では、沈下量は増加する結果となった。“基礎下では液状化が発生し難いことを考慮した解析方法の開発”を考えた場合、この解析結果は良い傾向が出ているのではないかと考えられる。

3. 直接基礎の沈下に与える諸要因に関する解析

3.1 解析条件

モデル地盤としてゆるい層の厚深さが GL-10m、そのうちの表層 2m は非液状化層、細粒分含有率は 10%、N 値は 14 の地盤上と想定した。そして荷重強度 49tf/m²、幅 3m の基礎がその上にあり、地表面最大加速度が 400gal の地震が襲った場合を基準 (CASE00) とした。そしてさらに表-2 に示すように沈下に影響を与える要因を考えこれらの条件をかえ 10 ケースで解析した。なお、 F_c と N 値の関係は、首都圏地盤における沖積砂質土の細粒分含有率に関する検討⁴⁾より参照して設定した。

3.2 解析結果

各パターンの解析結果を表-2 に示す。ゆるい層の厚さを GL-15m に大きくすると沈下量も増加した。荷重強度を 24kN/m² と小さくすると沈下量も減少が、荷重強度を半分にしても、有効上載圧が減少し、 F_L 値が小さくなるのでそれほど差はみられなかった。表層の非液状化層を GL-4m、GL-6m と厚くすると、沈下量は減少していった。地表面最大加速度を 250gal と小さくすると、沈下量はかなり減少した。基礎幅を 5m、10m と大きくすると沈下量は基礎幅の影響を考慮した解析と同様減少したが、基礎幅を 1m と小さくしても、沈下量は増加せずに減少してしまった。この点については今後検討が必要である。また、細粒分含有率が大きくなると沈下量は減少すると思われたが沈下量は増加してしまった。これは、 F_c が大きいと N 値は小さくなるという東京低地の沖積層の関係を今回用いたためである。例えば N 値を一定にし F_c を変えていった場合には傾向は逆になる可能性がある。この点についても今後検討が必要である。

4. まとめ

残留変形解析方法 “ALID2” により液状化に伴う直接基礎の沈下量の解析を行った。その結果、基礎下では液状化し難いことを考慮した解析方法をとるとよいことがわかった。また、いくつかの要因が沈下量に与える影響についての解析を行うことができた。なお本研究は、(財)地震予知研究振興会の研究の一環として行ったものである。関係者各位に感謝する次第である。

【参考文献】

- 1) 安田 進, 吉田 望, 安達 健司, 規矩 大義, 五瀬 伸吾, 増田 民夫: 液状化に伴う流動の簡易評価法, 土木学会論文集, No.638, -49, pp.71-89, 1999.
- 2) 安田 進, 安保 秀範, 宇田 将人: フーチング基礎の液状化にともなう沈下に関する簡易解析, 第 35 回地盤工学研究発表会, pp2237-2238, 2000.
- 3) 日本道路協会編: 道路橋示方書・同解説, 耐震設計編, 1996.
- 4) 亀井 祐聡, 森本 巖, 安田 進, 清水 善久, 小金丸 健一, 中山 渉: 首都圏地盤における沖積砂質土の細粒分含有率に関する検討, 第 35 回地盤工学研究発表会, pp.2277-2278, 2000.

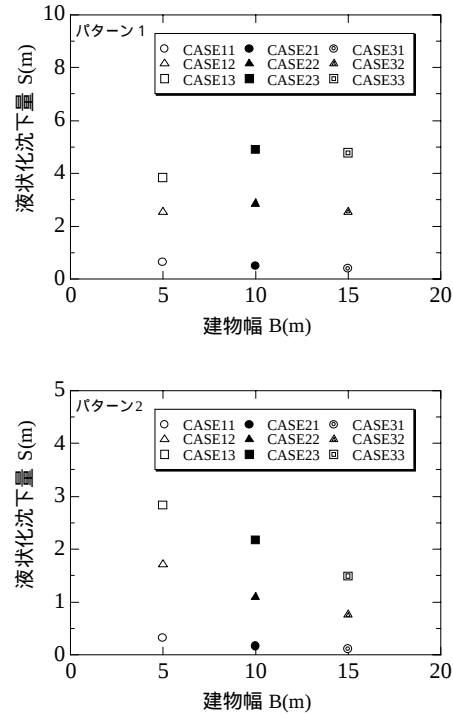


図-1 基礎幅～液状化沈下量関係

表-2 解析結果

	条件	液状化沈下量(m)
CASE00	基準	0.39699
CASE01	ゆるい層の深さ GL-15m	0.69119
CASE02	$F_c=0\%$, N=22	0.19920
CASE03	$F_c=30\%$, N=6	0.58035
CASE04	荷重強度 24kN/m ²	0.30583
CASE05	基礎幅 1m	0.28999
CASE06	基礎幅 5m	0.37383
CASE07	基礎幅 10m	0.15807
CASE08	表層の非液状化層 GL-4m	0.26966
CASE09	表層の非液状化層 GL-6m	0.09129
CASE10	地表面最大加速度 250gal	0.03977