

N 値が異なる地盤上の直接基礎の液状化時沈下における解析

東京電機大学 フェロー会員 安田 進
 積水化学工業株式会社 非会員 西村 新吾
 東京電機大学 学生会員 ○小見 允久

1. はじめに

現在、拡底杭の一種である SMD 鋼管杭に関し支持層上の表層が液状化する場合の沈下量の確認を進めている。これまで筆者たちは表層が液状化した場合、先端支持層の N 値により、地盤や建物沈下量がどう変化するか、SMD 鋼管杭の性能確認を中心に振動台実験で検討しており、ベタ基礎に対する SMD 鋼管杭の沈下抑制効果が確認できた¹⁾。本報では実験で大きな沈下となったベタ基礎の戸建住宅に対し、地盤の密度が異なる場合の液状化による沈下量の違いをみるため、残留変形解析ソフト ALID を用いて解析を行った。

2. 実大地盤・実大建物の解析

2.1 解析概要

図 - 1 に解析断面を示す。実地盤の解析を行うため、解析断面は、深さ 15m、幅 150m、地下水位 1.5m の水平地盤の上に、高さ 6m、幅 8m、根入れ 0.23m のベタ基礎の家屋の模型を建てたモデルとした。メッシュの粗さは、基礎下及び周辺で 0.5m、それより外で 1m とした。また、沈下による家屋の変形をうまく表現できるように地盤と家屋の間に薄型のすべりジョイントを入れた。境界条件は、不透水境界とし、側面は X 方向の動きを拘束し、底面は X, Y 方向の動きを拘束した。家屋は、鉄筋コンクリート構造の実大建物同等荷重 11.54 kN/m^2 とした。また地盤は、細粒分含有率 0% のきれいな砂地盤とし、土の単位体積重量は、地下水位以下で $\gamma_{\text{sat}}=20.00 (\text{kN/m}^3)$ 、地下水位上で $\gamma_t=18.15 (\text{kN/m}^3)$ と仮定した。そして、 98 kN/m^2 の有効上載圧での基準化 N 値である N_1 値 5、7.5、10、15 のケースで解析を行った。表 - 1 に解析ケースを示す。

液状化の判定にあたっては、地表最大加速度は 200 gal を仮定し、液状化強度比・繰返しせん断応力比は、建築構造設計指針に従って算定し、1m ごとの深さの液状化に対する安全率 F_L の分布を算出した。図 - 2 に 1m ごとの深さの液状化に対する安全率 F_L の分布図を示す。深さ方向の F_L の平均値と N 値の関係を図 - 3 に示す。これらの図からわかるように、N 値が大きいと F_L は大きくなっている。ただし、N 値が 15 でも F_L が 1 を下回

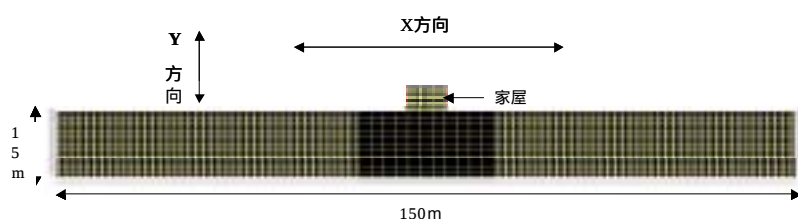


図 - 1 解析断面

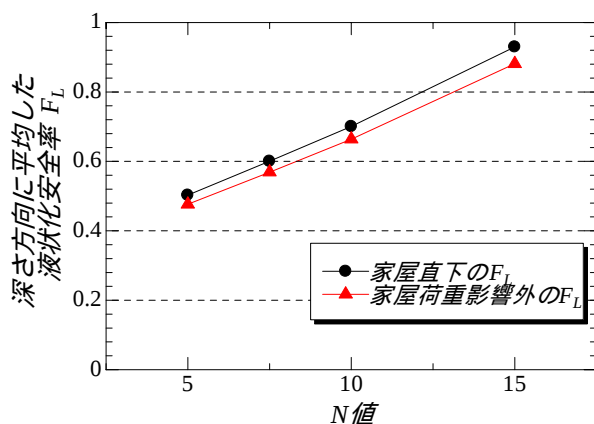
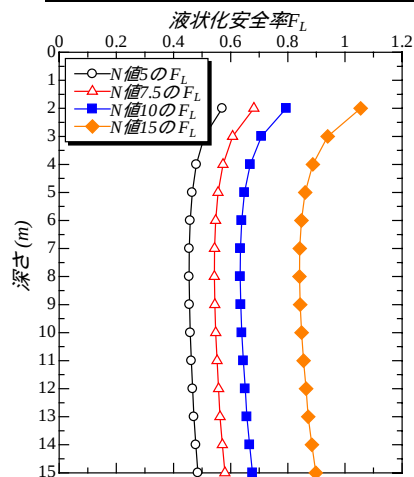
図 - 3 F_L と N 値の関係

表 - 1 解析ケース

CASE	地盤の N_1 値
1	5
2	7.5
3	10
4	15

図 - 2 1m ごとの深さの F_L の分布図

キーワード 液状化 ベタ基礎 沈下 N 値 解析

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL049(296)2911 FAX049(296)6501

り、液状化する結果となっている。この事が、後述するように、N 値が 15 でもある程度沈下が生じる原因となっているといえる。

液状化によるせん断剛性の割合には、既往の研究における $G_1/G_0 \sim F_C, F_L$ 関係²⁾を用いた。この G_0 は N 値より、 $G_N=2744N$ (kN/m^2)の式で推定した。そして、液状化後の応力～ひずみ関係はバイリニアを仮定し、その G_2 にも既往の研究による関係²⁾から推定した。また、液状化後の過剰間隙水圧の消散も石原、吉嶺の式³⁾を用いて推定した。

2.2 解析結果

解析結果の変形図の例として図 - 4 に、N 値 5 の液状化沈下解析後の変形図を示す。この図から家屋の沈下に伴い、その下側の地盤が側方へ移動していることがわかる。また絶対沈下量と N 値の関係を図 - 5 に示す。ここでの沈下量は、周辺地盤の変化量の差し引きなどを行っていないものとした。図からわかるように N 値が小さいと建物の絶対沈下量は大きい値となった。なお“液状化流動解析”は液状化後の地盤自体の圧縮による沈下量を考慮していないのに対し、“液状化沈下解析”ではこの圧縮による沈下量を考慮している。そのため前者に比べて後者は、20cm～50cm 程度沈下量が大きくなった。そしてその差は、N 値が小さいほど大きい。これは緩い地盤ほど液状化後の圧縮による沈下量が大きくなったためである。なお、N 値が 15 と大きくても数 cm 程度沈下するが、これは前述したように地表面最大加速度 200gal のもとでは N 値が 15 でも F_L が 1 を切って液状化するとの条件になっているためである。液状化しなければこのような沈下は生じない。一方 N 値が 5 程度と小さい地盤の場合、沈下量がかなり大きくなった。ただしこれは細粒分が 0 で N 値が小さいという地盤は実際にはほとんど存在しないことに注意する必要がある。例えば、東京下町の沖積層での N 値と細粒分には図 - 6 に示したような関係があり、N 値が 5 の場合には細粒分含有率は 30%程度もある。これだけあると、ALID による解析では数分の 1 の沈下量になると考えられる。従って、 $F_C=0\%$ で N 値 5 というのは現実的ではあまりあり得ない条件といえる。

5. まとめ

液状化に伴うベタ基礎の戸建て住宅の沈下量の推定を ALID によって推定した結果、地盤の密度により、液状化後の沈下量が大きく異なることがわかった。今後は SMD 鋼管杭の効果定量把握を実験等により行う予定である。なおこの研究は積水化学工業株式会社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, 西村新吾, 小見允久: SMD鋼管杭等の異なる基礎をもつ家屋の液状化時沈下に関する模型実験, 第 32 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, 第 部門, 2005.
- 2) 安田進, 吉田望, 安達健司, 規矩大義, 五瀬申吾, 増田民夫: 液状化に伴う流動の簡易評価方法, 土木学会論文集, No. 638/ - 49, pp.71 - 89, 1999.
- 3) Ishihara K. and Yoshimine M.: Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes, Soils and Foundations, Vol.32, No.1, pp.173 - 188, 1992.

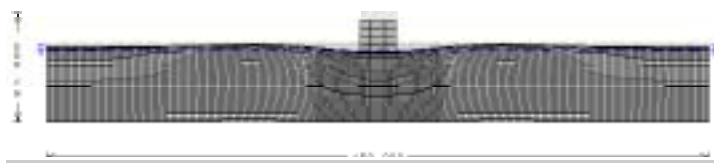


図 - 4 N 値 5 の液状化沈下変形図

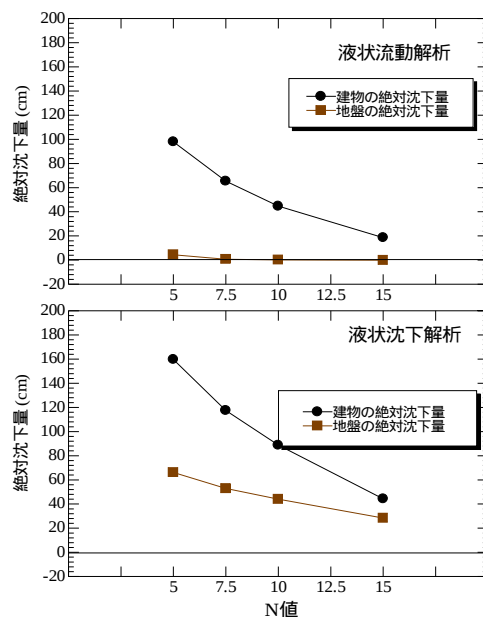


図 - 5 絶対沈下量と N 値の関係

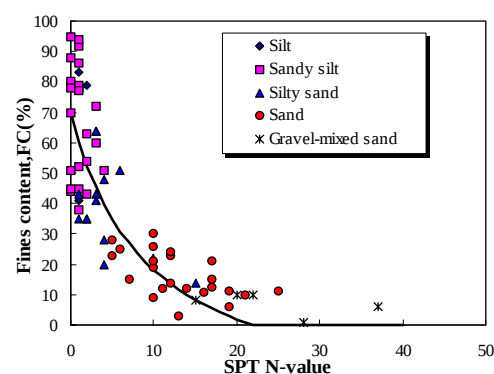


図 - 6 東京下町の沖積層での N 値と細粒分の関係