

液状化による直接基礎の沈下に細粒分などが与える影響の解析

東京電機大学理工学部 正会員 安田 進
 東京電力株式会社 正会員 河村 直明
 東京電機大学大学院 学生員 小宮 真悟

1. はじめに

1964年に発生した新潟地震では液状化により多くの送電用鉄塔で4脚が独立した直接基礎が不等沈下した。筆者達はこのような直接基礎の沈下に影響を与えるいくつかのパラメータを調べる目的で遠心載荷実験を行い、沈下量を予測する簡易式を導き出している¹⁾。ただし、それらのうち、粒径の影響と液状化の程度の影響に関するパラメータに関しては、実験の都合上遠心載荷実験だけでは決定しにくい点があった。それは、粒径に関しては細粒分を含む砂の場合、色々な種類のものがあり、また、不攪乱状態ではエイジングの効果で液状化強度や液状化後の変形特性が多様であるからである。また、液状化の程度に関しては、せん断土槽を用いた遠心載荷実験の場合、液状化の程度が激しくなる、つまり F_L が1よりかなり小さくなると、せん断土槽の下部が液状化して上部にせん断力が伝わらなくて、沈下量が液状化の程度に応じてあまり大きくなることが生じているためである。

そこで本研究では、これらのパラメータの影響を補足する目的で、ALID (Analysis for Liquefaction Induced Deformation)を用いて解析を行った。

2. 解析断面および解析条件

液状化に伴う直接基礎の沈下に対し、遠心載荷実験が行われてきた。そこで用いられたモデルを実寸に換算すると、幅20m、深さ17.5mである。解析ではこれを有限要素に相似化したが、遠心載荷実験が良好に表現できるように、地盤要素と基礎が接触する部分にジョイント要素を導入した。また基礎直下には液状化しないゾーン(球根)が存在することを模擬するため、基礎幅半分の深さの長方形型の非液状化ゾーンを設けた。以上のようなモデルに対し、以下に示すように条件を変化させ解析を行った。解析条件を表-1に示す。

- ・ケース1：液状化安全率 F_L を変化させる。
- ・ケース2：細粒分含有率 F_c を変化させる。

表-1 解析条件

| | | |
|------|--------------|--------------------|
| ケース1 | 液状化安全率 F_L | 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 |
| ケース2 | 細粒分含有率 F_c | 0, 10, 20, 30, 40 |

また、細粒分含有率 F_c から平均粒径 D_{50} を推定するために既往の土質調査結果²⁾をもとに、 F_c を D_{50} に換算した。換算値を表-2に示す。解析にはALID/winを用い、液状化後の応力-ひずみ関係はバイリニアとした。

表-2 F_c と D_{50} の関係

| F_c (%) | D_{50} (mm) |
|-----------|---------------|
| 0 | 0.162 |
| 10 | 0.12 |
| 20 | 0.105 |
| 30 | 0.09 |
| 40 | 0.08 |

3. 解析結果

変形図の代表例として $F_L=1.0$ 、 $F_c=0\%$ のケースを図-1に、 $F_L=0.7$ 、 $F_c=0\%$ のケースを図-2にそれぞれ示す。これらの図に見られるように基礎下の地盤を両側に押しながら基礎がめり込むように沈下する結果となった。次に沈下量の一覧を表-3、表-4に示す。ここで $F_L=1$ 、 $F_c=0\%$ を基本ケースとし、その時の沈下量 S_0 を各ケースでの沈下量から除してE1値、C4値を求めた。このように求めた F_L とE1値の関係を図-3に、 D_{50} とC4値の関係を図-4にそれぞれ示す。これらを見ると液状化の程度が激しいほど沈下量は大きくなり、地盤材料が細粒になるほど沈下量は小さくなった。また

キーワード：液状化 直接基礎 沈下量 解析

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 tel.049-296-2911 (2748) FAX.049-296-6501

基礎下に非液状化ゾーンを設けることで沈下量は小さくなり，C4 値も小さくなったが，E1 値はそれほど変わらなかった．

表-3 沈下量と各係数
（基礎下に非液状化ゾーンを設けた場合）

| | FL | FC (%) | 沈下量 (m) | E1値 | C4値 |
|------|-----|--------|---------|------|------|
| No.1 | 1.0 | 0 | 0.72 | 1 | - |
| No.2 | 0.9 | 0 | 1.59 | 2.22 | 1 |
| No.3 | 0.8 | 0 | 1.87 | 2.62 | - |
| No.4 | 0.7 | 0 | 2.13 | 2.98 | - |
| No.5 | 0.9 | 10 | 0.98 | - | 0.62 |
| No.6 | 0.9 | 20 | 0.82 | - | 0.51 |
| No.7 | 0.9 | 30 | 0.75 | - | 0.47 |
| No.8 | 0.9 | 40 | 0.72 | - | 0.45 |

表-4 沈下量と各係数
（基礎下に非液状化ゾーンを設けない場合）

| | FL | FC (%) | 沈下量 (m) | E1値 | C4値 |
|------|-----|--------|---------|------|------|
| No.1 | 1.0 | 0 | 0.80 | 1 | - |
| No.2 | 0.9 | 0 | 1.74 | 2.18 | 1 |
| No.3 | 0.8 | 0 | 2.04 | 2.56 | - |
| No.4 | 0.7 | 0 | 2.30 | 2.88 | - |
| No.5 | 0.9 | 10 | 1.63 | - | 0.94 |
| No.6 | 0.9 | 20 | 1.27 | - | 0.73 |
| No.7 | 0.9 | 30 | 1.06 | - | 0.61 |
| No.8 | 0.9 | 40 | 0.93 | - | 0.54 |

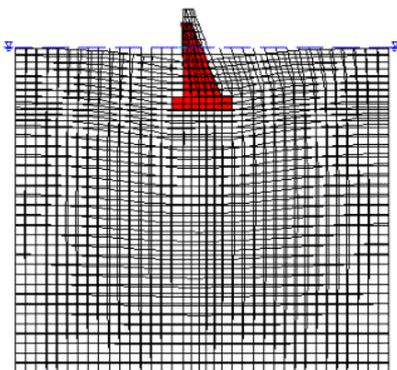


図-1 $F_L=1.0, F_C=0\%$ の液状化後変形図
（基礎下非液状化ゾーン 1.6m 設置）

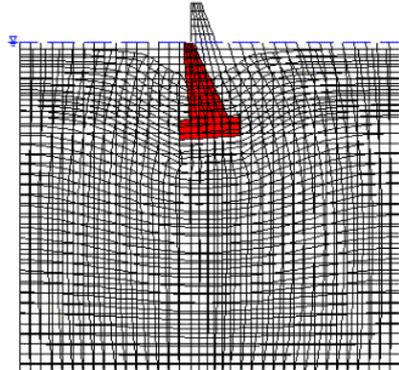


図-2 $F_L=0.7, F_C=0\%$ の液状化後変形図
（基礎下非液状化ゾーン 1.6m 設置）

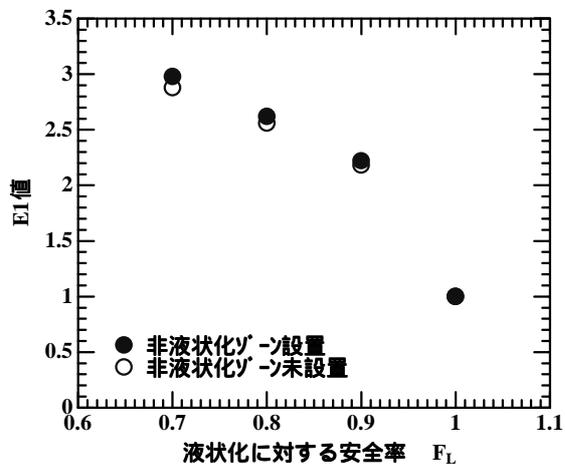


図-3 F_L と E1 値の関係

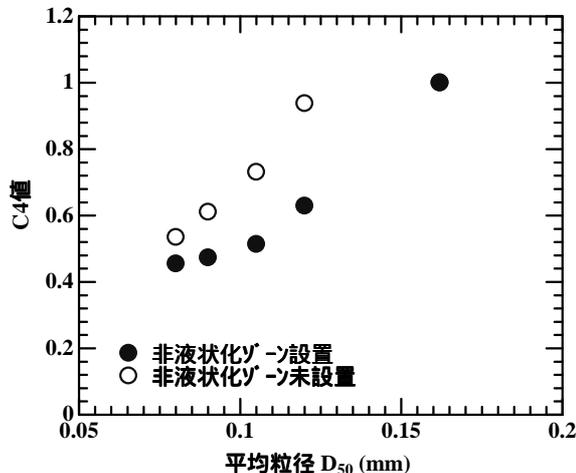


図-4 D_{50} と C4 値の関係

4. まとめ

残留変形解析プログラム ALID を用いて液状化に伴う基礎の沈下量の解析を行い，沈下量予測式の係数 E1，C4 を求めた．その結果 F_L が小さくなると E1 値は大きくなり， D_{50} が小さくなると C4 値は小さくなった．なお本研究は財団法人地震予知総合研究振興会での検討の一環として行ったものである．関係各位に感謝する次第である．

【参考文献】1) K.Kawasaki, T.Sakai, S.Yasuda, M.Satoh: Earthquake-induced settlement of an isolated footing for power transmission, CENTRIFUGE 98 vol.1, pp271-276, 1998

2) 安田 進: 液状化の調査から対策工まで, pp119, 鹿島出版会, 1988