

## 地盤の密度が液状化対策効果に与える影響に関する解析

東京電機大学理工学部 フェロー会員 ○安田 進  
東京電機大学大学院 学生会員 有山裕亮

### 1. はじめに

別報<sup>1)</sup>で述べたように、中・低層の建物やタンクなどの直接基礎構造物においてレベル2地震動に対して対策を施す場合には、完全に液状化防げなくても構造物に重大な被害が生じない程度の沈下量なら許す“性能設計”も行う事が大切である。このような設計方法の確立に向けて、ここではALIDによる解析で改良必要範囲を検討してみた。別報ではそのうち、液状化被害が多く発生した実地盤モデルを対象に解析を行い、対策必要範囲を検討した。ここの地盤は $N_1=11$ 程度と少し緩い砂地盤であった。ところが地盤改良による対策効果は原地盤が緩いか中密かによって異なってくるのではないかとと思われる。そこで、本研究では緩い地盤と中密な地盤モデルを想定し、沈下量が地盤の緩さによってどのように影響されるか検討した。

### 2. 解析対象地盤モデルと解析条件

解析対象としたのは、細粒分を含まないきれいな砂が、深さ方向に均一な密度で堆積した水平成層地盤である。別報<sup>1)</sup>と同様に、地下水位はGL-1.5mとし、深さ10m、長さ100mの地盤を想定した。これに図1に示すように中央部に部分的に地盤改良を施し、直接基礎の中層建物を建設することとした。そして、表1に示すように原地盤と改良部の密度が異なる2つの地盤を想定した。このうちL1地盤の原地盤部はレベル1地震動で液状化する緩い地盤であり、L2地盤の原地盤部はレベル1地震動では液状化しないもののレベル2地震動では液状化する中密な地盤である。想定する地震動はそれぞれレベル1、2地震動とし、それぞれの地震動のもとで原地盤部は同程度の液状化が発生するモデルとした。その液状化程度は液状化に対する安全率 $F_L$ で表し、原地盤部

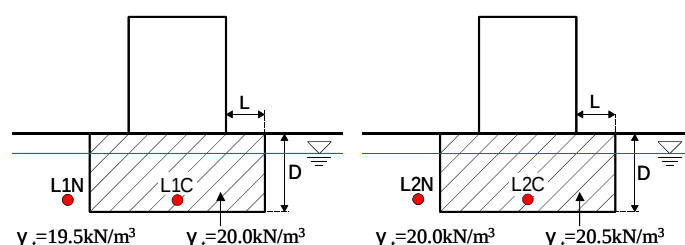


図1 地盤条件と改良範囲

表1 想定した2つの密度の地盤モデル

| 地盤モデル名                 | L1 地盤                 |                       | L2 地盤                 |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 位置                     | 原 地 盤<br>L1N          | 地盤改良<br>部 L1C         | 原地盤 L2N               | 地盤改良<br>部 L2C         |
| 地震動レベル                 | レベル1                  |                       | レベル2                  |                       |
| 地表最大加速度                | 180Gal                |                       | 350Gal (タイプ1)         |                       |
| $N$ 値                  | 7.1                   | 21.4                  | 22.4                  | 28.4                  |
| 液状化強度比 $R_L$           | 0.180                 | 0.327                 | 0.344                 | 0.624                 |
| $F_L$                  | 0.65 前後               | 1.2 前後                | 0.65 前後               | 1.2 前後                |
| 地下水位上の $\gamma_t$      | 17.5kN/m <sup>3</sup> | 18.0kN/m <sup>3</sup> | 18.0kN/m <sup>3</sup> | 18.5kN/m <sup>3</sup> |
| 地下水位以下の $\gamma_{sat}$ | 19.5kN/m <sup>3</sup> | 20.0kN/m <sup>3</sup> | 20.0kN/m <sup>3</sup> | 20.5kN/m <sup>3</sup> |

では $F_L=0.65$ 前後となるように液状化強度比 $R_L$ を設定した。また、地盤改良部ではそれぞれの地震動で液状化せず、その程度も合わすために $F_L=1.2$ 前後となるように液状化強度比 $R_L$ を設定した。このように設定すると、それぞれの地震動レベルで原地盤部、地盤改良部の液状化の発生、非発生の程度は同じとなり、対策必要範囲を検討するにあたって地盤の密度の違いだけで議論できると考えた。

上記のようにそれぞれの部分での $R_L$ を設定するため、道路橋示方書の液状化判定式に基づいて、有効上載圧が100kPaとなる深さ $Z_1$ を計算、地表最大加速度から $Z_1$ の深度の地震時繰返しせん断力比 $L$ を推定、 $L$ と所定の $F_L$ から $R_L$ を計算、 $R_L$ に該当する $Z_1$ の深さでの $N$ 値を求める、といった手順で各値を求めた。

中層の建物は幅10mとし、5階建てを想定して50kN/m<sup>2</sup>の荷重強度とした。そして、建物の外側の改良範囲 $L$ を0~4m、建物下の改良範囲 $D$ を0~6mと変えて解析を行った。

### 3. 解析方法

解析にはALID/Winを用い別報<sup>1)</sup>と同様に必要な地盤物性を決めた。つまり、初期応力解析に用いるせん断剛性

キーワード 液状化、地盤改良、地震、直接基礎、対策

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部建設環境工学科 TEL.049-296-2911

は  $N$  値から  $E=2744N(\text{kN/m}^2)$  として弾性係数を求め、それから断弾性係数に換算した。液状化によって低減したせん断弾性係数に関しては、液状化層は安田・稲垣の式<sup>2)</sup>で  $R_L$  と  $F_L$  から推定し、地下水位以上は  $1/40$ 、地盤改良部は  $1/40$  と仮定した。

#### 4. 解析結果

解析結果のうち、L1 地盤の代表的なケースの変形図を図2に示す。この変形スケールは実寸である。この図に見られるように、建物の沈下とともに周囲の地盤は盛り上がる結果となった。また、その外側の地盤では液状化後の体積圧縮に伴って地表面が沈下する結果となった。そこで、別報<sup>1)</sup>と同様に、以下の検討では盛り上がった外側の沈下した部分の地表面を基準にして、建物が相対的に沈下した量をめり込み沈下量と考え、この沈下量で議論することにした。

さて、図2(a)は非改良 ( $L=0$ ,  $D=0$ ) のケースであるが、1.5m 余り大きく沈下する結果となった。図2(b)は本解析中最も広く改良したケース ( $L=4\text{m}$ ,  $D=6\text{m}$ ) であるが、これだけ改良すると沈下量も 20cm 程度と小さくなった。一方、図3には L2 地盤における同様なケースの変形図を示す。ただし、ここでは変形が小さいため変形スケールは実際の 10 倍としてある。図3(a)の非改良では原地盤が液状化するといえども沈下量は 13cm 程度と大変小さくなった。また、最も広く改良した図3(b)の場合には 2cm 程度となった。

図4、5にはめりこみ沈下量と改良深さ、水平方向の改良範囲の関係を示す。L1 地盤では図4に示されるように、改良深さが増えるともり込み沈下量は急減する結果となった。図5に示されるように水平方向の改良範囲の影響はあまり大きくなく、2m 程度より広くても沈下量にあまり変化がない結果となった。さて、L2 地盤でも改良深さが深くなるとめり込み沈下量は減少した。ただし、もともと改良しなくても沈下量は小さいためその効果は小さかった。また、水平方向の改良範囲の影響に至っては殆どなかった。

#### 5. まとめ

密度が異なる地盤モデルについて、液状化による直接基礎の沈下に対する対策効果を解析してみた。その結果、密度によって地盤改良による液状化対策効果が異なる結果が得られた。なお、本研究は日本学術振興会科学研究費補助金の補助を受けて行ったものである。

**参考文献:** 1) 安田進・有山裕亮: 直接基礎構造物の液状化対策必要範囲に関する解析、土木学会第 61 回年次学術研究講演会、2006。(提出中) 2) 安田進・稲垣太浩・長尾和之・山田真一・石川敬祐: 液状化を含む繰返し軟化時における種々の土の変形特性、第 40 回地盤工学研究発表会、pp.525-526, 2005.

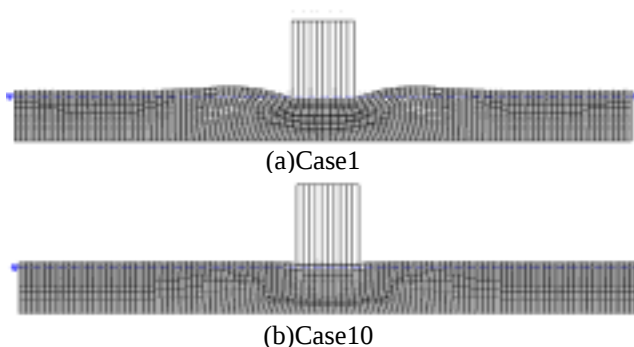


図2 変形図(レベル 1)

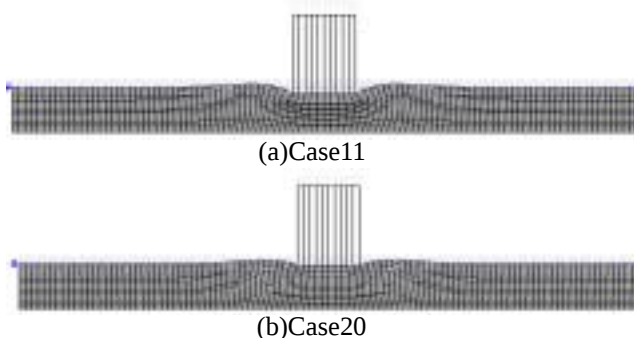


図3 変形図(レベル 2)

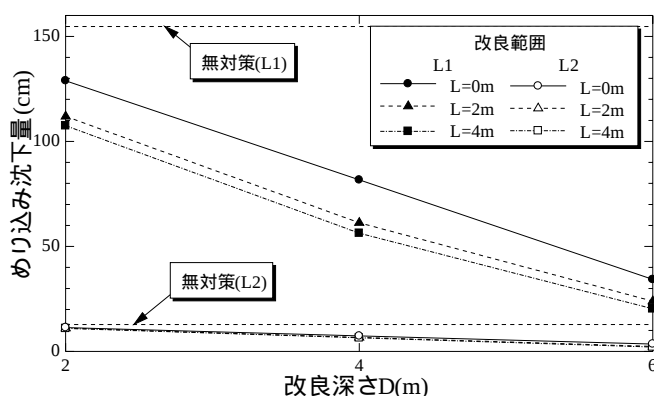


図4 改良深さとめり込み沈下量の関係

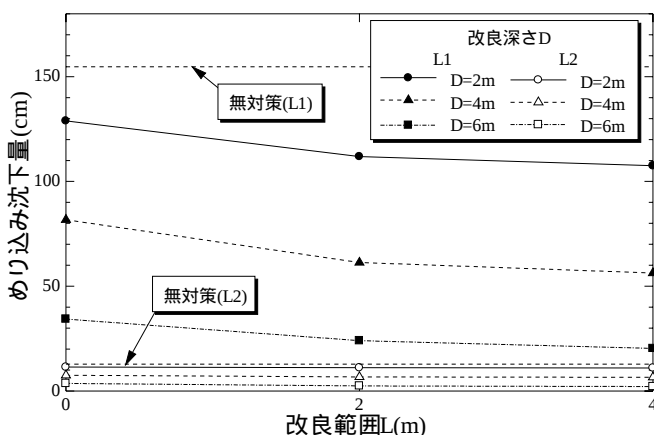


図5 改良範囲とめり込み沈下量の関係