

直接基礎構造物の液状化対策範囲と沈下量に関する解析

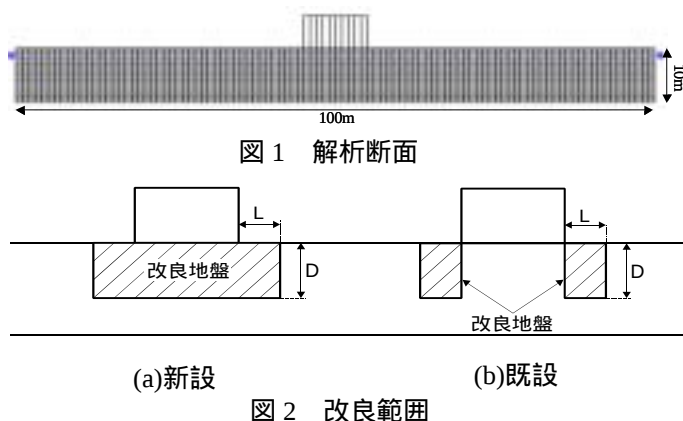
東京電機大学理工学部 フェロー会員 安田 進
東京電機大学大学院 学生会員 ○有山裕亮

1. はじめに

中・低層の建物やタンクなどの直接基礎構造物は、支持地盤が液状化する場合は地盤改良をすることが確実なため、これまで数多く地盤改良により対策が施されてきた。ただし、その改良範囲必要範囲の設計方法に関してはいくつかの提案があるものの、過大ではないかとの指摘もされてきた。特に、レベル2地震動に対して対策を施す場合には、完全に液状化が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り、このような考えに基づいた地盤改良必要範囲の設計方法の確立が望まれている。また、既設の構造物で直下の改良が困難な場合、周囲を改良することで沈下量も低減できるはずで、その場合も必要な地盤改良範囲の設計方法の確立が必要である。そこで、このような設計方法の確立に向けて、ここでは2000年鳥取県西部地震で戸建て住宅に液状化被害が発生した地盤のモデルに対し、ALIDによる解析で改良必要範囲を検討してみた。

2. 解析対象地盤モデルと解析条件

解析対象地盤モデルとしたのは、2000年鳥取県西部地震で液状化により多くの戸建て住宅が不同沈下した米子市の安倍彦名団地の地盤モデルである。ここでは地下水以下の盛土層が数mの厚さで液状化したと考えられている。盛土材にはいくつかの種類が用いられており複雑であるが、代表的な値として、 N 値が9(N_1 値に換算すると11)の $F_C=7.2\%$ 、 $\gamma_{sat}=19.5\text{kN/m}^3$ (地下水上では $\gamma_t=17.5\text{kN/m}^3$)の土と設定した。そして、図1に示すように、地下水位をGL-1.5mと設定し、地下水位以下10m



まで液状化したと仮定した。そして、解析領域としては100mほどをとった。液状化強度比は N_1 値と F_C をもとに道路橋示方書の式で推定したところ $R_L=0.226$ となった。また、地盤内の有効拘束圧は建物の荷重を考慮し、建物直下、脇、応力の影響しない範囲の3区域に分け、近くの地震記録から観測された280Galの地表面最大加速度を設定し、道路橋示方書に従って繰り返しせん断応力比 L を算定した。その結果、液状化に対する安全率 F_L は戸建て住宅で0.76~0.79、3階建ての中層建物で0.76~0.86、5階建ての中層建物で0.76~0.90となった。

この地盤上に幅10mの戸建て住宅や3階建ての中層建物、5階建ての中層建物が建っていると設定し、それぞれ 7.85kN/m^2 、 30kN/m^2 、 50kN/m^2 の荷重強度を与えた。そして、図2に示すように、新設の場合は建物直下、既設の場合は建物周囲を地盤改良することを想定し、建物から外や下の改良範囲 L 、 D をいくつか変えて解析を行った。その改良部分の N 値は20、 $\gamma_{sat}=20.0\text{kN/m}^3$ 、 $\gamma_t=18.0\text{kN/m}^3$ と仮定した。

3. 解析方法

解析にはALID/Winを用いた。この解析には単位体積重量などの物性以外に初期応力解析に用いるせん断剛性と、液状化によって低減したせん断弾性係数が必要である。前者に関しては N 値から $E=2744N(\text{kN/m}^2)$ として弾性係数を求め、それからせん断弾性係数に換算した。後者に関しては、液状化層は安田・稲垣の式¹⁾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と低下なしと仮定した。

4. 解析結果

図3~8に改良深さとめり込み沈下量の関係を示す。ここで、盛り上がった外側の沈下した部分の沈下量を基準

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

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。まず、図3、5、6は新設の建物を対象としたグラフであるが、これらの図から改良深さを深くすることによりめり込み沈下量が抑制できていることがわかる。また、水平方向の改良範囲の影響はあまり大きくなく、2m程度より広くてもめり込み沈下量にあまり変化がない結果となった。

次に、図4、7、8は既設の建物を対象としたグラフである。図4からはめり込み沈下量の抑制効果はあまり得られないということが分かる。これは、建物直下に改良地盤を施していないことから、建物直下の地盤が横へ流動してしまい、横にある改良地盤が外へ追い出されてしまったからではないかと考えられる。しかし、図7、8では水平方向の改良範囲の影響はなかったものの、改良深さを深くすることによるめり込み沈下量の抑制効果は得られるという結果となった。このようになった理由として、図4の地盤上に載っている建物は戸建て住宅ということから軽いが、図7、8の地盤上に載っている建物は戸建て住宅の約4～6倍の荷重であり、それと比べるとかなり重くなっている。すなわち、直下地盤に大きな応力がかかることになる。これにより、建物直下の地盤は多少強くなったため、建物直下地盤の横への流動が抑えられた結果、めり込み沈下量が抑制されたと考えられる。

5. まとめ

2000年鳥取県西部地震で戸建て住宅に液状化被害が発生した地盤のモデルに対し、ALIDによる解析で改良必要範囲を検討してみた。その結果、特に、改良深さを深くすることによるめり込み沈下量の抑制効果が十分得られた。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・他：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。

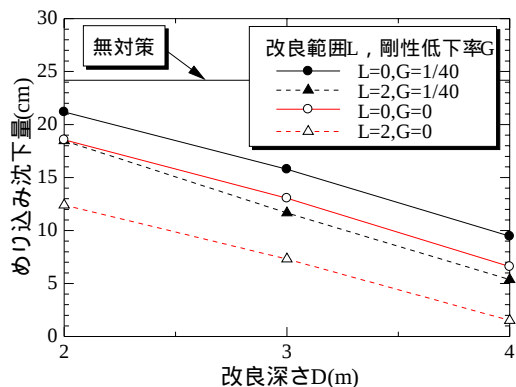


図3 改良深さとめり込み沈下量の関係
(戸建て住宅、新設)

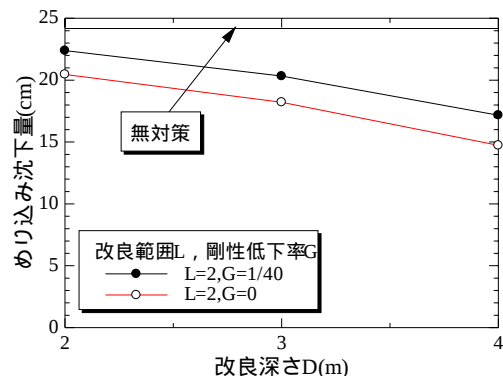


図4 改良深さとめり込み沈下量の関係
(戸建て住宅、既設)

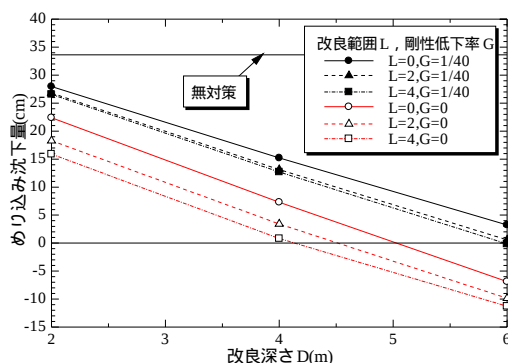


図5 改良深さとめり込み沈下量の関係(3階、新設)

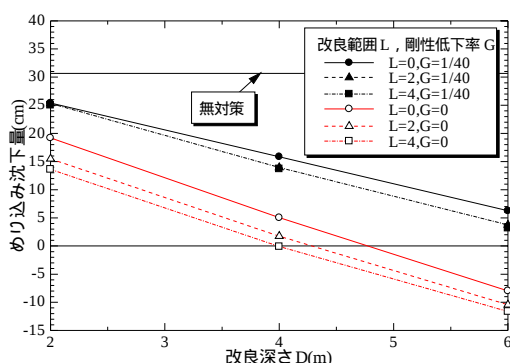


図6 改良深さとめり込み沈下量の関係(5階、新設)

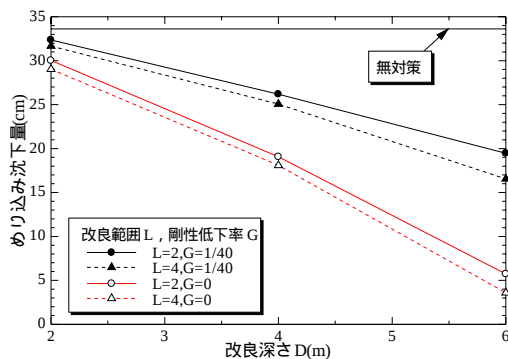


図7 改良深さとめり込み沈下量の関係(3階、既設)

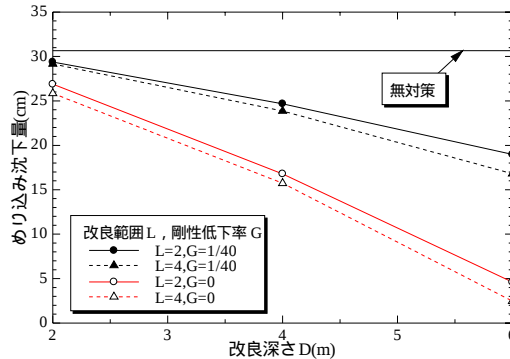


図8 改良深さとめり込み沈下量の関係(5階、既設)