

東京電機大学理工学部 正会員 安田 進
 東京ガス㈱ 正会員 清水善久・小金丸健一
 東京電機大学 学生 糸井秀利・小鹿大介

1. はじめに

筆者達は、東京低地に広く分布する沖積砂層の液状化特性を調べるため、東京都墨田区から不攪乱試料を深さ方向に連続サンプリングし、数多くの繰返し三軸試験を行ってきた。そこには細粒分を多く含む砂層が分布し、また、関東地震の際には液状化した箇所ではなかった。そこでこれに引き続き、関東地震に液状化した箇所、細粒分が少ない沖積砂層を対象にし、同様に不攪乱試料を連続サンプリングして、繰返し三軸試験によって液状化発生特性、および液状化後の変形特性を求めた。

2. 試料採取および繰返し三軸試験結果

試料は東京都葛飾区西亀有4丁目の高木神社東隣の砂原第1公園で採取した。この一帯は1923年関東地震の際に噴水が発生し、液状化が発生したと考えられている。ここには図1(a)に示すように、盛土層の下部に、シルト質微細砂層(第I層)、細砂層(第II層)、中砂層(第III層)、シルト混じり中砂層(第IV層)、細砂層(第V層)の沖積層が堆積している。これをGL-2m以下GL-12mまで連続サンプリングし、物理試験と繰返し非排水三軸試験を行った。サンプリング方法としては、N値が10程度以下ではシンウォールサンプラーを用い、それ以上ではトリプルチューブサンプラーで行った。後者の場合、採取の際に乱し易いので、インナークリアランスを大きくしないなどの細心の注意をはかった。

粒度試験結果によると、図1(d)に示すように第I層で細粒分含有率が20%~70%と多く、また、第III層や第V層の一部で30~40%と多かったが、その他では5~20%程度と、東京の沖積層にしては細粒分が少なかった。繰返し非排水三軸試験で得られた、20回の繰返し回数で軸ひずみの両振幅がDA=5%となる応力比(以下、液状化強度比と呼ぶ)を、図1(e)に示す。これに見られるように液状化強度比は0.15~0.35程度となった。そして細粒分が少ないほど小さくなる結果となった。関東地震の際に、仮にこの

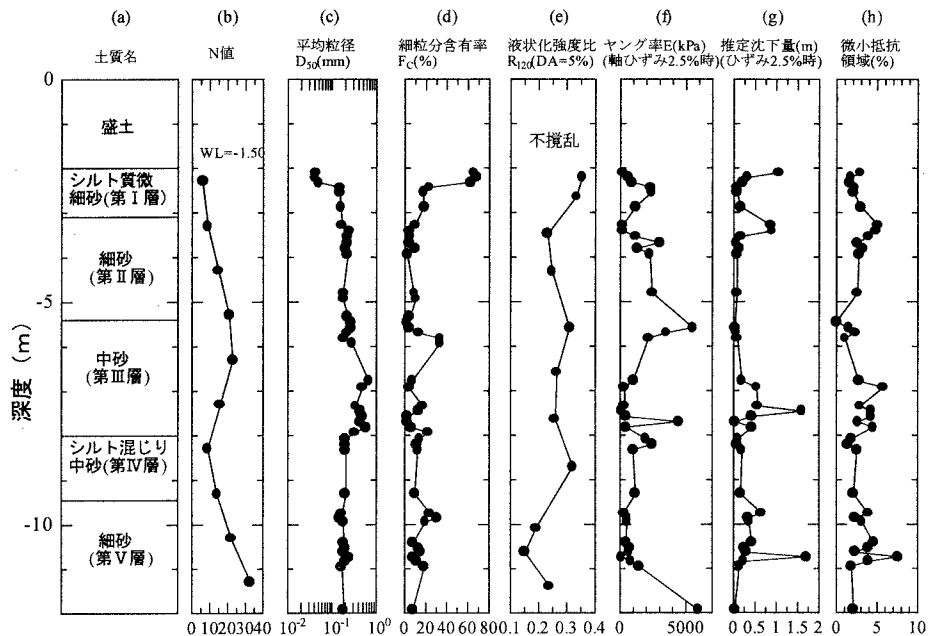


図1 柱状図、液状化試験結果、液状化後の変形試験結果の深度分布

キーワード：液状化、地震、砂質土、室内試験、不攪乱試料

連絡先：〒3500394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学建設環境工学科 安田進・TEL.0492-96-2911, FAX.0492-96-6501

地区で 350gal 程度の地表最大加速度が生じていたと仮定すると、地震時発生せん断力比は 0.4 程度以上になり、第 I 層～V 層まで液状化したとの判定になる。

さて、前述した墨田区での試験結果だけでは得られた液状化強度比を用いて関東地震時の液状化判定を行ってみると、実際には液状化していないのに液状化するとの結果になり、矛盾を生じた。そこで、通常の液状化試験に加えて、軸ひずみ両振幅が 10% 以上出たところで加振を終了し、非排水状態のまま静的(単調)載荷を行い、その時のヤング率から液状化による構造物の被害の有無を推定する方法を考案した。そこで、これと同様に、今回も静的載荷時における応力～ひずみ関係を求めた。第 I 層の試験結果を図 2 に示す。図に見られるように、ある深度では小さい応力でひずみがかかなり大きく発生するのに対し、他の深度では 2～3% 程度で強度が回復する傾向を示した。そこで、軸ひずみが 2.5% のときの割線からヤング率 E を求め、深さ方向にプロットすると図 1(f) に示すように、深度によって大きく異なった。特に GL-3.3m、7.5m、10.8m 付近のヤング率は小さくなった。

ところで、筆者達は、残留変形解析と有限要素法を利用して簡易的に液状化に伴う構造物の沈下量などを推定する方法“ALID”を提案し²⁾、その適用性について検討してきている。ここでは液状化に伴う剛性低下率と細粒分含有率の関係を繰り返しねじりせん断試験をもとに提案し、これを用いるようにしている。そこで、この関係と今回の実験結果を比較してみたのが図 3 である。図中、実線がゆるい砂質土に対して行ったねじりせん断試験結果からまとめた関係であり、○印が今回の関係である。E_N は N 値から推定したヤング率である。試験装置が違いため単純に比較出来ないが、4 つの深度では両者が比較的一致した。これらの深度はやはり上述した E が小さい深度での試験結果であった。

3. 構造物に与える影響からみた液状化特性

上述した静的載荷時の試験結果を用いて、構造物に与える影響を考慮した各深度での液状化特性を考えてみた。このため液状化による直接基礎の構造物沈下を対象にし、弾性体を仮定して一様な水平地盤上の基礎の即時沈下量 S_e(m) を求める式 S_e = I_s · (1 - ν²) · q · B / E を利用してみた。今、3 階建ての鉄筋コンクリート構造物を想定し、基礎幅 B を 10m、基礎の平均荷重 q を 30kPa、I_s = 0.9、ν = 0.5 として、ヤング率 E に図 1(f) に示した値を適用して沈下量を計算してみた。その結果図 1(g) に示すように 50cm を超えるような大きな沈下を生じる層は上述した GL-3.3m、7.5m、10.8m 付近のみとなった。逆に言うと、その他の層では地震時に 7.5～15% 程度の大きなせん断ひずみが発生するものの、土の骨格構造はそんなに壊れなく、地盤や構造物に有害な被害を与えないのではないのではないかと考えられる。このように考えると、本地点では構造物に影響を与える液状化が発生した層厚は 3～4m 程度ということになる。

4. あとがき

関東地震で液状化した地点に対し、液状化および液状化後の変形特性試験結果をもとに液状化層の推定を行った。後者の考えた方について、試験方法も含めて今後体系化していきたいと考えている。なお、本研究は(財)地震予知総合研究振興会の研究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) 安田進・清水善久・小金丸健一・松本昇・岩谷裕：東京の沖積砂層における液状化の新しい考え方，土木学会第 55 回年次学術講演会，III-A120，2000。 2) 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/III-49，pp.71-89，1999。

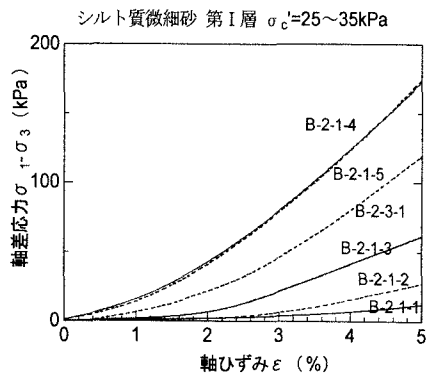


図2 繰返し載荷後の土の応力～ひずみ関係

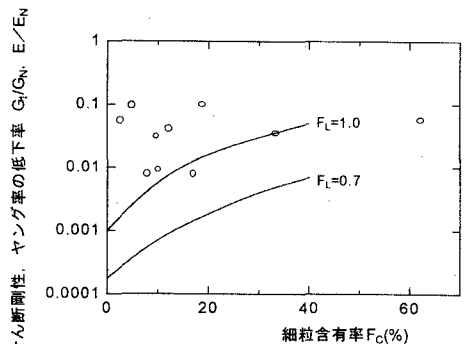


図3 せん断剛性の低下率の比較