

関東地震時の液状化・非液状化地点における地盤特性の比較

東京電機大学 正会員 安田 進
 東京ガス(株) 正会員 清水善久, 小金丸健一
 東京電機大学 系井秀利, 小鹿大介

1 まえがき

東京低地に広く分布する上部有楽町層(沖積砂層)の液状化特性を調べるため、筆者達は1923年関東地震の液状化・非液状化地点において深さ方向に連続サンプリングし、液状化強度および液状化後の変形特性を調べてきた¹⁾²⁾。ここではその2箇所での試験結果を比較し、さらに人工的に詰め直した試料での試験結果も付け加えて、液状化特性に関して考察を進めてみた。

2 調査箇所および室内試験方法

試料採取地点は東京都の墨田区墨田3丁目と葛飾区西亀有4丁目である。1923年関東地震の際、前者は液状化が生ぜず後者は液状化が生じた。図1,2にこれらの箇所の土質柱状図を試験結果と併に示す。両地点において、上部有楽町層を対象に12mの深さまで連続的にサンプリングし、物理試験と繰返し非排水三軸試験を行った。繰返し非排水三軸試験では液状化が発生し軸ひずみ振幅が10%になるまで繰返し載荷した後、非排水のままさらさら単調載荷を行った。試験が終わった試料は同じ密度に詰め直し(以下攪乱試料と呼ぶ)、同様な実験を行った。

3 不攪乱試料の液状化強度および液状化後の変形特性

墨田の試料は深くなるにつれて細粒分含有率が10~90%と多くなり、平均粒径も0.2mm~0.02mmと小さくなっていった。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 R_l (以下、液状化強度比と呼ぶ)は、上から0.4~0.3程度と下層になるにつれ小さくなった。一方、西亀有では一部で細粒分含有率が20%~70%と多かったものの、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。液状化強度比は0.15~0.35程度となった。関東地震の際に、仮にこれらの地区で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、西亀有では地下水位以下10m以上の厚さで液状化したとの判定になった。ところが、墨田でも同様な厚さで液状化したとの結果になり、関東地震時の事実と矛盾を生じた。

そこで、この矛盾を解決するため、繰返し載荷後の残留過剰間隙水圧比と細粒分含有率の関係をまとめたところ、細粒分含有率が多くなると残留過剰間隙水圧比は1より小さい、つまり有効応力はゼロ近くまで下がらず、強度や剛性はあまり失われていない可能性があると考えられた。このことを定量的に評価するために、前述したように液状化した試料に対し単調載荷を行ってみた。そして軸ひずみが2.5%のときの割線からヤング率を求めたところ、墨田では細砂層の上部では非常に小さいのに対しその下部では大きな値となった。一方、西亀有では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。

この液状化後のヤング率を用いると、水平弾性地盤上の基礎の即時沈下量 $S_E(m)$ を求める式、 $S_E = I_s \cdot (1 - \nu^2) \cdot q \cdot B / E$ を利用して、液状化による直接基礎構造物の沈下量を簡易に推定できる。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、 $I_s = 0.9$ 、 $\nu = 0.5$ として、ヤング率 E に上述した値を適用して沈下量を計算したところ、墨田では細砂層の上部のような砂が堆積した地盤では1m程度沈下するのに対し、それ以下の層のような地盤の場合には、20cm程度以下しか沈下しないと推定された。今、許容沈下量を20cmと仮定してみると、細砂層上部だけがこの値より大きくなり、液状化によって有害な沈下を生じさせる層はこの層だけになる。一方、西亀有では20cmを超えるような大きな沈下を生じる層はGL-2m、-3.3m、-7.5m、-9.7m、-10.8m付近で生じた。このように考えると、構造物に影響を与える程の液状化が発生した層厚は墨田では1m以下、西亀有では3~4m程度ということになる。

キーワード：液状化，砂質土，地震，室内実験

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 安田進 TEL.0492-96-2911・FAX.0492-96-65.

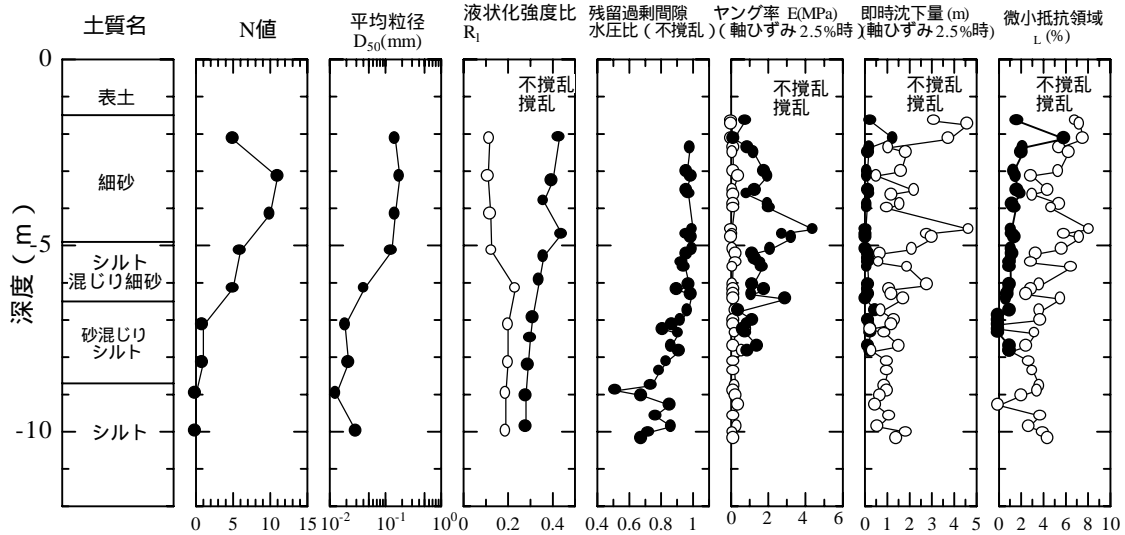


図1 墨田3丁目(関東地震時の非液状化地点)における調査・試験結果

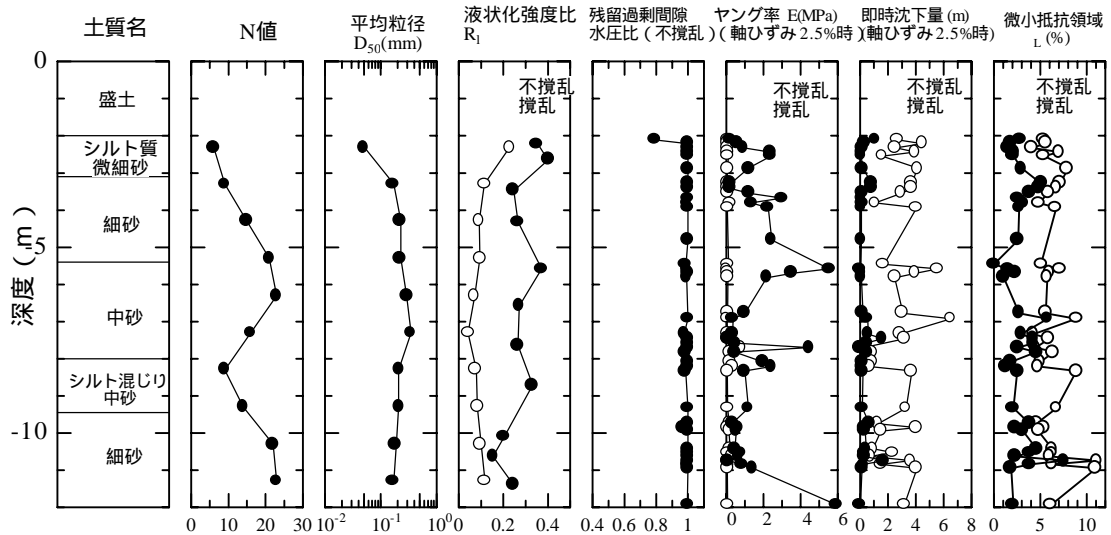


図2 西亀有4丁目(関東地震時の液状化地点)における調査・試験結果

4 攪乱が液状化および液状化後の変形特性に与える影響

攪乱試料での実験結果では、どの試験結果も2地点および深さ方向に差がなくなった。液状化強度比は0.1~0.2程度と小さく、液状化後のヤング率も非常に小さく、沈下量は2~3mと大きく、微小抵抗領域は5%程度もあるとの結果になった。また、図には示していないが、残留間隙水圧比はほぼ1.0まで達した。従って、細粒分を多く含む東京低地の沖積層も一旦乱されると液状化し易く、また、構造物に大きな影響を与えと言えよう。なお、墨田では細砂層の試料に対し、年代測定を行ったところ、約2500~3000年前のものと測定された。従って、このように浅くても Aging の影響は大きく、このために不攪乱と攪乱で大きな差が出たと言えよう。

5 あとがき

関東地震における液状化・非液状化箇所に対し、地盤特性について詳細な検討を行った。その結果、液状化発生特性だけでは両者の違いを説明出来なかったが、液状化後の変形特性を基にすると説明出来た。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。関係者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，-A120，2000. 2) 安田進・清水善久・小金丸健一・糸井秀利・小鹿大介：1923年関東地震で液状化した亀有地区の地盤特性，第35回地盤工学研究発表会，投稿中，2001.