

東京の沖積砂層における液状化強度の問題点

東京電機大学大学院 学生員 松本 昇
 東京電機大学理工学部 正会員 安田 進
 東京ガス(株) 正会員 清水 善久 小金丸 健一
 東京電機大学理工学部 岩谷 裕

1.はじめに 東京の低地には沖積砂層が広く分布している。それらはN値が10以下で地下水位も高く、地震が起きた場合に液状化が懸念されている。しかし、堆積年代も古く、また一般的に深くなるにつれ細粒分がかなり多くなるため、N値が小さい割には液状化しにくいのではないかと考えられる。そこで本研究では、東京の沖積砂層における液状化強度の深度分布を検討するため、不攪乱試料を深さ方向に連続してサンプリングし、繰返し非排水三軸試験を行った。その結果、液状化強度を求める際、通常の液状化判断方法では問題があると考えられたので、その問題点について検討した。

2.試料 不攪乱試料は、東京都墨田区墨田3丁目でサンプリングした。この箇所の沖積層は、図-1に示すように細砂層、シルト混じり細砂層、砂混じりシルト層、シルト層の地層構成となっている。そして、地下水位付近のGL-1.6mからGL-10.4mのシルト層までシンウォールチューブサンプラーを用いて、連続的にサンプリングした。なお、東京都による液状化履歴調査結果¹⁾では、本箇所は1923年の関東大地震の際に噴砂・噴水等の発生はなかったようである。

3.物理試験 サンプリングした試料は15cmごとに切り出して、繰返し非排水三軸試験の供試体とした。その削りかすから土粒子密度試験、粒度試験、液性・塑性限界試験を行った。図-1にN値および粒度試験、液性・塑性限界試験結果を深度分布にして示す。なお、液性・塑性限界試験は約7.5m以浅では行っていない。図に示すように、深くなるにつれ平均粒径 D_{50} は小さくなり、細粒分含有率 F_c は増える傾向を示した。また、シルト混じり細砂層や砂混じりシルト層では、深さ方向に F_c のばらつきが大きく、かなり互層状になっていた。塑性指数 I_p は砂混じりシルト層で20程度からシルト層で40程度と、深くなるにつれ大きくなる傾向を示した。

4.繰返し非排水三軸試験 供試体は、直径5cm、高さ10cmの円柱形に整形した。その後、二酸化炭素および通水によって飽和化をはかった。さらに200kPa~300kPaの背圧を加え、B値は0.95以上とした。有効拘束圧は、供試体中央深度における原位置での有効上載圧とした。圧密終了後、非排水状態で0.1Hzの正弦波の繰返し軸荷重を加え、軸ひずみの両振幅が10%以上で加振を終了した。

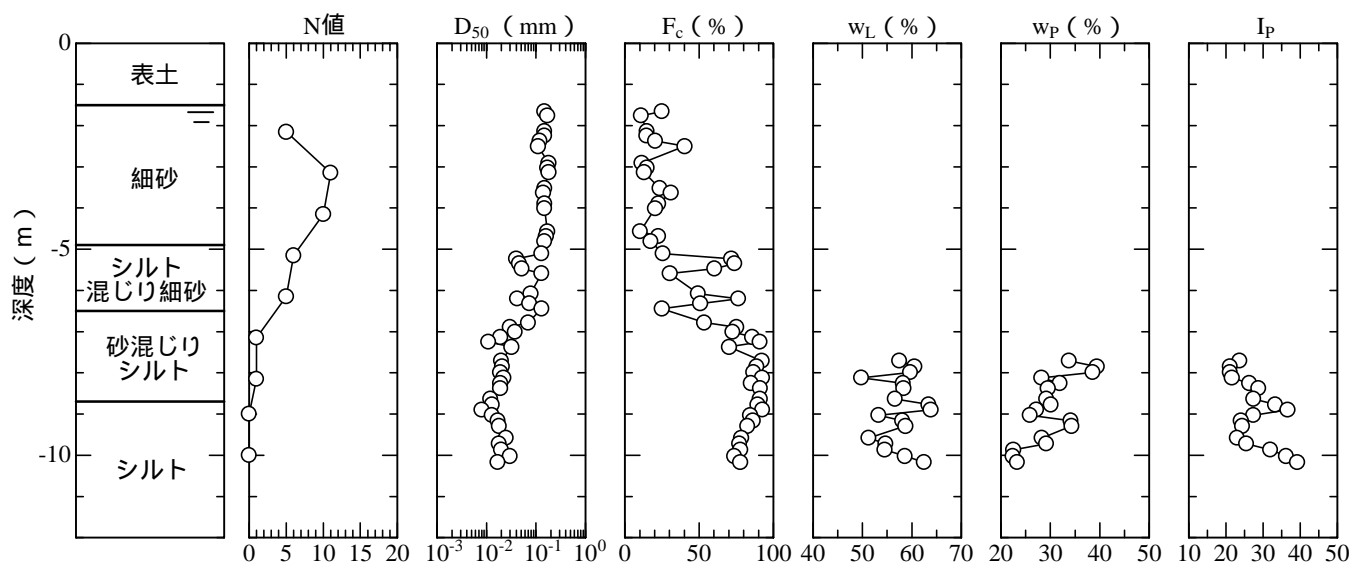


図-1 N値および粒度試験，液性・塑性限界試験結果の深度分布

キーワード：沖積砂層，繰返し非排水三軸試験，液状化強度，残留過剰間隙水圧

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911 (2748) FAX 0492-96-6501

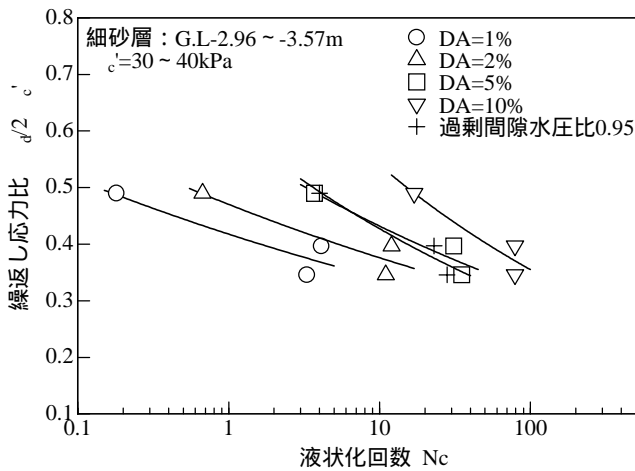


図-2 繰返し応力比～液状化回数関係（細砂層）

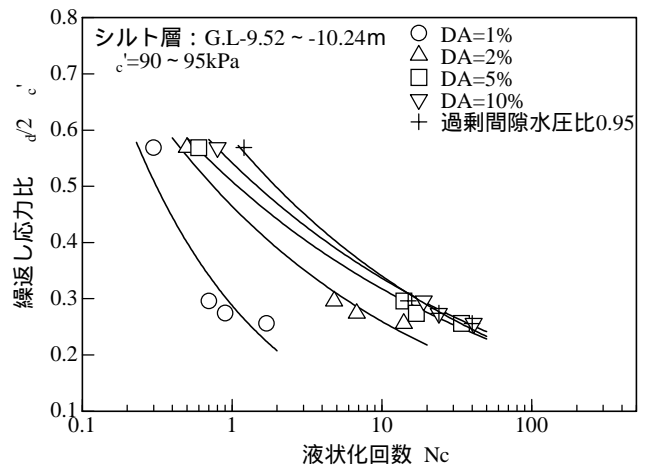


図-3 繰返し応力比～液状化回数関係（シルト層）

今回、液状化強度を求めるために、連続サンプリングした試料を深さ方向に4本程度の組にして整理した。図-2, 3に細砂層およびシルト層の代表的な軸ひずみの両振幅 DA=1%, 2%, 5%, 10%および過剰間隙水圧比 0.95（波形のピーク時）の繰返し応力比～液状化回数関係を示す。細砂層およびシルト層とも、繰返し回数にともなうひずみ振幅の増大の仕方に差がなかった。しかし、シルト層はひずみ振幅の増大時点に比べて間隙水圧比が 0.95 まで上昇する時点が遅くなった。

各層の繰返し応力比～液状化回数関係をもとに、軸ひずみの両振幅 DA=5%の液状化強度比 R_1 ($N_c=20$)を求めた。その深度分布を図-4 に示す。液状化強度比 R_1 が深くなるにつれて小さくなる結果となった。

5.通常の液状化判定方法の問題点 上述したように、本箇所は 1923 年関東大地震の際に液状化していないのではないかと考えられる。仮に、関東大地震の際にこの地区で 350gal 程度の地表最大加速度が生じたと仮定すると、地震時の繰返しせん断応力比は 0.4 程度以上になり、図-4 に示す通常の液状化強度比 R_1

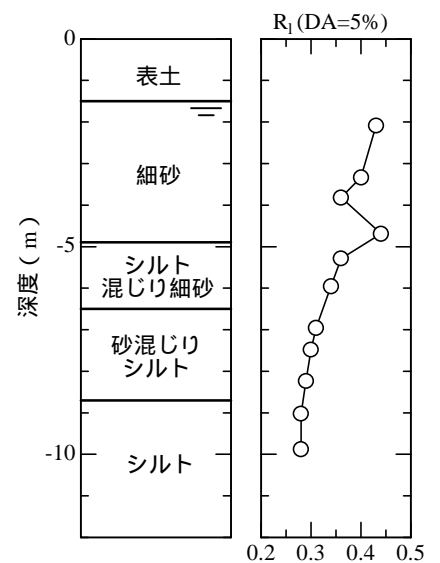


図-4 液状化強度比の深度分布

(DA=5%, $N_c=20$)を用いると、細砂層からシルト層まで液状化した結果になる。これは関東大地震の現象と矛盾していると考えられる。また、深くなるほど細粒分が多くなるに対し、液状化強度比 R_1 が小さくなるという結果は奇妙である。

そこで、载荷後の過剰間隙水圧（残留過剰間隙水圧比）と細粒分含有率の関係性を調べてみると図-5 のようになった。図に示されるように、細粒分含有率が増えると残留過剰間隙水圧比は小さくなっている。よって、細粒分が多い場合には、ひずみ振幅が大きく生じたとしても、有効応力はゼロちかくまで下らず、強度があまり失われていない可能性があると考えられる。

6.まとめ 東京湾付近で深さ方向に沖積層を連続サンプリングし、液状化強度を調べた。その結果、通常の液状化判断方法では、深くなり細粒分が増えるほど液状化強度比が小さくなる傾向となった。これは液状化判断方法に問題があると考えられるが、それについては別報²⁾で述べる。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。

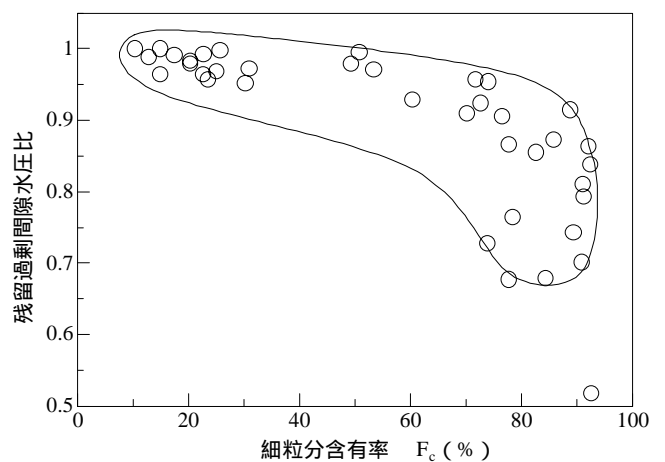


図-5 残留過剰間隙水圧比～細粒分含有率関係

また、深くなり細粒分が増えるほど液状化強度比が小さくなる傾向となった。これは液状化判断方法に問題があると考えられるが、それについては別報²⁾で述べる。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。

参考文献 1)若松加寿江:日本の地盤液状化履歴図,東海大学出版会,1991. 2) 安田ら:東京の沖積砂層における液状化の新しい考え方,第 55 回土木学会年次学術講演会,2000.(投稿中)