

III-A98

凍結試料による江戸川砂の液状化特性と試料の健全性の検討

清水建設 正会員 後藤 茂

1.はじめに 江戸川流域の同一地点から原位置凍結サンプリングにより採取された沖積および洪積の砂試料を用い、室内非排水繰返し三軸試験により液状化強度に及ぼす諸要因の検討を行った。ここでは試料の健全性の評価や凍結採取試料の液状化強度に現れる年代効果等について報告する。

2.試料採取地盤の原位置試験結果と試料の物理的性質 試料採取地点は千葉県松戸市の江戸川左岸であり、図-1に試料採取地盤のN値と応力換算N値であるN1値の分布を示す。地盤はGL-8m付近でN値が急激に増加しており、上部が沖積層、下部が洪積層であると思われる。この地点では建設省土木研究所が深度20mにわたって原位置凍結サンプリングによる不攪乱試料の採取を行っており、本研究ではそれらの試料のうちGL-6.0m~-6.3m(沖積層)とGL-14.7~-15.0m(洪積層)のものを用いた。表-1に試料の物理的性質を示すが、両試料とも小粒径の礫を含んでおり、また沖積砂は細粒分を15%含んでいた。

3.凍結採取試料の健全性 今回の沖積砂は細粒分量が多く、原位置凍結サンプリング固有の過程である凍結・融解による影響が懸念されたので、凍結時に試料が経験した凍結膨張ひずみを推定することにより試料の健全性を検討した。細粒分を含む試料の凍結融解による乱れの検討方法は文献1)に詳しく述べてあるが、原位置で生じた凍結膨張ひずみを試料の健全度と膨張ひずみの関係³⁾に対比させることにより試料の健全性を判断する。土の凍結膨張ひずみは拘束応力の逆数に比例²⁾、拘束応力は膨張ひずみに対する地盤反力として増加することから、地盤が等方等質であれば原位置での凍結膨張ひずみは(1)式で表すことができる。

$$\epsilon_{fr} = \left(\frac{1+\mu}{2E} \right) \left(\sqrt{(K_0\sigma'_v)^2 + \frac{4E\alpha}{1+\mu} K_0\sigma'_v} \right) \quad (1)$$

ここで、 ϵ_{fr} は凍結膨張ひずみ、 K_0 は静止土圧係数、 σ'_v は有効上載圧、 α は凍結膨張ひずみと応力の逆数の比例定数、 E と μ は地盤の変形係数とポアソン比である。

図-2は試料の一次元凍結膨張試験の結果であり、洪積砂は凍結時にほとんど膨張を生じていないが、沖積砂は膨張を生じており、定数 α の値が0.2になった。(1)式の地盤の応力成分や変形特性等を示す構成要素を沖積砂の採取深度やN値等から次のように仮定すると、原位置での沖積砂の膨張ひずみは0.0045になる。

$$K_0=0.5, \sigma'_v=69\text{kPa}, E=700 \times N=2800\text{kPa}, \mu=0.30, \alpha=0.20$$

図-3は文献3)の試料の健全性を示す健全度と凍結時の膨張ひずみの関係である。沖積砂の原位置での凍結膨張ひずみは健全度が1.0の範囲に対応しており、凍結採取された沖積砂の液状化強度は凍結融解の影響を受けていない可能性が高いと判断できる。

4.試料の液状化特性

試料の液状化特性は非排水繰返し三軸試験を行い検討した。図-4はせん断応力比と両振幅軸ひずみDAが1,2,5,7.5%になる載荷回数との関係であり、図には再構成試料の

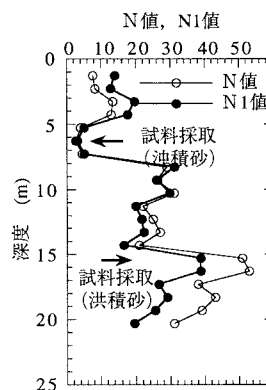


図-1 試料採取場所のN値の分布

表-1 試料の物理的性質

	沖積砂	洪積砂
礫分 %	16	4
砂分 %	69	87
細粒分 %	15	7
均等係数	16.6	3.6
土粒子密度g/cm ³	2.780	2.695

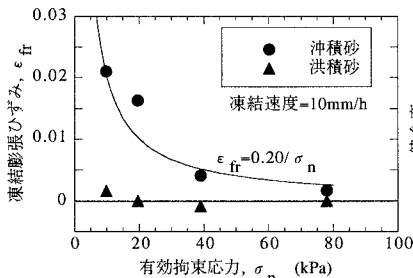


図-2 凍結膨張ひずみと拘束応力の関係

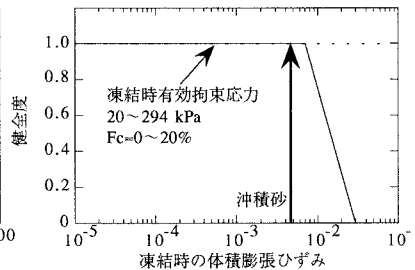


図-3 凍結膨張ひずみと試料の健全性の関係

キーワード：凍結サンプリング、品質評価、液状化強度、年代効果

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 清水建設(株)技術研究所 Tel:03-3820-5514 Fax:03-3820-5955

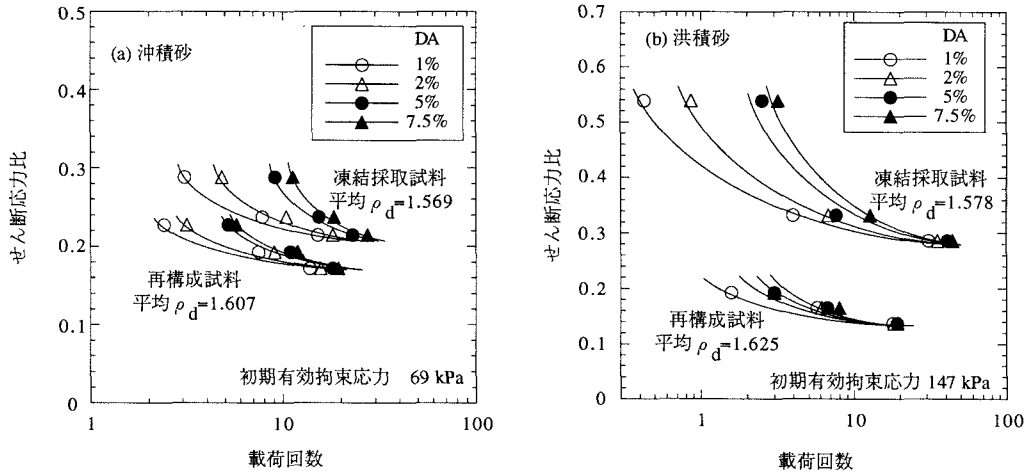


図-4 沖積砂および洪積砂の液状化試験結果

試験結果も付記してある。再構成試料は凍結採取試料に比較して多少密度が高めになっているが、沖積砂および洪積砂とも液状化強度は凍結採取試料に比較して低い。これは高品質の不攪乱試料に見られる現象であるが、今回の試料では両試料の液状化強度の相違は洪積砂の方が沖積砂より大きかった。

図-5は試験結果をそれぞれ凍結採取試料および再構成試料同士で比較したものである。再構成試料の場合は沖積砂の方が洪積砂より液状化強度が高くなっており、これは沖積砂の方が均等係数が大きく、粒度分布の良い試料ほど液状化強度が高いという考え方に整合する。それに反し、凍結採取試料での比較では洪積砂の方が沖積砂より液状化強度が高い。これは、地震被害事例などで年代の若い地盤ほど液状化を生じやすかったことと整合しており、液状化強度に及ぼす年代効果の表れと見ることができる。今回の試料で再構成試料試料の比較と凍結採取試料の比較で液状化強度の大小関係が逆転したことは偶然であろうが、地盤の液状化強度が地盤の密度や粒度だけでなく、年代効果の影響を強く受けることを示唆している。

5. あとがき 江戸川流域から原位置凍結サンプリングにより採取した不攪乱試料の健全性の確認を行い、非排水繰返し三軸試験により液状化強度特性を検討した。凍結採取試料の液状化強度は同密度の再構成試料のものより高く、沖積砂と洪積砂の強度の大小関係は凍結採取試料同士および再構成試料同士の比較では逆転現象を示した。このような強度の逆転現象は液状化強度に及ぼす年代効果の影響の表れである。

謝辞 凍結採取試料は建設省土木研究所 耐震技術センター 動土質研究室 松尾修室長よりご提供戴いた。関係各位に感謝する次第である。本研究の一部は地盤工学会「液状化メカニズム・予測法と設計法に関する研究委員会（委員長：岡二三生京都大学教授）」の一環として実施したものである。

参考文献 1)後藤茂, 田地陽一, 「細粒分を含む砂地盤に対する原位置凍結サンプリングの信頼性の評価」, 土木学会論文集, 投稿中。 2)高志勤, 益田稔, 山本英夫, 「土の凍結膨張率に及ぼす凍結速度、有効応力の影響に関する研究」, 雪氷, 第36巻, 第2号, pp.1-20, 1974。 3)Goto, S., "Freeze and thaw influence on liquefaction resistance of sandy soils," Soils and Foundations, Vol.33, No.4, pp.148-158, 1993。

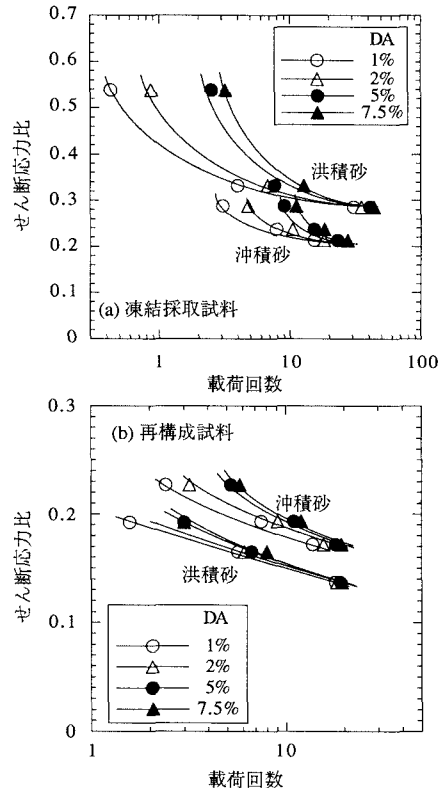


図-5 凍結採取試料および再構成試料同士の液状化試験結果の比較