

Ⅲ-A111 凍結試料による江戸川砂の液状化強度と原位置試験との相関

大成建設技術研究所 正会員 森井慶行 山梨大学工学部 正会員 後藤聡
大成建設技術研究所 正会員 末岡 徹

1. はじめに

砂質地盤の原位置の液状化強度の推定は、標準貫入試験、PS検層や粒度分布などの原位置試験の結果をもとに行われているが、原位置試験等で液状化強度を推定出来ない場合には、乱さない砂の繰返し三軸試験の結果を用いる場合がある。原位置凍結サンプリングは、良質な乱さない試料を採取することが出来るため、その試料を用いて液状化試験を実施することが有効的とされている。本報告では、江戸川砂の凍結試料を用いて液状化試験を実施し、従来より提案されている標準貫入試験から求められるN値や粒度分布等と液状化強度の関係について検討した。また、原位置試験であるPS検層より求められるVs（せん断波速度）および凍結試料のVsと液状化強度の相関についても検討を行った。

2. 試験方法

試験に用いた試料は、江戸川砂であり、主な物理特性値を表-1に示す。試料の採取方法は、原位置における凍結サンプリング法である。採取した試料の深度、標準貫入試験などの原位置試験結果を図-1に示す。採取した試料は、沖積土が2試料、洪積土が4試料の計6試料である。コアサンプリングの直径は、20cmであるので三軸供試体寸法を、直径5cm、高さ10cmとし、同じ深度の供試体を4本整形して試験を実施した。

繰返し非排水三軸試験は、試験装置に供試体を設置し、29.4kN/m²の負圧で自立させたのち6時間以上静置して凍結試料を解冻した。解冻終了後CO₂および脱気水によって供試体を飽和させた。さらに背圧を294kN/m²として原位置試験結果より計算した有効上載圧を有効拘束圧として等方圧密した後に、非排水条件で繰返し載荷試験を行った。載荷周波数は、0.05Hzである。

3. 試験結果

用いた江戸川砂の粒径は均等係数が小さくきれいな砂であり、粒度分布で評価すると、特に液状化の可能性のある範囲内の粒度分布を示す。しかし、図-1より用いた試料のN値は20前後の高い値を示している。

また、試料No.1, 2とNo.5, 6はN値が急変する位置よりサンプリングしている。

図-2に、採取した江戸川砂の液状化強度曲線を示す。凍結試料の繰返し回数20回で軸ひずみ両振幅(DA)が5%となる繰返しせん断応力比は、沖積土で0.3程度であり、洪積土で0.3から0.5程度である。

液状化強度比と換算N値(N₁値)の関係を図-3に示す。図-3中には文献(1)に示す洪積土、沖積土、埋立土の液状化強度と換算N値の関係の曲線(以後強度曲線と称す)を示している。N値が急変する層境の供試体については、N値を特定することが出来なかったため、層境の前後のN値を参考にしてその範囲を

表-1 江戸川砂の主な物理特性値

No.	凡例	試料名 堆積名	採取深度 m	e _{max}	e _{min}	土粒子の 密度 ρ _s g/cm ³	相対密度 Dr %
1	○	江戸川砂	-4.40~-4.55	1.03	0.68	2.69	78.3
2	□	沖積土	-4.45~-4.70	1.13	0.72	2.68	30.6
3	●	江戸川砂 洪積土	-12.95~-13.10	1.20	0.78	2.74	91.6
4	■		-13.10~-13.25	1.19	0.77	2.72	87.5
5	▲		-14.30~-14.45	1.00	0.67	2.69	112.1
6	▼		-14.45~-14.60	1.32	0.82	2.67	108.2

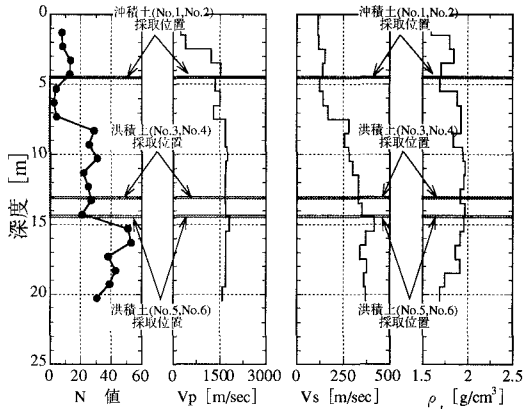


図-1 原位置試験結果

キーワード：液状化／砂質土／凍結試料／N値／せん断波速度

連絡先：〒245 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設技術研究所 TEL 045-814-7236 FAX 045-814-7257

示している。均質な試料であるNo.4,5の液状化強度は、洪積土の強度曲線とはほぼ一致している。沖積土の試料は、N値が高い場合のデータを採用すると沖積土の強度曲線と良く一致している。洪積土のNo.5, No.6はN値が小さい場合のデータを採用すると、洪積土の強度曲線に近い値を示している。

液状化強度比と換算S波速度 $[V_{S1} = V_S / (\sigma'_m / \sigma'_1)^{1/3}]$, $\sigma'_1 = 98.1 \text{ kN/m}^2$, σ'_m は平均有効応力] の関係を図-4に示す。なお、PS検層から求めた V_{S1} の値は V_S , V_P より静止土圧係数 K_0 を算定して平均有効応力を求めて計算した。層境の供試体については、N値の場合と同様に層境前後の値の範囲で示している。図-4中には、文献(2)の液状化強度比と換算S波速度 (V_{S1}) の関係曲線を示している。また、No.4の供試体については、三軸試験装置に Bender Element を設置して測定した $V_S^{(3)}$ から求めた V_{S1} 値もプロットしている。図-4より、PS検層から算定した V_{S1} 値が比較的小さい沖積土は、文献(2)の曲線と良く一致しているが、洪積土の V_{S1} 値は大きく、文献(2)の曲線とはかなり異なる結果が得られた。今回の試験においては、 V_{S1} 値で液状化強度を評価すると沖積土と洪積土とは異なる傾向を示す結果となった。

4. 考察

今回使用した試料は、図-1に示すようにN値が急激に変化する層境付近の試料も含まれていたが、N値が20前後であり、比較的強度の高い場合でも文献(1)の強度曲線と良く一致し、 N_1 値と液状化強度には良い相関性があることを確認することが出来た。PS検層から求められるせん断波速度と液状化強度の相関性についても検討した。沖積土に関しては、文献(2)の強度曲線と似た傾向を示す結果が得られたが、洪積土は異なる傾向を示した。この結果については今後検討する必要があると考えられ、 V_S は非破壊試験であり、礫地盤の調査においてもN値と比較すると信頼できる値が得られることから液状化強度と V_S またはせん断剛性の相関関係を把握し、土質の分類を考慮した評価を行へば、液状化強度の推定の有効的な手法であると考えられる。

【謝辞】 凍結試料は、建設省土木研究所 耐震技術研究センター 動土質研究室 松尾修室長より御提供戴いた。関係各位に感謝する次第である。また、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) 松尾修, 東拓生: 液状化の判定法, 土木技術資料 Vol.39, No.2, pp.20-25., 1997. 2) Tokimatsu, K., Kuwayama, S., and Tamura, S., Liquefaction Potential Evaluation Based on Rayleigh Wave Investigation and Its Comparison with Field Behavior, Proceedings, Second International Conference Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, Vol. I, pp.357-364., 1991. 3) 後藤聡, 森井慶行, 岡本晋, 末岡徹: ベンダーエレメントおよび繰り返しせん断試験による砂のせん断剛性の測定, 第33回地盤工学会研究発表会, 投稿中

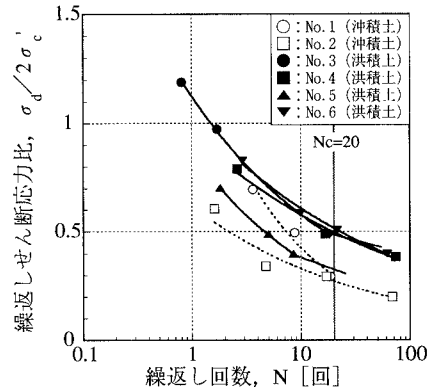


図-2 凍結試料の液状化強度曲線

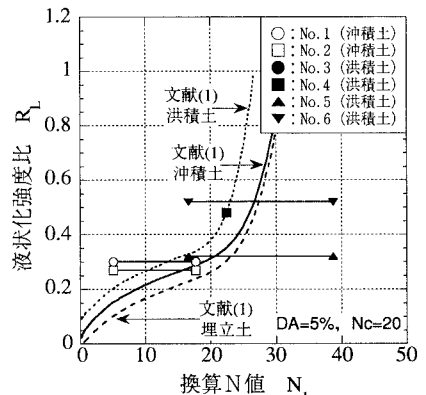


図-3 換算N値と液状化強度の関係

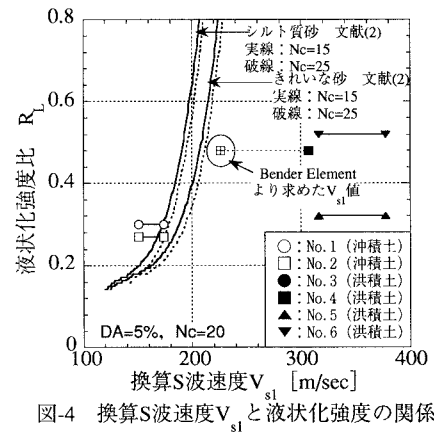


図-4 換算S波速度 V_{s1} と液状化強度の関係