

京都大学防災研究所

正会員

嘉門雅史

京都大学防災研究所

正会員

三村 衛

京都大学防災研究所

清水博樹

京都大学大学院

学生会員

○須崎貴裕

1. はじめに

兵庫県南部地震を契機に、それまではあまり問題とされてこなかった比較的硬質な自然堆積砂地盤の液状化の可能性が指摘されるようになった。これを受け、平成7年度に建設省土木研究所と全国地質調査業協会連合会によって全国7カ所の中～硬質の自然堆積砂・砂礫地盤で凍結サンプリング及び種々の原位置試験が行われた。本研究ではその中から、江戸川、名取川、利根川の3カ所を対象に、凍結試料を用いた静的排水三軸圧縮試験と繰返し非排水せん断試験を行い、その力学特性について検討した。さらに、原位置で行われたコーン貫入試験結果から液状化強度を推定し、室内試験結果と比較・検討することにより、中～硬質の自然堆積砂地盤の原位置試験による液状化強度推定の可能性についても議論する。

2. 原位置試験結果及び室内試験結果

試料採取地点の土質柱状図及び標準貫入試験結果を図.1に示す。試料採取深度でのN値は、江戸川砂で13、名取川砂で37、利根川砂で20といずれも中～硬質の細砂に分類される地盤である。試料採取地点のコーン貫入試験結果を図.2に示す。図中矢印で示す試料採取深度でのコーン貫入抵抗 q_t は江戸川で $65\sim90(\text{kgf/cm}^2)$ 、名取川で $200\sim260(\text{kgf/cm}^2)$ 、利根川で $100\sim110(\text{kgf/cm}^2)$ といずれも中～硬質砂であることがわかる。間隙水圧 u_d に関して、かなりの部分で u_d が静水圧のラ

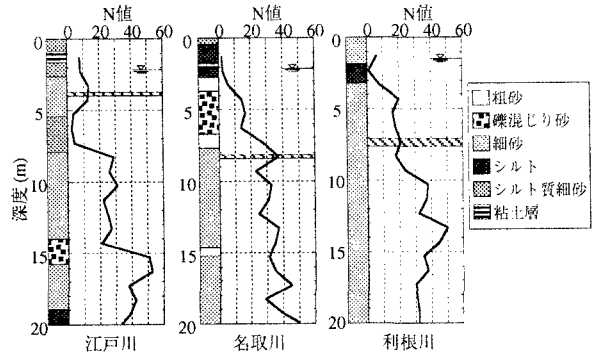


図.1 土質柱状図及び標準貫入試験結果

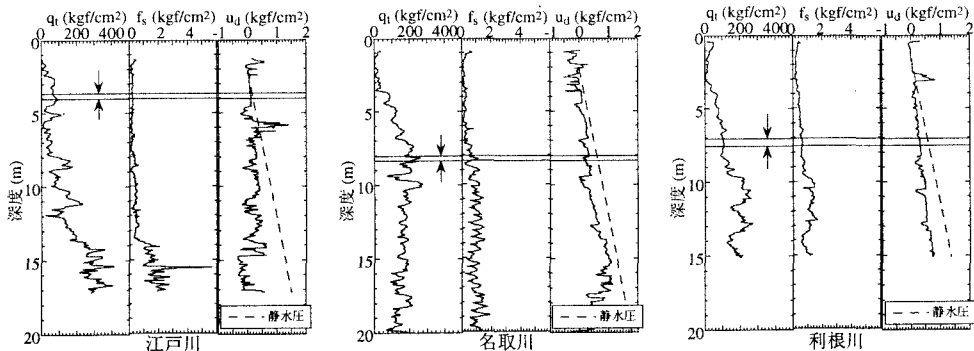


図.2 コーン貫入試験結果

インを下回っている。これは、地盤が比較的密であり正のダイレイタンスーが大きいために、コーン貫入に伴うせん断によって、負圧が発生したものであると考えられる。

静的排水三軸圧縮試験結果を図.3に示す。ここで、本研究で用いた3種類の砂の特徴としてダイレイタンスーが大きいことが挙げられる。すなわち、いずれの砂もせん断初期で若干収縮した後、大きく吸水膨張しており、正のダイレイタンスーが一般の砂に比べて大きいことがわかる。これは、コーン貫入試験結果(図.2参照)において負の間隙水圧が発生したという傾向と合致する。この原因としては、自然堆積砂の構造や粒形やまた過去の応力履歴などが考えられる。

Masasi KAMON, Mamoru MIMURA, Hiroki SHIMIZU, Takahiro SUZAKI

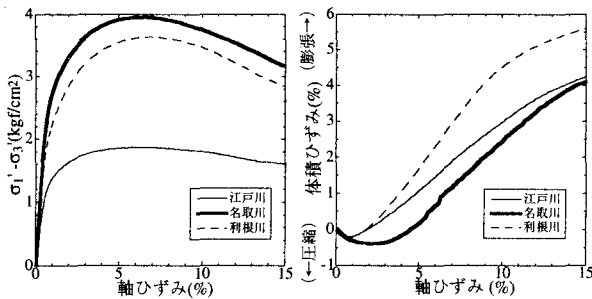


図.3 静的排水三軸圧縮試験結果

3. 液状化強度の推定について

コーン貫入試験結果を用いた液状化強度の推定法は従来より数多く提案されているが、その大部分は緩い砂地盤を対象としたものであり、比較的硬質の砂・砂礫地盤に対する液状化強度の推定法は確立されていない。その主な原因としては、兵庫県南部地震まではこうした砂地盤の液状化についてはほとんど考えられて来なかったこと、また、不攪乱試料の採取が経済的理由によってルーティンとしての実施が事実上不可能であり、2.で示した中～硬質砂地盤固有の体積変化の特性、自然堆積砂の構造や過去の応力履歴の影響といった点を定量的に評価することができなかったためである。

本研究では、中～硬質の自然堆積砂・砂礫地盤の液状化強度を評価する方法の一つとして Lancellotta²⁾により提案された CPT 結果を用いた相対密度 D_r の推定法と時松・吉見³⁾により提案された D_r と室内試験における凍結試料の液状化強度の関係を示した式を用い、 D_r を介して液状化強度を推定する方法⁴⁾を試みた。適用結果を図.4 に示す。この方法は相対密度 D_r を介して間接的に CPT 結果を用い、実験室における試料の液状化強度を推定するものである。図中●は本研究で実施した繰返し非排水せん断試験結果を、■は建設省土木研究所による実験結果¹⁾を示している。同図より本研究で用いた液状化強度評価手法は CPT によるコーン先端抵抗から実験室における凍結試料の液状化強度をある程度推定し得ていることがわかる。Lancellotta による D_r の推定法が緩い正規圧密地盤を対象としたものであり、中～硬質の自然堆積砂・砂礫地盤に対する適用性などに問題が残されているものの、適用結果から判断すると、推定結果が大きくはずれているということはなく、 D_r を媒介として中～硬質の砂・砂礫地盤の液状化強度を推定しうることがわかる。

4. まとめ

凍結試料を用いて中～硬質の自然堆積砂を求め、原位置コーン貫入試験結果による評価手法について検討した。その結果、概ね妥当な結果を得たが、より精度を上げるためには、砂のダイレイタンス特性、構造、粒形、応力履歴といった要因の寄与についてさらに検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 全国地質調査業協会連合会：平成 8 年度 地盤の液状化抵抗の評価に関するサウンディング・サンプリング手法の実証実験 報告書、1997。
- 2) Jamiolkowski, M., Lancellotta, R. etc. : New Correlations of Penetration Tests for Design Practice, Penetration Testing 1988, ISOPT-1, pp.263~296, 1988.
- 3) Tokimatsu, K. & Yoshimi, Y. : Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT N-Value and Fines Content, Soil and Foundations, Vol.23, No.4, pp.56-74, 1983.
- 4) 須崎貴裕：自然堆積砂の液状化強度と原位置試験による評価に関する基礎的研究、京都大学 卒業論文、1998

表.1 繰返し非排水せん断試験結果

河川名	中心深度(m)	平均相対密度(%)	$R_{L20}(DA=5\%)$
江戸川	3.925	44.3	0.393
名取川	8.325	67.8	0.489
利根川	7.55	66.5	0.416

繰返し非排水せん断試験の結果得られた繰返し載荷回数 20 回、両ひずみ振幅 $DA=5(\%)$ における液状化強度(R_{L20})を表.1 に示す。この値も一般の砂に比べて相対密度 D_r の割には比較的大きな値となった。この原因も前節で述べたように、自然堆積砂の構造と粒形、過去の応力履歴などが考えられる。

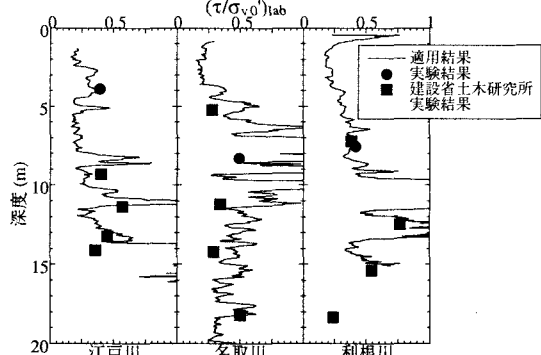


図.4 液状化強度の推定と実験結果