

III-47

不攪乱及び再構成成田砂の非排水繰返し三軸強度とねじりせん断強度

武蔵工業大学
東急建設(株)技術研究所
同 上

学生員 長谷川雅也
正会員 岡本 正広
正会員 越智 健三

1. はじめに

非排水繰返し三軸試験における強度から、水平地盤内のような単純せん断状態における強度を求める補正係数は、石原・李¹⁾によれば、水中落下させて作成した $Dr=55\%$ の川砂を用いて行なったねじり単純せん断試験結果で確認されている、 $C_1=(1+2K_0)/3=0.67\cdots(1)$ で表わされる。しかし、原位置の砂の堆積構造は、水中落下法で作成した試料の状態と類似しているとは限らず、また、Silver²⁾によれば、空気乾燥砂を空中落下法で作成した試料については、(1)式は成り立つが、タンピングで突き固めた試料では、(1)式は成り立たないとの報告もあることから、今回、不攪乱及び再構成試料を用いて、非排水繰返し三軸試験とねじりせん断試験を実施して補正係数 C_1 について検討した。さらに、不攪乱試料の液化化強度を推定するための過圧密比(0.C.R.)の影響についても検討した。

尚、試験方法等については、参考文献3)を参照されたい。

2. 試験結果および考察

1). 供試体の直径を変えた非排水繰返し三軸試験

今回実験に用いた成田砂は図-1に示すように、平均粒径 $D_{50}=0.15\text{mm}$ 、細粒分含有率 $F_c=25.3\%$ と細粒分を多量に含む砂であるが、非排水繰返しせん断強度に及ぼすメンブレン・ベネトレーションの影響は無視できないであろう。そこで、三軸供試体の直径を3種類(5cm・7.5cm・10cm、高さ/直径=2)変えて実験を行ないメンブレン・ベネトレーションの影響を検討した。図-2に示すように、今回用いた砂でも豊浦砂と同じように⁴⁾、メンブレン・ベネトレーションの影響は大きい。したがって、メンブレン・ベネトレーションの影響を評価するために、今回は以下のように、応力比 $\sim$ 繰返し回数の関係を補正した。表-1に示すように、中空供試体を用いるねじり試験の比表面積 $[4/(D_0-D_1)=4/(10-6)=1(\text{cm}^{-1})]$ と等しい三軸供試体の直径は $D=4\text{cm}$ となるが、試験装置の都合上、直径5cmで試験を実施したので、図-2に示すような比表面積(4/10)と繰返し回数(N_c)との関係から、今回は直径5cmでの三軸の繰返し回数を補正し、直径4cmの場合の応力比 $\sim$ 繰返し回数の関係とした。

また、不攪乱砂といえども供試体の間隙比にバラツキがあることから、間隙比 $\sim$ 繰返し回数曲線から、 $e_c=0.9$ (相対密度 $D_r=73.8\%$)の場合について補正係数 C_1 を求めた。

2). 不攪乱試料の補正係数 C_1 について

図-3は不攪乱試料において、 $N_c=5, 10, 20$ 回のときのせん断ひずみと補正係数 C_1 との関係を示したものである。図中には、 $C_1=(1+K_0)/2=0.75$ の平面ひずみ状態の理論値、および、 $C_1=(1+2K_0)/3=0.67$ の石原らの理論値¹⁾を示してある。これより、Seed⁵⁾のいう $N_{eq}=4\sim 21$ 回、また、石原らのいう $N_c=20$ 回でせん断ひずみ7.5%(軸ひずみ5%)を中心に不攪乱試料の場合には、 $C_1=(1+K_0)/2=0.75$ の平面ひずみ状態の理論値で補正できるようである。

3). 再構成試料の補正係数 C_1 について

図-4は、不飽和突固め法(Wet-Tamping Method)によって作成した再構成試料において、 $N_c=10$ 回で、せん断ひずみ3, 7.5, 15%(軸ひずみ2.5, 10%)が生じる時の相対密度 D_r と補正係数 C_1 との関係を示したものである。これより、不攪乱試料の自然含水比に調整し同程度の密度に突き固めても、一義的に C_1 を決定することは困難なようである。

4). 非排水繰返し三軸強度に及ぼす過圧密比(0.C.R.)の影響について

図-5は、0.C.R.と繰返し回数 $N_c=10$ 回で軸ひずみ2, 5, 10%が生ずる応力比との関係を示しており、不攪乱試料との対応を見ると、軸ひずみ10%で0.C.R.=1.88の過圧密比に対応していることがわかる。一方、この不攪乱試料を用いた三軸条件下での等方圧密試験による圧密降伏応力は $P_c=1.8\text{kgf/cm}^2$ である⁶⁾。したがって、再構成試料に過圧密履歴を加えることにより不攪乱試料の液化化強度は推定できるようである。そのことから、再構成試料を用いた非排水繰返し三軸試験より、原位置砂地盤の補正係数 C_1 を求めるには、圧密降伏応力と同程度の過圧密履歴を与える必要があろう。

<謝辞> 本試験を行なうに際して、東京大学生産技術研究所龍岡文夫助教授、および、武蔵工業大学神山光男教授に御指導、御助言をいただきました。末筆ながら感謝の意を表します。

<参考文献>1).Ishihara,K.and S.Li:Liquefaction of saturated sand in triaxial torsion shear test,Soil and Foundations,Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering,Vol.12,No.2,June,1972. 2).Silver,M.L.,F.Tatsuoka,A.Pukunhaphan and A.S.Avrampidis:Cyclic undrained strength of sand by triaxial test and simple shear test,Proc.of the 7th World Conference on Earthquake Engineering,1980. 3).生研セミナーテキスト コース106(1985) 4).岡本正広,龍岡文夫,鳥居剛,日野努:「三軸液状化強度に及ぼす供試体寸法効果」土木学会第38回同年次学術講演会第3部 5).Seed,H.B.:Evaluation of soil liquefaction effects on level ground during earthquakes. State-of-the-Art Report,Preprint of ASCE Annual Convention and Exposition on Liquefaction Problems in Geotechnical Engineering,1976. 6).高橋正:「密な砂の非排水及び排水三軸圧縮・伸張せん断特性についての研究」武蔵工業大学修士論文(1986)

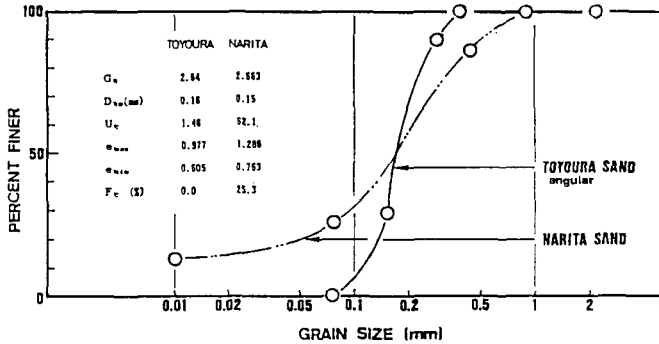


図-1 成田砂の物理特性

表-1 供試体の諸元

	三軸供試体	ねじり供試体
直径	D	外径 D_o 内径 D_i
高さ	H	H
表面積	$\pi D H$	$\pi (D_o + D_i) H$
体積	$(\pi/4) D^2 H$	$(\pi/4) (D_o^2 - D_i^2) H$
比表面積 (表面積/体積)	$4/D$	$4/(D_o - D_i)$

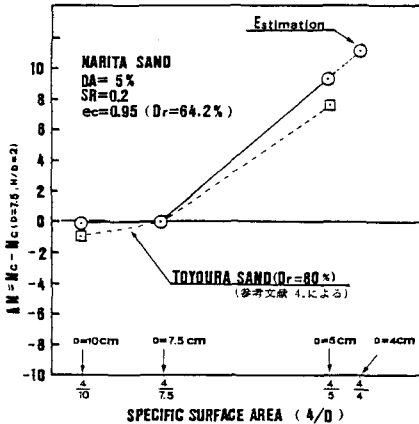


図-2 比表面積と繰返し回数との関係

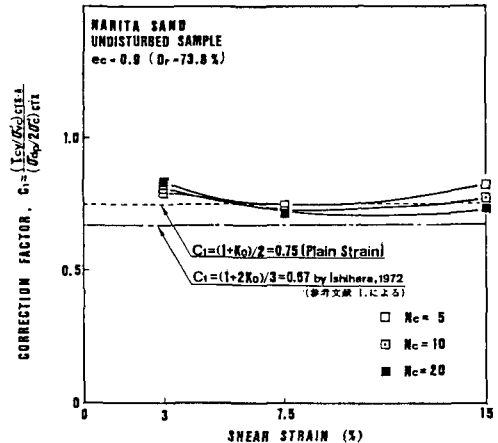


図-3 せん断ひずみと補正係数 C_1 との関係(不攪乱試料)

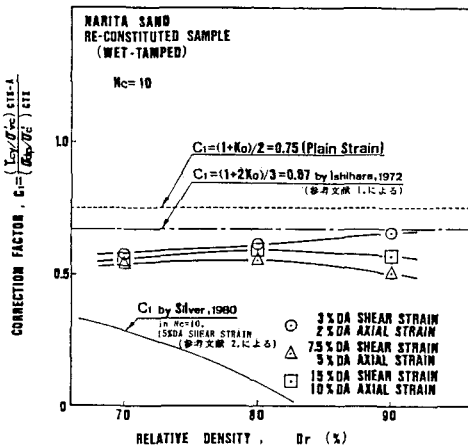


図-4 相対密度と補正係数 C_1 との関係(再構成試料)

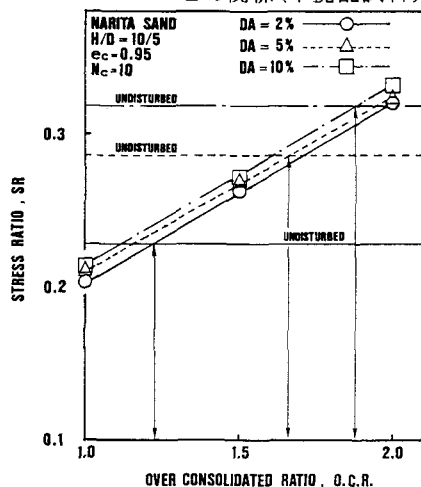


図-5 過圧密比と応力比との関係