

III-252

低塑性な細粒分を含む砂のせん断仕事と液状化特性

梶奥村組 筑波研究所 ○石井 敏之 日下部 伸
東京支社土木技術部 相場 敏延

1. まえがき

低塑性な細粒分を含む砂の液状化特性を調べることを目的とし、室内で再調整された試料について非排水繰返し中空ねじりせん断試験を行った。本文では、せん断仕事^{1)・2)}に基づいて、応力制御の液状化試験で発生する間隙水圧とせん断ひずみについて検討している。

2. 試料および実験方法

用いた3種類の試料土の粒径加積曲線を図-1に、物理的性質と実験条件を表-1に示す。供試体は、内寸法3.5mm×10mmの矩形の孔を用い、落下高さを37.5±2.5 cmとして空中落下法で作製している（含水比1%未満）。供試体寸法は外径10cm・内径6cm・高さ20cmである。有効拘束圧0.50kgf/cm²で等方圧密後、0.025Hzの正弦波荷重による非排水繰返しねじりせん断試験を行っている。

3. 実験結果および考察

せん断ひずみの両振幅 γ_{DA} が3%生じるのに要する、繰返し回数 N_c と繰返しせん断応力 τ_d の関係を図-2に示す。A、B、C砂は、粒度分布、細粒分含有率Pに差がなく、同一の作製方法にもかかわらず、その $N_c \sim \tau_d$ 関係はかなり異なっている。 τ_d が同一のA-1, B-2, C-2の $\tau \sim \gamma$ 関係を図-3、4、5に、有効応力経路を図-6、7、8に示す。これらのケースに共通して認められる傾向は、豊浦砂のようなClean Sandに比べ①正のダイレタンシー量（膨張）が少なく、逆S字型のひずみ硬化が顕著でないこと、②間隙水圧の発生量 u が各々82, 90, 78%程度で $\gamma_{DA}=3\%$ が発生していることである。

図-9、10、11、12は累積せん断仕事 W_s と u および γ_{DA} 関係を示している。図中の実線は坂井ら²⁾が豊浦砂について非排水繰返し三軸試験より求めた $W_s \sim u$ に関する実験式である。

$$u = (\sigma_0 / \alpha') \cdot \ln \{ 1 + W_s / (\beta \cdot \sigma_0) \} \quad \cdots (1) \quad \alpha' = a_1 \cdot D_r + a_2 \quad \cdots (2)$$

$$\beta' = b_1 \cdot \sigma_0 + b_2 \quad \cdots (3)$$

ここに、 α' 、 β' は材料定数、 σ_0 は拘束圧(kN/m²)、 D_r は相対密度(%)、 $a_1=0.06$ 、 $a_2=1.6$ 、 $b_1=3.57 \times 10^{-7}$ 、 $b_2=9.0 \times 10^{-5}$ である。同図によると(1)式は、低塑性な細粒分が比較的多い砂の $W_s \sim u$ 関係にも適用できそうである。一方、 $W_s \sim \gamma_{DA}$ 関係は図-9、10、11が示すように同一の砂では変相線到達($\gamma_{DA} \approx 0.5\%$; 図中の破線)付近を分岐点として、 τ_d の大きさの影響が顕在化する。また、 $W_s \sim \gamma_{DA}$ 関係は図-12が示すように、同一の τ_d であっても変相線到達付近を分岐点として砂の種類による相違が顕在化する。

4. 結論

低塑性な細粒分を含む3種類の砂の液状化特性を累積せん断仕事 W_s と発生する間隙水圧 u 、せん断ひずみ γ_{DA} に着目して調べた。その結果、以下のことが結論づけられる。一定の詰め方（一定の堆積状態）で作製した供試体の応力制御方式の液状化試験では、(1)豊浦砂(Clean Sand)で得られた $W_s \sim u$ 関係が適用できそうである。(2) $W_s \sim \gamma_{DA}$ 関係は変相線到達付近を分岐点として、 τ_d の大きさおよび砂の種類による影響が顕在化する。

表-1 物理的性質と実験条件

参考文献

試料	P (%)	I P	G _s	e _{max}	e _{min}	D _r (%)	実験ケース	τ_d kgf/cm ²	N _c $\gamma_{DA}=3\%$
A	19.2	N P	2.62	1.196	0.590	50.4	A-1	0.087	4.5
							A-2	0.074	8.5
							A-3	0.066	23.0
B	19.9	N P	2.71	1.422	0.747	64.1	B-1	0.094	15.5
							B-2	0.087	20.5
							B-3	0.072	41.5
C	10.5	N P	2.66	1.293	0.732	49.9	C-1	0.101	5.5
							C-2	0.085	11.0
							C-3	0.072	42.0

1) 石原研而・東畑郁生(1982): ゆるい砂の非排水せん断に見る主応力軸回転の影響, 「粒状体力学の構成に関する研究」, PP.159~174

2) 坂井 晃・落合英俊(1986): せん断仕事に基づく飽和砂地盤の液状化解析, 「土木学会論文集」第370号 / III-5, PP.75~83

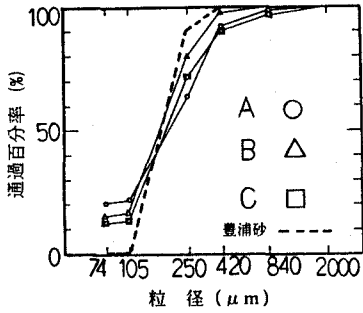


図-1 粒径加積曲線

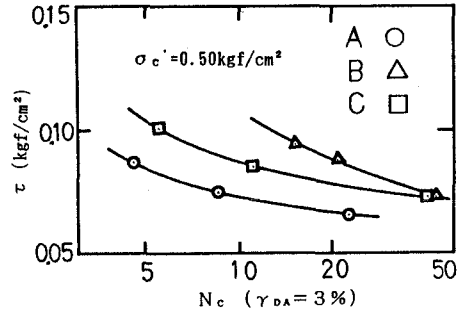


図-2 $N_c \sim \tau_d$ 関係

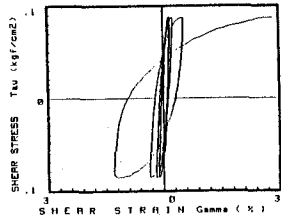


図-3 応力～ひずみ関係 (A-1)

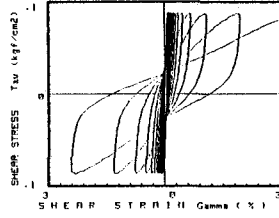


図-4 応力～ひずみ関係 (B-2)

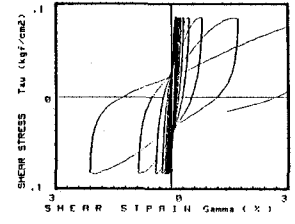


図-5 応力～ひずみ関係 (C-2)

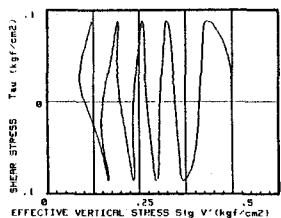


図-6 有効応力経路 (A-1)

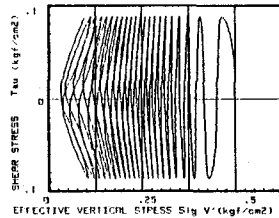


図-7 有効応力経路 (B-2)

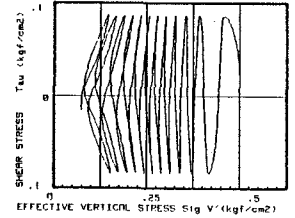


図-8 有効応力経路 (C-2)

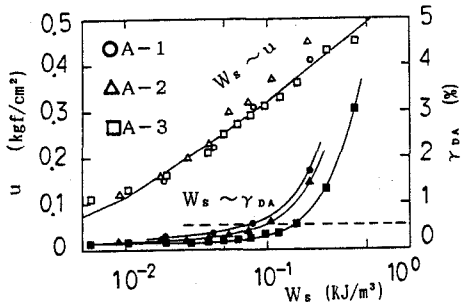


図-9 $W_s \sim u, \gamma_{DA}$ 関係 (A-1, 2, 3)

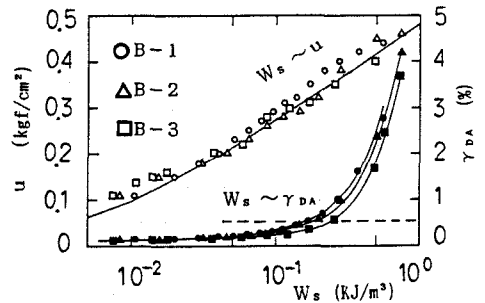


図-10 $W_s \sim u, \gamma_{DA}$ 関係 (B-1, 2, 3)

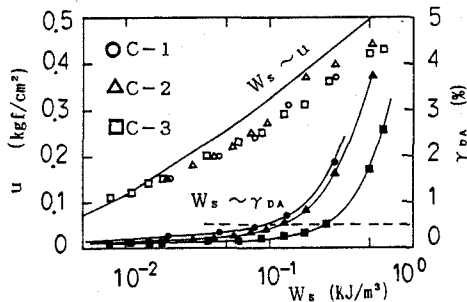


図-11 $W_s \sim u, \gamma_{DA}$ 関係 (C-1, 2, 3)

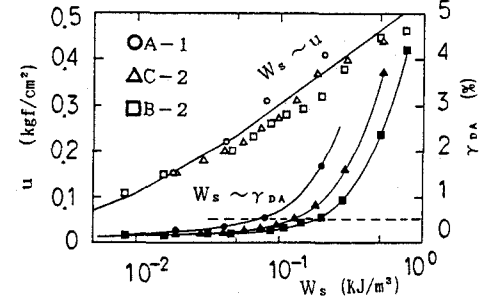


図-12 $W_s \sim u, \gamma_{DA}$ 関係 (A-1, B-2, C-2)