

供試体の堆積面を破壊した砂の液状化試験

福岡大学大学院 学生員○太田 勝勝
 福岡大学工学部 正 員 佐藤 研一
 福岡大学工学部 正 員 吉田 信夫

1. はじめに 著者ら はこれまでに、構造的に異方性を有する供試体に対して、砂の繰返しせん断特性に及ぼす主応力方向の影響を調べてきた。その結果、土粒子の定方向配列のために形成された堆積面を有する供試体では、せん断特性に主応力方向の変化に伴う初期構造異方性の影響が確認された。そこで本研究では、この初期構造異方性の影響をさらに明らかにするために、供試体内の堆積面を人工的に破壊し、初期構造異方性をなくして同様な実験を行い、その比較検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要 実験には、全自動計測・制御中空ねじりせん断試験装置²⁾を用いて、応力制御による非排水繰返しせん断試験を行った。中空円筒供試体寸法は、外径約10cm、内径約6cm、高さ約20cmである。試料には、豊浦標準砂 ($G_s=2.65$ 、 $e_{max}=0.962$ 、 $e_{min}=0.622$)を用い、相対密度は80%の密な供試体とした。図-1における所定の応力経路に従って、実験では、 $p=196kPa$ 、 b 値 $=0.5$ とし、 α は図-1の応力経路に従い、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° の5種類、繰返し応力比 τ/p_c' は、0.20、0.25、0.30、0.35の4種類である。ここで主応力方向 α とは、最初に応力を載荷する主応力の方向と鉛直軸とのなす角であり、堆積面と α の関係は図-2に示す通りである。ここで、供試体は、それぞれ空中落下法³⁾で作成しており、2種類の作成方法で作成された想定堆積面を図-2にそれぞれ示している。空中落下法により作成された供試体の堆積面は、ほぼ水平に形成されると考えられ、強い構造異方性を有している。棒突き法で作成された供試体は、堆積面を人工的に破壊するため、構造異方性が失われ等方的であると考えられる。

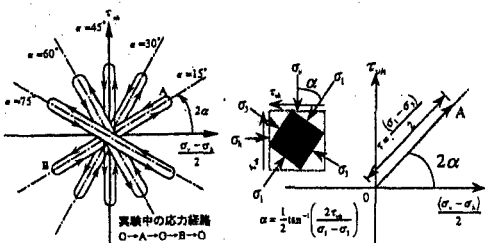


図-1 応力経路図

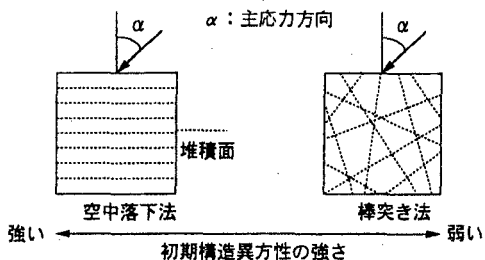


図-2 想定堆積面図

3. 実験結果と考察 図-3、図-4に繰返し応力比 $\tau/p_c'=0.25$ 、0.30における最大せん断ひずみ γ_{max} と繰返し回数 N の関係に及ぼす主応力方向の影響を空中落下法、棒突き法のそれぞれについて示す。空中落下法の結果では、繰返し応力比の大きさに関係なく、最大せん断ひずみの発生挙動に主応力方向の違いによる影響が現われており、同一繰返し回数における最大せん断ひずみの発生量が異なっている。これに対し、棒突き法の場合は、繰返し応力比の大きさに関係なく、繰返しに伴い発生するひずみに、主応力方向の違いによる初期構造異方性の影響が現われていないことがわかる。そこで、空中落下法および棒突き法による繰返し回数 N が1~5回に着目し、最大せん断ひずみ γ_{max} の発生量と主応

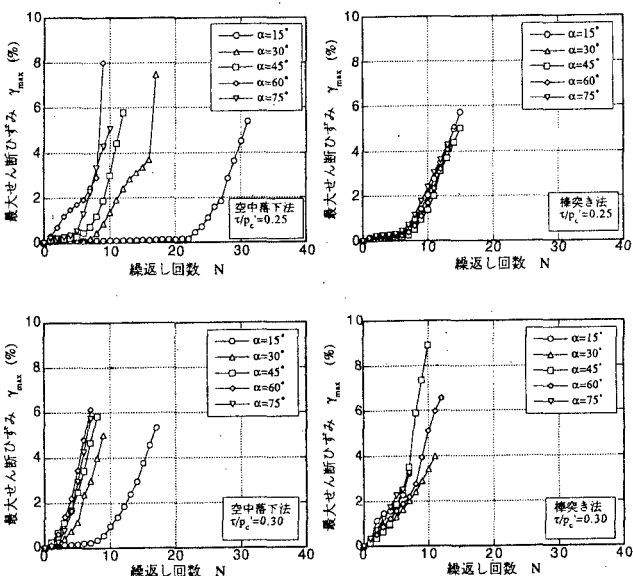


図-3 γ_{max} と N の関係(空中落下法) 図-4 γ_{max} と N の関係(棒突き法)

力方向 α の関係を繰返し応力比 $\tau/p_c'=0.30$ 、 0.35 についてまとめた結果を図-5、6 に示す。いずれの応力比においても、堆積面の形成が考えられる空中落下法では、同一繰返し回数における γ_{max} の発生量が主応力方向により異なっていることがわかる。これに対し、堆積面を破壊した棒突き法では、ひずみの発生過程に明確な主応力方向の違いが現われておらず、ほぼ等方的な挙動を示している。そこでこの結果を用い、に空中落下法、棒突き法において γ_{max} が2%、5%に達した時の繰返し応力比 τ/p_c' と繰返し回数 N 関係を図-7(a),(b)、図-8(a),(b)にそれぞれ示す。空中落下法の結果では、 $\gamma_{max}=2\%$ 、5%のいずれの結果においても、繰返し強度に主応力方向の違いによる初期構造異方性の影響が現われている。また、その影響は、ひずみの増加とともにわずかながら小さくなっている。一方、棒突き法による結果においては、いずれのひずみレベルにおいても、堆積面を有する空中落下法の場合ほど主応力方向の違いによる明確な差は見られない。これは、堆積面を破壊したことにより、初期構造異方性の影響が失われ、供試体が等方的な挙動を示したことによるものと考えられる。そこで、この影響を明確にするために、図-9 に繰返し回数 N が20回における繰返し応力比 τ/p_c' と主応力方向 α の関係を示す。空中落下法の結果では、主応力方向の違いによる構造異方性の影響のため、最初に荷重される主応力方向の変化に伴う繰返し強度の違いが現われ、潜在的な滑り面と堆積面が一致する方向に荷重される $\alpha=60^\circ$ 付近で最も小さい強度を示している。これに対し、棒突き法の結果では、主応力方向の違いによる構造異方性の影響は失われ、主応力方向の変化に伴う繰返し強度は、ほぼ一定であることが確認できる。

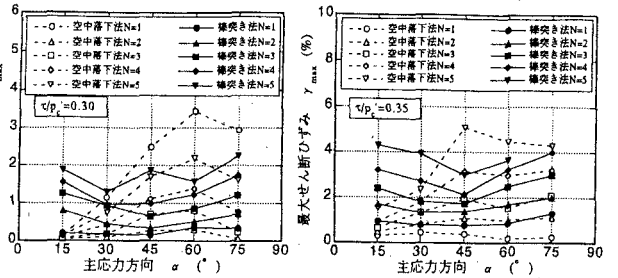


図-5 γ_{max} と α の関係 ($\tau/p_c'=0.30$) 図-6 γ_{max} と α の関係 ($\tau/p_c'=0.35$)

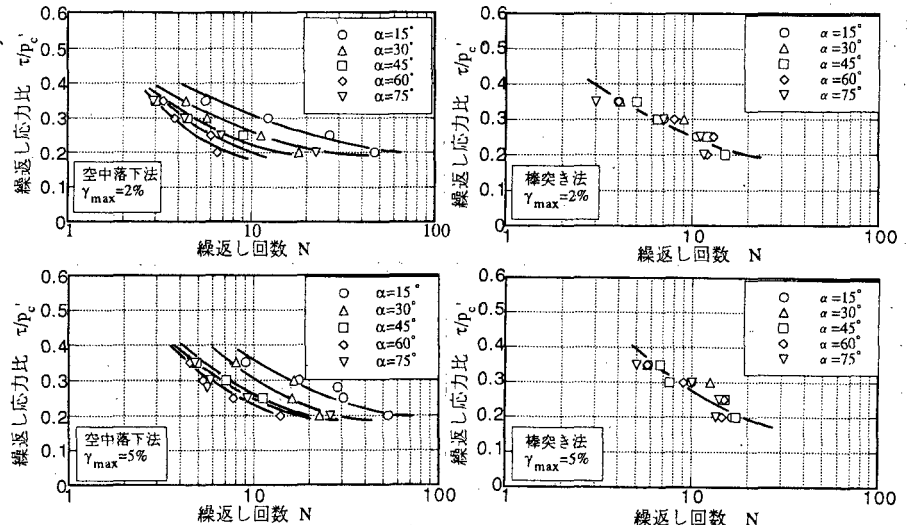


図-7 τ/p_c' と N の関係 (空中落下法) 図-8 τ/p_c' と N の関係 (棒突き法)

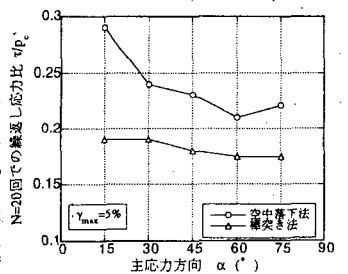


図-9 $N=20$ での τ/p_c' と α の関係

4. 結論 繰返し荷重時の砂の強度・変形特性は、初期荷重時の主応力方向と土粒子の定方向配列に起因する堆積面の形成による初期構造異方性に支配され、その挙動が異なる。一方、棒突き法により堆積面をなくした等方的な供試体では、繰返しせん断時の強度・変形特性に明確な主応力方向の違いによる影響は見られず、任意のひずみにおける繰返し強度に異方性の影響が現われないことがわかった。

(参考文献) 1) 佐藤ら(1995): 密な砂の非排水繰返しせん断挙動に及ぼす主応力方向角の影響, 土木学会論文集, No.541/III-3.5, pp.199-213. 2) 佐藤ら(1996): 自動制御・計測が可能な中空ねじり試験装置の開発と適用, 平成7年土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.568-569. 3) 供試体の初期構造異方性に着目した砂の液状化特性, 第32回地盤工学会研究発表会講演概要集, pp.449-450.