

載荷盛土工法と地下水位低下工法を組み合わせた場合の砂の液状化強度特性

九州工業大学工学部 学生会員 ○古林 篤

九州工業大学工学部 正会員 永瀬 英生 清水 恵助 廣岡 明彦

九州工業大学大学院 学生会員 石原 弘樹

1.はじめに

過圧密を利用した砂地盤の液状化対策として載荷盛土工法と地下水位低下工法の二種類が考えられる。これまでの研究において、地下水位低下工法によるよりも載荷盛土工法による方が高い過圧密効果を得られる可能性があることが認められた。そこで本研究では、二重セル型中空ねじり試験装置によって載荷盛土工法と地下水位低下工法を組み合わせた場合を想定し、 K_0 応力条件下での過圧密砂の液状化強度特性を調べた。

2. 試料および実験方法

表-1 に実験ケースを示す。試料には常陸那珂火力発電所埋立地盤から採取したものをを用いた。この試料は山砂であり、重量百分率で約 18% の礫分を含んでいるが、実験では 2mm ふるいを通過した試料のみを用いた。また、細粒分含有率は 10% 程度である。供試体は、外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形とし、空中落下法により相対密度 45% になるように作製した後、二酸化炭素と脱気水で十分に飽和させた。

圧密方法は、 K_0 圧密(軸力制御、背圧制御)であり、繰返しせん断時の供試体拘束条件は、鉛直変位拘束とした。ただし、軸力制御は載荷盛土工法、背圧制御は地下水位低下工法をそれぞれ想定している。過圧密履歴は、所定の初期鉛直有効応力 $\sigma_{v0}'=49.0\text{kPa}$ で K_0 圧密した後、 σ_{v0}' の 3 倍または 5 倍の鉛直有効応力 σ_v' を与え、その後 σ_v' を初期鉛直有効応力 σ_{v0}' まで除荷する方法で再現した。なお、先に軸力制御による過圧密履歴を与え、その後、背圧制御による過圧密履歴を与えている。またその際、それぞれで制御した鉛直有効応力の比を 1:1 とした。すべてのケースにおいて、過圧密比は、 $(OCR)_v$ の記号で表示し、最大の鉛直有効応力 σ_v' と初期鉛直有効応力

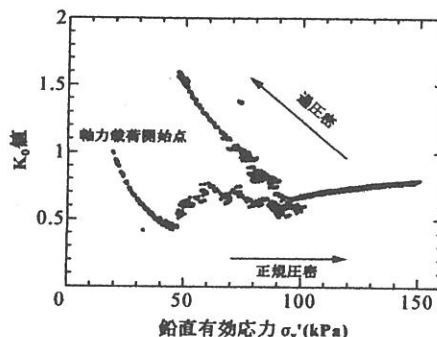
表-1 実験ケース

ケース	過圧密比 (OCR) _v	圧密履歴 (kPa)	過圧密後の K_0 値	過圧密後の 有効拘束圧 σ_{v0}' (kPa)
(A)	1	0→49	0.64	37.57
(B)	3	0→49→147→49	1.62	69.13
(C)	5	0→49→245→49	2.04	80.02

σ_{v0}' の比で定義した。また、圧密時における側方ひずみは $\pm 0.05\%$ 以内に収まるように側圧にて制御した。繰返し試験は、周波数 0.1Hz の正弦波荷重を用いて行った。

3. 液状化試験

図-1 は軸力制御+背圧制御で行った K_0 圧密試験における K_0 値と鉛直有効応力 σ_v' の関係を示す。図-1 において、初期状態では水平応力、鉛直応力、共に 19.6kPa、つまり $K_0=1$ とし、その後、軸力荷重の載荷、背圧の除荷、背圧の載荷、軸力荷重の除荷を行った。軸力載荷において K_0 値は初期状態から減少しているが、鉛直有効応力 σ_v' が 50kPa を超えると 0.5~0.7 で増減している。この他の結果も併せてみると、正規圧密過程における K_0 値は平均 0.64 となった。背圧除荷において K_0 値は増加し、背圧載荷において K_0 値は減少しており、これらの増加減少はほぼ同一径路に沿って起こっている。これは、背圧の除荷・載荷が等方的に作用し、そのとき水平変位は測定精度の範囲内では生じるがその値は非常に小さかったことにより、背圧除荷時において水平応力の制御があまり行われなかったためと考えられる。また軸力荷重の除荷において K_0 値が増加しているのは、粒子構造

図-1 K_0 値の挙動

がある程度安定化し、この応力変化においても水平方向の変位が生じなかったことによると考えられる。この結果、繰返し載荷時の K_0 値は増加し、初期有効拘束圧 σ_0' も増加している。

図-2, 3には表-1で示したケース(A)~(C)における繰返し応力比 R と両振幅せん断ひずみ DA が7.5%に至るまでの繰返し回数 N_c の関係を示している。ただし、図-2, 3の繰返し応力比 R はそれぞれ τ/σ_0' , τ/σ_{v0}' で表している。図-2においては過圧密比(OCR)_vの増加に伴う繰返し応力比 R の増加が見られず、過圧密効果を確認することができない。これは、表-1で見られるように K_0 圧密試験において過圧密後の有効拘束圧 σ_0' が過圧密比(OCR)_vの増加につれて大きくなっているからと考えられる。図-3においては過圧密比(OCR)_vの増加に伴い、繰返し応力比 R の増加が確認でき、過圧密効果を確認することができる。

次に、繰返し回数20回での繰返し応力比 R を液状化強度比 R_{120} とみなして過圧密比(OCR)_v = 2, 3, 5での R_{120} を(OCR)_v = 1での R_{120} で除した値を液状化強度増加率(R_{oc})_v と定義し、その値を(OCR)_v に対してプロットしたのが図-4である。ここには軸力制御または背圧制御を単独で適用した場合の既往の研究結果⁹⁾も示している。両者の関係を(R_{oc})_v = (OCR)_vⁿのように近似すると背圧制御、軸力制御、軸力制御+背圧制御での n の値はそれぞれ0.50, 0.70, 0.65となった。

過圧密比(OCR)_v = 3においては、軸力制御+背圧制御の場合が最も液状化強度増加率の値が大きい。その理由としては次のことが考えられる。軸力制御のみの場合では鉛直方向のみに過圧密され、粒子構造の安定化はなされるが、水平方向においてはほとんど過圧密されず、背圧制御のみの場合では鉛直方向、水平方向、共に等方的に過圧密されるが、軸力制御に比べ粒子構造の安定化は起きない。しかし、軸力制御+背圧制御の場合、軸力制御における鉛直方向の過圧密による粒子構造の安定化に加え、背圧制御における水平方向の過圧密が加わることで粒子構造の安定化が進む。ただし、軸力制御+背圧制御における過圧密比(OCR)_v = 5においては、過圧密過程において粒子構造の安定化がほぼ完了したため、(OCR)_v の増加に伴う過圧密効果の増加は小さいと考えられ、(R_{oc})_v = (OCR)_vⁿ の関係が成立しなくなるのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究では、載荷盛土工法と地下水位低下工法を組み合わせた工法を想定し、 K_0 応力条件下での過圧密砂の液状化強度特性を調べた。その結果、過圧密比(OCR)_v = 3においては載荷盛土工法のみ、または地下水位低下工法のみによる場合よりも載荷盛土工法と地下水位低下工法を組み合わせた場合による方が砂の液状化強度に与える過圧密効果は高い可能性があることが認められた。また、過圧密比(OCR)_v = 5においては、(R_{oc})_v = (OCR)_vⁿ の関係が成立しなくなることが認められた。

<参考文献>

1) 永瀬・清水・廣岡・石原・福島・篠崎(2002): 載荷盛土および地下水位低下工法により過圧密履歴を受けた砂地盤の液状化強度特性、第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.695~700.

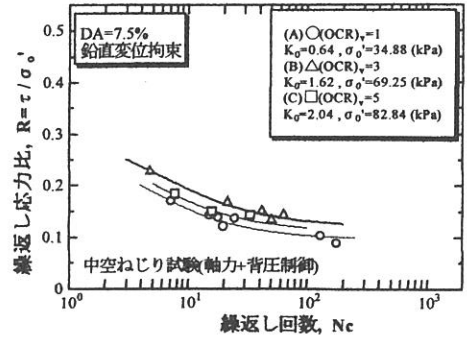


図-3 繰返し応力比と繰返し回数の関係

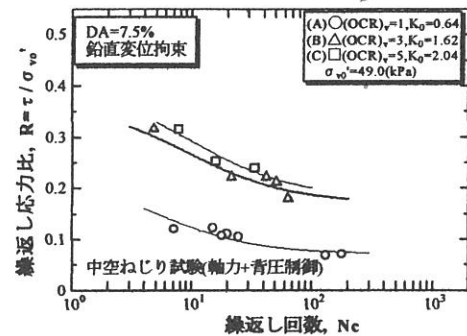


図-3 繰返し応力比と繰返し回数の関係

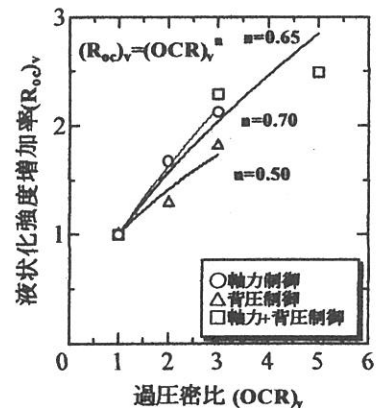


図-4 液状化強度増加率