

III-10

まさ土の非排水三軸圧縮せん断特性について

東北大学工学部 学生会員○糸谷 寛

東北大学工学部 正会員 風間 基樹・柳澤 栄司

1. 研究の背景・目的

1995年1月17日の兵庫県南部地震により阪神地区は多大の被害を被った。従来細粒分を比較的多く含む埋立地盤は液化化しにくいと言われてきたが、奇しくもこの地震で液化化の被害が大きかったのは細粒分を比較的多く含むまさ土の埋立地盤(神戸P.I.)であった。本研究は、神戸ポートアイランドから採取したまさ土について非排水静的三軸圧縮せん断試験を実施し、その試験結果からまさ土の非排水静的三軸圧縮せん断特性について考察したものである。

2. 実験方法

実験で用いた試料を表-1に、それらの粒径加積曲線を図-1に示す。表-2は実験した供試体の詳細を示したものである。表-2でTest.No.1~4は非排水、Test.No.5~8は排水三軸圧縮せん断試験での試料である。Test.No.9,10は同じく非排水三軸圧縮せん断試験での試料である。まさ土試料は以下の二つのものについて行った。

まさ土A：神戸P.I.の埋立地盤より採取したまさ土原土のうち、2mmふるいを通過したもの乾燥炉で約40℃で炉乾燥したもの。

まさ土B：まさ土Aの試料のうち、75μm以下の細粒分を除いたもの。

図-1から、細粒分を除いたまさ土は比較的粒径がそろい、より豊浦標準砂の均等係数に近くなっている。前述の試料からDD法(Dry Deposition), MD法(Moist Displacement)を用いて、直径5cm, 高さ10cmの供試体を作成した。その際、重り(22.10gと82.67g)を落下高10cm一定で自由落下させ、締め固めエネルギーとし、まさ土供試体の初期状態の一つの指標とした。供試体を三軸セルにセットし、二酸化炭素と水を通した後、圧密応力 $P_c=1.0\text{kg/cm}^2$ で等方圧密し、その後、非排水静的三軸圧縮せん断試験を行った。また、比較のためにまさ土A試料については排水条件でもせん断試験を行った。通水時の各供試体のB値は0.96以上の範囲に収めた。なお、せん断はひずみが20%に至るまで行い、非排水静的三軸圧縮せん断試験ではせん断終了後、排水コックを開放し、圧密応力 1.0kg/cm^2 で再圧密した。

3. 実験結果及び考察

供試体作成時の締め固めエネルギーEの効果を図-2に示す。まさ土Aの初期間隙比 e_0 の値はEが高々30位のところまで急激に減少し、その後はまさ土Bの描く曲線と平行に推移していく。これに対しまさ土Bは単調減少し続ける。この図からまさ土AはEが $110(\text{g/cm}^2)$ も与えられれば、最も密な状態になるのに対し、まさ土Bは $E=100(\text{g/cm}^2)$ の場合でも相対密度にして60%程度にしか締まらない。これは細粒分の影響によるものと思われる。

まさ土A試料とまさ土B試料について、非排水三軸圧縮せん断試験結果から、軸ひずみ-軸差応力関係、有効応力経路、平均有効主応力-軸ひずみ関係を図-3~6に示す。図-3より、各試料において、エネルギーを与えて作成した供試体ほど(密なものほど)

表-1 実験試料

試料	まさ土原土	まさ土A	まさ土B	豊浦標準砂
$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.645	2.645	2.645	2.64
emax		0.993	0.933	0.982
emin		0.519	0.521	0.604
Fc(%)		9	18	0
D50(mm)		2	0.57	4
Uc		34	29	6.7
Uc'		1.8	2.7	1.7
				2.6

表-2 実験供試体

Test. No.	試料	供試体作成法	初期間隙比 $e_0(\text{Dr})$	せん断前間隙比 $e_0(\text{Dr})$	せん断後間隙比 $e_0(\text{Dr})$	締め固めエネルギーE
1	まさ土A	MP	0.882(23.3)	0.822(36.1)	0.746(52.1)	0
2	まさ土A	DD	0.685(64.9)	0.721(80.8)	0.633(75.9)	16.59
3	まさ土A	DD	0.737(54.0)	0.688(64.3)	0.665(69.2)	0
4	まさ土A	DD	0.613(80.2)	0.577(87.9)	0.573(88.6)	35.54
5	まさ土A	MP	1.014(-4.4)	0.955(8.0)		0
6	まさ土A	DD	0.685(65.0)	0.677(66.7)		0
7	まさ土A	DD	0.688(64.4)	0.646(73.3)		0
8	まさ土A	DD	0.620(78.7)	0.565(90.3)		35.54
9	まさ土B	DD	0.753(43.7)	0.730(49.3)	0.731(49.0)	0
10	まさ土B	DD	0.669(64.1)	0.652(68.2)	0.668(64.3)	132.96

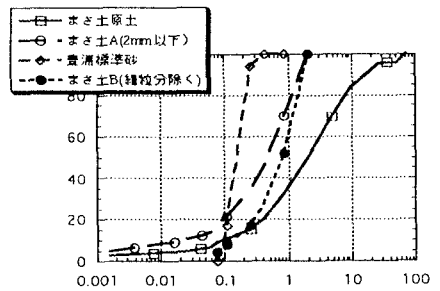


図-1 粒径加積曲線

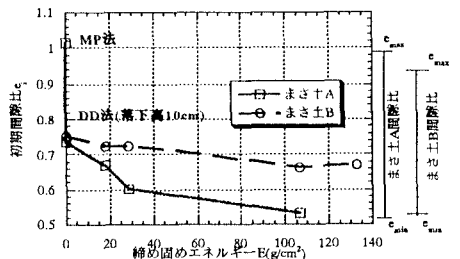


図-2 締め固めエネルギーと間隙比関係

ど) 同一ひずみレベルに達したときの応力が大きいことがわかる。また、まさ土A試料とまさ土B試料について比較すると、試料No.3と試料No.10の様に比較的同等の間隙比をもつものでも、試料No.10は試料No.3と同一ひずみレベルに達するのに約2~8倍の抵抗を示している。これは細粒分を除いたまさ土Bの方がまさ土Aよりもせん断抵抗が大きいことを示している。図-4と図-5ではそれぞれまさ土Aとまさ土Bについて有効応力経路を示したものである。図-4では密なものほど変相点の位置が右へと移っている。また、図-4と図-5で同程度の間隙比をもつNo.3(まさ土A)とNo.10(まさ土B)の変相点の位置を比較するとNo.10の方が 0.4kg/cm^2 ほど大きい平均有効主応力点であり、せん断応力も倍近くかかっていることがわかる。さらに、明らかに変相線の傾きはまさ土Bの方がまさ土Aのものよりも大きいことがわかる。これは、細粒分の除去によってまさ土のダイレイタンスー特性が変化し、体積収縮しにくくなっているためと考えられる。

図-6は、平均有効主応力と軸ひずみの関係を示している。せん断の初期段階ではひずみが進行するに伴い、初期有効拘束圧から平均有効主応力は徐々に減少し、変相点からは平均有効主応力は逆にひずみが進行するに従って回復していく。この傾向は密なものほど顕著に現れる。そして、変相点にくるひずみレベルは緩いものほど大きくなっている。また、まさ土Aとまさ土Bの傾向を比較すると、細粒分のないまさ土Bの方が変相点が初期有効拘束圧に近づき、ひずみの進行に対する平均有効主応力の増加が著しい。このことから細粒分のない分だけまさ土粒子のダイレイタンスー特性が変化し、体積変化しにくい構造状態に変化していることがわかる。

4. 結論

神戸ポートアイランドから採取したまさ土の非排水静的三軸圧縮せん断試験結果から次のことがわかった。

- 1) 粒径が2mm以下のまさ土は少ない締め固めエネルギーで容易に締まる特性がある。
- 2) 細粒分を含むまさ土は細粒分を除いたまさ土よりもダイレイタンスーに伴う剛性回復傾向が乏しい。

[参考文献]

- 1) 山本陽一・兵動正幸・黒島一郎・谷垣正治：砂および粘土の繰返しせん断強度に基づく有効応力モデルとその液状化解析への適用／土木学会論文集No.561／Ⅲ-38,pp295-308,1997.
- 2) 佐藤正行・小田匠寛・風間秀彦・小瀬木克己：細粒分が埋立地盤の液状化特性に及ぼす影響に関する基礎的研究／土木学会論文集No.561／Ⅲ-38,pp271-281,1997.
- 3) 石原研而：地震時の地盤の液状と流動性破壊／日建設計 中瀬土質研究所報告 No.3 / pp1-11,1994
- 4) Sonjya Zlatovic and Kenji Ishihara : NORMALIZED BEHAVIOR OF VERY LOOSE NON-PLASTIC SOILS : EFFECTS OF FABRIC / SOILS AND FOUNDATIONS Vol.37, No.4, 47-56, Dec.1997 / Japanese Geotechnical Society

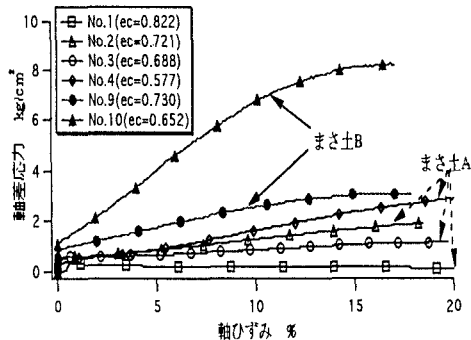


図-3 軸ひずみ-軸差応力関係

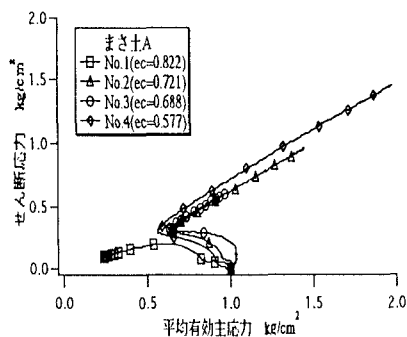


図-4 まさ土Aの有効応力経路

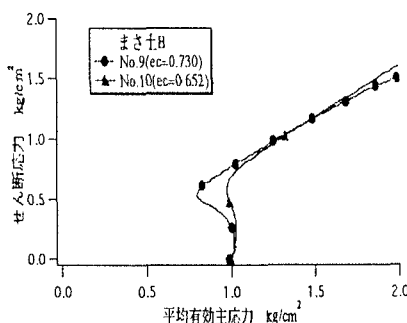


図-5 まさ土Bの有効応力経路

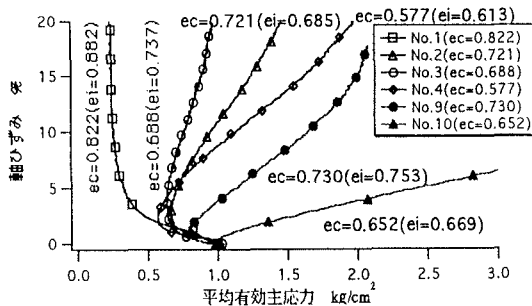


図-6 平均有効主応力-軸ひずみ関係