

種々の細粒分を含む砂質土の微小抵抗領域の大きさについて

(財)電力中央研究所 正会員 河井 正
(元)中央大学 河辺 恵介

1. はじめに

著者らは、これまでに、液状化に伴う側方流動による変位量を予測するためには、微小抵抗領域¹⁾の大きさが重要であると考え、種々の砂を用いて中空ねじり試験を実施してきた^{2), 3)}。本報告では、中空ねじり試験装置を用いて、種々の細粒分を含有した豊浦砂の微小抵抗領域と密度、相対密度、細粒分含有率等の関係について整理した。

2. 実験方法

試料は、豊浦砂と図1に示す各種細粒分を用いた。これらの細粒分のうち、黒塗りで示した2種類は非塑性シルトである。カタルポ、カオリン、木節粘土は、それぞれIP=12, 22, 31であり、粒径が小さくなるほどIPが大きくなる。実験は中空ねじり試験装置を用いて、B値0.95以上、等方圧密応力49kPaの状態に供試体をセットした後、図2に示す方法で载荷を行った。ここでは、液状化後の微小抵抗領域の大きさに注目しているため、単調载荷以前に発生した最大せん断ひずみを統一する、液状化に至る過程での繰返し载荷履歴の影響を除くことを目的として、まず平均有効応力49kPaの状態から、背圧の操作により平均有効応力1kPa以下の状態にした。次に、事前の検討から、繰返し履歴を与えない場合は、単調载荷開始直後からある程度のせん断抵抗を發揮し、通常の繰返し载荷によって液状化に至った供試体と異なる挙動を示すことが把握されていたため、全ての供試体に両振幅せん断ひずみ10%、繰返し回数5回のひずみ履歴を与えた。またその後の単調载荷では、繰返し履歴を与える際に最後にせん断していた方向と逆の方向に载荷した。なお、このような試験によって得られる微小抵抗領域の大きさは、濱田ら⁴⁾による限界せん断ひずみと同等であり、本研究で豊浦砂のみを用いて実施した結果は、図3に示すように、既往の試験結果^{4), 5), 6)}の値と概ね一致している。

3. 実験結果

図4、図5は、豊浦砂にそれぞれの細粒分を10%混合した場合の微小抵抗領域の大きさを、乾燥密度および相対密度に対して示す。相対密度の計算には図6に示す、各細粒分を混合した場合の最大・最小密度試験の結果を用いた。図6を見ると、いずれの細粒分を用いた場合でも、最大・最小密度は変化するが、非塑性または塑性指数の小さなカタルポ粘土を用いた場合の最大密度は細粒分含有率に対して単調に増加するものの、塑性指数20以上のカオリンや木節粘土を混合した場合は、Fc=10%の場合はFc=0%の場合より大きくなるが、Fc=20%の場合はFc=0%の場合と同程度であることがわかる。また最小密度については、いずれの細粒分を用いた場合もFcの増加とともに減少する結果となったが、特にカオリンや木節粘土を用いた場合の減少が著しい。図4,5を見ると、細粒分を混合した場合、塑性・非塑性によらず、同じ乾燥密度または相対密度に対する微小抵抗領域が、豊浦砂のみの場合よりも大きくなるのがわかる。また、カオリンを除くほとんどの試料の結果は、同じ乾燥密度であれば、ほぼ同程度の微小抵抗領域となり、相対密度で整理した場合よりも、明瞭な関係が認められる。なお、カオリンを用いた場合のみ、他と異なる傾向を示し、乾燥密度で整理した場合、相対密度で整理した場合のいずれにおいても、他の細粒分と比較して、微小抵抗領域は10%程度大きく、相対密度70~80%の密な場合でも、微小抵抗領域は20~30%程度であった。そこで、このような傾向が塑性指数と関係するものであるか確認するため、非塑性の寒水粉とカオリン、または木節粘土を混合して、

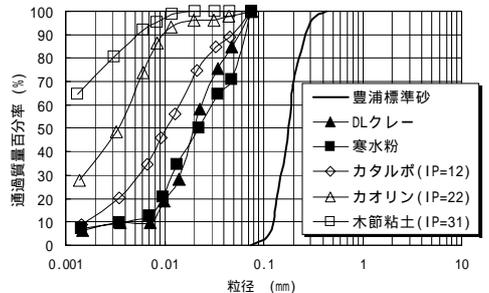


図1 粒径加積曲線

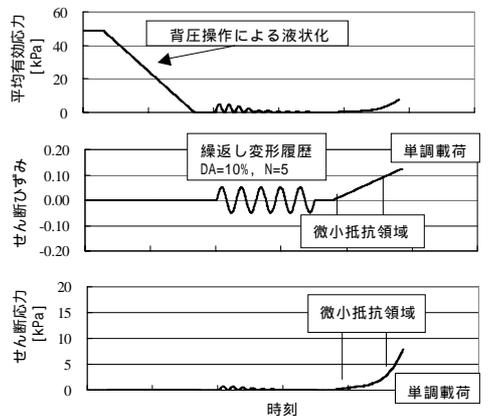


図2 载荷方法

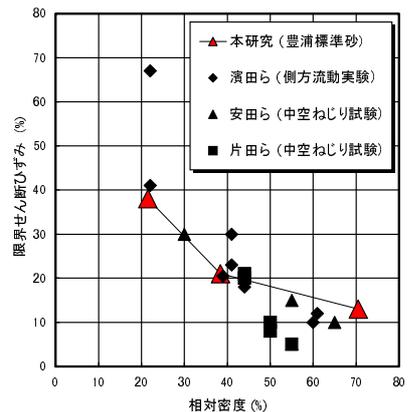
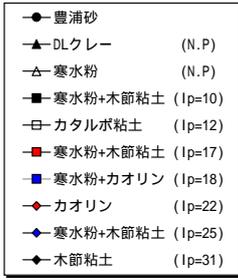


図3 豊浦砂の限界せん断ひずみ

キーワード 微小抵抗領域, 中空ねじり, 細粒分, 塑性指数

連絡先 千葉県我孫子市我孫子1646 (財)電力中央研究所 我孫子研究所 地盤耐震部 0471-82-1181

IP=10, 17, 18, 25 となる細粒分を作製し, 同様な実験を行った. その結果, 塑性指数によらず, 木節粘土を寒水粉と混合した場合は, 他



の多くの細粒分と同じ傾向を示したのに対し, カオリンと寒水粉を用いた場合は, カオリンのみを用いた場合とほぼ同程度であった. したがって, このように微小抵抗領域が大きくなる傾向は塑性指数と関係するものではなく, 何らかのカオリンの特性と関係しているものと思われる. なお, 図6には, 寒水粉とカオリンまたは木節粘土を混合した場合の, 配合率と塑性指数の関係を示しているが, 木節粘土を用いた場合は概ね配合率と塑性指数の関係は線形であるが, カオリンを用いた場合は, カオリンの配合率が比較的小さな場合も, 塑性指数の増加程度が大きくなっていた. 図7はFc=20%の場合の微小抵抗領域の大きさと乾燥密度, 相対密度との関係を示す. Fc=20%の場合, 微小抵抗領域の大きさは, Fc=10%の場合よりも大きくなり, 今回使用した実験装置の限界である, せん断ひずみ40%の範囲内でせん断抵抗を回復しないケースが多く, カオリンや木節粘土を用いた場合, 相対密度80~90%の密なケースでも微小抵抗領域の大きさが計測できなかった. 図8は, Fc=10%, 20%の実験結果のうち, 微小抵抗領域の大きさが計測できたものだけを, 乾燥密度に対して整理している. この図をみると, カオリンを用いた場合(寒水粉と混合した場合も含む)を除き, 乾燥密度と微小抵抗領域の関係が, 細粒分含有率をパラメータとして整理可能である.

4. まとめと今後の課題
本研究では, 非塑性シルトから塑性指数31の木節粘土を用い, 細粒分含有率を10%, 20%とした場合の微小抵抗領域の大きさを整理し, 微小抵抗領域の大きさが, 概ね乾燥密度と細粒分含有率で整理されることを把握した. しかしながら, 対象とした塑性指数, 細粒分含有率は, とともに比較的狭い範囲にとどまっております. 今後はより広範囲の塑性指数, 細粒分含有率について検討する必要があります. また, 今回用いた細粒分のうち, カオリンを用いた場合のみ, 他と異なる傾向を示しており, その原因についても検討する必要があります.

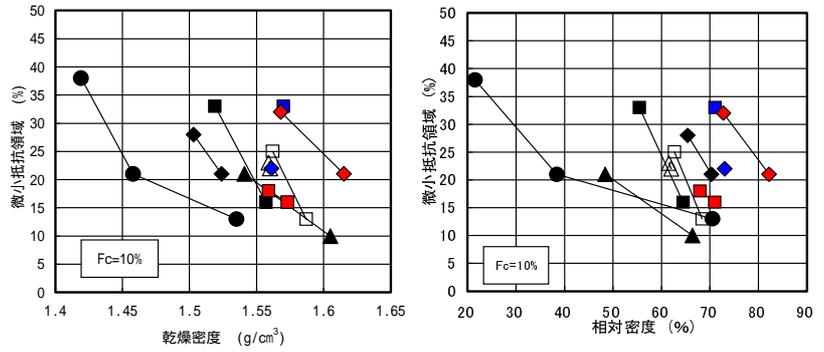


図4 乾燥密度または相対密度と微小抵抗領域の関係 (Fc=10%)

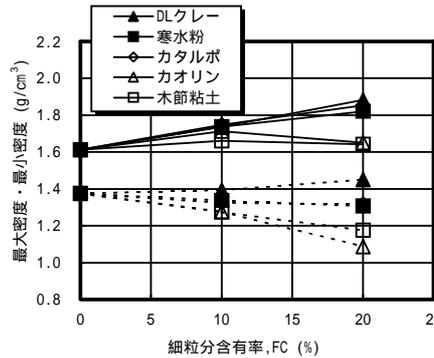


図5 細粒分含有率と最大・最小密度

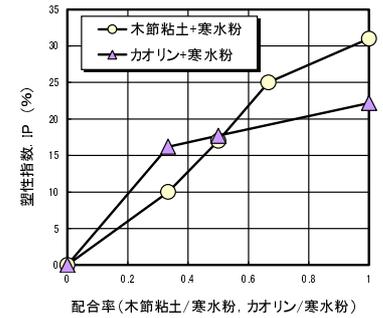


図6 配合率と塑性指数の関係

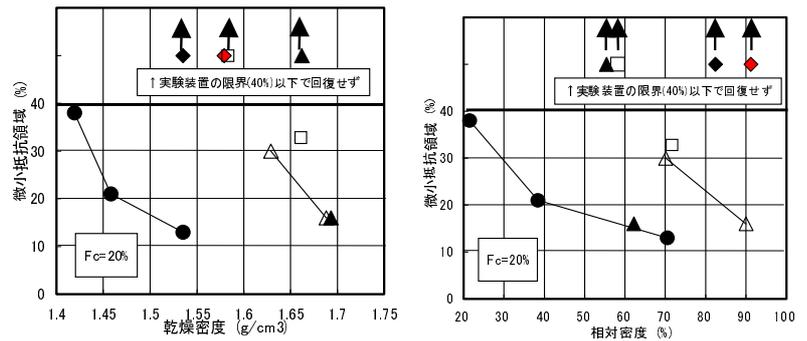


図7 乾燥密度または相対密度と微小抵抗領域の関係 (Fc=20%)

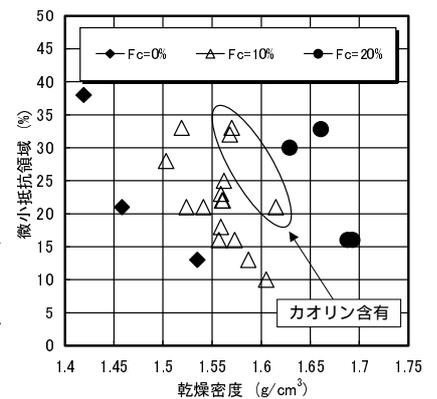


図8 細粒分含有率と微小抵抗領域の関係

参考文献) 1)安田進, 吉田望, 安達健司, 規矩大義, 五瀬信吾, 増田民夫(1999): "液状化に伴う流動の簡易評価法", 土木学会論文集, No. 638, -49, 71-89, 2)河井正, 河辺恵介(2001): "砂質土の液状化後の体積変化特性に関する実験的検討", 第36回地盤工学研究発表会講演概要集, 3)河井正(2000): "砂質土の液状化後のせん断特性に影響を及ぼす要因について", 第55回土木学会年次学術講演会講演概要集, 4)濱田政則, 若松加寿江: 液状化による地盤の水平変位の研究, 土木学会論文集, No. 596 / -43, pp. 189-208, 1998. 6, 5) Yasuda, S., Masuda, T., Yoshida, N., Nagase, H., Kiku, H., Itafuji, S., Mine, K., and Sato, K.: Torsional shear and triaxial compression tests on deformation characters of sands before and after liquefaction, Proc., 5th US-Japan workshop on Earthquake Resistance Design of Lifeline Facilities and Countermeasures against Soil Liquefaction, Technical Report NCEER-94-0026, pp. 249-265, 1994, 6) 片田敏行, 末政直晃, 佐藤博, 濱田政則: 液状化後の砂の力学的挙動に関する基礎的研究, 第29回土質工学研究発表会講演集, pp. 831-833, 1994